

VLIV METEOROLOGICKÝCH PODMÍNEK NA KVALITU OVZDUŠÍ V PŘEŠHRANIČNÍ OBLASTI SLEZSKA A MORAVY

WPŁYW WARUNKÓW METEOROLOGICZNYCH NA JAKOŚĆ POWIETRZA W OBSZARZE PRZYGRANICZNYM ŚLĄSKA I MORAW



Zdeněk Blažek
Libor Černíkovský
Ewa Krajny
Blanka Krejčí
Leszek Ośródka
Vladimíra Volná
Marek Wojtylak

VLIV METEOROLOGICKÝCH PODMÍNEK NA KVALITU OVZDUŠÍ V PŘEŠHRANIČNÍ OBLASTI SLEZSKA A MORAVY

WPŁYW WARUNKÓW METEOROLOGICZNYCH NA JAKOŚĆ POWIETRZA W OBSZARZE PRZYGRANICZNYM ŚLĄSKA I MORAW

AUTOŘI / AUTORZY

Český hydrometeorologický ústav

RNDr. Zdeněk Blažek, CSc., Mgr. Libor Černíkovský,
Mgr. Blanka Krejčí, RNDr. Vladimíra Volná

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy

dr Ewa Krajny, dr Leszek Ośródk, dr Marek Wojtylak

RECENZENTI / RECENZENCI

doc. RNDr. Josef Brechler, CSc., prof. dr hab. Zbigniew Ustrnul



Ostrava 2013

© Český hydrometeorologický ústav

Autoři:

RNDr. Zdeněk Blažek, CSc., Mgr. Libor Černíkovský, Mgr. Blanka Krejčí, RNDr. Vladimíra Volná

© Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy

Autorzy:

dr Ewa Krajny, dr Leszek Ośródka, dr Marek Wojtylak

ISBN 978-80-87577-15-8 (Český hydrometeorologický ústav. Praha)

ISBN 978-83-61102-79-3 (Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy. Warszawa)

OBSAH

| | |
|--|------------|
| Poděkování | 5 |
| Předmluva | 6 |
| Summary | 7 |
| 1. Úvod | 11 |
| 2. Vybrané oblastní charakteristiky | 16 |
| 3. Meteorologické prvky ovlivňující úroveň znečištění ovzduší | 22 |
| 3.1 Směr větru | 24 |
| 3.2 Rychlost větru | 30 |
| 3.3 Vertikální stabilita atmosféry | 32 |
| 3.4 Teplota vzduchu | 36 |
| 3.5 Atmosférické srážky | 40 |
| 3.6 Sluneční svit | 40 |
| 3.7 Vlhkost vzduchu | 45 |
| 3.8 Atmosférický tlak | 45 |
| 4. Úroveň znečištění ovzduší | 49 |
| 4.1 Suspendované částice frakce PM ₁₀ a PM _{2,5} | 52 |
| 4.2 Benzo[a]pyren | 68 |
| 4.3 Těžké kovy v PM ₁₀ – arsen, kadmium, nikl, olovo | 71 |
| 4.4 Oxid dusičitý a oxidy dusíku | 75 |
| 4.5 Oxid siřičitý | 83 |
| 4.6 Benzen | 92 |
| 4.7 Přízemní ozon | 93 |
| 5. Meteorologicko-imisní vztahy | 102 |
| 5.1 Závislost koncentrací škodlivin na meteorologických podmínkách rozptýlu | 102 |
| 5.1.1 Chladná období | 103 |
| 5.1.2 Teplá období | 109 |
| 5.2 Závislost koncentrací škodlivin na směru větru | 115 |
| 5.2.1 Chladná období | 115 |
| 5.2.2 Teplá období | 121 |
| 5.3 Závislost koncentrací škodlivin na meteorologické situaci | 122 |
| 6. Meteorologické podmínky pro vznik epizod s vysokými koncentracemi znečišťujících látek | 133 |
| 6.1 Metodika pro výběr epizod s vysokými koncentracemi znečišťujících látek | 133 |
| 6.2 Identifikace epizod vysokých koncentrací znečišťujících látek | 133 |
| 6.2.1 Epizody PM ₁₀ | 134 |
| 6.2.2 Ozonové epizody | 135 |
| 6.2.3 Vyhodnocení míry zatížení imisemi v přeshraniční oblasti Slezska a Moravy | 141 |
| 6.3 Meteorologické charakteristiky epizod s vysokými koncentracemi znečišťujících látek | 142 |

SPIS TREŚCI

| | |
|--|------------|
| Podziękowanie | 5 |
| Przedmowa | 6 |
| Summary | 7 |
| 1. Wprowadzenie | 11 |
| 2. Wybrane cechy obszaru | 16 |
| 3. Elementy meteorologiczne wpływające na poziom zanieczyszczenia powietrza | 22 |
| 3.1 Kierunek wiatru | 24 |
| 3.2 Prędkość wiatru | 32 |
| 3.3 Pionowa stabilność atmosfery | 34 |
| 3.4 Temperatura powietrza | 40 |
| 3.5 Opady atmosferyczne | 45 |
| 3.6 Usłonecznienie | 45 |
| 3.7 Wilgotność powietrza | 48 |
| 3.8 Ciśnienie atmosferyczne | 48 |
| 4. Poziom zanieczyszczenia powietrza | 49 |
| 4.1 Frakcje pyłu zawieszonego PM ₁₀ i PM _{2,5} | 52 |
| 4.2 Benzo[a]piren | 71 |
| 4.3 Metale ciężkie w PM ₁₀ – arsen, kadm, nikiel, ołów | 73 |
| 4.4 Dwutlenek azotu i tlenki azotu | 76 |
| 4.5 Dwutlenek siarki | 85 |
| 4.6 Benzen | 95 |
| 4.7 Ozon przyziemny | 95 |
| 5. Relacje między warunkami meteorologicznymi a imisją zanieczyszczeń | 102 |
| 5.1 Zależność stężeń zanieczyszczeń od meteorologicznych warunków dyspersji | 102 |
| 5.1.1 Okresy chłodne | 105 |
| 5.1.2 Okresy ciepłe | 109 |
| 5.2 Zależność stężeń zanieczyszczeń od kierunku wiatru | 121 |
| 5.2.1 Okresy chłodne | 121 |
| 5.2.2 Okresy ciepłe | 122 |
| 5.3 Zależność stężeń zanieczyszczeń od sytuacji meteorologicznej | 124 |
| 6. Meteorologiczne uwarunkowania powstawania epizodów wysokich stężeń zanieczyszczeń | 133 |
| 6.1 Metodika wyboru epizodów wysokich stężeń zanieczyszczeń | 133 |
| 6.2 Identyfikacja epizodów wysokich stężeń zanieczyszczeń | 133 |
| 6.2.1 Epizody pyłowe | 134 |
| 6.2.2 Epizody ozonowe | 135 |
| 6.2.3 Ocena stopnia obciążenia powietrza zanieczyszczeniem na pograniczu polsko-czeskim w rejonie Śląska i Moraw | 142 |

| | |
|---|------------|
| 6.4 Příklady epizod s vysokými koncentracemi znečišťujících látek – analýza příčin, popis průběhu | 144 |
| 6.4.1 Analýza epizody s vysokými koncentracemi PM ₁₀ v lednu 2010 | 144 |
| 6.4.2 Analýza epizody s vysokými koncentracemi ozonu v červenci 2006 | 152 |
| 7. Závěr a shrnutí | 162 |
| Příloha – Použitá data a metody zpracování | 171 |
| Meteorologické prvky ovlivňující úroveň znečištění ovzduší (kapitola 3) | 171 |
| Úroveň znečištění ovzduší (kapitola 4) | 172 |
| Meteorologicko-ímisní vztahy (kapitola 5) | 175 |
| Meteorologické podmínky pro vznik epizod s vysokými koncentracemi znečišťujících látek (kapitola 6) | 177 |
| Literatura | 180 |

| | |
|---|------------|
| 6.3. Charakterystyka meteorologiczna epizodów wysokich stężeń zanieczyszczeń powietrza | 143 |
| 6.4. Przykłady epizodów wysokich stężeń zanieczyszczeń powietrza – analiza przyczyn, opis przebiegu | 145 |
| 6.4.1. Analiza epizodu wysokich stężeń pyłu zawieszonego w styczniu 2010 r. | 145 |
| 6.4.2. Analiza epizodu wysokich stężeń ozonu w lipcu 2006 r. | 153 |
| 7. Zakończenie i podsumowanie | 162 |
| Aneks – Wykorzystane dane i metody zastosowane w opracowaniu | 171 |
| Elementy meteorologiczne wpływające na poziom zanieczyszczenia powietrza (rozdział 3) | 171 |
| Poziom zanieczyszczenia powietrza (rozdział 4) | 172 |
| Relacje między warunkami meteorologicznymi a imisją zanieczyszczeń (rozdział 5) | 176 |
| Meteorologiczne uwarunkowania powstawania epizodów wysokich stężeń zanieczyszczeń (rozdział 6) | 178 |
| Literatura | 180 |

PODĚKOVÁNÍ

Publikace byla vypracována a vydána v rámci projektu „Informační systém kvality ovzduší v oblasti Polsko-Českého pohraničí ve Slezském a Moravskoslezském regionu“, který byl financován z Operačního programu přeshraniční spolupráce Česká republika-Polská republika 2007–2013 (registrační číslo projektu: CZ.3.22/1.2.00/09.01610) a spolufinancován z Evropského fondu pro regionální rozvoj.

Autoři děkují Hlavnímu inspektorovi pro ochranu životního prostředí (GIOŚ) a Slezskému vojvodskému inspektorovi pro ochranu životního prostředí (WIOŚ v Katowicích) za poskytnutí dat pro území Slezského vojvodství získaných v rámci realizace úkolů Státního monitoringu životního prostředí (PMŚ).

Autoři děkují rovněž NOAA ARL (National Oceanic and Atmospheric Administration Air Resources Laboratory) za poskytnutí modelů HYSPLIT i READY, jejichž výsledky byly v publikaci použity (<http://www.arl.noaa.gov/ready.php>).

PODZIĘKOWANIE

Publikacja została przygotowana i wydana w ramach projektu pn. „System informacji o jakości powietrza na obszarze pogranicza Polsko-Czeskiego w rejonie Śląska i Moraw“, dofinansowanego z Programu Operacyjnego Współpracy Transgranicznej Republika Czeska – Rzeczpospolita Polska 2007-2013 (numer rejestracyjny projektu: CZ.3.22/1.2.00/09.01610) i jest współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

Autorzy niniejszej pracy dziękują Głównemu Inspektorowi Ochrony Środowiska (GIOŚ) oraz Śląskiemu Wojewódzkiemu Inspektorowi Ochrony Środowiska (WIOŚ w Katowicach) za udostępnienie danych dotyczących województwa śląskiego, uzyskanych w ramach realizacji zadań Państwowego Monitoringu Środowiska (PMŚ).

Podziękowania kierują też do NOAA ARL (National Oceanic and Atmospheric Administration Air Resources Laboratory) za udostępnienie modeli HYSPLIT i READY, wyniki których zostały w publikacji wykorzystane (<http://www.arl.noaa.gov/ready.php>).

PŘEDMLUVA

Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) a Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy (IMGW-PIB) spolupracují již řadu let v oborech meteorologie, hydrologie a kvality ovzduší. K nejintenzivnějším patří spolupráce v přeshraničním regionu Slezska a Moravy mezi pobočkou ČHMÚ v Ostravě a pobočkou IMGW-PIB v Krakově. Dlouholetou vzájemnou výměnu meteorologických dat a údajů o znečištění ovzduší a společná hodnocení úrovně znečištění ovzduší, publikovaná v odborných periodikách a na konferencích, završuje tato monografie.

Problémem většiny přeshraničních hodnocení bývají rozdíly v metodikách používaných pro hodnocení životního prostředí v sousedících státech, včetně odlišností odborné terminologie a přístupu k vyhodnocování dat. Tyto skutečnosti neumožňují jednoduše spojit a porovnávat národní hodnocení v přeshraničních regionech, protože na společných hranicích se tato hodnocení liší. Velmi významným přínosem této monografie je použití stejného metodického postupu hodnocení v celém přeshraničním regionu Slezska a Moravy, umožňující podrobný popis vztahů mezi meteorologickými podmínkami a úrovní znečištění ovzduší srovnatelným způsobem.

V neposlední řadě je nutné zdůraznit, že monografie by nevznikla bez dlouhodobě budované vzájemné důvěry, respektu a přátelství mezi pracovníky ČHMÚ a IMGW-PIB.

Věříme, že předkládané informace přispějí k lepšímu pochopení vlivu meteorologických podmínek na kvalitu ovzduší laickou i odbornou veřejností.



Ing. Václav Dvořák, Ph.D.

ředitel Českého hydrometeorologického ústavu

PRZEDMOWA

Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ), oraz Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy (IMGW-PIB) współpracują już od wielu lat w dziedzinie meteorologii, hydrologii i jakości powietrza. Jedną z najbardziej intensywnych jest współpraca w regionie transgranicznym Śląska i Moraw pomiędzy oddziałem ČHMÚ w Ostrawie a oddziałem IMGW-PIB w Krakowie. Niniejsza monografia jest zwięźczeniem wieloletniej wzajemnej wymiany danych meteorologicznych oraz informacji nt. Zanieczyszczenia powietrza oraz przeprowadzania wspólnych badań poziomu zanieczyszczenia powietrza, publikowanych w periodykach specjalistycznych oraz prezentowanych na konferencjach.

Problemem dotyczącym większości badań transgranicznych są często różnice w metodykach stosowanych do oceny środowiska naturalnego w sąsiednich państwach, jak również rozbieżności w terminologii specjalistycznej oraz w podejściu do oceny danych. Uniemożliwia to proste połączenie i porównanie ocen krajowych w regionach transgranicznych, ponieważ na wspólnych granicach oceny te się różnią. Bardzo znaczącą zaletą niniejszej monografii jest zastosowanie jednako-owego podejścia metodycznego do oceny w całym transgranicznym regionie Śląska i Moraw, umożliwiającego szczegółowe opisanie relacji pomiędzy warunkami meteorologicznymi a poziomem zanieczyszczeń powietrza w sposób porównywalny.

Ponadto należy podkreślić, że monografia nie powstałaby bez wzajemnego zaufania, poszanowania i przyjaźni budowanej przez wiele lat pomiędzy pracownikami ČHMÚ i IMGW-PIB.

Wierzymy, że przedstawione informacje przyczynią się do lepszego zrozumienia meteorologicznych warunków rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń przez osoby spoza branży, jak i w środowisku specjalistów.



dr hab. inż. Mieczysław S. Ostojki

*dyrektor Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego,
Wiceprezydent Światowej Organizacji Meteorologicznej*

SUMMARY

THE INFLUENCE OF METEOROLOGICAL CONDITIONS ON AIR QUALITY IN THE BORDER REGION OF SILESIA AND MORAVIA

The Czech Hydrometeorological Institute (CHMI) and the Institute of Meteorology and Water Management – National Research Institute (IMGW-PIB) have been working together for many years in the fields of meteorology, hydrology and air quality. The most intensive cooperation has been between the CHMI's Ostrava branch and IMGW-PIB's Krakow branch. Within this long collaboration a monograph has been completed, the main contribution being that the same method was used to assess the relationship between meteorological conditions and air pollution levels throughout the border region of Silesia and Moravia. This publication was prepared and issued within the framework of project "Air Quality Information System in the Polish-Czech border in the Silesian and Moravian-Silesian Region", financed by the Operational Programme for Czech-Polish Cross-border Cooperation 2007–2013 (registration number of the project: CZ.3.22/1.2.00/09.01610).

The Moravian-Silesian Region and Silesian Voivodeship in the Czech-Polish border area is one of the most urbanized and industrial areas in Central Europe. For a long time there has been a problem of high levels of air pollution particles of anthropogenic origin, which are among the highest in Europe. The sources of particles are high concentrations of industrial production, large densities of local heating using solid fuels and concentrated transport infrastructure. The region covers an area of about 9 680 km² and has more than 4.6 million inhabitants (fig. 1.1, tab. 2.1).

After a brief summary of the socio-economic, geographic and climatic characteristics of the area in the second chapter, the third chapter describes the meteorological conditions affecting air pollution levels. A predominant air flow from southwestern directions is typical of northeastern Moravia and is related to the orographic influence of the Moravian Gate. This influence is even evident in adjacent border areas of the Silesian Voivodeship (chapter 3.1). The results of measurements in the period from January 2001 to March 2011 show that wind speed (3.2), temperature (3.4), duration of sunshine (3.6), humidity (3.7) and atmospheric pressure (3.8) in the whole area were very similar while rainfall in the Silesian Voivodeship was higher than in the Moravian-Silesian Region (3.5). The boundary layer in the cold half of the year was more stable than in the warm half of the year, i.e. the conditions for dispersion of pollutants were less favourable (3.3).

Chapter Four evaluates the results of measurements of air pollution in the period from October 2005 to March 2011 at state monitoring locations. The majority of pollutants for which legislative limits are set were processed [EC, 2004; EC, 2008; ČR, 2012; RP, 2012]. The interannual variability in concentrations of PM₁₀, NO₂ and SO₂ is high and is caused mainly by the influence of meteorological conditions, especially in the cold half of the year, and also by fluctuations in levels of emissions. Exceptionally high values are caused by situations with prolonged temperature inversions over the whole region in the winter period (December-February). Differences in concentrations between various locations are caused by their different geographical positions and positions with respect to emission sources. In addition to annual and seasonal characteristics of pollutant concentrations changes throughout the year, week and day are also provided.

In the Silesian Voivodeship and Moravian-Silesian Region the level of air pollution caused by suspended particles PM₁₀ was similar. Neither the annual nor the daily PM₁₀ limit value for protection of human health was adhered to in the whole area. The average concentration of PM₁₀ exceeded the annual limit at most stations. The numbers of days exceeding the daily limit value for PM₁₀ during the calendar year for each year in the region Silesian Voivodeship were between 37 and 180 and in the Moravian-Silesian Region the numbers of days were between 41 and 194, while the legislation permits 35 days. The annual average concentration of suspended particles PM_{2,5} significantly exceeded the annual limit value for human health protection throughout the whole area (4.1).

The biggest health risk in the area is represented by a 3 to 18-fold exceedance of the target value for benzo[*a*]pyrene in PM₁₀ (4.2).

The annual average concentrations of arsenic, cadmium, nickel and lead in PM₁₀ didn't exceed regulatory limits (4.3).

The average level of air pollution by nitrogen dioxide (NO₂) was similar in the Czech and Polish parts of the area, yet slightly higher in the Silesian Voivodeship. The NO₂ limit value for the protection of human health was exceeded at only one station, classified as a traffic station. Nevertheless, it can be assumed that exceedances occur at other locations with heavy traffic, where air pollution is not monitored. The critical annual level of nitrogen oxides (NO_x) for vegetation protection was exceeded at most stations in all or at least four of the five years that were assessed (4.4).

The level of air pollution by sulphur dioxide (SO₂) in the Silesian Voivodship was approximately double than in the Moravian-Silesian Region. Limit values for SO₂ for protection of human health were only exceeded in the Silesian Voivodship in the years 2006 and 2010. Significantly higher concentrations in the region Silesian Voivodship come largely from local heating where different quality fuel with higher sulphur content is often used. The critical annual level for vegetation protection during the cold period was exceeded at eight out of ten of the assessed stations in the Silesian Voivodship and on an annual basis concentrations were slightly over at two stations. In the Moravian-Silesian Region the critical level was not exceeded (4.5).

The annual average concentrations of benzene exceeded the annual limit at one station in Ostrava, while other stations were below the limit. Higher concentrations in this locality are associated with industrial activity, especially the production of coke and chemical production (4.6).

The level of air pollution by ozone (O₃) in the Silesian Voivodship was somewhat lower than in the Moravian-Silesian Region. The O₃ target value for protection of human health was not exceeded however the long-term objective was exceeded. The O₃ target value for vegetation protection was exceeded in 2008 only at two stations in Silesian Voivodship. Nonetheless, the long-term objective was exceeded at all stations in the whole area (4.7).

The core of the publication lies in chapters five and six, where two different ways of evaluating the influence of meteorological conditions on air pollution levels are presented. The fifth chapter is a synthesis of the previous two. Regional daily average concentrations are evaluated according to the daily type of meteorological dispersion conditions and wind direction.

The current influence of temperature stratification and wind speed on the concentration of PM₁₀, NO₂ and SO₂ is dominant and more pronounced in the cold season. The average regional daily concentration increases with decreasing air temperature, with increasing stability of vertical temperature stratification, with decreasing wind speed and decreasing precipitation. Average regional concentrations were highest during days with a temperature inversion in the layer of the atmosphere 0–1000 m, with an average 10 m wind speed of less than 1.5 m.s⁻¹ and with an average maximum 2 m temperature of –2.5 °C. The current influence of sunlight and temperature on the concentration of O₃ is dominant. Regional O₃ pollution levels significantly increase with increasing duration of sunshine in the day and with increasing air temperature. Regional maximum daily 8-hour average O₃ concentrations were highest in days with sunshine duration of at least 8.5 hours and an average daily air temperature of at least 17.5 °C (5.1).

The influence of dispersion conditions on regional daily average concentrations of pollutants in air is dominant and the influence of wind direction in the area complementary. According to the daily type of air flow the highest regional average concentrations of PM₁₀ and NO₂, measured in both regions, and the regional average concentration of SO₂ in the Silesian Voivodship, occurred during days without a dominant wind direction. They are mostly connected to days with variable wind direction or days with a significant change in the wind direction during the day. Variable wind direction is most common at low speeds. The next highest regional average concentrations of PM₁₀ and NO₂ in both regions, and the concentration of SO₂ in the Moravian-Silesian Region, occurred during days with a northeasterly air flow. The lowest concentrations in both regions occurred when the air flow was from the southwest (5.2).

The level of air pollution, in a given time and place, is determined by the overall meteorological situation, not just individual meteorological conditions. Regarding types of weather situations connected to usual values of meteorological variables, in the cross-border region of Silesia and Moravia a southwest flow associated mainly with a cyclonic (low pressure) system settles and fosters predominantly high wind speeds with good dispersion conditions. And this effect is enhanced when the flow transports to the region relatively clean air from less-polluted locations in the Czech Republic. Conversely, northeast and variable wind flows with low wind velocities are associated with anticyclonic situations (high pressure systems), and are often accompanied by deteriorated dispersion conditions, especially during the cold period of the year. Generally, good dispersion conditions therefore transport pollutants from the Moravian-Silesian Region to the Silesian Voivodship, while for predominant poor-dispersion conditions, the transport is opposite. Sites which are located in the central part of the border area are polluted in both flow directions by emission sources that are located near the edges of the area. The highest average regional concentrations of PM₁₀, NO₂ and SO₂ were measured in days with poor dispersion conditions and the absolute highest concentrations occurred during these days in cold halves of the years (5.3).

The sixth chapter deals with episodes of high concentrations of suspended PM₁₀ and ground-level ozone, as representatives of winter and summer smog, and describes the strongest episodes.

From October 2005 to March 2011, 15 whole-area PM₁₀ episodes (occurring simultaneously throughout the study area) were identified. They lasted for different lengths of time, in total 28 days. The longest episode lasted for five days. Whole-area PM₁₀ episodes occurred mostly in January (61% of the

selected PM₁₀ episodes), but also occurred in December and February. In the warm periods of the year, 33 whole-area tropospheric ozone episodes with different durations were classified, involving a total of 54 days. The longest O₃ episode lasted 10 days. Episodes with durations of 3 days and 6–9 days did not occur at all (6.1 to 6.2).

The characterization of episodes of high concentrations of pollutants that was performed identified meteorological factors that are responsible for the formation of episodes. Beside synoptic conditions, such as type of pressure system (episodes of high concentrations of particles, even ozone in the vast majority of cases, mostly arise under anticyclonic pressure systems with weak gradients), related meteorological elements also play an important role. In the analysed cases, the overwhelming majority of episodes correspond to local and regional factors. Circulation conditions with weak gradient lead to the dominance of local climatic conditions on the concentration of air pollutants, manifesting themselves as the effects of temperature, wind speed and atmospheric stability conditions, evolving under the influence of local conditions. In the case of PM₁₀ and O₃ episodes the dominance of these meteorological elements is significant, although the mode of interaction, as well as the reasons for their dominance is different (6.3 to 6.4).

A summary of data and methods used is attached at the end of the publication.

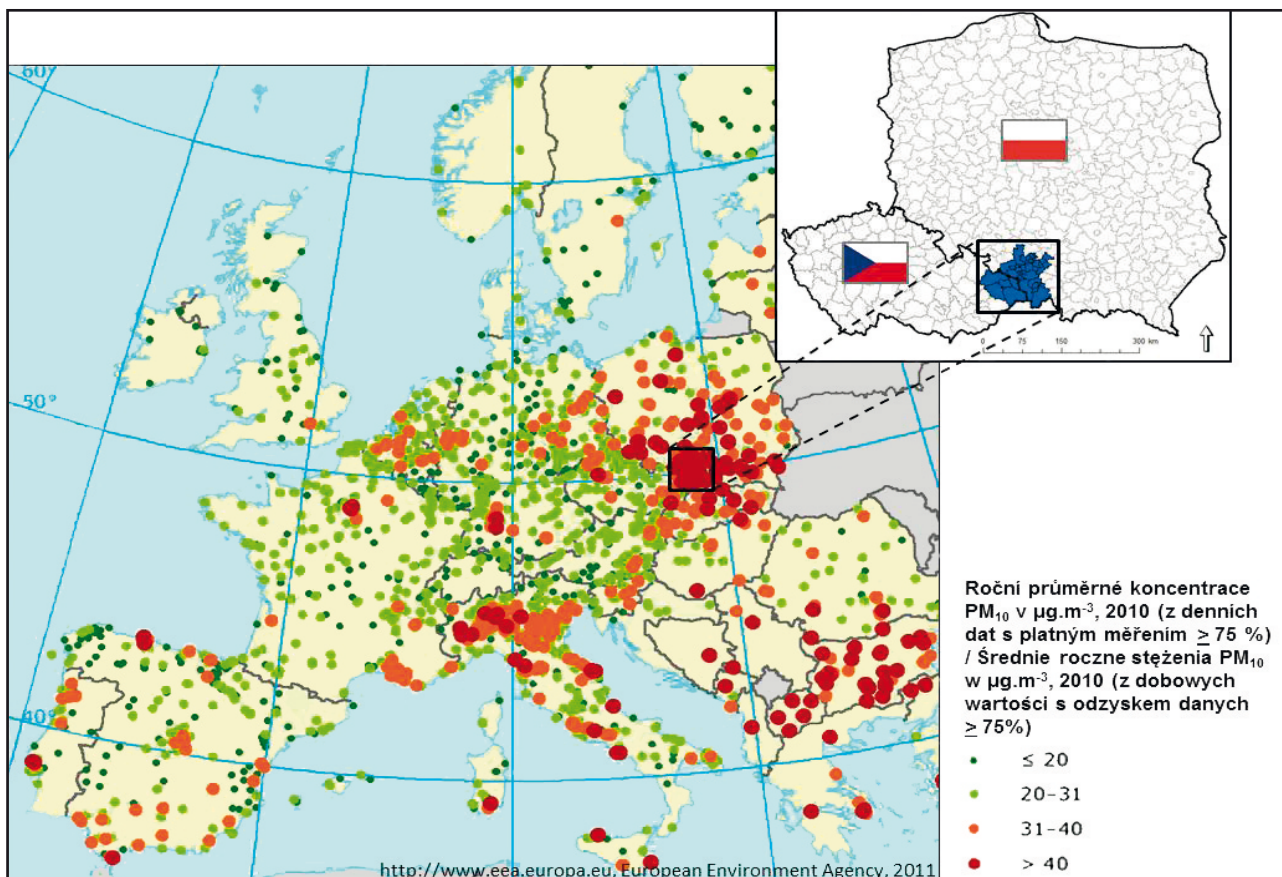


Přeshraniční oblast Polska a České republiky v regionu Slezského vojvodství a Moravskoslezského kraje (obr. 1.1) patří k nejvíce urbanizovaným a průmyslovým oblastem ve střední Evropě. Industrializace a rozvoj osídlení postupující od poloviny 19. století způsobily, že v krátké době začalo docházet k rychlé degradaci kvality životního prostředí. Kromě významných proměn terénu,

Obszar przygraniczny Polski i Republiki Czeskiej w rejonie województwa śląskiego i kraju morawskośląskiego (rys. 1.1) należy do najbardziej zurbanizowanych i uprzemysłowionych w Europie Środkowej. Postępująca od połowy XIX wieku industrializacja i rozwój osadnictwa spowodowały, że szybkiej degradacji zaczęła ulegać jakość środowiska naturalnego. Obok silnych przekształceń

Obr. 1.1 Přeshraniční oblast Slezska a Moravy (zájmová oblast)

Rys. 1.1 Transgraniczny obszar Śląska i Moraw (obszar objęty badaniem)



způsobených expanzí především těžebního průmyslu a kontaminací vod, započala i degradace kvality ovzduší. Koncem sedmdesátých let 20. století patřilo znečištění životního prostředí v tomto regionu k největším v Evropě a kvalita ovzduší byla katastrofální.

Velké změny v oblasti přinesla restrukturalizace hospodářství obou zemí, která byla výsledkem systémové transformace na přelomu 80. a 90. let minulého století. Technologické změny, uzavírání nerentabilních a vůči životnímu prostředí škodlivých průmyslových podniků a v neposlední řadě i zvýšené povědomí veřejnosti o ochraně životního prostředí vedly od poloviny 90. let k systematickému zlepšení kvality ovzduší. Kromě výše uvedených investičních aktivit mělo velký význam i zahájení

terenu, spowodowanych rozbudową głównie przemysłu wydobywczego, zanieczyszczeniem wód, degradacji ulegać zaczęła jakość powietrza. Pod koniec lat siedemdziesiątych XX wieku skażenie środowiska naturalnego w tym rejonie należało do największych w Europie, a jakość powietrza była katastrofalna.

Duże zmiany w tym zakresie przyniosła restrukturyzacja gospodarki obu krajów, która nastąpiła w wyniku transformacji ustrojowej na przełomie lat 80. i 90. ubiegłego wieku. Zmiany technologii, zamykanie nierentownych i uciążliwych dla środowiska zakładów przemysłowych, wreszcie zwiększenie świadomości społecznej na temat ochrony środowiska spowodowały, że jakość powietrza od połowy lat 90. ubiegłego wieku stale

systematických měření kvality ovzduší v rámci institucionalizovaných monitorovacích systémů. Přímá kontrola kvality ovzduší a sdílení informací v reálném čase umožnilo jak rozhodujícím činitelům, tak i občanům obou zemí sledovat aktuální stav kvality ovzduší a požadovat jeho okamžité zlepšení. Vstupu Polska a České republiky do Evropské unie předcházela nutnost přizpůsobení legislativy požadavkům EU. Tyto požadavky na ochranu ovzduší byly ve většině případů přísnější než ty, které byly v obou zemích používány doposud. Dodržování těchto norem na obou stranách hranice se tímto pro místní společnost stalo opět výzvou.

Znečištění ovzduší je i přes neustálou snahu snižovat emise jedním z problémů, který má nezanedbatelný vliv na zdravotní stav evropské populace [EEA, 2012a]. K oblastem s nejvíce znečištěným ovzduším v Evropě patří i v současnosti oblast Slezska a Moravy, ležící po obou stranách česko-polské hranice (obr. 1.1), ve které je kumulován velký počet jak průmyslových zdrojů, tak zdrojů komunálních

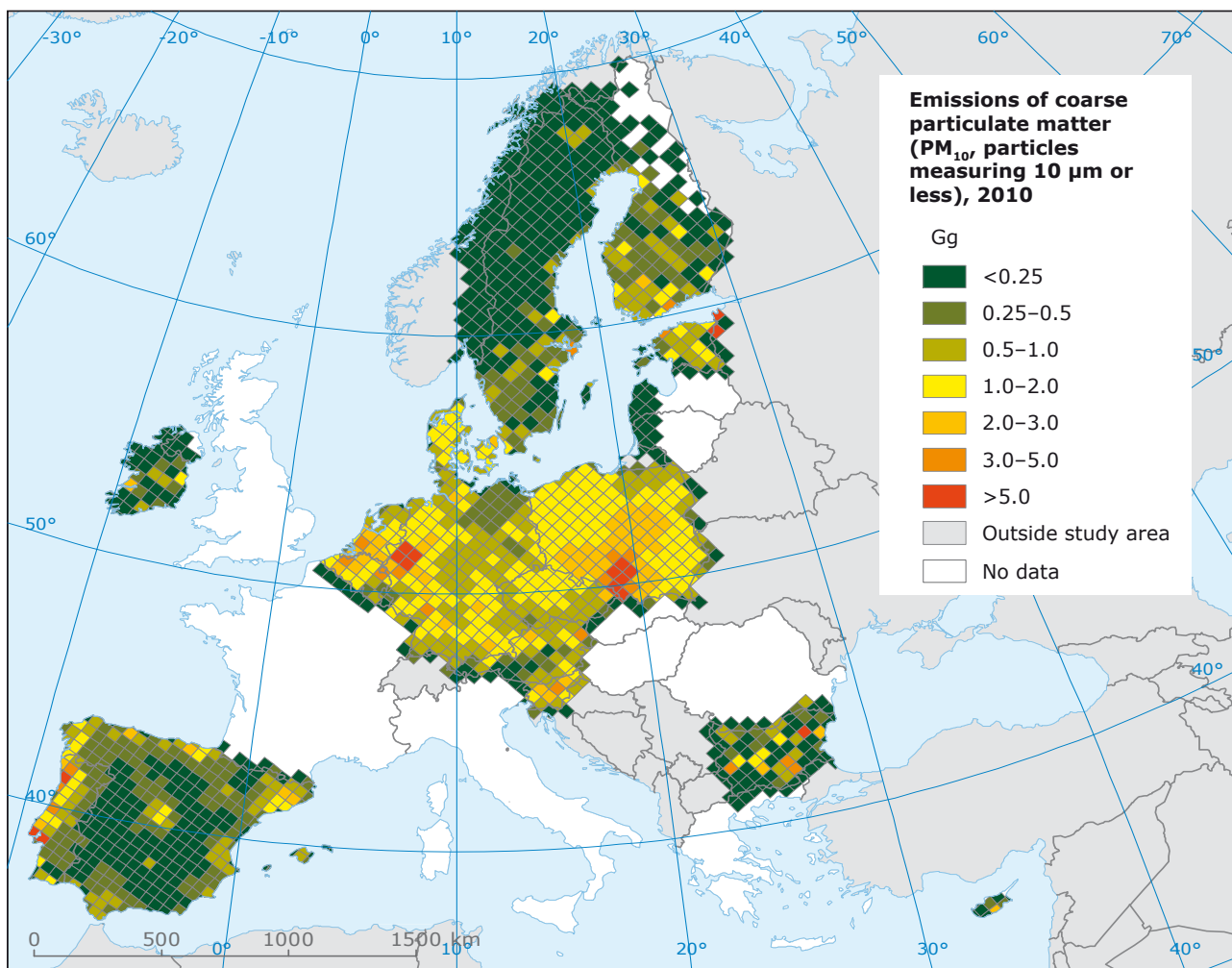
się polepsza. Poza wspomnianymi wyżej działaniami o charakterze inwestycyjnym duże znaczenie miało rozpoczęcie systematycznych pomiarów jakości powietrza w ramach zinstytucjonalizowanych systemów monitoringowych. Bezpośrednia kontrola jakości powietrza i udostępnianie uzyskanych informacji w czasie rzeczywistym pozwoliły zarówno decydom, jak też i obywatelom obu krajów na bieżące śledzenie stanu jakości powietrza i zgłaszanie konieczności jego doraźnej poprawy. Przystąpienie Polski i Republiki Czeskiej do Unii Europejskiej było poprzedzone koniecznością dostosowania prawa krajowego do wymogów unijnych. Wymagania te w zakresie ochrony powietrza były w większości przypadków bardziej restrykcyjne od obowiązujących dotychczas w obu krajach, co spowodowało, że dotrzymanie tych standardów po obu stronach granicy znów stało się wyzwaniem dla zamieszkujących tu społeczeństw.

Zanieczyszczenie powietrza, pomimo ciągłych starań podejmowanych w celu zmniejszenia emisji,

Obr. 1.2 Emise PM₁₀ v Evropě v roce 2010

Rys. 1.2 Emisje PM₁₀ w Europie w 2010 roku

[EEA, 2012b]



a rovněž velmi hustá silniční síť. Emise oblasti patří k nejvyšším v Evropě (obr. 1.2)¹. Problémem jsou zejména suspendované částice² obsahující zdraví škodlivé látky. Tento stav je dlouhodobě znám, byl tématem již mnoha prezentací, článků a publikací, byl a stále je diskutován na různých seminářích, workshopech a konferencích. Většinou je však situace v oblasti hodnocena buď pouze samostatně na národní úrovni v České republice a v Polské republice, nebo jako součást souhrnných celoevropských hodnocení, převážně bez přeshraničních souvislostí, přičemž se převážně jedná o popis naměřených koncentrací (imisní situace).

Konkrétní úroveň koncentrací škodlivin v ovzduší v dané oblasti však závisí nejen na charakteristikách zdrojů, množství jimi vypouštěných škodlivin a fyzickogeografických podmínkách území. Intenzitu a způsob rozptylu znečišťujících látek dominantně určují meteorologické podmínky. Pro bližší poznání dynamiky změn úrovně znečištění ovzduší je nutné posuzovat nejen změny emisí, ale zejména vztahy mezi koncentracemi znečišťujících látek a meteorologickými podmínkami (meteorologicko-imisní vztahy). Vzduch a s ním i znečištění ovzduší se přesunuje bez ohledu na administrativní členění území, a proto je nezbytné znečištěné oblasti zkoumat celkově, bez ohledu na státní hranice.

Publikace shrnuje výsledky dostupných měření znečištění ovzduší a meteorologických prvků v přeshraniční oblasti Slezska a Moravy a vyhodnocuje je stejnou metodikou. Čtenáři tak předkládá vyhodnocení rozsáhlých souborů dat v přehledných souhrnných tabulkách a obrázcích, které dosud nikdy nebylo v takovémto rozsahu publikováno. Záměrem autorů bylo podrobně popsat imisní situaci v oblasti ve vztahu k meteorologickým podmínkám. Popsané informace mohou sloužit nejen široké veřejnosti a občanským sdružením k seznámení s problematikou znečištěného ovzduší v oblasti, ale rovněž státním, regionálním a místním úřadům a samosprávám jako analýza stávajícího stavu, která je nezbytným předpokladem řízení kvality ovzduší a ochrany zdraví obyvatel. V neposlední řadě mohou být informace využity jako základ pro další zkoumání vazeb mezi znečištěním ovzduší a např. emisemi v oblasti.

¹ Inventarizací emisí v přeshraniční oblasti Slezska a Moravy se zabývaly projekty Zlepšení kvality ovzduší v příhraniční oblasti Česka a Polska (www.cleanborder.eu) a Informační systém kvality ovzduší v oblasti Polsko-Českého pohraničí ve Slezském a Moravskoslezském regionu (www.air-silesia.eu) v rámci Operačního programu přeshraniční spolupráce Česká republika-Polská republika 2007–2013 (OPPS ČR-PR 2007–2013).

² Pro suspendované částice se často používají pojmy „prašný aerosol“ a „polétavý prach“. Tyto názvy však nejsou terminologicky přesné, neboť suspendované částice tvoří nejen pevné, ale i kapalné a směsné částice.

pozostaje jedním z problémů majících nebagatelny vplyv na stan zdravia populacii europejskiej [EEA, 2012a]. Obecnie do obszarów o najbardziej zanieczyszczonym powietrzu w Europie należy także leżący na pograniczu polsko-czeskim obszar Śląska i Moraw (rys. 1.1), w którym skumulowana jest duża liczba źródeł zarówno przemysłowych, jak i komunalnych, występuje tam również gęsta sieć drogowa. Emisje w regionie należą do najwyższych w Europie (rys. 1.2)¹. Problem stanowią w szczególności cząstki zawieszane², zawierające szkodliwe dla zdrowia substancje. Taki stan znany jest od długiego czasu, stanowił już przedmiot wielu prezentacji, artykułów oraz publikacji, był i nadal jest tematem omawianym na różnych seminariach, warsztatach i konferencjach. W większości przypadków sytuacja w obszarze oceniana jest jednak albo odrębnie na szczeblu narodowym w Republice Czeskiej i w Polsce, albo jako element zbiorczych ocen ogólnoeuropejskich, zazwyczaj bez uwzględnienia zależności transgranicznych, przy czym przeważnie są to opisy zmierzonych stężeń (stan jakości powietrza).

Konkretny poziom stężeń zanieczyszczeń w powietrzu na danym obszarze zależy jednak nie tylko od cech źródeł, ilości emitowanych przez nie zanieczyszczeń oraz warunków fizycznogeograficznych obszaru. Na intensywność i sposób dyspersji zanieczyszczeń istotnie wpływają warunki meteorologiczne. W celu bliższego poznania dynamiki zmian poziomu zanieczyszczenia powietrza konieczna jest nie tylko ocena zmian emisji, ale w szczególności relacji pomiędzy stężeniami zanieczyszczeń a warunkami meteorologicznymi (relacji między warunkami meteorologicznymi a imisją zanieczyszczeń). Powietrze, a wraz z nim także zanieczyszczenia przemieszczają się bez względu na podział administracyjny obszaru i dlatego konieczne jest badanie zanieczyszczonego obszaru w całości bez względu na istniejące granice państwowe.

W opracowaniu podsumowano wyniki dostępnych pomiarów zanieczyszczenia powietrza oraz meteorologicznych elementów w obszarze trans-

¹ Inwentaryzacji emisji w regionie transgranicznym Śląska i Moraw poświęcone były projekty „Polepszenie jakości powietrza w regionie przygranicznym Czechy-Polska“ (www.cleanborder.eu) oraz „System informacji o jakości powietrza na obszarze pogranicza Polsko-Czeskiego w regionie Śląska i Moraw“ (www.air-silesia.eu) w ramach Programu Operacyjnego Współpracy Transgranicznej Republika Czeska – Rzeczpospolita Polska 2007–2013 (POWT RCz–RP 2007–2013).

² Dla cząstek zawieszonych często stosowane są pojęcia „pył zawieszony“ i „pył lotny“. Pojęcia te nie są jednak pod względem terminologicznym dokładne, ponieważ cząstki zawieszane to nie tylko cząstki stałe, ale także ciekłe i mieszanane.

Přeshraniční oblastí Slezska a Moravy je v této publikaci označována část Moravskoslezského kraje a navazující část Slezského vojvodství. Část této oblasti na území České republiky je dále nazývána „region Moravskoslezského kraje“ (MSK) a zahrnuje okresy Frýdek-Místek (bez horských partií), Karviná, Nový Jičín, Opava a Ostrava-město; část oblasti na území Polské republiky je nazývána „region Slezského vojvodství“ (SLw) a jeho součástí jsou bielský a rybnický podregion a centrální podoblast, jejíž součástí je hornoslezská aglomerace (obr. 1.1). V celé přeshraniční oblasti žije na ploše cca 9 680 km² více než 4,6 milionu obyvatel.

Po stručném shrnutí socioekonomických, fyzickogeografických a klimatických charakteristik přeshraniční oblasti ve druhé kapitole jsou v kapitole třetí popsány meteorologické podmínky ovlivňující úroveň znečištění ovzduší. Výsledky měření směru a rychlosti větru, teploty vzduchu a denních úhrnů atmosférických srážek za období od ledna 2001 do března 2011 jsou doplněny výsledky měření vlhkosti vzduchu, atmosférického tlaku a doby trvání slunečního svitu.

Kapitola čtvrtá hodnotí výsledky měření znečištění ovzduší za pětileté období 2006–2010 a měsíce leden–březen 2011. Hodnocena je většina znečišťujících látek, pro které jsou v rámci legislativy Evropské unie [EC, 2004; EC, 2008], a tedy i legislativy České a Polské republiky [ČR, 2012; RP, 2012], stanoveny imisní limity (mezni hodnoty), cílové hodnoty a dlouhodobé cíle pro ochranu zdraví lidí a kritické úrovně pro ochranu vegetace. Meteorologické podmínky se výrazně liší v teplé a chladné polovině roku, a proto je hodnocena nejen celoroční úroveň znečištění ovzduší, ale rovněž úroveň sezónní.

Těžiště publikace spočívá v kapitolách pět a šest, které představují dva různé způsoby hodnocení vlivu meteorologických podmínek na úroveň znečištění ovzduší. Pátá kapitola je syntézou dvou předchozích kapitol. Imisní situace je v ní hodnocena jednak v závislosti na meteorologických podmínkách rozptylu a jednak v závislosti na směru proudění v přeshraniční oblasti. Šestá kapitola se zabývá epizodami s vysokými koncentracemi škodlivin suspendovaných částic PM₁₀ a přízemního ozonu jakožto reprezentantů zimního a letního smogu. Identifikuje meteorologické podmínky, při kterých v přeshraniční oblasti dochází k těmto epizodám a podrobně popisuje nejsilnější z nich.

V sedmé kapitole jsou shrnuty nejdůležitější výsledky a závěry z předchozích kapitol a v příloze publikace jsou shrnuty informace o použitých datech a metodách.

granicznym Śląska i Moraw oraz poddano je ocenienie z zastosowaniem tej samej metodyki. Czytelnik otrzymuje więc ocenę obszernych zbiorów danych w przejrzystych zbiorczych tabelach i rysunkach, do tej pory nigdzie w takim zakresie nie publikowaną. Celem autorów było szczegółowe opisanie stanu jakości powietrza w stosunku do warunków meteorologicznych. Podane informacje mogą pomóc szerokiej opinii publicznej oraz stowarzyszeniom społecznym w poznaniu zagadnień dotyczących zanieczyszczonego powietrza w regionie, a urzędowi państwowym, regionalnym i lokalnym oraz samorządowi mogą służyć jako analiza istniejącego stanu, będąca niezbędną przesłanką do zarządzania jakością powietrza i dla ochrony zdrowia mieszkańców. Ponadto informacje mogą zostać wykorzystane jako podstawa do dalszych badań nad zależnościami zanieczyszczenia powietrza na przykład od emisji w regionie.

Obszarem transgranicznym Śląska i Moraw jest dla celów niniejszego opracowania część kraju morawskośląskiego i sąsiadująca z nią część województwa śląskiego. Część tego obszaru na terytorium Republiki Czeskiej nazywana jest dalej „regionem kraju morawskośląskiego“ (MSK) i obejmuje powiaty Frýdek-Místek (bez partii górskich), Karviná, Nový Jičín, Opava i Ostrava-město; część obszaru na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej określana jest jako „region województwa śląskiego“ (SLw), który obejmuje podregion bialski i rybnicki oraz podobszar centralny, którego elementem jest aglomeracja górnośląska (rys. 1.1). Na całym obszarze transgranicznym na powierzchni ok. 9680 km² mieszka ponad 4,6 miliona mieszkańców.

Po krótkim podsumowaniu w rozdziale drugim cech społeczno-gospodarczych, fizycznogeograficznych i klimatycznych obszaru transgranicznego w kolejnym, trzecim rozdziale opisano warunki meteorologiczne wpływające na poziom zanieczyszczenia powietrza. Wyniki pomiaru kierunku i prędkości wiatru, temperatury powietrza oraz dobowych sum opadów atmosferycznych z okresu od stycznia 2001 r. do marca 2011 r. uzupełniono wynikami pomiaru wilgotności powietrza, ciśnienia atmosferycznego oraz usłonecznienia.

W rozdziale czwartym ocenie poddano wyniki pomiarów zanieczyszczenia powietrza w pięcioletnim okresie 2006–2010 i w miesiącach stycznia–marzec 2011 r. Ocena dotyczy większości zanieczyszczeń, dla których w ramach ustawodawstwa Unii Europejskiej [EC, 2004; EC, 2008], czyli także ustawodawstwa Rzeczypospolitej Polskiej i Republiki Czeskiej [RP 2012; ČR 2012], określono stężenia dopuszczalne (wartości dopuszczalne), wartości docelowe oraz cele długoterminowe w zakresie ochrony życia ludzkiego oraz poziomy krytyczne ustanowione w celu ochrony roślin.

Warunki meteorologiczne znacznie się różnią w ciepłej i chłodnej połowie roku, dlatego ocenie poddano nie tylko całoroczny poziom zanieczyszczenia powietrza, ale także poziom sezonowy.

Najważniejszą częścią opracowania są rozdziały piąty i szósty, pokazujące dwa różne sposoby oceny wpływu warunków meteorologicznych na poziom zanieczyszczenia powietrza. Rozdział piąty stanowi syntezę poprzednich dwóch rozdziałów. Sytuacja w zakresie emisji została tu oceniona w zależności od meteorologicznych warunków dyspersji, jak również w zależności od kierunku przepływu mas powietrza w obszarze transgranicznym. W roz-

dziale szóstym opisano epizody z wysokim stężeniem zanieczyszczenia pyłem zawieszonym PM_{10} oraz ozonem przyziemnym, które są elementami zimowego i letniego smogu. Wskazano tu warunki meteorologiczne, przy których pojawiają się w obszarze transgranicznym epizody, szczegółowo opisano również te najsilniejsze z nich.

W rozdziale siódmym podsumowano najważniejsze wyniki i wnioski z poprzednich rozdziałów, a w zakończeniu opracowania, w aneksie, podsumowano informacje dotyczące wykorzystanych danych i zastosowanych metod.

VYBRANÉ OBLASTNÍ CHARAKTERISTIKY

2.

Části Slezského vojvodství a Moravskoslezského kraje popisované v této publikaci jsou dva nejvíce urbanizované a industrializované regiony v Polské a České republice a zároveň oblasti s velkou hustotou obyvatelstva. Zatímco v celém Polsku je průměrná hustota 122 obyvatel/km², v regionu Slezského vojvodství žije na ploše cca 5 790 km² celkem 3,5 milionu obyvatel s průměrnou hustotou 605 obyvatel/km². V České republice je průměrná hustota 130 obyvatel/km², ale v regionu Moravskoslezského kraje žije na rozloze cca 3 890 km² více než 1,1 milionu obyvatel s průměrnou hustotou 294 obyvatel/km². V regionu Slezského vojvodství je 19 a v regionu Moravskoslezského kraje pět měst s počtem obyvatel nad 50 000 (tab. 2.1).

Oblast je z hlediska fyzikogeografických a socioekonomických podmínek velmi různorodá. Z geomorfologického hlediska leží na území čtyř

WYBRANE CECHY OBSZARU

Opisywane w niniejszym opracowaniu części województwa śląskiego oraz kraju morawskośląskiego są dwoma najbardziej zurbanizowanymi i uprzemysłowionymi regionami w Polsce i w Czechach. Ponadto są to obszary o dużej gęstości zaludnienia. W całej Polsce przeciętna gęstość zaludnienia wynosi 122 mieszkańców/km², natomiast w regionie województwa śląskiego na powierzchni ok. 5790 km² mieszka łącznie 3,5 miliona mieszkańców, a średnia gęstość zaludnienia wynosi 605 mieszkańców/km². W Republice Czeskiej średnia gęstość zaludnienia wynosi 130 mieszkańców/km², ale w regionie kraju morawskośląskiego na powierzchni ok. 3890 km² mieszka ponad 1,1 miliona mieszkańców, a przeciętna gęstość zaludnienia wynosi 294 mieszkańców/km². Miast liczących powyżej 50000 mieszkańców jest w województwie śląskim 19, a w regionie kraju morawskośląskiego 5 (tab. 2.1).

Tab. 2.1 Demografické údaje a emise

Tab. 2.1 Dane demograficzne i emisje

[GUS, 2012; ČSÚ, 2013; WIOŚ, 2012; ČHMÚ 2013]

| Oblasti a okresy Obszary i powiaty | Plocha Powierzchnia [km ²] | Počet obyvatel Ludność | | TZL TLZ | SO ₂ | NO _x |
|--|--|---------------------------|----------------------|------------|-----------------|-----------------|
| | | Celkem Ogółem | Na 1 km ² | | | |
| Region Slezského vojvodství / Region Województwa śląskiego | | | | | | |
| Podregion bielski | 2354 | 656775 | 279 | 598 | 3056 | 1049 |
| Podregion rybnicki | 1353 | 637500 | 471 | 1974 | 28449 | 18433 |
| Aglomeracja Górnoszląska | 1218 | 1952262 | 1603 | 6996 | 33648 | 24076 |
| Podregion środkowy | 862 | 257480 | 299 | 1348 | 8884 | 10680 |
| Region Moravskoslezského kraje / Region Kraju morawskośląskiego | | | | | | |
| Okres Frýdek-Místek | 1208 | 212100 | 176 | 1847 | 5360 | 5789 |
| Okres Karviná | 356 | 270412 | 760 | 850 | 4692 | 6556 |
| Okres Nový Jičín | 882 | 152524 | 173 | 548 | 543 | 1222 |
| Okres Opava | 1113 | 177236 | 159 | 528 | 467 | 1290 |
| Okres Ostrava-město | 332 | 333579 | 1005 | 2285 | 10453 | 11524 |

provincií: Středoevropské nížiny, Polské vysočiny, České vysočiny a Západních Karpat [Demek et al., 2006; Kondracki, 2002]. Z klimatického hlediska leží území v mírném podnebném pásu s typickým střídáním čtyř ročních období. Podle nejvíce rozšířené a všeobecně uznávané klasifikace podnebí W. Köppena [Kottek et al., 2006], podle které je kritériem klimatického členění průměrná měsíční teplota a roční úhrn srážek, se oblast nachází v zóně kontinentálního podnebí s teplými léty. Tato zóna

Obszar jest pod względem uwarunkowań fizycznogeograficznych i społeczno-gospodarczych bardzo zróżnicowany. Pod względem geomorfologicznym obszar leży na terenie czterech prowincji: Niziny Środkowoeuropejskiej, Wyżyny Polskiej, Masywu Czeskiego i Zachodnich Karpatów [Demek et al., 2006; Kondracki, 2002]. Pod względem klimatycznym leży w strefie klimatu umiarkowanego z typowymi zmieniającymi się czterema porami roku. Zgodnie z najpowszechniejszą i ogólnie przyjętą

podle Köppena pokrývá téměř celou střední a jižní Evropu. Většina oblasti patří do podtypu podnebí listnatých lesů mírného pásma CFb, okrajové horské části oblasti do podtypu boreálního klimatu DfB, případně Dfc. Klimatické poměry jsou v celé oblasti velmi podobné (tab. 2.2, obr. 2.1, více viz kapitola 3, dále rovněž [IMGW, 2000; IMGW, 2005; ČHMÚ, UP, 2007]).

Region Slezského vojvodství lze rozdělit do čtyř základních částí.

Hornoslezská aglomerace se nachází v centrální části Slezské vrchoviny v meziregionu Kатовická vrchovina. Oblast vrchoviny je rozčleněna údolními řek Brynicy a Bílé a Černé Przemzy v povodí Wisly a Klodnice a jejich pravostranných přítoků v povodí Odry. V minulém století se zde rozrůstala města, která tvoří největší aglomeraci v Polsku rozprostírající se v délce cca 60 km od Gliwic na západě až k městům Dąbrowa Górnicza a Jaworzno na východě. Charakteristickým rysem Hornoslezské aglomerace je velká koncentrace těžebního a zpracovatelského průmyslu. Tato velká koncentrace průmyslu a obyvatelstva, žijícího většinou v individuálně vytápěných domech, má negativní vliv na kvalitu ovzduší.

Centrální podoblast zahrnuje okres³ pszczyński, mikołowski a bieruńsko-lędziński ležící v západní části Osvětimské kotliny a v jižní části Slezské pahorkatiny. Tato oblast se v porovnání s dříve popsanou oblastí vyznačuje relativně menším nepříznivým vlivem na životní prostředí. V oblasti okresu Pszczyna, který se nachází téměř výhradně v Osvětimské kotlině, jsou rozsáhlé Pszczynské lesy. Ve struktuře využití území dominuje lesní hospodářství s malým podílem zemědělství a drobný průmysl. Charakteristickým rysem je rozptýlená zástavba s lokálním vytápěním. Okres mikołowski má rozmanitější ekonomickou strukturu. Největším průmyslovým střediskem okresu je město Łaziska Górne s velkou tepelnou elektrárnou, hutí ferolitin a uhelným dolem. Okres bieruńsko-lędziński má různorodou hospodářskou strukturu s převážně zemědělskou funkcí. V jižní části převládá zahradnictví a chov zvířat, s velkým podílem rybníčního hospodářství. I zde jsou velkým problémem životního prostředí emise z obytné zástavby.

Bielský podregion leží z největší části v hornaté oblasti čtyř pásem Západních Beskyd (Żywieckých, Slezských, Malých, Makowských), která uzavírají Żywieckou kotlinu. Tato kotlina o rozloze 320 km²

³ Dle administrativního členění NUTS neboli Nomenklatury územních statistických jednotek odpovídá význam názvu „okres“ v Polsku významu názvu „powiat“. Okresy/powiaty se řadí do statistické jednotky NUTS 4. Dle soustavy LAU (Místní samosprávné jednotky) jsou okresy/powiaty řazeny do kategorie LAU 1.

klasifikací klimatu W. Köppena [Kottek et al., 2006], według której za kryterium podziału klimatycznego przyjmuje się średnią miesięczną temperaturę i roczną sumę opadów, obszar znajduje się w strefie klimatu kontynentalnego z ciepłym latem. Ta strefa w podziale Köppena zajmuje niemal całą środkową i południową Europę. Większość obszaru należy do podtypu klimatu lasów liściastych pasma umiarkowanego CFb, peryferyjne górskie części obszaru do podtypu klimatu borealnego DfB lub Dfc. Warunki klimatyczne na terenie całego obszaru są bardzo podobne (tab. 2.2, rys. 2.1, więcej patrz rozdz. 3 oraz [IMGW, 2000; IMGW, 2005; ČHMÚ, UP, 2007]).

Region województwa śląskiego można podzielić na cztery podstawowe części.

Aglomeracja Górnośląska znajduje się w centralnej części Wyżyny Śląskiej w międzyregionie Wyżyna Katowicka. Obszar wyżyny podzielony jest dolinami rzek Brynica i Biała oraz Czarna Przemsza w dorzeczu Wisły i Kłodnicy i ich prawostronnych dopływów w dorzeczu Odry. W minionym wieku rozrastały się tu miasta, które stanowią największą aglomerację w Polsce, rozpościerając się na długości ok. 60 km na zachodzie od Gliwic, a na wschodzie po Dąbrowę Górniczą i Jaworzno. Cechą charakterystyczną Aglomeracji Górnośląskiej jest duża koncentracja przemysłu wydobywczego i przetwórczego. Ta duża koncentracja przemysłu i ludności, mieszkającej w większości przypadków w indywidualnie ogrzewanych domach, wpływa negatywnie na jakość powietrza.

Podobszar centralny obejmuje powiaty³ pszczyński, mikołowski oraz bieruńsko-lędziński, leżące w zachodniej części Kotliny Oświęcimskiej i w południowej części Pogórza Śląskiego. W porównaniu z poprzednim obszarem ten obszar charakteryzuje się stosunkowo mniejszym niekorzystnym wpływem na środowisko naturalne. Na terenie powiatu pszczyńskiego, leżącego niemal wyłącznie na terenie Kotliny Oświęcimskiej, znajdują się rozległe Lasy Pszczyńskie. W strukturze zagospodarowania terenu dominująca jest gospodarka leśna z małym udziałem rolnictwa oraz drobnym przemysłem. Cechą charakterystyczną jest rozproszona zabudowa z lokalnym ogrzewaniem. Powiat mikołowski cechuje się bardziej zróżnicowaną strukturą ekonomiczną. Największym ośrodkiem przemysłowym jest miasto Łaziska Górne z dużą elektrownią ciepłą, hutą specjalizującą się w produkcji żelazostopów i kopalnią

³ Zgodnie z podziałem administracyjnym NUTS, czyli „Nomenklatury jednostek terytorialnych do celów statystycznych“, czeski wyraz „okres“ znaczeniowo odpowiada polskiemu „powiatom“. Okresy/powiaty stanowią jednostki statystyczne NUTS 4. W systemie LAU („Lokalne jednostki samorządowe“) okresy/powiaty zaliczane są do kategorii LAU 1.

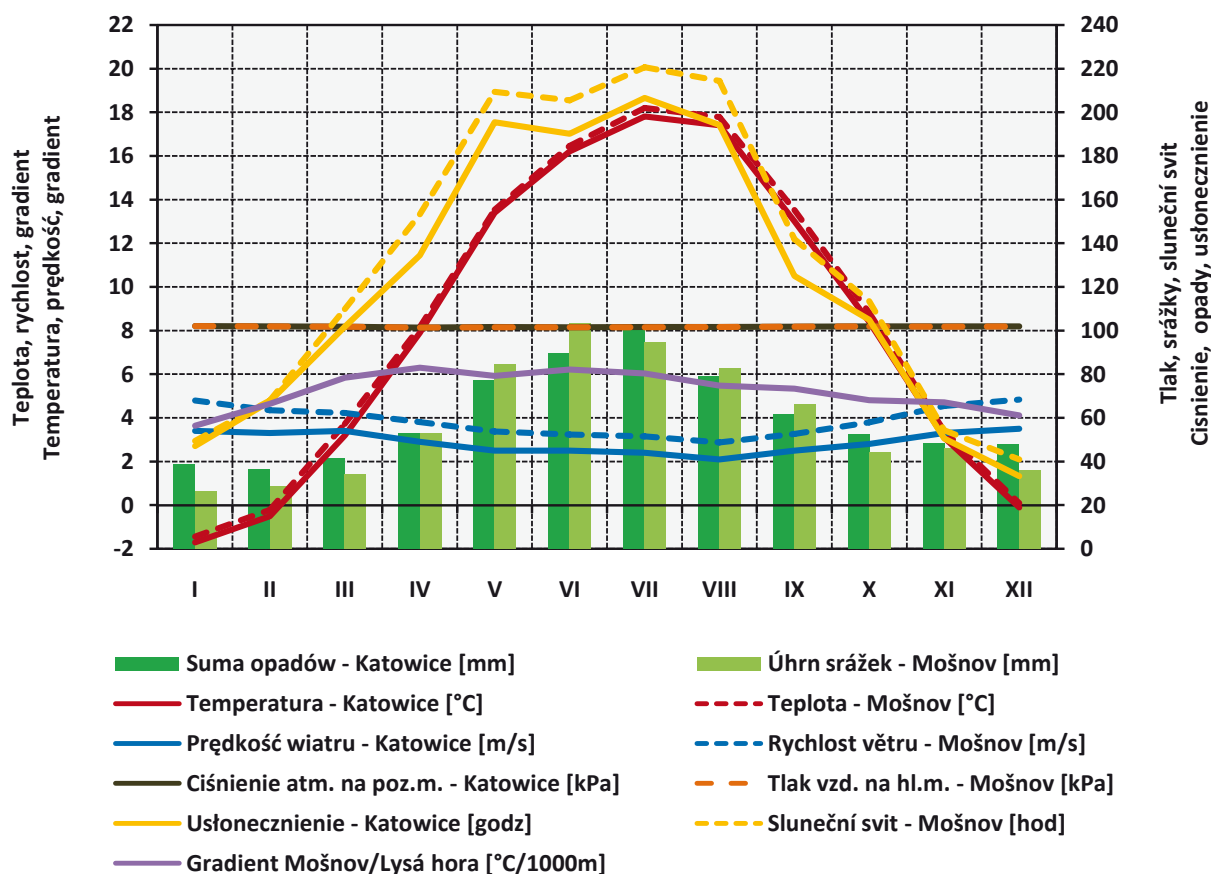
Tab. 2.2 Klimatické normály za období 1971–2000

Tab. 2.2 Normy klimatyczne za okres 1971–2000

| | | Mošov | Katowice |
|--|-------------------------|--------|----------|
| Chladná polovina roku / Chłodna połowa roku (I–III, X–XII) | | | |
| Teplota vzduchu / Temperatura powietrza | °C | 2,4 | 2,1 |
| Rychlost větru / Prędkość wiatru | m.s ⁻¹ | 4,4 | 3,3 |
| Úhrn srážek / Suma opadów | mm | 215,4 | 265,8 |
| Trvání slunečního svitu / Ustonecznienie | hod godz | 436,0 | 405,3 |
| Tlak vzduchu na hladinu moře / Ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza | hPa | 1018,7 | 1018,8 |
| Teplotní pseudogradient / Pseudogradient temperatury Mošov/Lysá hora | °C·(100m) ⁻¹ | 0,46 | |
| Teplá polovina roku / Ciepła połowa roku (IV–IX) | | | |
| Teplota vzduchu / Temperatura powietrza | °C | 14,6 | 14,3 |
| Rychlost větru / Prędkość wiatru | m.s ⁻¹ | 3,3 | 2,5 |
| Úhrn srážek / Suma opadów | mm | 485,4 | 463,3 |
| Trvání slunečního svitu / Ustonecznienie | hod godz | 1144,9 | 1045,8 |
| Tlak vzduchu na hladinu moře / Ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza | hPa | 1015,5 | 1015,9 |
| Teplotní pseudogradient / Pseudogradient temperatury Mošov/Lysá hora | °C·(100m) ⁻¹ | 0,59 | |
| Rok (I–XII) | | | |
| Teplota vzduchu / Temperatura powietrza | °C | 8,5 | 8,2 |
| Rychlost větru / Prędkość wiatru | m.s ⁻¹ | 3,9 | 2,9 |
| Úhrn srážek / Suma opadów | mm | 699,9 | 729,1 |
| Trvání slunečního svitu / Ustonecznienie | hod godz | 1581,0 | 1451,1 |
| Tlak vzduchu na hladinu moře / Ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza | hPa | 1017,1 | 1017,3 |
| Teplotní pseudogradient / Pseudogradient temperatury Mošov/Lysá hora | °C·(100m) ⁻¹ | 0,53 | |

Obr. 2.1 Měsíční klimatické normály, 1971–2000

Rys. 2.1 Normy klimatyczne miesięczne, 1971–2000



je trojúhelníková nížina ve výškách 360–500 m nad mořem, obklopená horami s relativními výškami 500–900 m. V horských oblastech převládá dobrá kvalita ovzduší, avšak v horských údolích, zejména v chladném období roku, kdy se vytvářejí a přetrvávají teplotní inverze, dochází k nárůstu koncentrací škodlivin v ovzduší. V Żywiecké kotlině jsou nepříznivé podmínky pro kvalitu ovzduší, zejména v údolích řek Soly a Koszarawy, spojené s výskytem dlouhodobých stabilních podmínek způsobujících např. delší trvání mlh. Slezská vrchovina se nachází v nadmořské výšce 300–500 m. V této oblasti se nacházejí města Bielsko-Biala, Cieszyn a Skoczów s průmyslovými závody a četnými lokálními topeništi, které se významně negativně podílí na kvalitě ovzduší.

Rybnický podregion se nachází ve třech fyzicko-geografických mezoregionech, tj. v Raciborské pánvi a Rybnické a Glubczycké náhorní planině. Rybnická náhorní planina pokrývá jihozápadní části Hornoslezské uhelné pánve. Je to oblast intenzivní těžby uhlí s velkou tepelnou elektrárnou. Skupinová zástavba mnoha obcí ležících v údolích se vyznačuje emisemi z lokálních topenišť. Životní prostředí na větší části planiny je významně narušeno dlouhodobou lidskou činností. Glubczycká náhorní planina je sprašová rovina v kopcovité krajině pokrývající jihovýchodní okraj Slezské nížiny na předhůří Sudet. Je to výrazně zemědělská oblast, s nečetnými lesními plochami, která má poměrně dost rozdílné podmínky pro kvalitu ovzduší, příznivější ve vyšších polohách, méně příznivé v kotlinách a údolích. Raciborská kotlina se nachází na obou stranách horní Odry, mezi Slezskou náhorní plošinou na východě a Glubczyckou plošinou na západě. Kotlina je nejdále na jihovýchod vysunutá část Slezské nížiny. Na jihu spojuje údolí Odry Raciborskou kotlinu a Ostravskou pánev. Klimatické podmínky a stav ovzduší jsou nepříznivé, především v nejnižší položených oblastech.

Region Moravkoslezského kraje lze rovněž rozdělit do čtyř částí zhruba odpovídajícím územím okresů. Z hlediska geomorfologického leží celá oblast v severovýchodní části České vysočiny, označované zpravidla jako východní Sudety, a v západní části Západních Karpat, známé jako Západní Beskydy. Obě provincie odděluje Moravská brána. Její severovýchodní konec se rozšiřuje a přechází v Ostravskou pánev se soutokem horní Odry s jejími největšími sudetskými přítoky Opavou a Moravicí a pravostrannými přítoky z Beskyd – Ostravicí a Olší. V místě soutoku Odry s Olší severně od Bohumína se nachází nejnižší položené místo celého regionu s nadmořskou výškou 198 m n. m.

Severovýchodní část regionu tvoří **Ostravsko-Karvinská aglomerace**, která leží v centru Ostravské pánve a zhruba pokrývá území okresů

węgla kamiennego. Powiat bieruńsko-lędziński ma zróżnicowaną strukturę gospodarczą z przeważającą funkcją rolniczą. W części południowej dominuje ogrodnictwo i hodowla zwierząt z dużym udziałem gospodarki stawowej. Również w tym rejonie dużym problemem dla środowiska są emisje z zabudowy mieszkalnej.

Największą część **podregionu bielskiego** leży na górzystym obszarze pasm Beskidów Zachodnich (Beskid Żywiecki, Śląski, Mały, Makowski), które zamykają Kotlinę Żywiecką. Kotlina o powierzchni 320 km² jest trójkątną niziną leżącą na wysokości od 360 do 500 m nad poziomem morza, otoczoną górami sięgającymi relatywnych wysokości 500–900 m. Na terenach górskich przeważa dobra jakość powietrza, jednak w dolinach górskich, zwłaszcza w chłodnych okresach roku, gdy tworzą się i utrzymują inwersje termiczne, zwiększa się stężenie substancji zanieczyszczających w powietrzu. W Kotlinie Żywieckiej występują warunki niekorzystne dla jakości powietrza, szczególnie w dolinach rzek Soli i Koszarawy, co jest związane z występowaniem w długich okresach stabilnych warunków powodujących na przykład dłuższe utrzymywanie się mgieł. Wyżyna Śląska leży na wysokości od 300 do 500 m nad poziomem morza. W tym rejonie znajdują się miasta Bielsko-Biała, Cieszyn i Skoczów z zakładami przemysłowymi i licznymi lokalnymi paleniskami, które mają znaczny negatywny wpływ na jakość powietrza.

Podregion rybnicki leży na trzech mezoregionach fizycznogeograficznych, tj. w Kotlinie Raciborskiej i na Płaskowyżu Rybnickim i Glubczyckim. Płaskowyż Rybnicki zajmuje południowo-zachodnią część Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. To obszar intensywnego wydobycia węgla z dużą elektrownią cieplną. Zabudowa grupowa wielu miejscowości leżących w dolinach charakteryzuje się emisjami z lokalnych palenisk. W środowisku naturalnym na większości płaskowyżu widoczne są skutki długookresowej działalności człowieka. Płaskowyż Glubczycki to równina lessowa w pagórkowatym terenie pokrywającym południowo-wschodnie obrzeża Niziny Śląskiej na przedgórzach Sudetów. To wyraźnie rolniczy obszar, z licznymi terenami leśnymi, charakteryzujący się stosunkowo odmiennymi warunkami dla jakości powietrza, korzystniejszymi w wyższych partiach, mniej korzystnymi w kotlinach i dolinach. Kotlina Raciborska leży po obu stronach górnej Odry, pomiędzy Wyżyną Śląską na wschodzie a Płaskowyżem Glubczyckim na zachodzie. Kotlina jest najdalej na południe wysuniętą częścią Niziny Śląskiej. Na południu dolina Odry łączy Kotlinę Raciborską i Niekę Ostrawską. Warunki klimatyczne i stan powietrza są niekorzystne przede wszystkim na najniższej położonych terenach.

Ostrava-město a Karviná. Jedná se o poměrně plochou, jen málo zvlněnou krajinu v Ostravské pánvi, která byla zcela přeměněna antropogenní činností. Tyto změny souvisí především s rozvojem hlubinné těžby koksovateľného uhlí v oblasti Ostravy, Karviné, Havířova a Orlové a s hutnictvím železa, energetikou a dalšími obory zpracovatelského průmyslu. Celá tato oblast patří z hlediska životního prostředí k nejmíce postiženým částem České republiky.

V západní části regionu Moravskoslezského kraje leží okres Opava, jehož území je charakterizováno pahorkatinou Nížkého Jeseníku v jihozápadní části okresu s nejvyšším bodem Červená hora (749 m n. m.) a oblastí Hornoslezské nížiny v severovýchodní části okresu. Hlavní říční linií okresu je řeka Opava, zleva se vlévající do řeky Odry, se svým pravým přítokem Moravicí. Území okresu patří k převážně zemědělským oblastem a tvoří jádro zemědělské produkce Moravskoslezského kraje. Okres Opava má celkem dobré životní prostředí. Nejvíce antropogenně zatížená část se nachází na severovýchodě území (Hlučínsko), kde je patrný vliv Ostravské pánve a rovněž intenzivní zemědělská činnost s nízkým podílem zalesnění. Naopak pro území Vítkovska je typická podhorská lesně-polní krajina s relativně neporušeným životním prostředím.

V jihozápadní části regionu leží okres Nový Jičín. Jeho území pokrývají výběžky Nížkého Jeseníku s Vítkovskou vrchovinou z České vysočiny a Podbeskydská pahorkatina a Moravskoslezské Beskydy z Karpat. Obě horopisné jednotky odděluje území Moravské brány úrodným pruhem údolní nivy podél toku řeky Odry. Nový Jičín je okresem průmyslově-zemědělským a většina jeho území má pahorkatinný ráz.

Okres Frýdek-Místek leží v jihovýchodní části Moravskoslezského kraje. Jeho povrch je velmi členitý a z velké části jej tvoří Moravskoslezské Beskydy s nejvyšším vrcholem Lysou horou (1328 m n. m.). Převážná část území okresu leží na návětrné straně Beskyd a patří mezi nejdeštivější oblasti v celé České republice. Okres měl vždy zemědělsko-průmyslový charakter s převládajícím podílem průmyslu. Nejvýznamnější průmyslové komplexy jsou soustředěny na Třinecku, ve východní části území. Více než polovinu plochy okresu zaujímají lesy. Na východě oblasti se při horním toku Olše nachází kotlina, tzv. Jablunkovská brázda, oddělující Moravskoslezské a Slezské Beskydy. V této kotlině, ale i v jiných obcích situovaných v údolích Beskyd, se díky lokálnímu vytápění a hospodaření vytvářejí za inverzních povětrnostních situací zvláště příznivé podmínky pro znečištění ovzduší z lokálního vytápění.

Region kraje moravskoślaskiego można również podzielić na cztery części, które odpowiadają mniej więcej terytoriom powiatów. Z punktu widzenia geomorfologicznego cały obszar leży w północno-wschodniej części Masywu Czeskiego, określanego zazwyczaj jako wschodnie Sudety oraz w zachodniej części Karpatów Zachodnich znanych jako Beskidy Zachodnie. Obie prowincje dzieli Brama Morawska. Jej północno-wschodni koniec rozszerza się, przechodząc w Niecek Ostrawską ze zbiegiem górnej Odry i jej największych sudeckich dopływów – Opawy i Morawicy oraz prawostronnymi dopływami z Beskidów – Ostrawicą i Olzą. W miejscu zbiegu Odry i Olzy na północ od Bohumína znajduje się najniższe położone miejsce w całym regionie, leżące na wysokości 198 m nad poziomem morza.

Północno-wschodnią część regionu tworzy Agglomeracja Ostrawsko-Karwińska, leżąca w centrum Niecki Ostrawskiej, która pokrywa się mniej więcej z terenem powiatów Ostrava-město i Karviná. Jest to stosunkowo płaski, nieznacznie pofałdowany teren w Niece Ostrawskiej, który został całkowicie przekształcony w wyniku działalności człowieka. Zmiany te są związane przede wszystkim z rozwojem głębinowego wydobycia węgla koksowniczego w rejonie Ostravy, Karviny, Havířova i Orlovej oraz z hutnictwem żelaza, energetyką i innymi gałęziami przemysłu przetwórczego. Cały ten obszar pod względem jakości środowiska naturalnego należy do najbardziej zdegradowanych obszarów Republiki Czeskiej.

W zachodniej części regionu kraje moravskoślaskiego znajduje się powiat Opava, którego obszar obejmuje wzgórze Niskiego Jesioniku [czes. Nížký Jeseník] w południowo-zachodniej części powiatu z najwyższym szczytem Červená hora (749 m n. p. m.) oraz obszar Niziny Górnoślaskiej w północno-wschodniej części powiatu. Główną rzeką na terenie powiatu jest rzeka Opava, będąca lewo-brzeżnym dopływem Odry, wraz ze swoim prawym dopływem Morawicą. Powiat należy do regionów z przeważającą funkcją rolniczą i stanowi centrum produkcji rolnej kraje moravskoślaskiego. Stan środowiska w powiecie Opava jest ogólnie dobry. Najbardziej antropogenicznie obciążoną częścią jest znajdujący się na północnym wschodzie obszar (Hlučínsko), gdzie odczuwalny jest wpływ Niecki Ostrawskiej oraz intensywne działanie rolnicza z niskim udziałem terenów leśnych. Odwrotna sytuacja zachodzi dla obszaru Vítkovsko – typowy jest tu podgórski krajobraz leśno-polny ze stosunkowo nienaruszonym środowiskiem.

W południowo-zachodniej części regionu leży powiat Nový Jičín. Na jego terenie znajdują się odnogi Niskiego Jesioniku ze wzgórzami Vítkovská vrchovina z Masywu Czeskiego oraz

wzgórza Podbeskydská pahorkatina i Beskid MorawskoŚląski z Karpat. Obie jednostki orograficzne dzieli obszar Bramy Morawskiej z urodzajnym pasem tarasu zalewowego wzdłuż rzeki Odry. Nový Jičín to powiat przemysłowo-rolniczy, a większość jego obszaru ma charakter pagórkowaty.

Powiat Frýdek-Místek leży w południowo-wschodniej części kraju morawskośląskiego. Jego teren jest bardzo rozczłonkowany i w dużej części tworzą go Beskid MorawskoŚląski z najwyższym szczytem Lysá hora (1328 m n. p. m.). Przeważająca część obszaru powiatu leży po nawietrznej stronie Beskidów i należy do najbardziej deszczowych terenów w całej Republice Czeskiej. Powiat miał

zawsze charakter rolniczo-przemysłowy z przeważającym udziałem przemysłu. Zakłady przemysłowe o największym znaczeniu skupione są w okolicach Třinca, we wschodniej części obszaru. Ponad połowę terenu powiatu zajmują lasy. Na wschodzie przy górnym biegu Olzy znajduje się kotlina, tzw. obniżenie Jablunkovská brázda, oddzielająca Beskid MorawskoŚląski od Śląskiego. W tej kotlinie, jak również w innych miejscowościach leżących w dolinach beskidzkich, lokalne źródła ogrzewania i prowadzona gospodarka sprawiają, że w okresach inwersji występują szczególnie sprzyjające warunki do zanieczyszczenia powietrza z lokalnych palenisk.

METEOROLOGICKÉ PRVKY OVLIVŇUJÍCÍ ÚROVEŇ ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ

3.

Je známo, že úroveň znečištění ovzduší významně ovlivňují tzv. meteorologické podmínky rozptylu, které podmiňují šíření znečišťujících látek od jejich zdrojů a rozptyl těchto látek v atmosféře. Za nejdůležitější a rozhodující meteorologické podmínky rozptylu jsou považovány směr a rychlost větru (proudění) a teplota vzduchu. Směr a rychlost větru ovlivňují horizontální šíření a rozptyl znečišťujících látek v atmosféře. Při vyšší rychlosti větru je rozptyl intenzivnější a koncentrace znečišťujících látek nižší. Nicméně při vysokých rychlostech větru může docházet k resuspenzi, tj. znovuzvícení částic po jejich usazení. Vliv teploty vzduchu na znečištění ovzduší je přímý a nepřímý. Změny teploty vzduchu s výškou, tzv. vertikální teplotní zvrstvení, podmiňují vertikální stabilitu ovzduší a tím i vertikální šíření a rozptyl znečišťujících látek v atmosféře. Čím je teplotní zvrstvení stabilnější, tj. když teplota vzduchu se zvětšující se výškou nad zemí klesá pomaleji, nemění se, nebo dokonce stoupá, tím hůře se znečišťující látky vertikálně rozptylují. Nejméně příznivou situací je tzv. teplotní inverze, při které je teplota ve vyšší hladině atmosféry vyšší než v hladině nižší. Teplota vzduchu rovněž může nepřímo, především v topném období, výrazně ovlivňovat množství emisí, při nižších teplotách se více topí a množství emisí se zvyšuje. Nezanedbatelný vliv na úroveň

ELEMENTY METEOROLOGICZNE WPLYWAJĄCE NA POZIOM ZANIECZYSZCZENIA POWIETRZA

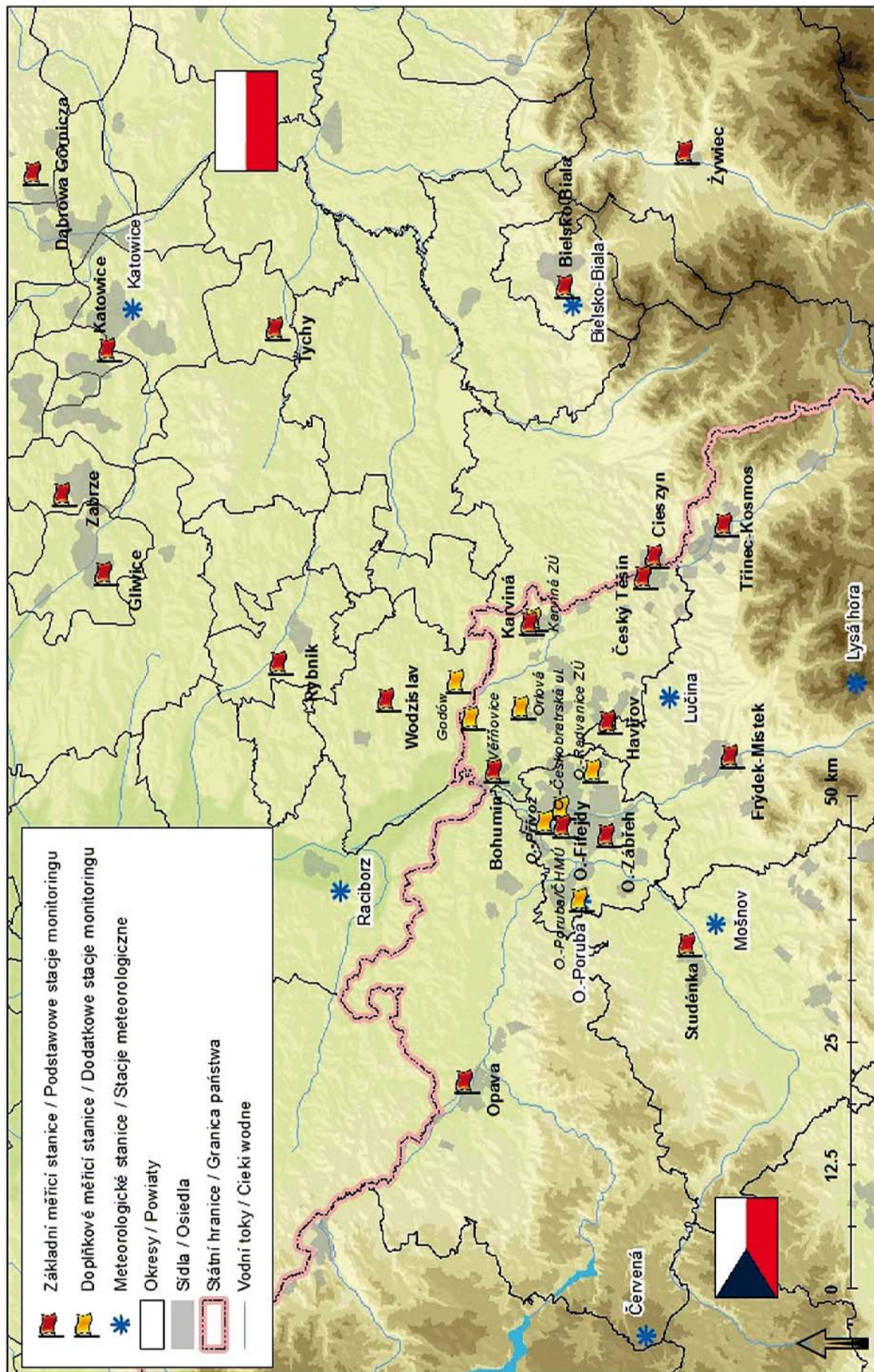
Wiadomo, że na stopień zanieczyszczenia powietrza w znacznej mierze wpływają tzw. meteorologiczne warunki dyspersji, które warunkują rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń ze źródeł oraz ich dyspersję w atmosferze. Najważniejszymi i decydującymi meteorologicznymi warunkami dyspersji są kierunek i prędkość wiatru (przepływu mas powietrza) oraz temperatura powietrza. Kierunek i prędkość wiatru wpływają na poziome rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń i ich dyspersję w atmosferze. Przy większej prędkości wiatru dyspersja jest bardziej intensywna, a stężenia substancji zanieczyszczających niższe. Niemniej jednak przy dużej prędkości wiatru może występować zjawisko resuspenzji, czyli wtórnego unoszenia się cząsteczek po ich osadzeniu się. Wpływ temperatury powietrza na zanieczyszczenie powietrza jest bezpośredni i pośredni. Zmiany temperatury powietrza wraz z wysokością, tzw. pionowa struktura termiczna, warunkują stabilność pionową atmosfery, a tym samym także pionowe rozprzestrzenianie się i dyspersję substancji zanieczyszczających w atmosferze. Im bardziej stabilna jest struktura termiczna, czyli gdy w miarę wzrostu wysokości nad ziemią temperatura powietrza wolniej się obniża, nie

Tab. 3.1 Meteorologické stanice

Tab. 3.1 Stacje meteorologiczne

| Jméno stanice Nazwa stacji | Umístění stanice Lokalizacja stacji | Zeměpisná šířka Szerokość geograficzna | Zeměpisná délka Długość geograficzna | m n.m. m n.p.m. |
|--|---|---|---|--------------------|
| Region Moravskoslezského kraje / Region kraju morawskośląskiego | | | | |
| Červená | vlastní areál ČHMÚ na vrcholu Červené vlastny teren ČHMÚ na szczycie Červená | 49°46'38" | 17°32'31" | 749 |
| Lučina | areál Správy přehrady Žermanice teren Dyrekcji zapory Žermanice | 49°43'52" | 18°26'33" | 300 |
| Lysá hora | vlastní areál ČHMÚ na vrcholu Lysé hory vlastny teren ČHMÚ na szczycie Lysá hora | 49°32'46" | 18°26'52" | 1322 |
| Mošnov | areál letiště v Mošnově teren lotniska w Mošnowie | 49°41'54" | 18°07'18" | 250 |
| Ostrava-Poruba | areál P/ČHMÚ v O-Porubě teren O/ČHMÚ w O-Porubi | 49°49'31" | 18°09'34" | 242 |
| Region Slezského vojvodství / Region województwa śląskiego | | | | |
| Bielsko-Biała | areál letiště - Aleksandrowice | 49°48'29" | 19°00'04" | 398 |
| | teren lotniska - Aleksandrowice | | | |
| Katowice | areál letiště - Muchowiec | 50°14'26" | 19°01'58" | 278 |
| | teren lotniska - Muchowiec | | | |
| Racibórz | vlastní areál IMGW na SW okraji obce vlastny teren IMGW na SW obrzeżach gminy | 50°03'42" | 18°11'30" | 206 |

Obr. 3.1 Meteorologické stanice a měřicí stanice znečištění ovzduší
 Rys. 3.1 Stacje meteorologiczne i stacje monitoringu jakości powietrza



znečištění ovzduší mají i atmosférické srážky, které mohou snižovat imisní úroveň vymýváním znečišťujících látek z ovzduší. Meteorologické podmínky se v teplé a chladné polovině roku výrazně liší. Nejméně příznivé podmínky pro rozptyl většiny znečišťujících látek v ovzduší jsou během zimních měsíců od prosince do února. V případě látek, jejichž vznik a chování jsou zásadně ovlivňovány intenzitou slunečního záření⁴, jsou naopak příznivé meteorologické podmínky pro jejich tvorbu po dobu letních měsíců.

Výše popsané vztahy jsou v této kapitole kvantifikovány pro přeshraniční oblast Slezska a Moravy vyhodnocením měření osmi meteorologických stanic (tab. 3.1, obr. 3.1). Výsledky měření směru a rychlosti větru, teploty vzduchu a denních úhrnů atmosférických srážek za období od ledna 2001 do března 2011 jsou doplněny výsledky měření vlhkosti vzduchu, atmosférického tlaku a doby trvání slunečního svitu. Tyto meteorologické prvky mají rovněž buď přímý nebo nepřímý vliv na úroveň znečištění ovzduší, a naopak mohou být ovlivňovány úrovní znečištění ovzduší v daném místě a čase. Popis použitých dat a metody zpracování jsou uvedeny v Příloze.

3.1 Směr větru

Pro velkou část severovýchodní Moravy je zejména v chladné polovině roku typické převládající proudění z jihozápadních směrů, které souvisí s orografickým vlivem Moravské brány (tab. 3.1.1–3.1.2, obr. 3.1.1)⁵. Tento vliv je patrný i v přilehlých částech Slezského vojvodství. V nejvýchodnější části regionu Moravskoslezského kraje je ale směr větru ovlivněn Jablunkovskou brázdou a převažuje zde jihovýchodní proudění.

V chladné polovině roku byl na čtyřech z šesti hodnocených stanic nejčtenější jihozápadní vítr s četností od 10,2 % v Racibórze do 25,5 % v Mošnově. Na zbývajících stanicích byly vyšší četnosti sousedního jihojihozápadního větru (Lučina) nebo západojihozápadního větru (Bielsko-Biala) a jihozápadní vítr byl druhý nejčtenější.

V teplé polovině roku již není jihozápadní proudění tak čtené. Pouze v Mošnově zůstává nejčtenějším směrem, ale četnost klesá téměř na polovinu (13,4 %), druhým nejčtenějším byl severní vítr (10,2 %). Rovněž v Ostravě-Porubě byly tyto dva směry nejčtenější, ale v obráceném pořadí (8,3 a 9,4 %). V Mošnově mezi dvěma souvislými intervaly směrů větru s četností větší než 5 % (jižní až

změna se lub wręcz rośnie, tym gorzej rozpraszają się poziomo substancje zanieczyszczające. Najmniej korzystną sytuacją jest tzw. inwersja termiczna, podczas której temperatura w wyższej części atmosfery jest wyższa niż w częściach niższych. Temperatura powietrza może także pośrednio, przede wszystkim w okresie grzewczym, wpływać istotnie na wielkość emisji, w czasie niższych temperatur bowiem występuje większe zapotrzebowanie na ogrzewanie i wielkość emisji się zwiększa. Niebagatelny wpływ na poziom zanieczyszczenia powietrza mają także opady atmosferyczne, które mogą obniżać poziom imisji poprzez wymywanie substancji zanieczyszczających z powietrza. Warunki meteorologiczne różnią się znacząco w ciepłej i chłodnej połowie roku. Najmniej korzystne warunki dla dyspersji większości substancji zanieczyszczających w powietrzu występują w miesiącach zimowych, od grudnia do lutego. Natomiast w przypadku substancji, na których powstanie i zachowanie ma duży wpływ intensywność promieniowania słonecznego⁴, warunki meteorologiczne sprzyjające ich powstawaniu występują w miesiącach letnich.

Powyżej opisane zależności są w niniejszym rozdziale kwantyfikowane dla obszaru transgranicznego Śląska i Moraw przez ocenę pomiarów dokonanych na ośmiu stacjach meteorologicznych (tab. 3.1, rys. 3.1). Wyniki pomiaru kierunku i prędkości wiatru, temperatury powietrza oraz dobowych sum opadów atmosferycznych z okresu od stycznia 2001 r. do marca 2011 r. uzupełniono wynikami pomiaru wilgotności powietrza, ciśnienia atmosferycznego oraz usłonecznienia. Te zjawiska meteorologiczne mają także bezpośredni lub pośredni wpływ na poziom zanieczyszczenia powietrza i, odwrotnie, może na nie wpływać poziom zanieczyszczenia powietrza w danym miejscu i czasie. Opis wykorzystanych danych i zastosowanej metody znajduje się w aneksie.

3.1. Kierunek wiatru

Dla dużej części północno-wschodnich Moraw, w szczególności w chłodnej połowie roku, typowe są przeważające przepływy powietrza z kierunków południowo-zachodnich, które związane są z wpływem orograficznym Bramy Morawskiej (tab. 3.1.1–3.1.2, rys. 3.1.1)⁵. Ten wpływ jest widoczny także w sąsiednich przygranicznych częściach województwa śląskiego. W najbardziej na wschód

⁴ Typickým příkladem je přizemní ozon.

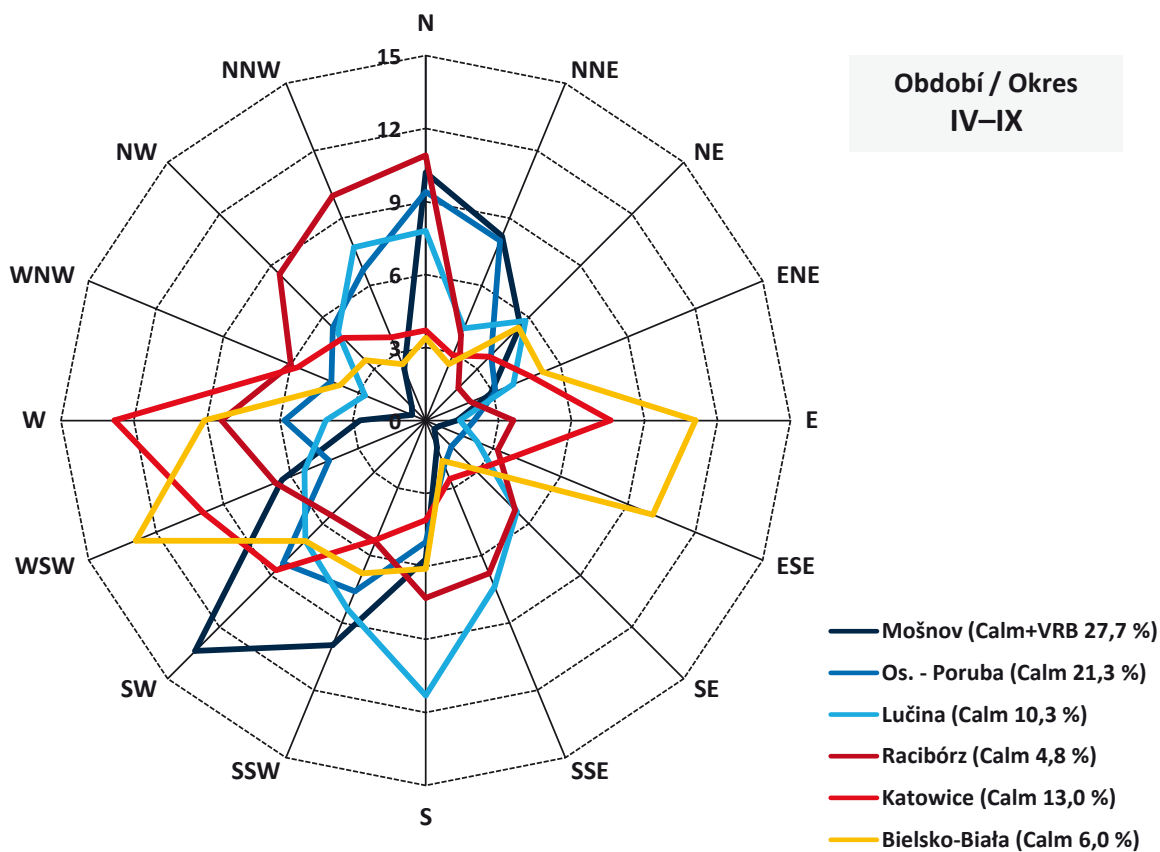
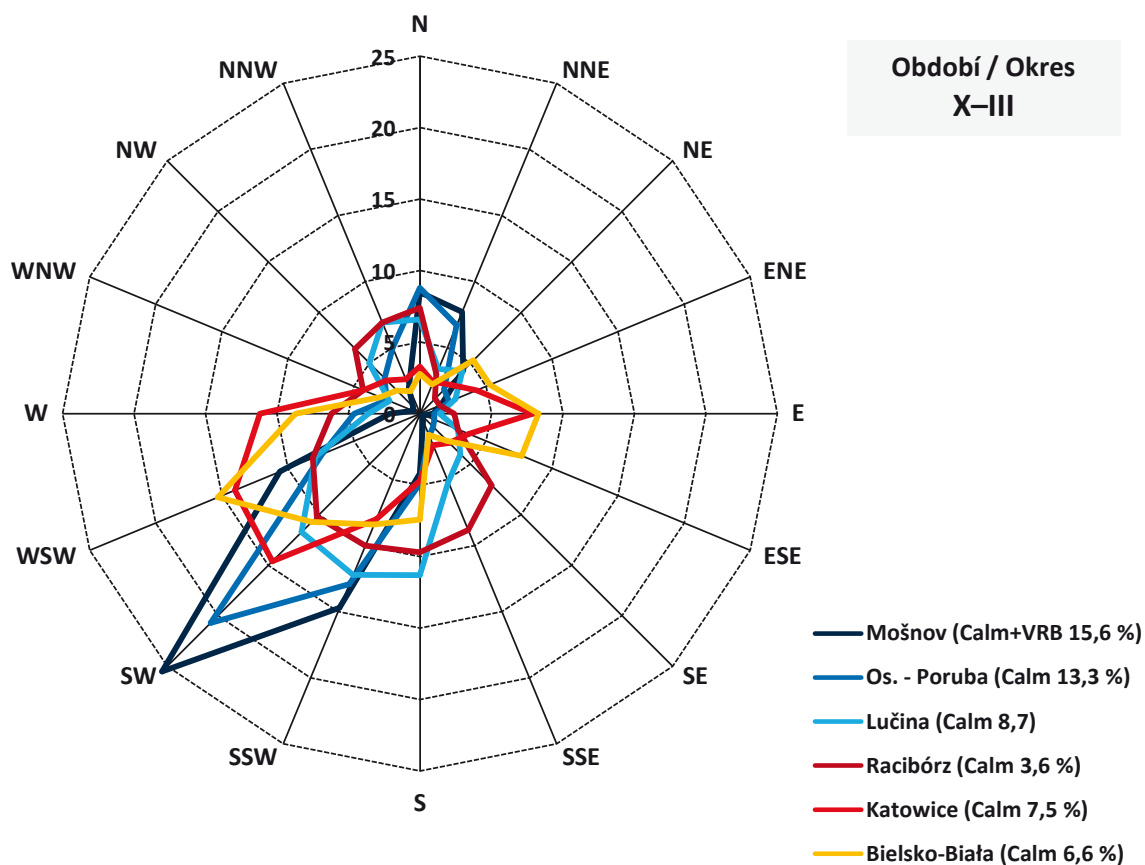
⁵ Větrné růžice vyjadřují relativní četnosti směrů větru v daném období, tj. jak často na zvolenou lokalitu proudí vzduch z různých směrů. Směry větru jsou přiřazeny šestnácti třídám, součet relativních četností všech směrů včetně bezvětrí je roven 100 %.

⁴ Typowym przykładem jest ozon przyziemny.

⁵ Róże wiatrów wyrażają względne częstości kierunków wiatru w danym okresie, tj. jak często na dane miejsce napływa powietrze z różnych kierunków. Kierunki wiatru są przyporządkowane do szesnastu klas, suma względnych częstości wszystkich kierunków wraz z ciszą wynosi 100 %.

Obr. 3.1.1 Větrné růžice [%]

Rys. 3.1.1 Róże wiatrów [%]



Tab. 3.1.1 Relativní četnosti směru větru v %, chladná polovina roku (I–III, X–XII)

Tab. 3.1.1 Częstość względna kierunku wiatru w %, chłodna połowa roku (I–III, X–XII)

| | Třída rychlosti Klasa prędkości | | | | Celkem Ogółem | Třída rychlosti Klasa prędkości | | | | Celkem Ogółem | Třída rychlosti Klasa prędkości | | | | Celkem Ogółem |
|--------------------------|------------------------------------|--------------------------|----------------|--------------------------|------------------|------------------------------------|--------------------------|--------------|--------------------------|------------------|------------------------------------|--------------------------|--|--------------------------|------------------|
| | Calm | 1–2 m·s ⁻¹ | | ≥ 3 m·s ⁻¹ | | Calm | 1–2 m·s ⁻¹ | | ≥ 3 m·s ⁻¹ | | Calm | 1–2 m·s ⁻¹ | | ≥ 3 m·s ⁻¹ | |
| | | Mošnov | Ostrava-Poruba | | | | Lučina | | | | | | | | |
| N (100%) | 43728 | | | | 43728 | | | | 37076 | | | | | | |
| Calm | 7,5 | | | 7,5 | 13,3 | | | 13,3 | 8,7 | | | 8,7 | | | |
| N | | 2,0 | 6,5 | 8,5 | | 7,3 | 1,5 | 8,8 | | 4,1 | 2,5 | 6,6 | | | |
| NNE | | 2,1 | 5,6 | 7,7 | | 5,3 | 1,4 | 6,7 | | 2,2 | 1,2 | 3,4 | | | |
| NE | | 1,6 | 2,7 | 4,3 | | 2,1 | 0,3 | 2,4 | | 2,2 | 2,0 | 4,2 | | | |
| ENE | | 1,0 | 0,6 | 1,6 | | 1,5 | 0,7 | 2,2 | | 1,7 | 1,0 | 2,7 | | | |
| E | | 0,8 | 0,1 | 0,9 | | 0,9 | 0,1 | 1,0 | | 1,4 | 0,0 | 1,4 | | | |
| ESE | | 0,3 | 0,0 | 0,3 | | 1,1 | 0,0 | 1,1 | | 2,9 | 0,0 | 2,9 | | | |
| SE | | 0,2 | 0,0 | 0,2 | | 1,3 | 0,0 | 1,3 | | 3,9 | 0,1 | 4,0 | | | |
| SSE | | 0,5 | 0,1 | 0,6 | | 1,6 | 0,1 | 1,7 | | 3,9 | 1,3 | 5,2 | | | |
| S | | 1,9 | 2,3 | 4,2 | | 4,2 | 0,7 | 4,9 | | 5,8 | 5,5 | 11,3 | | | |
| SSW | | 2,5 | 12,2 | 14,7 | | 6,6 | 6,3 | 12,9 | | 3,3 | 8,9 | 12,2 | | | |
| SW | | 3,1 | 22,4 | 25,5 | | 6,7 | 14,0 | 20,7 | | 2,9 | 8,8 | 11,7 | | | |
| WSW | | 2,0 | 8,6 | 10,6 | | 3,9 | 3,5 | 7,4 | | 2,3 | 5,6 | 7,9 | | | |
| W | | 0,7 | 1,4 | 2,1 | | 3,3 | 1,3 | 4,6 | | 2,2 | 1,4 | 3,6 | | | |
| WNW | | 0,3 | 0,2 | 0,5 | | 2,1 | 0,4 | 2,5 | | 1,5 | 0,8 | 2,3 | | | |
| NW | | 0,2 | 0,5 | 0,7 | | 2,8 | 0,7 | 3,5 | | 2,3 | 2,7 | 5,0 | | | |
| NNW | | 0,4 | 1,6 | 2,0 | | 4,1 | 0,9 | 5,0 | | 3,5 | 3,4 | 6,9 | | | |
| VRB | | 8,0 | 0,1 | 8,1 | | | | | | | | | | | |
| Celkem Ogółem | 7,5 | 27,6 | 64,9 | 100,0 | 13,3 | 54,8 | 31,9 | 100,0 | 8,7 | 46,1 | 45,2 | 100,0 | | | |
| | Racibórz | | | | Katowice | | | | Bielsko-Biała | | | | | | |
| N (100%) | 43728 | | | | 43728 | | | | 43728 | | | | | | |
| Calm | 3,6 | | | 3,6 | 7,5 | | | 7,5 | 6,6 | | | 6,6 | | | |
| N | | 2,2 | 5,2 | 7,4 | | 2,8 | 0,5 | 3,3 | | 2,6 | 0,2 | 2,8 | | | |
| NNE | | 1,1 | 1,9 | 3,0 | | 2,0 | 0,4 | 2,4 | | 2,0 | 0,2 | 2,2 | | | |
| NE | | 0,8 | 0,7 | 1,5 | | 2,0 | 0,9 | 2,9 | | 3,1 | 2,2 | 5,3 | | | |
| ENE | | 0,9 | 0,6 | 1,5 | | 2,3 | 2,0 | 4,3 | | 2,9 | 2,4 | 5,3 | | | |
| E | | 1,6 | 0,8 | 2,4 | | 3,8 | 4,1 | 7,9 | | 4,9 | 3,4 | 8,3 | | | |
| ESE | | 2,2 | 0,7 | 2,9 | | 2,2 | 1,5 | 3,7 | | 5,2 | 2,5 | 7,7 | | | |
| SE | | 5,4 | 1,7 | 7,1 | | 2,0 | 0,9 | 2,9 | | 2,1 | 0,6 | 2,7 | | | |
| SSE | | 6,0 | 2,8 | 8,8 | | 1,8 | 0,6 | 2,4 | | 1,0 | 0,6 | 1,6 | | | |
| S | | 3,9 | 5,8 | 9,7 | | 2,9 | 1,8 | 4,7 | | 1,4 | 6,0 | 7,4 | | | |
| SSW | | 1,6 | 8,4 | 10,0 | | 3,0 | 5,0 | 8,0 | | 1,5 | 6,9 | 8,4 | | | |
| SW | | 1,4 | 8,8 | 10,2 | | 3,6 | 11,0 | 14,6 | | 1,7 | 9,0 | 10,7 | | | |
| WSW | | 1,5 | 6,6 | 8,1 | | 3,3 | 10,7 | 14,0 | | 3,4 | 11,9 | 15,3 | | | |
| W | | 2,4 | 3,8 | 6,2 | | 3,9 | 7,3 | 11,2 | | 5,1 | 3,6 | 8,7 | | | |
| WNW | | 1,6 | 2,7 | 4,3 | | 2,0 | 2,3 | 4,3 | | 2,4 | 0,6 | 3,0 | | | |
| NW | | 1,6 | 4,8 | 6,4 | | 1,8 | 1,5 | 3,3 | | 1,8 | 0,5 | 2,3 | | | |
| NNW | | 1,5 | 5,4 | 6,9 | | 1,8 | 0,8 | 2,6 | | 1,4 | 0,3 | 1,7 | | | |
| Celkem Ogółem | 3,6 | 35,7 | 60,7 | 100,0 | 7,5 | 41,2 | 51,3 | 100,0 | 6,6 | 42,5 | 50,9 | 100,0 | | | |

Calm - bezvětří / cisza

VRB - proměnlivý směr větru / wiatr zmienny

N - rozsah souboru v hodinách / zakres zbioru w godzinach

Tab. 3.1.2 Relativní četnosti směru větru v %, teplá polovina roku (IV–IX)

Tab. 3.1.2 Częstość względna kierunku wiatru w %, ciepła połowa roku (IV–IX)

| | Třída rychlosti Klasa prędkości | | | Celkem Ogółem | Třída rychlosti Klasa prędkości | | | Celkem Ogółem | Třída rychlosti Klasa prędkości | | | Celkem Ogółem |
|--------------------------|------------------------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| | Calm | 1–2 | ≥ 3 | | Calm | 1–2 | ≥ 3 | | Calm | 1–2 | ≥ 3 | |
| | | m·s ⁻¹ | m·s ⁻¹ | | | m·s ⁻¹ | m·s ⁻¹ | | | m·s ⁻¹ | m·s ⁻¹ | |
| | Mošnov | | | | Ostrava-Poruba | | | | Lučina | | | |
| N (100%) | 43920 | | | | 43859 | | | | 35090 | | | |
| Calm | 9,0 | | | 9,0 | 21,3 | | | 21,3 | 10,3 | | | 10,3 |
| N | | 2,2 | 8,0 | 10,2 | | 8,1 | 1,3 | 9,4 | | 4,5 | 3,3 | 7,8 |
| NNE | | 2,1 | 6,1 | 8,2 | | 6,1 | 1,9 | 8,0 | | 2,5 | 1,6 | 4,1 |
| NE | | 1,8 | 3,7 | 5,5 | | 3,0 | 0,8 | 3,8 | | 3,2 | 2,6 | 5,8 |
| ENE | | 1,3 | 1,6 | 2,9 | | 2,0 | 1,1 | 3,1 | | 2,5 | 1,4 | 3,9 |
| E | | 1,0 | 0,3 | 1,3 | | 1,6 | 0,4 | 2,0 | | 1,4 | 0,0 | 1,4 |
| ESE | | 0,5 | 0,1 | 0,6 | | 1,4 | 0,2 | 1,6 | | 2,3 | 0,0 | 2,3 |
| SE | | 0,4 | 0,1 | 0,5 | | 1,4 | 0,1 | 1,5 | | 5,2 | 0,1 | 5,3 |
| SSE | | 0,8 | 0,4 | 1,2 | | 1,8 | 0,2 | 2,0 | | 6,6 | 0,8 | 7,4 |
| S | | 3,1 | 2,6 | 5,7 | | 3,9 | 1,1 | 5,0 | | 8,4 | 2,9 | 11,3 |
| SSW | | 3,6 | 6,4 | 10,0 | | 4,2 | 3,4 | 7,6 | | 4,0 | 4,4 | 8,4 |
| SW | | 3,8 | 9,6 | 13,4 | | 3,9 | 4,4 | 8,3 | | 2,5 | 4,5 | 7,0 |
| WSW | | 2,1 | 4,3 | 6,4 | | 2,8 | 1,5 | 4,3 | | 1,8 | 3,6 | 5,4 |
| W | | 0,8 | 1,9 | 2,7 | | 4,5 | 1,3 | 5,8 | | 2,3 | 1,8 | 4,1 |
| WNW | | 0,3 | 0,3 | 0,6 | | 3,9 | 0,3 | 4,2 | | 1,7 | 1,0 | 2,7 |
| NW | | 0,3 | 0,5 | 0,8 | | 4,8 | 0,6 | 5,4 | | 2,6 | 2,5 | 5,1 |
| NNW | | 0,6 | 1,7 | 2,3 | | 5,9 | 0,8 | 6,7 | | 3,6 | 4,1 | 7,7 |
| VRB | | 18,3 | 0,4 | 18,7 | | | | | | | | |
| Celkem Ogółem | 9,0 | 43,0 | 48,0 | 100,0 | 21,3 | 59,3 | 19,4 | 100,0 | 10,3 | 55,1 | 34,6 | 100,0 |
| | Racibórz | | | | Katowice | | | | Bielsko-Biała | | | |
| N (100%) | 43920 | | | | 43855 | | | | 43920 | | | |
| Calm | 4,8 | | | 4,8 | 13,0 | | | 13,0 | 6,0 | | | 6,0 |
| N | | 3,7 | 7,2 | 10,9 | | 3,3 | 0,4 | 3,7 | | 3,1 | 0,3 | 3,4 |
| NNE | | 1,7 | 2,1 | 3,8 | | 2,5 | 0,4 | 2,9 | | 2,0 | 0,5 | 2,5 |
| NE | | 1,2 | 0,7 | 1,9 | | 2,6 | 1,1 | 3,7 | | 2,8 | 2,6 | 5,4 |
| ENE | | 1,3 | 0,7 | 2,0 | | 2,5 | 2,2 | 4,7 | | 3,0 | 2,2 | 5,2 |
| E | | 2,2 | 1,4 | 3,6 | | 3,5 | 4,1 | 7,6 | | 7,0 | 4,1 | 11,1 |
| ESE | | 2,3 | 0,9 | 3,2 | | 2,1 | 1,8 | 3,9 | | 7,3 | 2,8 | 10,1 |
| SE | | 4,0 | 1,2 | 5,2 | | 1,7 | 1,2 | 2,9 | | 2,4 | 0,4 | 2,8 |
| SSE | | 5,0 | 1,8 | 6,8 | | 1,7 | 0,9 | 2,6 | | 1,4 | 0,4 | 1,8 |
| S | | 3,8 | 3,5 | 7,3 | | 2,6 | 1,5 | 4,1 | | 2,4 | 3,7 | 6,1 |
| SSW | | 2,1 | 3,3 | 5,4 | | 3,0 | 2,3 | 5,3 | | 2,4 | 4,4 | 6,8 |
| SW | | 2,0 | 3,5 | 5,5 | | 4,4 | 4,3 | 8,7 | | 2,2 | 4,8 | 7,0 |
| WSW | | 2,8 | 3,9 | 6,7 | | 4,3 | 5,6 | 9,9 | | 3,8 | 9,1 | 12,9 |
| W | | 4,8 | 3,6 | 8,4 | | 5,9 | 6,9 | 12,8 | | 5,9 | 3,2 | 9,1 |
| WNW | | 3,0 | 3,0 | 6,0 | | 3,1 | 2,6 | 5,7 | | 3,2 | 0,6 | 3,8 |
| NW | | 2,7 | 5,8 | 8,5 | | 2,8 | 2,0 | 4,8 | | 2,8 | 0,7 | 3,5 |
| NNW | | 2,5 | 7,5 | 10,0 | | 2,7 | 1,0 | 3,7 | | 2,0 | 0,5 | 2,5 |
| Celkem Ogółem | 4,8 | 45,1 | 50,1 | 100,0 | 13,0 | 48,7 | 38,3 | 100,0 | 6,0 | 53,7 | 40,3 | 100,0 |

Calm - bezvětří / cisza*VRB* - proměnlivý směr větru / wiatr zmienny*N* - rozsah souboru v hodinách / zakres zbioru w godzinach

západojihozápadní větry a severní až severovýchodní větry) klesají vždy ve dvou směrech četnosti pod 1%. Zatímco v Katovicích byly pouze u šesti směrů četnosti větší než 5%, v Racibórze naopak pouze u pěti směrů četnosti klesají pod 5%.

Bezvětří bylo na všech stanicích kromě Bielsko-Biala častější v teplé polovině roku. Jeho četnost se pohybovala v chladné polovině roku od 3,6% v Racibórze do 13,3% v Ostravě-Porubě, v teplé polovině roku na stejných stanicích od 4,8% do 21,3%. Na letecké meteorologické stanici Mošnov byl v některých termínech uveden tzv. proměnlivý směr větru, nebylo-li možno směr v okamžiku měření jednoznačně určit. Četnost takových případů byla v chladné polovině roku 8,2%, v teplé polovině roku 18,7%. Tyto případy se vyskytly v naprosté většině při malých rychlostech větru $1-2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Součet četností bezvětří a všech směrů při malých rychlostech $1-2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ byl v chladné polovině roku větší než součet četností všech směrů při rychlostech větru větších než $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ pouze na stanicích Lučina (1,2násobně) a Ostrava-Poruba (2,1násobně). Na ostatních stanicích byly četnější souhrnné četnosti při větší rychlosti větru (v Mošnově 1,8násobně). V teplé polovině roku byly naopak kromě stanice Racibórze větší na všech ostatních stanicích součty četností všech směrů při malých rychlostech $1-2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a při bezvětří (v Ostravě-Porubě více než 4násobně). Četnosti jednotlivých směrů větru při malých rychlostech $1-2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ větší než 5% se v chladné polovině roku vyskytly pouze v devíti případech, v teplé polovině roku v jedenácti případech.

Vzhledem k popsanému charakteru proudění a jeho orientaci vůči hranici mezi regiony Moravskoslezského kraje a Slezského vojvodství je možno rozdělením směrů větru do dvou skupin přibližně posoudit četnost přeshraničních větrů a proměnlivost (variabilitu) četností směru větru mezi stanicemi a různými obdobími a získat tak informace pro odhad přeshraničního přenosu znečištění ovzduší (viz kapitola 5). Skupina jihozápadních větrů (dále nazývána zkráceně jihozápadními směry, resp. směry z jihozápadní poloviny horizontu $\text{SW}\frac{1}{2}$) zahrnuje směry jihojihovýchod přes jih až po severozápad s osou mezi jihozápadem a západojihozápadem, skupina severovýchodní zahrnuje směry severoseverozápad přes sever až po jihovýchod s osou mezi severovýchodem a východoseverovýchodem (severovýchodní směry resp. směry ze severovýchodní poloviny horizontu $\text{NE}\frac{1}{2}$).

V chladných obdobích roku (X–III) se relativní četnost jihozápadních větrů pohybuje od 57% (Ostrava-Poruba, Bielsko-Biala) do 63% (Racibórze), což odpovídá v průměru 105–115 dnům v jednom chladném období. Relativní četnost severovýchodních větrů byla 26–36% (Mošnov, Bielsko-Biala),

wysunuté části regionu kraje moravskoslezského na kierunek wiatru wpływa jednak obniżenie Jablunkovská brázda i dominuje tu kierunek południowo-wschodni.

W chłodnej połowie roku w czterech z sześciu poddanych ocenie stacji najczęściej występował wiatr południowo-zachodni z częstością od 10,2% w Raciborzu do 25,5% w Mošnovie. Na pozostałych stacjach częściej występował sąsiedni wiatr południowo-południowo-zachodni (Lučina) lub zachodnio-południowo-zachodni (Bielsko-Biala), a drugi w kolejności najczęściej występujący był wiatr południowo-zachodni.

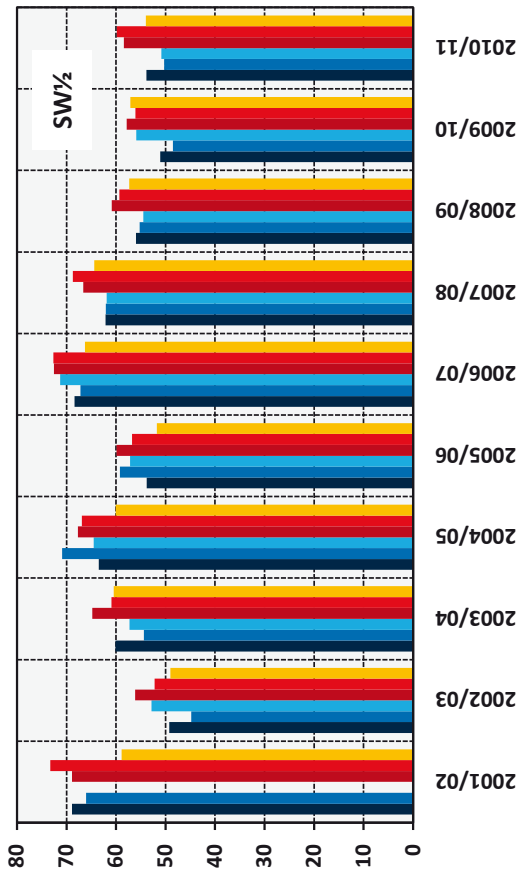
W ciepłej połowie roku wiatr południowo-zachodni nie występuje już tak często. Tylko w Mošnovie nadal jest to najczęstszy kierunek, ale częstość występowania maleje niemal o połowę (13,4%), drugim najczęściej występującym wiatrem był wiatr północny (10,2%). Również w Ostravie-Porubie te dwa kierunki występowały najczęściej, ale w odwrotnej kolejności (8,3 i 9,4%). W Mošnovie pomiędzy dwoma ciągłymi interwałami kierunków wiatru o częstości powyżej 5% (wiatry południowe do zachodnio-południowo-zachodnich oraz wiatry północne do północno-wschodnich) maleją każdorazowo w dwóch kierunkach częstości poniżej 1%. W Katowicach tylko w przypadku sześciu kierunków częstość była wyższa niż 5%, natomiast w Raciborzu przeciwnie – tylko w przypadku pięciu kierunków częstości maleją poniżej 5%.

Cisza atmosferyczna występowała na wszystkich stacjach, poza Bielsko-Białą, częściej w ciepłej połowie roku. Jej częstość oscylowała w chłodnej połowie roku między 3,6% w Raciborzu a 13,3% w Ostravie-Porubie, w ciepłej połowie roku na tych stacjach między 4,8% i 21,3%. Na lotniskowej stacji meteorologicznej Mošnov w niektórych terminach określono tzw. zmienny kierunek wiatru, jeżeli w momencie dokonywania pomiaru niemożliwe było jednoznaczne określenie kierunku. Częstość takich sytuacji w chłodnej połowie roku wynosiła 8,2%, w ciepłej połowie roku 18,7%. Takie przypadki wystąpiły w zdecydowanej większości podczas niskich prędkości wiatru $1-2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Suma częstości ciszy atmosferycznej i wszystkich kierunków przy niskich prędkościach $1-2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ była w chłodnej połowie roku większa od sumy częstości wszystkich kierunków przy prędkościach wiatru wyższych niż $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ tylko na stacjach Lučina (1,2-krotnie) i Ostrava-Poruba (2,1-krotnie). Na pozostałych stacjach sumaryczne częstości występowały częściej przy większych prędkościach wiatru (w Mošnovie 1,8-krotnie). Odwrotnie, w ciepłej połowie roku, oprócz stacji Racibórze, na wszystkich pozostałych stacjach większe sumy częstości wszystkich kierunków występowały przy niskich prędkościach $1-2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ oraz w czasie ciszy

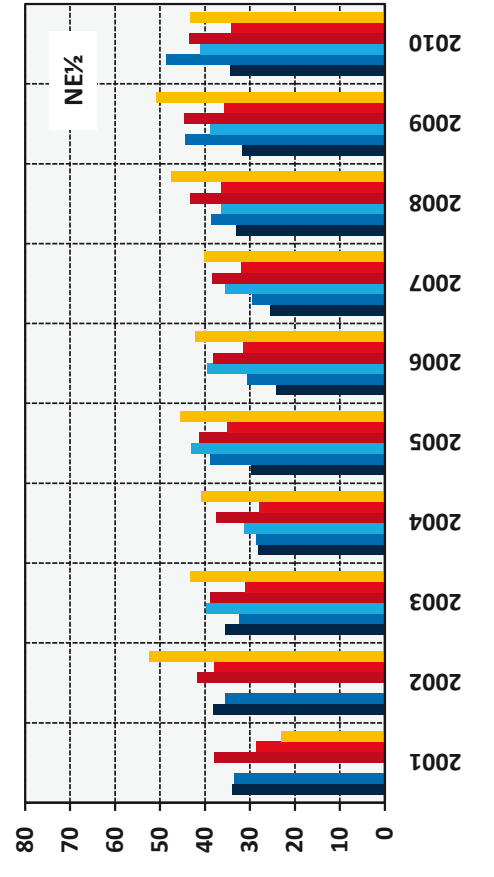
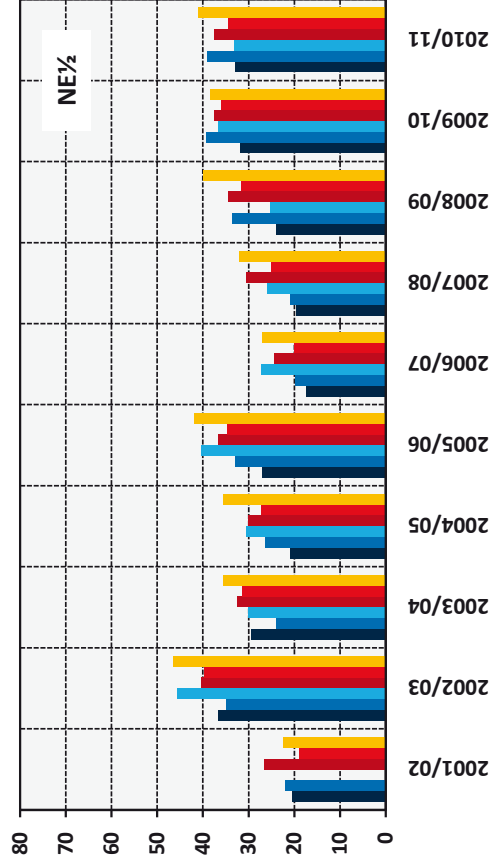
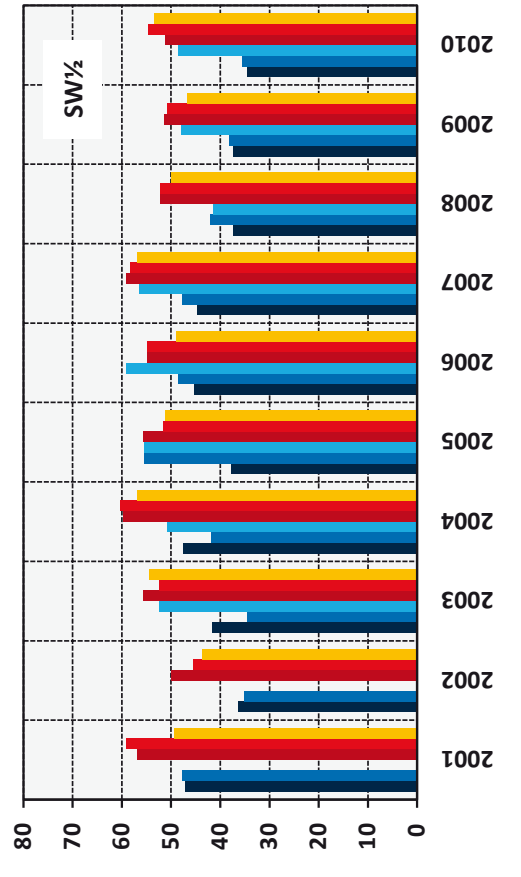
Obr. 3.1.2 Relativní četnosti směrů větru v %, chladná období (X–III)

Rys. 3.1.2 Względne częstości kierunków wiatru w %, okresy chłodne (X–III)



Obr. 3.1.3 Relativní četnosti směrů větru v %, teplá období (IV–IX)

Rys. 3.1.3 Względne częstości kierunków wiatru w %, okresy ciepłe (IV–IX)



- Mošov
- Os. - Poruba
- Lucina
- Racibórz
- Katowice
- Bielsko-Biała

SW 1/2 ... směry větru z jihozápadní poloviny horizontu / kierunki wiatru z południowo-zachodniej połowy horizontu
 NE 1/2 ... směry větru ze severovýchodní poloviny horizontu / kierunki wiatru z północno-wschodniej połowy horizontu

resp. průměrně 47–66 dnů v jednom chladném období. V jednotlivých chladných obdobích se relativní četnosti jihozápadních směrů pohybovaly na stanicích v regionu Moravskoslezského kraje od 45 do 71% a severovýchodních směrů od 17 do 46%. Na stanicích v regionu Slezského vojvodství od 49 do 73% u jihozápadních směrů a od 19 do 46% pro severovýchodní větry (obr. 3.1.2).

V teplých obdobích roku (IV–IX) byla relativní četnost jihozápadních větrů 41–55% (Mošnov, Racibórz), což odpovídá v průměru cca 75–100 dnům v jednom teplém období. Relativní četnost severovýchodních větrů byla 31–43% (Mošnov, Bielsko-Biała), resp. průměrně 58–78 dnů v jednom teplém období. Relativní četnosti jihozápadních směrů se v jednotlivých obdobích pohybovaly od 34 do 59% v regionu Moravskoslezského kraje a od 44 do 60% v regionu Slezského vojvodství. Pro severovýchodní větry byl tento interval v regionu Moravskoslezského kraje 24–48% a v regionu Slezského vojvodství 23–52% (obr. 3.1.3).

3.2 Rychlost větru

Rychlost větru se v české a polské části přehraniční oblasti příliš nelišila, v 90% termínů byl rozdíl regionálních průměrných rychlostí do $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, nicméně průměrné rychlosti pro region Slezského vojvodství byly v průměru v obou polovinách roku vyšší o $0,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ než v regionu Moravskoslezského kraje. Na jednotlivých stanicích v regionu Moravskoslezského kraje se průměrná rychlost větru pohybovala od $1,5$ do $3,9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (Ostrava-Poruba v teplé polovině roku a Mošnov v chladné polovině roku), v regionu Slezského vojvodství od $2,2$ do $3,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (Katovice v teplé polovině roku a Racibórz v chladné polovině roku). Nejvyšší průměrné rychlosti byly dosahovány během všech období v Mošnově, dále na všech polských stanicích, v Lučině, a naopak nejnižší rychlost větru byla v Ostravě-Porubě. Všechny uvedené charakteristiky byly v teplé polovině nižší než v chladné polovině roku, kromě maximální naměřené rychlosti větru v Katovicích a Bielsko-Biała (tab. 3.2.1).

Průměrná regionální rychlost větru má zřetelný roční chod, nejnižší rychlosti připadají na období květen až září, nejvyšší na období listopad až začátek března. Průměrné dekádové rychlosti větru se v regionu Moravskoslezského kraje pohybovaly od $2,0$ do $3,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a v regionu Slezského vojvodství od $2,3$ do $3,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (obr. 3.2.1).

Průměrná regionální rychlost větru má výrazný denní chod, nejnižší rychlosti větru byly ve druhé polovině noci a nejvyšší ve 12 až 14 hodin CET. V teplé polovině roku bylo zesílení větru v denních hodinách mnohem výraznější než v chladné polovině roku, během které bylo naopak delší noční

atmosferycznej (w Ostrawie-Porubie ponad 4-krotnie). Częstości poszczególnych kierunków wiatru przy niskich prędkościach $1\text{--}2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ większe niż 5% występowały w chłodnej połowie roku tylko w dziewięciu przypadkach, w cieplej połowie roku w jedenastu przypadkach.

W odniesieniu do opisanego charakteru przepływu powietrza i jego orientacji w stosunku do granicy pomiędzy regionami kraju morawskośląskiego i województwa śląskiego można, dzieląc kierunki wiatru na dwie grupy, ocenić w przybliżeniu częstość transgranicznych wiatrów oraz zmienność częstości kierunku wiatru pomiędzy stacjami i różnymi okresami i pozyskać w ten sposób informacje w celu oszacowania transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń powietrza (patrz rozdz. 5). Grupa wiatrów południowo-zachodnich (nazywana w dalszej części w skrócie kierunkami południowo-zachodnimi lub kierunkami z południowo-zachodniej części horyzontu $\text{SW}\frac{1}{2}$) obejmuje kierunki południowo-południowo-wschodni przez południowy zachód i zachodnim-południowym zachodem, grupa północno-wschodnia obejmuje kierunki północno-północno-zachodni przez zachodni po południowo-wschodni z osią pomiędzy północnym wschodem a wschodnim-północnym-wschodem (kierunki północno-wschodnie lub kierunki z północno-wschodniej części horyzontu $\text{NE}\frac{1}{2}$).

W chłodnych okresach roku (październik–marzec) względna częstość wiatrów południowo-zachodnich waha się od 57% (Ostrava-Poruba, Bielsko-Biała) do 63% (Racibórz), co odpowiada średnio 105–115 dniom w jednym chłodnym okresie. Względna częstość wiatrów północno-wschodnich wynosiła 26–36% (Mošnov, Bielsko-Biała) lub średnio 47–66 dni w jednym chłodnym okresie. W poszczególnych chłodnych okresach względne częstości kierunków południowo-zachodnich na stacjach w regionie kraju morawskośląskiego wynosiły od 45% do 71%, a kierunków północno-wschodnich od 17 do 46%. Na stacjach w regionie województwa śląskiego wynosiły od 49 do 73% dla kierunków południowo-zachodnich i od 19 do 46% dla wiatrów północno-wschodnich (rys. 3.1.2).

W ciepłych okresach roku (kwiecień–wrzesień) względna częstość wiatrów południowo-zachodnich wynosiła od 41 do 55% (Mošnov, Racibórz), co odpowiada średnio ok. 75–100 dniom w jednym ciepłym okresie. Względna częstość wiatrów północno-wschodnich wynosiła 31–43% (Mošnov, Bielsko-Biała) lub średnio 58–78 dni w jednym ciepłym okresie. Względna częstość wiatrów południowo-zachodnich w poszczególnych okresach wynosiła od 34 do 59% w regionie kraju morawskośląskiego i od 44 do 60% w regionie województwa śląskiego. Dla wiatrów północno-wschodnich

Tab. 3.2.1 Rychlost větru v $m \cdot s^{-1}$ / Prędkość wiatru w $m \cdot s^{-1}$

| | Mošov | Os. - Poruba | Lučina | MSk | Racibórz | Katowice | Bielsko- Biała | SLw |
|--|-------|--------------|--------|------|----------|----------|----------------|------|
| Chladná polovina roku / Chłodna połowa roku (I–III, X–XII) | | | | | | | | |
| AVG | 3,9 | 2,0 | 2,7 | 2,9 | 3,6 | 2,9 | 3,4 | 3,3 |
| P25 | 2 | 1 | 1 | 1,3 | 2 | 1 | 1 | 1,7 |
| P75 | 6 | 3 | 4 | 4,0 | 5 | 4 | 4 | 4,3 |
| P95 | 9 | 5 | 7 | 6,3 | 8 | 6 | 9 | 7,3 |
| Max | 18 | 12 | 17 | 13,3 | 18 | 15 | 19 | 15,7 |
| Teplá polovina roku / Ciepła połowa roku (IV–IX) | | | | | | | | |
| AVG | 2,8 | 1,5 | 2,1 | 2,2 | 2,9 | 2,2 | 2,5 | 2,6 |
| P25 | 1 | 1 | 1 | 1,0 | 2 | 1 | 1 | 1,7 |
| P75 | 4 | 2 | 3 | 3,0 | 4 | 3 | 3 | 3,3 |
| P95 | 7 | 4 | 5 | 5,0 | 7 | 5 | 6 | 5,3 |
| Max | 15 | 9 | 12 | 11,3 | 14 | 16 | 20 | 11,3 |

MSk - region Moravskoslezského kraje / region kraju morawskośląskiego

SLw - region Slezského vojvodství / region województwa śląskiego

AVG - průměrná rychlost větru v hodnoceném období / średnia prędkość wiatru w badanym okresie

P25, P75, P95 - 25., 75. a 95. percentil souborů termínových rychlostí větru v hodnoceném období

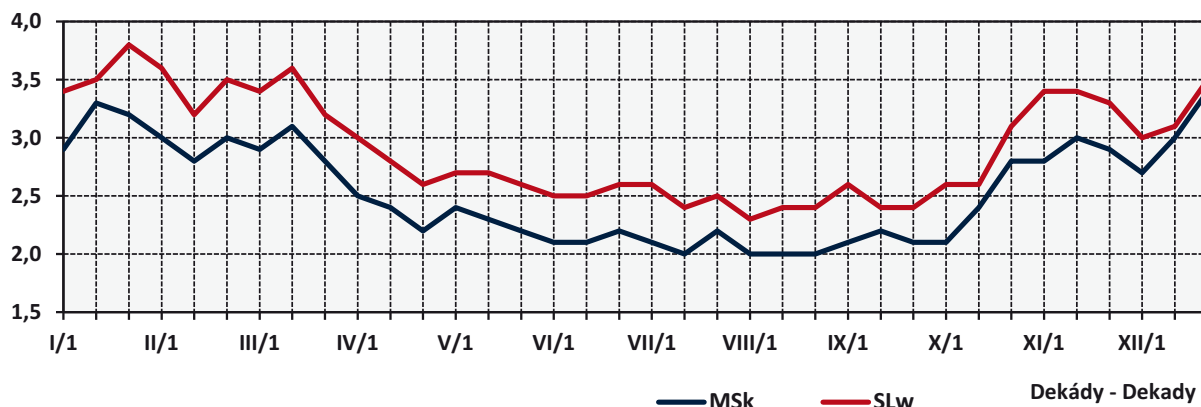
P25, P75, P95 - 25., 75. i 95. percentyl zbiorów terminowych prędkości wiatru w badanym okresie

Max - maximální naměřená termínová rychlost větru v hodnoceném období

Max - maksymalna odnotowana terminowa prędkość wiatru w badanym okresie

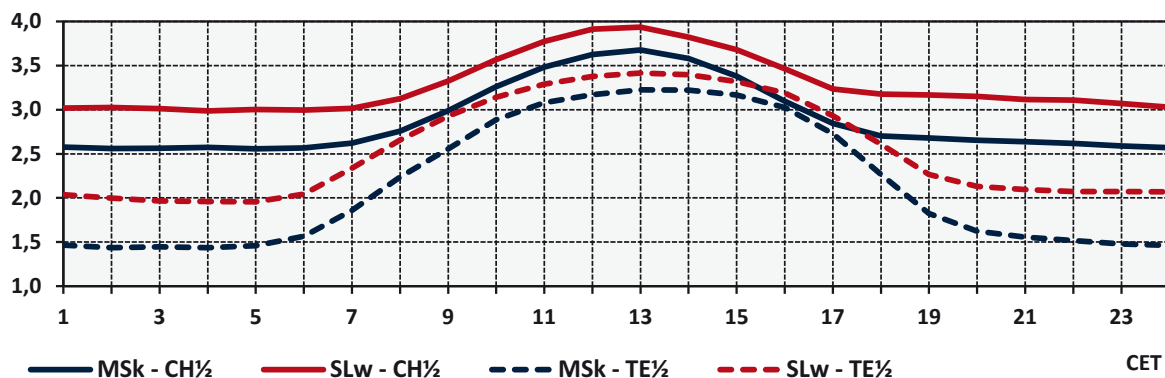
Obr. 3.2.1 Roční chod rychlosti větru v $m \cdot s^{-1}$

Rys. 3.2.1 Roczny przebieg prędkości wiatru w $m \cdot s^{-1}$



Obr. 3.2.2 Denní chod rychlosti větru v $m \cdot s^{-1}$

Rys. 3.2.2 Dobový průběh prędkości wiatru w $m \cdot s^{-1}$



MSk - region Moravskoslezského kraje / region kraju morawskośląskiego

SLw - region Slezského vojvodství / region województwa śląskiego

CH½ - chladná polovina roku / chłodna połowa roku (I–III, X–XII)

TE½ - teplá polovina roku / ciepła połowa roku (IV–IX)

období s minimálními rychlostmi větru. V teplé polovině roku se průměrné hodinové rychlosti větru pohybovaly od 1,4 do 3,4 m·s⁻¹ a v chladné polovině roku od 3,0 do 3,9 m·s⁻¹ (obr. 3.2.2).

Průměrné regionální sezónní rychlosti větru (obr. 3.2.3) měly největší rozsah v regionu Slezského vojvodství v chladném období (2,8–3,8 m·s⁻¹), nejmenší naopak v regionu Moravskoslezského kraje v teplé polovině roku (2,0–2,3 m·s⁻¹). Počty dnů s průměrnou denní rychlostí do 2 m·s⁻¹ kolísaly v teplých obdobích v intervalu 110–135 dnů v regionu Moravskoslezského kraje a 74–130 dnů v regionu Slezského vojvodství. V chladných obdobích se pohybovaly počty těchto dnů v regionu Moravskoslezského kraje v rozsahu 59–98 dnů a v regionu Slezského vojvodství v rozsahu 48–81 dnů (obr. 3.2.4). Počty dnů s vysokou průměrnou denní rychlostí větru 5 m·s⁻¹ a více kolísaly v teplé polovině roku v regionu Moravskoslezského kraje v rozsahu 1–6 dnů a v regionu Slezského vojvodství v rozsahu 3–14 dnů. V chladných obdobích byly tyto dny častější a jejich počet se pohyboval v rozsahu 13–43 dnů v regionu Moravskoslezského kraje a 20–56 dnů v regionu Slezského vojvodství (obr. 3.2.5).

3.3 Vertikální stabilita atmosféry

V přeshraniční oblasti Slezska a Moravy neexistují vhodná přímá měření vertikálního teplotního zvrstvení v mezní vrstvě atmosféry. Pro studium vertikální stability atmosféry však lze využít nepřímé metody výpočtu tzv. teplotních vertikálních pseudogradientů, vycházející z měření teploty z horizontálně relativně blízkých stanic v různých nadmořských výškách. Použití vertikálních teplotních pseudogradientů má určitá omezení, protože teplota je měřena ve dvou metrech nad zemí a teplotní poměry ve volné atmosféře mezi stanicemi v různé nadmořské výšce mohou být v závislosti na denní a roční době odlišné. Metoda rovněž poskytuje pouze informaci o průměrných podmínkách teplotního zvrstvení v celé vrstvě mezi použitými stanicemi a neumožňuje získat představu o vertikálním profilu teplotního zvrstvení. Ve vrstvě ovzduší mezi stanicemi se může vyskytovat např. inverzní vrstva, kterou z měření na obou stanicích nelze zjistit. I přes tato omezení však metoda poskytuje dostatečnou orientační informaci o charakteru průměrného teplotního zvrstvení ve vrstvě atmosféry mezi stanicemi.

Průměrné teplotní zvrstvení ve vrstvě cca 0–1000 m nad zemí lze nejpřesněji popsat využitím měření teploty na stanicích Lučina a Lysá hora. Poměr jejich vertikální a horizontální vzdálenosti je z meteorologických stanic v oblasti nejpříznivější, vertikální vzdálenost činí 5,1 % vzdálenosti horizontální. Pouze orientačně lze využít pro popis vrstvy cca 0–500 m nad zemí a vrstvy cca 500–1000 m nad

przedział ten w regionie kraju morawskośląskiego wynosił 24–48%, a w regionie województwa śląskiego 23–52% (rys. 3.1.3).

3.2. Prędkość wiatru

Prędkość wiatru w polskiej i czeskiej części obszaru transgranicznego zbytnio się nie różniła, w 90% terminów różnica regionalnych średnich prędkości wynosiła do 2 m·s⁻¹, niemniej jednak średnie prędkości dla regionu województwa śląskiego były średnio w obu połowach roku wyższe o 0,4 m·s⁻¹ aniżeli w regionie kraju morawskośląskiego. Na poszczególnych stacjach w regionie kraju morawskośląskiego średnia prędkość wiatru wahała się w granicach 1,5–3,9 m·s⁻¹ (Ostrava-Poruba w ciepłej połowie i Mošnov w chłodnej połowie roku), w regionie województwa śląskiego od 2,2 do 3,6 m·s⁻¹ (Katowice w ciepłej połowie roku i Racibórz w chłodnej połowie roku). Największe średnie prędkości we wszystkich okresach odnotowano w Mošnovie, na wszystkich polskich stacjach, w Lučinie, natomiast najniższa prędkość wiatru wystąpiła w Ostravie-Porubie. Wszystkie wymienione cechy były w ciepłej połowie roku niższe w porównaniu z chłodną połową roku, z wyjątkiem maksymalnej zarejestrowanej prędkości wiatru w Katowicach i Bielsku-Białej (tab. 3.2.1).

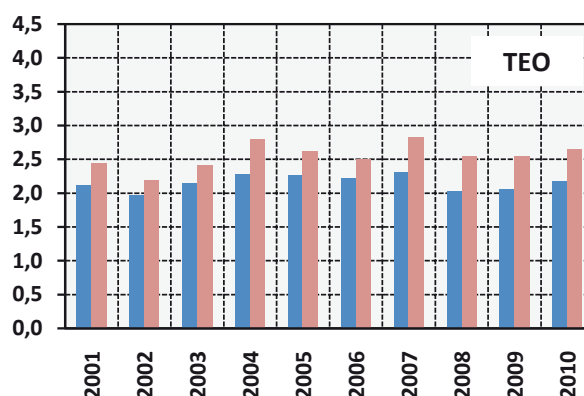
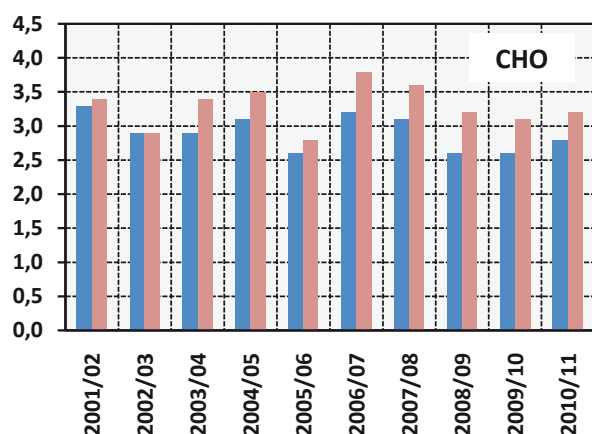
Średnia regionalna prędkość wiatru ma wyraźny roczny przebieg, najniższe prędkości występują w okresie od maja do września, najwyższe w okresie od listopada do początku marca. Średnie dekadowe prędkości wiatru w regionie kraju morawskośląskiego utrzymywały się w granicach od 2,0 do 3,4 m·s⁻¹, a w regionie województwa śląskiego od 2,3 do 3,8 m·s⁻¹ (rys. 3.2.1).

Średnia regionalna prędkość wiatru wykazuje wyraźny dobowy przebieg, najniższe prędkości wiatru odnotowywano w drugiej połowie nocy, a najwyższe w godzinach od 12 do 14 CET. W ciepłej połowie roku nasilenie wiatru w godzinach dziennych było o wiele większe aniżeli w chłodnej połowie roku, kiedy to występowały dłuższe okresy nocne z minimalnymi prędkościami wiatru. W ciepłej połowie roku średnie godzinne prędkości wiatru wynosiły od 1,4 do 3,4 m·s⁻¹, a w chłodnej połowie roku od 3,0 do 3,9 m·s⁻¹ (rys. 3.2.2).

Średnie regionalne sezonowe prędkości wiatru (rys. 3.2.3) miały największą rozpiętość w regionie województwa śląskiego w okresie chłodnym (2,8–3,8 m·s⁻¹), natomiast najmniejszą w regionie kraju morawskośląskiego w ciepłej połowie roku (2,0–2,3 m·s⁻¹). Liczba dni ze średnią dobową prędkością do 2 m·s⁻¹ wynosiła w ciepłych okresach od 110 do 135 w regionie kraju morawskośląskiego i od 74 do 130 w regionie województwa śląskiego. W chłodnych okresach tych dni w regionie kraju

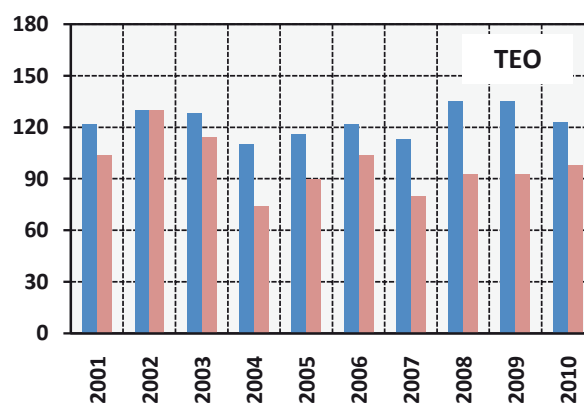
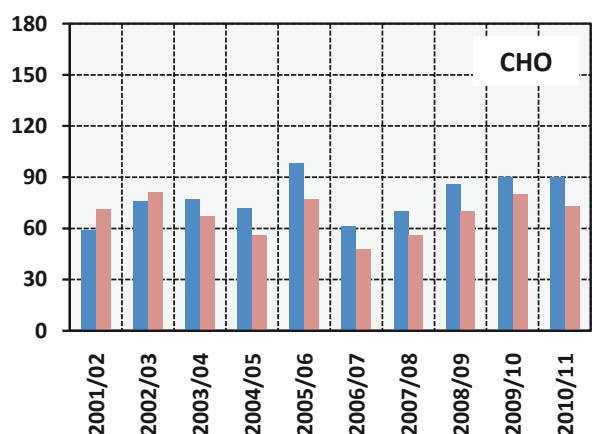
Obr. 3.2.3 Průměrné rychlosti větru v $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

Rys. 3.2.3 Średnie prędkości wiatru w $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$



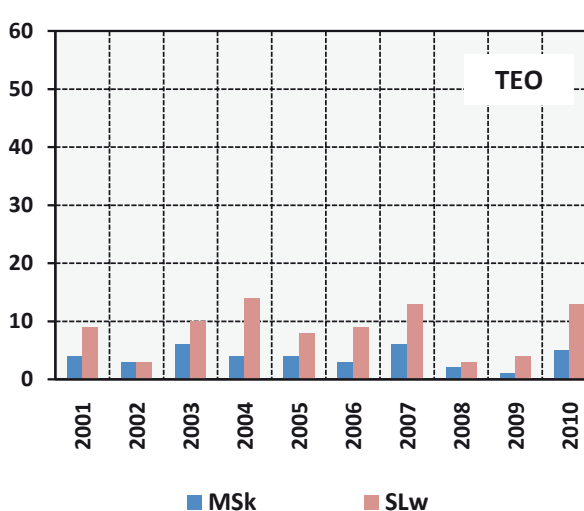
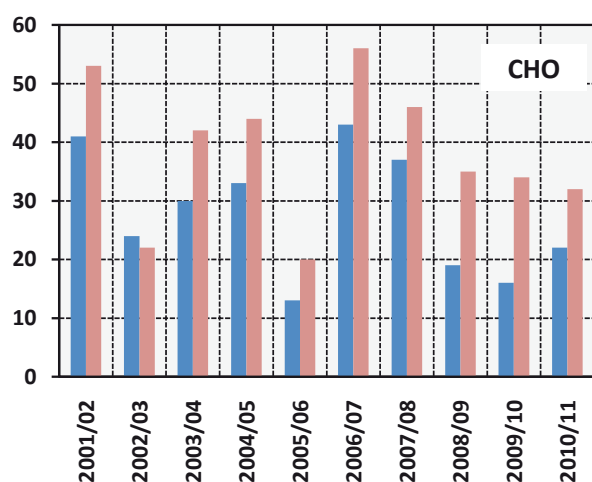
Obr. 3.2.4 Počet dnů s průměrnou denní rychlostí větru $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a méně

Rys. 3.2.4 Liczba dni ze średnią dobową prędkością wiatru równą i mniejszą niż $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$



Obr. 3.2.5 Počet dnů s průměrnou denní rychlostí větru $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a více

Rys. 3.2.5 Liczba dni ze średnią prędkością wiatru równą i wyższą niż $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$



CHO - chladná období / okresy chłodne (X–III)

TEO - teplá období / okresy ciepłe (IV–IX)

MSk - region Moravskoslezského kraje / region kraju morawskośląskiego

SLw - region Śląskiego województví / region województwa śląskiego

zemí rozdíl teplot mezi stanicemi Mošnov a Červená, resp. Červená a Lysá hora, neboť jejich vertikální vzdálenost činí pouze 1,2, resp. dokonce 0,8% vzájemné horizontální vzdálenosti (tab. 3.3.1).

Vrstva atmosféry 0–1000 m byla v chladné polovině roku stabilnější než v teplé polovině roku, tj. podmínky pro rozptýl znečišťujících látek byly méně příznivé. Průměrný vertikální teplotní pseudogradient⁶ byl 0,48, resp. 0,56 °C·(100 m)⁻¹. Hodnoty průměrného pseudogradientu vrstvy 0–1000 m byly přirozeně během všech hodnocených období mezi průměrnými hodnotami pseudogradientů vrstev 0–500 m a 500–1000 m (tab. 3.3.2).

Roční i denní chod vertikálního pseudogradientu teploty je výrazný a odpovídá ročnímu a dennímu chodu teploty vzduchu a jeho intenzitě v závislosti na nadmořské výšce použitých stanic.

Vrstva atmosféry 0–1000 m byla nejstabilnější v lednu a prosinci, dále pak v říjnu a listopadu; naopak nejméně stabilní byla v březnu a dále v dubnu, červnu a květnu. Nejvýraznější roční chod vykazují průměrné pseudogradienty vrstvy 500–1000 m, nejméně výrazný pseudogradienty vrstvy 0–500 m. Vrstva 0–500 m byla v březnu až září poněkud stabilnější než vrstva 500–1000 m, a naopak labilnější od října do března s tím, že v prosinci a lednu byl tento rozdíl velmi výrazný. Tento fakt je zřejmě ovlivněn výše zmíněnými omezeními použití pseudogradientů pro hodnocení teplotního zvrstvení. V zimních měsících (XII–II) výrazně stoupá rozdíl teplot mezi Mošnovem a Červenou a klesá rozdíl teplot mezi Červenou a Lysou horou, což bylo způsobeno vlivem zasněženého zemského povrchu na teplotu vzduchu nad ním. Mnohem déle ležící sněhová pokrývka na Červené ovlivňuje teplotu po delší období než na Mošnově (obr. 3.3.1).

Všechny hodnocené vrstvy byly v denním chodu nejstabilnější v druhé polovině noci a ranních hodinách, nejméně stabilní v poledních a odpoledních hodinách. Denní chod všech pseudogradientů byl výraznější v teplé polovině roku než v chladné. Nejvýraznější byl denní chod pseudogradientů ve vrstvách 0–500 m a 0–1000 m v teplé polovině roku s rozpětím maximální a minimální hodnoty 0,63, resp. 0,42 °C·(100 m)⁻¹. Nejméně výrazný byl denní chod pseudogradientů vrstvy 500–1000 m v chladné polovině roku a pseudogradientů vrstvy 500–1000 m v teplé polovině roku s rozpětím 0,12, resp. 0,26 °C·(100 m)⁻¹ (obr. 3.3.2).

Průměrné stabilní podmínky se v jednotlivých hodnocených chladných i teplých obdobích

⁶ Vertikální teplotní gradient (zde pseudogradient) teploty vyjadřuje změnu teploty při změně výšky o 100 m a je kladný při poklesu teploty s rostoucí výškou. Čím je vertikální teplotní gradient nižší, tím stabilnější je teplotní zvrstvení.

moravskoślaskiego bylo w granicach 59–98, a w regionie województwa śląskiego w granicach 48–81 (rys. 3.2.4). Dni z wysoką średnią dobową prędkością wiatru 5 m·s⁻¹ i wyższą było w ciepłej połowie roku w regionie kraju morawskoślaskiego od 1 do 6, a w regionie województwa śląskiego od 3 do 14. W chłodnych okresach te dni występowały częściej, a ich liczba wynosiła od 13 do 43 w regionie kraju morawskoślaskiego oraz od 20 do 56 w regionie województwa śląskiego (rys. 3.2.5).

3.3. Pionowa stabilność atmosfery

W obszarze transgranicznym Śląska i Moraw brak odpowiednich bezpośrednich pomiarów pionowej struktury termicznej w warstwie granicznej atmosfery. Do zbadania stabilności pionowej atmosfery można jednak wykorzystać pośrednie metody obliczenia tzw. pionowych pseudogradientów temperatury, oparte na pomiarach temperatury z horyzontalnie stosunkowo bliskich stacji znajdujących się na różnych wysokościach nad poziomem morza. Zastosowanie pionowych pseudogradientów temperatury ma pewne ograniczenia, ponieważ temperatura mierzona jest na wysokości dwóch metrów nad powierzchnią ziemi, a temperatura w otwartej atmosferze pomiędzy stacjami znajdującymi się na różnej wysokości nad poziomem morza może się różnić w zależności od pory dnia i roku. Ponadto metoda daje tylko informację na temat przeciętnych warunków struktury termicznej w całej warstwie pomiędzy badanymi stacjami, nie dając wyobrażenia o pionowym profilu struktury termicznej. W warstwie atmosfery pomiędzy stacjami może występować przykładowo warstwa inwersyjna, której nie da się stwierdzić na podstawie pomiarów przeprowadzonych na obu stacjach. Jednak pomimo tych ograniczeń metoda daje wystarczające orientacyjne informacje na temat charakteru przeciętnej struktury termicznej w warstwie atmosfery znajdującej się pomiędzy stacjami.

Przeciętną strukturę termiczną w warstwie ok. 0–1000 m nad ziemią można najdokładniej opisać, wykorzystując pomiar temperatury na stacjach Lučina i Lysá góra. Stosunek ich odległości pionowej i poziomej jest najkorzystniejszy spośród wszystkich stacji meteorologicznych w obszarze, odległość pionowa wynosi 5,1% odległości poziomej. W celu opisu warstwy ok. 0–500 m nad gruntem oraz warstwy ok. 500–1000 m nad gruntem można tylko orientacyjnie wykorzystać różnicę temperatur pomiędzy stacjami Mošnov a Červená lub Červená a Lysá hora, ponieważ ich odległość pionowa wynosi tylko 1,2 lub nawet 0,8% wzajemnej odległości poziomej (tab. 3.3.1).

Warstwa atmosfery 0–1000 m była w chłodnej połowie roku bardziej stabilna niż w ciepłej poło-

Tab. 3.3.1 Údaje použité pro studium vertikální stability atmosféry

Tab. 3.3.1 Dane wykorzystane do badania stabilności pionowej atmosfery

| Vrstva w m | Stаницe | | Vzdálenost stanic | | Vzorec pro výpočet pseudogradientu Wzór dla obliczenia pseudogradientu |
|----------------|---------|-----------|-------------------|------------------|---|
| | Stacja | Stacja | Odległość stacji | Odległość stacji | |
| Warstwa w m | dolní | horní | vertikální v m | horizont. v km | |
| 0-500 | dolna | górna | pionowa w m | pozioma w km | |
| 500-1000 | Mošov | Červená | 499 | 43 | $(T_{Mo} - T_{Ce})/4,99$ |
| 0-1000 | Červená | Lysá hora | 573 | 70 | $(T_{Ce} - T_{LH})/5,73$ |
| | Lučina | Lysá hora | 1022 | 20 | $(T_{Lu} - T_{LH})/10,22$ |

% < x - relativní četnost termínů s hodnotou x pseudogradientu ve °C:(100 m)⁻¹

% < x - względna częstość terminów z wartością x pseudogradientu w °C:(100 m)⁻¹

Avg - průměrný pseudogradient / średni pseudogradient

P05, P25, P75, P95 - 5., 25., 75. a 95.percentil souborů terminových pseudogradientů

P05, P25, P75, P95 - 5., 25., 75.i 95.percentyl zbiorów terminowych pseudogradientu

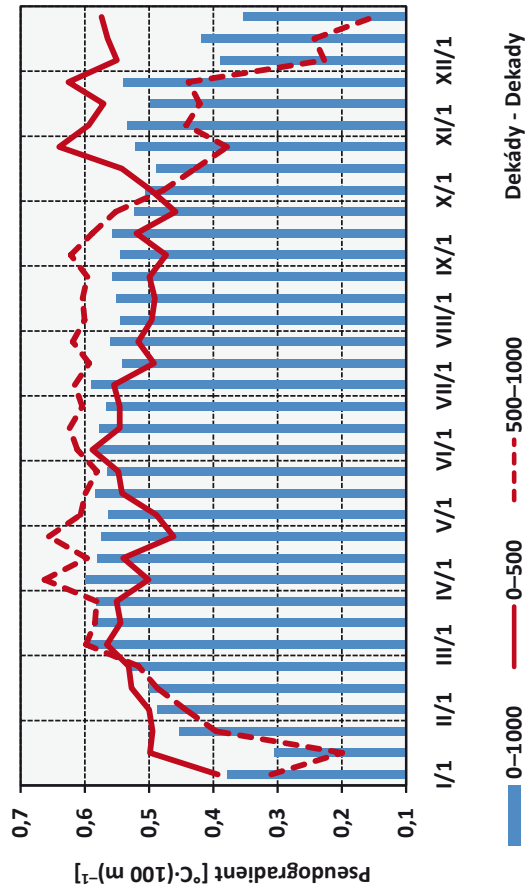
Min, Max - minimální a maximální pseudogradient v hodnoceném období

Min, Max - minimalny i maksymalny pseudogradient w badanym okresie

Obr. 3.3.1 Roční chod vertikálních teplotních pseudogradientů

Rys. 3.3.1 Roczny przebieg pseudogradientów pionowych

temperatury powietrza



CH½ - chladná polovina roku / chłodna połowa roku (I-III, X-XII)

TE½ - teplotná polovina roku / ciepła połowa roku (IV-IX)

Dekády - Dekady

Tab. 3.3.2 Vertikální teplotní pseudogradient ve °C:(100 m)⁻¹

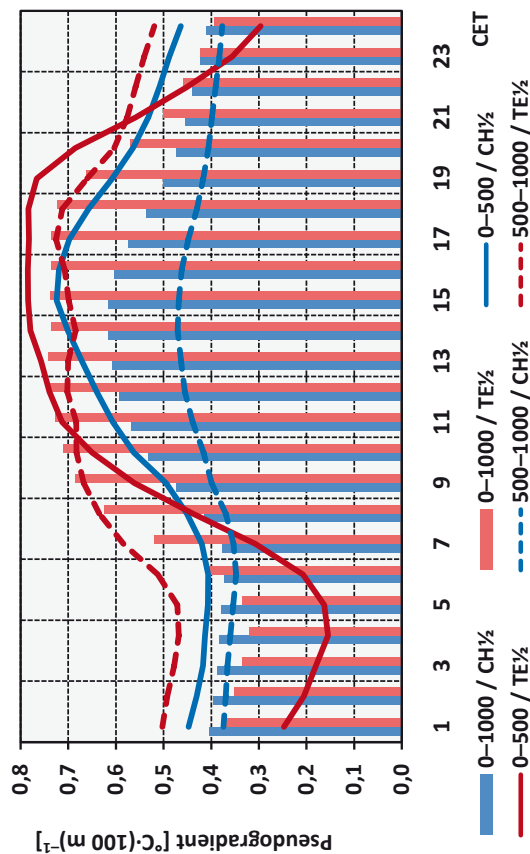
Tab. 3.3.2 Pionowy pseudogradient temperatury w °C:(100 m)⁻¹

| Chladná polovina roku (I-III, X-XII) | | Teplá polovina roku (IV-IX) | |
|--------------------------------------|-------|-----------------------------|----------|
| Chłodna połowa roku (I-III, X-XII) | | Ciepła połowa roku (IV-IX) | |
| Avg | 0,54 | 0,40 | 0,48 |
| Min | -3,19 | -2,51 | -1,66 |
| P05 | -0,42 | -0,45 | -0,27 |
| P25 | 0,38 | 0,26 | 0,31 |
| P75 | 0,84 | 0,66 | 0,72 |
| P95 | 1,10 | 0,91 | 0,90 |
| Max | 2,38 | 2,53 | 1,25 |
| % < 0,0 | 11,2 | 13,0 | 11,1 |
| % < 0,4 | 23,7 | 30,4 | 27,0 |
| % > 0,7 | 50,3 | 28,2 | 42,1 |
| | | 0-500 | 500-1000 |
| | | Avg | 0,51 |
| | | Min | -1,58 |
| | | P05 | -0,44 |
| | | P25 | 0,30 |
| | | P75 | 0,82 |
| | | P95 | 1,08 |
| | | Max | 2,81 |
| | | % < 0,0 | 14,1 |
| | | % < 0,4 | 27,4 |
| | | % > 0,7 | 47,0 |
| | | | 0-1000 |
| | | | Avg |
| | | | 0,61 |
| | | | Min |
| | | | -1,31 |
| | | | P05 |
| | | | 0,14 |
| | | | P25 |
| | | | 0,44 |
| | | | P75 |
| | | | 0,77 |
| | | | P95 |
| | | | 1,10 |
| | | | Max |
| | | | 2,06 |
| | | | % < 0,0 |
| | | | 2,5 |
| | | | % < 0,4 |
| | | | 14,3 |
| | | | % > 0,7 |
| | | | 44,2 |

Obr. 3.3.2 Denní chod vertikálních teplotních pseudogradientů

Rys. 3.3.2 Dobový průběh pseudogradientů pionových

temperatury powietrza



MSK - region Moravskoslezského kraje / region kraju morawskośląskiego

SLW - region Slezského vojvodství / region województwa śląskiego

poměrně výrazně lišily. V chladných obdobích se např. průměrné sezónní teplotní pseudogradienty ve vrstvě 0–1000 m pohybovaly od $0,35$ do $0,57$ $^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{ m})^{-1}$, počty dnů s průměrným denním vertikálním teplotním pseudogradientem menším než $0,3$ $^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{ m})^{-1}$ od 18 do 50 dnů a počty dnů s průměrným gradientem nad $0,7$ $^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{ m})^{-1}$ od 6 do 53 dnů. Všechny tyto extrémní hodnoty, kromě poslední uvedené, se vyskytly v chladných obdobích 2005/06 a 2006/07 (obr. 3.3.3–3.3.5). Počty dnů s průměrným denním vertikálním teplotním pseudogradientem ve vrstvě 0–1000 m menším než $0,0$ $^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{ m})^{-1}$ se v chladných obdobích pohybovaly od 4 do 28, v teplých obdobích se takový den vyskytl pouze jednou (8. 5. 2008 s hodnotou $-0,03$).

3.4 Teplota vzduchu

Teplotní poměry byly v přeshraniční oblasti Slezska a Moravy vcelku homogenní. Průměrné rozpětí termínových teplot vzduchu na všech stanicích nepřekročilo $2,0$ $^{\circ}\text{C}$, v 90% termínů byly rozdíly regionálních teplot v rozmezí od -2 do $+2$ $^{\circ}\text{C}$. Rozdíly regionálních teplot byly v průměru $0,1$ – $0,3$ $^{\circ}\text{C}$ s tím, že region Moravskoslezského kraje byl zejména v teplé polovině roku poněkud teplejší než region Slezského vojvodství (tab. 3.4.1). Průměrná regionální teplota vzduchu má velmi výrazný roční chod s maximem v letních a minimem v zimních měsících (obr. 3.4.1) a rovněž velmi výrazný denní chod s maximem v odpoledních a minimem v časných ranních hodinách (obr. 3.4.2).

Průměrné regionální teploty vzduchu kolísaly v jednotlivých chladných obdobích v rozmezí cca 5 $^{\circ}\text{C}$ a v jednotlivých teplých obdobích v rozmezí $1,3$ – $1,6$ $^{\circ}\text{C}$. Počty dnů s průměrnými denními regionálními teplotami vzduchu nižšími než 13 $^{\circ}\text{C}$ byly v obou regionech velmi podobné⁷. V chladných obdobích byl počet těchto dnů v regionu Moravskoslezského kraje 168–179, v regionu Slezského vojvodství 166–181; v teplých obdobích 33–59, resp. 38–60. (obr. 3.4.3–3.4.4). Počty dnů se zápornou průměrnou denní regionální teplotou se v jednotlivých chladných obdobích poměrně výrazně lišily. Např. v chladném období 2005/06 byl počet takových dnů v obou regionech 88, resp. 95, a hned v následujícím chladném období 2006/07 klesl na 18 v obou regionech (obr. 3.4.4). Je zřejmé, že takto velké teplotní rozdíly mají vliv na množství emisí, které jsou do ovzduší vypouštěny z důvodu vytápění, a tím na odlišnou imisní situaci v jednotlivých zimních obdobích. Rovněž počty dnů

⁷ V návaznosti na legislativu [ČR, 2007] je pro potřeby výpočtu emisí z lokálních topenišť v České republice délka topného období vyjádřena počtem dnů se střední denní teplotou nižší nebo rovnající se 13 $^{\circ}\text{C}$ [ČHMÚ, 2007].

wie roku, tj. warunki dla dyspersji zanieczyszczeń były mniej sprzyjające. Przeciętny pionowy pseudogradient temperatury⁶ wynosił $0,48$ bądź $0,56$ $^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{ m})^{-1}$. Wartości przeciętnego pseudogradientu warstwy 0–1000 m występowały naturalnie podczas wszystkich badanych okresów między przeciętnymi wartościami pseudogradientów warstw 0–500 m i 500–1000 m (tab. 3.3.2).

Roczny i dobowy przebieg pionowego pseudogradientu temperatury jest wyraźny i odpowiada rocznemu i dobowemu przebiegowi temperatury powietrza oraz jego intensywności w zależności od wysokości badanych stacji nad poziomem morza.

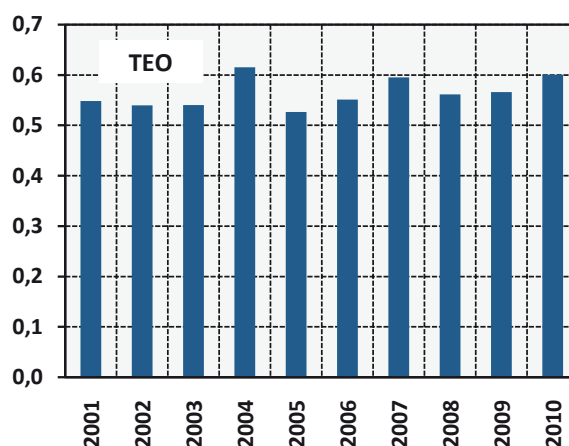
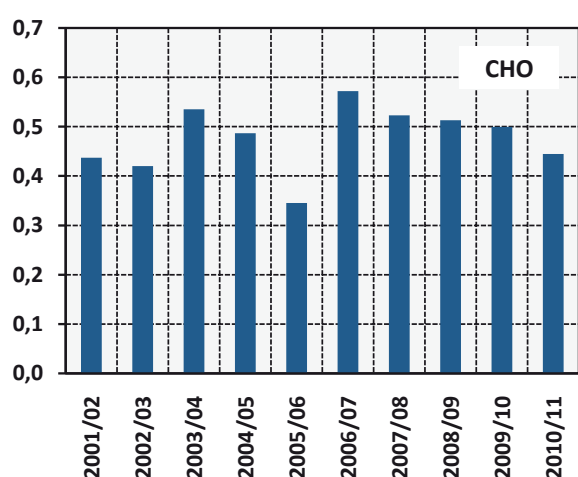
Warstwa atmosfery 0–1000 m była najbardziej stabilna w styczniu i w grudniu, następnie w październiku i w listopadzie, natomiast najmniej stabilna była w marcu, a następnie w kwietniu, czerwcu i maju. Najbardziej wyraźny roczny przebieg odnotowano dla średnich pseudogradientów warstwy 500–1000 m, najmniej wyraźny dla pseudogradientów warstwy 0–500 m. Warstwa 0–500 m była w okresie od marca do września bardziej stabilna w porównaniu z warstwą 500–1000 m i przeciwnie – bardziej chwiejna w okresie od października do marca, przy czym w grudniu i styczniu różnica ta była bardzo wyraźna. Na ten fakt wpływa prawdopodobnie wyżej wspomniane ograniczenie związane z wykorzystaniem pseudogradientów do oceny struktury termicznej. W miesiącach zimowych (grudzień–luty) znacznie wzrasta różnica temperatur między Mośnovem a Červeną, a zmniejsza się różnica temperatur między Červeną a Lysą horą, co jest spowodowane wpływem przykrytej śniegiem powierzchni ziemi na temperaturę nad jej powierzchnią. O wiele dłużej zalegająca pokrywa śnieżna na Červenej wpływa na temperaturę przez dłuższy czas aniżeli ma to miejsce w Mośnovie (rys. 3.3.1).

Wszystkie badane warstwy miały najbardziej stabilny przebieg dobowy w drugiej połowie nocy i w godzinach porannych, najmniej stabilny w godzinach południowych i popołudniowych. Dobowy przebieg wszystkich pseudogradientów był bardziej wyraźny w cieplej aniżeli w chłodnej połowie roku. Najbardziej wyraźny był dobowy przebieg pseudogradientów w warstwach 0–500 m oraz 0–1000 m w cieplej połowie roku z rozpiętością maksymalnej i minimalnej wartości $0,63$ lub $0,42$ $^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{ m})^{-1}$. Najbardziej wyraźny był dobowy przebieg pseudogradientów warstwy 500–1000 m w chłodnej połowie roku oraz pseudogradientów

⁶ Pionowy gradient (tutaj pseudogradient) temperatury wyraża zmianę temperatury przy zmianie wysokości o 100 m i jest dodatni przy spadku temperatury w miarę rosnącej wysokości. Im niższy jest pionowy gradient temperatury, tym stabilniejsza jest struktura termiczna.

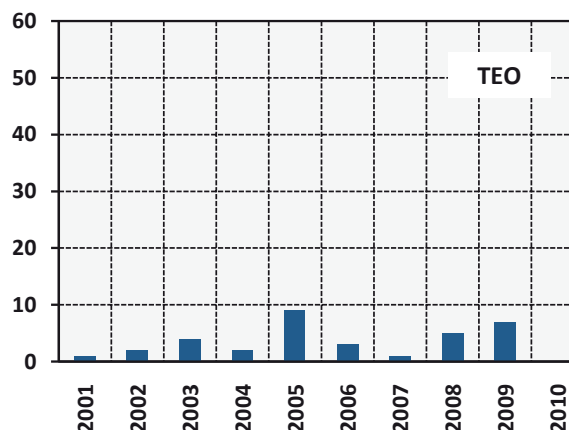
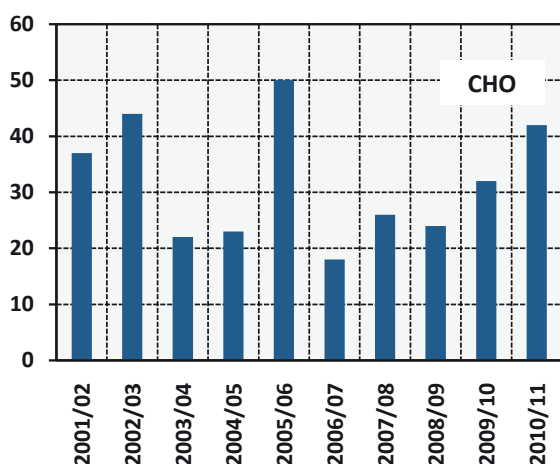
Obr. 3.3.3 Průměrné denní teplotní pseudogradyenty ve vrstvě 0–1000 m ve °C·(100 m)⁻¹

Rys. 3.3.3 Średnie dobowe pseudogradyenty temperatury w warstwie 0–1000 m w °C·(100 m)⁻¹



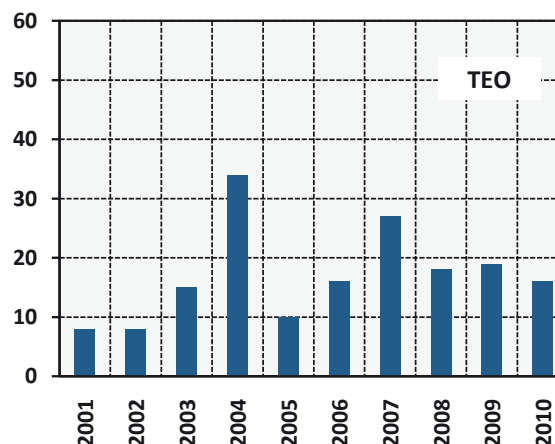
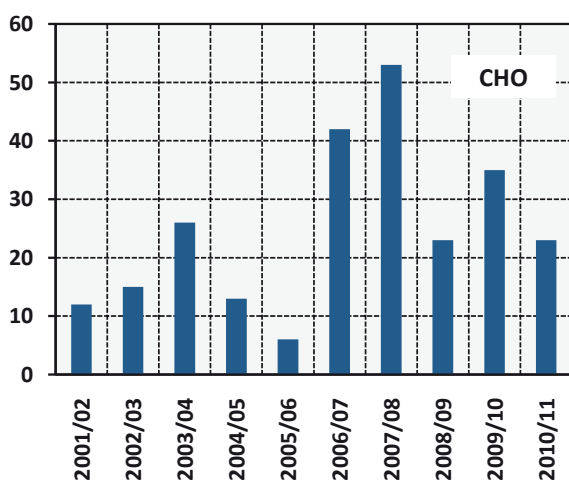
Obr. 3.3.4 Počty dnů s průměrným denním gradientem ve vrstvě 0–1000 m menším než 0,3°C·(100 m)⁻¹

Rys. 3.3.4 Liczby dni ze średnim dobowym gradientem w warstwie 0–1000 m poniżej 0,3 °C·(100 m)⁻¹



Obr. 3.3.5 Počty dnů s průměrným denním gradientem ve vrstvě 0–1000 m větším než 0,7 °C·(100 m)⁻¹

Rys. 3.3.5 Liczby dni ze średnim dobowym gradientem w warstwie 0–1000 m powyżej 0,7 °C·(100 m)⁻¹



CHO - chladná období / oky chłodne (X–III)

TEO - teplá období / oky ciepłe (IV–IX)

Tab. 3.4.1 Teplota vzduchu ve °C / Temperatura powietrza w °C

| | Mošov | Os. - Poruba | Lučina | MSk | Racibórz | Katowice | Bielsko- Biała | SLw |
|---|-------|-----------------|--------|-------|----------|----------|-------------------|-------|
| Chladná polovina roku / Chłodna połowa roku (I–III, X–XII) | | | | | | | | |
| Avg | 2,6 | 2,9 | 2,4 | 2,6 | 2,6 | 2,3 | 2,6 | 2,5 |
| Min | -26,7 | -26,2 | -28,9 | -27,2 | -26,5 | -26,5 | -24,5 | -24,8 |
| P25 | -1,5 | -1,1 | -1,7 | -1,4 | -1,2 | -1,7 | -1,9 | -1,6 |
| P75 | 6,8 | 7,2 | 7,1 | 6,9 | 6,8 | 6,5 | 7,2 | 6,8 |
| Max | 24,8 | 25,2 | 25,4 | 24,7 | 25,5 | 26,6 | 26,0 | 25,7 |
| Teplá polovina roku / Ciepła połowa roku (IV–IX) | | | | | | | | |
| Avg | 15,6 | 15,9 | 15,3 | 15,6 | 15,5 | 15,3 | 15,1 | 15,3 |
| Min | -5,0 | -4,7 | -6,3 | -4,6 | -5,2 | -6,0 | -6,3 | -5,4 |
| P25 | 11,4 | 11,6 | 11,1 | 11,4 | 11,5 | 11,2 | 11,1 | 11,3 |
| P75 | 19,6 | 20,0 | 19,4 | 19,6 | 19,4 | 19,4 | 19,0 | 19,2 |
| Max | 35,3 | 35,9 | 35,1 | 35,0 | 35,6 | 34,0 | 33,6 | 34,4 |

MSk - region Moravskoslezského kraje / region kraju morawskośląskiego

SLw - region Slezského vojvodství / region województwa śląskiego

Avg - průměrná teplota vzduchu v hodnoceném období / średnia temperatura powietrza w badanym okresie

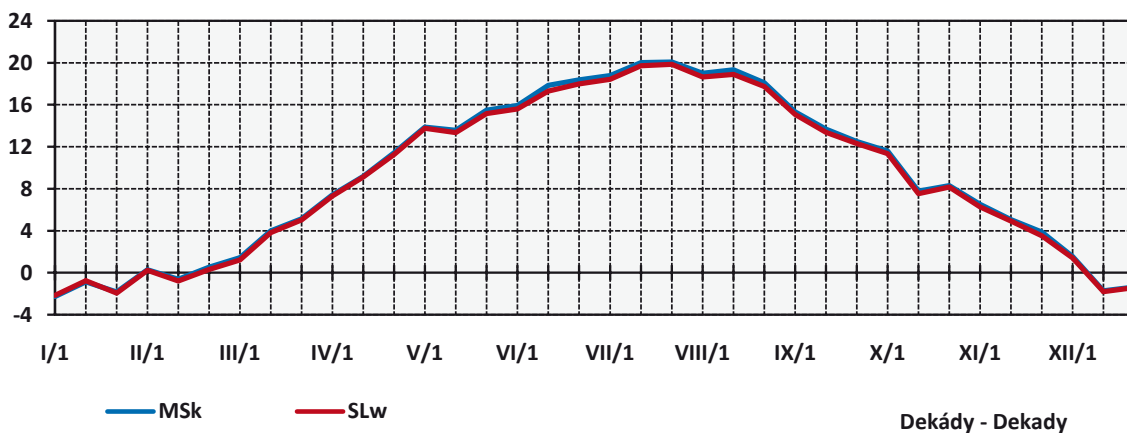
P25, P75 - 25. a 75.percentil souborů termínových teplot vzduchu v hodnoceném období

P25, P75 - 25. i 75.percentyl zbiorów terminowych temperatur powietrza w badanym okresie

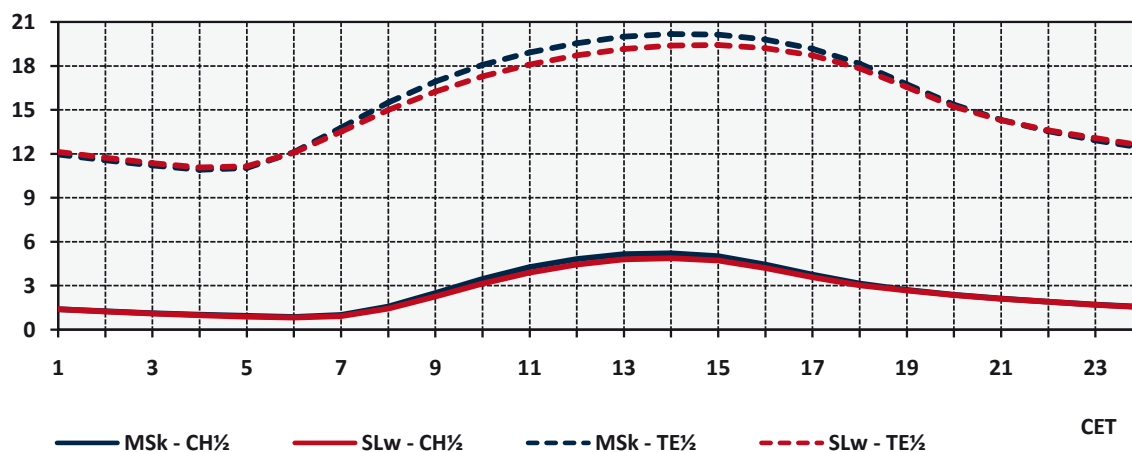
Min, Max - minimální, maximální naměřená termínová teplota vzduchu v hodnoceném období

Min, Max - minimalna, maksymalna odnotowana terminowa temperatura powietrza w badanym okresie

Obr. / Rys. 3.4.1 Roční chod teploty vzduchu ve °C / Roczny przebieg temperatury powietrza w °C



Obr. / Rys. 3.4.2 Denní chod teploty vzduchu ve °C / Dobowy przebieg temperatury powietrza w °C



MSk - region Moravskoslezského kraje / region kraju morawskośląskiego

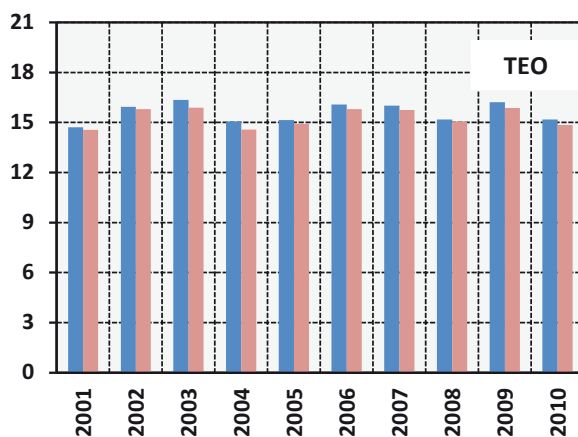
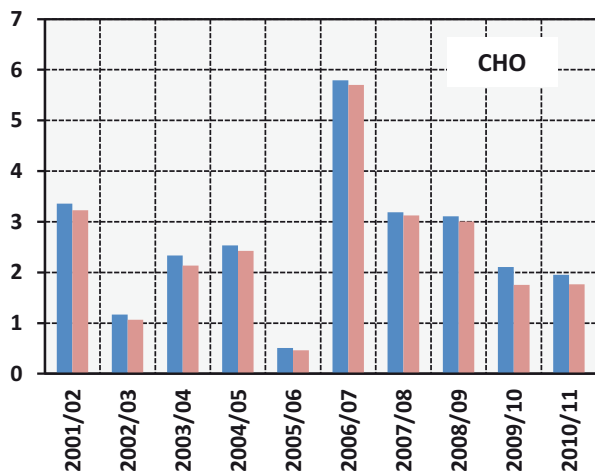
SLw - region Slezského vojvodství / region województwa śląskiego

CH½ - chladná polovina roku / chłodna połowa roku (I–III, X–XII)

TE½ - teplá polovina roku / ciepła połowa roku (IV–IX)

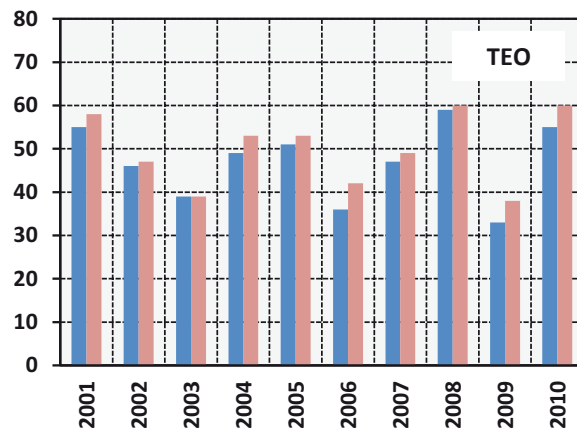
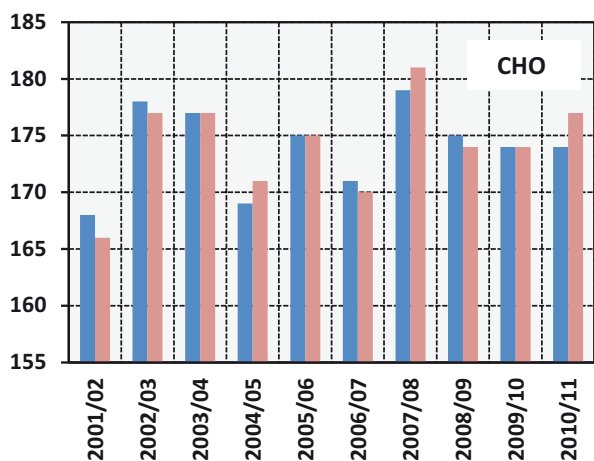
Obr. 3.4.3 Průměrné denní teploty vzduchu ve °C

Rys. 3.4.3 Średnie dobowe temperatury powietrza w °C



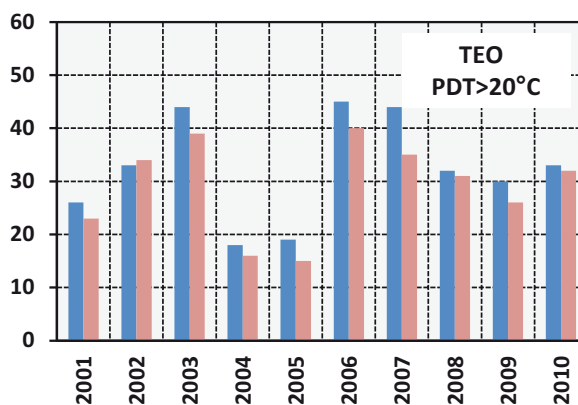
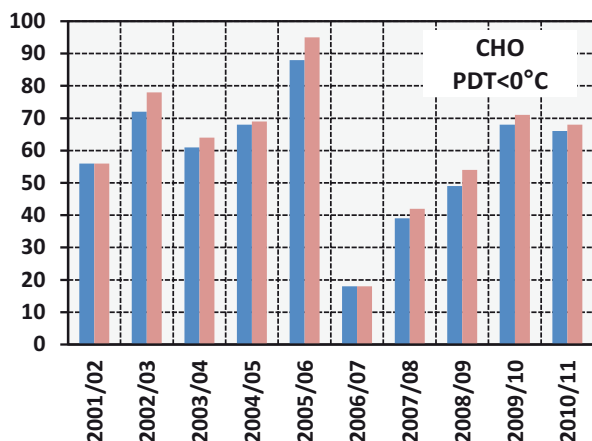
Obr. 3.4.4 Počty dnů s průměrnou denní teplotou menší než 13 °C

Rys. 3.4.4 Liczby dni ze średnią dobową temperaturą poniżej 13 °C



Obr. 3.4.5 Počty dnů s průměrnou denní teplotou menší než 0 °C, nebo větší než 20 °C

Rys. 3.4.5 Liczby dni ze średnią dobową temperaturą poniżej 0 °C lub powyżej 20 °C



CHO - chladná období / okresy chłodne (X–III)

TEO - teplá období / okresy ciepłe (IV–IX)

MSk - region Moravskoslezského kraje / region kraju morawskośląskiego

SLw - region Śląskiego województví / region województwa śląskiego

PDT - průměrná denní teplota / średnia dobowa temperatura

■ MSk ■ SLw

s průměrnou regionální denní teplotou vzduchu vyšší než 20 °C se v jednotlivých teplých obdobích poměrně výrazně liší. V regionu Moravskoslezského kraje jejich počet kolísá od 18 do 45 a v regionu Slezského vojvodství od 15 do 40 (obr. 3.4.5).

3.5 Atmosférické srážky

Srážkové poměry jsou ze své podstaty místně a časově značně proměnlivé. Průměrný úhrn srážek byl v regionu Slezského vojvodství vyšší než v regionu Moravskoslezského kraje. Průměrné roční úhrny srážek se pohybovaly od 636 mm v Racibórze do 1 039 mm v Bielsko-Białe. Na jednotlivých stanicích připadlo 32–39% ročních úhrnů na chladnou polovinu a 61–68% na teplou polovinu roku. Maximální denní úhrn 162,7 mm byl dosažen 16. 5. 2010 v Bielsko-Białe (tab. 3.5.1–3.5.2).

Průměrný úhrn srážek má velmi výrazný roční chod s maximem v květnu až červenci a minimem během chladné poloviny roku. S výjimkou 1. lednové dekády připadly všechny průměrné dekádové úhrny srážek vyšší než 2 mm na květnové až zářijové dekády (obr. 3.5.1). Největší meziroční rozdíly vykazují sezónní úhrny srážek v teplých obdobích a počty dnů s úhrnem srážek alespoň 5 mm a více rovněž v teplých obdobích (obr. 3.5.2–3.5.4).

3.6 Sluneční svit

Doba trvání slunečního svitu může být místně a časově výrazně proměnlivá vlivem přesouvající se a místní (bouřkové) oblačnosti, rozdílných vlhkostních poměrů apod. Průměrné poměry regionu Moravskoslezského kraje a Slezského vojvodství lze nicméně všeobecně zhodnotit porovnáním naměřených údajů z Mošnova a Katovic, které lze považovat za reprezentativní stanice obou regionů.

Průměrné doby trvání slunečního svitu za den se v Mošnově a Katovicích ve všech hodnocených obdobích příliš nelišily, v ročním období byly rozdíly v 50% dnů v intervalu od –0,7 do 0,9 hodin. Průměrné roční sumy slunečního svitu za rok byly v Mošnově 1 744 hodin a v Katovicích 1 741 hodin, lišily se tedy pouze o 3 hodiny. Průměrné počty dnů bez slunečního svitu se lišily na obou stanicích maximálně o 2,2 dne v chladné polovině roku (tab. 3.6.1). Roční i denní chod trvání slunečního svitu byl přirozeně velmi výrazný s maximálními hodnotami v červnu a červenci, resp. v poledních hodinách (obr. 3.6.1–3.6.2).

Doba trvání slunečního svitu kolísala v jednotlivých teplých obdobích v Mošnově od 1 070 do 1 523 hodin a v Katovicích od 1 106 do 1 485 hodin. Počet dnů s délkou slunečního svitu delší než 8 hodin byl v teplých obdobích v Mošnově 41–74 a v Katovicích 39–64 (obr. 3.6.3–3.6.5).

warstwy 500–1000 m w ciepłej połowie roku z rozpiętością 0,12 lub 0,26°C·(100 m)⁻¹ (rys. 3.3.2).

Przeciętne warunki stabilności w poszczególnych badanych chłodnych i ciepłych okresach stosunkowo znacznie się różniły. W okresach chłodnych przykładowo średnie sezonowe pseudogradienty temperatury w warstwie 0–1000 m mieściły się w granicach od 0,35 do 0,57°C·(100 m)⁻¹, liczby dni ze średnim dobowym pionowym pseudogradientem temperatury mniejszym niż 0,3°C·(100 m)⁻¹ od 18 do 50, a liczby dni ze średnim gradientem powyżej 0,7°C·(100 m)⁻¹ od 6 do 53. Wszystkie te ekstremalne wartości, poza ostatnią wymienioną, pojawiały się w chłodnych okresach 2005/06 i 2006/07 (rys. 3.3.3–3.3.5). Liczby dni ze średnim dobowym pseudogradientem temperatury w warstwie 0–1000 m niższym od 0,0°C·(100 m)⁻¹ w okresach chłodnych zawierały się w granicach od 4 do 28, w okresach ciepłych taki dzień wystąpił tylko raz (8 maja 2008 r. o wartości –0,03).

3.4. Temperatura powietrza

Rozkład temperatury w obszarze transgranicznym Śląska i Moraw był ogólnie homogeniczny. Średnia rozpiętość terminowych temperatur powietrza na wszystkich stacjach nie przekroczyła 2,0°C, w 90% terminów różnice pomiędzy temperaturami regionalnymi wynosiły od –2 do +2°C. Różnice temperatur regionalnych wynosiły średnio 0,1–0,3°C, przy czym region kraju morawskośląskiego był zwłaszcza w ciepłej połowie roku nieco cieplejszy aniżeli region województwa śląskiego (tab. 3.4.1). Średnia regionalna temperatura powietrza ma bardzo wyraźny roczny przebieg z maksimum w miesiącach letnich i minimum w miesiącach zimowych (rys. 3.4.1), jak również bardzo wyraźny dobowy przebieg z maksimum w godzinach popołudniowych i minimum we wczesnych godzinach porannych (rys. 3.4.2).

Średnie regionalne temperatury powietrza w poszczególnych chłodnych okresach oscylowały w granicach ok. 5°C, a w poszczególnych ciepłych okresach w granicach 1,3–1,6°C. Liczba dni ze średnimi dobowymi regionalnymi temperaturami powietrza poniżej 13°C była w obu regionach bardzo podobna⁷. W chłodnych okresach liczba takich dni w regionie kraju morawskośląskiego wynosiła od 168 do 179, w regionie województwa śląskiego od 166 do 181; w ciepłych okresach odpowiednio od 33 do 59 oraz od 38 i 60 (rys. 3.4.3–3.4.4). Stosunkowo duża różnica występowała w odniesieniu

⁷ W odniesieniu do przepisów prawa [RCz, 2007] w celu obliczenia emisji z lokalnych palenisk w Republice Czeskiej długość okresu grzewczego wyrażona jest liczbą dni ze średnią dobową temperaturą równą lub niższą od 13°C [ČHMÚ, 2007].

Tab. 3.5.1 Atmosférické srážky, chladná polovina roku (I–III, X–XII)

Tab. 3.5.1 Opady atmosféryczne, chłodna połowa roku (I–III, X–XII)

| | Mošov | Os. - Poruba | Lučina | MSk | Racibórz | Katowice | Bielsko- Biała | SLw |
|--|-------|--------------|--------|-------|----------|----------|----------------|-------|
| Úhrny srážek za období v mm / Sumy opadów w okresie w mm | | | | | | | | |
| Avg | 207.5 | 258.0 | 291.4 | 253.2 | 210.0 | 300.0 | 343.0 | 284.9 |
| Min | 151.4 | 165.3 | 213.3 | 178.0 | 141.4 | 232.6 | 264.4 | 215.0 |
| Max | 307.9 | 364.3 | 415.0 | 362.9 | 321.6 | 400.0 | 494.9 | 406.1 |
| Maximální denní úhrn srážek v období v mm / Maksymalna dobowa suma opadów w okresie v mm | | | | | | | | |
| Min | 11.7 | 14.3 | 14.7 | 13.4 | 12.3 | 14.1 | 14.8 | 11.1 |
| Max | 37.2 | 32.7 | 34.4 | 33.5 | 33.8 | 28.6 | 49.4 | 30.9 |
| Průměrný počet dnů s uvedeným úhrnem srážek / Średnia liczba dni z podaną sumą opadów | | | | | | | | |
| 0,0 mm | 101.2 | 91.6 | 83.4 | 74.3 | 93.3 | 86.3 | 84.4 | 61.2 |
| 0,1–1,4 mm | 45.7 | 47.7 | 47.5 | 64.0 | 50.2 | 43.0 | 40.6 | 63.9 |
| 1,5–3,4 mm | 18.1 | 20.8 | 25.4 | 22.8 | 20.0 | 24.9 | 26.1 | 30.9 |
| 3,5–6,4 mm | 8.4 | 11.5 | 13.7 | 11.5 | 10.2 | 13.8 | 17.3 | 16.9 |
| > 6,4 mm | 8.8 | 10.6 | 12.2 | 9.6 | 8.5 | 14.2 | 13.8 | 9.3 |

Tab. 3.5.2 Atmosférické srážky, teplá polovina roku (IV–IX)

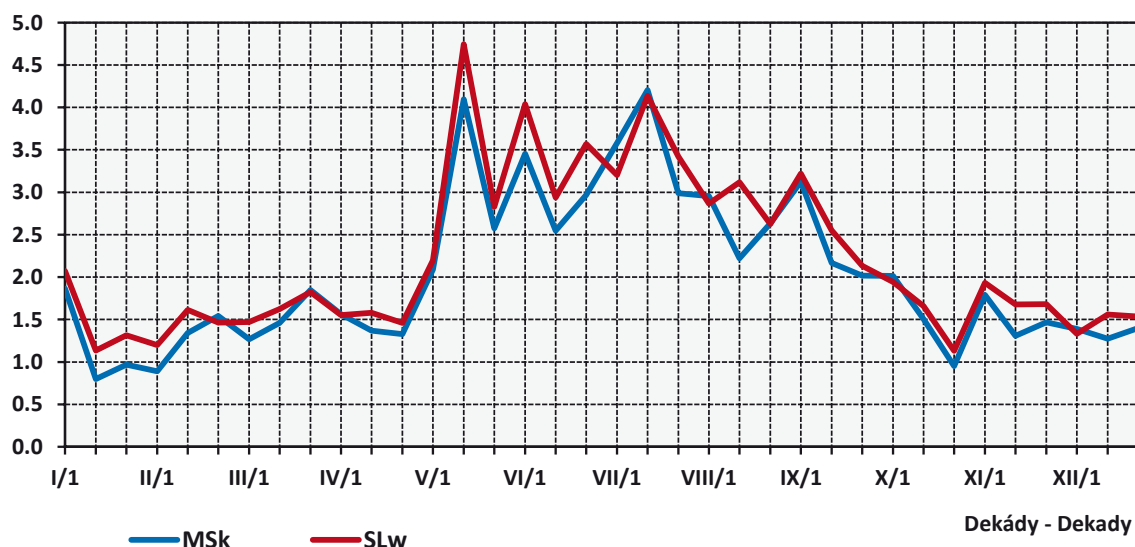
Tab. 3.5.2 Opady atmosféryczne, ciepła połowa roku (IV–IX)

| | Mošov | Os. - Poruba | Lučina | MSk | Racibórz | Katowice | Bielsko- Biała | SLw |
|--|-------|--------------|--------|-------|----------|----------|----------------|-------|
| Úhrny srážek za období v mm / Sumy opadów w okresie w mm | | | | | | | | |
| Avg | 446.5 | 475.7 | 533.7 | 487.0 | 425.6 | 470.0 | 695.8 | 530.8 |
| Min | 270.2 | 275.3 | 334.2 | 308.3 | 286.3 | 335.9 | 510.5 | 379.6 |
| Max | 700.6 | 706.9 | 847.1 | 752.5 | 632.3 | 713.8 | 1213.7 | 853.9 |
| Maximální denní úhrn srážek v období v mm / Maksymalna dobowa suma opadów w okresie v mm | | | | | | | | |
| Min | 27.0 | 24.5 | 23.5 | 19.8 | 19.0 | 19.2 | 33.3 | 17.9 |
| Max | 76.7 | 72.9 | 81.3 | 70.0 | 63.4 | 74.1 | 162.7 | 82.4 |
| Průměrný počet dnů s uvedeným úhrnem srážek / Średnia liczba dni z podaną sumą opadów | | | | | | | | |
| 0,0 mm | 105.8 | 95.9 | 70.1 | 61.9 | 105.7 | 101.8 | 93.9 | 70.6 |
| 0,1–1,4 mm | 27.5 | 35.0 | 57.1 | 64.2 | 28.2 | 27.4 | 26.9 | 42.6 |
| 1,5–3,4 mm | 15.6 | 15.8 | 14.3 | 17.3 | 15.1 | 15.8 | 14.3 | 24.0 |
| 3,5–6,4 mm | 10.4 | 12.3 | 13.3 | 13.9 | 12.4 | 14.6 | 15.3 | 17.8 |
| > 6,4 mm | 23.7 | 24.0 | 28.2 | 25.7 | 21.6 | 23.4 | 32.6 | 28.0 |

Avg, Min, Max - průměrná, minimální a maximální hodnota / wartość średnia, minimalna i maksymalna

Obr. 3.5.1 Roční chod denních úhrnů srážek v mm

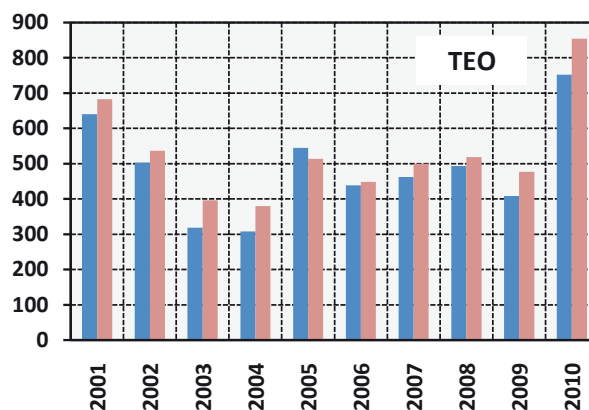
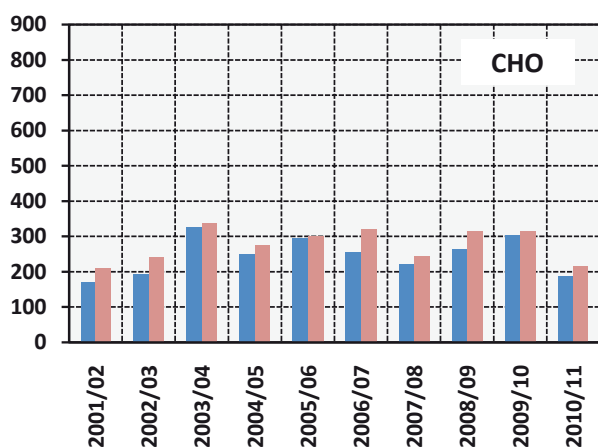
Rys. 3.5.1 Roczny przebieg dobowych sum opadów w mm



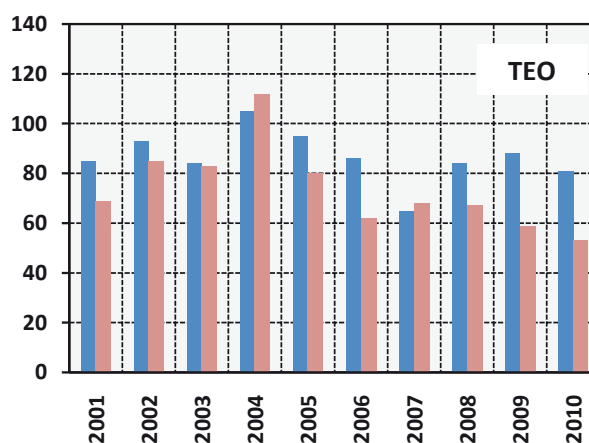
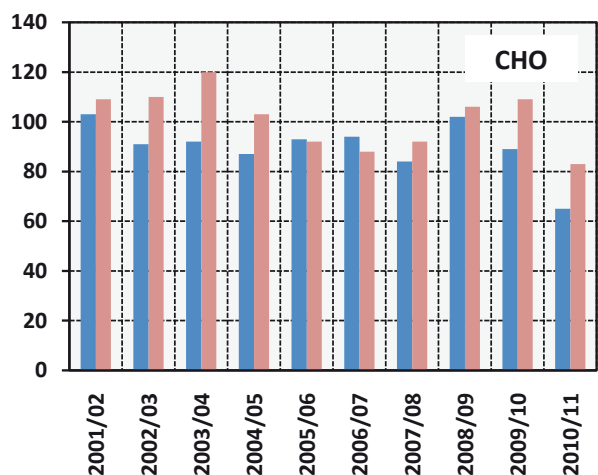
MSk - region Moravskoslezského kraje / region kraju morawskośląskiego

SLw - region Slezského vojvodství / region województwa śląskiego

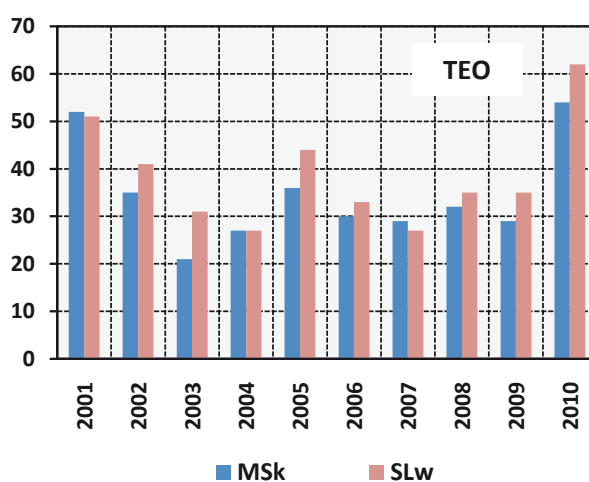
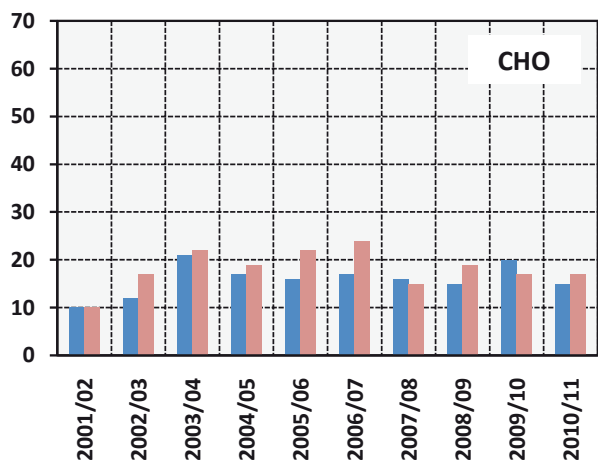
Obr.3.5.2 Úhrny srážek v mm
Rys.3.5.2 Sumy opadów w mm



Obr. 3.5.3 Počty dnů s úhrnem srážek menším než 5 mm
Rys. 3.5.3 Liczba dni z sumą opadów poniżej 5 mm



Obr. 3.5.4 Počty dnů s úhrnem srážek 5 mm a více
Rys. 3.5.4 Liczba dni z sumą opadów równą i wyższą niż 5 mm



CHO - chladná období / okresy chłodne (X–III)

TEO - teplá období / okresy ciepłe (IV–IX)

MSK - region Moravskoslezského kraje / region kraju morawskośląskiego

SLw - region Śląskiego województví / region województwa śląskiego

Tab. 3.6.1 Doba trvání slunečního svitu v hodinách

Tab. 3.6.1 Ustonecznienie w godzinach

| | Mošnov | Katowice | Mošnov | Katowice | Mošnov | Katowice |
|--|--------------|----------|--------|----------|-------------|----------|
| | I-III, X-XII | | IV-IX | | Rok (I-XII) | |
| Denní doba trvání slunečního svitu / Ustonecznienie dobowe | | | | | | |
| Avg | 2.5 | 2.4 | 7.0 | 7.1 | 4.8 | 4.8 |
| P25 | 0.0 | 0.0 | 2.9 | 3.2 | 0.2 | 0.2 |
| P75 | 4.6 | 4.5 | 11.1 | 10.8 | 8.4 | 8.4 |
| Max | 11.8 | 11.2 | 15.8 | 15.0 | 15.8 | 15.0 |
| Doba trvání slunečního svitu za období / Ustonecznienie w okresie | | | | | | |
| Avg | 457 | 443 | 1287 | 1297 | 1744 | 1741 |
| * = 0,0 | 62.5 | 64.7 | 16.9 | 15.4 | 79.4 | 80.1 |

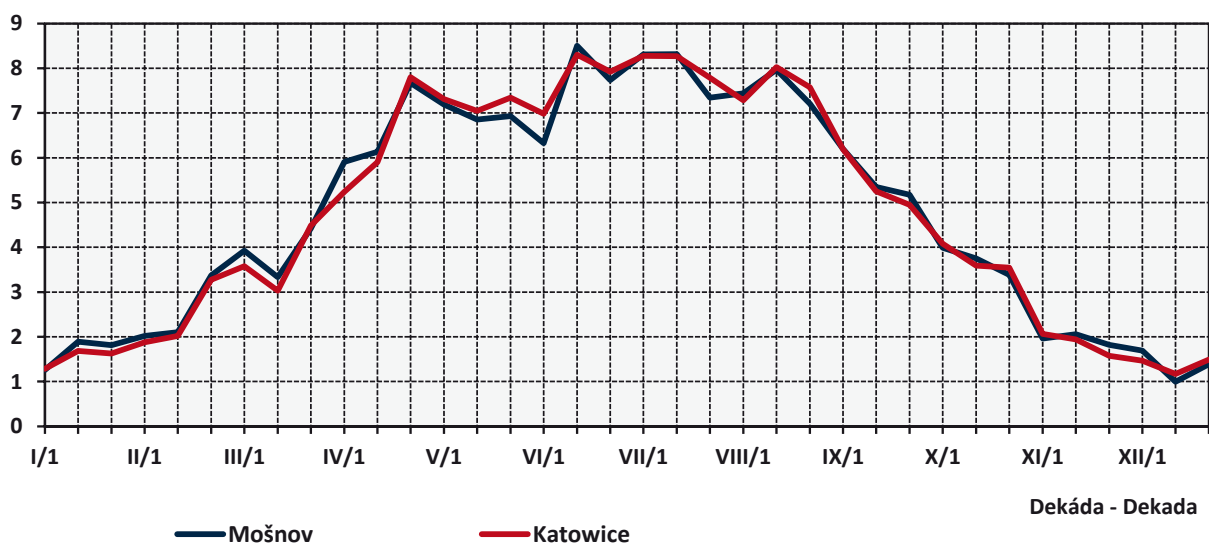
* =0,0 ... průměrný počet dnů bez slun.svitu / średnia liczba dni bez ustonecznienia

Avg, Max - průměrná, maximální doba trvání / średnie, maksymalne ustonecznienie

P25, P75 - 25. a 75.percentil/25. i 75. procentyl

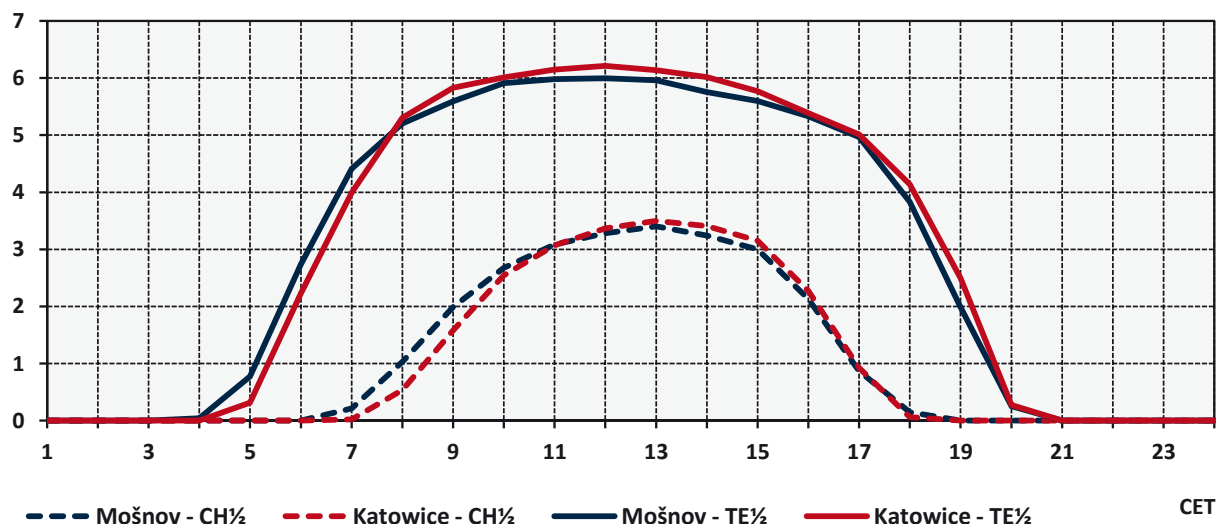
Obr. 3.6.1 Roční chod denní doby trvání slunečního svitu v hodinách

Rys. 3.6.1 Roczny przebieg dobowego ustonecznienia w godzinach



Obr. 3.6.2 Denní chod doby trvání slunečního svitu v hodinách

Rys. 3.6.2 Dobový průběh ustonecznienia w godzinach

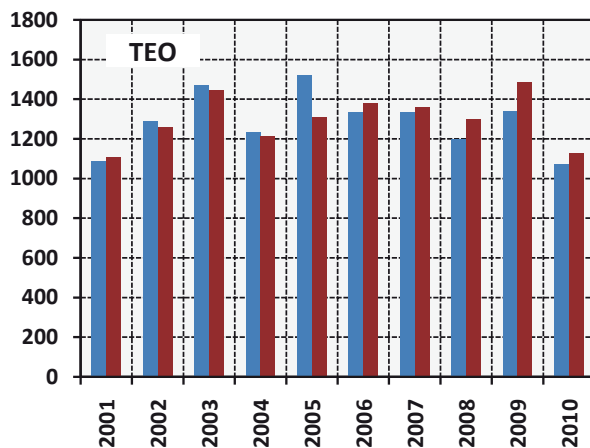
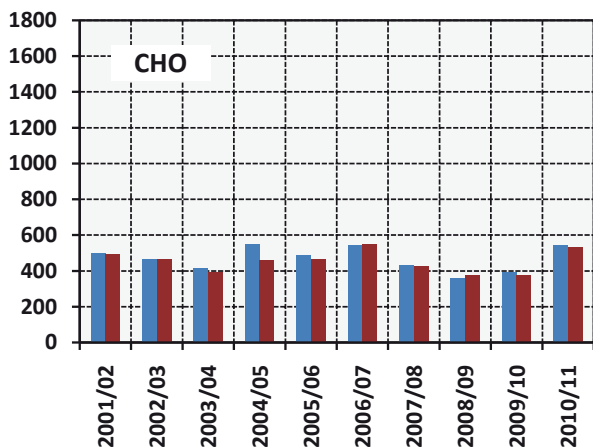


CH½ - chladná polovina roku / chłodna połowa roku (I-III, X-XII)

TE½ - teplá polovina roku / ciepła połowa roku (IV-IX)

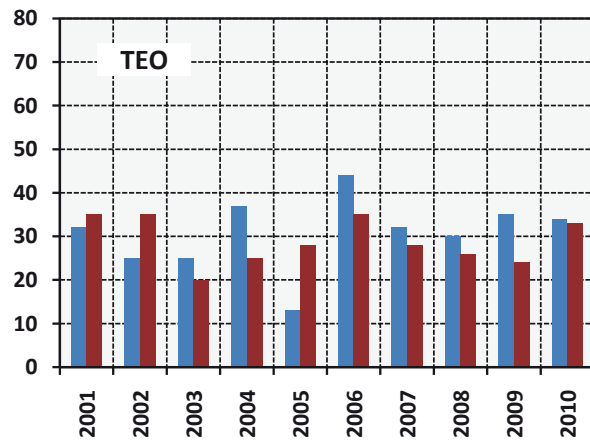
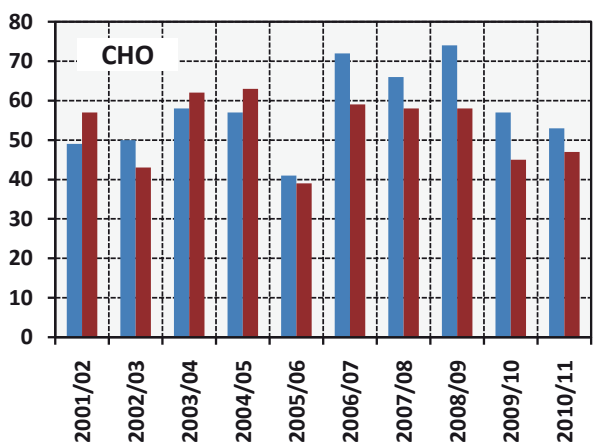
Obr. 3.6.3 Doby trvání slunečního svitu v hodinách

Rys. 3.6.3 Usłonecznienie w godzinach



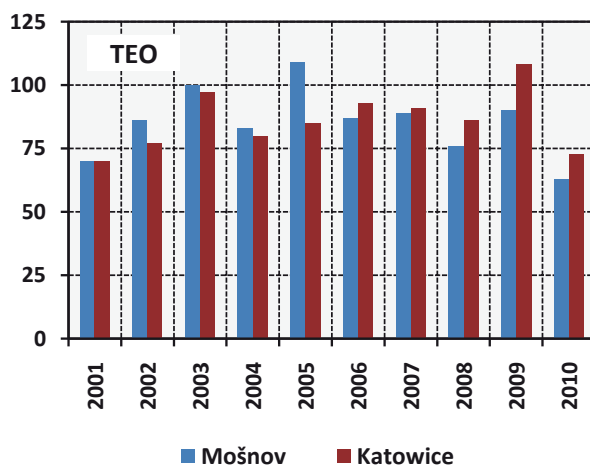
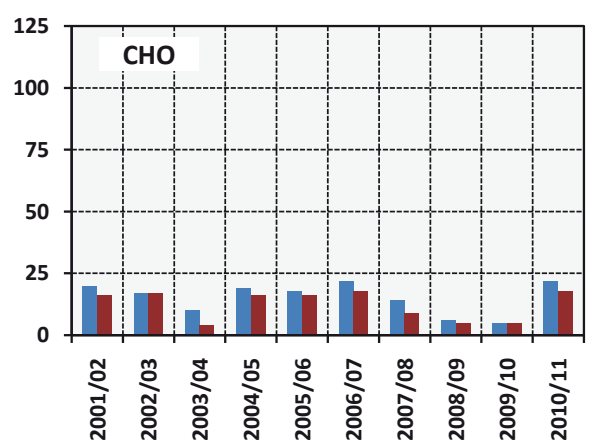
Obr. 3.6.4 Počet dnů s dobou trvání slunečního svitu kratší než 3 hodiny

Rys. 3.6.4 Liczba dni z usłonecznieniem poniżej 3 godzin



Obr. 3.6.5 Počet dnů s dobou trvání slunečního svitu delší než 8 hodin

Rys. 3.6.5 Liczba dni z usłonecznieniem powyżej 8 godzin



CHO - chladná období / okres chłodny (X–III)

TEO - teplota období / okres ciepły (IV–IX)

3.7 Vlhkost vzduchu

Vlhkost vzduchu je ze své podstaty místně a časově značně proměnlivá. Pro všeobecnou představu byly proto porovnány naměřené údaje pouze z jedné stanice z české a polské části oblasti. Průběh vlhkosti vzduchu v Mošnově a Katovicích popisuje obvyklé vlhkostranné poměry v regionech.

Vlhkost vzduchu byla v Mošnově a Katovicích podobná. Průměrné denní relativní vlhkosti byly v Mošnově o cca 1–2% vyšší, v 50% dnů byly rozdíly mezi oběma stanicemi v ročním období v intervalu od –3 do 5%. Průměrné počty dnů s průměrnou denní relativní vlhkostí nižší než 60%, resp. vyšší než 90%, se lišily maximálně o 6,8 dne (tab. 3.7.1).

Relativní vlhkost vzduchu má velmi výrazný roční chod s maximem v listopadu až únoru a minimem v dubnu až červenci a rovněž velmi výrazný denní chod s maximem v ranních a minimem v odpoledních hodinách, související s denním chodem intenzity slunečního záření.

Počet dnů s průměrnou relativní vlhkostí vzduchu vyšší než 90% kolísal mezi 23 a 68 dny v chladných obdobích a mezi 3 a 30 dny v teplých obdobích. Počet dnů s průměrnou relativní vlhkostí vzduchu nižší než 60% kolísal v chladných obdobích mezi 0 a 9 dny a v teplých obdobích mezi 8 a 47 dny (obr. 3.7.1–3.7.2).

3.8 Atmosférický tlak

Atmosférický tlak není z dlouhodobého hlediska místně výrazně proměnlivý, proto byly vyhodnoceny naměřené údaje pouze z Mošnova a Katovic, které lze považovat za reprezentativní stanice regionu Moravskoslezského kraje a regionu Slezského vojvodství.

Průměrné denní hodnoty atmosférického tlaku byly v Mošnově a Katovicích v podstatě stejné, v 50% dnů byly rozdíly mezi oběma stanicemi v ročním období v intervalu od –0,5 do 0,5 hPa. Průměrné počty dnů s průměrným denním tlakem přepočteným na hladinu moře nižším než 1 000 hPa, resp. vyšším než 1 025 hPa, se lišily maximálně o 1,6 dne (tab. 3.8.1).

Roční chod tlaku není příliš pravidelný, nejvyšší průměrné dekádové hodnoty připadají na chladnou polovinu roku. Denní chod tlaku má dvě nevýrazná maxima proložená výraznějším minimem v odpoledních hodinách.

Počet dnů s průměrným tlakem větším než 1 025 hPa byl 20–64 v chladných obdobích a 2–14 v teplých obdobích; počet dnů s průměrným tlakem menším než 1 005 hPa 12–29 v chladných a 1–11 v teplých obdobích (obr. 3.8.1–3.8.2).

do liczby dni o ujemnej średniej dobowej regionalnej temperaturze w poszczególnych chłodnych okresach. Przykładowo w chłodnym okresie 2005/06 liczba takich dni w obu regionach wynosiła odpowiednio 88 i 95, a w kolejnym chłodnym okresie 2006/07 zmniejszyła się do 18 w obu regionach (rys. 3.4.4). Oczywiście jest, że tak duże różnice temperatury wpływają na wielkość emisji, które pojawiają się w atmosferze wskutek większego zapotrzebowania na ogrzewanie, a tym samym na odmienną emisję w poszczególnych okresach zimowych. Również liczby dni ze średnią dobową regionalną temperaturą powietrza powyżej 20°C różnią się stosunkowo znacznie w poszczególnych ciepłych okresach. W regionie kraju morawskośląskiego ich liczba waha się w granicach od 18 do 45, a w regionie województwa śląskiego od 15 do 40 (rys. 3.4.5).

3.5. Opady atmosferyczne

Warunki opadowe są już w swojej istocie bardzo zmienne w zależności od miejsca i czasu. Średnia suma opadów była w regionie województwa śląskiego wyższa w porównaniu z regionem kraju morawskośląskiego. Średnie roczne sumy opadów wahały się w granicach od 636 mm w Raciborzu do 1039 mm w Bielsku-Białej. Od 32 do 39% rocznych sum opadów odnotowano na poszczególnych stacjach w chłodnej połowie roku, a od 61 do 68% w ciepłej połowie roku. Maksymalna dobową sumą na poziomie 162,7 mm została zarejestrowana dnia 16 maja 2010 r. w Bielsku-Białej (tab. 3.5.1–3.5.2).

Średnia suma opadów na bardzo wyraźny roczny przebieg z maksimum w okresie od maja do lipca i minimum w chłodnej połowie roku. Za wyjątkiem pierwszej dekady stycznia wszystkie średnie dekadowe sumy opadów powyżej 2 mm występowały w dekadach majowych do wrześniowych (rys. 3.5.1). Największe międzyroczne różnice w przypadku sezonowych sum opadów odnotowano w okresach ciepłych, a liczby dni z sumą opadów co najmniej 5 mm i powyżej także w ciepłych okresach (rys. 3.5.2–3.5.4).

3.6. Usłonecznienie

Usłonecznienie może się znacznie zmieniać w zależności od miejsca i czasu, co jest wynikiem przesuwania się lokalnego (burzowego) zachmurzenia, odmiennie wilgotności itp. Średnie warunki w regionie kraju morawskośląskiego i województwa śląskiego można jednak poddać ogólnej ocenie, porównując dane pomiarowe z Mošnova i Katovic, które można uważać za reprezentacyjne stacje obu regionów.

Średnie usłonecznienie w ciągu dnia w Mošnowie i Katowicach we wszystkich badanych okresach

Tab. 3.7.1 Vlhkost vzduchu

Tab. 3.7.1 Wilgotność powietrza

| | Mošov | Katowice | Mošov | Katowice | Mošov | Katowice |
|---|--------------|----------|-------|----------|-------------|----------|
| | I-III, X-XII | | IV-IX | | ROK (I-XII) | |
| Průměrný denní deficit teploty rosného bodu ve °C / Średni dobowy deficyt temperatury punktu rosy w °C | | | | | | |
| Avg | 2,8 | 2,9 | 5,3 | 5,7 | 4,0 | 4,3 |
| P25 | 1,5 | 1,5 | 3,4 | 3,5 | 2,0 | 2,1 |
| P75 | 3,7 | 3,8 | 7,1 | 7,6 | 5,8 | 6,1 |
| Průměrná denní relativní vlhkost v % / Średnia dobowa wilgotność względna w % | | | | | | |
| Avg | 83,7 | 82,6 | 73,7 | 72,1 | 78,7 | 77,4 |
| P25 | 78,0 | 77,0 | 66,0 | 64,0 | 71,0 | 69,0 |
| P75 | 91,0 | 90,0 | 81,0 | 81,0 | 88,0 | 87,0 |
| <60 | 3,6 | 4,8 | 16,1 | 26,0 | 19,7 | 30,8 |
| >90 | 45,9 | 39,1 | 11,0 | 10,3 | 56,9 | 49,4 |

Avg - průměrná hodnota / wartość średnia

P25, P75 - 25. a 75. percentil souborů průměrných denních hodnot

P25, P75 - 25. i 75. percentyl zbiorów średnich wartości dobowych

<60 - průměrný počet dnů s průměrnou denní relativní vlhkostí vzduchu menší než 60 %

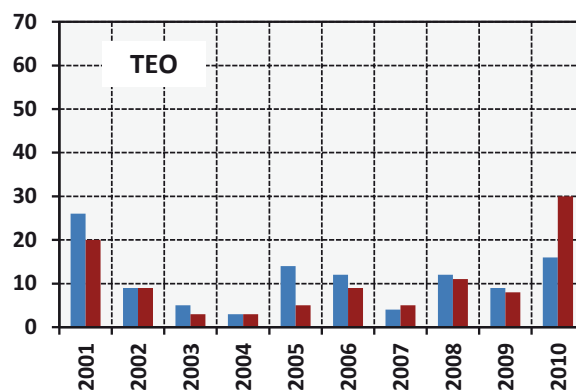
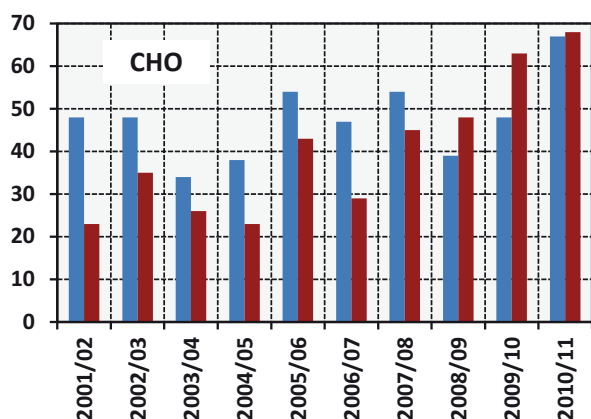
<60 - średnia liczba dni ze średnią dobową względną wilgotnością powietrza poniżej 60 %

>90 - s průměrnou denní relativní vlhkostí vzduchu větší než 90 %

>90 - ze średnią dobową względną wilgotnością powietrza powyżej 90 %

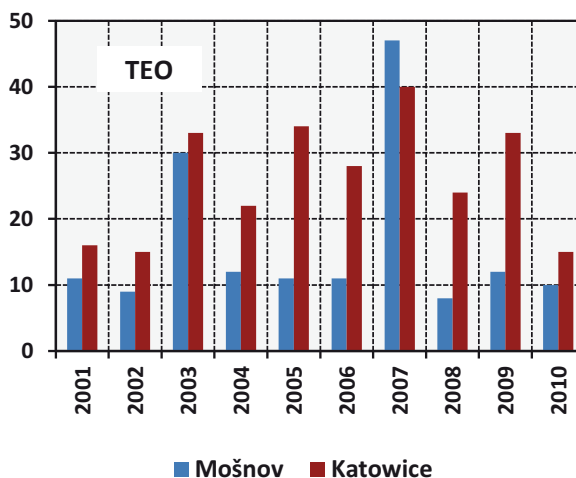
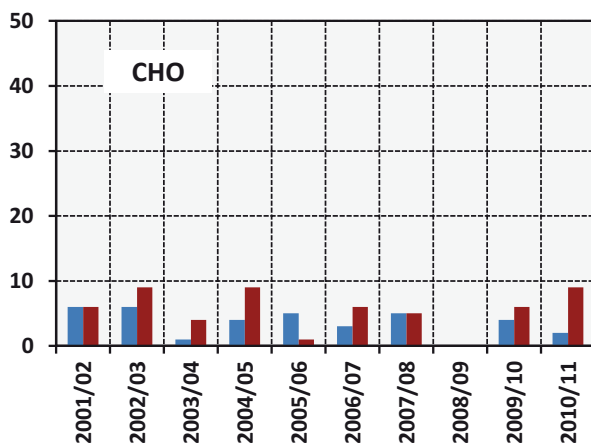
Obr. 3.7.1 Počet dnů s průměrnou relativní vlhkostí vzduchu větší než 90 %

Rys. 3.7.1 Liczba dni ze średnią względną wilgotnością powietrza powyżej 90 %



Obr. 3.7.2 Počet dnů s průměrnou relativní vlhkostí vzduchu menší než 60 %

Rys. 3.7.2 Liczba dni ze średnią względną wilgotnością powietrza poniżej 60%



■ Mošov ■ Katowice

CHO - chladná období / okresy chłodne (X-III)

TEO - teplá období / okresy ciepłe (IV-IX)

Tab. 3.8.1 Tlak vzduchu na hladinu moře v hPa

Tab. 3.8.1 Ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza w hPa

| | Mošov | Katowice | Mošov | Katowice | Mošov | Katowice |
|-------|--------------|----------|--------|----------|---------------|----------|
| | I–III, X–XII | | IV–IX | | ROK (I - XII) | |
| Avg | 1018,0 | 1017,8 | 1015,7 | 1015,8 | 1016,8 | 1016,8 |
| Min | 984,6 | 985,4 | 992,2 | 993,3 | 984,6 | 985,4 |
| P25 | 1011,0 | 1010,7 | 1012,0 | 1012,0 | 1011,6 | 1011,5 |
| P75 | 1025,5 | 1025,2 | 1019,2 | 1019,5 | 1021,8 | 1021,9 |
| Max | 1048,8 | 1049,8 | 1032,9 | 1033,3 | 1048,8 | 1049,8 |
| <1000 | 7,7 | 8,4 | 1,2 | 1,2 | 8,9 | 9,6 |
| >1025 | 47,8 | 46,2 | 8,1 | 8,8 | 55,9 | 55,0 |

Avg, Min, Max - průměrný, minimální a maximální průměrný denní tlak vzduchu

Avg, Min, Max - średnie, minimalne i maksymalne średnie dobowe ciśnienie atmosferyczne

P25, P75 - 25. a 75. percentil souborů průměrných denních tlaků vzduchu

P25, P75 - 25. i 75. percentyl zbiorów średnich dobowych ciśnień atmosferycznych

<1000 - průměrný počet dnů s průměrným denním tlakem vzduchu menším než 1000 hPa

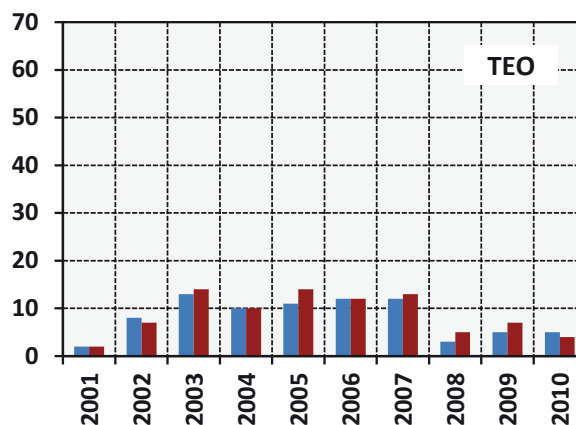
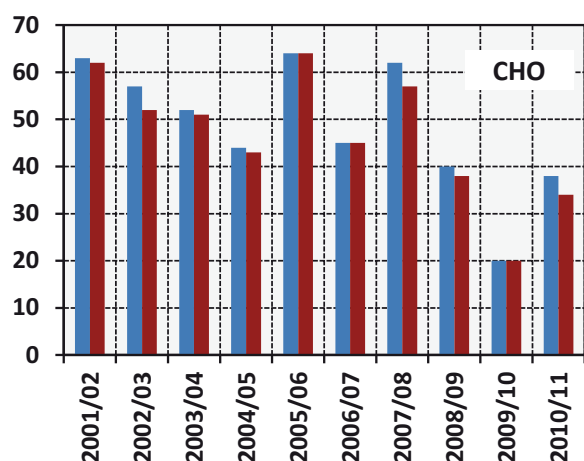
<1000 - średnia liczba dni ze średnim dobowym ciśnieniem atmosferycznym poniżej 1000 hPa

>1025 - průměrný počet dnů s průměrným denním tlakem vzduchu větším než 1025 hPa

>1025 - średnia liczba dni ze średnim dobowym ciśnieniem atmosferycznym powyżej 1025 hPa

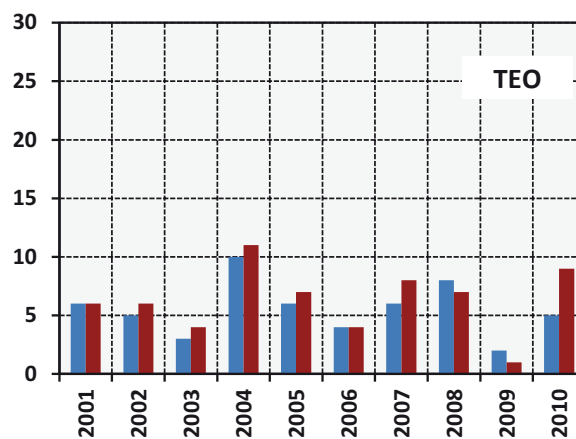
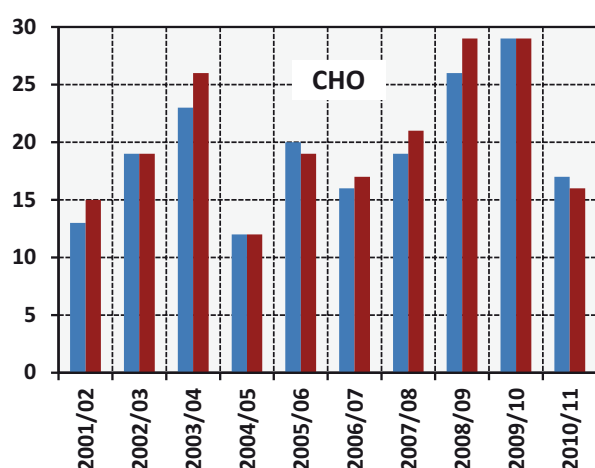
Obr. 3.8.1 Počet dnů s průměrným tlakem vzduchu na hladinu moře větším než 1025 hPa

Rys. 3.8.1 Liczba dni ze średnim ciśnieniem atmosferycznym na poziomie morza powyżej 1025 hPa



Obr. 3.8.2 Počet dnů s průměrným tlakem vzduchu na hladinu moře menším než 1005 hPa

Rys. 3.8.2 Liczba dni ze średnim ciśnieniem atmosferycznym na poziomie morza poniżej 1005 hPa



■ Mošov ■ Katowice

CHO - chladná období / okresy chłodne (X–III)

TEO - teplá období / okresy ciepłe (IV–IX)

zbyttno się nie różniło, w okresie rocznym różnice dotyczyły 50% dni w odstępie od -0,7 do 0,9 godzin. Średnie roczne sumy usłonecznienia w roku wynosiły w Mošnovie 1744 godzin, a w Katowicach 1741 godzin, różnica wynosiła więc tylko 3 godziny. Średnie liczby dni bez usłonecznienia różniły się w obu stacjach o maksymalnie 2,2 dnia w chłodnej połowie roku (tab. 3.6.1). Roczny i dobowy przebieg usłonecznienia był naturalnie bardzo wyraźny z maksymalnymi wartościami w czerwcu i lipcu lub w godzinach południowych (rys. 3.6.1–3.6.2).

Czas usłonecznienia w poszczególnych ciepłych okresach zawierał się w Katowicach w granicach od 1106 do 1485 godzin, a w Mošnovie od 1070 do 1523 godzin. Dni z usłonecznieniem powyżej 8 godzin było w ciepłych okresach w Mošnovie od 41 do 74, a w Katowicach od 39 do 64 (rys. 3.6.3–3.6.5).

3.7. Wilgotność powietrza

Wilgotność powietrza jest w swojej istocie bardzo zmienna w zależności od miejsca i czasu. W celu otrzymania ogólnej informacji porównano więc dane pomiarowe tylko z jednej stacji po polskiej i po czeskiej części obszaru. Przebieg wilgotności powietrza w Mošnovie i w Katowicach opisuje zwykle wilgotność występującą w regionach.

Wilgotność powietrza w Mošnovie i w Katowicach była podobna. Średnie dobowe względne wilgotności w Mošnovie były o ok. 1–2% wyższe, w 50% dni różnice pomiędzy obiema stacjami w okresie rocznym mieściły się w przedziale od -3 do 5%. Średnie liczby dni ze średnią dobową względną wilgotnością poniżej 60% lub powyżej 90% różniły się maksymalnie o 6,8 (tab. 3.7.1).

Względna wilgotność powietrza ma bardzo wyraźny roczny przebieg z maksimum w okresie od listopada do lutego i minimum w okresie od kwietnia do lipca, jak również bardzo wyraźny przebieg dobowy z maksimum w godzinach porannych

i minimum w godzinach popołudniowych, co związane jest z dobowym przebiegiem natężenia promieniowania słonecznego.

Liczba dni ze średnią względną wilgotnością powietrza powyżej 90% oscylowała w granicach pomiędzy 23 a 68 w chłodnych okresach i pomiędzy 3 a 30 w ciepłych okresach. Liczba dni ze średnią względną wilgotnością powietrza poniżej 60% wahała się w granicach pomiędzy 0 a 9 w chłodnych okresach i pomiędzy 8 a 47 w ciepłych okresach (rys. 3.7.1–3.7.2).

3.8. Ciśnienie atmosferyczne

W dłuższej perspektywie ciśnienie atmosferyczne nie ulega znacznym zmianom w zależności od miejsca i czasu, dlatego ocenie poddano dane pomiarowe tylko z Mošnova i z Katowic, gdyż można je uznać za stacje reprezentatywne dla regionu kraju morawskośląskiego i regionu województwa śląskiego.

Średnie dobowe wartości ciśnienia atmosferycznego w Mošnovie i w Katowicach były w istocie takie same, w 50% dni różnice pomiędzy obiema stacjami w okresie rocznym mieściły się w przedziale od -0,5 do 0,5 hPa. Średnie liczby dni ze średnim dobowym ciśnieniem atmosferycznym zredukowanym do poziomu morza poniżej 1000 hPa lub powyżej 1025 hPa, różniły się maksymalnie o 1,6 (tab. 3.8.1).

Roczny przebieg ciśnienia nie jest zbyt regularny, najwyższe średnie wartości dekadowe odnotowano w chłodnej połowie roku. Dobowy przebieg ciśnienia wykazuje dwa niewyraźne maksima zmieniające się z bardziej wyraźnym minimum w godzinach popołudniowych.

Liczba dni ze średnim ciśnieniem powyżej 1025 hPa wynosiła od 20 do 64 w okresach chłodnych oraz od 2 do 14 w okresach ciepłych; liczba dni ze średnim ciśnieniem poniżej 1005 hPa wynosiła od 12 do 29 w okresach chłodnych oraz od 1 do 11 w okresach ciepłych (rys. 3.8.1–3.8.2).

ÚROVEŇ ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ

4.

V přeshraniční oblasti Slezska a Moravy je na českém i polském území velké množství zdrojů emisí [EEA, 2012b], které způsobují vysokou a u některých škodlivin dlouhodobě nadlimitní úroveň znečištění ovzduší v celé oblasti [ČHMÚ, 2012; Wojewoda Śląski, WIOŚ Katowice, 2012; EEA, 2012a]. Regiony Moravskoslezského kraje i Slezského vojvodství mají podobnou tradici založenou na využívání uhlí jak v průmyslu, tak pro vytápění domácností, v oblasti jsou hutní komplexy i chemické závody. Kvalitu ovzduší proto ovlivňují podobné typy zdrojů na obou stranách hranice.

V této kapitole jsou podrobně vyhodnoceny výsledky měření z celkem 28 stanic za pětileté období 2006–2010 a měsíce leden–březen 2011 (tab. 4.1, obr. 3.1). Hodnocena je většina znečišťujících látek⁸, pro které jsou v rámci legislativy Evropské unie [EC, 2004; EC, 2008], a tedy i legislativy České a Polské republiky [ČR, 2012; RP, 2012], stanoveny imisní limity (mezní hodnoty), cílové hodnoty a dlouhodobé cíle pro ochranu zdraví lidí a kritické úrovně pro ochranu vegetace (tab. 4.2)⁹. Meteorologické podmínky, které významně ovlivňují úroveň znečištění ovzduší, se výrazně liší v teplé a chladné polovině roku, a proto je hodnocena nejen celoroční úroveň znečištění ovzduší, ale rovněž úroveň sezónní a zimní. Naměřené koncentrace škodlivin v ovzduší meziročně kolísají, což je způsobeno jednak kolísáním množství emisí, ale zejména právě odlišnými meteorologickými podmínkami rozptylu (viz kapitoly 3 a 5). Popis použitých dat a metody zpracování jsou uvedeny v Příloze.

⁸ Hodnoceny nebyly koncentrace oxidu uhelnatého (CO). Měření byla k dispozici pouze z několika stanic a je známo, že úroveň znečištění ovzduší CO je v porovnání s imisním limitem velmi nízká. Dosud maximální denní 8hodinová koncentrace $3\,419\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ byla v roce 2011 naměřena v regionu Moravskoslezského kraje na dopravní stanici Ostrava-Českobratrská [ČHMÚ, 2012]. V regionu Slezského vojvodství byla dosud nejvyšší maximální denní 8hodinová koncentrace $8\,814\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ naměřena v roce 2010 na stanici Rybnik (dle sdělení WIOŚ Katowice), přičemž imisní limit je $10\,000\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

⁹ Terminologie, používaná ve Směrnících [EC 2004, EC 2008] nebyla důsledně přenesena do národních legislativ. V textu je pro termín „mezní hodnota“ používán ve Směrnici (v angličtině „limit value“) používán termín „imisní limit“ ve smyslu překročení limitní hodnoty včetně povoleného počtu překročení dané hodnoty a termín „mezní hodnota“ pro číselnou hodnotu mezní koncentrace.

POZIOM ZANIECZYSZCZENIA POWIETRZA

W obszarze transgranicznym Śląska i Moraw po polskiej i czeskiej stronie znajduje się wiele źródeł emisji [EEA, 2012b], które powodują wysoki, a w przypadku niektórych zanieczyszczeń długoterminowo ponadlimitowy poziom zanieczyszczenia powietrza w całym obszarze [ČHMÚ, 2012; Wojewoda Śląski, WIOŚ Katowice, 2012; EEA, 2012a]. Regiony kraju morawskośląskiego i województwa śląskiego mają podobną tradycję opartą na wykorzystywaniu węgla w przemyśle oraz do ogrzewania budynków, na terenie obszaru znajdują się duże zakłady hutnicze oraz chemiczne. Dlatego na jakość powietrza po obu stronach granicy wpływają podobne typy źródeł.

W niniejszym rozdziale szczegółowo zbadano wyniki pomiarów łącznie z 28 stacji w okresie pięciu lat 2006–2010 oraz w miesiącach styczeń–marzec 2011 r. (tab. 4.1, rys. 3.1). Ocenie poddano większość substancji zanieczyszczających⁸, dla których w ramach ustawodawstwa Unii Europejskiej [EC, 2004; EC, 2008], czyli także ustawodawstwa Rzeczypospolitej Polskiej i Republiki Czeskiej [RP, 2012; RCz, 2012], są określone dopuszczalne poziomy substancji w powietrzu (wartości dopuszczalne), wartości docelowe oraz cele długoterminowe w zakresie ochrony życia ludzi oraz poziomy krytyczne ustanowione w celu ochrony roślin (tab. 4.2)⁹. Warunki meteorologiczne, które w sposób istotny wpływają na poziom zanieczyszczenia powietrza, znacznie różnią się w ciepłej i chłodnej połowie roku, dlatego ocenie poddano nie tylko całoroczny poziom zanieczyszczenia powietrza, ale także poziom sezonowy i zimowy. Otrzymane w wyniku pomiarów stężenia substancji zanieczyszczających w powietrzu wykazują wahania z roku

⁸ Nie badano stężeń tlenku węgla (CO). Dostępne były pomiary tylko z kilku stacji i wiadomo, że poziom zanieczyszczenia powietrza CO jest w porównaniu z wartością stężenia dopuszczalnego bardzo niski. Dotychczas maksymalne dobowe 8-godzinne stężenie $3419\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ zarejestrowano w 2011 r. w regionie kraju morawskośląskiego na stacji komunikacyjnej Ostrava-Českobratrská [ČHMÚ, 2012]. W regionie województwa śląskiego dotychczas najwyższe maksymalne dobowe 8-godzinne stężenie $8814\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ odnotowano w 2010 r. na stacji Rybnik (wg informacji WIOŚ Katowice), przy czym stężenie dopuszczalne wynosi $10\,000\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

⁹ Terminologia stosowana w dyrektywach [EC 2004, EC 2008] nie została w sposób konsekwentny wdrożona w przepisach krajowych. W tekście dla pojęcia „wartość dopuszczalna“ [„mezní hodnota“] stosowanego w Dyrektywie (ang. „limit value“) stosowane jest pojęcie „norma imisji“ [„imisni limit“] w znaczeniu przekroczenia wartości progowej wraz z dopuszczalną liczbą przekroczeń danej wartości, a termin „wartość dopuszczalna“ [„mezní hodnota“] dla liczbowej wartości stężenia dopuszczalnego.

Tab. 4.1 Měřicí stanice znečištění ovzduší

Tab. 4.1 Stanice monitoringu jakosti powietrza

| Jméno stanice Nazwa stacji | Zkrácené jméno Nazwa skrócona | Zeměpisná šířka Szerokość geogr. | Zeměpisná délka Długość geogr. | m n.m. m n.p.m. | Typ stanice / Typ oblasti Typ stacji / Typ obszaru | Hodnocené škodliviny Badane substancje zanieczyszczające |
|--|----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|---|---|
| Region Moravskoslezského kraje / Region kraju morawskośląskiego | | | | | | |
| Bohumín | Bohumín | 49°54'15" | 18°20'50" | 200 | B/S | SO ₂ , NO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2,5} |
| Český Těšín | Český Těšín | 49°44'56" | 18°36'35" | 285 | B/U | SO ₂ , NO ₂ , PM ₁₀ , B[α]P |
| Frydek-Místek | Frydek-Místek | 49°40'18" | 18°21'04" | 290 | B/S | SO ₂ , NO ₂ , PM ₁₀ |
| Havířov | Havířov | 49°47'28" | 18°24'25" | 260 | B/U | SO ₂ , NO ₂ , PM ₁₀ |
| Karviná | Karviná | 49°51'50" | 18°33'05" | 238 | B/S | SO ₂ , NO ₂ , PM ₁₀ , O ₃ |
| Karviná (ZÚ) * | Karviná (ZÚ) | 49°51'32" | 18°33'28" | 230 | T/U | B[a]P, Ar, Cd, Ni, Pb |
| Opava - Kateřinky | Opava | 49°56'42" | 17°54'34" | 255 | B/U | SO ₂ , NO ₂ , PM ₁₀ |
| Orlová * | Orlová | 49°52'32" | 18°26'01" | 266 | B/U | PM ₁₀ |
| Ostrava - Českobratrská (hot spot) * | Os. - hot spot | 49°50'23" | 18°17'24" | 215 | T/U | NO ₂ , PM ₁₀ , benzen |
| Ostrava - Fifejdy | Os. - Fifejdy | 49°50'21" | 18°15'49" | 220 | B/U | SO ₂ , NO ₂ , PM ₁₀ , O ₃ , benzen |
| Ostrava - Poruba/ČHMÚ * | Os. - Poruba | 49°49'31" | 18°09'33" | 242 | B/S | PM ₁₀ , PM _{2,5} , B[α]P, benzen, Ar, Cd, Ni, Pb |
| Ostrava - Přívoz * | Os. - Přívoz | 49°51'23" | 18°16'11" | 207 | I/U | PM ₁₀ , PM _{2,5} , B[a]P, benzen, Ar, Cd, Ni, Pb |
| Ostrava - Radvanice (ZÚ) * | Os. - Radvanice | 49°48'25" | 18°20'21" | 263 | I/S | PM ₁₀ , PM _{2,5} , B[a]P |
| Ostrava - Zábřeh | Os. - Zábřeh | 49°47'46" | 18°14'50" | 236 | B/U | SO ₂ , NO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2,5} |
| Studénka | Studénka | 49°43'15" | 18°05'22" | 231 | B/R | SO ₂ , NO ₂ , PM ₁₀ , O ₃ |
| Třinec - Kosmos | Třinec - Kos. | 49°40'05" | 18°40'40" | 320 | B/U | SO ₂ , NO ₂ , O ₃ , PM ₁₀ , PM _{2,5} , benzen |
| Věřňovice * | Věřňovice | 49°55'29" | 18°25'22" | 203 | B/R | PM ₁₀ , PM _{2,5} |
| Region Slezského vojvodství / Region województwa śląskiego | | | | | | |
| Bielsko-Biala | Bielsko-Biala | 49°48'36" | 19°01'37" | 365 | B/U | SO ₂ , NO ₂ , O ₃ , PM ₁₀ , B[α]P, Ar, Cd, Ni, Pb |
| Cieszyn | Cieszyn | 49°44'00" | 18°38'20" | 353 | B/U | SO ₂ , NO ₂ , PM ₁₀ |
| Dąbrowa Górnicza | Dąbrowa Gór. | 50°19'36" | 19°13'52" | 293 | B/U | SO ₂ , NO ₂ , O ₃ , PM ₁₀ , PM _{2,5} , B[α]P, benzen |
| Gliwice | Gliwice | 50°16'36" | 18°39'18" | 236 | B/U | SO ₂ , NO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2,5} |
| Godów * | Godów | 49°55'19" | 18°28'17" | 205 | B/U | PM ₁₀ , PM _{2,5} , B[a]P, Ar, Cd, Ni, Pb |
| Katowice | Katowice | 50°15'36" | 18°58'30" | 273 | B/U | SO ₂ , NO ₂ , O ₃ , PM ₁₀ , PM _{2,5} , B[α]P, Ar, Cd, Ni, Pb |
| Rybnik | Rybnik | 50°06'36" | 18°30'58" | 245 | B/U | SO ₂ , NO ₂ , PM ₁₀ , B[α]P, Ar, Cd, Ni, Pb |
| Tychy | Tychy | 50°06'00" | 18°59'24" | 252 | B/U | SO ₂ , NO ₂ , PM ₁₀ |
| Wodzisław Śląski | Wodzisław Śl. | 50°00'36" | 18°27'18" | 271 | B/U | SO ₂ , NO ₂ , O ₃ , PM ₁₀ |
| Zabrze | Zabrze | 50°18'00" | 18°47'53" | 257 | B/U | SO ₂ , NO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2,5} , B[α]P |
| Żywiec | Żywiec | 49°41'36" | 19°12'22" | 352 | B/U | SO ₂ , NO ₂ , PM ₁₀ |

* ... doplňková stanice / stacja uzupełniająca

Zkrácené jméno stanice je používáno ve všech tabulkách a obrázcích / Skrócona nazwa stacji stosowana jest we wszystkich tabelach i rysunkach

Typ stanice / Typ stacji: T - dopravní / komunikacyjna I - průmyslová / przemysłowa B - pozadová / stacja tła

Typ oblasti / Typ obszaru: U - městská / miejski, S - předměstská / przedmiejski, R - venkovská / wiejski

Další údaje o měřicích stanicích / Inne informacje nt. stacji monitoringu: <http://www.chmi.cz>, <http://stacje.katowice.pios.gov.pl/monitoring>

Tab. 4.2 Imisní limity, kritické úrovně, cílové hodnoty a dlouhodobé cíle v $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
dle [ES, 2004; ES, 2008]

Tab. 4.2 Normy imisji, poziomy krytyczne, wartości docelowe i cele długoterminowe w $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
wg [DE, 2004; DE, 2008]

| Znečišťující látka Substancja zanieczyszczająca | Doba průměrování / Okres uśrednienia | | | | |
|---|--|---|---|---------------------|--|
| | 1 hodina 1 godzina | Max. denní 8hod. průměr Maks. dobowá średnia ośmiogodzinna | 24 hodin 24 godziny | Rok Rok | Jiné období Inny okres |
| Imisní limity, cílové hodnoty a dlouhodobé cíle pro ochranu lidského zdraví Stężenia dopuszczalne, wartości docelowe i cele długoterminowe dla ochrony zdrowia ludzkiego | | | | | |
| PM ₁₀ | – | – | 50 max. 35x za rok maks. 35x w roku | 40 | – |
| PM _{2,5} | – | – | – | 25 od 1. 1. 2015 | – |
| Benzo[a] pyren ¹⁾ | – | – | – | 0.001 ²⁾ | – |
| As ¹⁾ | – | – | – | 0.006 ²⁾ | – |
| Cd ¹⁾ | – | – | – | 0.005 ²⁾ | – |
| Ni ¹⁾ | – | – | – | 0.020 ²⁾ | – |
| Pb ¹⁾ | – | – | – | 0,5 | – |
| NO ₂ | 200 max. 18x za rok maks. 18x w roku | – | – | 40 | – |
| SO ₂ | 350 max. 24x za rok maks. 24x w roku | – | 125 max. 3x za rok maks. 3x w roku | – | – |
| Benzen | – | – | – | 5 | – |
| O ₃ | – | 120 ²⁾ max. 25x za rok (průměr za 3 roky) maks. 25x w roku (średnia dla 3 lat) | – | – | – |
| | | 120 ³⁾ | | | |
| CO | – | 10000 | – | – | – |
| Kritické úrovně, cílové hodnoty a dlouhodobé cíle pro ochranu vegetace Poziomy krytyczne, wartości docelowe i cele długoterminowe dla ochrony roślin | | | | | |
| NO _x | – | – | – | 30 | – |
| SO ₂ | – | – | – | 20 | 20 1.10.–31.3. |
| O ₃ | – | – | – | – | 18000 ^{2,4)} 1. 5.–31. 7. (prům. za 5 let) (średnia dla 5 lat) |
| | | | | | 6000 ^{3,4)} 1. 5.–31. 7. |

¹⁾ celkový obsah v částicích frakce PM₁₀ / ogólna zawartość w cząstkach frakcji PM₁₀

²⁾ cílová hodnota / wartość docelowa

³⁾ dlouhodobý cíl / cel długoterminowy

⁴⁾ AOT40 (vyjádřeno v $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{hodiny}$) je součet rozdílů mezi hodinovými koncentracemi vyššími než $80\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (= 40 ppb) a hodnotou $80\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ za dané období při použití pouze hodinových hodnot měřených každý den mezi 8:00 a 20:00 CET. AOT40 (wrażony w $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{godziny}$) to suma różnic pomiędzy godzinnymi stężeniami wyższymi niż $80\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (= 40 ppb) a wartościami $80\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ za dany okres przy uwzględnieniu wyłącznie godzinnych wartości odnotowanych w każdym dniu pomiędzy godz. 8:00 a 20:00 CET.

4.1 Suspendované částice frakce PM₁₀ a PM_{2,5}

Suspendované částice¹⁰ obsažené ve vzduchu lze rozdělit na primární a sekundární. Primární částice jsou emitovány přímo do atmosféry, ať již z přírodních (např. sopečná činnost, pyl nebo mořský aerosol) nebo antropogenních zdrojů (např. při spalování fosilních paliv ve stacionárních i mobilních zdrojích, otěrem pneumatik, brzd, vozovek). Sekundární částice jsou převážně antropogenního původu a vznikají v atmosféře z plynných prekurzorů SO₂, NO_x a NH₃ procesem nazývaným konverze plyn-částice. Hlavními zdroji celkových emisí, tj. primárních částic a prekurzorů sekundárních částic (SO₂, NO_x, NH₃), je výroba elektrické a tepelné energie, doprava a výrobní procesy. Vzhledem k různorodosti emisních zdrojů mají suspendované částice různé chemické složení a různou velikost. Částice jsou do ovzduší vnášeny rovněž resuspencí, tj. znovuzvířením částic po jejich usazení. Suspendované částice PM₁₀ mají významné zdravotní důsledky, které se projevují již při velmi nízkých koncentracích bez zřejmé spodní hranice bezpečné koncentrace. Při akutním působení částic může dojít k podráždění sliznic dýchací soustavy, zvýšené produkci hlenu apod. Tyto změny mohou způsobit snížení imunity a zvýšení náchylnosti k onemocnění dýchací soustavy. Opakující se onemocnění mohou vést ke vzniku chronické bronchitidy a kardiovaskulárním potížím. Při akutním působení částic může dojít ke zvýraznění symptomů u astmatiků a navýšení celkové nemocnosti a úmrtnosti populace. Dlouhodobé vystavení působení částic může vést ke vzniku chronické bronchitidy nebo ke zkrácení očekávané délky života [ČHMÚ, 2012]. Škodlivý účinek částic závisí na jejich velikosti, složení a případně morfologii. Čím jsou částice menší, tím hlouběji do organismu pronikají a tím větší je riziko jejich negativního zdravotního dopadu. Nejzávažnější zdravotní dopady včetně zvýšené úmrtnosti mají jemné částice frakce PM_{2,5}, popř. velmi jemné částice, které se při vdechnutí dostávají do spodních částí dýchací soustavy. Jemná frakce částic velikosti 2,5 až 10 μm ovlivňuje převážně dýchací cesty a plíce, částice menší než 2,5 μm většinou ovlivňují kardiovaskulární systém a velmi jemné částice s velikostí menší než 0,1 μm prostupují do krve a ovlivňují tak přímo jednotlivé orgány. Míra zdravotních důsledků je ovlivněna řadou faktorů, například aktuálním

¹⁰ Suspendované částice se obvykle rozlišují podle velikosti. PM₁₀ (PM_{2,5}) jsou částice, které projdou velikostně selektivním vstupním filtrem definovaným v referenční metodě odběru vzorků a měření PM₁₀ EN 12341 (PM_{2,5} EN 14907), vykazujícím pro aerodynamický průměr 10 μm (2,5 μm) odlučovací účinnost 50 % [EC, 2008].

na rok, co wynika ze zmienności poziomu zanieczyszczeń, a w szczególności z odmiennych meteorologicznych warunków dyspersji (patrz rozdz. 3 i 5). Wykorzystane dane i zastosowane metody opisano w aneksie.

4.1. Frakcje pyłu zawieszonego PM₁₀ i PM_{2,5}

Pył zawieszony¹⁰ zawarty w powietrzu można podzielić na pierwotny i wtórny. Cząstki pierwotne są emitowane bezpośrednio do atmosfery, czy to ze źródeł naturalnych (np. działalność wulkaniczna, pył lub morskie aerozole) lub źródeł antropogenicznych (np. podczas spalania paliw kopalnych w źródłach stacjonarnych lub mobilnych, tarcie opon, hamulców, jezdni). Wtórne cząstki mają przeważnie charakter antropogeniczny i powstają w atmosferze z prekursorów gazowych SO₂, NO_x i NH₃ w procesie tzw. konwersji gazu do cząstek. Głównymi źródłami łącznych emisji, czyli cząstek pierwotnych i prekursorów cząstek wtórnych (SO₂, NO_x, NH₃), są produkcja energii elektrycznej i cieplnej, ruch drogowy i procesy produkcyjne. Ze względu na różnorodność źródeł emisji cząstki zawieszone mają różny skład chemiczny oraz różną wielkość. Cząstki przedostają się do powietrza także w drodze resuspensji, czyli ponownego unoszenia cząstek. Pył zawieszony PM₁₀ oddziałuje na zdrowie ludzkie, co ujawnia się już podczas bardzo niskich stężeń bez widocznej dolnej granicy bezpiecznego stężenia. Ostre oddziaływanie cząstek może wywoływać podrażnienie błon śluzowych układu oddechowego, zwiększone wytwarzanie śluzu itp. Zmiany te mogą spowodować obniżenie odporności i większą podatność na zachorowania układu oddechowego. Powtarzające się zachorowania mogą prowadzić do powstania przewlekłego zapalenia oskrzeli oraz dolegliwości sercowo-naczyniowych. W wyniku ostrego oddziaływania cząstek mogą nasilić się objawy u astmatyków, może także zwiększyć się ogólna zachorowalność i śmiertelność populacji. Długotrwałe narażenie się na oddziaływanie cząstek może prowadzić do powstania przewlekłego zapalenia oskrzeli lub do skrócenia oczekiwanej długości życia [ČHMÚ, 2012]. Szkodliwe działanie cząstek zależy od ich wielkości, składu i ewentualnie morfologii. Im mniejsze są cząstki, tym głębiej przedostają się do organizmu, a tym samym większe jest ryzyko ich negatywnego wpływu na zdrowie. Najpoważniejsze skutki zdrowotne, w tym większą

¹⁰ Cząstki zawieszone są zazwyczaj rozróżniane według wielkości. PM₁₀ (PM_{2,5}) oznacza pył przechodzący przez otwór sortujący, zdefiniowany w referencyjnej metodzie poboru próbek i pomiaru PM₁₀ EN 12341 (PM_{2,5} EN 14907), przy 50% granicy sprawności dla średnicy aerodynamicznej 10 μm (2,5 μm) [EC, 2008].

zdravotním stavem jedince, jeho alergickou dispozicí nebo kouřením. Citlivou skupinou jsou děti, starší lidé a lidé trpící onemocněním dýchací a oběhové soustavy.

Vysoká úroveň znečištění ovzduší částicemi antropogenního původu je dlouhodobě nejzávažnějším problémem přeshraniční oblasti Slezska a Moravy. Zdravotním rizikem je nejen vysoká koncentrace hrubých, jemných i velmi jemných částic, ale zejména jejich chemické složení. Původcem částic v oblasti je vysoká koncentrace průmyslové výroby, velká hustota zástavby s lokálním vytápěním ve velké míře tuhými palivy a hustá dopravní infrastruktura.

V hodnoceném období byla úroveň znečištění ovzduší PM_{10} v regionech Slezského vojvodství a Moravskoslezského kraje podobná. Průměrná roční koncentrace PM_{10} regionu Slezského vojvodství $43,9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ dosáhla 102% koncentrace $43,1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ regionu Moravskoslezského kraje, průměrná koncentrace chladné poloviny roku 105% ($57,1$ vs. $54,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) a průměrná koncentrace teplé poloviny roku naopak 97% ($30,8$ vs. $31,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)¹¹. Roční i denní imisní limit PM_{10} nebyl dodržen v celé oblasti. Dlouhodobá průměrná koncentrace PM_{10} překročila hodnotu ročního imisního limitu $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ na většině stanic, ve Wodzisławi až 1,6násobně. V jednotlivých letech 2006–2010 nebyl roční imisní limit překročen pouze v Ostravě-Porubě a Cieszyně, v Bielsko-Białe byl překročen pouze v roce 2010 a v Opavě pouze v roce 2006, na stanicích Frýdek-Místek, Studénka, Třinec-Kosmos, Tychy a Żywiec v letech 2006 a 2010. Na všech ostatních lokalitách byl překročen ve všech nebo ve většině roků hodnoceného pětiletí. Ještě masivněji byl překračován denní imisní limit. Zatímco legislativa akceptuje 35 dnů s denní koncentrací vyšší než mezní hodnota $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ během kalendářního roku, průměrný počet dnů s překročením se pohyboval v hodnoceném pětiletí od 56 v Cieszyně

¹¹ Dle provedeného U-Mann Whitney testu je rozdíl mezi průměrnými oblastními koncentracemi PM_{10} na hladině $p = 0,05$ v chladné polovině roku statisticky významný, ale v teplé polovině roku významný není. Spearmanovy koeficienty pořadové korelace vykazují statisticky významnou závislost mezi soubory průměrných denních oblastních koncentrací PM_{10} v regionech Slezského vojvodství a Moravskoslezského kraje a jejich hodnota je 0,86 v chladné polovině roku a 0,91 v teplé polovině roku.

U-Mann Whitney test je všeobecně používaný statistický test, zde použit pro posouzení shody aritmetických průměrů dvou souborů. Spearmanův koeficient pořadové korelace je bezrozměrné číslo, které udává statistickou závislost mezi dvěma veličinami. Nabývá hodnot od -1 do $+1$. Hodnota korelačního koeficientu -1 znamená zcela nepřímou závislost, hodnota korelačního koeficientu $+1$ značí zcela přímou závislost mezi veličinami. Pokud je korelační koeficient roven 0, pak mezi znaky není žádná statisticky zjištělá závislost

śmiertelnosć, powodują drobne czastki frakcji $PM_{2,5}$ lub bardzo drobne czastki, które podczas wdychania przedostają się do dolnych cześci układu oddechowego. Drobna frakcja czastek o wielkości 2,5 do $10 \mu\text{m}$ wpywa przewaznie na drogi oddechowe i płuca, cząstki mniejsze niź $2,5 \mu\text{m}$ mają przewaznie wpyw na układ krazenia, a bardzo drobne cząstki o wielkości poniżej $0,1 \mu\text{m}$ przedostają się do krwi, oddziałując w ten sposób bezpośrednio na poszczególne organy. Na skalę skutków zdrowotnych wpywa wiele czynników, przykładowo obecny stan zdrowia danej osoby, jej podatnosć na alergię lub palenie papierosów. Wraźliwą grupą są dzieci, osoby starsze oraz osoby cierpiące na choroby układu oddechowego i krazenia.

Wysoki poziom zanieczyszczenia powietrza cząstkami pochodzenia antropogenicznego stanowi w długim okresie najpowaźniejszy problem obszaru transgranicznego Śląska i Moraw. Ryzyko zdrowotne jest związane nie tylko z duzym stezeniem cząstek grubych, drobnych i bardzo drobnych, ale przede wszystkim z ich składem chemicznym. Źródłem występowania cząstek w obszarze jest duża koncentracja przemysłu, duża gęstość zabudowy z lokalnymi źródlami ogrzewania, w duzym stopniu paliwami stałymi oraz gęsta infrastruktura transportowa.

W badanym okresie poziom zanieczyszczenia powietrza cząstkami PM_{10} w regionach województwa śląskiego i kraju morawskośląskiego był podobny. Średnie roczne stezenie PM_{10} w regionie województwa śląskiego $43,9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ osiągnęło 102% stęzenia $43,1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ regionu kraju morawskośląskiego, średnie stezenie w chłodnej połowie roku 105% ($57,1$ vs. $54,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), a średnie stezenie w cieplej połowie roku przeciwnie – 97% ($30,8$ vs. $31,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)¹¹. Roczny i dobowy poziom dopuszczalny PM_{10} nie został dotrzymany w całym

¹¹ Zgodnie z przeprowadzonym testem U-Manna Whitneya różnica między średnimi obszarowymi stezeniami PM_{10} na poziomie $p = 0,05$ w chłodnej połowie roku jest istotna pod wzgłędem statystycznym, ale w cieplej połowie roku istotna nie jest. Współczynniki korelacji rang Spearmana wskazują na statystycznie istotną zaleźnosć pomiędzy populacjami średnich dobowych obszarowych stężeń PM_{10} w regionach województwa śląskiego i kraju morawskośląskiego, a ich wartośc wynosi 0,86 w chłodnej połowie roku i 0,91 w cieplej połowie roku. Test U-Manna Whitneya to powszechnie stosowany test statystyczny, tu wykorzystany do celów oceny zgodnosci średnich arytmetycznych dwóch populacji danych. Współczynnik korelacji rang Spearmana to liczba bezwymiarowa, wskazująca na zaleźnosć statystyczną pomiędzy dwoma wielkościami. Przyjmuje wartości od -1 do $+1$. Wartośc współczynnika korelacji -1 oznacza całkowicie odwrotną zaleźnosć, wartośc współczynnika korelacji $+1$ oznacza całkowicie prostą zaleźnosć pomiędzy wielkościami. Jeźeli współczynnik równy jest 0, to między cechami nie ma żadnej statystycznie moźliwej do stwierdzenia zaleźnosci.

Tab. 4.1.1 Koncentrace suspendovaných částic PM₁₀ v µg·m⁻³, region Moravskoslezského kraje

Tab. 4.1.1 Stężenie pyłu zawieszzonego PM₁₀ w µg·m⁻³, region kraju morawskośląskiego

| | Bohumín | Český Těšín | Frydek-Místek | Havířov | Karviná | Opava | Os. - Fifejdy | Os. - Zábřeh | Studénka | Třinec - Kos. | Region Moravskoslezského kraje | Os. - hot spot | Os. - Poruba | Os. - Přívoz | Os. - Radvanice | Orlová | Věrníkovice |
|---|---------|-------------|---------------|---------|---------|-------|---------------|--------------|----------|---------------|--------------------------------|----------------|--------------|--------------|-----------------|--------|-------------|
| Krátkodobé (1hodinové) koncentrace (K1), chladná polovina roku (I–III, X–XII) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Krótkoterminowe (1godzinne) stężenia (K1), chłodna połowa roku (I-III, X-XII) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % N | 99,4 | 99,7 | 99,4 | 99,7 | 99,1 | 99,3 | 99,5 | 99,7 | 99,7 | 99,3 | | | | 99,5 | 93,2 | 99,8 | 99,6 |
| % K1>50 | 50,7 | 45,4 | 32,5 | 43,6 | 42,2 | 27,8 | 36,1 | 35,2 | 33,5 | 29,4 | | | | 46,2 | 61,0 | 45,5 | 46,5 |
| % K1>150 | 10,2 | 6,8 | 5,2 | 7,3 | 7,0 | 3,7 | 5,3 | 5,3 | 3,7 | 4,2 | | | | 7,1 | 7,9 | 6,7 | 12,6 |
| Max | 972 | 926 | 838 | 849 | 719 | 792 | 700 | 890 | 762 | 893 | | | | 735 | 935 | 844 | 941 |
| Krátkodobé (1hodinové) koncentrace (K1), teplá polovina roku (IV–IX) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Krótkoterminowe (1godzinne) stężenia (K1), ciepła połowa roku (I-III, X-XII) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % N | 98,2 | 99,5 | 99,2 | 98,8 | 99,0 | 97,7 | 98,6 | 98,9 | 99,5 | 99,5 | | | | 98,9 | 88,4 | 96,4 | 97,8 |
| % K1>50 | 25,2 | 23,7 | 10,0 | 16,2 | 19,6 | 9,4 | 19,1 | 14,6 | 9,5 | 9,6 | | | | 19,4 | 24,1 | 15,7 | 18,1 |
| % K1>150 | 0,6 | 1,1 | 0,2 | 0,1 | 0,4 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | | | | 0,4 | 0,7 | 0,2 | 0,6 |
| Max | 383 | 439 | 401 | 222 | 509 | 260 | 202 | 274 | 271 | 346 | | | | 455 | 415 | 275 | 320 |
| Denní (24hodinové) koncentrace (K24), chladná polovina roku (I–III, X–XII) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dobowe (24godzinne) stężenia (K24), chłodna połowa roku (I-III, X-XII) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % N | 99,0 | 99,7 | 99,3 | 99,6 | 98,9 | 98,9 | 99,5 | 99,6 | 99,6 | 99,2 | 100,0 | 99,3 | 99,8 | 99,3 | 93,4 | 99,8 | 99,6 |
| Avg | 73,6 | 61,4 | 49,9 | 61,8 | 60,9 | 45,2 | 53,5 | 52,3 | 48,8 | 47,4 | 54,6 | 58,4 | 43,5 | 63,7 | 73,2 | 62,7 | 76,8 |
| P05 | 18 | 13 | 10 | 15 | 14 | 11 | 13 | 11 | 12 | 11 | 13 | 17 | 9 | 18 | 27 | 17 | 15 |
| P25 | 36 | 29 | 20 | 30 | 28 | 20 | 25 | 23 | 24 | 21 | 26 | 30 | 21 | 33 | 45 | 32 | 32 |
| P75 | 91 | 77 | 62 | 77 | 77 | 56 | 68 | 66 | 60 | 57 | 68 | 73 | 55 | 79 | 90 | 76 | 94 |
| P95 | 186 | 145 | 139 | 155 | 152 | 118 | 132 | 137 | 119 | 130 | 136 | 132 | 106 | 147 | 145 | 151 | 196 |
| Max | 581 | 534 | 539 | 548 | 529 | 489 | 466 | 542 | 471 | 516 | 463 | 460 | 424 | 475 | 387 | 586 | 775 |
| % K24>50 | 56,5 | 49,7 | 33,8 | 47,3 | 46,7 | 28,7 | 39,1 | 36,9 | 33,5 | 30,8 | | 47,2 | 29,9 | 50,5 | 68,2 | 49,1 | 55,8 |
| % K24>150 | 8,1 | 4,3 | 4,1 | 5,4 | 5,4 | 2,6 | 3,3 | 3,6 | 2,5 | 2,9 | | 3,4 | 1,8 | 4,4 | 4,2 | 5,1 | 10,6 |
| Denní (24hodinové) koncentrace (K24), teplá polovina roku (IV–IX) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dobowe (24godzinne) stężenia (K24), ciepła połowa roku (I-III, X-XII) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % N | 97,4 | 99,5 | 99,2 | 98,5 | 99,0 | 97,0 | 98,0 | 98,0 | 99,6 | 99,6 | 100,0 | 98,1 | 99,9 | 98,9 | 87,0 | 95,4 | 96,6 |
| Avg | 38,7 | 37,2 | 28,2 | 31,6 | 35,4 | 27,0 | 34,0 | 31,4 | 27,2 | 28,7 | 31,6 | 35,1 | 24,4 | 35,6 | 40,7 | 32,5 | 34,2 |
| P05 | 16 | 13 | 11 | 14 | 15 | 11 | 13 | 11 | 11 | 12 | 13 | 16 | 10 | 14 | 21 | 14 | 14 |
| P25 | 26 | 24 | 18 | 22 | 24 | 17 | 22 | 20 | 18 | 20 | 22 | 24 | 16 | 24 | 30 | 22 | 22 |
| P75 | 48 | 47 | 36 | 40 | 45 | 35 | 43 | 40 | 34 | 36 | 40 | 41 | 30 | 44 | 48 | 40 | 42 |
| P95 | 69 | 69 | 50 | 54 | 65 | 49 | 61 | 58 | 48 | 50 | 53 | 63 | 44 | 65 | 69 | 57 | 64 |
| Max | 150 | 123 | 119 | 109 | 113 | 149 | 127 | 156 | 122 | 90 | 110 | 184 | 94 | 131 | 117 | 118 | 137 |
| % K24>50 | 21,2 | 20,9 | 4,8 | 7,5 | 16,0 | 4,4 | 12,8 | 10,3 | 3,8 | 4,6 | | 11,9 | 2,8 | 15,4 | 19,5 | 8,5 | 13,0 |
| % K24>150 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Denní / dobowe (24hodinové / 24godzinne) koncentrace / stężenia (K24), rok (I–XII) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Avg | 56,3 | 49,3 | 39,0 | 46,8 | 48,1 | 36,2 | 43,8 | 41,9 | 38,0 | 38,0 | 43,1 | 46,8 | 33,9 | 49,6 | 57,5 | 47,9 | 55,8 |
| Max | 581 | 534 | 539 | 548 | 529 | 489 | 466 | 542 | 471 | 516 | 463 | 73 | 55 | 79 | 90 | 76 | 94 |
| N _{avg} K24>50 | 142 | 129 | 70 | 100 | 114 | 61 | 95 | 86 | 68 | 64 | | 108 | 60 | 120 | 163 | 107 | 127 |
| N _{avg} K24>150 | 15 | 8 | 7 | 10 | 10 | 5 | 6 | 7 | 5 | 5 | | 7 | 3 | 8 | 8 | 9 | 20 |

% N - relativní četnost hodnocených K1, K24 v % možných koncentrací N

v chladné ½ roku N/K24=911, N/K1=21824, v teplé ½ roku N/K24=915, N/K1=21960

% K1>50, % K1>150 - relativní četnost K1 > 50 µg·m⁻³, respektive K1 > 150 µg·m⁻³ v % hodnocených K1

% K24>50, % K24>150 - relativní četnost K24 > 50 µg·m⁻³, respektive K24 > 150 µg·m⁻³ v % hodnocených K24

Avg - průměrná koncentrace v hodnoceném období

P05, P25, P75, P95 - 5., 25., 75. a 95.percentil souborů K24 v hodnoceném období

Max - maximální naměřená koncentrace v hodnoceném období

N_{avg} K24>50, N_{avg} K24>150 - průměrný roční počet dnů s K24 > 50 µg·m⁻³, K24 > 150 µg·m⁻³

vypočtený z relativních četností % K1>50, % K1>150 s tím, že 100 % je 365 dnů

Název doplňkových stanic je uveden kurzovou (výsledky z těchto stanic nejsou zahrnuty do oblastních charakteristik)

Hodnoty vtištěné tučnou kurzivou značí překročení hodnoty imisního limitu nebo povoleného počtu jejího překročení

Polskie tłumaczenie legendy patrz Tab. 4.1.2

Tab. 4.1.2 Koncentracje suspendowanych cząstek PM₁₀ v µg·m⁻³, region Śląskiego województwa

Tab. 4.1.2 Stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ w µg·m⁻³, region województwa śląskiego

| | Bielsko-Biała | Cieszyn | Dąbrowa Gór. | Gliwice | Katowice | Rybnik | Tychy | Wodzisław Śl. | Zabrze | Żywiec | Regionu województwa śląskiego | Godów (2010) |
|--|---------------|---------|--------------|---------|----------|--------|-------|---------------|--------|--------|-------------------------------|--------------|
| Krótkodobé (1hodinové) koncentracje (K1), chłodna połowina roku (I–III, X–XII) | | | | | | | | | | | | |
| Krótkoterminowe (1godzinne) stężenia (K1), chłodna połowina roku (I–III, X–XII) | | | | | | | | | | | | |
| % N | 92,2 | 94,8 | 86,6 | 83,8 | 92,9 | 52,3 | 80,5 | 91,9 | 90,6 | 85,6 | | |
| % K1>50 | 31,7 | 27,2 | 42,6 | 32,0 | 40,8 | 37,4 | 30,9 | 61,3 | 44,2 | 29,0 | | |
| % K1>150 | 3,5 | 2,0 | 5,7 | 5,1 | 5,4 | 11,3 | 4,9 | 15,5 | 9,3 | 9,2 | | |
| Max | 608 | 606 | 590 | 687 | 607 | 1000 | 665 | 942 | 962 | 944 | | |
| Krótkodobé (1hodinové) koncentracje (K1), ciepła połowina roku (IV–IX) | | | | | | | | | | | | |
| Krótkoterminowe (1godzinne) stężenia (K1), ciepła połowina roku (I–III, X–XII) | | | | | | | | | | | | |
| % N | 95,6 | 93,3 | 86,8 | 77,3 | 78,1 | 61,7 | 95,3 | 85,7 | 92,9 | 85,5 | | |
| % K1>50 | 6,1 | 6,4 | 13,0 | 16,4 | 18,9 | 21,9 | 13,6 | 23,4 | 18,3 | 12,5 | | |
| % K1>150 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 1,3 | 0,2 | 1,2 | 0,7 | 0,3 | | |
| Max | 193 | 153 | 192 | 204 | 273 | 532 | 305 | 374 | 337 | 302 | | |
| Denní (24hodinové) koncentracje (K24), chłodna połowina roku (I–III, X–XII) | | | | | | | | | | | | |
| Dobowe (24godzinne) stężenia (K24), chłodna połowina roku (I–III, X–XII) | | | | | | | | | | | | |
| % N | 92,2 | 94,4 | 85,8 | 83,5 | 91,1 | 51,9 | 79,5 | 91,0 | 89,0 | 84,7 | 100,0 | 19,8 |
| Avg | 45,9 | 41,3 | 59,5 | 50,4 | 56,1 | 70,1 | 48,9 | 88,8 | 65,3 | 56,9 | 57,1 | 90,2 |
| P05 | 10 | 11 | 19 | 13 | 17 | 16 | 11 | 25 | 14 | 9 | 17 | 17 |
| P25 | 20 | 20 | 32 | 23 | 29 | 28 | 23 | 48 | 30 | 18 | 30 | 46 |
| P75 | 60 | 52 | 72 | 66 | 70 | 83 | 60 | 111 | 82 | 63 | 71 | 123 |
| P95 | 113 | 98 | 137 | 121 | 136 | 176 | 113 | 209 | 161 | 203 | 133 | 206 |
| Max | 337 | 291 | 364 | 346 | 314 | 680 | 428 | 598 | 526 | 537 | 357 | 526 |
| % K24>50 | 33,3 | 27,4 | 47,6 | 35,9 | 44,0 | 49,3 | 33,4 | 72,7 | 54,7 | 33,5 | | 72,8 |
| % K24>150 | 2,3 | 1,2 | 3,2 | 2,8 | 3,1 | 8,0 | 3,2 | 11,6 | 6,3 | 7,6 | | 16,1 |
| Denní (24hodinové) koncentracje (K24), ciepła połowina roku (IV–IX) | | | | | | | | | | | | |
| Dobowe (24godzinne) stężenia (K24), ciepła połowina roku (I–III, X–XII) | | | | | | | | | | | | |
| % N | 94,9 | 93,0 | 86,3 | 76,9 | 76,7 | 61,6 | 95,3 | 85,2 | 92,0 | 84,5 | 100,0 | 20,0 |
| Avg | 23,6 | 24,4 | 31,8 | 33,1 | 35,5 | 37,8 | 28,7 | 38,9 | 34,1 | 27,6 | 30,8 | 31,2 |
| P05 | 9 | 11 | 15 | 15 | 15 | 18 | 13 | 16 | 13 | 12 | 15,0 | 14 |
| P25 | 15 | 17 | 22 | 23 | 24 | 27 | 20 | 25 | 21 | 20 | 22 | 22 |
| P75 | 30 | 30 | 38 | 41 | 43 | 46 | 36 | 47 | 43 | 34 | 37 | 37 |
| P95 | 47 | 46 | 58 | 58 | 64 | 67 | 48 | 77 | 69 | 48 | 54 | 62 |
| Max | 84 | 102 | 111 | 108 | 121 | 146 | 78 | 146 | 117 | 80 | 106 | 72 |
| % K24>50 | 4,0 | 3,1 | 9,9 | 10,7 | 14,8 | 17,2 | 3,9 | 20,4 | 14,4 | 3,5 | | 9,8 |
| % K24>150 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | | 0,0 |
| Denní / dobowe (24hodinové / 24godzinne) koncentracje / stężenia (K24), rok (I–XII) | | | | | | | | | | | | |
| Avg | 34,6 | 32,9 | 45,6 | 42,1 | 46,7 | 52,5 | 37,8 | 64,6 | 49,4 | 42,2 | 43,9 | 60,5 |
| Max | 337 | 291 | 364 | 346 | 314 | 680 | 428 | 598 | 526 | 537 | 357 | 526 |
| N _{avg} K24>50 | 67 | 56 | 104 | 87 | 112 | 116 | 63 | 173 | 125 | 68 | | 150 |
| N _{avg} K24>150 | 4 | 2 | 6 | 5 | 6 | 13 | 5 | 22 | 11 | 14 | | 29 |

% N - względna częstość badanych K1, K24 w % możliwych stężeń N

w chłodnej ½ roku N/K24=911, N/K1=21824, w ciepłej ½ roku N/K24=915, N/K1=21960

% K1>50, % K1>150 - względna częstość K1 > 50 µg·m⁻³, względnie K1 > 150 µg·m⁻³ w % badanych K1

% K24>50, % K24>150 - względna częstość K24 > 50 µg·m⁻³, względnie K24 > 150 µg·m⁻³ w % badanych K24

Avg - średnie stężenie w badanym okresie

P05, P25, P75, P95 - 5., 25., 75. i 95.percentyl zbiorów K24 w badanym okresie

Max - maksymalne odnotowane stężenie w badanym okresie

N_{avg} K24>50, N_{avg} K24>150 - średnia roczna liczba dni z K24 > 50 µg·m⁻³, K24 > 150 µg·m⁻³

wyliczona ze względnych częstości % K1>50, % K1>150, gdy 100 % to 365 dni

Nazwa stacji uzupełniającej zapisana jest kursywą (wyniki z tych stacji nie są ujęte w cechach obszarowych)

Wartości zaznaczone pogrubioną kursywą oznaczają przekroczenie wartości normy imisji lub dopuszczalnej liczby jej przekroczeń

Český překlad legendy viz Tab. 4.1.2

Tab. 4.1.3 Průměrné roční koncentrace PM₁₀ v µg·m⁻³ a četnosti denních koncentrací větších než 50 µg·m⁻³

Tab. 4.1.3 Średnie roczne stężenia PM₁₀ v µg·m⁻³ i częstotności dobowych stężeń wyższych niż 50 µg·m⁻³

| | Region Moravskoslezského kraje | | | | | | | | | | | | | Region Slezského vojvodství | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------------|-------------|---------------|---------|---------|-------|---------------|--------------|----------|---------------|----------------|--------------|--------------|------------------------------|--------|----------|---------------|---------|--------------|---------|----------|--------|-------|---------------|--------|--------|-------|
| | Region kraje morawskośląskiego | | | | | | | | | | | | | Region województwa śląskiego | | | | | | | | | | | | | |
| | Bohumín | Česky Těšín | Frydek-Místek | Havířov | Karviná | Opava | Os. - Fifejdy | Os. - Zábřeh | Studénka | Třinec - Kos. | Os. - hot spot | Os. - Poruba | Os. - Přívoz | Os. - Radvanice | Orlová | Věřovice | Bielsko-Biala | Cieszyn | Dąbrowa Gór. | Gliwice | Katowice | Rybnik | Tychy | Wodzisław Śl. | Zabrze | Żywiec | Godów |
| Průměrné roční koncentrace / Średnie roczne stężenia | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2006 | 63 | 61 | 44 | 55 | 57 | 44 | 47 | 44 | 41 | 43 | 54 | 37 | 56 | 65 | 58 | 64 | 36 | 38 | 46 | 47 | — | 63 | 46 | 72 | 58 | 51 | — |
| 2007 | 49 | 44 | 35 | 42 | 42 | 34 | 39 | 37 | 35 | 34 | 43 | 29 | 46 | 64 | 42 | 47 | 28 | 33 | 42 | 36 | 41 | — | 34 | 58 | 45 | 33 | — |
| 2008 | 52 | 42 | 34 | 41 | 43 | 32 | 41 | 37 | 34 | 32 | 43 | 30 | 47 | 49 | 44 | 49 | 28 | 31 | 44 | 40 | 40 | 44 | — | 67 | 44 | 39 | — |
| 2009 | 53 | 46 | 36 | 44 | 45 | 31 | 41 | 40 | 36 | 36 | 44 | 34 | 47 | 48 | 44 | 53 | 38 | 32 | — | 41 | 41 | — | 34 | 51 | 47 | 26 | — |
| 2010 | 64 | 54 | 46 | 54 | 54 | 39 | 51 | 51 | 44 | 45 | 50 | 39 | 52 | 63 | 51 | 66 | 43 | 31 | 51 | — | 57 | — | 44 | 80 | 53 | 57 | 60 |
| Počet dnů s K24 > 50 µg·m⁻³ / Liczba dni z K24 > 50 µg·m⁻³ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2006 | 166 | 177 | 86 | 133 | 146 | 83 | 114 | 92 | 81 | 86 | 144 | 64 | 148 | 175 | 133 | 141 | 77 | 71 | 92 | 90 | — | 137 | 85 | 171 | 149 | 83 | — |
| 2007 | 128 | 115 | 65 | 86 | 101 | 55 | 85 | 82 | 62 | 53 | 98 | 47 | 112 | 194 | 87 | 110 | 40 | 62 | 87 | 58 | 83 | — | 48 | 143 | 91 | 37 | — |
| 2008 | 119 | 101 | 49 | 75 | 88 | 42 | 68 | 61 | 48 | 41 | 81 | 45 | 108 | 109 | 88 | 104 | 40 | 47 | 91 | 63 | 75 | 83 | — | 180 | 104 | 53 | — |
| 2009 | 131 | 120 | 67 | 91 | 101 | 48 | 86 | 87 | 60 | 65 | 98 | 59 | 114 | 111 | 106 | 125 | 79 | 37 | — | 80 | 80 | — | 49 | 115 | 106 | 18 | — |
| 2010 | 155 | 128 | 83 | 112 | 130 | 70 | 116 | 105 | 88 | 75 | 113 | 83 | 114 | 146 | 106 | 141 | 79 | 45 | 127 | — | 130 | — | 79 | 153 | 115 | 95 | 149 |

K24 - průměrná denní (24hodinová) koncentrace / średnie dobowe (24godzinne) stężenie

XX - chybí 1/10 až 2/3 denních dat / brak 1/10 do 2/3 danych dobowych

— - chybí více než 2/3 denních dat / brak ponad 2/3 danych dobowych

Hodnoty vytištěné tučnou kurzívou značí překročení hodnoty imisního limitu nebo povoleného počtu jejího překročení

Wartości zaznaczone pogrubioną kursywą oznaczają przekroczenie wartości normy emisji lub dopuszczalnej liczby jej przekroczeń

po 173 ve Wodzisławie Śląskim. V jednotlivých konkrétních letech bylo takových dnů v regionu Slezského vojvodství od 37 do 180 (Żywiec, 2007; Wodzisław Śląski, 2008), v regionu Moravskoslezského kraje od 41 do 194 (Třinec-Kosmos, 2008; Ostrava-Radvanice, 2007) s tím, že každý rok byl povolený počet dnů překročen více než dvojnásobně na několika stanicích v obou regionech. Maximální denní koncentrace překročily denní mezní hodnotu $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ více než 5,8násobně v Cieszynie až 15,5násobně ve Věřňovicích, kde byla 10. 1. 2006 naměřena absolutně nejvyšší koncentrace $775 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (tab. 4.1.1–4.1.3)¹². Nejnižší úroveň znečištění ovzduší PM_{10} byla v celém pětiletí a obou polovinách roku v Bielsko-Białe, Cieszynie, Opavě a Ostravě-Porubě, nejvyšší v Bohumíně, Ostravě-Radvanicích, Rybníku, Věřňovicích a Wodzisławie Śląskim (obr. 4.1.1–4.1.3).

Proměnlivost úrovně znečištění ovzduší PM_{10} , způsobená odlišnou geografickou polohou a polohou vůči zdrojům emisí, je zřejmá z rozdílů koncentrací na relativně blízkých lokalitách, např. Věřňovice / Godów, Český Těšín / Cieszyn a na stanicích v Ostravě. Stanice Věřňovice a Godów jsou horizontálně vzdáleny pouze 3,5 km, přesto se průměrné roční koncentrace PM_{10} v roce 2010 lišily o $6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, tj. o 9%. Horizontální vzdálenost stanic Český Těšín a Cieszyn je s 2,4 km ještě menší, stanice však leží na protilehlých stranách údolí v různé výšce nad řekou Olší proudící jeho středem, vertikálně je dělí 68 m. Průměrné roční koncentrace PM_{10} se lišily o $16,4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, v Českém Těšíně byly o 50% vyšší. Nižší položená stanice Český Těšín je pravděpodobně častěji ve stabilní, případně inverzní vrstvě atmosféry, která se lokálně tvoří kolem řeky Olše a ve které se koncentrují škodliviny nejen z místních zdrojů obou měst, ale rovněž škodliviny přenášené při jihovýchodním větru z třineckých průmyslových zdrojů a dalších zdrojů z tohoto směru. Vlivem různého umístění stanic je také odlišná míra vlivu škodlivin transportovaných z Třinecka. Stanice Český Těšín je více ovlivněna dopravou blízkých frekventovaných komunikací (viz rozdíl koncentrací a denního chodu NO_2 v kapitole 4.4). Ostrava-Poruba leží na návětrné straně největších průmyslových zdrojů, tj. vítr proudí častěji směrem ke zdrojům než od nich, a proto jsou koncentrace PM_{10} v této lokalitě nejnižší v Ostravě. Nejvyšší jsou naopak koncentrace na dopravní stanici Ostrava-Českokobratrská, ale zejména na lokalitách ovlivněných průmyslovými zdroji v Ostravě-Přivoze a Ostravě-Radvanicích. V Ostravě-Radvanicích byla

obsarže. Dlouhodobé střední stěžení PM_{10} překročilo hodnotu ročního průměrného dopuszczalnego $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ na většině stanic, v Wodzisławiu až 1,6-krotnie. W poszczególnych latach 2006–2010 roczny dopuszczalny poziom nie był przekroczone tylko w Ostrawie-Porubie i w Cieszynie, w Bielsku-Białej przekroczone został tylko w 2010 roku a w Opawie tylko w 2006 roku, na stacjach Frydek-Místek, Studénka, Třinec-Kosmos, Tychy i Żywiec w latach 2006 i 2010. We wszystkich pozostałych miejscach przekroczone został we wszystkich latach lub w większości lat badanego pięciolecia. Jeszcze częściej przekraczany był dobowy poziom dopuszczalny. Przepisy prawa pozwalają na 35 dni z dobowym stężeniem powyżej wartości dopuszczalnej $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w roku kalendarzowym, jednak średnia liczba dni, kiedy ta wartość była przekroczone, wynosiła w badanym okresie od 56 w Cieszynie do 173 w Wodzisławiu Śląskim. W poszczególnych konkretnych latach takich dni w regionie województwa śląskiego było od 37 do 180 (Żywiec, 2007; Wodzisław Śląski, 2008), w regionie kraju morawskośląskiego od 41 do 194 (Třinec-Kosmos, 2008; Ostrava-Radvanice, 2007), przy czym w każdym roku dozwolona liczba dni była przekroczone przeszło dwukrotnie na kilku stacjach w obu regionach. Maksymalne dobowe stężenia przekroczyły dobowe wartości dopuszczalne $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ponad 5,8-krotnie w Cieszynie do 15,5-krotnie w Věřňovicach, gdzie w dniu 10 stycznia 2006 r. zmierzono absolutnie najwyższe stężenie $775 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (tab. 4.1.1–4.1.3)¹². Najniższy poziom zanieczyszczenia powietrza cząstkami PM_{10} w całym pięcioleciu i w obu połowach roku występował w Bielsku-Białej, Cieszynie, Opawie i Ostrawie-Porubie, najwyższy zaś w Bohumínie, Ostrawie-Radvanicach, Rybníku, Věřňovicach i Wodzisławiu Śląskim (rys. 4.1.1–4.1.3).

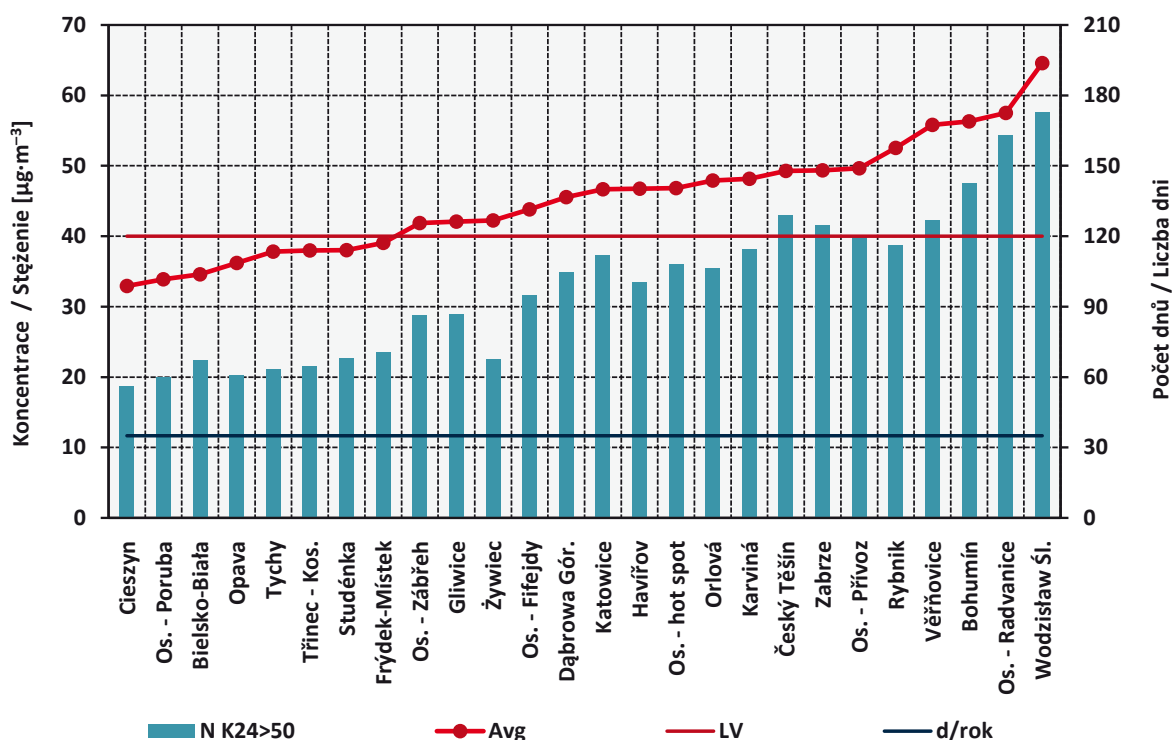
Zmienność poziomu zanieczyszczenia powietrza cząstkami PM_{10} , wynikająca z innego położenia geograficznego oraz lokalizacji w stosunku do źródeł emisji, widoczna jest w różnicach stężeń w stosunkowo bliskich miejscach, przykładowo Věřňovice/Godów, Český Těšín/Cieszyn oraz na stacjach w Ostrawie. Stacje Věřňovice i Godów są poziomo oddalone od siebie tylko o 3,5 km, mimo to średnie roczne stężenia cząstek PM_{10} różniły się w 2010 r. o $6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, tj. o 9%. Pozioma odległość stacji Český Těšín i Cieszyn jest jeszcze mniejsza i wynosi 2,4 km, stacje znajdują się jednak po przeciwnych stronach doliny na różnej wysokości nad rzeką Olzą przepływającą przez jej środek, pionowo

¹² Vyhodnocení úrovně znečištění ovzduší suspendovanými částicemi v regionu Moravskoslezského kraje v letech 1972–2007 a závislosti koncentrací PM_{10} na meteorologických podmínkách rozptýlu viz literatura [Blažek et al., 2008].

¹² Ocena poziomu zanieczyszczenia powietrza pyłem zawieszonym w regionie kraju morawskośląskiego w latach 1972–2007 i zależności stężeń PM_{10} od meteorologicznych warunków dyspersji, zob. [Blažek et al., 2008].

Obr. 4.1.1 Průměrné roční koncentrace PM₁₀ a průměrný roční počet dnů s denní koncentrací vyšší než 50 µg·m⁻³, 2006–2010

Rys. 4.1.1 Średnie roczne stężenia PM₁₀ i średnia roczna liczba dni z dobowym stężeniem powyżej 50 µg·m⁻³, 2006–2010



N K24>50 - průměrný počet dnů za rok s denní koncentrací vyšší než 50 µg·m⁻³ vypočtený z relativních četností těchto dnů v tabulkách s tím, že 100 % je 365 dnů

N K24>50 - średnia liczba dni w roku z dobowym stężeniem powyżej 50 µg·m⁻³ wyliczona na podstawie względnych częstości tych dni w tabelach, przy czym 100 % to 365 dni

Avg - roční průměrná koncentrace / roczne średnie stężenie

LV - imisní limit / norma imisji

d/rok - povolený počet 35 dnů/rok pro překročení denního imisního limitu 50 µg·m⁻³

d/rok - dopuszczalna liczba 35 dni/rok dla przekroczenia dobowej normy imisji 50 µg·m⁻³

pětiletá koncentrace o 23,6 µg·m⁻³, tj. o 70%, vyšší než v Ostravě-Porubě.

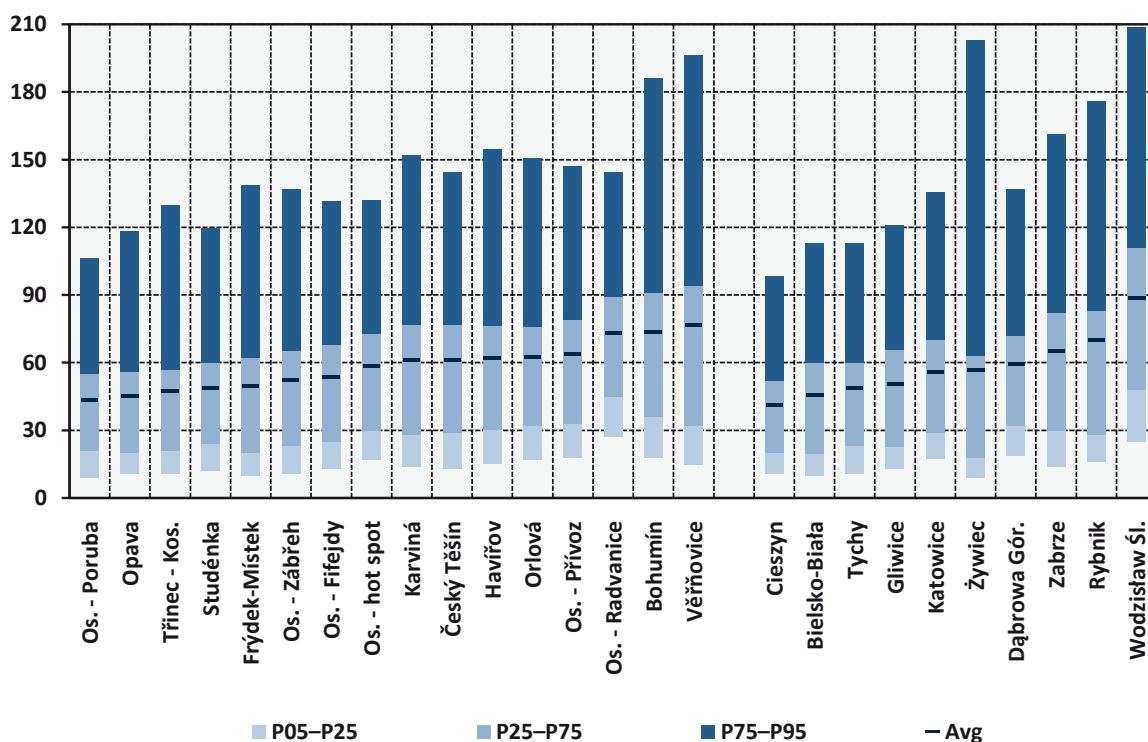
Průměrné koncentrace PM₁₀ regionu Moravsko-slezského kraje dosáhly v jednotlivých chladných obdobích od 79 do 110% průměrné koncentrace regionu Slezského vojvodství (2010/11, 2009/10), v teplých polovinách roků byl tento poměr od 97 do 108% (2010, 2009).

Velmi výraznou meziroční proměnlivost koncentrací způsobenou odlišnými meteorologickými podmínkami dokumentuje velmi vysoká úroveň znečištění ovzduší PM₁₀ v celé oblasti v chladném období 2005/06 (78,1 µg·m⁻³ v regionu Moravsko-slezského kraje; 74,6 µg·m⁻³ v regionu Slezského vojvodství), a nejnižší hodnoty hned v následujícím chladném období (43,2, resp. 45,5 µg·m⁻³). Nejvyšší

dzieli je 68m. Średnie roczne stężenia cząstek PM₁₀ różniły się o 16,4 µg·m⁻³, w Českim Těšínie były o 50% większe. Niżej położona stacja Český Těšín jest prawdopodobnie częściej w stabilnej względnie inwersyjnej warstwie atmosfery, która kształtuje się lokalnie wokół rzeki Olzy i w której skupiają się zanieczyszczenia nie tylko z lokalnych źródeł z terenu obu miast, ale także zanieczyszczenia transportowane podczas południowo-wschodniego wiatru z trzynieckich (Třinec) źródeł przemysłowych i innych źródeł z tego kierunku. Skutkiem innego zlokalizowania stacji jest także odmienny stopień wpływu zanieczyszczeń transportowanych z rejonu Třinca. Stacja Český Těšín jest bardziej narażona na oddziaływanie ruchu drogowego z pobliskich dróg o dużym natężeniu ruchu (patrz różnica stężeń

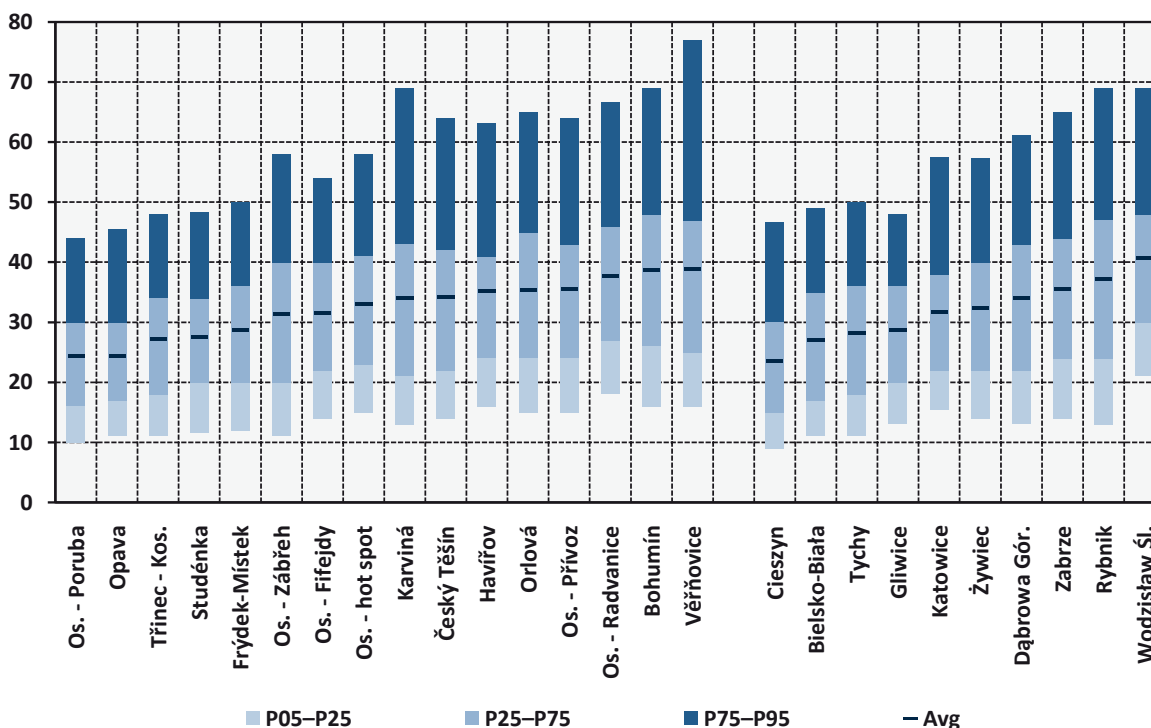
Obr. 4.1.2 Průměrné denní koncentrace PM₁₀ v μg·m⁻³, chladná polovina roku (I–III, X–XII)

Rys. 4.1.2 Średnie dobowe stężenia PM₁₀ w μg·m⁻³, chłodna połowa roku (I–III, X–XII)



Obr. 4.1.3 Průměrné denní koncentrace PM₁₀ v μg·m⁻³, teplá polovina roku (IV–IX)

Rys. 4.1.3 Średnie dobowe stężenia PM₁₀ w μg·m⁻³, ciepła połowa roku (IV–IX)



Avg - průměrná koncentrace v hodnocené polovině roku

Avg - średnie stężenie w badanej połowie roku

P05–P25, P25–P75, P75–P95 - rozsah koncentrací / rozpiętość stężeń

P05, P25, P75, P95 - 5%, 25%, 75% a 95% kvantil (percentil) souboru oblastních průměrných denních koncentrací

P05, P25, P75, P95 - 5%, 25%, 75% i 95% kwantyl (percentyl) zbioru obszarowych średnich stężeń dobowych

koncentrace $78,1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v regionu Moravskoslezského kraje byla dosažena právě v období 2005/06, v regionu Slezského vojvodství byla nejvyšší koncentrace $76,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ naměřena v období 2010/11. V teplých polovinách roku je meziroční proměnlivost úrovně znečištění ovzduší PM_{10} výrazně nižší (obr. 4.1.4–4.1.6). Nejvyšší regionální koncentrace byly v celé oblasti v teplé polovině roku 2006 ($33,7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v regionu Moravskoslezského kraje, $33,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v regionu Slezského vojvodství), nejnižší v teplé polovině roku 2010 ($30,0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v regionu Moravskoslezského kraje) a 2009 ($29,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v regionu Slezského vojvodství). Na jednotlivých stanicích kolísaly průměrné koncentrace PM_{10} v chladných obdobích v regionu Moravskoslezského kraje od 32 do $105 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Ostrava-Poruba/ČHMÚ, 2006/07; Věřňovice, 2005/06), v regionu Slezského vojvodství od 21 do $122 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Žywiec, 2006/07; Wodzisław Śląski, 2005/06), v teplých polovinách roků od 22 do $46 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Ostrava-Poruba/ČHMÚ, 2010; Ostrava-Radvanice, 2006), resp. od 21 do $43 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Bielsko-Biala, 2008; Wodzisław Śląski, 2008).

Meziroční proměnlivost relativních četností denních koncentrací (obr. 4.1.7–4.1.9) vyšších než denní mezní hodnota je vysoká a závisí na meteorologických podmínkách zejména v chladné polovině roku. Výjimečně vysoké hodnoty relativních překročení násobků denní mezní hodnoty byly způsobeny dlouhotrvajícími inverzními situacemi v celé oblasti v zimním období, tj. v prosinci až únoru. Relativní četnost dnů s koncentrací vyšší než denní mezní hodnota $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ byly mnohem vyšší v chladné polovině roku než v polovině teplé. V Ostravě-Radvanicích a Wodzisławiu Śląskim činila každoročně v chladné polovině roku více než 50% a dosáhla zde nejvyšších hodnot, na dalších lokalitách byla četnost nadpoloviční jen v některých letech. Přestože úroveň znečištění ovzduší byla v letní polovině roku mnohem nižší, dochází k překračování denní mezní hodnoty na některých lokalitách a v některých letech dokonce tak často, že počet dnů s překročením byl vyšší než legislativně povolený celoroční počet 35 dnů. Počet dnů s koncentrací vyšší než $100 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (tj. dvojnásobek denní mezní hodnoty) byl v některých zimních obdobích na některých stanicích delší než jeden měsíc. Denní koncentrace vyšší než $150 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (tj. trojnásobek denní mezní hodnoty) byly naměřeny na všech lokalitách, během některých zimních období se však takto nepříznivé situace nevyskytly. Relativní četnosti takto vysokých denních koncentrací kolísaly na jednotlivých stanicích v nejpříznivějším zimním období 2006/07 od 0,0% do 2,4% (Ostrava-Radvanice), zatímco v nejméně příznivém zimním období 2005/06 od 1,1 až do 34,9% (Wodzisław Śląski).

Koncentrace PM_{10} mají velmi výrazný roční chod s maximy v lednových až únorových dekádách

i dobowého průběhu NO_2 v rozd. 4.4). Ostrava-Poruba leží po naviětrnéj straně největšých zdrojů průmyslových, czyli wiatr průmieszcza się częściej w kierunku do zdrojů aniżeli od nich, i dlatego stężenia cząstek PM_{10} są w tym miejscu najniższe w Ostrawie. Największe stężenia są natomiast na stacji komunikacyjnej Ostrava-Českobratrská, zwłaszcza w tych miejscach, na które oddziałują źródła průmyslowe w Ostrawie-Přívóz oraz Ostravie-Radvanicach. W Ostrawie-Radvanicach pięcioletnie stężenie wynosiło o $23,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, tj. o 70% więcej aniżeli w Ostrawie-Porubie.

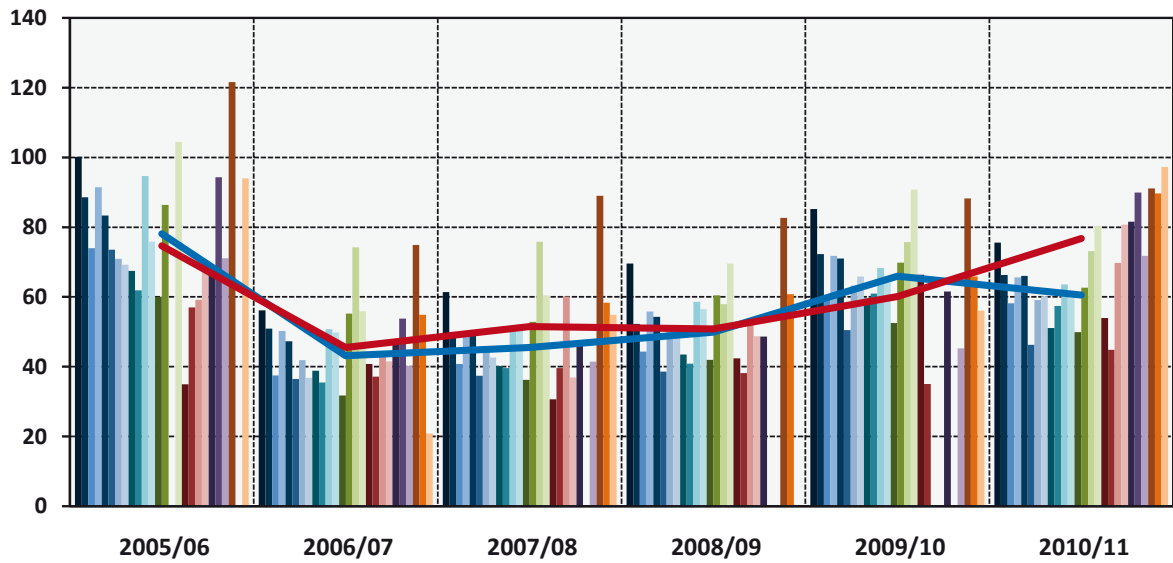
Średnie stężenia PM_{10} w regionie kraju morawskośląskiego w poszczególnych chłodnych okresach osiągnęły poziom od 79 do 110% średniego stężenia w regionie województwa śląskiego (2010/11, 2009/10), w ciepłych połowach roku stosunek ten wynosił od 97 do 108% (2010, 2009).

Bardzo wyraźną zmienność stężeń z roku na rok, spowodowaną odmiennymi warunkami meteorologicznymi, pokazuje bardzo wysoki poziom zanieczyszczenia powietrza PM_{10} na całym obszarze w okresie chłodnym 2005/06 ($78,1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w regionie kraju morawskośląskiego; $74,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w regionie województwa śląskiego) oraz w najniższych wartościach w bezpośrednio następnym chłodnym okresie ($43,2$ lub $45,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Najwyższe stężenie $78,1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w regionie kraju morawskośląskiego odnotowano właśnie w okresie 2005/06, w regionie województwa śląskiego największe stężenie $76,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ zarejestrowano w okresie 2010/11. W ciepłych połowach roku zmienność poziomu zanieczyszczenia powietrza PM_{10} z roku na rok jest znacznie niższa (rys. 4.1.4–4.1.6). Najwyższe stężenia regionalne w całym obszarze wystąpiły w ciepłej połowie roku 2006 ($33,7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w regionie kraju morawskośląskiego, $33,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w regionie województwa śląskiego), najniższe w ciepłej połowie 2010 r. ($30,0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w regionie kraju morawskośląskiego) i 2009 r. ($29,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w regionie województwa śląskiego). Na poszczególnych stacjach średnie stężenia PM_{10} w chłodnych okresach w regionie kraju morawskośląskiego wynosiły od 32 do $105 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Ostrava-Poruba/ČHMÚ, 2006/07; Věřňovice, 2005/06), w regionie województwa śląskiego od 21 do $122 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Žywiec, 2006/07; Wodzisław Śląski, 2005/06), w ciepłych połowach roku od 22 do $46 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Ostrava-Poruba/ČHMÚ, 2010; Ostrava-Radvanice, 2006) lub od 21 do $43 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Bielsko-Biala, 2008; Wodzisław Śląski, 2008).

Dosyć duża jest zmienność z roku na rok względnych częstości stężeń dobowych (rys. 4.1.7–4.1.9) wyższych od dobowej wartości dopuszczalnej i jest zależna od warunków meteorologicznych, zwłaszcza w chłodnej połowie roku. Wyjątkowo wysokie wartości względnych przekroczeń wielokrotności

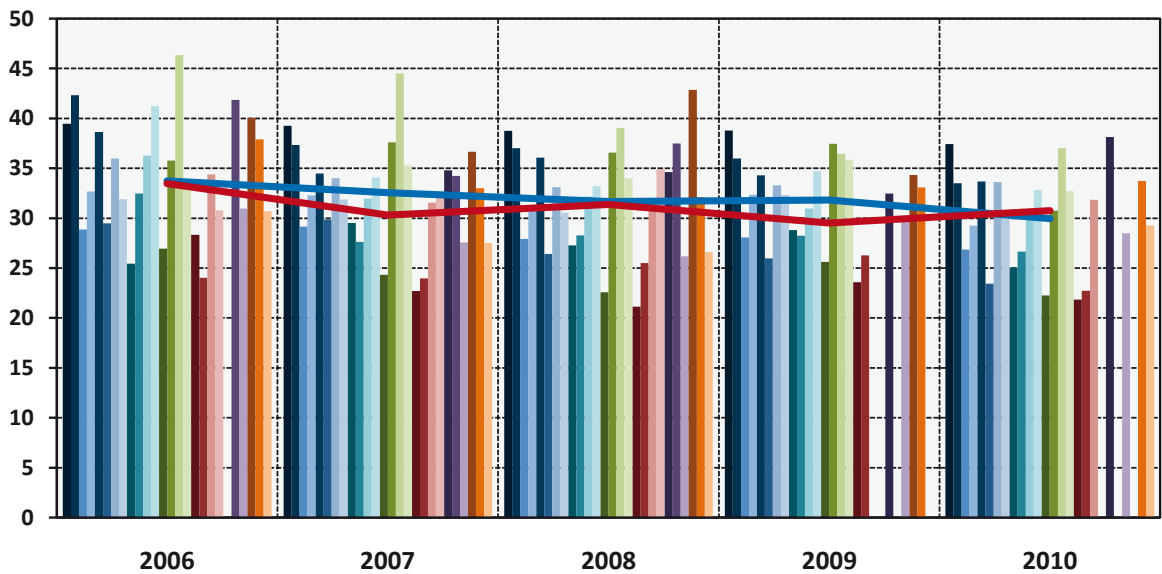
Obr. 4.1.4 Sezónní koncentrace PM₁₀ v µg·m⁻³, chladná období (X–III)

Rys. 4.1.4 Sezonowe stężenia PM₁₀ w µg·m⁻³, chłodne okresy (X–III)



Obr. 4.1.5 Sezónní koncentrace PM₁₀ v µg·m⁻³, teplá období (IV–IX)

Rys. 4.1.5 Sezonowe stężenia PM₁₀ w µg·m⁻³, ciepłe okresy (IV–IX)

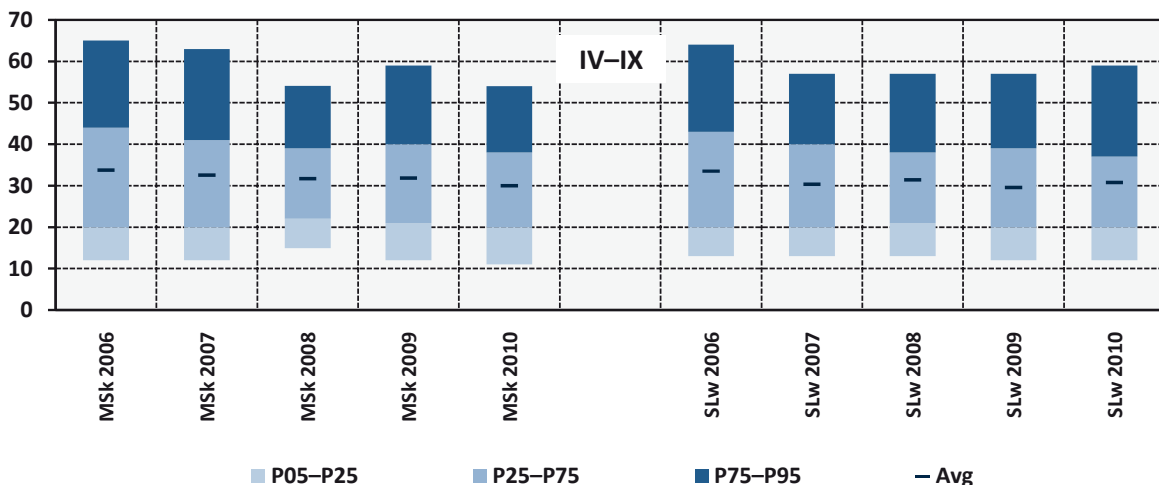
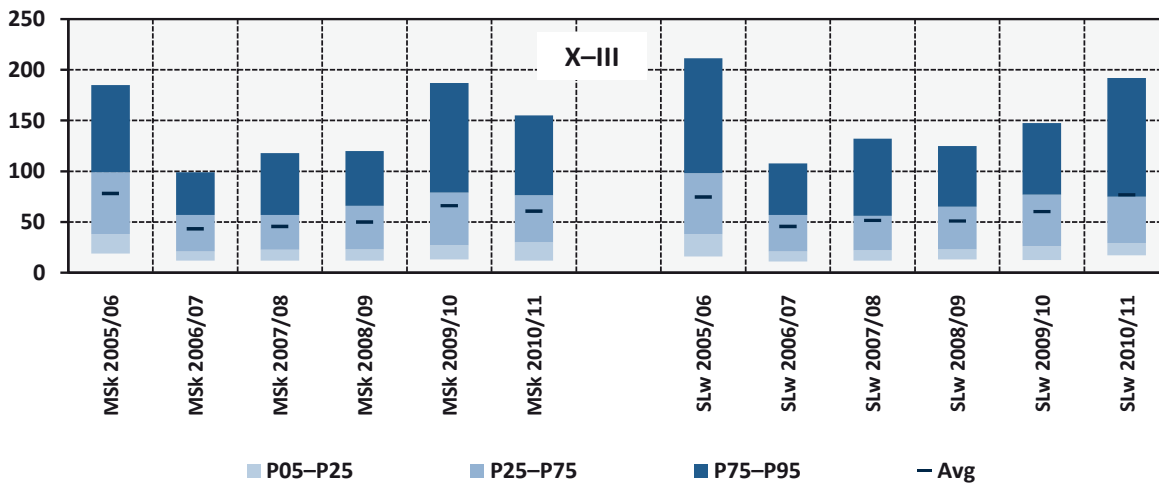
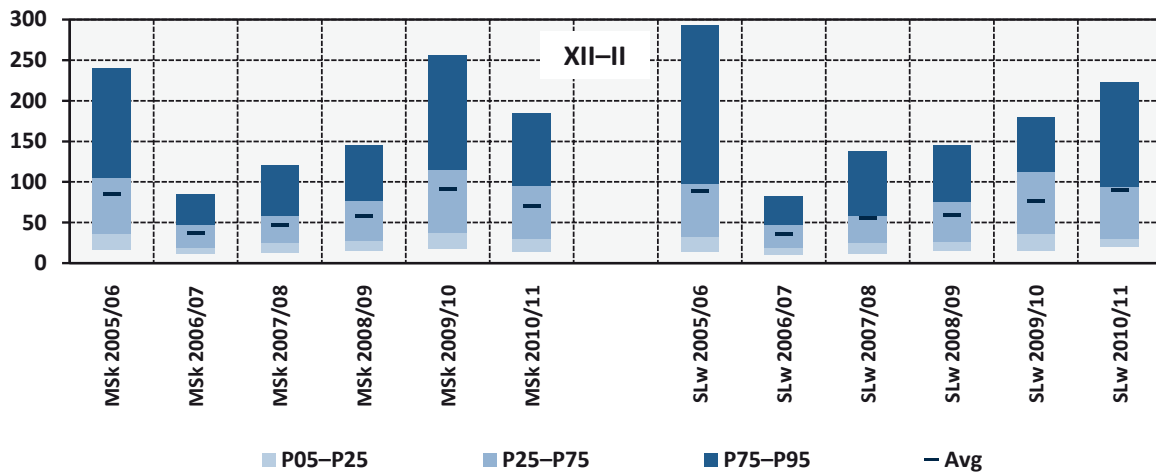


MSK/avg - průměr pro region Moravskoslezského kraje / średnia dla regionu kraju morawskośląskiego

SLW/avg - průměr pro region Slezského vojvodství / średnia dla regionu województwa śląskiego

Obr. 4.1.6 Oblastní průměrné koncentrace PM₁₀ v µg·m⁻³

Rys. 4.1.6 Obszarowe średnie stężenia PM₁₀ w µg·m⁻³



MSk - region Moravskoslezského kraje / region kraju morawskośląskiego

SLw - region Śląskiego województwa / region województwa śląskiego

Avg - průměrná koncentrace / średnie stężenie

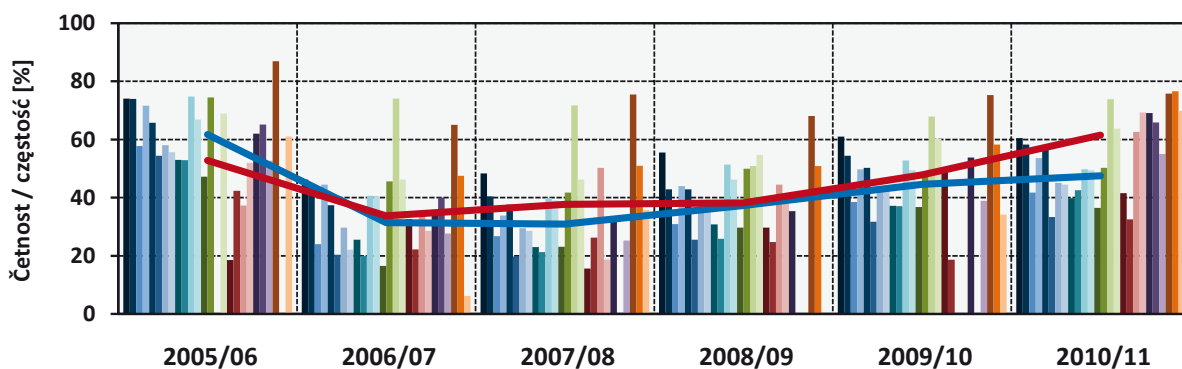
P05-P25, P25-P75, P75-P95 - rozsah koncentrací / rozpiętość stężeń

P05, P25, P75, P95 - 5., 25., 75. a 95. percentil souborů K24 v hodnocené polovině roku

P05, P25, P75, P95 - 5., 25., 75. i 95. percentyl zbiorów K24 w badanej połowie roku

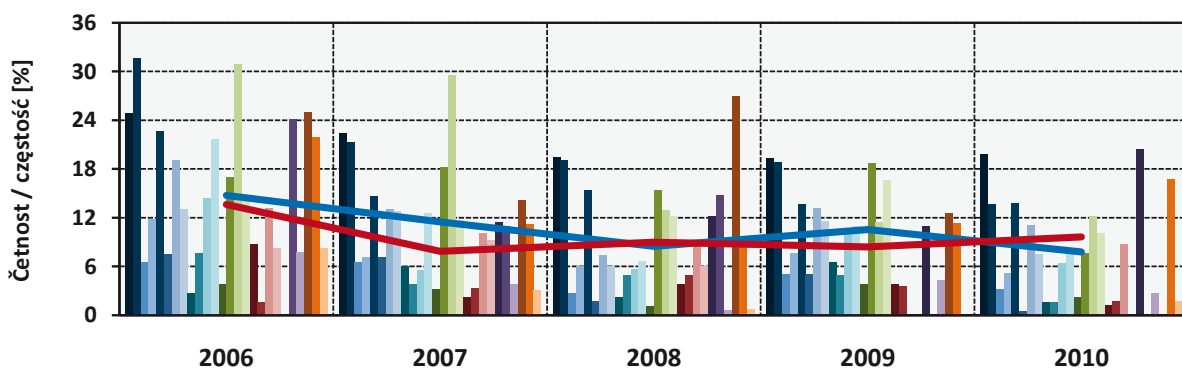
Obr. 4.1.7 Denní koncentrace PM₁₀ vyšší než 50 µg·m⁻³, chladná období (X–III)

Obr. 4.1.7 Dobové stěžení PM₁₀ powyżej 50 µg·m⁻³, chłodne okresy (X–III)



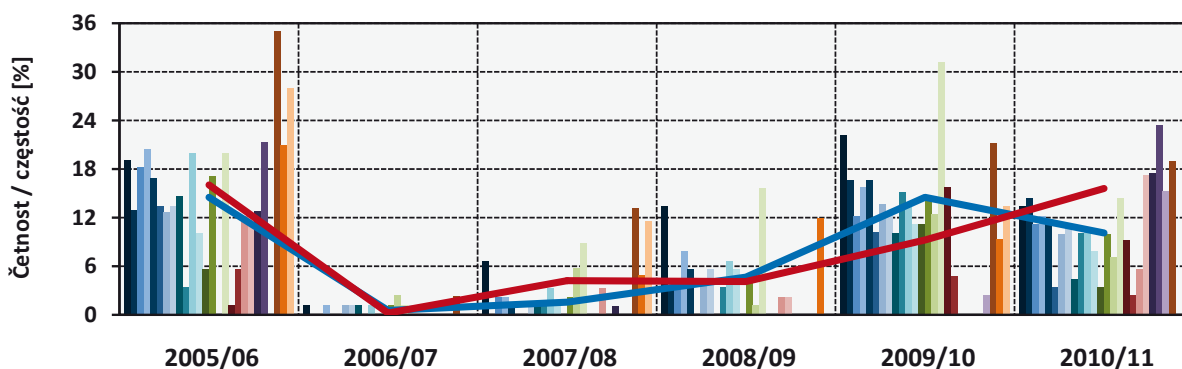
Obr. 4.1.8 Denní koncentrace PM₁₀ vyšší než 50 µg·m⁻³, teplá období (IV–IX)

Obr. 4.1.8 Dobové stěžení PM₁₀ powyżej 50 µg·m⁻³, ciepłe okresy (IV–IX)



Obr. 4.1.9 Denní koncentrace PM₁₀ vyšší než 150 µg·m⁻³, zimní období (XII–II)

Obr. 4.1.9 Dobové stěžení PM₁₀ powyżej 150 µg·m⁻³, zimowe okresy (XII–II)



MSk/avg - průměr pro region Moravskoslezského kraje / średnia dla regionu kraju morawskośląskiego

SLw/avg - průměr pro region Slezského vojvodství / średnia dla regionu województwa śląskiego

a se zhruba vyrovnávají nejnižšími hodnotami od druhé květnové do první zářijové dekády. Rozdíl mezi nejvyššími a nejnižšími průměrnými koncentracemi v jednotlivých dekadách byly na stanicích Cieszyn, Gliwice a Katowice do $45 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, na stanicích Havířov, Bohumín, Wodzisław Śląski a Żywiec byly naopak větší než $80 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Četnosti denních koncentrací vyšších než $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v říjnových až březnových dekadách vesměs překračují 20% (obr. 4.1.10–4.1.11). Denní chod koncentrací PM_{10} je výraznější v chladné polovině roku než v polovině teplé a jeho charakter lze rozdělit do několika typů. V chladné polovině roku měla většina stanic denní chod s jedním hlavním maximem ve večerních hodinách a vedlejším nižším či málo výrazným maximem nejčastěji v ranních hodinách. Na několika stanicích bylo vedlejší maximum velmi nevýrazné nebo zcela chybí a denní chod má jednoduchý průběh s jedním maximem večer, nebo až v noci. Denní chod PM_{10} v teplé polovině roku má na většině stanic stejně jako v chladné polovině roku hlavní maximum buď večer, až v druhé polovině noci, nebo ráno. Hlavní denní minimum většinou nastává v širokém denním období (obr. 4.1.12–4.1.13). Týdenní chod koncentrací PM_{10} byl rovněž poněkud výraznější v chladné polovině roku než v polovině teplé. Maxima dosahuje regionální průměrná denní hodnota PM_{10} v obou regionech shodně v úterý v chladné polovině roku a ve čtvrtek až v pátek v teplé polovině roku, minima v neděli v teplé polovině roku a naopak ve čtvrtek až pátek v chladné polovině roku. Průměrné koncentrace PM_{10} za víkendové dny sobotu a neděli činí na jednotlivých stanicích v chladné polovině roku 89–104% a v teplé polovině roku 82–97% průměrné koncentrace za pracovní dny pondělí až pátek (obr. 4.1.14–4.1.15)¹³.

Jak již bylo konstatováno výše, nejzávažnější zdravotní dopady mají jemné částice, a proto je kromě částic PM_{10} legislativně vyžadováno i sledování úrovně znečištění ovzduší částicemi $\text{PM}_{2,5}$. Měření $\text{PM}_{2,5}$ jsou časově i územně méně rozsáhlá než měření PM_{10} a to zejména v regionu Slezského vojvodství (tab. 4.1).

Průměrné roční koncentrace $\text{PM}_{2,5}$ překračují v některých letech výrazně v celé oblasti roční imisní limit $25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, který má být splněn dnem 1. 1. 2015. V roce 2010, pro který byly dostupné údaje ze všech stanic, byly roční průměrné koncentrace na jednotlivých stanicích od 33,2 do $49,9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Ostrava-Poruba/ČHMÚ, Věřňovice) a překračovaly tedy limit 1,3násobně až 2násobně (tab. 4.1.4,

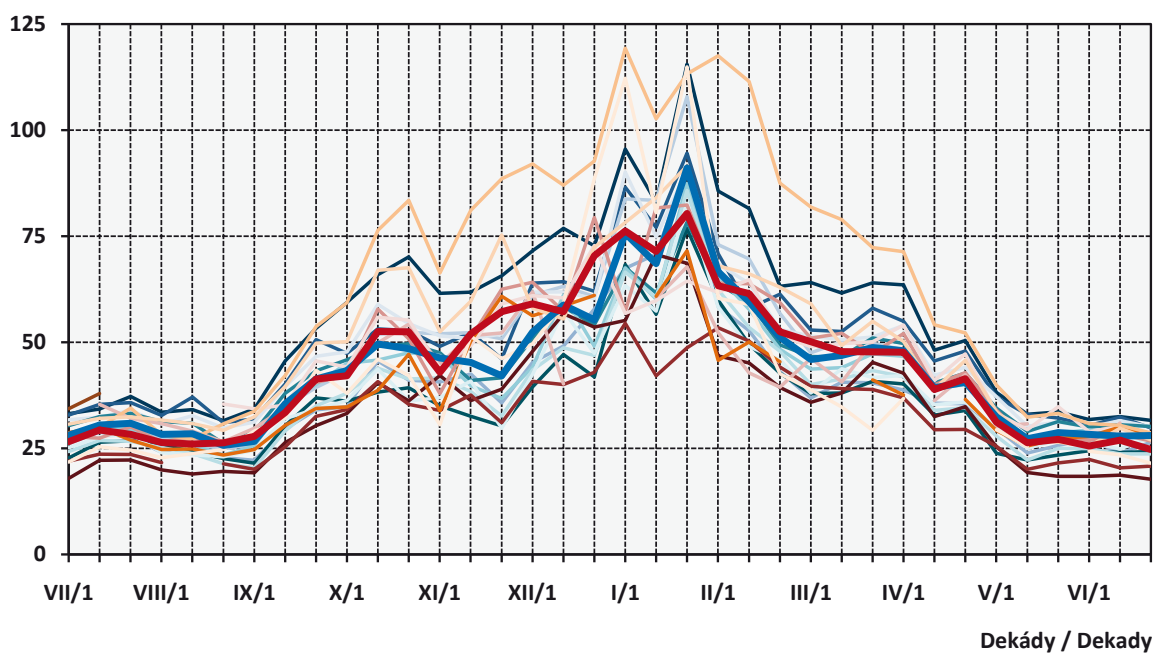
dobové hodnoty dopuszczalnej wynikały z długotrwałych sytuacji inwersyjnych występujących na całym obszarze w okresie zimowym, czyli od grudnia do lutego. Względna częstość dni ze stężeniem powyżej dobowej wartości dopuszczalnej $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ była o wiele wyższa w chłodnej połowie roku aniżeli w ciepłej połowie. W Ostrawie-Radwanicach i Wodzisławiu Śląskim co roku wynosiła powyżej 50% w chłodnej połowie roku i osiągała tu najwyższe wartości, w innych miejscach częstość powyżej połowy występowała w niektórych latach. Pomimo że poziom zanieczyszczenia powietrza był w letniej połowie roku o wiele niższy, w niektórych miejscach i w niektórych latach przekraczane są dobowe wartości dopuszczalne i to na tyle często, że dni z przekroczeniem było więcej od 35 dni w roku dopuszczonych w przepisach prawa. Dni ze stężeniem powyżej $100 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (tj. dwukrotność dobowej wartości dopuszczalnej) było w niektórych okresach zimowych na niektórych stacjach więcej niż miesiąc. Dobowe stężenia powyżej $150 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (tj. trzykrotność dobowej wartości dopuszczalnej) były odnotowane we wszystkich miejscach, jednak w niektórych okresach zimowych tak niekorzystne sytuacje nie wystąpiły. Względne częstości tak wysokich dobowych stężeń na poszczególnych stacjach w najbardziej sprzyjającym okresie zimowym 2006/07 mieściły się w granicach od 0,0% do 2,4% (Ostrava-Radwanice), natomiast w najmniej sprzyjającym okresie zimowym 2005/06 od 1,1 aż do 34,9% (Wodzisław Śląski).

Stężenia PM_{10} mają bardzo wyraźny roczny przebieg z maksimami w dekadach styczniowych i lutowych i mniej więcej wyrównane najniższe wartości od drugiej dekady maja do pierwszej dekady września. Różnice pomiędzy najwyższymi a najniższymi średnimi stężeniami w poszczególnych dekadach do $45 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ wystąpiły na stacjach Cieszyn, Gliwice i Katowice, na stacjach Havířov, Bohumín, Wodzisław Śląski i Żywiec były natomiast większe od $80 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Częstości dobowych stężeń powyżej $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w dekadach października do marca w sumie przekraczają 20% (rys. 4.1.10–4.1.11). Dobowy przebieg stężeń PM_{10} jest bardziej wyraźny w chłodnej połowie roku aniżeli w ciepłej, a jego charakter można podzielić na kilka typów. W chłodnej połowie roku większość stacji wykazała dobowy przebieg z jedną główną wartością maksymalną w godzinach wieczornych i mniejszym lub mało wyraźnym maksimum lokalnym najczęściej w godzinach porannych. Na kilku stacjach maksimum lokalne wystąpiło bardzo niewyraźnie lub całkowicie go brak, a dobowy przebieg jest prosty z jednym maksimum wieczorem lub dopiero w nocy. Dobowy przebieg PM_{10} w ciepłej połowie roku na większości stacji, podobnie jak w chłodnej połowie roku, wykazuje główne maksimum wieczorem, dopiero

¹³ Dle provedených U-Mann Whitney testů je rozdíl mezi průměrnými oblastními koncentracemi za období sobota–neděle a za období pondělí–pátek v obou oblastech statisticky významný na hladině $p = 0,05$ pouze v teplé polovině roku.

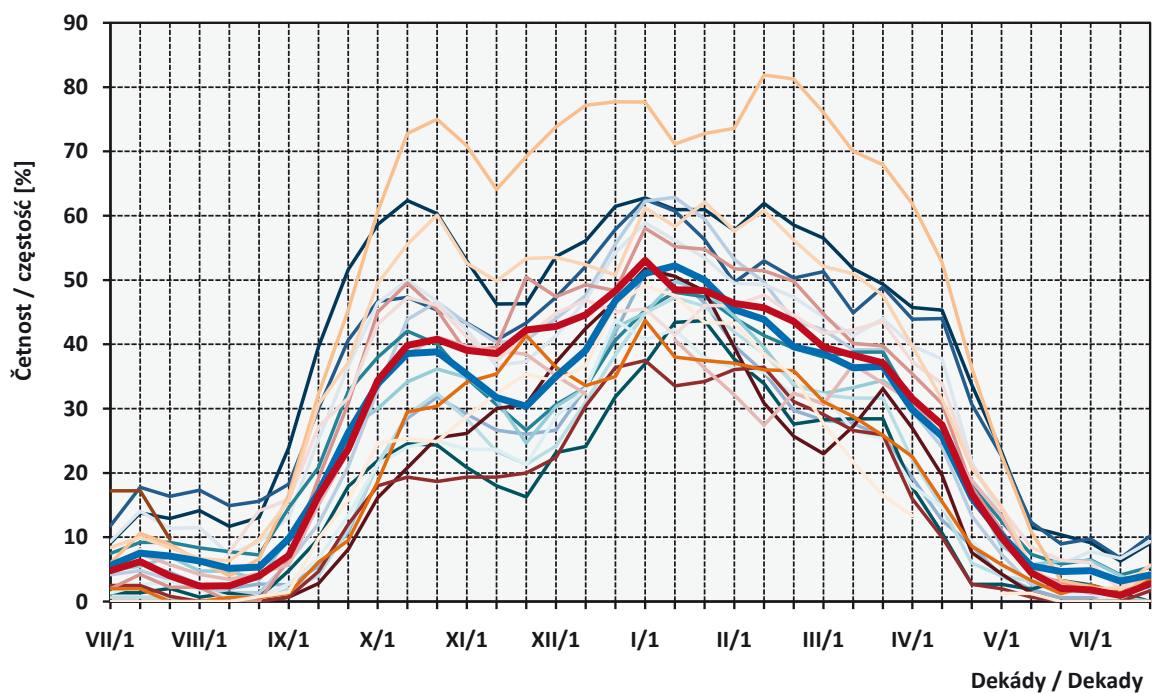
Obr. 4.1.10 Roční chod koncentrací PM₁₀ v µg·m⁻³

Rys. 4.1.10 Roczny przebieg stężeń PM₁₀ w µg·m⁻³



Obr.4.1.11 Roční chod koncentrací PM₁₀ vyšších než 50 µg·m⁻³

Rys.4.1.11 Roczny przebieg stężeń PM₁₀ wyższych niż 50 µg·m⁻³

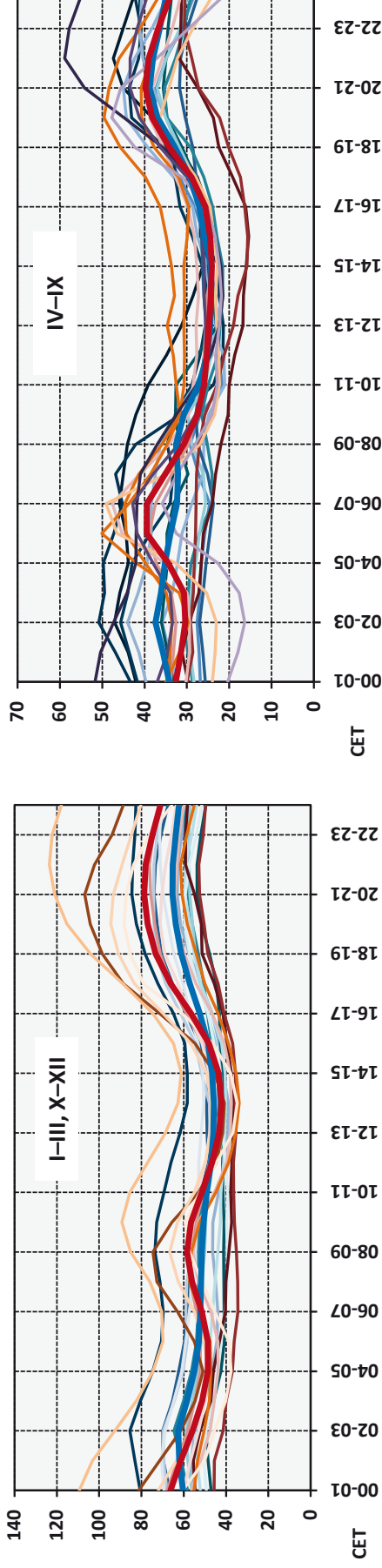


- | | | | | |
|---------------|---------------|---------------|----------|---------------|
| Bohumín | Český Těšín | Frýdek-Místek | Havířov | Karviná |
| Opava | Os. - Fifejdy | Os. - Zábřeh | Studénka | Třinec - Kos. |
| Bielsko-Biala | Cieszyn | Dąbrowa Gór. | Gliwice | Katowice |
| Rybnik | Tychy | Wodzisław Śl. | Zabrze | Żywiec |
| MSk/avg | SLw/avg | | | |

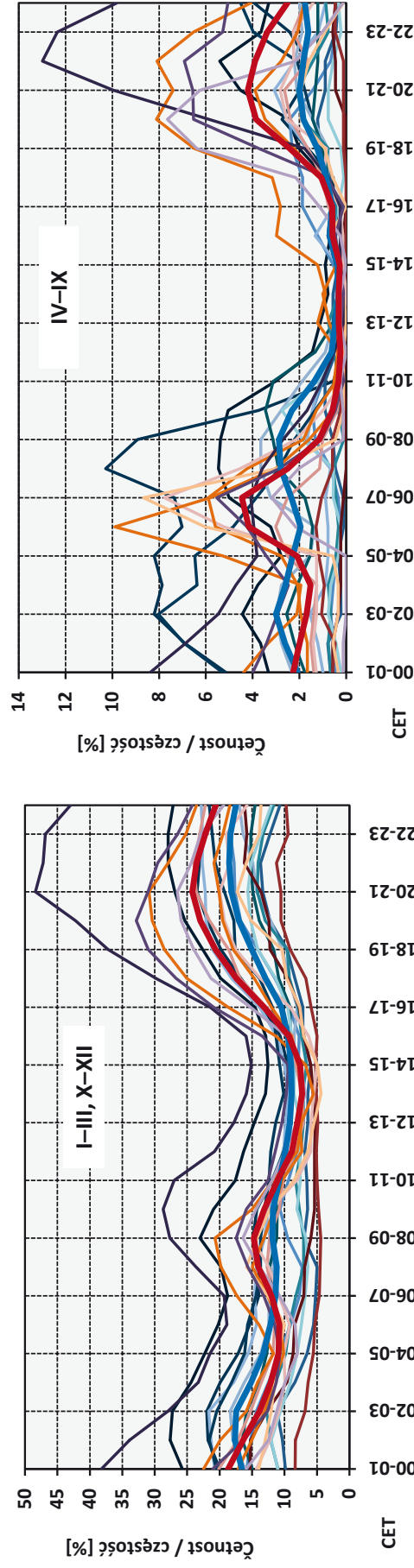
MSk/avg - průměr pro region Moravskoslezského kraje / średnia dla regionu kraju morawskośląskiego

SLw/avg - průměr pro region Slezského vojvodství / średnia dla regionu województwa śląskiego

Obr. / Rys. 4.1.12 Denní chod koncentrací PM_{10} v $\mu g \cdot m^{-3}$ / Dobový průběh stéžen PM_{10} w $\mu g \cdot m^{-3}$



Obr. / Rys. 4.1.13 Denní chod koncentrací PM_{10} vyšších než $100 \mu g \cdot m^{-3}$ / Dobový průběh stéžen PM_{10} vyšších než $100 \mu g \cdot m^{-3}$

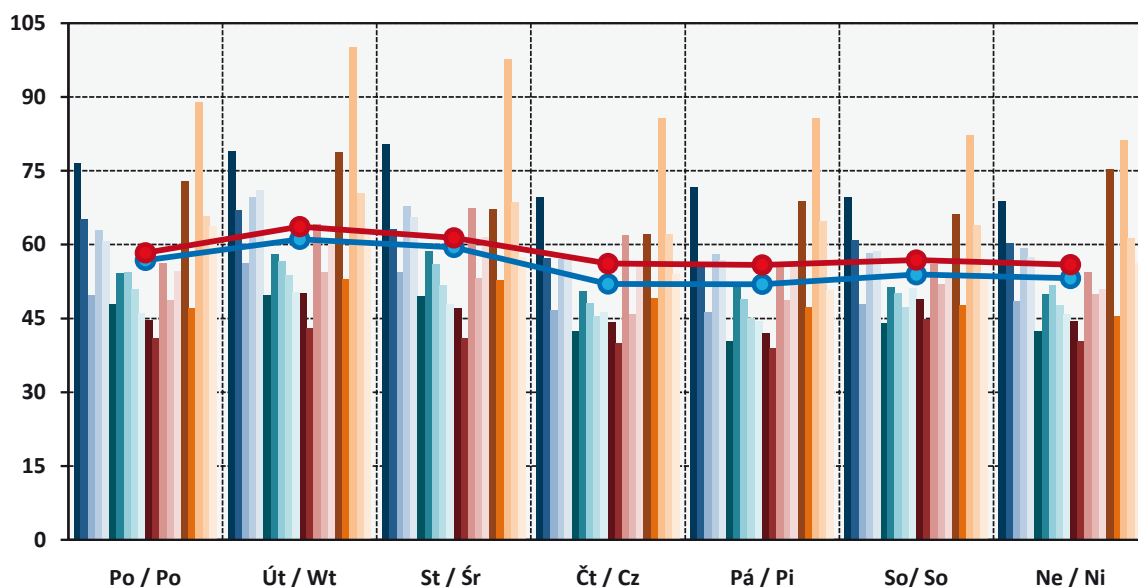


- Bohumín
- Karviná
- Studénka
- Dąbrowa Gór.
- Tychy
- MSK/avg
- Český Těšín
- Opava
- Třinec - Kos.
- Gliwice
- Wodzisław Śl.
- SLW/avg
- Frýdek-Místek
- Os. - Fifejdy
- Bielsko-Biala
- Katowice
- Zabrze
- Havířov
- Os. - Zábřeh
- Cieszyn
- Rybník
- Żywiec

- MSK/avg - průměr pro region Moravskoslezského kraje
- MSK/avg - střední dla regionu kraju morawskośląskiego
- SLW/avg - průměr pro region Śląského vojvodství
- SLW/avg - střední dla regionu województwa śląskiego

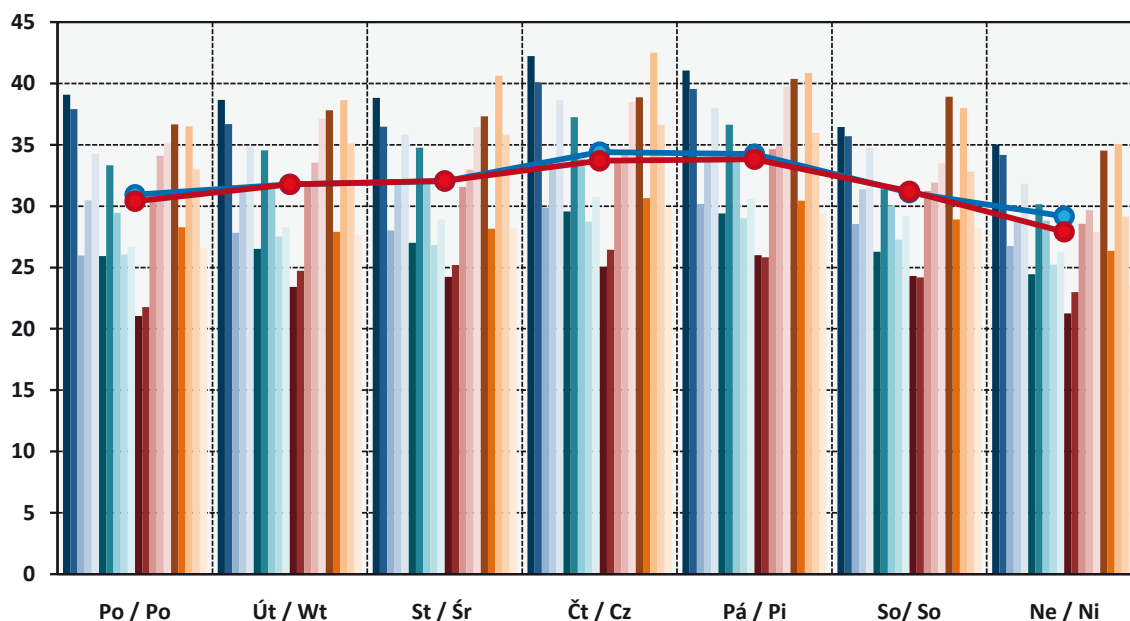
Obr. 4.1.14 Týdenní chod koncentrací PM₁₀ v µg·m⁻³, chladná polovina roku (I–III, X–XII)

Rys. 4.1.14 Tygodniowy przebieg stężeń PM₁₀ w µg·m⁻³, chłodne połowy roku (I–III, X–XII)



Obr. 4.1.15 Týdenní chod koncentrací PM₁₀ v µg·m⁻³, teplá polovina roku (IV–IX)

Rys. 4.1.15 Tygodniowy przebieg stężeń PM₁₀ w µg·m⁻³, ciepła połowa roku (IV–IX)



- | | | | | |
|---------------|---------------|---------------|----------|---------------|
| Bohumín | Český Těšín | Frýdek-Místek | Haviřov | Karviná |
| Opava | Os. - Fifejdy | Os. - Zábřeh | Studénka | Třinec - Kos. |
| Bielsko-Biala | Cieszyn | Dąbrowa Gór. | Gliwice | Katowice |
| Rybnik | Tychy | Wodzisław Śl. | Zabrze | Żywiec |
| MSK/avg | SLW/avg | | | |

Po / Po - pondělí / poniedziałek, Út / Wt - úterý / wtorek, St / Šr - středa / środa, Čt / Cz - čtvrtek / czwartek
 Pá / Pi - pátek / piątek, So / So - sobota / sobota, Ne / Ni - neděle / niedziela

MSK/avg - průměr pro region Moravskoslezského kraje / średnia dla regionu kraju morawskośląskiego

SLW/avg - průměr pro region Slezského vojvodství / średnia dla regionu województwa śląskiego

obr. 4.1.16). V chladné polovině byly koncentrace $PM_{2,5}$ výrazně vyšší než v teplé polovině roku a pohybovaly se od 27,0 do 86,3 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v regionu Moravskoslezského kraje (Ostrava-Přivoz, 2006/07; Věřňovice, 2005/06) a od 37,7 do 69,3 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v regionu Slezského vojvodství (Zabrze, 2006/07; Gliwice, 2010/11) zatímco v teplé polovině roku od 16,3 do 33,4 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Ostrava-Radvanice, 2010; Bohumín, 2006) a od 19,5 do 25,2 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Zabrze, 2009; Katowice, 2010).

Podíl částic $PM_{2,5}$ v PM_{10} není vždy a všude stejný. Liší se v závislosti na původu částic a rovněž na roční a denní době. V přeshraniční oblasti Slezska a Moravy tvoří částice $PM_{2,5}$ většinu částic PM_{10} . Zatímco v chladných obdobích byl podíl $PM_{2,5}$ v PM_{10} poněkud vyšší v regionu Slezského vojvodství, v teplých polovinách roku byl naopak vyšší v regionu Moravskoslezského kraje. Podíl $PM_{2,5}/PM_{10}$ se pohyboval v chladných obdobích od 0,72 do 0,88 v regionu Moravskoslezského kraje a od 0,76 do 0,92 v regionu Slezského vojvodství, v teplých polovinách roku byl podíl poněkud nižší, a sice 0,61–0,83 a 0,59–0,76 (obr. 4.1.17).

4.2 Benzo[a]pyren

Benzo[a]pyren ($C_{20}H_{12}$) je hlavním představitelem polycyklických aromatických uhlovodíků (PAH). Příčinou jejich přítomnosti v ovzduší je jednak nedokonalé spalování fosilních paliv, jak ve stacionárních, tak i mobilních zdrojích, ale také některé technologie jako výroba koksu a železa. Ze stacionárních zdrojů jsou to především domácí topeniště (spalování uhlí a dřeva), z mobilních zdrojů jsou to zejména vznětové motory spalující naftu. Přírodní hladina pozadí benzo[a]pyrenu může být s výjimkou výskytu lesních požárů téměř nulová. Přibližně 80–100% PAH s pěti a více aromatickými jádry (tedy i benzo[a]pyren) je navázáno především na částice menší než 2,5 μm , tedy na tzv. jemnou frakci atmosférického aerosolu $PM_{2,5}$ (sorpce na povrchu částic). Tyto částice přetrvávají v atmosféře poměrně dlouhou dobu (dny až týdny), což umožňuje jejich transport na velké vzdálenosti (stovky až tisíce km). U benzo[a]pyrenu, stejně jako u některých dalších PAH, jsou prokázány karcinogenní účinky na lidský organismus [ČHMÚ, 2012].

Několikanásobné překračování cílové hodnoty benzo[a]pyrenu v PM_{10} , které má být dosaženo dnem 31. 12. 2012 [EC, 2008], představuje největší zdravotní riziko spojené se znečištěným ovzduším přeshraniční oblasti Slezska a Moravy. Významným faktorem ovlivňujícím imisní koncentrace benzo[a]pyrenu je kromě průmyslové výroby rovněž vytápění domácností.

Výsledky měření koncentrací benzo[a]pyrenu v PM_{10} byly ze stanic z regionu Slezského vojvodství

w druhé polovině noci lub rano. Głównie dobowe minimum pojawia się zazwyczaj w ciągu dnia (rys. 4.1.12–4.1.13). Tygodniowy przebieg stężeń PM_{10} był także poniekąd bardziej wyraźny w chłodnej połowie roku w porównaniu z ciepłą połową roku. Maksymalny poziom regionalnej średniej dobowej wartości PM_{10} w obu regionach występuje zgodnie we wtorek w chłodnej połowie roku oraz w czwartek–piątek w ciepłej połowie roku, minimalny poziom w niedzielę w ciepłej połowie roku i w czwartek–piątek w chłodnej połowie roku. Średnie stężenia PM_{10} w dni weekendu, w sobotę i niedzielę, wynoszą na poszczególnych stacjach w chłodnej połowie roku 89–104%, natomiast w ciepłej połowie roku 82–97% średniego stężenia z dni roboczych od poniedziałku do piątku (rys. 4.1.14–4.1.15)¹³.

Jak już stwierdzono powyżej, najpoważniejsze skutki zdrowotne są wywoływane przez cząstki drobne, dlatego przepisy prawa nakładają obowiązek monitorowania poziomu zanieczyszczenia powietrza nie tylko cząstkami PM_{10} , ale także cząstkami $PM_{2,5}$. Pomiary $PM_{2,5}$ są wykonywane w bardziej okrojonym czasowo i terytorialnie zakresie aniżeli pomiary PM_{10} , zwłaszcza w regionie województwa śląskiego (tab. 4.1).

Średnie roczne stężenia $PM_{2,5}$ w niektórych latach wyraźnie przekraczają w całym obszarze roczną normę imisji 25 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, która ma być spełniona do 1 stycznia 2015 r. W 2010 r., z którego są dostępne dane ze wszystkich stacji, roczne średnie stężenia wynosiły na poszczególnych stacjach od 33,2 do 49,9 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Ostrava-Poruba/ČHMÚ, Věřňovice) i przekraczają normę 1,3-krotnie až 2-krotnie (tab. 4.1.4, rys. 4.1.16). W chłodnej połowie roku stężenia $PM_{2,5}$ były wyraźnie wyższe niż w ciepłej połowie roku i zawierały się w granicach od 27,0 do 86,3 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w regionie kraju morawskośląskiego (Ostrava-Přivoz, 2006/07; Věřňovice, 2005/06) i od 37,7 do 69,3 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w regionie województwa śląskiego (Zabrze, 2006/07; Gliwice, 2010/11), natomiast w ciepłej połowie roku od 16,3 do 33,4 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Ostrava-Radvanice, 2010; Bohumín, 2006) i od 19,5 do 25,2 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Zabrze, 2009; Katowice, 2010).

Udział cząstek $PM_{2,5}$ w PM_{10} nie jest zawsze i wszędzie taki sam. Różni się w zależności od pochodzenia cząstek, a także od pory roku i dnia. W transgranicznym obszarze Śląska i Moraw cząstki $PM_{2,5}$ tworzą większość cząstek PM_{10} . W okresach chłodnych udział $PM_{2,5}$ w PM_{10} był nieco wyższy

¹³ Zgodnie z przeprowadzonymi testami U-Manna Whitneya różnica między średnimi obszarowymi stężeniami z okresu sobota–niedziela i z okresu poniedziałek–piątek jest istotna pod względem statystycznym na poziomie $p = 0,05$ w obu obszarach tylko w ciepłej połowie roku.

Tab. 4.1.4 Koncentrace suspendovaných částic PM_{2,5} v µg·m⁻³, přeshraniční oblast Slezska a Moravy

Tab. 4.1.4 Stężenia pyłu zawieszanego PM_{2,5} w µg·m⁻³, obszar transgraniczny Śląska i Moraw

| | Bohumín | Os. - Zábřeh | Třinec - Kos. | Os. - Poruba | Os. - Přívoz | Os. - Radvanice | Věřňovice | Dąbrowa Gór. | Gliwice | Katowice | Zabrze | Godów |
|--|-------------|--------------|---------------|--------------|--------------|-----------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Denní (24hodinové) koncentrace (K24), 2006–2009 | | | | | | | | | | | | |
| Dobowe (24godzinne) stężenia (K24), 2006-2009 | | | | | | | | | | | | |
| % N | 94,3 | 99,2 | 95,9 | 99,4 | 96,7 | 47,0 | 98,8 | 55,6 | 8,3 | 12,4 | 88,3 | 0,0 |
| Avg | 38,8 | 31,1 | 26,4 | 27,2 | 37,6 | | 40,5 | | | | 34,3 | |
| P05 | 12 | 8 | 8 | 7 | 12 | | 10 | | | | 9 | |
| P25 | 20 | 16 | 15 | 14 | 20 | | 18 | | | | 16 | |
| P75 | 46 | 38 | 31 | 33 | 44 | | 47 | | | | 42 | |
| P95 | 97 | 80 | 58 | 68 | 91 | | 105 | | | | 86 | |
| Max | 310 | 223 | 242 | 176 | 246 | | 563 | | | | 323 | |
| % K24>25 | 64,4 | 48,1 | 37,8 | 38,6 | 61,8 | | 57,2 | | | | 48,4 | |
| % K24>100 | 4,4 | 2,4 | 0,9 | 1,4 | 3,3 | | 5,6 | | | | 3,7 | |
| Avg I–III, X–XII | 49,8 | 38,8 | 31,9 | 35,4 | 47,9 | | 55,7 | | | | 47,2 | |
| Avg IV–IX | 28,3 | 23,4 | 21,3 | 19,1 | 26,8 | | 25,2 | | | | 21,1 | |
| Denní (24hodinové) koncentrace (K24), 2010 | | | | | | | | | | | | |
| Dobowe (24godzinne) stężenia (K24), 2010 | | | | | | | | | | | | |
| % N | 98,6 | 98,4 | 100,0 | 98,6 | 100,0 | 82,2 | 99,2 | 97,8 | 93,4 | 91,0 | 88,5 | 98,6 |
| Avg | 47,5 | 39,1 | 36,1 | 33,2 | 42,4 | 47,5 | 49,9 | 44,5 | 45,5 | 43,4 | 40,0 | 49,1 |
| P05 | 11 | 8 | 8 | 6 | 10 | 14 | 10 | 12 | 8 | 13 | 8 | 11 |
| P25 | 21 | 17 | 15 | 13 | 18 | 24 | 20 | 21 | 17 | 21 | 15 | 19 |
| P75 | 55 | 45 | 36 | 40 | 53 | 60 | 59 | 59 | 56 | 54 | 50 | 59 |
| P95 | 131 | 109 | 120 | 91 | 114 | 117 | 148 | 119 | 144 | 113 | 134 | 149 |
| Max | 364 | 350 | 408 | 370 | 343 | 314 | 341 | 299 | 313 | 243 | 298 | 320 |
| % K24>25 | 63,1 | 52,6 | 44,4 | 40,6 | 56,7 | 70,7 | 64,6 | 64,1 | 55,1 | 62,0 | 49,8 | 59,7 |
| % K24>100 | 9,4 | 7,0 | 6,6 | 4,2 | 7,4 | 7,7 | 12,7 | 7,0 | 10,9 | 8,1 | 7,4 | 12,5 |
| Avg I–III, X–XII | 70,5 | 56,1 | 52,9 | 50,2 | 62,3 | 62,9 | 75,1 | 65,9 | 70,1 | 63,7 | 63,9 | 74,8 |
| Avg IV–IX | 25,1 | 21,8 | 19,5 | 16,3 | 22,5 | 25,3 | 25,0 | 24,2 | 21,4 | 25,2 | 19,8 | 24,2 |
| Avg 2010 v % Avg 2006–2009 / Avg 2010 w % Avg 2006–2009 | | | | | | | | | | | | |
| I–III, X–XII | 142 | 145 | 166 | 142 | 130 | | 135 | | | | 135 | |
| IV–IX | 89 | 93 | 92 | 85 | 84 | | 99 | | | | 94 | |
| I–XII | 122 | 126 | 137 | 122 | 113 | | 123 | | | | 117 | |

% N - relativní četnost hodnocených K24 v % možných koncentrací N (2006–2009 N=1461, 2010 N=365)

% N - względna częstość badanych K24 w % możliwych stężeń N (2006-2009 N=1461, 2010 N=365)

Avg - průměrná koncentrace v hodnoceném období

Avg - średnie stężenie w badanym okresie

P05, P25, P75, P95 - 5., 25., 75. a 95.percentil souborů K24 v hodnoceném období

P05, P25, P75, P95 - 5., 25., 75. i 95.percentyl zbiorów K24 w badanym okresie

Max - maximální naměřená koncentrace v hodnoceném období

Max - maksymalne odnotowane stężenie w badanym okresie

% K24>25, % K24>100 - relativní četnost K24 > 25 µg·m⁻³, respektive K24 > 100 µg·m⁻³ v % hodnocených K24

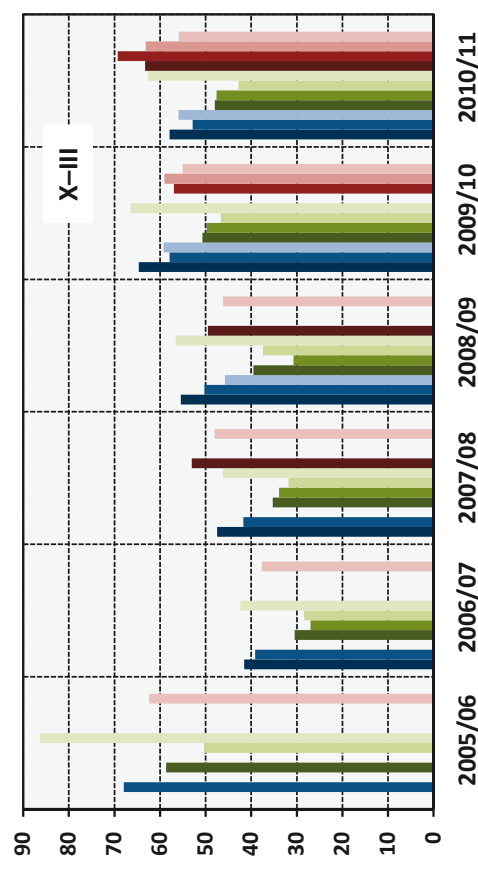
% K24>25, % K24>100 - względna częstość K24 > 25 µg·m⁻³, względnie K24 > 100 µg·m⁻³ w % badanych K24

Hodnoty vtištěné tučnou kurzívou značí překročení hodnoty imisního limitu

Wartości zaznaczone pogrubioną kursywą oznaczają przekroczenie wartości normy imisji

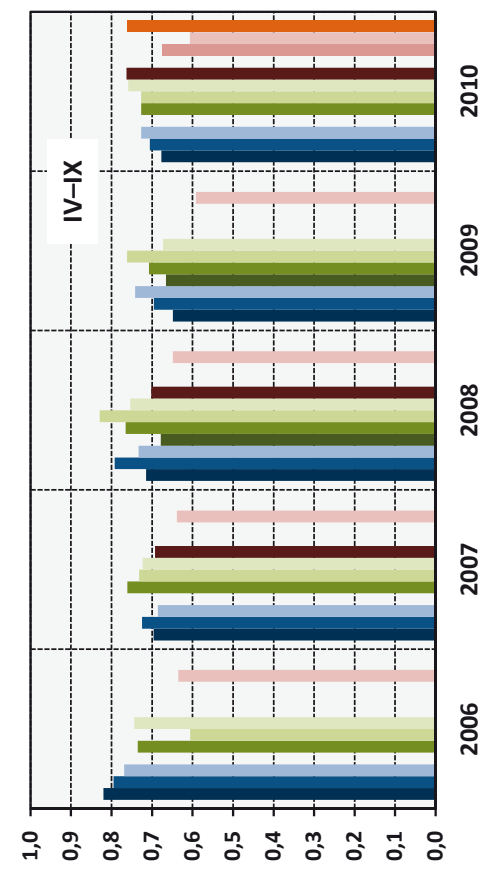
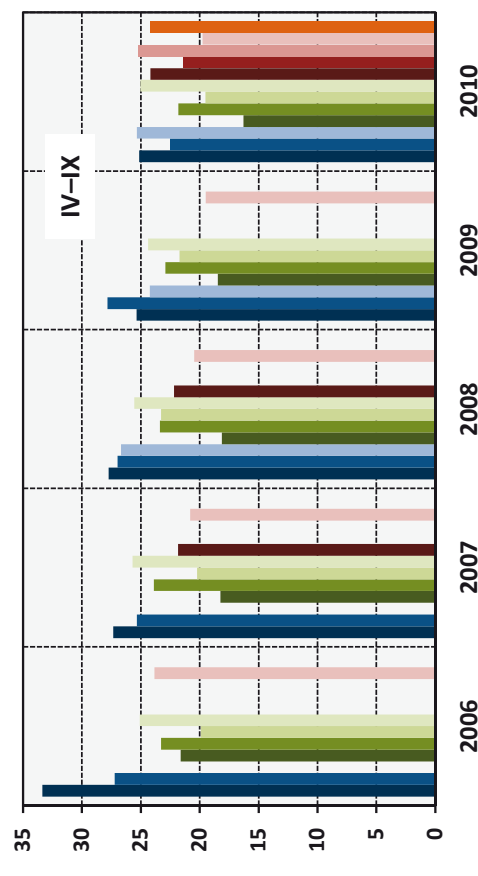
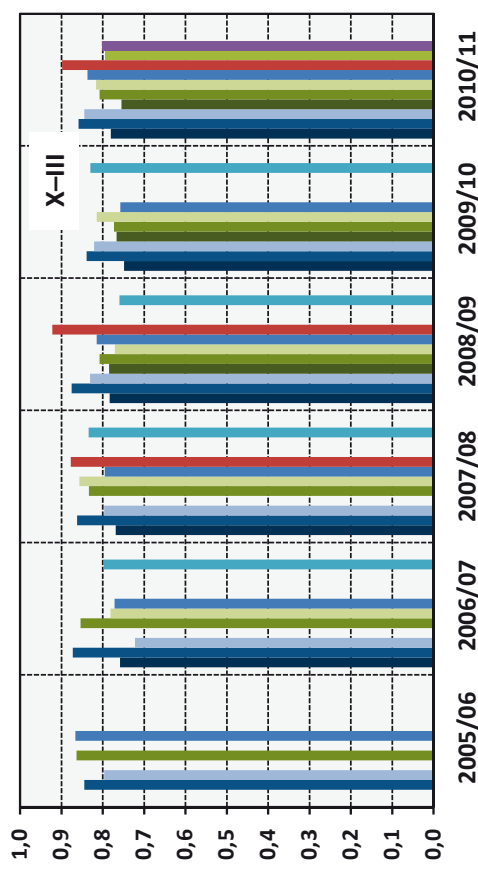
Obr. 4.1.16 Sezónní koncentrace $PM_{2,5}$ v $\mu g \cdot m^{-3}$

Rys. 4.1.16 Sezónowe stężenia $PM_{2,5}$ w $\mu g \cdot m^{-3}$



Obr. 4.1.17 Sezónní podíly koncentrací $PM_{2,5}$ / PM_{10}

Rys. 4.1.17 Sezónowe udziały stężeń $PM_{2,5}$ / PM_{10}



k dispozici, na rozdíl od regionu Moravskoslezského kraje, pouze za rok 2010. Přesto je evidentní, že úroveň znečištění ovzduší benzo[a]pyrenem je velmi závažným problémem v celé přeshraniční oblasti Slezska a Moravy. Průměrné roční koncentrace překročily na jednotlivých stanicích v jednotlivých letech cílovou hodnotu $1 \text{ ng} \cdot \text{m}^{-3}$ více než 3násobně až 18násobně. V regionu Moravskoslezského kraje je nejhorší situace v Ostravě-Radvanicích, kde byla cílová hodnota překročena v jednotlivých letech více než 7násobně až 9násobně. Výsledky měření z roku 2010 však ukazují, že v regionu Slezského vojvodství je imisní situace ještě mnohem horší (obr. 4.2.1).

Koncentrace benzo[a]pyrenu mají velmi výrazný roční chod s dominantními hodnotami v chladné polovině roku. Průměrné měsíční koncentrace se v roce 2010 pohybovaly ve velmi širokém rozmezí od 0,1 do $35,3 \text{ ng} \cdot \text{m}^{-3}$. Průměrné měsíční koncentrace benzo[a]pyrenu klesly na jednotlivých stanicích pod hodnotu $1 \text{ ng} \cdot \text{m}^{-3}$ pouze v měsících květen–září, na všech stanicích pouze v červenci (obr. 4.2.2).

4.3 Těžké kovy v PM_{10} – arsen, kadmium, nikl, olovo

Arsen (As) se vyskytuje v mnoha formách anorganických i organických sloučenin. Antropogenní činnost produkuje asi tři čtvrtiny celkových emisí arsenu do ovzduší. Významné jsou hlavně spalovací procesy (hnědé uhlí, černé uhlí a těžké topné oleje), výroba železa a oceli, výroba mědi a zinku. Mezi hlavní přírodní zdroje patří v první řadě vulkanická činnost, dále pak požáry lesů, zvětrávání minerálů a činnost mikroorganismů (v mokřinách, močálech a přibřežních oblastech). Arsen se vyskytuje převážně v částicích jemné frakce (s aerodynamickým průměrem do $2,5 \mu\text{m}$), která může být transportována na delší vzdálenost a pronikat hlouběji do dýchací soustavy. Téměř veškerý arsen je vázán na částice s aerodynamickým průměrem do velikosti $10 \mu\text{m}$. Anorganický arsen může vyvolat akutní, subakutní nebo chronické účinky, které mohou být lokální nebo zasáhnout organismus celkově. Kritickým účinkem vdechování arsenu je rakovina plic.

Antropogenní zdroje kadmia (Cd) tvoří v globálním pohledu cca 90 % emisí do ovzduší. Převážně se jedná o výrobu železa, oceli, metalurgie neželezných kovů, spalování odpadů a fosilních paliv (hnědé uhlí, černé uhlí a těžké topné oleje). Méně významným zdrojem emisí je doprava. Zbýlých 10 % tvoří přirozené zdroje (především vulkanická činnost). Kadmium je rovněž navázáno převážně na částice s aerodynamickým průměrem do $2,5 \mu\text{m}$, které jsou spojeny s větším rizikem negativního vlivu na lidské zdraví. V částicích s aerodynamickým

w regionie województwa śląskiego, natomiast w ciepłych połowach roku był wyższy w regionie kraju morawskośląskiego. Udział $\text{PM}_{2,5}/\text{PM}_{10}$ w chłodnych okresach mieścił się w granicach od 0,72 do 0,88 w regionie kraju morawskośląskiego oraz od 0,76 do 0,92 w regionie województwa śląskiego, w ciepłych połowach roku udział był nieco niższy – odpowiednio 0,61–0,83 i 0,59–0,76 (rys. 4.1.17).

4.2. Benzo[a]piren

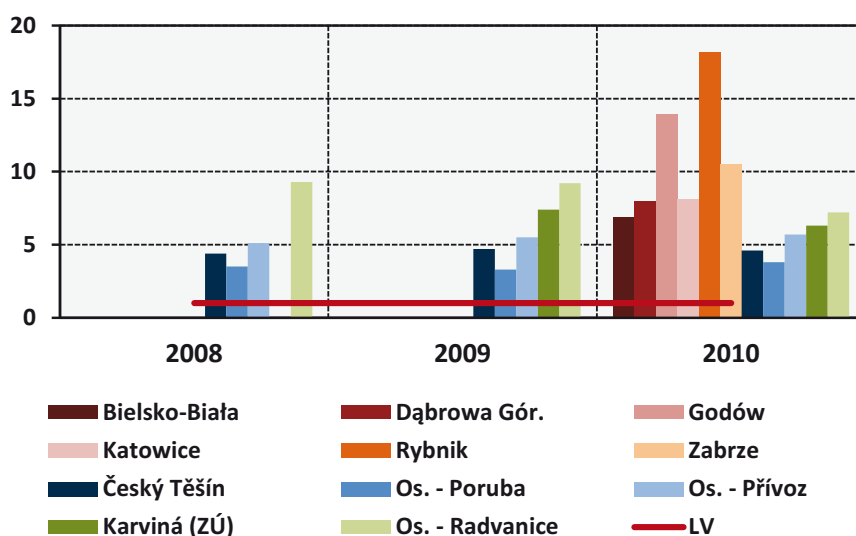
Benzo[a]piren ($\text{C}_{20}\text{H}_{12}$) jest głównym przedstawicielem wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA). Jego obecność w atmosferze wynika zarówno z niedoskonałego spalania paliw kopalnych w źródłach stacjonarnych i mobilnych, jak i stosowania niektórych technologii, takich jak produkcja koksu i żelaza. Spośród źródeł stacjonarnych to przede wszystkim domowe paleniska (spalanie węgla i drewna), ze źródeł mobilnych w szczególności wysokoprężne silniki spalające ropę naftową. Naturalny poziom tła stężeń benzo[a]pirenu może być niemal zerowy, wyjątkiem są tu pożary lasu. Mniej więcej 80–100% WWA co najmniej z pięcioma jądrami aromatycznymi (czyli także benzo[a]piren) nawiązanych jest przede wszystkim na cząstkach mniejszych niż $2,5 \mu\text{m}$, czyli na tzw. drobnej frakcji aerozolu atmosferycznego $\text{PM}_{2,5}$ (sorpcja na powierzchni cząstek). Cząstki te utrzymują się w atmosferze przez stosunkowo długi czas (dni do tygodni), co umożliwia ich przenoszenie na duże odległości (setki, a nawet tysiące kilometrów). W przypadku benzo[a]pirenu, podobnie jak w przypadku niektórych innych WWA, udowodniono rakotwórczy wpływ na organizm człowieka [ČHMÚ, 2012].

Kilkukrotnie przekraczanie wartości docelowej benzo[a]pirenu w PM_{10} , jaka ma zostać osiągnięta na dzień 31 grudnia 2012 r. [EC, 2008], stanowi największe zagrożenie dla zdrowia związane z zanieczyszczonym powietrzem w obszarze transgranicznym Śląska i Moraw. Ważnym czynnikiem wpływającym na stężenia benzo[a]pirenu w powietrzu jest, oprócz produkcji przemysłowej, także ogrzewanie mieszkań.

Wyniki pomiarów stężeń benzo[a]pirenu w PM_{10} ze stacji z regionu województwa śląskiego były dostępne, w odróżnieniu od regionu kraju morawskośląskiego, tylko z 2010 r. Ewidentnie jednak poziom zanieczyszczenia powietrza benzo[a]pirenem stanowi bardzo poważny problem w całym obszarze transgranicznym Śląska i Moraw. Średnie stężenia roczne na poszczególnych stacjach w poszczególnych latach znacznie przekraczają wartość docelową $1 \text{ ng} \cdot \text{m}^{-3}$, bo 3-krotnie aż 18-krotnie. W regionie kraju morawskośląskiego najgorsza sytuacja jest w Ostrawie-Radvanicach, gdzie

Obr. 4.2.1 Průměrné roční koncentrace benzo[*a*]pyrenu v ng·m⁻³

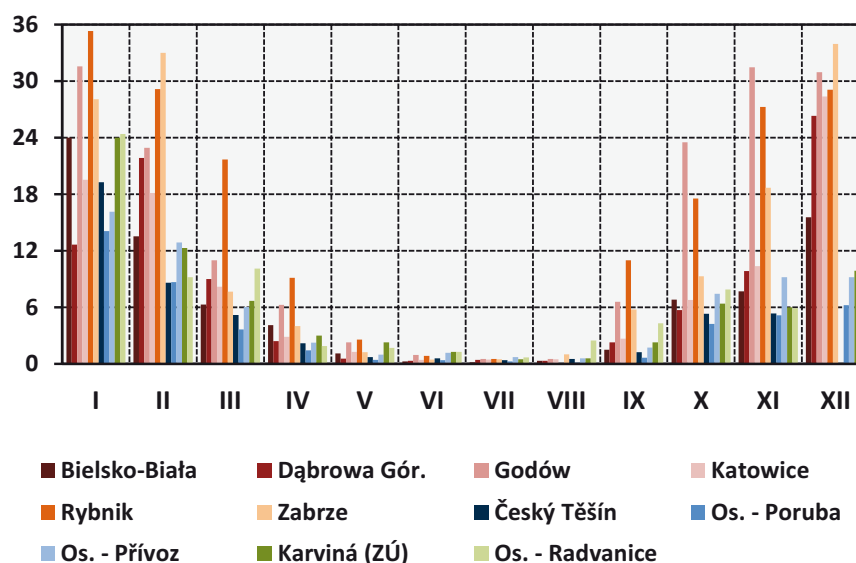
Rys. 4.2.1 Średnie roczne stężenia benzo[*a*]pirenu w ng·m⁻³



LV – cílová hodnota / poziom docelowy

Obr. 4.2.2 Průměrné měsíční koncentrace benzo[*a*]pyrenu v ng·m⁻³, 2010

Rys. 4.2.2 Średnie miesięczne stężenia benzo[*a*]pirenu w ng·m⁻³, 2010



průměrem nad 10 μm najdeme minimální množství kadmia. Dlouhodobá expozice kadmia ovlivňuje funkci ledvin a kadmium je prokazatelně karcinogenní pro člověka i pro zvířata.

Mezi hlavní antropogenní zdroje niklu (Ni), které v globálu tvoří asi tři čtvrtiny celkových emisí, lze řadit spalování těžkých topných olejů, těžbu niklových rud a rafinaci niklu, spalování odpadu a výrobu železa a oceli. Mezi hlavní přírodní zdroje lze řadit kontinentální prach a vulkanickou činnost. Asi 70% částic obsahujících nikl tvoří frakci

wartość docelowa została przekroczone w poszczególnych latach ponad 7-krotnie aż 9-krotnie. Wyniki pomiaru z 2010 r. wskazują na to, że w regionie województwa śląskiego sytuacja dotycząca jakości powietrza jest jeszcze o wiele gorsza (rys. 4.2.1).

Stężenia benzo[*a*]pirenu charakteryzują się wyraźnym rocznym przebiegiem z dominującymi wartościami w chłodnej połowie roku. Średnie miesięczne stężenia w 2010 r. kształtowały się w bardzo szerokiej rozpiętości od 0,1 do 35,3 ng·m⁻³. Średnie miesięczne stężenia benzo[*a*]pirenu obni-

menší než 10 μm , tyto částice mohou být proto transportovány na delší vzdálenosti. Asi ve 30% se nikl vyskytuje v aerosolu s aerodynamickým průměrem větším nebo rovným 10 μm , který rychle sedimentuje v blízkosti zdroje. Nikl se vyskytuje v atmosférickém aerosolu v několika chemických sloučeninách, které se liší svou toxicitou pro lidské zdraví i ekosystémy. Ze zdravotního hlediska způsobuje nikl alergické kožní reakce a je klasifikován jako karcinogenní látka pro člověka.

Většina olova (Pb) obsaženého v atmosféře pochází z antropogenních emisí, k nimž jsou řazeny vysokoteplotní procesy, především spalování fosilních paliv, výroba železa a oceli a metalurgie neželezných kovů. Z přirozených zdrojů je významné zvětvávání hornin a vulkanická činnost. Olovo se v ovzduší vyskytuje ve formě jemných částic s četnostním rozdělením velikosti charakterizovaným středním aerodynamickým průměrem menším než 1 μm . Při dlouhodobé expozici lidského organismu se projevují účinky na biosyntézu hemu (nebílkovinná složka krevního hemoglobinu), nervový systém a krevní tlak. Světová zdravotnická organizace (WHO) klasifikuje olovo z hlediska karcinogenity pro člověka do skupiny 2B, tzn. možné karcinogenní účinky [ČHMÚ, 2012].

Výsledky měření koncentrací těžkých kovů v PM_{10} byly k dispozici ze stanic z regionu Slezského vojvodství, na rozdíl od regionu Moravskoslezského kraje, pouze za rok 2010. Cílové hodnoty arsenu, kadmia a niklu mají být dosaženy dnem 31. 12. 2012 [EC, 2004], imisní limit olova je platný od 1. 1. 2005 [EC, 2008].

Průměrné roční koncentrace arsenu v PM_{10} byly 1,2 až 5,5 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$, tj. na úrovni cca 20–92% cílové hodnoty 6 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$. V roce 2010 byla naměřena nejvyšší roční koncentrace arsenu 5,51 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$ v Rybníku, nejnižší 1,93 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$ v Ostravě-Porubě/ČHMÚ (obr. 4.3.1).

Průměrné roční koncentrace kadmia v PM_{10} se pohybovaly v rozmezí 0,6 až 1,4 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$, tj. na úrovni cca 12–29% cílové hodnoty 5 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$. Nejvyšší roční koncentrace kadmia 1,43 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$ byla v roce 2010 naměřena v Katovicích, nejnižší 0,60 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$ v Godówie (obr. 4.3.2).

Průměrné roční koncentrace niklu v PM_{10} činily 0,9 až 5,0 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$, tj. cca 4–25% cílové hodnoty 20 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$. V roce 2010 byla nejvyšší roční koncentrace niklu 2,8 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$ naměřena v Katovicích a nejnižší 0,9 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$ v Ostravě-Porubě/ČHMÚ (obr. 4.3.3).

Průměrné roční koncentrace olova v PM_{10} byly 17 až 51 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$, tj. na úrovni cca 3–10% imisního limitu 500 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$. Nejvyšší roční koncentrace olova 51 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$ byla v roce 2010 naměřena v Rybníku a nejnižší 17 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$ v Godówie (obr. 4.3.4).

Roční chod všech hodnocených kovů byl v roce 2010 podobný. Průměrná měsíční koncentrace ze

žily se na poszczególnych stacjach do wartości poniżej 1 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$ tylko w miesiącach maj–wrzesień, na wszystkich stacjach wyłącznie w lipcu (rys. 4.2.2).

4.3. Metale ciężkie w PM_{10} – arsen, kadm, nikiel, ołów

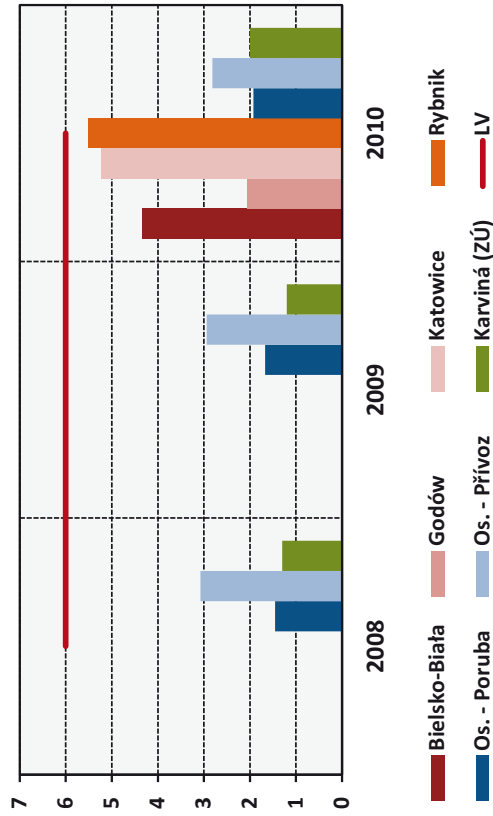
Arsen (As) występuje w wielu formach związków nieorganicznych i organicznych. Działalność antropogeniczna jest źródłem około trzech czwartych ogólnych emisji arsenu do atmosfery. Największy udział mają tu przede wszystkim procesy spalania (węgiel brunatny, węgiel kamienny i ciężkie oleje opałowe), produkcja żelaza i stali, produkcja miedzi i cynku. Do głównych źródeł naturalnych należą w pierwszej kolejności działalność wulkaniczna, następnie pożary lasów, wietrzenie minerałów i działanie mikroorganizmów (na mokradłach, bagniskach oraz na obszarach przybrzeżnych). Arsen występuje przeważnie w cząsteczkach drobnej frakcji (ze średnicą aerodynamiczną do 2,5 μm), która może być przenoszona na większe odległości i przenikać głębiej do układu oddechowego. Niemal cały arsen wiąże się w cząstki o średnicy aerodynamicznej do wielkości 10 μm . Arsen nieorganiczny może wywoływać skutki ostre, subostre lub przewlekłe, które mogą oddziaływać na organizm miejscowo lub całościowo. Krytycznym skutkiem wdychania arsenu jest nowotwór płuc.

Antropogeniczne źródła kadmia (Cd) są pod względem globalnym źródłem ok. 90% emisji do atmosfery. Przede wszystkim jest to produkcja żelaza, stali, metalurgia metali nieżelaznych, spalanie odpadów i paliw kopalnych (węgiel brunatny, węgiel kamienny i ciężkie oleje opałowe). Mniej ważnym źródłem emisji jest ruch drogowy. Pozostałe 10% stanowią źródła naturalne (przede wszystkim działalność wulkaniczna). Kadm jest połączony przeważnie z cząstkami o średnicy aerodynamicznej do 2,5 μm , które niosą większe ryzyko negatywnego oddziaływania na zdrowie ludzkie. W cząsteczkach o średnicy aerodynamicznej powyżej 10 μm można znaleźć minimalną ilość kadmia. Długotrwała ekspozycja organizmu na kadm wpływa na funkcjonowanie nerek. Udowodniono także, że kadm ma działanie rakotwórcze na człowieka i zwierzęta.

Do głównych antropogenicznych źródeł niklu (Ni), które stanowią globalnie około trzech czwartych całkowitej emisji, można zaliczyć spalanie ciężkich olejów opałowych, wydobywanie rud niklu oraz rafinowanie niklu, spalanie odpadów oraz produkcję żelaza i stali. Wśród głównych źródeł naturalnych można wymienić pył kontynentalny oraz działalność wulkaniczną. Około 70% cząstek zawierających nikiel tworzą frakcje mniejsze niż 10 μm , cząstki te mogą być więc przenoszone

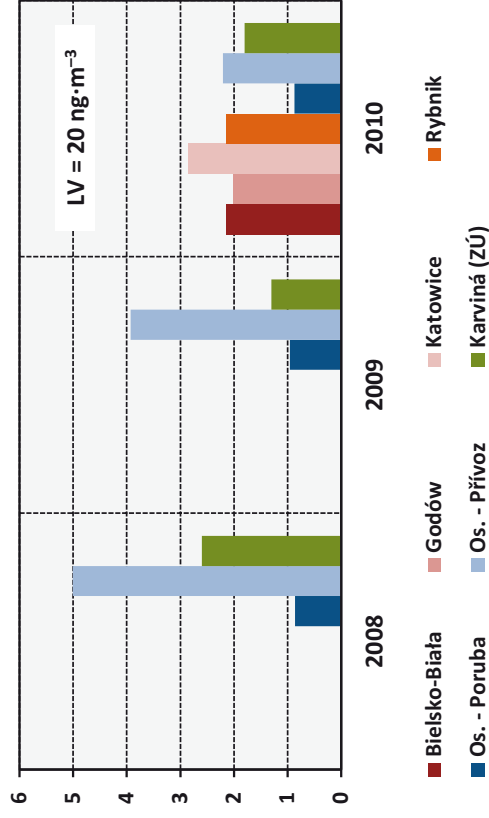
Obr. 4.3.1 Průměrné roční koncentrace arsenu v $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$

Rys. 4.3.1 Šrednie roczne stęzenia arsenu w $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$



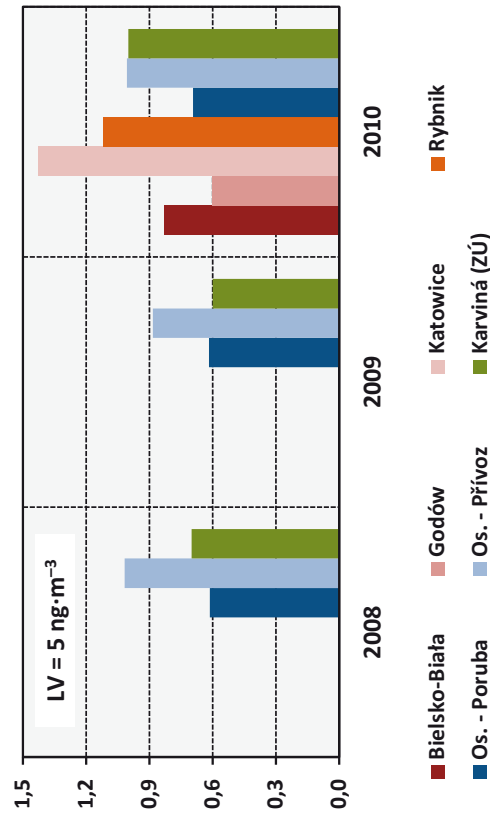
Obr. 4.3.3 Průměrné roční koncentrace niklu v $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$

Rys. 4.3.3 Šrednie roczne stęzenia niklu w $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$



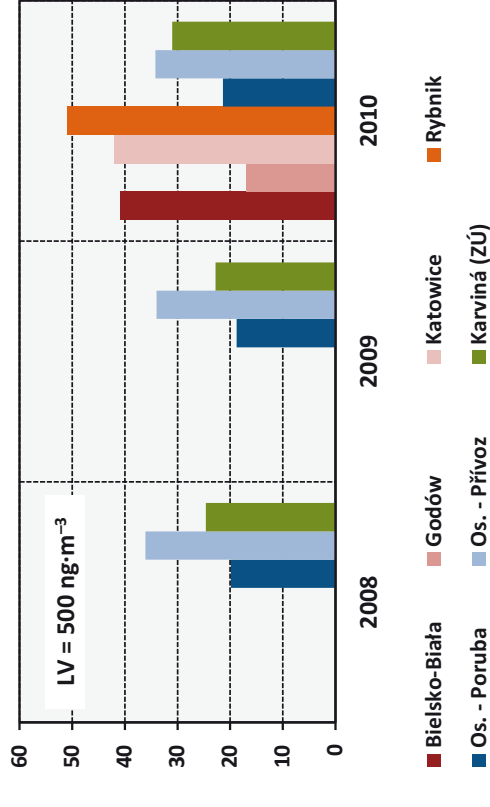
Obr. 4.3.2 Průměrné roční koncentrace kadmia v $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$

Rys. 4.3.2 Šrednie roczne stęzenia kadmu w $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$



Obr. 4.3.4 Průměrné roční koncentrace olova v $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$

Rys. 4.3.4 Šrednie roczne stęzenia ołowiu w $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$



LV - cílová hodnota /poziom docelowy

LV - cílová hodnota /poziom docelowy

všech stanic byla nejvyšší u arsenu v únoru, u ostatních kovů v lednu, nejnižší v červnu nebo srpnu. Aritmetický průměr ze všech měsíčních koncentrací v teplé polovině roku odpovídá u niklu 74 %, u kadmia 50 %, u olova 40 % a u arsenu 36 % aritmetického průměru všech měsíčních koncentrací chladné poloviny roku.

4.4 Oxid dusičitý a oxidy dusíku

Při sledování a hodnocení kvality venkovního ovzduší se pod termínem oxidy dusíku (NO_x) rozumí směs oxidu dusnatého (NO) a oxidu dusičitého (NO_2). Více než 90 % z celkových oxidů dusíku ve venkovním ovzduší je emitováno ve formě NO . NO_2 vzniká relativně rychle reakcí NO s přízemním ozonem nebo s radikály typu HO_2 , popř. RO_2 . Řadou chemických reakcí se část NO_x přemění na $\text{HNO}_3/\text{NO}_3^-$, které jsou z atmosféry odstraňovány suchou a mokrou atmosférickou depozicí. Pozornost je věnována NO_2 z důvodu jeho negativního vlivu na lidské zdraví. Hraje také klíčovou roli při tvorbě fotochemických oxidantů. V Evropě vznikají emise NO_x převážně z antropogenních spalovacích procesů, kde NO vzniká reakcí mezi dusíkem a kyslíkem ve spalovaném vzduchu a částečně i oxidací dusíku z paliva. Hlavní antropogenní zdroje představuje především silniční doprava (významný podíl má ovšem i doprava letecká a vodní) a dále spalovací procesy ve stacionárních zdrojích. Méně než 10 % celkových emisí NO_x vzniká ze spalování přímo ve formě NO_2 . Přírodní emise NO_x vznikají převážně z půdy, vulkanickou činností a při vzniku blesků. Jsou poměrně významné z globálního pohledu, z pohledu Evropy však představují méně než 10 % celkových emisí. Expozice zvýšeným koncentracím NO_2 ovlivňuje plicní funkce a způsobuje snížení imunity. Oxidy dusíku působí nepříznivě rovněž na vegetaci a ekosystémy. Imisní limit pro ochranu zdraví lidí je stanoven pro NO_2 , limit pro ochranu vegetace pro NO_x [ČHMÚ, 2012].

Průměrná úroveň znečištění ovzduší NO_2 byla v české a polské části přeshraniční oblasti podobná, avšak v regionu Slezského vojvodství byly koncentrace NO_2 poněkud vyšší. Průměrná roční koncentrace NO_2 regionu Slezského vojvodství 26,2 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ dosáhla 111 % koncentrace 23,5 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ regionu Moravskoslezského kraje, průměrná koncentrace teplé poloviny roku 110 % (21,0 vs. 19,0 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) a průměrná koncentrace chladné poloviny roku 112 % (31,4 vs. 28,0 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)¹⁴.

¹⁴ Dle provedeného U-Mann Whitney testu je mezi průměrnými oblastními koncentracemi NO_2 statisticky významný rozdíl na hladině $p = 0,05$ v obou polovinách roku. Vysoké hodnoty Spearmanových koeficientů pořadové korelace 0,88 v obou polovinách roku ukazují statisticky významnou závislost obou souborů.

na větší odleglosti. W okolo 30% nikel występuje w aerozolu o średnicy aerodynamicznej większej lub równej 10 μm , który szybko osadza się w pobliżu źródła. Nikiel występuje w aerozolu atmosferycznym w postaci kilku związków chemicznych, które różnią się swoją toksycznością dla zdrowia ludzkiego i ekosystemów. Pod względem zdrowotnym nikel powoduje alergiczne reakcje skórne i zaliczany jest do substancji wpływających rakotwórczo na człowieka.

Większość ołowiu (Pb) zawartego w atmosferze pochodzi z emisji antropogenicznych, do których zalicza się procesy wysokotemperaturowe, przede wszystkim spalanie paliw kopalnych, produkcję żelaza i stali oraz metalurgię metali nieżelaznych. Spośród źródeł naturalnych istotne jest wietrzenie skał oraz działalność wulkaniczna. Ołów występuje w powietrzu w postaci drobnych cząstek z częstościowym podziałem wielkości charakteryzującym się średnią średnicą aerodynamiczną poniżej 1 μm . W przypadku długookresowej ekspozycji organizmu człowieka na ołów przejawia się jego wpływ na biosyntezę hemu (niebiałkowa część hemoglobiny we krwi), system nerwowy oraz ciśnienie krwi. Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) zalicza ołów, pod względem rakotwórczego wpływu na człowieka, do kategorii 2B, czyli o możliwym działaniu rakotwórczym [ČHMÚ, 2012].

W odróżnieniu od regionu kraju morawskośląskiego wyniki pomiarów stężeń metali ciężkich w PM_{10} dostępne były ze stacji w regionie województwa śląskiego tylko w odniesieniu do roku 2010. Wartości docelowe arsenu kadmu i niklu mają zostać osiągnięte na dzień 31 grudnia 2012 r. [EC, 2004], poziom dopuszczalny ołowiu obowiązuje od 1 stycznia 2005 r. [EC, 2008].

Średnie roczne stężenia arsenu w PM_{10} wynosiły od 1,2 aż do 5,5 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$, czyli kształtowały się na poziomie ok. 20–92% wartości docelowej 6 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$. W 2010 r. odnotowano najwyższe roczne stężenie arsenu 5,51 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$ w Rybniku, najniższe 1,93 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$ w Ostrawie-Porubie/ČHMÚ (rys. 4.3.1).

Średnie roczne stężenia kadmu w PM_{10} zawierały się w granicach od 0,6 do 1,4 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$, czyli na poziomie ok. 12–29% wartości docelowej 5 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$. Najwyższe roczne stężenie kadmu 1,43 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$ zarejestrowano w 2010 r. w Katowicach, najniższe 0,60 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$ w Godowie (rys. 4.3.2).

Średnie roczne stężenia niklu w PM_{10} wynosiły od 0,9 do 5,0 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$, czyli ok. 4–25% wartości docelowej 20 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$. W 2010 r. odnotowano najwyższe roczne stężenie niklu 2,8 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$ w Katowicach, najniższe 0,9 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$ w Ostrawie-Porubie/ČHMÚ (rys. 4.3.3).

Średnie roczne stężenia ołowiu w PM_{10} wahały się w granicach od 17 do 51 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$, czyli na poziomie ok. 3–10% dopuszczalnego poziomu 500 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$.

Roční imisní limit $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pro ochranu zdraví lidí, který měl být dodržen k 1. 1. 2010 [EC, 2008], byl překročen pouze na dopravní hot spot stanici Ostrava-Českobratrská ve všech hodnocených letech 2006–2010, kromě roku 2007. Průměrné roční koncentrace na ostatních stanicích se pohybovaly od 42 do 79% ročního imisního limitu ($16,7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ve Studénce, $31,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v Dąbrowě Górniczej). Průměrné koncentrace teplých polovin roků dosahují na jednotlivých stanicích 57–81% průměru chladných polovin roků. Mezní 1hodinová hodnota $200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ byla překročena pouze na stanicích Ostrava-Českobratrská a Dąbrowa Górnicza, a to pouze třikrát s maximem $238 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, resp. jedenkrát hodnotou $203 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Krátkodobý imisní limit, který měl být dodržen k 1. 1. 2010 [EC, 2008], tedy překročen nebyl, protože během jednoho kalendářního roku nedošlo k více než osmnácti překročením mezní hodnoty. Výrazně nejvyšší úroveň znečištění ovzduší NO_2 byla zjištěna na dopravní stanici Ostrava-Českobratrská a dále na stanicích Dąbrowa Górnicza a Katowice. Obě tyto stanice jsou klasifikovány jako městské pozadové (tab. 4.1), nicméně v jejich blízkosti se nacházejí komunikace s intenzivní dopravou a naměřené koncentrace NO_2 jsou tedy dopravou významně ovlivněny. Z uvedeného lze konstatovat, že k překročení imisního limitu NO_2 pro ochranu zdraví lidí došlo v přeshraniční oblasti Slezska a Moravy pouze na dopravou zatížené lokalitě. Nicméně lze předpokládat, že k překročení imisních limitů dochází i na dalších dopravně exponovaných místech, u kterých není znečištění ovzduší sledováno. Nejnižší koncentrace NO_2 byly naměřeny ve Studénce, Opavě a Cieszyně (tab. 4.4.1–4.4.2, obr. 4.4.1–4.4.2).

Průměrné koncentrace NO_2 regionu Moravsko-slezského kraje dosáhly v jednotlivých chladných obdobích od 87 do 95% průměrné koncentrace regionu Slezského vojvodství (2005/06 a 2006/07, resp. 2009/10). Obdobný poměr vykázaly koncentrace v teplých polovinách roků, a sice od 86 do 96% (2006, resp. 2009). Nejvyšší koncentrace byly naměřeny v chladném období 2005/06 a nejnižší hned v následujícím chladném období 2006/07. V dalších chladných obdobích úroveň znečištění ovzduší v obou regionech, zejména v regionu Slezského vojvodství, mírně narůstala. V teplých polovinách roku naopak úroveň znečištění ovzduší mírně klesala od nejvyšší hodnoty v roce 2006 (obr. 4.4.3–4.4.4).

Koncentrace NO_2 mají poměrně výrazný roční chod s maximy v lednových a únorových dekádách a minimy v květnových až srpnových dekádách (obr. 4.4.5–4.4.6). Denní chod koncentrací NO_2 má dvě maxima a dvě minima a je v obou polovinách roku podobný. V chladné polovině roku nastává ranní maximum na všech stanicích cca 3–5 hodin

Najvyššie ročné stężenie ołowiu $51 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$ zarejestrowano w 2010 r. w Rybniku, najniższe $17 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$ w Godowie (rys. 4.3.4).

Roczny przebieg stężeń wszystkich badanych metali był podobny w 2010 r. Średnie miesięczne stężenie na wszystkich stacjach w przypadku arsenu było najwyższe w lutym, w przypadku pozostałych metali w styczniu, a najniższe w czerwcu lub sierpniu. Średnia arytmetyczna ze wszystkich stężeń miesięcznych w cieplej połowie roku stanowi w przypadku niklu 74%, kadmu 50%, ołowiu 40% i arsenu 36% średniej arytmetycznej wszystkich stężeń miesięcznych w chłodnej połowie roku.

4.4. Dwutlenek azotu i tlenki azotu

Do celów monitorowania i oceny jakości powietrza termin tlenki azotu (NO_x) oznacza mieszanek tlenku azotu (NO) i dwutlenku azotu (NO_2). Ponad 90% ogólnych tlenków azotu w powietrzu emitowane jest w postaci NO . NO_2 powstaje stosunkowo szybko w wyniku reakcji NO z ozonem przyziemnym lub z rodnikami typu HO_2 lub RO_2 . W wyniku wielu zachodzących reakcji chemicznych część NO_x zmienia się w $\text{HNO}_3/\text{NO}_3^-$, które są usuwane z atmosfery w drodze suchej i mokrej depozycji atmosferycznej. Ze względu na negatywne oddziaływanie na zdrowie ludzkie dużą uwagę zwraca się na NO_2 . Odgrywa on także kluczową rolę w tworzeniu oksydantów fotochemicznych. W Europie emisje NO_x powodowane są przede wszystkim antropogenicznymi procesami spalania, w czasie których powstaje NO w wyniku reakcji azotu i tlenu w spalonym powietrzu i częściowo poprzez utlenianie azotu z paliwa. Głównymi źródłami antropogenicznymi są przede wszystkim ruch drogowy (duży udział ma jednak także transport lotniczy i wodny) oraz procesy spalania w źródłach stacjonarnych. Poniżej 10% ogólnych emisji NO_x powstaje przez spalanie bezpośrednio w postaci NO_2 . Naturalne emisje NO_x powstają przeważnie z gleby, w wyniku działalności wulkanicznej oraz w czasie wyładowań atmosferycznych. Są stosunkowo ważne pod względem globalnym, z punktu widzenia Europy stanowią jednak poniżej 10% ogólnych emisji. Ekspozycja na zwiększone stężenia NO_2 wpływa na funkcje płuc oraz powoduje obniżenie odporności. Tlenki azotu oddziałują także niekorzystnie na roślinność i ekosystemy. Poziom dopuszczalny określony w celu ochrony zdrowia ludzi jest ustalony dla NO_2 , poziom dopuszczalny ze względu na ochronę roślinności dla NO_x [ČHMÚ, 2012].

Średni poziom zanieczyszczenia powietrza NO_2 był w polskiej i czeskiej części obszaru transgranicznego podobny, jednak w regionie województwa śląskiego stężenia NO_2 były nieco wyższe. Średnie roczne stężenie NO_2 w regionie województwa

Tab. 4.4.1 Koncentrace oxidu dusičitého NO₂ v µg·m⁻³, přeshraniční region Slezska a Moravy

Tab. 4.4.1 Stěženia dwutlenku azotu NO₂ v µg·m⁻³, region transgraniczny Śląska i Moraw

| | Bohumín | Česky Těšín | Frydek-Místek | Havířov | Karviná | Opava | Os. - Fifejdy | Os. - Zábřeh | Studenka | Třinec - Kos. | Region Moravskoslezského kraje | Os. - hot spot | Bielsko-Biala | Cieszyn | Dąbrowa Gór. | Gliwice | Katowice | Rybník | Tychy | Wodzisław Śl. | Zabrze | Zywiec | Region województwa śląskiego |
|--|---------|-------------|---------------|---------|---------|-------|---------------|--------------|----------|---------------|--------------------------------|----------------|---------------|---------|--------------|---------|----------|--------|-------|---------------|--------|--------|------------------------------|
| Krátkodobé (1hodinové) koncentrace (K1), chladná polovina roku (I–III, X–XII) / Krátkoterminowe (1godzinne) stężenia (K1), chłodna połowa roku (I–III, X–XII) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % N | 97,8 | 94,1 | 95,1 | 95,2 | 94,7 | 93,9 | 93,9 | 86,5 | 94,6 | 92,3 | | 96,2 | 94,2 | 72,9 | 82,7 | 82,7 | 90,2 | 90,0 | 80,5 | 94,8 | 85,9 | 55,9 | |
| % K1>40 | 28,5 | 26,7 | 19,9 | 22,5 | 25,5 | 10,7 | 20,8 | 22,7 | 8,4 | 15,4 | | 55,2 | 27,7 | 11,2 | 37,7 | 25,3 | 29,4 | 23,2 | 23,7 | 25,2 | 27,9 | 26,3 | |
| Max | 151 | 197 | 166 | 151 | 181 | 182 | 170 | 193 | 173 | 144 | | 238 | 183 | 121 | 203 | 132 | 198 | 159 | 192 | 132 | 141 | 165 | |
| Krátkodobé (1hodinové) koncentrace (K1), teplá polovina roku (IV–IX) / Krátkoterminowe (1godzinne) stężenia (K1), ciepła połowa roku (IV–IX) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % N | 97,7 | 94,6 | 94,3 | 94,5 | 94,6 | 92,9 | 93,8 | 88,3 | 94,5 | 94,1 | | 96,6 | 94,4 | 72,0 | 92,4 | 91,7 | 85,5 | 85,3 | 89,6 | 88,6 | 90,3 | 55,2 | |
| % K1>40 | 8,1 | 13,4 | 2,9 | 6,8 | 8,0 | 1,9 | 12,4 | 14,0 | 0,8 | 3,5 | | 55,4 | 8,6 | 1,4 | 19,4 | 15,5 | 20,1 | 7,0 | 9,4 | 4,3 | 10,0 | 9,2 | |
| Max | 124 | 111 | 86 | 109 | 99 | 77 | 182 | 98 | 75 | 94 | | 150 | 140 | 82 | 156 | 131 | 128 | 146 | 114 | 107 | 126 | 121 | |
| Denní (24hodinové) koncentrace (K24), chladná polovina roku (I–III, X–XII) / Dobowe (24godzinne) stężenia (K24), chłodna połowa roku (I–III, X–XII) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % N | 98,2 | 97,7 | 99,1 | 99,2 | 98,8 | 97,4 | 97,3 | 89,4 | 98,7 | 94,8 | 100,0 | 96,8 | 98,0 | 75,7 | 85,4 | 86,2 | 93,5 | 93,6 | 83,9 | 99,5 | 88,5 | 58,0 | 100,0 |
| Avg | 33,4 | 30,7 | 27,5 | 29,8 | 31,9 | 22,1 | 29,9 | 29,1 | 20,7 | 25,0 | 28,0 | 46,5 | 32,1 | 22,4 | 37,3 | 29,5 | 34,0 | 30,4 | 31,0 | 31,4 | 31,8 | 30,7 | 31,4 |
| P05 | 16 | 11 | 11 | 13 | 15 | 9 | 14 | 10 | 8 | 10 | 13 | 25 | 12 | 8 | 15 | 10 | 15 | 12 | 13 | 14 | 11 | 11 | 14 |
| P95 | 56 | 52 | 51 | 52 | 54 | 44 | 54 | 56 | 43 | 49 | 50 | 74 | 61 | 43 | 66 | 57 | 62 | 55 | 59 | 56 | 57 | 64 | 55 |
| Max | 111 | 104 | 121 | 99 | 125 | 123 | 112 | 125 | 110 | 108 | 105 | 126 | 107 | 97 | 140 | 91 | 135 | 132 | 122 | 102 | 118 | 103 | 110 |
| % K24>40 | 21,3 | 18,7 | 13,3 | 14,5 | 18,1 | 6,1 | 14,9 | 18,2 | 5,7 | 9,6 | 10,6 | 62,0 | 24,6 | 6,8 | 38,4 | 21,4 | 25,9 | 20,4 | 19,1 | 18,8 | 23,7 | 21,4 | 19,6 |
| Denní (24hodinové) koncentrace (K24), teplá polovina roku (IV–IX) / Dobowe (24godzinne) stężenia (K24), ciepła połowa roku (IV–IX) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % N | 97,4 | 98,5 | 97,8 | 98,4 | 98,4 | 95,6 | 96,9 | 91,0 | 98,1 | 97,8 | 100,0 | 97,7 | 98,4 | 74,9 | 95,6 | 95,2 | 88,4 | 88,6 | 93,8 | 92,3 | 93,2 | 57,5 | 100,0 |
| Avg | 21,9 | 22,6 | 16,3 | 19,5 | 20,8 | 13,2 | 22,7 | 23,7 | 12,8 | 17,8 | 19,0 | 46,4 | 20,6 | 13,9 | 26,6 | 23,0 | 27,3 | 18,4 | 20,8 | 18,0 | 20,1 | 20,4 | 21,0 |
| P05 | 12 | 11 | 9 | 11 | 12 | 7 | 12 | 9 | 6 | 9 | 11 | 25 | 10 | 6 | 11 | 9 | 12 | 7 | 10 | 9 | 8 | 10 | 11 |
| P95 | 34 | 36 | 25 | 31 | 33 | 23 | 37 | 40 | 22 | 28 | 29 | 70 | 34 | 25 | 46 | 43 | 47 | 33 | 36 | 30 | 37 | 32 | 33 |
| Max | 45 | 56 | 36 | 41 | 57 | 36 | 60 | 59 | 37 | 42 | 42 | 97 | 53 | 44 | 69 | 61 | 75 | 60 | 51 | 50 | 51 | 53 | 53 |
| % K24>40 | 1,8 | 0,9 | 0,0 | 0,1 | 0,4 | 0,0 | 3,2 | 4,9 | 0,0 | 0,1 | 0,3 | 64,7 | 1,7 | 0,1 | 12,1 | 7,6 | 11,6 | 1,6 | 2,0 | 0,5 | 2,3 | 1,3 | 1,2 |
| Denní (24hodinové) koncentrace (K24), rok (I–XII) / Dobowe (24godzinne) stężenia (K24), rok (I–XII) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Avg | 27,7 | 26,6 | 21,9 | 24,7 | 26,3 | 17,7 | 26,3 | 26,4 | 16,7 | 21,4 | 23,5 | 46,4 | 26,4 | 18,1 | 31,6 | 26,1 | 30,7 | 24,6 | 25,6 | 24,9 | 25,8 | 25,6 | 26,2 |

% N - relativní četnost hodnocených K1, K24 v % možných koncentrací N

% N - względna częstość badanych K1, K24 w % możliwych stężeń N

% K1>40, % K24>40 - relativní četnost K1/K24 > 40 µg·m⁻³ v % hodnocených K1/K24

Avg - průměrná koncentrace v hodnoceném období

P05, P95 - 5. a 95. percentil souborů K24 v hodnoceném období

Max - maximální naměřená koncentrace v hodnoceném období

Hodnoty vytištěné tučnou kurzivou značí překročení hodnoty imisního limitu nebo povoleného počtu jejího překročení

Wartości zaznaczone pogrubioną kursywą oznaczają przekroczenie wartości normy imisji lub dozwolonej liczby jej przekroczeń

N/K24=911, N/K1=21824 v chladné polovině roku / w chłodnej połowie roku

N/K24=915, N/K1=21960 v teplé polovině roku / w ciepłej połowie roku

% K1>40, % K24>40 - względna częstość K1/K24 > 40 µg·m⁻³ w % badanych K1/K24

Avg - średnie stężenie w badanym okresie

P05, P95 - 5. i 95. percentyl zbiorów K24 w badanym okresie

Max - maksymalne odnotowane stężenie w badanym okresie

Tab. 4.4.2 Průměrné roční koncentrace NO₂ v µg·m⁻³

Tab. 4.4.2 Średnie roczne stężenia NO₂ w µg·m⁻³

| | Region Moravskoslezského kraje / Region kraju morawskośląskiego | | | | | | | | | | Region Slezského vojvodství / Region województwa śląskiego | | | | | | | | | | | |
|------|---|-------------|---------------|---------|---------|-------|---------------|--------------|----------|---------------|--|------|---------------|---------|--------------|---------|----------|--------|-------|---------------|--------|--------|
| | Bohumín | Český Těšín | Frydek-Místek | Havířov | Karviná | Opava | Os. - Fifejdy | Os. - Zábřeh | Studenka | Trinec - Kos. | Os. - hot spot | | Bielsko-Biala | Cieszyn | Dąbrowa Gór. | Gliwice | Katowice | Rybnik | Tychy | Wodzisław Śl. | Zabrze | Zywiec |
| 2006 | 29 | 29 | 24 | 28 | 29 | 19 | 28 | 27 | 17 | 22 | 46 | 2006 | 30 | — | 38 | 26 | 39 | 30 | 27 | 27 | 30 | — |
| 2007 | 27 | 26 | 21 | 23 | 25 | 17 | 25 | 24 | 16 | 21 | 39 | 2007 | 29 | 18 | 32 | 23 | 30 | 25 | — | 21 | 22 | — |
| 2008 | 28 | 25 | 20 | 23 | 25 | 16 | 26 | — | 15 | 20 | 49 | 2008 | 26 | 17 | 34 | 26 | 24 | 27 | 24 | 24 | 23 | 23 |
| 2009 | 26 | 25 | 22 | 23 | 25 | 17 | 24 | 26 | 16 | 20 | 47 | 2009 | 23 | 17 | 27 | 27 | 30 | 20 | 25 | 24 | 25 | 21 |
| 2010 | 29 | 27 | 24 | 26 | 27 | 19 | 28 | 28 | 19 | 23 | 51 | 2010 | 24 | 20 | 29 | 29 | 33 | 21 | 28 | 28 | 28 | 29 |

XX
—

- chybí 1/10 až 2/3 denních dat / brak 1/10 do 2/3 danych dobowych

- chybí více než 2/3 denních dat / brak ponad 2/3 danych dobowych

Tab. 4.4.3 Průměrné roční koncentrace NO_x v µg·m⁻³

Tab. 4.4.3 Średnie roczne stężenia NO_x w µg·m⁻³

| | Region Moravskoslezského kraje / Region kraju morawskośląskiego | | | | | | | | | | Region Slezského vojvodství / Region województwa śląskiego | | | | | | | | | | | |
|------|---|-------------|---------------|---------|---------|-------|---------------|--------------|----------|---------------|--|------|---------------|---------|--------------|---------|----------|--------|-------|---------------|--------|--------|
| | Bohumín | Český Těšín | Frydek-Místek | Havířov | Karviná | Opava | Os. - Fifejdy | Os. - Zábřeh | Studenka | Trinec - Kos. | Os. - hot spot | | Bielsko-Biala | Cieszyn | Dąbrowa Gór. | Gliwice | Katowice | Rybnik | Tychy | Wodzisław Śl. | Zabrze | Zywiec |
| 2006 | 45 | 43 | 34 | 47 | 41 | 24 | 42 | 41 | 21 | 29 | 46 | 2006 | 39 | — | 67 | 48 | 80 | 44 | 52 | 35 | 47 | — |
| 2007 | 43 | 38 | 30 | 38 | 35 | 21 | 36 | 35 | 20 | 29 | 39 | 2007 | 40 | 21 | 52 | 39 | 59 | 35 | — | 29 | 33 | — |
| 2008 | 46 | 36 | 28 | 39 | 35 | 22 | 39 | — | 19 | 27 | 49 | 2008 | 35 | 21 | 56 | 43 | 44 | 37 | 40 | 33 | 33 | 46 |
| 2009 | 41 | 37 | 32 | 38 | 34 | 22 | 36 | 39 | 20 | 28 | 47 | 2009 | 34 | 23 | 45 | 47 | 56 | 29 | 43 | 32 | 39 | 31 |
| 2010 | 47 | 40 | 35 | 43 | 37 | 26 | 43 | 44 | 24 | 32 | 51 | 2010 | 34 | 27 | 49 | 47 | 60 | 32 | 49 | 37 | 45 | 53 |

XX
—

- chybí 1/10 až 2/3 denních dat / brak 1/10 do 2/3 danych dobowych

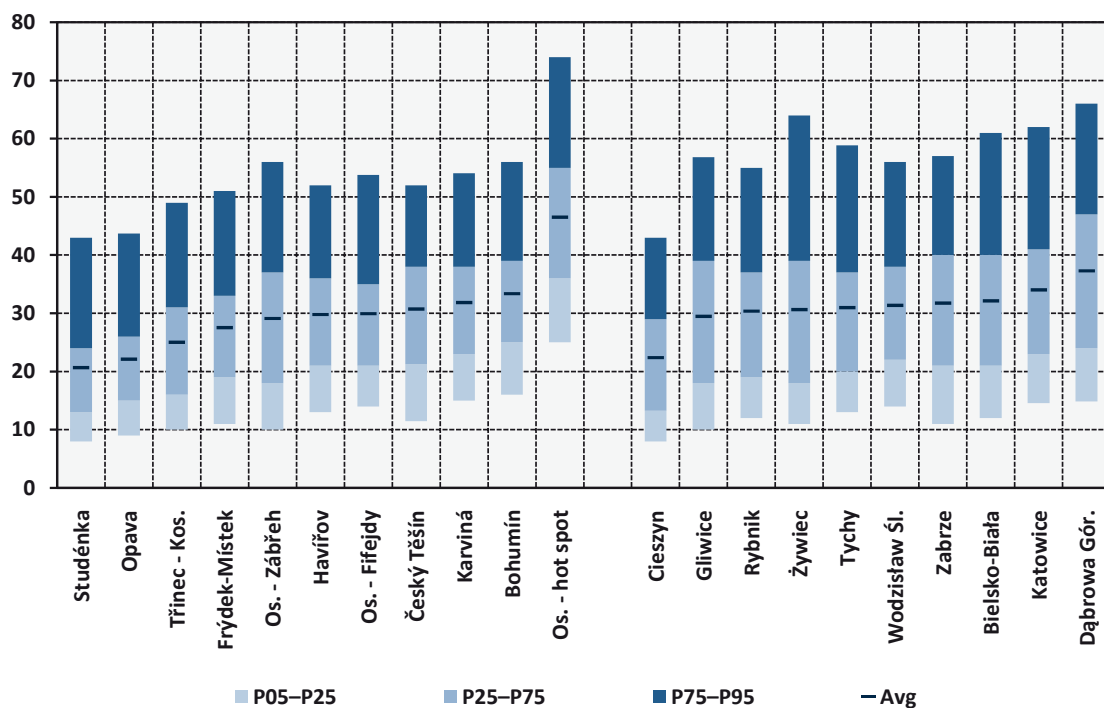
- chybí více než 2/3 denních dat / brak ponad 2/3 danych dobowych

Hodnoty výtěšené tučnou kurzivou značí překročení hodnoty imisního limitu

Wartości zaznaczone pogrubioną kursywą oznaczają przekroczenie normy imisji

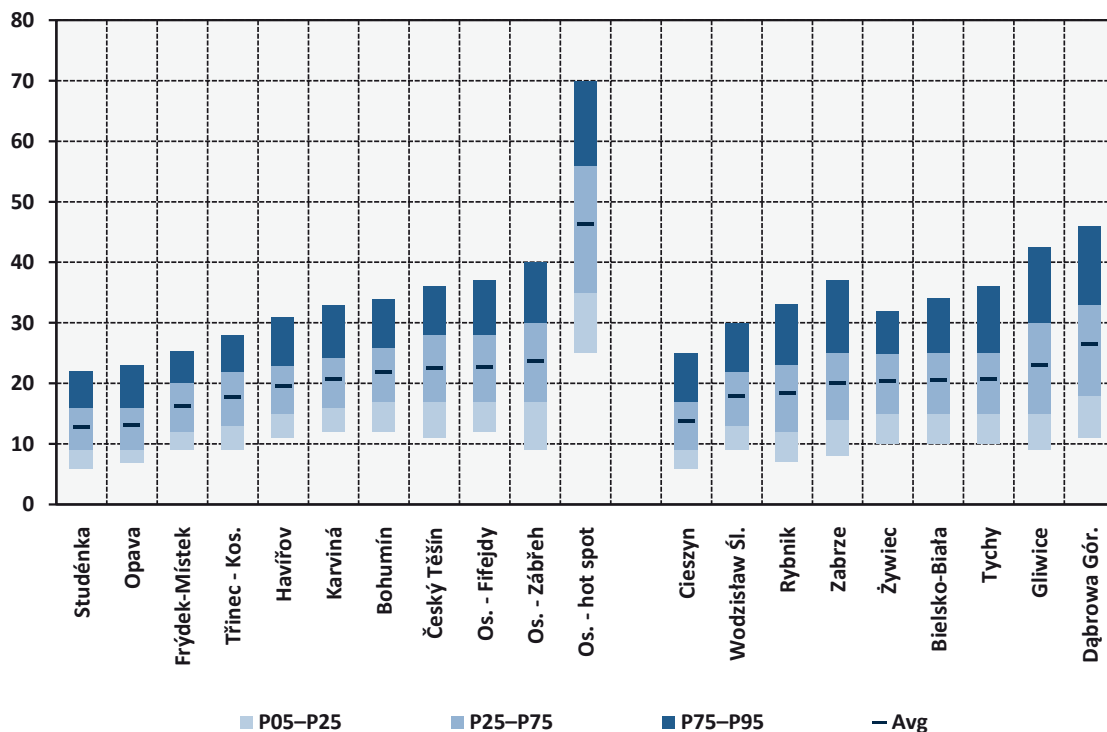
Obr. 4.4.1 Průměrné denní koncentrace NO₂ v μg·m⁻³, chladná polovina roku (I–III, X–XII)

Rys. 4.4.1 Średnie dobowe stężenia NO₂ w μg·m⁻³, chłodne połowy roku (I–III, X–XII)



Obr. 4.4.2 Průměrné denní koncentrace NO₂ v μg·m⁻³, teplá polovina roku (IV–IX)

Rys. 4.4.2 Średnie dobowe stężenia NO₂ w μg·m⁻³, ciepła połowa roku (IV–IX)



P05–P25, P25–P75, P75–P95 - rozsah koncentrací / rozpiętość stężeń

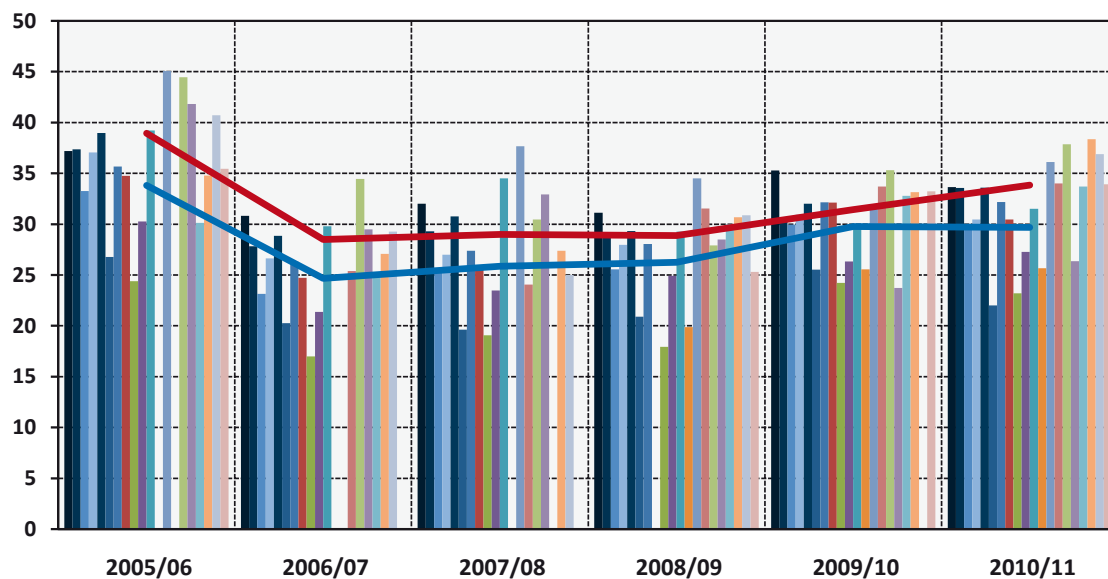
P05, P25, P75, P95 - 5., 25., 75. a 95.percentil souborů K24 v hodnocené polovině roku

P05, P25, P75, P95 - 5., 25., 75. i 95.percentil zbiorów K24 w badanej połowie roku

AVG - průměrná koncentrace v hodnocené polovině roku / średnie stężenie w badanej połowie roku

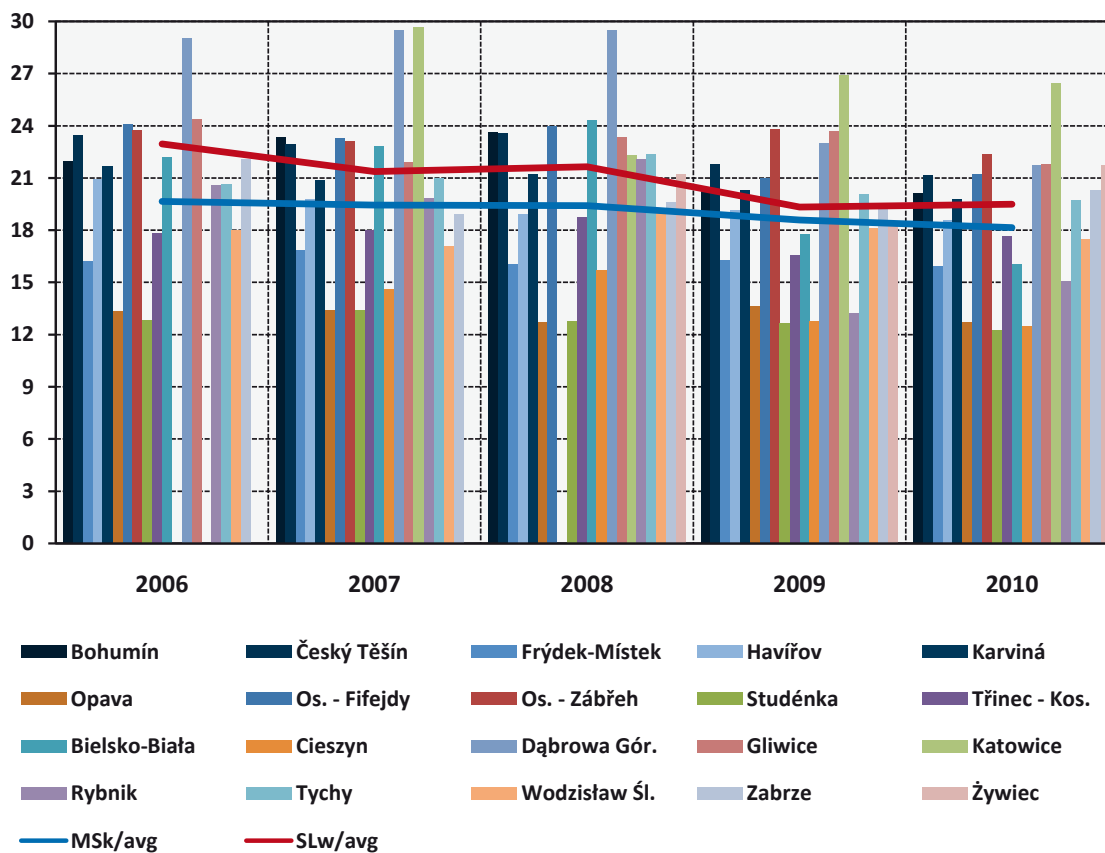
Obr. 4.4.3 Sezónní koncentrace NO₂ v µg·m⁻³, chladná období (X–III)

Rys. 4.4.3 Sezonowe stężenia NO₂ w µg·m⁻³, chłodne okresy (X–III)



Obr. 4.4.4 Sezónní koncentrace NO₂ v µg·m⁻³, teplé poloviny roků (IV–IX)

Rys. 4.4.4 Sezonowe stężenia NO₂ w µg·m⁻³, ciepłe połowy roku (IV–IX)

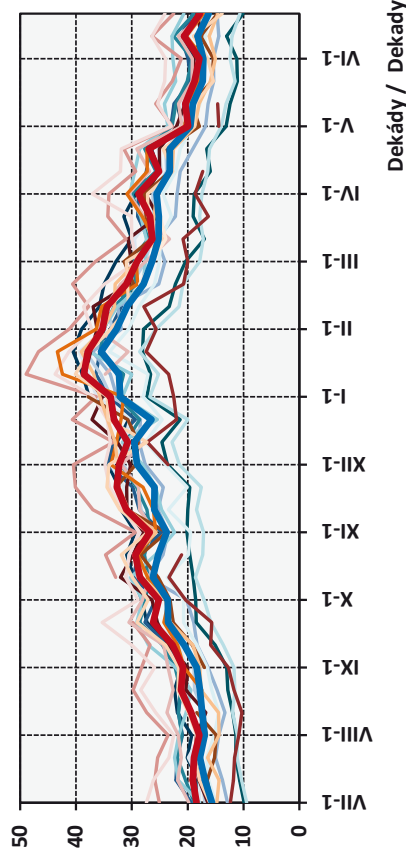


MSK/avg - průměr pro region Moravskoslezského kraje / średnia dla regionu kraju morawskośląskiego

SLw/avg - průměr pro region Slezského vojvodství / średnia dla regionu województwa śląskiego

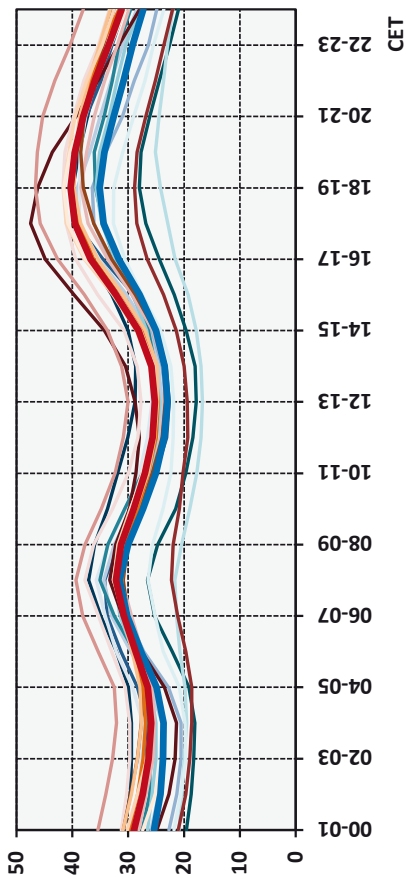
Obr. 4.4.5 Roční chod koncentrací NO₂ v µg·m⁻³

Rys. 4.4.5 Roczny przebieg stężeń NO₂ w µg·m⁻³



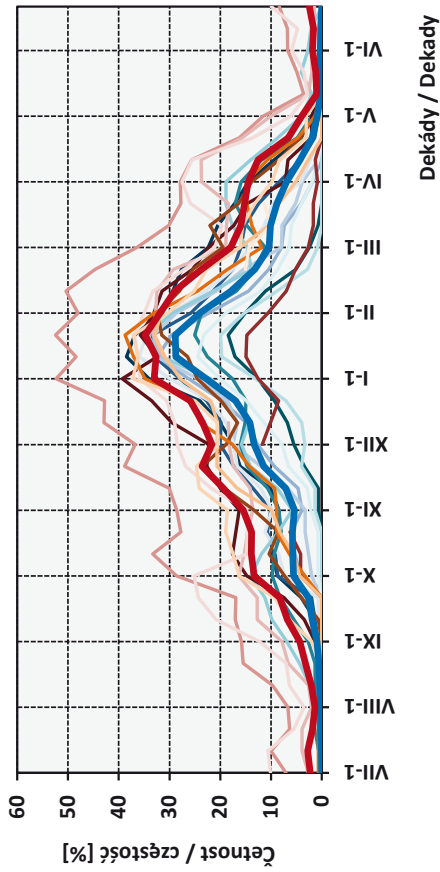
Obr. 4.4.7 Denní chod koncentrací NO₂ v µg·m⁻³, chladná polov. roku (I–III, X–XII)

Rys. 4.4.7 Dobowy przebieg stężeń NO₂ w µg·m⁻³, chłodna poł. roku (I–III, X–XII)



Obr. 4.4.6 Roční chod koncentrací NO₂ vyšších než 40 µg·m⁻³

Rys. 4.4.6 Roczny przebieg stężeń NO₂ wyższych niż 40 µg·m⁻³



Msk/avg - průměr pro region Moravskoslezského kraje

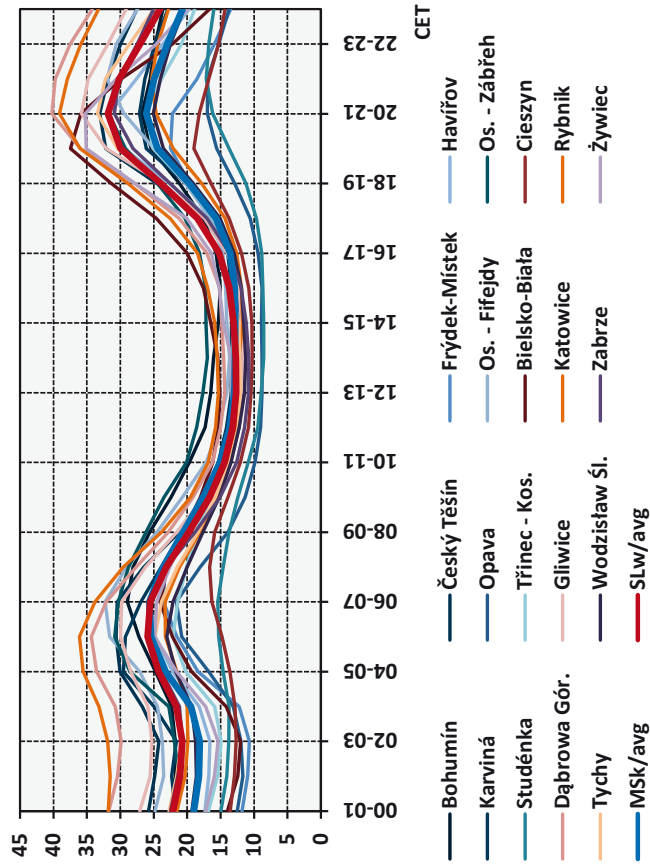
Msk/avg - średnia dla regionu kraju morawskośląskiego

SLw/avg - průměr pro region Slezského vojvodství

SLw/avg - średnia dla regionu województwa śląskiego

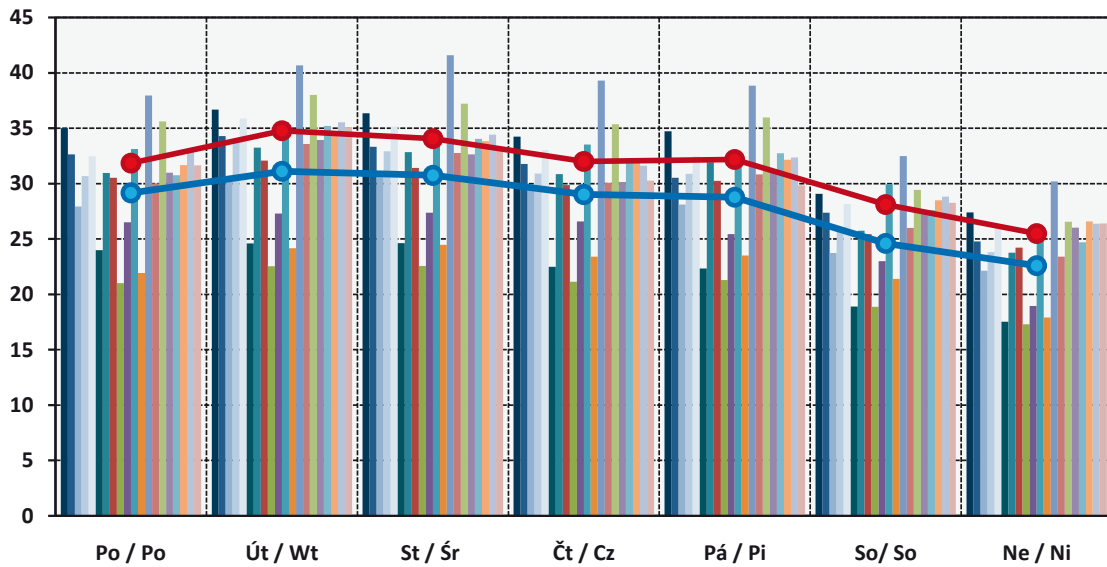
Obr. 4.4.8 Denní chod koncentrací NO₂ v µg·m⁻³, teplá polovina roku (IV–IX)

Rys. 4.4.8 Dobowy przebieg stężeń NO₂ w µg·m⁻³, ciepła połowa roku (IV–IX)



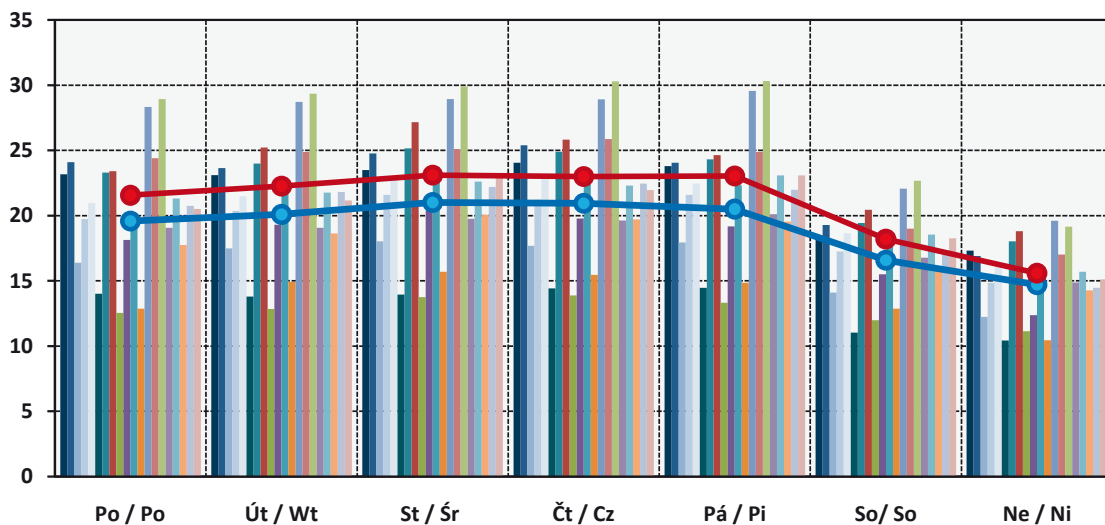
Obr. 4.4.9 Týdenní chod koncentrací NO₂ v µg·m⁻³, chladná polovina roku (I–III, X–XII)

Rys. 4.4.9 Tygodniowy przebieg stężeń NO₂ w µg·m⁻³, chłodna połowa roku (I–III, X–XII)



Obr. 4.4.10 Týdenní chod koncentrací NO₂ v µg·m⁻³, teplá polovina roku (IV–IX)

Rys. 4.4.10 Tygodniowy przebieg stężeń NO₂ w µg·m⁻³, ciepła połowa roku (IV–IX)



Po / Po - pondělí / poniedziałek, Út / Wt - úterý / wtorek, St / Śr - středa / środa, Čt / Cz - čtvrtek / czwartek

Pá / Pi - pátek / piątek, So / So - sobota / sobota, Ne / Ni - neděle / niedziela

MSk/avg - průměr pro region Moravskoslezského kraje / średnia dla regionu kraju morawskośląskiego

SLw/avg - průměr pro region Slezského vojvodství / średnia dla regionu województwa śląskiego

po nočním minimu. Večerní maxima byla na jednotlivých stanicích dosažena až 5–7 hodin po poledním poklesu koncentrací a na všech stanicích byly dosaženy koncentrace vyšší než při ranním maximu. V teplé polovině roku, tj. v období s letním časem, nastává období ranních maxim většinou 2–5 hodin po nočních minimech. Denní minima nastávají v teplé polovině roku v odpoledních hodinách a maxima až později večer na jednotlivých stanicích 5–8 hodin po minimech. Na většině stanic bylo denní minimum výraznější, vyšší koncentrace jsou na většině stanic při večerním maximu. (obr. 4.4.7–4.4.8). V obou polovinách roku je úroveň znečištění NO_2 nejnižší o víkendových dnech, zejména v neděli. Průměrné koncentrace NO_2 za víkendové dny sobotu a neděli činí na jednotlivých stanicích v chladné polovině roku 77–85 % a v teplé polovině roku 70–87 % průměrné koncentrace za pondělí až pátek (obr. 4.4.9–4.4.10)¹⁵. Na denním a týdenním chodu úrovně znečištění ovzduší NO_2 je zřetelně patrný vliv intenzity dopravy. Maximální koncentrace NO_2 v denním chodu dobře korespondují a navazují na období dopravních špiček, víkendové nejnižší koncentrace souvisejí s víkendovým poklesem intenzity dopravy.

Roční kritická úroveň NO_x pro ochranu vegetace $30 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ byla v přeshraniční oblasti Slezska a Moravy překročena na většině stanic ve všech nebo minimálně ve čtyřech z pěti hodnocených let. V Trinci-Kosmosu byla kritická úroveň překročena pouze v posledním hodnoceném roce 2010, v Opavě, Studénce a Cieszyňě k překročení nedošlo ani jednou a průměrné roční koncentrace se pohybovaly mezi 65 a 91 % kritické hodnoty. Naopak nejvyšších hodnot bylo dosaženo v Dąbrowě Górnicej a v Katowicích, a sice 149–223, resp. 147–199 % kritické hodnoty. V regionu Moravsko-slezského kraje byla nejvyšší roční koncentrace měřena v Bohumíně se 136–156 % kritické hodnoty. Maximální průměrná roční koncentrace $67,0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ byla dosažena v Dąbrowě Górnicej v roce 2006 (tab. 4.4.3).

4.5 Oxid siřičitý

Hlavním antropogenním zdrojem oxidu siřičitého (SO_2) je spalování fosilních paliv (uhlí a těžkých olejů) a tavení rud s obsahem síry. V atmosféře je SO_2 oxidován na sírany a kyselinu sírovou vytvářející aerosol jak ve formě kapiček, tak i pevných částic širokého rozsahu velikostí. SO_2 a látky z něj vznikající jsou z atmosféry

¹⁵ Dle provedených U-Mann Whitney testů je rozdíl mezi průměrnými oblastními koncentracemi za období sobota–neděle a pondělí–pátek statisticky významný na hladině $p = 0,05$ v obou oblastech a v obou polovinách roku.

śląskiego $26,2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ osiagnęło 111% stężenia $23,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w regionie kraju morawskośląskiego, średnie stężenie w cieplej połowie roku 110% (21,0 vs. 19,0 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), a średnie stężenie w chłodnej połowie roku 112% (31,4 vs. 28,0 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)¹⁴.

Roczna norma imisji $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ określona w celu ochrony zdrowia ludzkiego, jaka miała zostać osiągnięta na dzień 1 stycznia 2010 r. [EC, 2008], została przekroczone tylko na hot spot stacji komunikacyjnej Ostrava-Českobratrská we wszystkich badanych latach 2006–2010, z wyjątkiem 2007 r. Średnie roczne stężenia na pozostałych stacjach mieściły się w granicach od 42 do 79% rocznej normy imisji ($16,7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w Studénce, $31,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w Dąbrowie Górnicej). Średnie stężenia w ciepłych połowach roku na poszczególnych stacjach osiągają od 57 do 81% średniej chłodnych okresów roku. Jednogodzinna wartość dopuszczalna $200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ została przekroczone tylko na stacjach Ostrava-Českobratrská i Dąbrowa Górnicej tylko 3 razy z maksymalną wartością $238 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, raz z wartością $203 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Chwilowe stężenie dopuszczalne, które miało być osiągnięte na dzień 1 stycznia 2010 r. [EC, 2008], nie zostało więc przekroczone, ponieważ w czasie jednego roku kalendarzowego przekroczenie wartości dopuszczalnej nie zdarzyło się częściej niż osiemnastokrotnie. Wyraźnie najwyższy poziom zanieczyszczenia powietrza NO_2 stwierdzono na stacji komunikacyjnej Ostrava-Českobratrská oraz na stacjach Dąbrowa Górnicej i Katowice. Obie te stacje są klasyfikowane jako stacje „tła miejskiego“ (tab. 4.1), niemniej jednak w ich pobliżu znajdują się drogi o dużym natężeniu ruchu, a więc na uzyskane wyniki pomiarów stężenia NO_2 ma duży wpływ komunikacja. Można więc stwierdzić, że norma imisji NO_2 określona w celu ochrony zdrowia ludzkiego została przekroczone w obszarze transgranicznym Śląska i Moraw tylko w miejscu obciążonym ruchem drogowym. Niemniej jednak można zakładać, że normy imisji są przekraczane także w innych miejscach będących w oddziaływaniu ruchu drogowego, w których zanieczyszczenie powietrza nie jest monitorowane. Najniższe stężenia NO_2 zostały odnotowane w Studénce, Opawie i Cieszyńie (tab. 4.4.1–4.4.2, rys. 4.4.1–4.4.2).

Średnie stężenia NO_2 w regionie kraju morawskośląskiego osiągnęły w poszczególnych chłodnych okresach poziom od 87 do 95% średniego stężenia w regionie województwa śląskiego

¹⁴ Zgodnie z przeprowadzonym testem U-Manna Whitneya w obu połowach roku między średnimi obszarowymi stężeniami NO_2 występuje istotna pod względem statystycznym różnica na poziomie $p = 0,05$. Wysokie wartości współczynników Spearmana korelacji porządkowej 0,88 w obu połowach roku wskazują na istotną pod względem statystycznym zależność obu populacji danych.

odstraňovány mokrou a suchou depozicí. SO₂ má dráždivé účinky, při vysokých koncentracích může způsobit zhoršení plicních funkcí a změnu plicní kapacity. U rostlin může být oxid siřičitý příčinou postupné degradace tkání vlivem rozkladu chlorofylu. Imisní limit je pro SO₂ stanoven jak z hlediska ochrany zdraví lidí, tak z hlediska ochrany vegetace [ČHMÚ, 2012].

Úroveň znečištění ovzduší SO₂ byla v regionu Slezského vojvodství téměř dvojnásobná než v regionu Moravskoslezského kraje. Průměrná roční koncentrace SO₂ regionu Slezského vojvodství 17,7 μg·m⁻³ dosáhla 194% koncentrace 9,1 μg·m⁻³ regionu Moravskoslezského kraje, průměrná koncentrace teplé poloviny roku 150% (8,6 vs. 5,7 μg·m⁻³) a průměrná koncentrace chladné poloviny roku 214% (26,7 vs. 12,5 μg·m⁻³)¹⁶.

Imisní limity SO₂ pro ochranu zdraví lidí, platné od 1. 1. 2005 [EC, 2008], byly mírně překročeny pouze v regionu Slezského vojvodství v letech 2006 a 2010 z důvodu většího než povoleného počtu tří dnů s denní průměrnou koncentrací vyšší než mezní hodnota a/nebo dvaceti čtyř hodin s 1hodinovou koncentrací vyšší než mezní hodnota. Mezní hodnota pro krátkodobé koncentrace 350 μg·m⁻³ byla překročena v roce 2006 v Rybníku 33krát a v Żywieci dokonce 71krát. Mezní hodnota pro průměrné denní koncentrace 125 μg·m⁻³ byla v roce 2006 překročena na většině polských stanic 4krát až 18krát (nejvíce v Żywieci), v roce 2010 v Żywieci 7krát. Kritická úroveň SO₂ pro ochranu vegetace 20 μg·m⁻³ byla v chladném období překročena 1,2násobně až 1,7násobně na osmi z deseti hodnocených stanic v regionu Slezského vojvodství a pro období celého roku mírně rovněž v Żywieci a Zabru. V regionu Moravskoslezského kraje průměrné koncentrace dosáhly na jednotlivých stanicích 43–89% kritické hodnoty v chladné polovině roku a 29–64% kritické hodnoty v ročním období (tab. 4.5.1–4.5.3).

Nejnižší úroveň znečištění ovzduší SO₂ v obou ročních obdobích byla v Opavě, Studénce a Třinci-Kosmosu, nejvyšší v chladné polovině roku v Żywieci a v teplé polovině roku v Katovicích. Na všech stanicích v regionu Moravskoslezského kraje byla v chladné polovině roku úroveň znečištění ovzduší SO₂ nižší než v regionu Slezského vojvodství, v teplé polovině roku toto rovněž platí s výjimkou stanic Karviná a zejména Český Těšín (obr. 4.5.1–4.5.2).

¹⁶ Dle provedeného U-Mann Whitney testu je v obou polovinách roku mezi průměrnými oblastními koncentracemi SO₂ statisticky významný rozdíl na hladině p = 0,05. Vysoké hodnoty Spearmanových koeficientů pořadové korelace ukazují statisticky významnou závislost souborů průměrných denních oblastních koncentrací SO₂ obdobně jako u NO₂.

(2005/06 i 2006/07 lub 2009/10). Podobný stounek dotýčzył stężeń w ciepłych okresach roku, konkretnie od 86 do 96% (2006 lub 2009). Najwyższe stężenia odnotowano w chłodnym okresie 2005/06, a najniższe bezpośrednio w kolejnym chłodnym okresie 2006/07. W kolejnych chłodnych okresach poziom zanieczyszczenia powietrza w obu regionach, w szczególności w regionie województwa śląskiego, lekko wzrastał. Przeciwnie w ciepłych połowach roku poziom zanieczyszczenia powietrza lekko malał od najwyższego poziomu w 2006 roku (rys. 4.4.3–4.4.4).

Stężenia NO₂ charakteryzują się stosunkowo wyraźnym rocznym przebiegiem z maksymalnymi wartościami w dekadach styczniowych i lutowych oraz minimalnymi w dekadach majowych do sierpniowych (rys. 4.4.5–4.4.6). Dobowy przebieg stężeń NO₂ ma dwa maksima i dwa minima i w obu połowach roku jest podobny. W chłodnej połowie roku poranne maksimum na wszystkich stacjach pojawia się ok. 3–5 godzin po nocnym minimum. Wieczorne wartości maksymalne na poszczególnych stacjach odnotowano dopiero 5–7 godzin po południowym spadku stężeń, a na wszystkich stacjach odnotowywano stężenia wyższe aniżeli w czasie porannego maksimum. W ciepłej połowie roku, czyli w okresie z czasem letnim, czas porannych maksimów pojawia się zazwyczaj od 2 do 5 godzin po nocnych minimach. Dobowe minima pojawiają się w ciepłej połowie roku w godzinach popołudniowych, a maksima dopiero później – wieczorem, na poszczególnych stacjach 5–8 godzin po minimach. Na większości stacji dobowe minimum było bardziej wyraźne, wyższe stężenia na większości stacji pojawiają się w czasie wieczornego maksimum. (rys. 4.4.7–4.4.8). W obu połowach roku poziom zanieczyszczenia NO₂ był najniższy w dniach weekendu, szczególnie w niedzielę. Średnie stężenia NO₂ w dniach weekendu, soboty i niedziele, wynoszą na poszczególnych stacjach w chłodnej połowie roku 77–85%, a w ciepłej połowie roku 70–87% średniego stężenia odnotowanego w okresie od poniedziałku do piątku (rys. 4.4.9–4.4.10)¹⁵. W dobowym i tygodniowym przebiegu poziomu zanieczyszczenia powietrza NO₂ widoczny jest prawdopodobnie wpływ natężenia ruchu drogowego. Maksymalne stężenia NO₂ w dobowym przebiegu dobrze korespondują i nawiązują do okresu szczytów komunikacyjnych, weekendowe najniższe stężenia związane są z weekendowym spadkiem natężenia ruchu drogowego.

¹⁵ Zgodnie z przeprowadzonymi testami U-Manna Whitneya różnica między średnimi obszarowymi stężeniami z okresu sobota–niedziela i poniedziałek–piątek jest istotna pod względem statystycznym na poziomie p = 0,05 w obu obszarach i w obu połowach roku.

Průměrné koncentrace SO₂ regionu Moravskoslezského kraje dosáhly v jednotlivých chladných obdobích od 41 do 56% průměrné koncentrace regionu Slezského vojvodství (2005/06, 2009/10), zatímco v teplých polovinách roku byl tento poměr vyšší, a sice od 57 do 72% (2006, 2007). Nejvyšší koncentrace byly naměřeny v chladném období 2005/06 a nejnižší hned v následujícím chladném období 2006/07. V dalších chladných obdobích úroveň znečištění ovzduší v obou regionech, zejména v regionu Slezského vojvodství, mírně narůstala, kromě posledního hodnoceného období v regionu Moravskoslezského kraje. V teplých polovinách roku naopak úroveň znečištění ovzduší mírně klesala od nejvyšší hodnoty v roce 2006, kromě posledního hodnoceného období v regionu Slezského vojvodství. Pro teplé i chladné poloviny roku platí, že nejvyšší průměrná koncentrace regionu Moravskoslezského kraje byla nižší než nejnižší průměrná koncentrace regionu Slezského vojvodství (obr. 4.5.3–4.5.4).

Koncentrace SO₂ mají velmi výrazný roční chod s maximy v prosincových až únorových dekádách a minimy v květnových až zářijových dekádách. Roční chod byl výraznější v regionu Slezského vojvodství (obr. 4.5.5–4.5.6). Denní chod koncentrací SO₂ byl v obou regionech v jednotlivých částech roku poněkud rozdílný. V regionu Slezského vojvodství v chladné polovině roku dochází k hlavnímu minimu v ranních hodinách, k vedlejšímu maximu dopoledne a k hlavnímu maximu ve večerních hodinách, maxima byla oddělena vedlejším minimem v odpoledních hodinách. V regionu Moravskoslezského kraje byl denní chod mnohem méně výrazný a druhé večerní maximum se prakticky nevyskytuje. V teplé polovině roku bylo večerní maximum mnohem méně výrazné i v regionu Slezského vojvodství kromě Žywiece a na několika stanicích má denní chod pouze jedno ranní minimum a jedno ranní až dopolední maximum, a to zejména v Českém Těšíně a Katovicích (obr. 4.5.7–4.5.8). Týdenní chod koncentrací SO₂ byl nevýrazný, a to zejména při porovnání s týdenním chodem NO₂. Průměrné koncentrace SO₂ za víkendové dny sobotu a neděle činí na jednotlivých stanicích v chladné polovině roku 93–105% a v teplé polovině roku 85–103% průměrné koncentrace za pondělí až pátek (obr. 4.5.9–4.5.10)¹⁷.

Všechny popsané charakteristiky ukazují přibližně dvojnásobnou úroveň znečištění ovzduší a rovněž poněkud rozdílné chování koncentrací SO₂ v regionu Slezského vojvodství oproti regionu

¹⁷ Dle provedených U-Mann Whitney testů je rozdíl mezi průměrnými oblastními koncentracemi za období sobota–neděle a pondělí–pátek v obou oblastech statisticky významný na hladině $p = 0,05$ pouze v teplé polovině roku.

Rocny poziom krytyczny NO_x dla ochrony roślinności 30 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w obszarze transgranicznym Śląska i Moraw został przekroczony na większości stacji we wszystkich latach lub co najmniej w czterech z pięciu badanych lat. W Trincu-Kosmos poziom krytyczny był przekroczony tylko w ostatnim badanym 2010 r., w Opawie, Studénce i w Cieszynie przekroczenia nie było ani razu, a średnie roczne stężenia kształtowały się pomiędzy 65 i 91% poziomu krytycznego. Natomiast największe wartości odnotowano w Dąbrowie Górniczej oraz w Katowicach, odpowiednio 149–223 i 147–199% poziomu krytycznego. W regionie kraju morawskośląskiego najwyższe roczne stężenie zarejestrowano w Bohuminie: 136–156% poziomu krytycznego. Maksymalne średnie roczne stężenie 67,0 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ wystąpiło w Dąbrowie Górniczej w 2006 r. (tab. 4.4.3).

4.5. Dwutlenek siarki

Podstawowym źródłem antropogenicznym dwutlenku siarki (SO₂) jest spalanie paliw kopalnych (węgla i ciężkich olejów) oraz wytapianie rud zawierających siarkę. W atmosferze SO₂ utlenia się w siarczany i kwas siarkowy tworzący aerozol w formie zarówno kropeł, jak i stałych cząstek o szerokim zakresie wielkości. SO₂ i powstające z niego substancje są usuwane z atmosfery przez mokrą i suchą depozycję. SO₂ ma działanie podrażniające, w przypadku wysokich stężeń może pogorszyć funkcję płuc oraz spowodować zmianę pojemności płuc. W przypadku roślin dwutlenek siarki może powodować stopniową degradację tkanek spowodowaną rozkładem chlorofilu. Norma emisji dla SO₂ określona została zarówno w celu ochrony zdrowia ludzkiego, jak i ochrony roślinności [ČHMÚ, 2012].

Poziom zanieczyszczenia powietrza SO₂ w regionie województwa śląskiego był niemal dwukrotnie wyższy w porównaniu z regionem kraju morawskośląskiego. Średnie roczne stężenie SO₂ w regionie województwa śląskiego 17,7 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ osiągnęło 194% stężenia 9,1 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w regionie kraju morawskośląskiego, średnie stężenie w ciepłej połowie roku – 150% (8,6 vs. 5,7 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), a średnie stężenie w chłodnej połowie roku – 214% (26,7 vs. 12,5 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)¹⁶.

Dopuszczalne poziomy SO₂ określone w celu ochrony zdrowia ludzkiego, obowiązujące od 1

¹⁶ Zgodnie z przeprowadzonym testem U-Manna Whitneya w obu połowach roku między średnimi obszarowymi stężeniami SO₂ występuje istotna pod względem statystycznym różnica na poziomie $p = 0,05$. Wysokie wartości współczynników Spearmana korelacji porządkowej pokazują istotną pod względem statystycznym zależność populacji danych dobowych obszarowych stężeń SO₂ podobnie jak w przypadku NO₂.

Tab. 4.5.1 Koncentrace oxidu siřičitého SO₂ v µg·m⁻³, přeshraniční region Slezska a Moravy

Tab. 4.5.1 Stěženia dwutlenku siarki SO₂ v µg·m⁻³, region transgraniczny Śląska i Moraw

| | Bohumín | Český Těšín | Frydek-Místek | Havířov | Karviná | Opava | Os. - Fifejdy | Os. - Zábřeh | Studénka | Trinec - Kos. | Region Moravskoslezského kraje | Bielsko-Biala | Cieszyn | Dąbrowa Gór. | Gliwice | Katowice | Rybník | Tychy | Wodzisław Śl. | Zabrze | Zywiec | Region województwa śląskiego |
|---|---------|-------------|---------------|---------|---------|-------|---------------|--------------|----------|---------------|--------------------------------|---------------|---------|--------------|---------|----------|--------|-------|---------------|--------|--------|------------------------------|
| Krátkodobé (1hodinové) koncentrace (K1), chladná polovina roku (I–III, X–XII) / Krátkoterminowe (1godzinne) stężenia (K1), chłodna połowa roku (I–III, X–XII) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % N | 98,2 | 95,1 | 95,5 | 95,5 | 94,4 | 95,3 | 94,9 | 95,0 | 95,2 | 95,3 | | 88,7 | 87,2 | 90,1 | 68,3 | 94,0 | 88,1 | 89,1 | 89,6 | 89,7 | 87,8 | |
| % K1>20 | 23,2 | 27,9 | 17,2 | 18,0 | 29,2 | 9,0 | 13,8 | 15,4 | 12,0 | 14,5 | | 38,2 | 30,1 | 45,7 | 30,6 | 43,6 | 47,3 | 50,9 | 51,8 | 53,2 | 47,5 | |
| Max | 182 | 156 | 486 | 345 | 207 | 204 | 161 | 960 | 254 | 168 | | 273 | 284 | 403 | 173 | 224 | 487 | 303 | 330 | 340 | 493 | |
| Krátkodobé (1hodinové) koncentrace (K1), teplá polovina roku (IV–IX) / Krátkoterminowe (1godzinne) stężenia (K1), ciepła połowa roku (IV–IX) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % N | 98,9 | 95,3 | 95,3 | 95,1 | 94,6 | 95,4 | 94,7 | 93,4 | 95,3 | 95,2 | | 76,4 | 84,4 | 89,3 | 71,8 | 91,4 | 85,1 | 91,6 | 87,7 | 88,7 | 84,3 | |
| % K1>20 | 4,1 | 8,2 | 3,4 | 3,3 | 7,2 | 0,9 | 3,5 | 6,0 | 3,0 | 3,2 | | 3,8 | 4,0 | 7,4 | 5,4 | 14,1 | 9,1 | 9,3 | 7,3 | 11,6 | 8,0 | |
| Max | 142 | 189 | 351 | 418 | 128 | 74 | 297 | 378 | 112 | 159 | | 54 | 69 | 108 | 66 | 80 | 141 | 100 | 93 | 101 | 93 | |
| Denní (24hodinové) koncentrace (K24), chladná polovina roku (I–III, X–XII) / Dobowe (24godzinne) stężenia (K24), chłodna połowa roku (I–III, X–XII) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % N | 98,7 | 99,6 | 99,8 | 99,9 | 97,9 | 100,0 | 98,9 | 99,6 | 99,8 | 99,8 | 100,0 | 93,9 | 92,6 | 97,4 | 70,5 | 98,2 | 93,6 | 92,3 | 96,4 | 96,6 | 91,1 | 100,0 |
| Avg | 15,5 | 16,9 | 12,4 | 13,5 | 17,9 | 8,6 | 11,3 | 11,7 | 9,9 | 11,1 | 12,5 | 23,7 | 19,4 | 26,6 | 19,1 | 25,0 | 29,7 | 29,7 | 29,7 | 30,7 | 34,8 | 26,7 |
| P05 | 5 | 4 | 3 | 4 | 5 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 4 | 5 | 5 | 7 | 4 | 7 | 6 | 8 | 7 | 6 | 7 | 9 |
| P95 | 38 | 42 | 34 | 35 | 45 | 27 | 30 | 37 | 33 | 31 | 33 | 62 | 53 | 62 | 60 | 62 | 78 | 73 | 68 | 76 | 101 | 63 |
| Max | 109 | 118 | 111 | 112 | 127 | 101 | 99 | 98 | 102 | 79 | 106 | 213 | 198 | 305 | 125 | 157 | 310 | 201 | 208 | 232 | 370 | 202 |
| % K24>20 | 20,9 | 27,7 | 16,4 | 17,5 | 26,1 | 7,9 | 12,5 | 15,7 | 11,7 | 12,7 | 14,7 | 40,0 | 29,6 | 48,1 | 29,6 | 44,6 | 53,7 | 54,8 | 58,3 | 59,8 | 51,8 | 49,5 |
| Denní (24hodinové) koncentrace (K24), teplá polovina roku (IV–IX) / Dobowe (24godzinne) stężenia (K24), ciepła połowa roku (IV–IX) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % N | 99,2 | 99,9 | 99,7 | 99,3 | 98,4 | 99,9 | 98,5 | 96,1 | 99,6 | 99,6 | 100,0 | 80,3 | 89,2 | 96,3 | 74,1 | 94,3 | 88,6 | 95,5 | 92,8 | 94,6 | 87,4 | 100,0 |
| Avg | 6,5 | 8,9 | 5,6 | 5,8 | 7,7 | 3,0 | 5,9 | 6,5 | 4,8 | 5,1 | 5,7 | 7,3 | 7,6 | 8,4 | 7,3 | 11,2 | 9,3 | 10,3 | 8,7 | 10,3 | 8,9 | 8,6 |
| P05 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 5 |
| P95 | 13 | 22 | 12 | 13 | 18 | 7 | 13 | 16 | 13 | 12 | 11 | 15 | 14 | 17 | 17 | 26 | 21 | 21 | 19 | 23 | 20 | 16 |
| Max | 22 | 41 | 39 | 54 | 32 | 15 | 42 | 52 | 25 | 19 | 17 | 30 | 31 | 47 | 32 | 55 | 72 | 71 | 43 | 79 | 35 | 31 |
| % K24>20 | 0,2 | 5,7 | 0,9 | 0,2 | 2,7 | 0,0 | 0,6 | 2,0 | 0,8 | 0,0 | 0,0 | 1,6 | 0,6 | 2,2 | 2,2 | 10,7 | 6,0 | 6,3 | 4,4 | 8,0 | 4,9 | 1,3 |
| Denní (24hodinové) koncentrace (K24), rok (I–XII) / Dobowe (24godzinne) stężenia (K24), rok (I–XII) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Avg | 11,0 | 12,9 | 9,0 | 9,6 | 12,8 | 5,8 | 8,6 | 9,1 | 7,3 | 8,1 | 9,1 | 16,1 | 13,6 | 17,5 | 13,1 | 18,2 | 19,8 | 19,8 | 19,3 | 20,6 | 22,1 | 17,7 |
| N _{avg} K24>125 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,9 | 0,7 | 2,3 | 0,0 | 1,0 | 2,6 | 2,3 | 1,5 | 2,5 | 6,3 | 1,8 |

% N - relativní četnost hodnocených K1, K24 v % možných koncentrací N

% N - względna częstość badanych K1, K24 w % możliwych stężeń N

% K1>20, % K24>20 - relativní četnost K1/K24 > 20 µg·m⁻³ v % hodnocených K1/K24

Avg, Max - průměrná, maximální koncentrace v hodnoceném období

P05, P95 - 5. a 95. percentil souborů K24 v hodnoceném období

N_{avg} K24>125 - průměrný roční počet dnů s K24 > 125 µg·m⁻³ vypočtený pomocí

relativních četností K24>125 s tím, že 100 % je 365 dnů

N/K24=91,1, N/K1=21824 v chladné polovině roku / w chłodnej połowie roku

N/K24=91,5, N/K1=21960 v teplé polovině roku / w ciepłej połowie roku

% K1>20, % K24>20 - względna częstość K1/K24 > 20 µg·m⁻³ w % badanych K1/K24

Avg, Max - średnie, maksymalne stężenie w badanym okresie

P05, P95 - 5. i 95. percentil zbiorów K24 w badanym okresie

N_{avg} K24>125 - średnia roczna liczba dni z K24 > 125 µg·m⁻³ wyliczona za pomocą

względnych częstości K24>125, gdy 100 % to 365 dni

Hodnoty vytištěné tučnou kurzívou značí překročení hodnoty imisního limitu nebo povoleného počtu jejího překročení

Wartości zaznaczone pogrubioną kursywą oznaczają przekroczenie wartości normy imisji lub dopuszczalnej liczby jej przekroczeń

Tab. 4.5.2 Průměrné roční koncentrace SO₂ v µg·m⁻³

Tab. 4.5.2 Średnie roczne stężenia SO₂ w µg·m⁻³

| | Region Moravskoslezského kraje / Region kraju morawskośląskiego | | | | | | | | | | Region Slezského vojvodství / Region województwa śląskiego | | | | | | | | | | |
|------|---|-------------|---------------|---------|---------|-------|---------------|--------------|----------|---------------|--|---------------|---------|--------------|---------|----------|--------|-------|---------------|--------|--------|
| | Bohunín | Česky Těšín | Frydek-Místek | Havířov | Karviná | Opava | Os. - Fifejdy | Os. - Zábřeh | Studénka | Třinec - Kos. | | Bielsko-Biala | Cieszyn | Dąbrowa Gór. | Gliwice | Katowice | Rybnik | Tychy | Wodzisław Śl. | Zabrze | Zywiec |
| 2006 | 13 | 15 | 10 | 12 | 16 | 7 | 10 | 11 | 9 | 10 | 2006 | 23 | 17 | 26 | — | 31 | 29 | 27 | 25 | 29 | 38 |
| 2007 | 10 | 12 | 8 | 9 | 13 | 5 | 8 | 9 | 7 | 8 | 2007 | 17 | 11 | 17 | 11 | 13 | 16 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 2008 | 9 | 11 | 7 | 8 | 10 | 5 | 7 | 7 | 6 | 6 | 2008 | 11 | 11 | 15 | 11 | 14 | 16 | 17 | 18 | 16 | 20 |
| 2009 | 10 | 12 | 8 | 9 | 11 | 5 | 7 | 8 | 7 | 7 | 2009 | 12 | 12 | 13 | 10 | 15 | 19 | 22 | 18 | 19 | 12 |
| 2010 | 13 | 15 | 11 | 11 | 14 | 8 | 11 | 10 | 8 | 10 | 2010 | — | 16 | 16 | 20 | 18 | 22 | 19 | 21 | 24 | 27 |

Tab. 4.5.3 Četnosti denních koncentrací SO₂ větších než 125 µg·m⁻³

Tab. 4.5.3 Częstości dobowych stężeń SO₂ powyżej 125 µg·m⁻³

| | Region Moravskoslezského kraje / Region kraju morawskośląskiego | | | | | | | | | | Region Slezského vojvodství / Region województwa śląskiego | | | | | | | | | | |
|------|---|-------------|---------------|---------|---------|-------|---------------|--------------|----------|---------------|--|---------------|---------|--------------|---------|----------|--------|-------|---------------|--------|--------|
| | Bohunín | Česky Těšín | Frydek-Místek | Havířov | Karviná | Opava | Os. - Fifejdy | Os. - Zábřeh | Studénka | Třinec - Kos. | | Bielsko-Biala | Cieszyn | Dąbrowa Gór. | Gliwice | Katowice | Rybnik | Tychy | Wodzisław Śl. | Zabrze | Zywiec |
| 2006 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2006 | 4 | 0 | 10 | — | 5 | 9 | 8 | 7 | 10 | 18 |
| 2007 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2007 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2008 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2008 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 2009 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2009 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2010 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2010 | — | 3 | 1 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 2 | 7 |

| |
|----|
| XX |
| — |

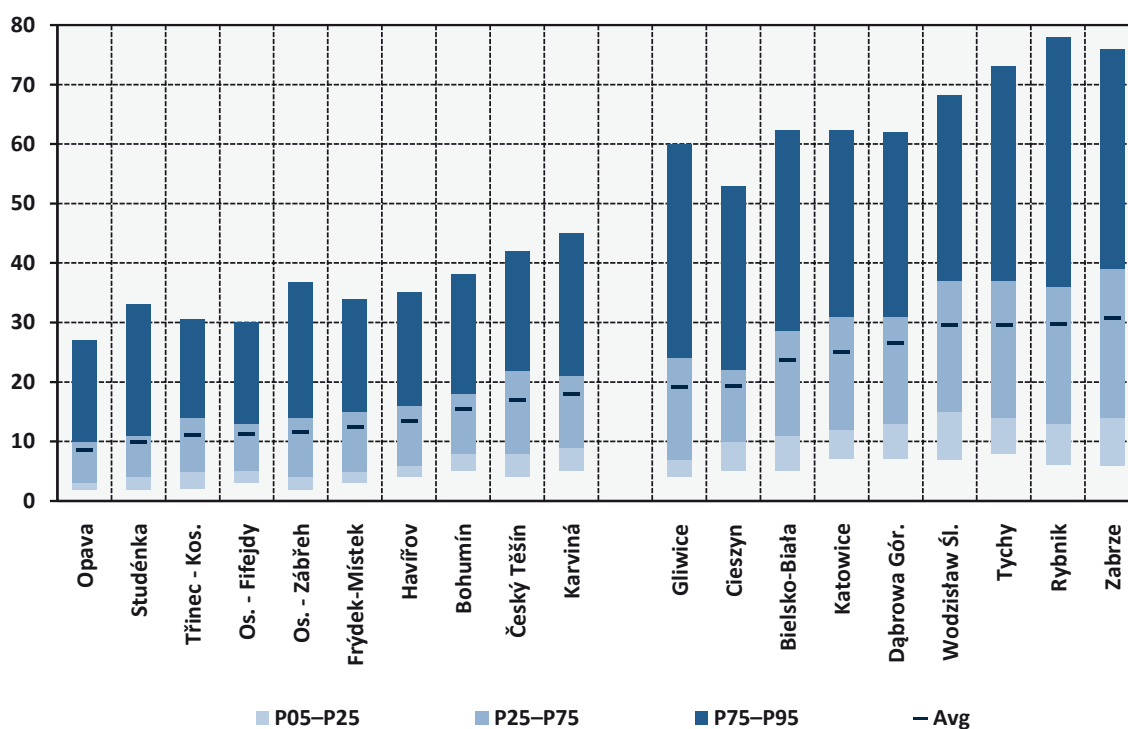
- chybí 1/10 až 2/3 denních dat / brak 1/10 do 2/3 danych dobowych
 - chybí více než 2/3 denních dat / brak ponad 2/3 danych dobowych

Hodnoty vytištěné tučnou kurzívou značí překročení hodnoty imisního limitu nebo povoleného počtu jejího překročení

Wartości zaznaczone pogrubioną kursywą oznaczają przekroczenie wartości normy imisji lub dopuszczalnej liczby jej przekroczeń

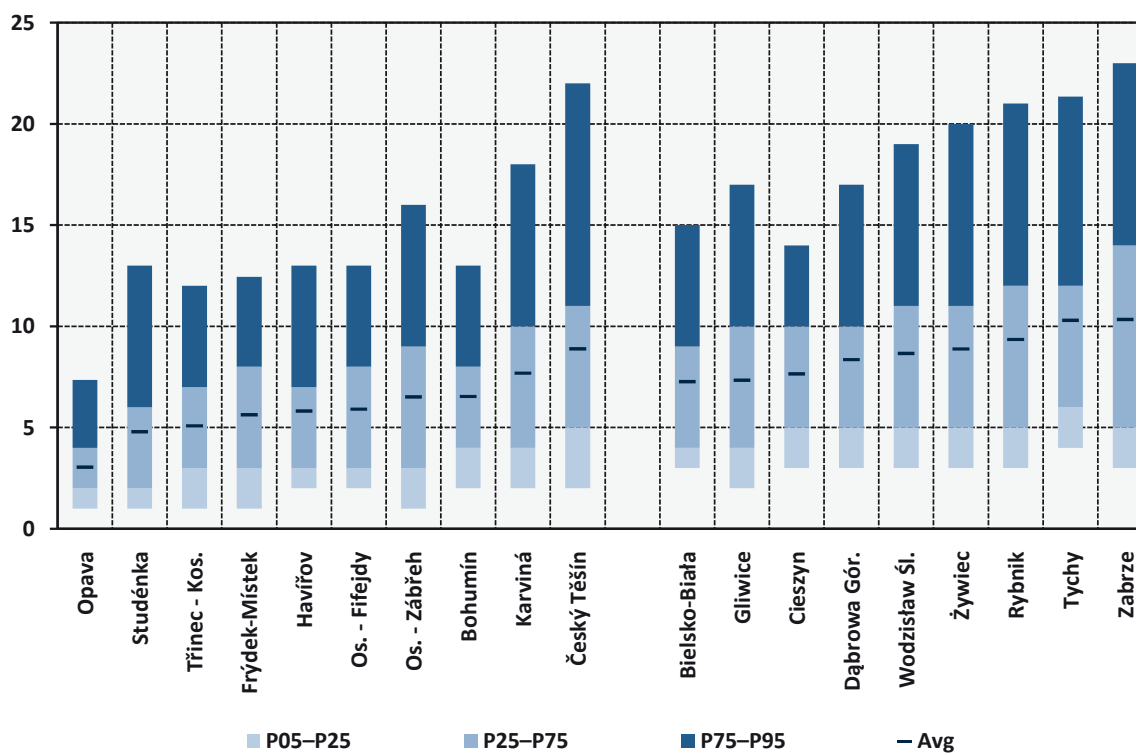
Obr. 4.5.1 Průměrné denní koncentrace SO₂ v μg·m⁻³, chladná polovina roku (I–III, X–XII)

Rys. 4.5.1 Średnie dobowe stężenia SO₂ w μg·m⁻³, chłodna połowa roku (I–III, X–XII)



Obr. 4.5.2 Průměrné denní koncentrace SO₂ v μg·m⁻³, teplá polovina roku (IV–IX)

Rys. 4.5.2 Średnie dobowe stężenia SO₂ w μg·m⁻³, ciepła połowa roku (IV–IX)



P05–P25, P25–P75, P75–P95 - rozsah koncentrací / zakres stężeń

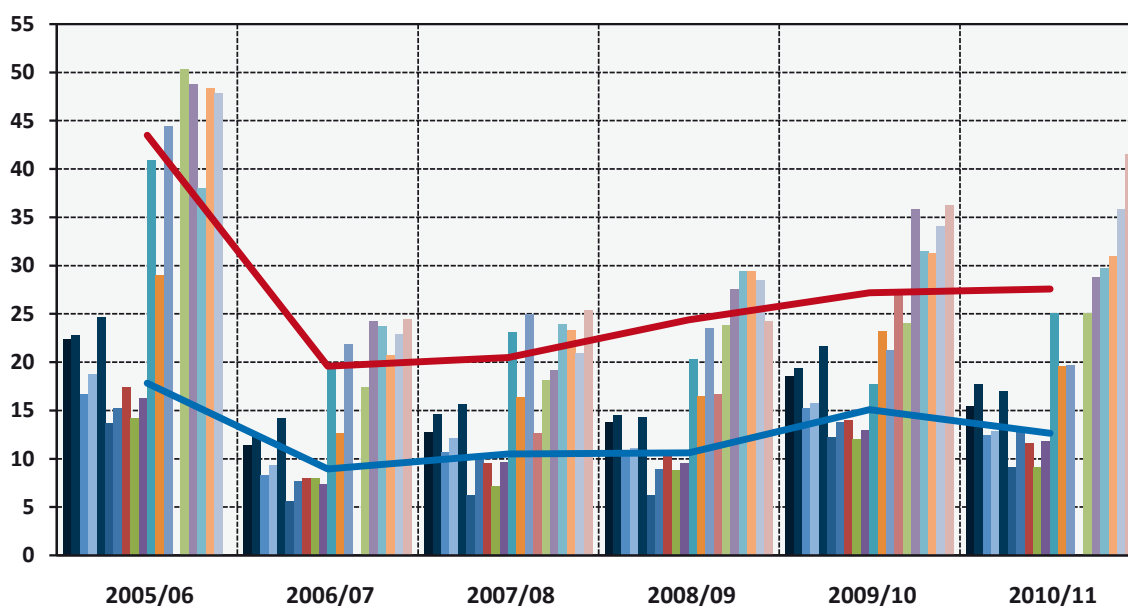
P05, P25, P75, P95 - 5., 25., 75. a 95.percentil souborů K24 v hodnocené polovině roku

P05, P25, P75, P95 - 5., 25., 75. i 95.percentyl zbiorów K24 w badanej połowie roku

AVG - průměrná koncentrace v hodnocené polovině roku / średnie stężenie w badanej połowie roku

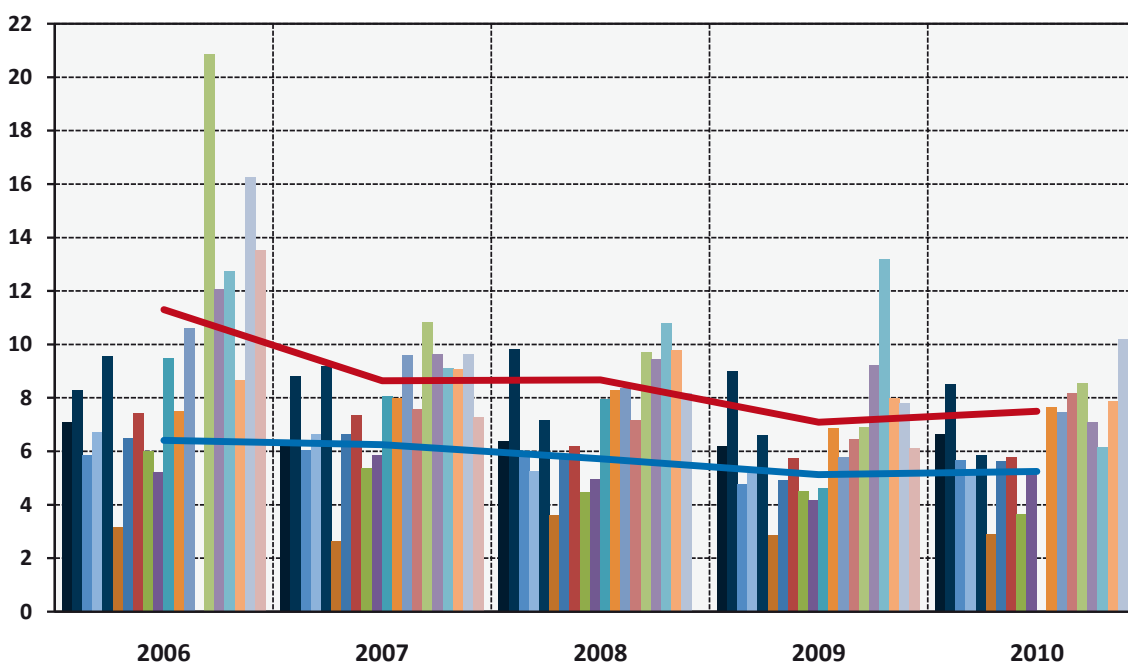
Obr. 4.5.3 Sezónní koncentrace SO₂ v µg·m⁻³, chladná období (X–III)

Rys. 4.5.3 Sezonowe stężenia SO₂ w µg·m⁻³, chłodne okresy (X–III)



Obr. 4.5.4 Sezónní koncentrace SO₂ v µg·m⁻³, teplé poloviny roků (IV–IX)

Rys. 4.5.4 Sezonowe stężenia SO₂ w µg·m⁻³, ciepłe połowy roku (IV–IX)

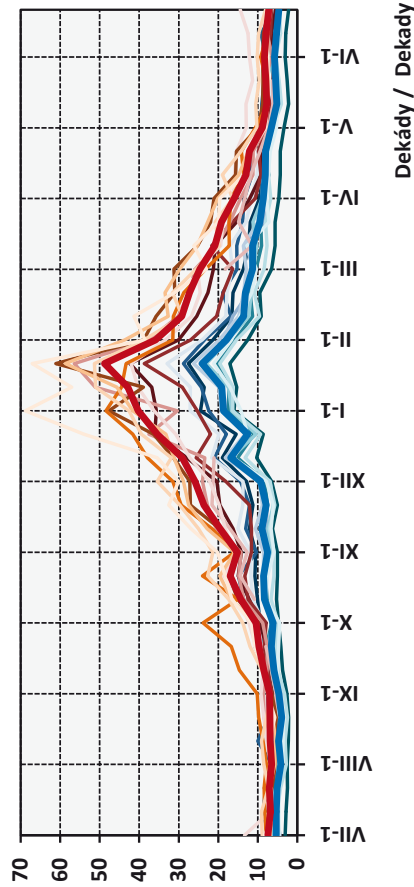


MSk/avg - průměr pro region Moravskoslezského kraje / średnia dla regionu kraju morawskośląskiego

SLw/avg - průměr pro region Slezského vojvodství / średnia dla regionu województwa śląskiego

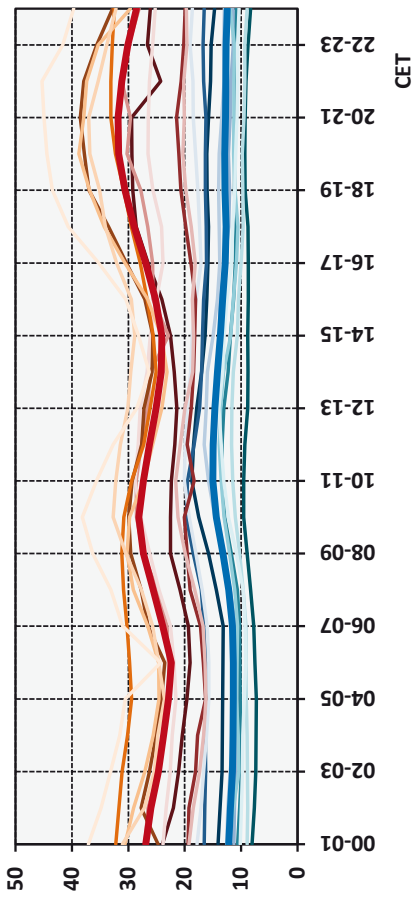
Obr. 4.5.5 Roční chod koncentrací SO₂ v µg·m⁻³

Rys. 4.5.5 Roczny przebieg stężeń SO₂ w µg·m⁻³



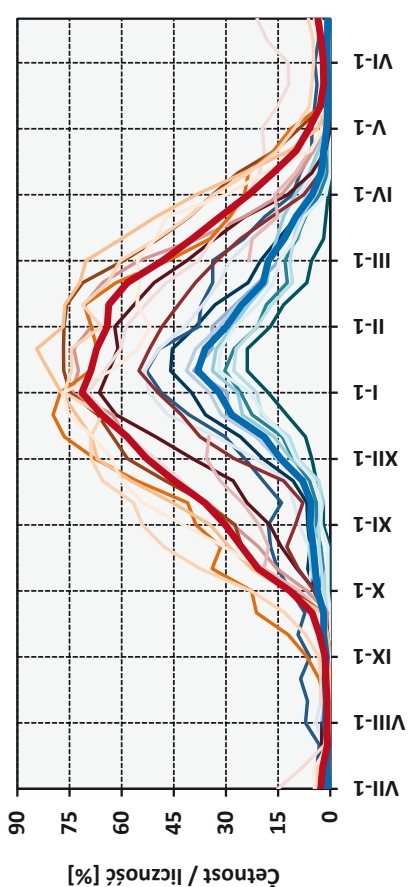
Obr. 4.5.7 Denní chod koncentrací SO₂ v µg·m⁻³, chladná polov. roku (I-III, X-XII)

Rys. 4.5.7 Dobowy przebieg stężeń SO₂ w µg·m⁻³, chłodna poł. roku (I-III, X-XII)



Obr.4.5.6 Roční chod koncentrací SO₂ vyšších než 20 µg·m⁻³

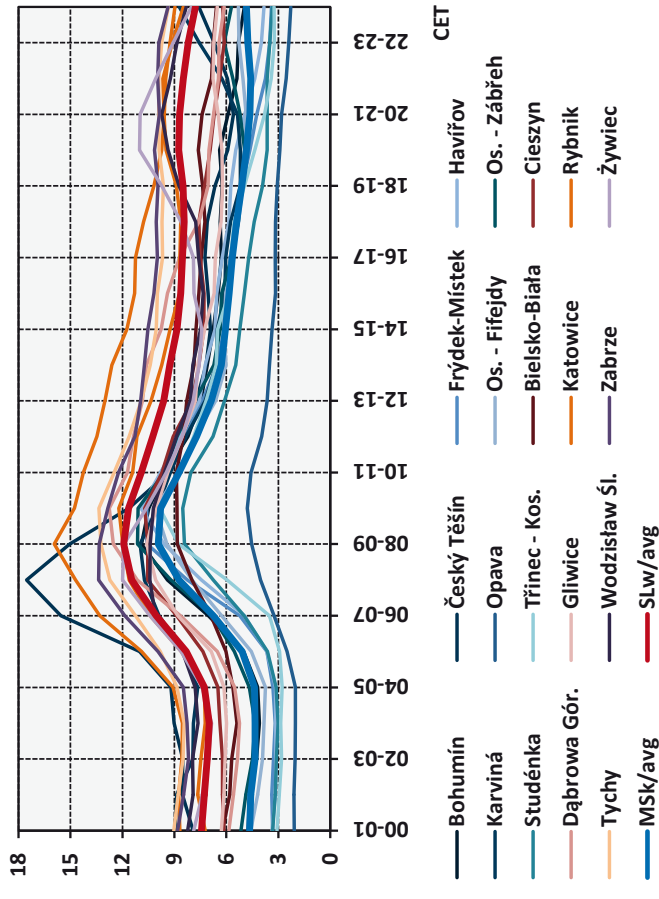
Rys.4.5.6 Roczny przebieg stężeń SO₂ wyższych niż 20 µg·m⁻³



MSK/avg - průměr pro region Moravskoslezského kraje
 MSK/avg - średnia dla regionu kraju morawskośląskiego
 SLw/avg - průměr pro region Slezského vojvodství
 SLw/avg - średnia dla regionu województwa śląskiego

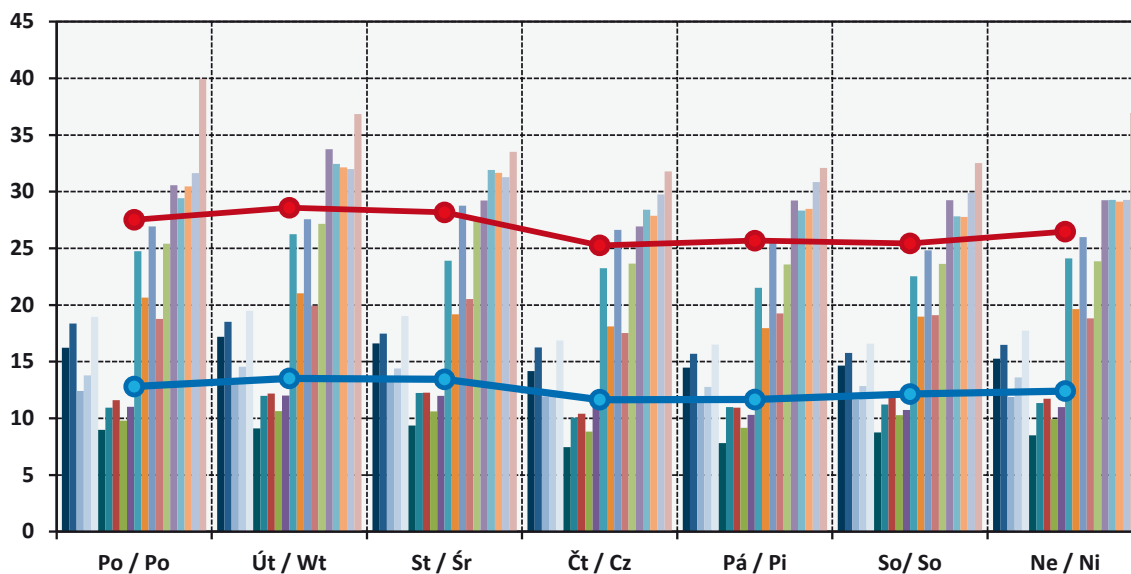
Obr. 4.5.8 Denní chod koncentrací SO₂ v µg·m⁻³, teplá polovina roku (IV-IX)

Rys. 4.5.8 Dobowy przebieg stężeń SO₂ w µg·m⁻³, ciepła polowa roku (IV-IX)



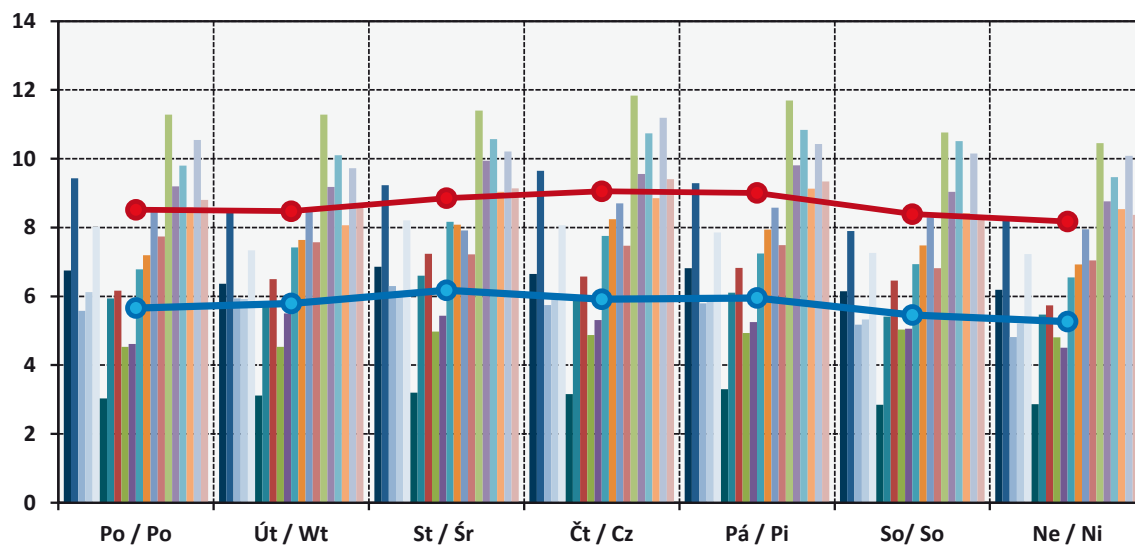
Obr. 4.5.9 Týdenní chod koncentrací SO₂ v µg·m⁻³, chladná polovina roku (I–III, X–XII)

Rys. 4.5.9 Tygodniowy przebieg stężeń SO₂ w µg·m⁻³, chłodna połowa roku (I–III, X–XII)



Obr. 4.5.10 Týdenní chod koncentrací SO₂ v µg·m⁻³, teplá polovina roku (IV–IX)

Rys. 4.5.10 Tygodniowy przebieg stężeń SO₂ w µg·m⁻³, ciepła połowa roku (IV–IX)



Po / Po - pondělí / poniedziałek, Út / Wt - úterý / wtorek, St / Šr - středa / środa, Čt / Cz - čtvrtek / czwartek

Pá / Pi - pátek / piątek, So / So - sobota / sobota, Ne / Ni - neděle / niedziela

MSk/avg - průměr pro region Moravskoslezského kraje / średnia dla regionu kraju morawskośląskiego

SLw/avg - průměr pro region Slezského vojvodství / średnia dla regionu województwa śląskiego

Moravskoslezského kraje. Z podrobných informací, které byly shromážděny v rámci přeshraničních česko-polských projektů¹⁸, vyplynuly podstatně vyšší emise škodlivin z lokálních topenišť v regionu Slezského vojvodství. Při podobné hustotě zástavby jsou vyšší emise způsobeny především větším podílem topenišť, která spalují pevná paliva, a rovněž použitím paliva odlišné kvality a odlišnými technickými parametry domácích kotlů. Kromě jiného bylo konstatováno, že tuhá paliva používaná v regionu Slezského vojvodství mají větší obsah síry než paliva používaná v regionu Moravskoslezského kraje [VŠB, 2011]. Z toho lze vyvozovat, že výrazně vyšší koncentrace SO₂ v regionu Slezského vojvodství pocházejí z velké části z lokálních topenišť.

4.6 Benzen

Benzen (C₆H₆) do atmosféry emitují z více než 90% antropogenní zdroje. Hlavním emisním zdrojem jsou spalovací procesy, především mobilní zdroje, které představují cca 85% celkových antropogenních emisí aromatických uhlovodíků, přičemž převládající část připadá na emise z výfukových plynů. Odhaduje se, že zbývajících 15% emisí pochází ze stacionárních zdrojů. Rozhodující podíl připadá na procesy produkující aromatické uhlovodíky a procesy, kde se tyto sloučeniny používají k výrobě dalších chemikálií. Dalším významným zdrojem emisí jsou ztráty vypařováním při manipulaci, skladování a distribuci benzinů. Benzen obsažený ve výfukových plynech je především nespálený benzen z paliva. Dalším příspěvkem k emisím benzenu z výfukových plynů je benzen vzniklý z nebenzenových aromatických uhlovodíků, popř. z nearomatických uhlovodíků obsažených v palivu. Mezi nejvýznamnější škodlivé efekty expozice benzenu patří poškození krve tvorby a dále jeho karcinogenní účinky [ČHMÚ, 2012].

Výsledky měření koncentrací benzenu byly k dispozici ze čtyř stanic z regionu Moravskoslezského kraje a pouze z jediné z regionu Slezského vojvodství. Průměrné roční koncentrace v Ostravě-Přívozu dosahovaly 115–134% ročního imisního limitu 5 µg·m⁻³, zatímco na ostatních stanicích byly podlimitní (obr. 4.6.1). Z měření v České republice je známo, že průměrné koncentrace benzenu dlouhodobě překračují roční imisní limit, který měl být dodržen k 1. 1. 2010 [EC, 2008], pouze v Ostravě-Přívozu, zatímco na ostatních lokalitách s měřením

stycznia 2005 r. [EC, 2008], byly lehký překročeny pouze v regionie województwa śląskiego w latach 2006 i 2010 z powodu wyższej od dopuszczalnej liczby dni z dobowym średnim stężeniem wyższym od wartości dopuszczalnej i/lub dwudziestu czterech godzin z jednogodzinnym stężeniem powyżej wartości dopuszczalnej. Wartość dopuszczalna dla stężeń chwilowych 350 µg·m⁻³ została przekroczona w 2006 r. w Rybniku 33 razy, a w Żywcu nawet 71 razy. Dopuszczalne średnie dobowe stężenie 125 µg·m⁻³ zostało w 2006 r. przekroczone na większości polskich stacji 4 razy aż 18razy (najwięcej w Żywcu), w 2010 r. w Żywcu 7 razy. Poziom krytyczny SO₂ określony dla ochrony roślinności 20 µg·m⁻³ był w chłodnym okresie przekroczony na ośmiu z dziesięciu badanych stacji w regionie województwa śląskiego 1,2-krotnie aż 1,7-krotnie, a w okresie całego roku lekko także w Żywcu i w Zabrze. W regionie kraju morawskośląskiego średnie stężenia na poszczególnych stacjach osiągnęły wartość 43–89% poziomu krytycznego w chłodnej połowie roku i 29–64% poziomu krytycznego w okresie rocznym (tab. 4.5.1–4.5.3).

Najniższy poziom zanieczyszczenia powietrza SO₂ w obu okresach roku wystąpił w Opawie, Studénce i Trzincu-Kosmos, najwyższy w chłodnej połowie roku w Żywcu, a w ciepłej połowie roku w Katowicach. Na wszystkich stacjach w regionie kraju morawskośląskiego w chłodnej połowie roku poziom zanieczyszczenia powietrza SO₂ był niższy niż w regionie województwa śląskiego, w ciepłej połowie roku było tak samo, z wyjątkiem stacji Karwiná i przede wszystkim Český Těšín (rys. 4.5.1–4.5.2).

Średnie stężenia SO₂ w regionie kraju morawskośląskiego wynosiły w poszczególnych chłodnych okresach od 41 do 56% średniego stężenia w regionie województwa śląskiego (2005/06, 2009/10), natomiast w ciepłych okresach roku stosunek ten był większy, a dokładniej od 57 do 72% (2006, 2007). Najwyższe stężenia odnotowano w chłodnym okresie 2005/06, a najniższe bezpośrednio w kolejnym chłodnym okresie 2006/07. W kolejnych chłodnych okresach poziom zanieczyszczenia powietrza w obu regionach, zwłaszcza w regionie województwa śląskiego, lekko wzrastał, z wyjątkiem ostatniego badanego okresu w regionie kraju morawskośląskiego. W ciepłych połowach roku natomiast poziom zanieczyszczenia powietrza lekko malał od najwyższego poziomu w 2006 r., z wyjątkiem ostatniego badanego okresu w regionie województwa śląskiego. W przypadku ciepłych i chłodnych okresów roku obowiązuje zasada, że najwyższe średnie stężenia w regionie kraju morawskośląskiego były mniejsze od najniższych średnich stężeń w regionie województwa śląskiego (rys. 4.5.3–4.5.4).

¹⁸ Projekty Zlepšení kvality ovzduší v příhraniční oblasti Česka a Polska (www.cleanborder.eu) a Informační systém kvality ovzduší v oblasti Polsko-Českého pohraničí ve Slezském a Moravskoslezském regionu (www.air-silesia.eu) v rámci Operačního programu přeshraniční spolupráce Česká republika-Polská republika 2007–2013 (OPPS ČR-PR 2007–2013).

nejen v Ostravě, ale v celé České republice, jsou koncentrace podlimitní. Vyšší koncentrace souvisejí v této lokalitě s průmyslovou činností, především s výrobou koksu a chemickou výrobou.

Koncentrace benzenu mají zřetelný roční chod. Měsíční průměrné koncentrace se pohybovaly v širokém rozmezí od 0,1 do 8,2 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, resp. až do 12,1 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v Ostravě-Přívozu. Nejvyšší průměrné koncentrace byly naměřeny v lednu, prosinci a únoru (obr. 4.6.2).

4.7 Přízemní ozon

Přízemní ozon¹⁹ (O_3) je sekundární znečišťující látkou v ovzduší, která nemá vlastní významný emisní zdroj. Vzniká za účinku slunečního záření komplikovanou soustavou fotochemických reakcí mezi tzv. prekursorů ozonu, zejména mezi oxidy dusíku (NO_x), těkavými organickými látkami (VOC) a dalšími složkami atmosféry. Ozon je velmi účinným oxidantem. Poškozuje převážně dýchací soustavu, způsobuje podráždění, morfologické, biochemické a funkční změny a snižuje obranyschopnost organismu. Je prokazatelně toxický i pro vegetaci [ČHMÚ, 2012]. Pole koncentrací přízemního ozonu je v porovnání s jinými škodlivinami mnohem homogennější, tj. prostorově mnohem méně proměnlivé, a proto postačuje měření na menším počtu lokalit než u ostatních škodlivin.

Úroveň znečištění ovzduší O_3 byla v regionu Slezského vojvodství poněkud nižší než v regionu Moravskoslezského kraje. Průměrná roční koncentrace O_3 regionu Slezského vojvodství 44,0 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ dosáhla 96% koncentrace 45,7 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ regionu Moravskoslezského kraje, průměrná koncentrace teplé poloviny roku 100% (57,4 vs. 57,3 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) a průměrná koncentrace chladné poloviny roku 89% (30,3 vs. 34,1 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).

Průměrná roční maximální denní 8hodinová koncentrace O_3 regionu Slezského vojvodství 62,3 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ dosáhla 95% koncentrace 65,7 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ regionu Moravskoslezského kraje, průměrná maximální denní 8hodinová koncentrace teplé poloviny roku 90% (40,4 vs. 45,1 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) a průměrná maximální denní 8hodinová koncentrace chladné poloviny roku 98% (84,1 vs. 86,2 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)²⁰.

¹⁹ Přízemní ozon, rovněž nazývaný ozonem troposférickým, se vyskytuje při zemském povrchu, na rozdíl od ozonu stratosférického, který je koncentrován především v ozonosféře.

²⁰ Dle provedeného U-Mann Whitney testu je rozdíl mezi průměrnými oblastními koncentracemi O_3 statisticky významný na hladině $p = 0,05$ pouze v chladné polovině roku. Hodnota Spearmanova koeficientu pořadové korelace mezi soubory oblastních maximálních denních 8hodinových koncentrací O_3 v teplé polovině roku má hodnotu 0,97 a potvrzuje ze všech porovnávaných škodlivin nejvýraznější podobnost v úrovni znečištění ovzduší v obou oblastech.

Stěženia SO_2 charakterizují se bardzo wyraźnym rocznym przebiegiem z maksymalnymi wartościami w dekadach grudniowych do lutowych oraz minimalnymi w dekadach majowych do wrzesniowych. Roczny przebieg był bardziej wyraźny w regionie województwa śląskiego (rys. 4.5.5–4.5.6). Dobowy przebieg stężeń SO_2 w obu regionach nieco się różnił w poszczególnych częściach roku. W regionie województwa śląskiego w chłodnej połowie roku główne minima występują w godzinach porannych, lokalne maksima przed południem, a główne maksimum w godzinach wieczornych, maksima były oddzielone lokalnym minimum w godzinach popołudniowych. W regionie kraju morawskośląskiego dobowy przebieg był o wiele mniej wyraźny, a drugie wieczorne maksimum praktycznie nie występuje. W ciepłej połowie roku wieczorne maksimum było o wiele mniej wyraźne także w regionie województwa śląskiego, poza Żywcem, a na kilku stacjach dobowy przebieg ma tylko jedno poranne minimum i jedno poranne aż dopołudniowe maksimum, zwłaszcza w Českim Těšínie i w Katowicach (rys. 4.5.7–4.5.8). Tygodniowy przebieg stężenia SO_2 był niewyraźny, w porównaniu zwłaszcza z tygodniowym przebiegiem NO_2 . Średnie stężenia SO_2 w dni weekendu, w soboty i niedziele, wynoszą na poszczególnych stacjach w chłodnej połowie roku 93–105%, a w ciepłej połowie roku 85–103% średniego stężenia odnotowanego w okresie od poniedziałku do piątku (rys. 4.5.9–4.5.10)¹⁷.

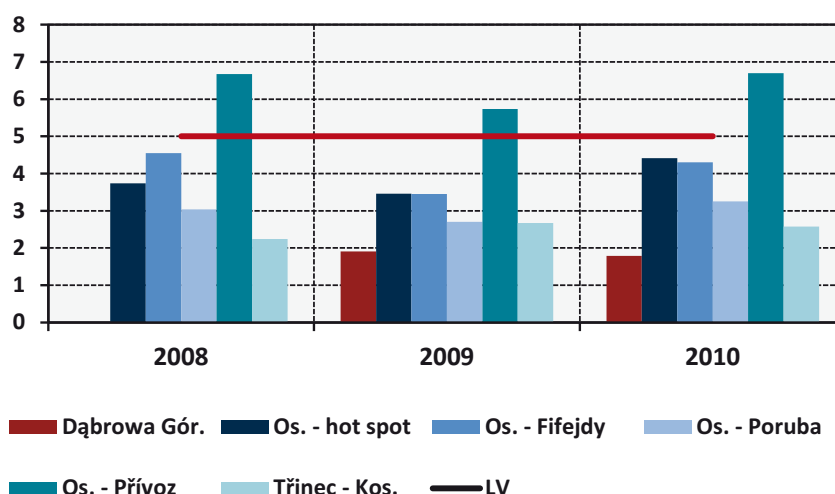
Wszystkie opisane cechy wskazują na mniej więcej dwukrotnie wyższy poziom zanieczyszczenia powietrza, a także stosunkowo odmienne kształtowanie się stężeń SO_2 w regionie województwa śląskiego w porównaniu z regionem kraju morawskośląskiego. Ze szczegółowych informacji, jakie zgromadzono w ramach polsko-czeskich projektów transgranicznych¹⁸, wynika, że znacznie wyższe emisje substancji zanieczyszczających z lokalnych palenisk były w regionie województwa śląskiego. Przy podobnej gęstości zabudowy wyższe emisje spowodowane są przede wszystkim większym udziałem palenisk, w których spalane są paliwa stałe, oraz wykorzystywaniem paliw o różnej

¹⁷ Zgodnie z wykonanymi testami U-Manna Whitneya różnica pomiędzy średnimi obszarowymi stężeniami z okresu sobota-niedziela i poniedziałek-piątek w obu obszarach na poziomie $p = 0,05$ jest istotna pod względem statystycznym tylko w ciepłej połowie roku.

¹⁸ Projekty pn. „Polepszenie jakości powietrza w regionie przygranicznym Czechy-Polska“ (www.cleanborder.eu) oraz „System informacji o jakości powietrza na obszarze pogranicza Polsko-Czeskiego w regionie Śląska i Moraw“ (www.air-silesia.eu) w ramach Programu Operacyjnego Współpracy Transgranicznej Republika Czeska – Rzeczpospolita Polska 2007–2013 (POWT RCz–RP 2007–2013).

Obr. 4.6.1 Průměrné roční koncentrace benzenu v $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

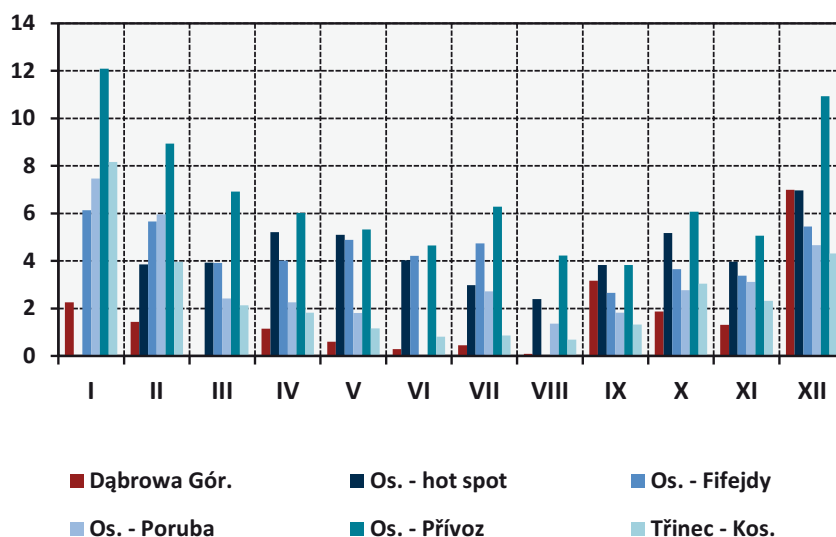
Rys. 4.6.1 Średnie roczne stężenia benzenu w $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$



LV – cílová hodnota / poziom docelowy

Obr. 4.6.2 Průměrné měsíční koncentrace benzenu v $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, 2008–2010

Rys. 4.6.2 Średnie miesięczne stężenia benzenu w $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, 2008–2010



Cílová hodnota O_3 pro ochranu zdraví lidí, která měla být dodržena k 1. 1. 2010 [EC, 2008], nebyla v letech 2008–2010 překročena, protože hodnota maximální denní 8hodinové koncentrace $120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ byla překročena na jednotlivých stanicích v průměru za 3 roky pouze 15krát až 19krát, zatímco legislativa umožňuje 25 překročení. Nicméně byl překročen legislativně stanovený dlouhodobý cíl, protože nepředpokládá ani jedno překročení uvedené mezní hodnoty. Ke všem překročením mezní hodnoty došlo v teplé polovině roku. Průměrné maximální denní 8hodinové koncentrace O_3 byly v souladu

jakości i różnymi parametrami technicznymi domowych kotłůw. Między innymi stwierdzono, że paliwa stałe stosowane w regionie województwa śląskiego mają większą zawartość siarki w porównaniu z paliwami używanymi w regionie kraju morawskośląskiego [VŠB, 2011]. Z tego można wywnioskować, że znacznie wyższe stężenia SO_2 w regionie województwa śląskiego pochodzą w dużej części z lokalnych palenisk.

s výše popsaným mechanismem tvorby ozonu v teplé polovině roku 1,8násobně až 2,4násobně vyšší než v chladné polovině roku (Bielsko-Biala, Katovice). Nejvyšší koncentrace O_3 byly měřeny na venkovských pozadových lokalitách (Studénka) kvůli nižším koncentracím látek odbourávajících ozon. Naopak nejméně zatížené jsou městské lokality ovlivněné emisemi z dopravy, v kterých je ozon odbouráván chemickou reakcí s NO (tab. 4.7.1, obr. 4.7.1).

Cílová hodnota a dlouhodobý cíl O_3 pro ochranu vegetace je stanoven jako tzv. expoziční index AOT40²¹. Cílová hodnota $18\ 000\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}$, která měla být dodržena k 1. 1. 2010 [EC, 2008], byla překročena pouze v roce 2008 v Bielsko-Biala a Katovicích, a sice o necelých 10%, na ostatních stanicích se hodnota AOT40 pohybovala mezi 47 a 94% cílové hodnoty²². Nicméně dlouhodobý cíl $6\ 000\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}$ byl překročen na všech stanicích 1,4násobně až 3,2násobně (obr. 4.7.2).

Mezisezónní změny úrovně znečištění ovzduší O_3 v teplé polovině roku jsou nevýrazné, zejména v regionu Moravskoslezského kraje²³. Průměrné maximální denní 8hodinové koncentrace kolísají na jednotlivých stanicích a v jednotlivých sezónách od 81 do 91 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v regionu Moravskoslezského kraje a od 76 do 92 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v regionu Slezského vojvodství (obr. 4.7.3). Meziroční rozdíly v koncentracích ozonu jsou dány především meteorologickými podmínkami v jednotlivých obdobích a vliv koncentrací prekurzorů není tak významný. Vzhledem ke značně komplikované atmosférické chemii vzniku a zániku ozonu, jeho závislosti na absolutním množství i relativním zastoupení jeho prekurzorů v ovzduší, které souvisejí i s dálkovým přenosem, a dále i na meteorologických podmínkách, je obtížné meziroční změny blíže komentovat, zejména během hodnoceného pouze tříletého období.

Úroveň znečištění ovzduší přízemním ozonem má v důsledku mechanismu jeho vzniku velmi výrazný roční chod. Koncentrace O_3 byla nejnižší v období zhruba od konce října do začátku února, během února a března postupně narůstají a nejvyšší, vcelku vyrovnaná, byla úroveň koncentrací

²¹ AOT40 (accumulated exposure over a 40 ppb) je součet rozdílů mezi hodinovou koncentrací větší než 80 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (= 40 ppb) a hodnotou 80 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v dané periodě. Sčítají se pouze hodinové hodnoty rozdílů změřené každý den v období od 1. 5. do 31. 7. mezi 8 a 20 hodinou CET.

²² Z použitých údajů lze konstatovat pouze překročení hodnoty imisního limitu, nikoliv překročení imisního limitu, který je legislativně stanoven pro pětiletý průměr.

²³ Vzhledem k mechanismu vzniku přízemního ozonu, a tím dominanci letních koncentrací, nebyly posuzovány mezisezónní změny pro chladnou polovinu roku a rovněž nebyly vyhodnoceny denní a týdenní chody v chladné polovině roku.

4.6. Benzen

Benzen (C_6H_6) emitují do atmosféry v pond 90% zdroje antropogenní. Hlavním zdrojem jsou procesy spalování, především všechny zdroje mobilní, které tvoří ok. 85% celkové emise antropogenní uhlíkové oxidy aromatické, přičemž převládající část tvoří emise spalování. Předpokládá se, že zbytek 15% emise pochází ze zdrojů stacionárních. Klíčovou roli v tomto procesu hrají procesy vytvářející uhlíkové oxidy aromatické a procesy, během kterých vznikají tyto sloučeniny. Důležitým zdrojem emise jsou ztráty vznikající z odparování benzenu během jeho skladování, distribuce a manipulace s ním. Benzen obsažený v spalování je především nejspalovaný benzen z paliva. Emisí benzen z spalování doprovází také benzen vznikající z nebenzenových uhlíkových oxidů aromatických nebo z uhlíkových oxidů nearomatických obsažených v palivu. Jedním z nejzávažnějších účinků expozice na benzen je porušení integrity krve a rakotvornost [ČHMÚ, 2012].

Výsledky měření koncentrací benzen dostupné byly z čtyř stanic z regionu Moravskoslezského a pouze z jedné z regionu vojvodství slaského. Průměrné roční koncentrace v Ostravě-Prívově dosahovaly 115–134% roční normy emise 5 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, zatímco na zbylých stanicích byly pod normou (rys. 4.6.1). Z měření provedených v Republice České je známo, že průměrné koncentrace benzen v delším období překračují roční normu emise, která měla být dosažena k 1. lednu 2010 r. [EC, 2008], pouze v Ostravě-Prívově, zatímco na zbylých místech měření nebyly překročeny, ale také v celé Republice České koncentrace zůstávají pod normou. Vyšší koncentrace v tomto místě souvisejí s činností průmyslu, především s výrobou koksu a chemickými procesy.

Koncentrace benzen mají výrazný roční průběh. Měsíční průměrné koncentrace tvořily široký rozsah od 0,1 do 8,2 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ až do 12,1 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v Ostravě-Prívově. Nejvyšší průměrné koncentrace byly zaznamenány v lednu, únoru a březnu (rys. 4.6.2).

4.7. Ozon přízemní

Ozon přízemní¹⁹ (O_3) je sekundární znečištění vzduchu, nemající vlastní zdroj

¹⁹ Ozon přízemní, nazývaný rovněž ozonem troposféry, vzniká při reakci oxidu dusičnanu s oxidem uhličitým v blízkosti povrchu Země, v odlišnosti od ozonu stratosféry vznikajícího především v ozonové vrstvě.

Tab.4.7.1 Koncentrace přízemního ozonu O₃ v µg·m⁻³Tab.4.7.1 Stężenia przyziemnego ozonu O₃ w µg·m⁻³

| | Karviná | Os. - Fifejdy | Studénka | Třinec - Kos. | Region Moravskoslezského kraje | Bielsko-Biala | Dąbrowa Gór. | Katowice | Wodzisław Śl. | Region województwa śląskiego |
|--|---------|---------------|----------|---------------|--------------------------------|---------------|--------------|----------|---------------|------------------------------|
| Krátkodobé (1hodinové) koncentrace (K1), chladná polovina roku (I–III, X–XII) | | | | | | | | | | |
| Krótkoterminowe (1godzinne) stężenia (K1), chłodna połowa roku (I-III,X-XII) | | | | | | | | | | |
| % N | 99.0 | 99.4 | 99.9 | 99.8 | | 87.2 | 93.1 | 95.6 | 94.4 | |
| Avg | 30.1 | 31.9 | 37.2 | 37.2 | 34.1 | 39.4 | 28.8 | 25.3 | 28.6 | 30.3 |
| % K1>60 | 11.2 | 13.1 | 19.7 | 17.6 | | 22.8 | 10.4 | 8.3 | 10.5 | |
| Max | 118 | 116 | 113 | 117 | | 120 | 113 | 125 | 123 | |
| Krátkodobé (1hodinové) koncentrace (K1), teplá polovina roku (IV-IX) | | | | | | | | | | |
| Krótkoterminowe (1godzinne) stężenia (K1), ciepła połowa roku (I-III,X-XII) | | | | | | | | | | |
| % N | 99.8 | 98.9 | 99.8 | 99.2 | | 95.0 | 94.4 | 93.5 | 94.4 | |
| Avg | 57.0 | 56.1 | 57.2 | 58.8 | 57.3 | 64.5 | 54.2 | 53.4 | 57.4 | 57.4 |
| % K1>60 | 44.0 | 44.2 | 44.8 | 46.1 | | 52.1 | 41.5 | 39.6 | 43.0 | |
| Max | 189 | 187 | 187 | 185 | | 175 | 194 | 187 | 185 | |
| Maximální denní 8hodinové koncentrace (MaxK8), chladná polovina roku (I–III, X–XII) | | | | | | | | | | |
| Maksymalne dobowe 8godzinne stężenia (MaxK8), chłodna połowa roku (I-III,X-XII) | | | | | | | | | | |
| % N | 98.7 | 99.3 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 91.0 | 96.3 | 99.5 | 100.0 | 100.0 |
| Avg | 41.1 | 42.5 | 49.4 | 46.8 | 45.1 | 47.8 | 39.7 | 35.5 | 39.6 | 40.4 |
| P05 | 7 | 6 | 12 | 10 | 13 | 10 | 9 | 5 | 8 | 12 |
| P95 | 76 | 80 | 85 | 81 | 79 | 84 | 78 | 79 | 80 | 79 |
| Max | 111 | 106 | 103 | 111 | 107 | 113 | 101 | 112 | 114 | 112 |
| % MaxK8>60 | 18.9 | 21.7 | 32.5 | 26.0 | 23.8 | 31.3 | 21.1 | 15.8 | 20.5 | 19.0 |
| Maximální denní 8hodinové koncentrace (MaxK8), teplá polovina roku (IV–IX) | | | | | | | | | | |
| Maksymalne dobowe 8godzinne stężenia (MaxK8), ciepła połowa roku (I-III,X-XII) | | | | | | | | | | |
| % N | 99.5 | 98.0 | 99.8 | 99.1 | 100.0 | 99.3 | 98.5 | 96.7 | 98.2 | 100.0 |
| Avg | 84.6 | 85.0 | 88.9 | 86.3 | 86.2 | 85.4 | 83.6 | 83.7 | 83.3 | 84.1 |
| P05 | 36 | 38 | 48 | 41 | 42 | 36 | 40 | 38 | 39 | 39 |
| P95 | 127 | 129 | 127 | 128 | 128 | 131 | 131 | 130 | 128 | 128 |
| Max | 175 | 167 | 163 | 166 | 168 | 163 | 163 | 162 | 165 | 156 |
| % MaxK8>60 | 81.5 | 83.1 | 87.4 | 81.8 | 84.0 | 79.1 | 80.8 | 77.2 | 78.5 | 79.1 |
| % MaxK8>120 | 8.1 | 8.4 | 9.1 | 8.5 | 7.5 | 10.3 | 9.1 | 9.8 | 8.5 | 7.8 |
| Maximální denní 8hodinové koncentrace, rok (I–XII) | | | | | | | | | | |
| Maksymalne dobowe 8godzinne stężenia, rok (I-XII) | | | | | | | | | | |
| N _{avg} MaxK8>120 | 14.8 | 15.2 | 16.7 | 15.4 | | 19.6 | 16.7 | 17.7 | 15.5 | |

% N - relativní četnost hodnocených K1, MaxK8 % možných koncentrací N

% N - względna częstość badanych K1, MaxK8 % danych stężeń N

N/MaxK8=547, N/K1=13128 v chladné polovině roku /w chłodnej połowie roku

N/MaxK8=549, N/K1=13176 v teplé polovině roku / w ciepłej połowie roku

% K1>60, % K1>120 - relativní četnost K1 > 60 µg·m⁻³, respektive K1 > 120 µg·m⁻³ v % hodnocených K1

% K1>60, % K1>120 - względna częstość K1 > 60 µg·m⁻³ odpowiednio K1 > 120 µg·m⁻³ w % badanych K1

% MaxK8>60, % MaxK8>120 - relativní četnost MaxK8 > 60 µg·m⁻³ a MaxK8 > 120 µg·m⁻³ v % hodnocených MaxK8

% MaxK8>60, % MaxK8>120 - względna częstość MaxK8 > 60 µg·m⁻³ i MaxK8 > 120 µg·m⁻³ w % badanych MaxK8

Avg - průměrná koncentrace v hodnoceném období

Avg - średnie stężenie w badanym okresie

Max - maximální naměřená koncentrace v hodnoceném období

Max - maksymalne zmierzone stężenie w badanym okresie

P05, P95 - 5. a 95.percentil souborů MaxK8 v hodnoceném období

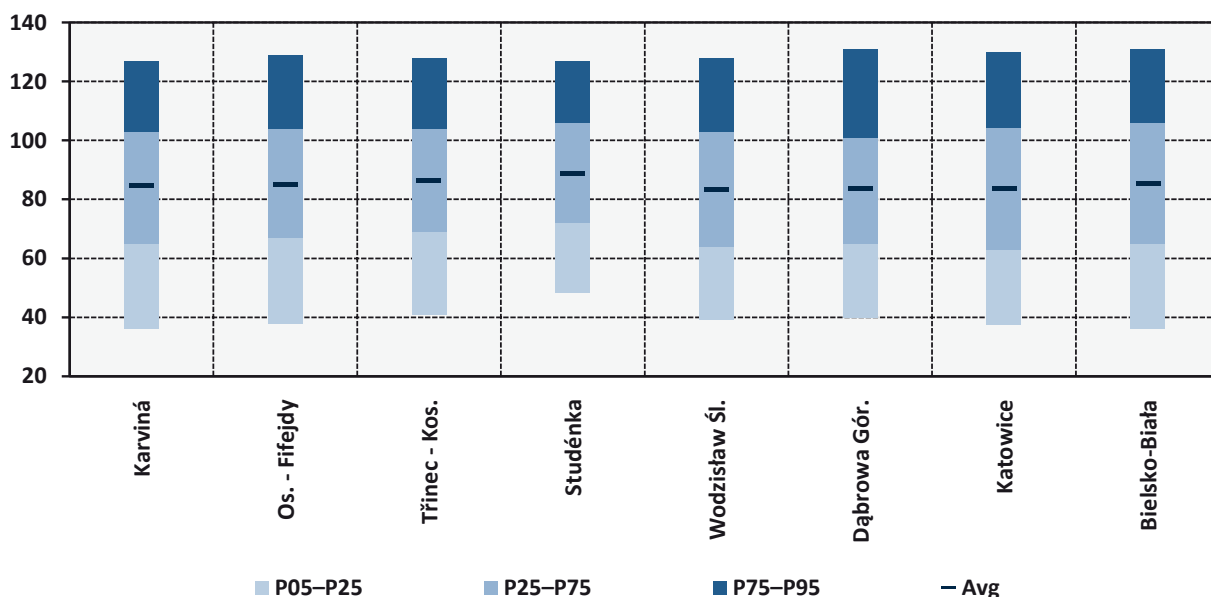
P05, P95 - 5. i 95.percentyl zbiorów MaxK8 w badanym okresie

N_{avg} MaxK8>120 - průměrný počet dnů s MaxK8 > 120 µg·m⁻³ vypočtený z relat. četností s tím, že 100 % je 365 dnů

N_{avg} MaxK8>120 - średnia liczba dni z MaxK8 > 120 µg·m⁻³ wyliczona ze wzgl. częstości, gdy 100 % to 365 dni

Obr. 4.7.1 Maximální denní 8hodinové koncentrace O₃ v µg·m⁻³, teplá polovina roku (IV–IX)

Rys. 4.7.1 Maksymalne dobowe 8godzinne stężenia O₃ w µg·m⁻³, ciepła połowa roku (IV–IX)



P05, P25, P75, P95 - 5., 25., 75. a 95.percentil souborů K24 v hodnocené polovině roku

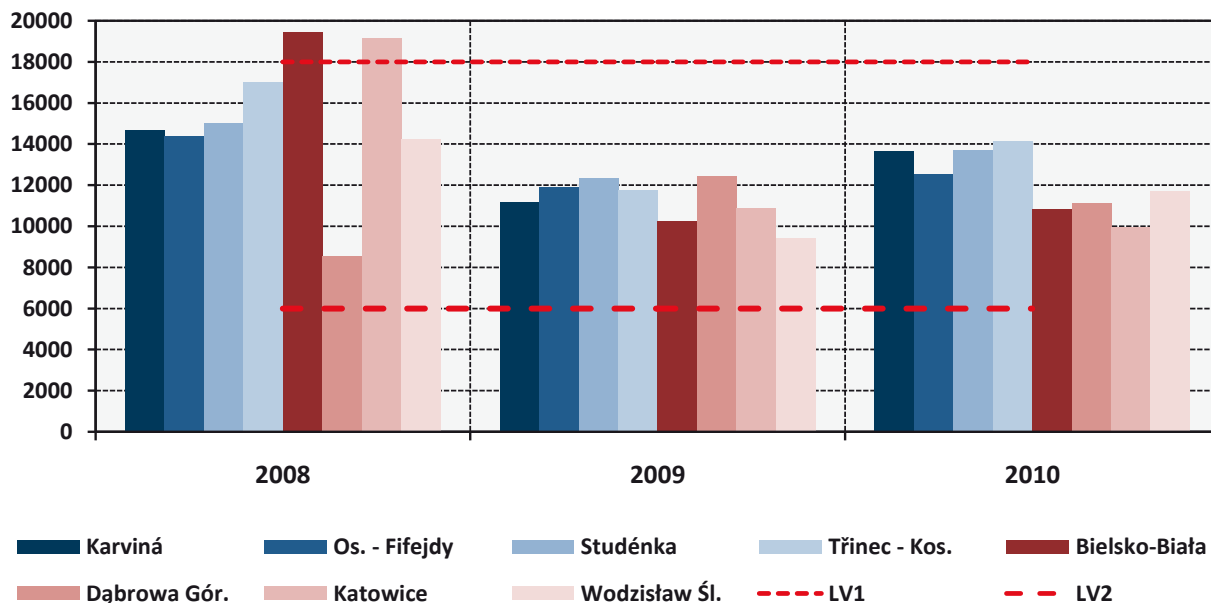
P05, P25, P75, P95 - 5., 25., 75. i 95.percentyl zbiorów K24 w badanej połowie roku

Avg - průměrná koncentrace v hodnocené polovině roku

Avg - średnie stężenie w badanej połowie roku

Obr. 4.7.2 Expoziční index AOT40 v µg·m⁻³·h

Rys. 4.7.2 Współczynnik AOT40 w µg·m⁻³·h



AOT40 - součet rozdílů mezi hodinovou koncentrací O₃ větší než 80 µg·m⁻³ (= 40 ppb) a hodnotou 80 µg·m⁻³ v dané periodě (sčítají se pouze hodinové hodnoty rozdílů změřené každý den v období 1.5.–31.7. mezi 8 a 20 hod. CET)

AOT40 - suma różnic pomiędzy stężeniem godzinnym O₃ powyżej 80 µg·m⁻³ (= 40 ppb) a wartością 80 µg·m⁻³ w danym okresie czasu (sumowane są tylko wartości godzinne różnic zmierzone każdego dnia w okresie 1.5.–31.7. między godz. 8 a 20 CET)

LV1 - cílová hodnota pro AOT40 18 000 µg·m⁻³·h

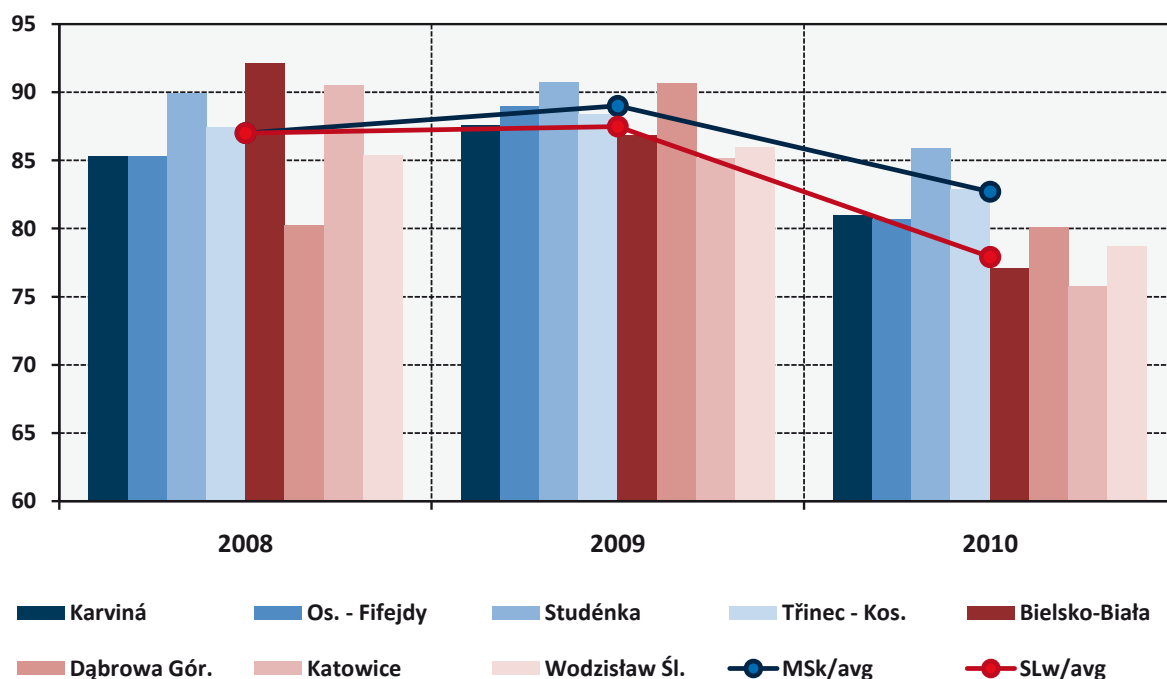
LV2 - dlouhodobý cíl pro AOT40 6 000 µg·m⁻³·h

LV1 - wartość docelowa dla AOT40 18 000 µg·m⁻³·h

LV2 - poziom celu długoterminowego dla AOT40 6 000 µg·m⁻³·h

Obr. 4.7.3 Sezónní maximální denní 8hodinové koncentrace O₃ v µg·m⁻³, teplé poloviny roků (IV–IX)

Rys. 4.7.3 Sezonowe maksymalne dobowe 8godzinne stężenia O₃ w µg·m⁻³, ciepłe połowy roku (IV–IX)



MSk/avg - průměr pro region Moravskoslezského kraje / średnia dla regionu kraju morawskośląskiego

SLw/avg - průměr pro region Slezského vojvodství / średnia dla regionu województwa śląskiego

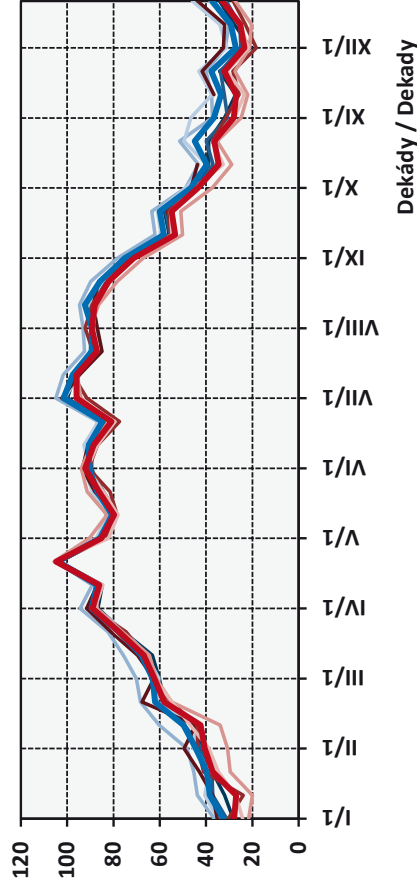
od dubna do poloviny srpna. Od poloviny srpna koncentrace ozonu strmě klesají (obr. 4.7.4–4.7.5). Denní chod koncentrací O₃ má v teplé polovině roku výrazné ranní minimum na úrovni cca 23–33 µg·m⁻³, kromě Bielsko-Bialé s minimem 46 µg·m⁻³. Maximální úrovně 86–92 µg·m⁻³ bylo dosažováno v odpoledních hodinách. Relativní četnosti hodinových koncentrací vyšších než 120 µg·m⁻³ byly na většině stanic v období od 21 do 9 hodin CET nulové, v období cca 12–17 hodin překračují 10% a maxima 12–15% připadají na 13–16 hodin CET (obr. 4.7.6–4.7.7). Týdenní chod koncentrací O₃ byl v teplé polovině roku zřetelný, maximální koncentrace připadají na většině lokalit na pátek, v Katowicích a Dąbrowě Górnicej na čtvrtek. Během víkendu koncentrace klesají k pondělnímu minimu na všech lokalitách, kromě venkovské pozadřové lokality Studénka (obr. 4.7.8).

zrůdla emisji. Jest skutkem promieniowania słonecznego i powstaje w drodze skomplikowanego zespołu reakcji fotochemicznych między tzw. prekursorami ozonu, zwłaszcza między tlenkami azotu (NO_x), lotnými związkami organicznymi (LZO) i innymi składnikami atmosfery. Ozon jest bardzo skutecznym utleniaczem. Uszkadza przeważnie układ oddechowy, powoduje podrażnienia, zmiany morfologiczne, biochemiczne i funkcyjne i obniża system odpornościowy organizmu. Udowodniono także jego toksyczny wpływ na roślinność [ČHMÚ, 2012]. Pole stężeń ozonu przyziemnego jest w porównaniu z innymi substancjami zanieczyszczającymi o wiele bardziej homogeniczne, czyli przestrzennie o wiele mniej zmienne, i dlatego wystarczające są pomiary w mniejszej liczbie miejsc w porównaniu z innymi zanieczyszczeniami.

Poziom zanieczyszczenia powietrza O₃ w regionie województwa śląskiego był nieco niższy aniżeli w regionie kraju morawskośląskiego. Średnie roczne stężenie O₃ w regionie województwa śląskiego 44,0 µg·m⁻³ osiągnęło 96% stężenia 45,7 µg·m⁻³ w regionie kraju morawskośląskiego, średnie stężenie w ciepłej połowie roku 100% (57,4 vs. 57,3 µg·m⁻³), a średnie stężenie w chłodnej połowie roku 89% (30,3 vs. 34,1 µg·m⁻³).

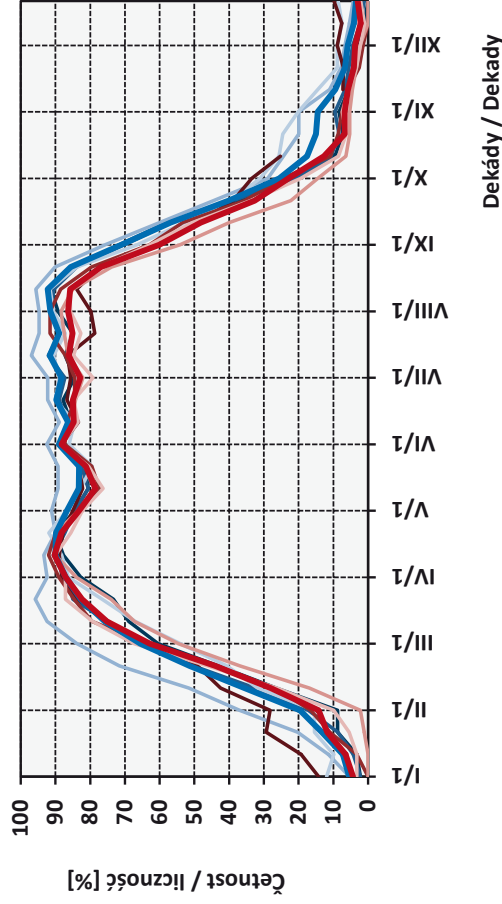
Obr. 4.7.4 Roční chod maximálních denních 8hod koncentrací O_3 v $\mu g \cdot m^{-3}$

Rys. 4.7.4 Roczny przebieg maksym. dobowych 8godz. stężeń O_3 w $\mu g \cdot m^{-3}$



Obr. 4.7.5 Roční chod max. denních 8hod koncentrací O_3 vyšších než $60 \mu g \cdot m^{-3}$

Rys. 4.7.5 Roczny przebieg maks. dob. 8godz. stężeń O_3 wyższych niż $60 \mu g \cdot m^{-3}$



MSK/avg - průměr pro region Moravskoslezského kraje

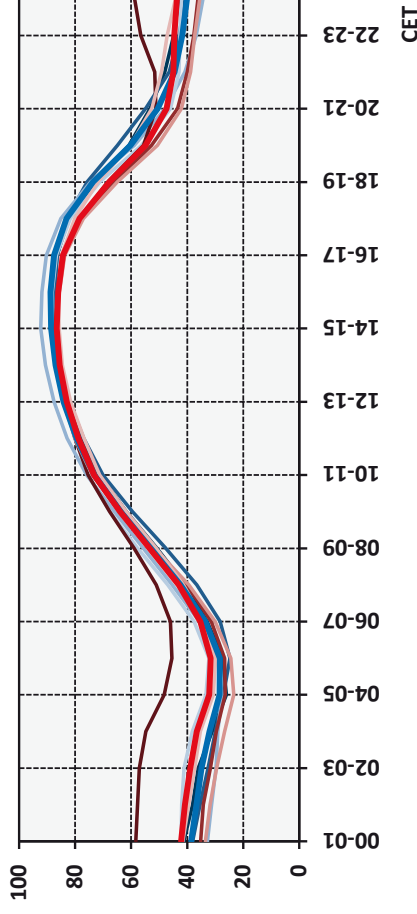
MSLw/avg - střední dla regionu Morawoskolskiego

SLw/avg - průměr pro region Slezského vojvodství

SLw/avg - střední dla regionu województwa śląskiego

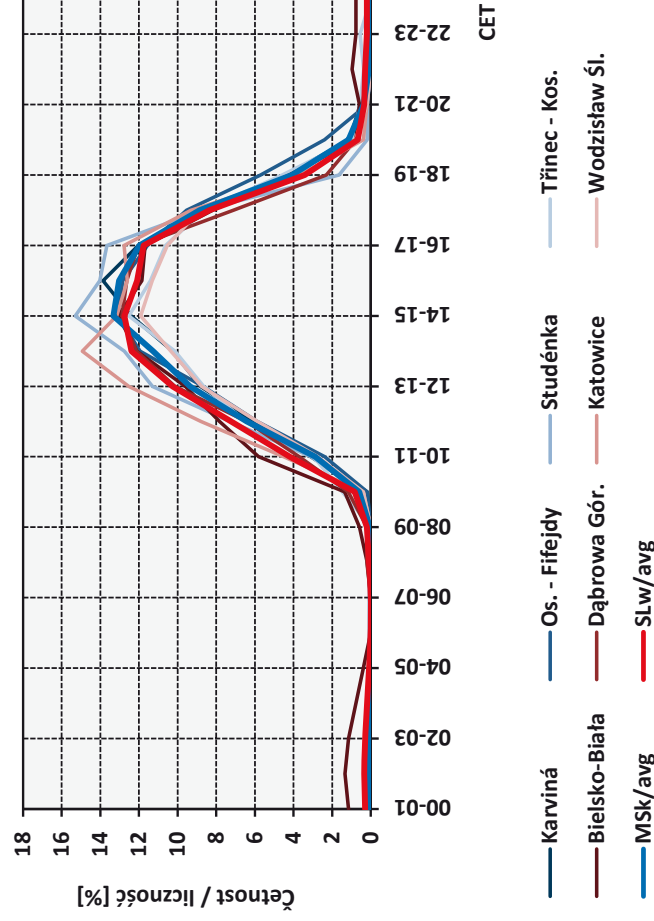
Obr. 4.7.6 Denní chod koncentrací O_3 v $\mu g \cdot m^{-3}$, teplota polovina roku (IV–IX)

Rys. 4.7.6 Dobowy przebieg stężeń O_3 w $\mu g \cdot m^{-3}$, ciepła połowa roku (IV–IX)



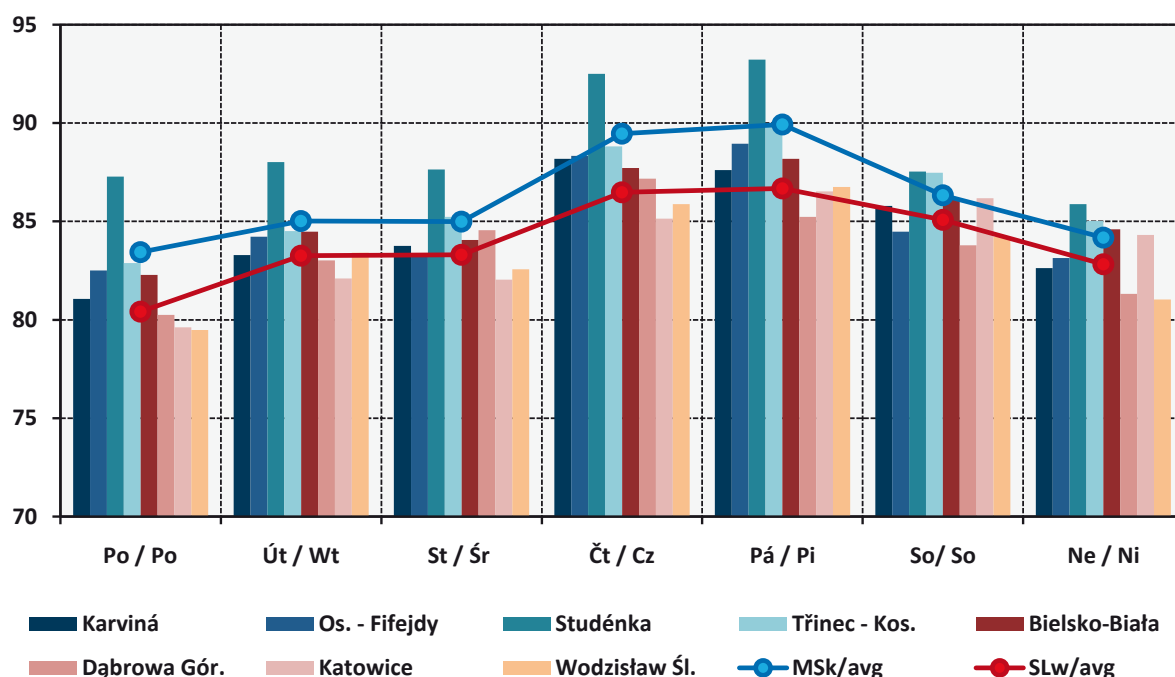
Obr. 4.7.7 Denní chod koncentrací $O_3 > 120 \mu g \cdot m^{-3}$, teplota polovina roku (IV–IX)

Rys. 4.7.7 Dobowy przebieg stężeń $O_3 > 120 \mu g \cdot m^{-3}$, ciepła połowa roku (IV–IX)



Obr. 4.7.8 Týdenní chod koncentrací O₃ v µg·m⁻³, teplá polovina roku (IV–IX)

Rys. 4.7.8 Tygodniowy przebieg stężeń O₃ w µg·m⁻³, ciepła połowa roku (IV–IX)



Po / Po - pondělí / понедельник, Út / Wt - úterý / wtorek, St / Śr - středa / środa, Čt / Cz - čtvrtek / czwartek

Pá / Pi - pátek / piątek, So / So - sobota / sobota, Ne / Ni - neděle / niedziela

MSK/avg - průměr pro region Moravskoslezského kraje / średnia dla regionu kraju morawskośląskiego

SLW/avg - průměr pro region Slezského vojvodství / średnia dla regionu województwa śląskiego

Średnie roczne maksymalne dobowe stężenie ośmiogodzinne O₃ w regionie województwa śląskiego 62,3 µg·m⁻³ osiągnęło 95% stężenia 65,7 µg·m⁻³ w regionie kraju morawskośląskiego, średnie maksymalne dobowe stężenie ośmiogodzinne w ciepłej połowie roku 90% (40,4 vs. 45,1 µg·m⁻³), a średnie maksymalne dobowe stężenie ośmiogodzinne w chłodnej połowie roku 98% (84,1 vs. 86,2 µg·m⁻³)²⁰.

Wartość docelowa O₃ określona dla ochrony zdrowia ludzkiego, która miała zostać osiągnięta z dniem 1 stycznia 2010 r. [EC, 2008], nie została w latach 2008–2010 przekroczona, ponieważ wartość maksymalnego dobowego ośmiogodzinnego stęże-

²⁰ Zgodnie z przeprowadzonym testem U-Manna Whitneya różnica między średnimi obszarowymi stężeniami O₃ na poziomie p = 0,05 jest istotna pod względem statystycznym tylko w chłodnej połowie roku. Wartość współczynnika Spearmana korelacji porządkowej pomiędzy populacjami obszarowych maksymalnych dobowych 8godzinnych stężeń O₃ w ciepłej połowie roku wynosi 0,97 i spośród wszystkich porównywanych zanieczyszczeń potwierdza najwyraźniejsze podobieństwo w poziomie zanieczyszczenia powietrza w obu obszarach.

nia 120 µg·m⁻³ została przekroczona na poszczególnych stacjach średnio za 3 lata tylko 15 razy aż 19 razy, natomiast przepisy prawa dopuszczają 25 przekroczeń. Niemniej jednak cel długoterminowy określony w przepisach prawa został przekroczony, ponieważ nie przewiduje on ani jednego przekroczenia określonej wartości dopuszczalnej. Wszystkie przekroczenia wartości dopuszczalnej miały miejsce w ciepłej połowie roku. Średnie maksymalne dobowe stężenia ośmiogodzinne O₃ były, zgodnie z powyższym opisaniem mechanizmu tworzenia się ozonu, w ciepłej połowie roku 1,8-krotnie aż 2,4-krotnie wyższe niż w chłodnej połowie roku (Bielsko-Biała, Katowice). Najwyższe stężenia O₃ odnotowano na stacjach „tła wiejskiego“ (Studénka) z powodu niższego stężenia substancji likwidujących ozon. Najmniej dotknięte są za to obszary miejskie, gdzie występuje wpływ komunikacji i gdzie ozon likwidowany jest w wyniku reakcji chemicznej z NO (tab. 4.7.1, rys. 4.7.1).

Wartość docelowa i cel długoterminowy O₃ określony w celu ochrony roślinności zostały określone

jako tzw. wskaźnik AOT40²¹. Wartość docelowa 18 000 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}$, która miała być osiągnięta z dniem 1 stycznia 2010 r. [EC, 2008], została przekroczona tylko w 2008 r. w Bielsku-Białej i Katowicach o niespełna 10%, na pozostałych stacjach wartość AOT40 wynosiła pomiędzy 47 a 94% wartości docelowej²². Niemniej jednak cel długoterminowy 6000 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}$ został przekroczony na wszystkich stacjach 1,4-krotnie aż 3,2-krotnie (rys. 4.7.2).

Międzysezonowe zmiany poziomu zanieczyszczenia powietrza O_3 w cieplej połowie roku nie są wyraźne, zwłaszcza w regionie kraju morawskośląskiego²³. Średnie maksymalne dobowe stężenia ośmiogodzinne oscylują na poszczególnych stacjach i w poszczególnych sezonach między 81 a 91 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w regionie kraju morawskośląskiego oraz między 76 a 92 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w regionie województwa śląskiego (rys. 4.7.3). Międzyroczne różnice stężeń ozonu wynikają przede wszystkim z warunków meteorologicznych w poszczególnych okresach i wpływ stężeń prekursorów nie jest tak duży.

²¹ AOT40 (accumulated exposure over a 40 ppb) to suma różnic pomiędzy godzinnym stężeniem wyższym niż 80 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (= 40 ppb) a wartością 80 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w danym okresie czasu. Sumowane są tylko godzinne różnice zarejestrowane każdego dnia w okresie od 1 maja do 31 lipca między godziną 8 a 20 CET.

²² Na podstawie uzyskanych danych można stwierdzić tylko *przekroczenie wartości normy imisji*, a nie *przekroczenie normy imisji*, która jest w przepisach prawa określona dla wartości średniej pięcioletniej.

²³ Ze względu na mechanizm powstawania ozonu przyziemnego, a tym samym dominację letnich stężeń nie badano zmian międzysezonowych dla chłodnej połowy roku, jak również nie oceniano dobowych i tygodniowych przebiegów w chłodnej połowie roku.

Ze względu na skomplikowaną chemię atmosferyczną towarzyszącą powstaniu i zanikowi ozonu, jego zależność od absolutnej ilości i względnego udziału jego prekursorów w powietrzu, które są związane także z transportem na odległości, a także ze względu na zależność od warunków meteorologicznych trudno jest precyzyjnie zinterpretować zmiany międzyroczne, zwłaszcza w badanym tylko trzyletnim okresie.

Poziom zanieczyszczenia powietrza ozonem przyziemnym, wskutek mechanizmu jego powstania, ma bardzo wyraźny roczny przebieg. Stężenia O_3 były najniższe w okresie od mniej więcej końca października do początku lutego, w lutym i w marcu stopniowo rosną, a najwyższy, w zasadzie wyrównany, poziom stężeń był od kwietnia do połowy sierpnia. Od połowy sierpnia stężenia ozonu mocno maleją (rys. 4.7.4–4.7.5). Dobowy przebieg stężeń O_3 w cieplej połowie roku ma wyraźne poranne minimum na poziomie ok. 23–33 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, oprócz Bielska-Białej z minimum 46 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Maksymalne poziomy 86–92 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ odnotowano w godzinach popołudniowych. Względne częstości stężeń godzinnych powyżej 120 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ były na większości stacji w czasie od godziny 21 do 9 CET zerowe, w godzinach ok. 12–17 przekraczają 10%, a maksyma 12–15% przypadają na czas między godziną 13 a 16 CET (rys. 4.7.6–4.7.7). Tygodniowy przebieg stężeń O_3 w cieplej połowie roku był wyraźny, maksymalne stężenia odnotowano w większości miejsc w piątek, w Katowicach i Dąbrowie Górniczej – w czwartek. Podczas weekendu stężenia maleją do poniedziałkowego minimum we wszystkich miejscach, poza stacją tła wiejskiego Studénka (rys. 4.7.8).

METEOROLOGICKO- IMISNÍ VZTAHY

5.

V kapitolách 3 a 4 byly samostatně vyhodnoceny meteorologické podmínky rozptylu a imisní situace v přeshraniční oblasti Slezska a Moravy. Získané výsledky jsou využity v této kapitole k hodnocení imisní situace jednak v závislosti na jednotlivých meteorologických podmínkách rozptylu a na směru proudění, tak i na celkové meteorologické situaci.

5.1 Závislost koncentrací škodlivin na meteorologických podmínkách rozptylu

Základní posouzení závislosti oblastní úrovně znečištění ovzduší na meteorologických podmínkách rozptylu bylo provedeno metodou pořadové korelace. Vypočítány byly Spearmanovy koeficienty pořadové korelace²⁴ mezi soubory průměrných denních regionálních koncentrací a mezi soubory meteorologických charakteristik (tab. 5.1.1). V návaznosti na takto získané výsledky byly dále pro chladná období roku rozděleny hodnocené soubory průměrných denních regionálních koncentrací PM_{10} , NO_2 a SO_2 do podsouborů dle dnů se stejným denním typem meteorologických podmínek rozptylu dle teplotního zvrstvení ve vrstvě 0–1000 m (pseudogradyenty Lučina/Lysá hora), rychlosti větru, teploty vzduchu a úhrnů srážek. Pro teplé poloviny roku byly takto rozděleny hodnocené soubory průměrných regionálních denních koncentrací PM_{10} a NO_2 a průměrných regionálních maximálních denních 8hodinových koncentrací O_3 . Zde bylo použito dělení dle teplotního zvrstvení ve vrstvě 0–500 m (pseudogradyenty Mošnov/Červená), teploty vzduchu a úhrnů srážek a pro koncentrace PM_{10} a NO_2 ještě dle rychlosti větru, zatímco pro koncentrace O_3 dle doby trvání slunečního svitu (tab. 5.1.2–5.1.3)²⁵. Pro získané podsoubory dnů byly následně vypočítány průměrné koncentrace hodnocené škodliviny a základní regionální imisní charakteristiky. Typy A a B teploty vzduchu, rychlosti větru, úhrnu srážek a teplotního zvrstvení lze označit jako nepříznivé pro rozptyl PM_{10} , NO_2 a SO_2 , zatímco typy D a E jsou příznivé. Pro tvorbu O_3 jsou příznivé zejména typy teploty a slunečního svitu D a E, ale nepříznivé typy A a B. Největší rozdíly jsou přirozeně mezi

²⁴ Spearmanův koeficient pořadové korelace je bezrozměrné číslo, které udává statistickou závislost mezi dvěma veličinami. Nabývá hodnot od -1 do +1, hodnota koeficientu -1 značí zcela nepřímou závislost, hodnota koeficientu +1 značí zcela přímou závislost mezi veličinami. Pokud je koeficient roven 0, pak mezi znaky není žádná statisticky zjiřitelná závislost.

²⁵ Vzhledem k ročnímu chodu imisního zatížení a úrovni znečištění ovzduší ve sledované oblasti byly v chladných obdobích vyhodnocovány meteorologicko-imisní vztahy pro PM_{10} , NO_2 a SO_2 a v teplých obdobích pro PM_{10} , NO_2 a O_3 .

RELACJE MIĘDZY WARUNKAMI METEOROLOGICZNYMI A IMISJĄ ZANIECZYSZCZEŃ

W trzecim i czwartym rozdziale odrębnej ocenie poddano meteorologiczne warunki dyspersji oraz stan jakości powietrza w obszarze transgranicznym Śląska i Moraw. W niniejszym rozdziale uzyskane wyniki wykorzystano do zbadania stanu jakości powietrza w zależności od poszczególnych meteorologicznych warunków dyspersji oraz od kierunku przepływu mas powietrza, jak również od ogólnej sytuacji meteorologicznej.

5.1. Zależność stężeń zanieczyszczeń od meteorologicznych warunków dyspersji

Podstawową ocenę zależności obszarowego poziomu zanieczyszczenia powietrza od meteorologicznych warunków dyspersji przeprowadzono metodą korelacji rang. Wyliczono współczynniki korelacji rang Spearmana²⁴ między danymi dotyczącymi średnich dobowych stężeń regionalnych oraz między zbiorami cech meteorologicznych (tab. 5.1.1). W nawiązaniu do pozyskanych w ten sposób wyników w kolejności dla chłodnych okresów roku badane populacje danych dotyczących średnich dobowych regionalnych stężeń PM_{10} , NO_2 i SO_2 podzielono na podpopulacje danych według dni z takim samym dobowym typem meteorologicznych warunków dyspersji według struktury termicznej w warstwie 0–1000 m (pseudogradyenty Lučina/Lysá hora), prędkości wiatru, temperatury powietrza oraz sum opadów. Dla ciepłych okresów roku w ten sposób podzielono badane populacje średnich regionalnych dobowych stężeń PM_{10} i NO_2 oraz średnich regionalnych maksymalnych dobowych 8-godzinnych stężeń O_3 . W tym zakresie zastosowano podział według struktury termicznej w warstwie 0–500 m (pseudogradyenty Mošnov/Červená), temperatury powietrza i sum opadów, a dla stężeń PM_{10} i NO_2 dodatkowo według prędkości wiatru, natomiast dla stężeń O_3 według czasu

²⁴ Współczynnik korelacji rang Spearmana to liczba bezwymiarowa, wskazująca na zależność statystyczną między dwoma wielkościami. Przyjmuje wartości od -1 do +1, wartość współczynnika -1 oznacza całkowicie odwrotną zależność, wartość współczynnika +1 oznacza całkowicie prostą zależność między wielkościami. Jeżeli współczynnik równy jest 0, to między cechami nie ma żadnej statystycznie możliwej do stwierdzenia zależności.

imisi úrovní při krajních typech meteorologických podmínek, které odpovídají nejnižším a nejvyšším hodnotám meteorologických prvků v daném období (typy A a E).

Vliv teploty vzduchu, rychlosti proudění, vertikální teplotní stability, množství srážek či délky trvání slunečního svitu na imisi situaci se může v jednotlivých konkrétních meteorologických situacích navzájem zesilovat nebo naopak zeslabovat. Pro ilustraci kumulovaného vlivu meteorologických podmínek rozptylu na imisi úroveň byly vypočítány průměrné koncentrace PM_{10} , NO_2 , SO_2 a O_3 a základní regionální imisi charakteristiky pro podsouby s tzv. denními typy dnů se špatnými nebo dobrými meteorologickými podmínkami rozptylu kombinací typů teplotního zvrstvení a rychlosti větru, resp. s tzv. denními typy dnů s příznivými/nepříznivými podmínkami pro tvorbu ozonu kombinací typů slunečního svitu a teploty (typy F a G, viz Příloha).

Regionální denní průměry jsou ovlivněny skutečností, že obdobný průměr je vypočten nejen pro dny s ustálenými podmínkami, ale i pro dny, během kterých se vyskytly výrazné výkyvy dané charakteristiky. Tyto výkyvy mohly být způsobeny náhlou změnou počasí v průběhu dne, např. přechodem atmosférické fronty či bouřkovou činností. Zhlázení je způsobeno rovněž použitím regionálních průměrů. Přesto jsou níže uvedené závislosti průkazné a ve většině případů statisticky významné.

Průměrné regionální koncentrace PM_{10} a O_3 , naměřené za různých meteorologických podmínek, byly pro názornost porovnány s denními mezními hodnotami, resp. pro PM_{10} i s dvojnásobkem a trojnásobkem mezní hodnoty²⁶. Průměrné regionální koncentrace SO_2 nepřekročily ani jednou denní mezní hodnotu, pro NO_2 není denní mezní hodnota stanovena (viz tab. 4.2). Vztahům mezi koncentracemi PM_{10} a meteorologickými podmínkami je věnována největší pozornost, protože vysoká úroveň znečištění ovzduší částicemi je dlouhodobě nejzávažnějším problémem přeshraniční oblasti Slezska a Moravy (viz kapitola 4).

5.1.1 Chladná období

V chladných obdobích (říjen až březen) průměrné regionální denní koncentrace PM_{10} , NO_2 a SO_2 rostou s klesající teplotou vzduchu, klesajícími hodnotami vertikálních pseudogradientů (tj. s rostoucí stabilitou vertikálního teplotního zvrstvení), s klesající rychlostí větru a s klesajícími úhrny srážek. Všechny vypočítané koeficienty pořadové korelace mezi imisními soubory a soubory meteorologických charakteristik

²⁶ Mezní hodnoty a imisi limity viz úvod kapitoly 4.

uslonečnění (tab. 5.1.2–5.1.3)²⁵. Následně dla otrzymanych podpopulacji dni obliczono średnie stężenia badanego zanieczyszczenia oraz podstawowe regionalne cechy zanieczyszczenia powietrza. Typy A i B temperatury powietrza, prędkości wiatru, sumy opadów oraz struktury termicznej można określić jako niekorzystne dla dyspersji PM_{10} , NO_2 i SO_2 , natomiast typy D i E jako korzystne. Dla powstawania O_3 korzystne są w szczególności typy temperatury i usłonecznienia D i E, natomiast niekorzystne są typy A i B. Największe różnice występują w sposób naturalny pomiędzy poziomem zanieczyszczenia powietrza w przypadku skrajnych typów warunków meteorologicznych, które odpowiadają najniższym i najwyższym wartościom elementów meteorologicznych w danym okresie (typy A i E).

Wpływ temperatury powietrza, prędkości przepływu mas powietrza, pionowej stabilności termicznej, wielkości opadów i usłonecznienia na stan jakości powietrza może się wzajemnie nasilać w poszczególnych konkretnych sytuacjach meteorologicznych lub przeciwnie – osłabiać. W celu zilustrowania skumulowanego wpływu meteorologicznych warunków dyspersji na poziom zanieczyszczenia powietrza wyliczono średnie stężenia PM_{10} , NO_2 , SO_2 i O_3 oraz podstawowe regionalne cechy zanieczyszczenia dla podpopulacji z tzw. dobowymi typami dni ze złymi lub dobrými meteorologicznymi warunkami dyspersji poprzez połączenie typów struktury termicznej i prędkości wiatru ewentualnie z tzw. dobowymi typami dni z korzystnymi/niekorzystnymi warunkami dla powstawania ozonu poprzez połączenie typów usłonecznienia i temperatury (typy F i G, patrz aneks).

Na regionalne dobowe wartości średnie wpływa fakt, że podobna średnia wyliczona jest nie tylko dla dni ze stabilnymi warunkami, ale także dla dni, w czasie których wystąpiły znaczne wahania danej cechy. Takie wahania mogły być spowodowane nagłą zmianą pogody w ciągu dnia, przykładowo przejściem frontu atmosferycznego lub zjawiskami burzowymi. Uśrednienie wynika także z zastosowania średnich regionalnych. Mimo tego podane niżej zależności są wiarygodne i w większości przypadków statystycznie istotne.

Średnie regionalne stężenia PM_{10} i O_3 , odnotowane w różnych warunkach meteorologicznych, zostały w celu zobrazowania porównane z dobowymi wartościami dopuszczalnymi lub dla PM_{10} także z dwukrotnością i trzykrotnością wartości

²⁵ Ze względu na roczny przebieg obciążenia imisją i poziom zanieczyszczenia powietrza w badanym obszarze w okresach chłodnych relacje między warunkami meteorologicznymi a imisją zanieczyszczeń badano dla PM_{10} , NO_2 i SO_2 , a w ciepłych okresach dla PM_{10} , NO_2 i O_3 .

Tab. 5.1.1 Spearmanovy koeficienty pořadové korelace

Tab. 5.1.1 Współczynniki korelacji rang Spearmana

| Chladná období Okresy chłodne | | X–III | | | | | | 2005/2006–2010/2011, N = 1093 | |
|----------------------------------|------------------|----------|--------------|-----------------|---------------|--------|--------|---|--|
| | | PDT | PDG 0–500 | PDG 500–1000 | PDG 0–1000 | PDR | DUS | | |
| MSk | PM ₁₀ | –0,330 | –0,647 | –0,426 | –0,696 | –0,661 | –0,248 | | |
| | NO ₂ | –0,346 | –0,665 | –0,366 | –0,637 | –0,670 | –0,171 | | |
| | SO ₂ | –0,639 | –0,410 | –0,305 | –0,479 | –0,385 | –0,155 | | |
| SLw | PM ₁₀ | –0,302 | –0,621 | –0,398 | –0,649 | –0,710 | –0,341 | | |
| | NO ₂ | –0,280 | –0,599 | –0,392 | –0,601 | –0,625 | –0,242 | | |
| | SO ₂ | –0,615 | –0,452 | –0,379 | –0,528 | –0,442 | –0,232 | | |
| Teplá období Okresy ciepłe | | IV–IX | | | | | | PM ₁₀ , NO ₂ 2006–2010, N = 915 | |
| | | PDT | PDG 0–500 | PDG 500–1000 | PDG 0–1000 | PDR | DUS | DSS | |
| MSk | PM ₁₀ | 0,093 | –0,594 | –0,098 | –0,573 | –0,509 | –0,221 | | |
| | NO ₂ | –0,146 | –0,539 | (–0,004) | –0,466 | –0,551 | –0,161 | | |
| | O ₃ | 0,501 | –0,482 | 0,136 | –0,253 | –0,197 | –0,398 | 0,801 | |
| SLw | PM ₁₀ | (0,065) | –0,611 | (–0,011) | –0,490 | –0,471 | –0,258 | | |
| | NO ₂ | (–0,035) | –0,532 | (–0,010) | –0,415 | –0,523 | –0,193 | | |
| | O ₃ | 0,482 | –0,484 | 0,116 | –0,258 | –0,117 | –0,371 | 0,797 | |

N - rozsah souboru ve dnech / rozpiętość zbioru w dniach

PDT - oblastní průměrná denní teplota vzduchu / obszarowa średnia dobowa temperatura powietrza

PDR - oblastní průměrná denní rychlost větru / obszarowa średnia dobowa prędkość wiatru

PDG 0–500 - průměrný denní teplotní pseudogradient Mošnov/Červená

PDG 0–500 - średni dobowy pseudogradient temperatury Mošnov/Červená

PDG 500–1000 - průměrný denní teplotní pseudogradient Červená/Lysá hora

PDG 500–1000 - średni dobowy pseudogradient temperatury Červená/Lysá hora

PDG 0–1000 - průměrný denní teplotní pseudogradient Lučina/Lysá Hora

PDG 0–1000 - średni dobowy pseudogradient temperatury Lučina/Lysá Hora

DUS - oblastní průměrný denní úhrn srážek / obszarowa średnia dobowa suma opadów

DSS - denní doba trvání slunečního svitu / dobowy czas usłonecznienia

MSk - region Moravskoslezského kraje / region kraju morawskośląskiego

SLw - region Slezského vojvodství / region województwa śląskiego

Hodnoty koeficientu pořadové korelace s absolutní hodnotou > 0,5 jsou vtištěny tučně,

s absolutní hodnotou < 0,33 kurzívou a hodnoty statisticky nevýznamné na hladině $p = 0,05$ jsou uvedené v závorce

Wartości współczynnika korelacji rang o wartości bezwzględnej > 0,5 są zaznaczone czcionką pogrubioną,

o wartości bezwzględnej < 0,33 kursywą a wartości statystycznie nieistotne na poziomie $p = 0,05$ podano w nawiasie

mají záporné hodnoty. Pohybují se od –0,15 pro závislost koncentrací SO₂ na denních úhrnech srážek v regionu Moravskoslezského kraje do –0,71 pro závislost koncentrací PM₁₀ v regionu Slezského vojvodství na průměrné denní rychlosti větru²⁷. Dle absolutní hodnoty koeficientů pořadové korelace

dopuszczalnej²⁶. Średnie regionalne stężenia SO₂ ani razu nie przekroczyły dobowej wartości dopuszczalnej, dla NO₂ dobowá wartość dopuszczalna nie jest określona (patrz tab. 4.2). Największą uwagę poświęcono zależnościom między stężeniami PM₁₀ a warunkami meteorologicznymi, ponieważ wysoki poziom zanieczyszczenia powietrza cząstkami stanowi długofalowo najpoważniejszy problem obszaru transgranicznego Śląska i Moraw (patrz rozdz. 4).

²⁷ Hodnoty všech vypočítaných koeficientů pořadové korelace v chladné polovině roku jsou statisticky významné na hladině významnosti $p = 0,05$. Všechny zjištěné závislosti mezi imisními soubory a soubory meteorologických charakteristik jsou tedy statisticky významné.

²⁶ Wartości progowe i normy imisji patrz wstęp do rozdziału 4.

byla pro PM_{10} a NO_2 v obou regionech nejvýraznější závislost imisní situace na rychlosti větru a na vertikálním teplotním zvrstvení ve vrstvě 0–1000 m (pseudogradyenty Lučina/Lysá hora), resp. ve vrstvě 0–500 m (teploty Mošnov/Červená). Koncentrace SO_2 byly nejvýrazněji závislé na teplotě vzduchu a dále na vertikálním teplotním zvrstvení ve vrstvě 0–1000 m. Pro všechny hodnocené škodliviny byla v obou regionech nejméně výrazná závislost na denních úhrnech srážek (tab. 5.1.1).

Průměrné regionální koncentrace PM_{10} , NO_2 a SO_2 v chladných obdobích byly nejvyšší ve dnech s inverzním teplotním zvrstvením ve vrstvě 0–1000 m, s průměrnou rychlostí větru menší než $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a s průměrnou teplotou maximálně $-2,5 \text{ }^\circ\text{C}$. Průměrné regionální koncentrace PM_{10} byly ve dnech s inverzním teplotním zvrstvením v regionu Moravskoslezského kraje 4,2násobně a v regionu Slezského vojvodství 3,5násobně větší než ve dnech s nadnormálním zvrstvením; ve dnech s průměrnou rychlostí větru menší než $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ byly v regionu Moravskoslezského kraje 4,2násobně a v regionu Slezského vojvodství 4,4násobně větší než ve dnech s průměrnou rychlostí větru alespoň $4,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Průměrné regionální koncentrace SO_2 byly ve dnech s průměrnou denní teplotou menší než $-2,5 \text{ }^\circ\text{C}$ v regionu Moravskoslezského kraje 3,6násobně a v regionu Slezského vojvodství 3,1násobně větší než ve dnech s průměrnou teplotou $7,5 \text{ }^\circ\text{C}$ a více.

Při inverzním zvrstvení (typ A) byly v chladných obdobích naměřeny průměrné regionální denní koncentrace PM_{10} v obou regionech vyšší než mezní hodnota $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v cca 88 % dnů, koncentrace vyšší než $100 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ve více než 40 % a koncentrace vyšší než $150 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ve více než 20 % těchto dnů; průměrná regionální koncentrace činila cca $120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Koncentrace PM_{10} vyšší než denní mezní hodnota byly naměřeny i v cca 75 % dnů se silně stabilním a stabilním zvrstvením (typy B a C), v cca 22 % těchto dnů byly naměřeny hodnoty vyšší než $100 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a v cca 5 % vyšší než $150 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$; průměrná regionální koncentrace činila cca $80 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. K překračování denní mezní hodnoty ale docházelo i v cca 45 % dnů s normálním teplotním zvrstvením (typ D), a dokonce i v cca 10 % dnů s nadnormálním zvrstvením (typ E).

Při průměrné regionální rychlosti větru menší než $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (typ A) byly v chladných obdobích zaznamenány průměrné regionální denní koncentrace PM_{10} vyšší než mezní hodnota $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ve více než 85 % dnů. V cca 22 % dnů byly průměrné regionální koncentrace v regionu Slezského vojvodství dokonce vyšší než $150 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, zatímco v regionu Moravskoslezského kraje byl podíl těchto dnů nižší; průměrná regionální koncentrace činila 120, resp. $102 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Rovněž ve více než v polovině dnů s rychlostí od $1,5$

5.1.1. Okresy chladne

W chłodnych okresach (październik–marzec) średnie regionalne dobowe stężenia PM_{10} , NO_2 i SO_2 rosna, w miarę jak maleje temperatura powietrza, maleją wartości pionowych pseudogradientów temperatury (tj. kiedy rośnie stabilność pionowej struktury termicznej) oraz maleje prędkość wiatru i maleją sumy opadów. Wszystkie wyliczone współczynniki korelacji rang pomiędzy populacjami dotyczącymi zanieczyszczeń a populacjami dotyczącymi cech meteorologicznych mają wartości ujemne. Mieszczą się w granicach od $-0,15$ w przypadku zależności stężeń SO_2 od dobowych sum opadów w regionie kraju morawskośląskiego do $-0,71$ w przypadku zależności stężeń PM_{10} od średniej dobowej prędkości wiatru w regionie województwa śląskiego²⁷. Pod kątem bezwzględnej wartości współczynników korelacji rang dla PM_{10} i NO_2 w obu regionach najbardziej wyraźna była zależność stanu jakości powietrza od prędkości wiatru i od pionowej struktury termicznej w warstwie 0–1000 m (pseudogradyenty Lučina/Lysá hora) lub w warstwie 0–500 m (temperatury Mošnov/Červená). Stężenia SO_2 były najbardziej zależne od temperatury powietrza, a następnie od pionowej struktury termicznej w warstwie 0–1000 m. W przypadku wszystkich badanych substancji zanieczyszczających w obu regionach najmniejsza zależność była od dobowych sum opadów (tab. 5.1.1).

Średnie regionalne stężenia PM_{10} , NO_2 i SO_2 w chłodnych okresach były najwyższe w dniach z inwersyjną strukturą termiczną w warstwie 0–1000 m, ze średnią prędkością wiatru poniżej $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ oraz ze średnią temperaturą maksymalnie $-2,5^\circ\text{C}$. Średnie regionalne stężenia PM_{10} w dniach o inwersyjnej strukturze termicznej były wyższe 4,2-krotnie w regionie kraju morawskośląskiego, a w regionie województwa śląskiego 3,5-krotnie w porównaniu z dniami z ponadnormalną strukturą; w dniach ze średnią prędkością wiatru poniżej $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ w regionie kraju morawskośląskiego były 4,2-krotnie, a w regionie województwa śląskiego 4,4-krotnie wyższe aniżeli w dniach ze średnią prędkością wiatru co najmniej $4,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Średnie regionalne stężenia SO_2 w dniach o średniej dobowej temperaturze poniżej $-2,5^\circ\text{C}$ w regionie kraju morawskośląskiego były 3,6-krotnie, a w regionie województwa śląskiego 3,1-krotnie wyższe niż w dniach o średniej temperaturze równej lub wyższej od $7,5^\circ\text{C}$.

²⁷ Wartości wszystkich obliczonych współczynników korelacji rang w chłodnej połowie roku są statystycznie istotne na poziomie istotności $p = 0,05$. Wszystkie stwierdzone zależności pomiędzy populacjami danych dotyczących imisji a populacjami danych dotyczących cech meteorologicznych są więc statystycznie istotne.

Tab. 5.1.2 Stanovení denních typů meteorologických podmínek rozptylu

Tab. 5.1.2 Określenie dobowych typów meteorologicznych warunków dyspersji

| | Podmínka zařazení do typu Warunek zaliczenia do typu | Označení typu Oznaczenie typu |
|--|---|---|
| Denní typ teploty vzduchu, rychlosti větru a doby trvání slunečního svitu Dobowy typ temperatury powietrza, prędkości wiatru i czasu usłonecznienia | | |
| A | PDT -2,5 (11,4) °C a méně / i mniej PDR 1,4 m·s ⁻¹ a méně / i mniej DSS 2,4 hodin / godzin a méně / i mniej | silně podnormální / mocno podnormalne <i>přibližně / w przybliżeniu X < Q20</i> |
| B | PDT od -2,4 (11,5) do 1,4 (14,4) °C PDR od 1,5 do 2,4 m·s ⁻¹ DSS od 2,5 do 5,4 hodin / godzin | podnormální / podnormalne <i>přibližně / w przybliżeniu Q20 < X < Q40</i> |
| C | PDT od 1,5 (14,5) do 4,4 (17,4) °C PDR od 2,5 do 3,4 m·s ⁻¹ DSS od 5,5 do 8,4 hodin / godzin | normální / normalne <i>přibližně / w przybliżeniu Q40 < X < Q60</i> |
| D | PDT od 4,5 (17,5) do 7,4 (19,4) °C PDR od 3,5 do 4,4 m·s ⁻¹ DSS od 8,5 do 11,4 hodin / godzin | nadnormální / nadnormalne <i>přibližně / w przybliżeniu Q60 < X < Q80</i> |
| E | PDT 7,5 (19,5) °C a více / i więcej PDR 4,5 m·s ⁻¹ a více / i więcej DSS 11,5 hodin / godzin a více / i więcej | silně nadnormální / mocno nadnormalne <i>přibližně / w przybliżeniu X > Q80</i> |
| Denní typ úhrnu srážek / Dobowy typ sumy opadów | | |
| A | DUS 0,0 mm | den bez srážek nebo s neměřitelným množstvím srážek <i>dzień bez opadów</i> |
| B | DUS od 0,1 do 1,4 mm | den s úhrnem srážek menším než 2 mm <i>dzień z opady mniej niż 2 mm</i> |
| C | DUS od 1,5 do 3,4 mm | den s úhrnem srážek od 2 do 3 mm <i>dzień z opady od 2 do 3 mm</i> |
| D | DUS od 3,5 do 6,4 mm | den s úhrnem srážek od 4 do 6 mm <i>dzień z opady od 4 do 6 mm</i> |
| E | DUS 6,5 mm a více / i więcej | den s úhrnem srážek 7 mm a více <i>dzień z opady 7 mm i więcej</i> |
| Denní typ teplotního zvrstvení / Dobowy typ struktury termicznej | | |
| A | PDG < 0,0 °C·(100m) ⁻¹ | velmi stabilní inverzní zvrstvení bardzo stabilna inwersyjna struktura termiczna |
| B | PDG od 0,0 do 0,2 °C·(100m) ⁻¹ | silně stabilní zvrstvení s izotermií nebo velmi malým kladným teplotním gradientem mocno stabilna struktura termiczna z izotermią albo bardzo niskim dodatnim gradientem temperatury |
| C | PDG od 0,3 do 0,4 °C·(100m) ⁻¹ | stabilní zvrstvení s malým kladným teplotním pseudogradientem stabilna struktura termiczna z niskim dodatnim pseudogradientem temperatury |
| D | PDG od 0,5 do 0,6 °C·(100m) ⁻¹ | normální stabilní zvrstvení normalna stabilna struktura termiczna |
| E | PDG > 0,6 °C·(100m) ⁻¹ | nadnormální až neutrální a labilní zvrstvení nadnormalna až obojętna i chwiejna struktura termiczna |

Hraniční hodnoty teploty vzduchu platí pro chladná období (X–III), hodnoty uvedené v závorce platí pro teplá období (IV–IX), ostatní hraniční hodnoty platí pro obě období (I–XII), hraniční hodnoty DSS platí pro teplá období (IV–IX) Progowe wartości temperatury powietrza obowiązują dla chłodnych okresów (X–III), wartości podane w nawiasie obowiązują dla ciepłych okresów (IV–IX), pozostałe wartości progowe obowiązują dla obu okresów (I–XII), wartości progowe DSS obowiązują dla ciepłych okresów (IV–IX)

PDT - průměrná oblastní denní teplota vzduchu / średnia obszarowa dobowá temperatura powietrza

PDR - průměrná oblastní denní rychlost větru / średnia obszarowa dobowá prędkość wiatru

DSS - denní doba trvání slunečního svitu / dobowy czas usłonecznienia

DUS - průměrný oblastní denní úhrn srážek / średnia obszarowa dobowá suma opadów

PDG - průměrný denní teplotní pseudogradient / średni dobowy pseudogradient temperatury

Q20, Q40, Q60, Q80 - kvintily, tj. 20%, 40%, 60% a 80% kvantil (rozdělují soubor na pět stejných částí)

Q20, Q40, Q60, Q80 - kwintyle, tj. 20%, 40%, 60% i 80% kwantyl (rozdzielają zbiór na pięć jednakowych części)

Tab. 5.1.3 Četnosti typů meteorologických podmínek rozptylu a proudění

Tab. 5.1.3 Częstości typów meteorologicznych warunków dyspersji oraz przepływu mas powietrza

| Chladná období / Okresy chłodne (X–III) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|------|------|------|------|--|------|------|------|------|--|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| | Teplota vzduchu Temperatura powietrza | | | | | Rychlost větru Prędkość wiatru | | | | | Atmosférické srážky Opady atmosferyczne | | | | | Suma | | |
| | Region Moravskoslezského kraje / Region kraju morawskośląskiego (MSk) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Typ | A | B | C | D | E | A | B | C | D | E | A | B | C | D | E | Suma | | |
| N | 210 | 233 | 197 | 209 | 244 | 200 | 295 | 260 | 188 | 150 | 467 | 357 | 142 | 65 | 62 | 1093 | | |
| % | 19.2 | 21.3 | 18.0 | 19.1 | 22.3 | 18.3 | 27.0 | 23.8 | 17.2 | 13.7 | 42.7 | 32.7 | 13.0 | 5.9 | 5.7 | 100.0 | | |
| AVG | 35 | 39 | 33 | 35 | 41 | 33 | 49 | 43 | 31 | 25 | 78 | 60 | 24 | 11 | 10 | 182 | | |
| Region Slezského vojvodství / Region województwa śląskiego (SLw) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Typ | A | B | C | D | E | A | B | C | D | E | A | B | C | D | E | Suma | | |
| N | 219 | 230 | 202 | 201 | 241 | 67 | 337 | 284 | 182 | 223 | 409 | 364 | 163 | 96 | 61 | 1093 | | |
| % | 20.0 | 21.0 | 18.5 | 18.4 | 22.0 | 6.1 | 30.8 | 26.0 | 16.7 | 20.4 | 37.4 | 33.3 | 14.9 | 8.8 | 5.6 | 100.0 | | |
| AVG | 37 | 38 | 34 | 34 | 40 | 11 | 56 | 47 | 30 | 37 | 68 | 61 | 27 | 16 | 10 | 182 | | |
| Teplotní zvrstvení Struktura termiczna 0–1000 m | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Typ | A | | | | | Proudění vzduchu Przepływ powietrza | | | | | Podmínky rozptylu Warunki dyspersji | | | | | Suma | | |
| | | | | | | MSk | | | SLw | | MSk | | | SLw | | | | |
| Typ | A | B | C | D | E | NE½ | SW½ | X | NE½ | SW½ | X | F | G | X | F | G | X | Suma |
| N | 81 | 115 | 172 | 333 | 392 | 196 | 537 | 360 | 195 | 576 | 322 | 127 | 278 | 688 | 128 | 359 | 606 | 1093 |
| % | 7.4 | 10.5 | 15.7 | 30.5 | 35.9 | 17.9 | 49.1 | 32.9 | 17.8 | 52.7 | 29.5 | 11.6 | 25.4 | 62.9 | 11.7 | 32.8 | 55.4 | 100.0 |
| AVG | 14 | 19 | 29 | 56 | 65 | 33 | 90 | 60 | 33 | 96 | 54 | 21 | 46 | 115 | 21 | 60 | 101 | 182 |
| Teplá období / Okresy ciepłe (IV–IX) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Teplota vzduchu Temperatura powietrza | | | | | Rychlost větru Prędkość wiatru | | | | | Atmosférické srážky Opady atmosferyczne | | | | | Suma | | |
| | Region Moravskoslezského kraje / Region kraju morawskośląskiego (MSk) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Typ | A | B | C | D | E | A | B | C | D | E | A | B | C | D | E | Suma | | |
| N | 185 | 171 | 214 | 118 | 227 | 202 | 426 | 202 | 68 | 17 | 337 | 288 | 88 | 71 | 131 | 915 | | |
| % | 20.2 | 18.7 | 23.4 | 12.9 | 24.8 | 22.1 | 46.6 | 22.1 | 7.4 | 1.9 | 36.8 | 31.5 | 9.6 | 7.8 | 14.3 | 100.0 | | |
| AVG | 37 | 34 | 43 | 24 | 45 | 40 | 85 | 40 | 14 | 3 | 67 | 58 | 18 | 14 | 26 | 183 | | |
| Region Slezského vojvodství / Region województwa śląskiego (SLw) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Typ | A | B | C | D | E | A | B | C | D | E | A | B | C | D | E | Suma | | |
| N | 190 | 184 | 218 | 116 | 207 | 41 | 427 | 287 | 118 | 42 | 414 | 190 | 88 | 68 | 155 | 915 | | |
| % | 20.8 | 20.1 | 23.8 | 12.7 | 22.6 | 4.5 | 46.7 | 31.4 | 12.9 | 4.6 | 45.2 | 20.8 | 9.6 | 7.4 | 16.9 | 100.0 | | |
| AVG | 38 | 37 | 44 | 23 | 41 | 8 | 85 | 57 | 24 | 8 | 83 | 38 | 18 | 14 | 31 | 183 | | |
| Teplotní zvrstvení Struktura termiczna 0–500 m | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Typ | A | | | | | Proudění vzduchu Przepływ powietrza | | | | | Podmínky rozptylu Warunki dyspersji | | | | | Suma | | |
| | | | | | | MSk | | | SLw | | MSk | | | SLw | | | | |
| Typ | A | B | C | D | E | NE½ | SW½ | X | NE½ | SW½ | X | F | G | X | F | G | X | Suma |
| N | 10 | 138 | 179 | 262 | 326 | 165 | 254 | 496 | 206 | 378 | 331 | 142 | 85 | 688 | 122 | 144 | 649 | 915 |
| % | 1.1 | 15.1 | 19.6 | 28.6 | 35.6 | 18.0 | 27.8 | 54.2 | 22.5 | 41.3 | 36.2 | 15.5 | 9.3 | 75.2 | 13.3 | 15.7 | 70.9 | 100.0 |
| AVG | 2 | 28 | 36 | 52 | 65 | 33 | 51 | 99 | 41 | 76 | 66 | 28 | 17 | 138 | 24 | 29 | 130 | 183 |
| Sluneční svit / Ustłonecznienie | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Typ | A | | | | | Proudění vzduchu Przepływ powietrza | | | | | Podmínky tvorby ozonu Warunki powstawania ozonu | | | | | Suma | | |
| | | | | | | MSk | | | SLw | | MSk | | | SLw | | | | |
| Typ | A | B | C | D | E | A | B | C | D | E | F | G | X | F | G | X | Suma | |
| N | 155 | 83 | 101 | 90 | 120 | 134 | 73 | 90 | 122 | 130 | 121 | 120 | 308 | 131 | 118 | 300 | 549 | |
| % | 28.2 | 15.1 | 18.4 | 16.4 | 21.9 | 24.4 | 13.3 | 16.4 | 22.2 | 23.7 | 22.0 | 21.9 | 56.1 | 23.9 | 21.5 | 54.6 | 100.0 | |
| AVG | 52 | 28 | 34 | 30 | 40 | 45 | 24 | 30 | 41 | 43 | 40 | 40 | 103 | 44 | 39 | 100 | 183 | |

A, B, C, D, E - regionální denní typy meteorologických podmínek rozptylu dle teploty vzduchu, rychlosti větru, teplotního zvrstvení a úhrnu srážek a pro teplotu polovinu roku i dle doby trvání slunečního svitu

A, B, C, D, E - regionalne dobowe typy meteorologicznych warunków dyspersji wg temperatury powietrza, prędkości wiatru, struktury termicznej oraz sumy opadów oraz dla cieplej polowy roku i wg czasu ustłonecznienia

NE½, SW½, X - regionální denní typ směru větru (viz příloha ke kapitole 5)

NE½, SW½, X - regionalny dobowy typ kierunku wiatru (patrz aneks do rozdziału 5)

F, G, X - denní typ meteorologických podmínek rozptylu a podmínek tvorby ozonu (viz příloha ke kapitole 5)

F, G, X - dobowy typ meteorologicznych warunków dyspersji i warunków powstawania ozonu (patrz aneks do rozdziału 5)

N - absolutní četnost dnů / bezwzględna częstość dni

% - relativní četnost dnů v % / względna częstość dni w %

AVG - průměrný počet dnů za jedno období / średnia liczba dni w jednym okresie

do $2,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (typ B) byly naměřeny koncentrace PM_{10} vyšší než mezní hodnota. Nižší rychlosti větru způsobují výrazně vyšší koncentrace PM_{10} v regionu Slezského vojvodství než v regionu Moravskoslezského kraje (obr. 5.1.1–5.1.4).

Současný vliv teplotního zvrstvení a rychlosti větru na koncentrace PM_{10} , NO_2 a SO_2 je v chladném období dominantní. Během dnů se špatnými meteorologickými podmínkami rozptylu (typ F) byly naměřeny absolutně nejvyšší regionální koncentrace škodlivin v ovzduší. Průměrné regionální koncentrace byly 2,1násobně až 4,6násobně (pro NO_2 v regionu Slezského vojvodství, resp. pro PM_{10} v regionu Moravskoslezského kraje) větší než ve dnech s dobrými rozptylovými podmínkami (typ G). Průměrná regionální koncentrace PM_{10} dosáhla $124 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v regionu Moravskoslezského kraje a $114 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v regionu Slezského vojvodství. Regionální průměrná koncentrace větší než denní mezní hodnota $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ byla naměřena ve více než 90% těchto dnů, zatímco ve dnech s dobrými podmínkami rozptylu to bylo v regionu Moravskoslezského kraje pouze v 6% a v regionu Slezského vojvodství v 11% dnů. Koncentrace vyšší než $100 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ byla naměřena ve více než 40% dnů a koncentrace vyšší než $150 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v cca 20% dnů se špatnými rozptylovými podmínkami. Při dobrých rozptylových podmínkách byla koncentrace PM_{10} větší než denní mezní hodnota naměřena v cca 10% dnů, koncentrace vyšší než $100 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ se vyskytly zcela ojediněle. Celková četnost dnů se špatnými rozptylovými podmínkami byla v obou regionech cca 12%, tj. průměrně cca 21 dnů během jednoho chladného období. Četnost dnů s dobrými meteorologickými podmínkami rozptylu byla v regionu Moravskoslezského kraje cca 25%, tj. cca 46 dnů a v regionu Slezského vojvodství cca 33%, tj. v průměru 60 dnů v jednom období (obr. 5.1.9).

Většinu dnů nebylo možno použitou metodou jednoznačně označit jako dny se špatnými nebo dobrými rozptylovými podmínkami. Mezi tyto dny (typ X) patřily i dny s rozptylovými podmínkami, které můžeme v kontextu tohoto hodnocení označit za nepříznivé, tj. během kterých byl nepříznivý teplotní gradient, ale poněkud vyšší rychlost větru, resp. příznivější teplotní gradient, ale nízká rychlost větru (typy C, tab. 5.1.3). Proto se více než $\frac{2}{3}$ všech dnů s regionální průměrnou denní koncentrací vyšší než mezní hodnota PM_{10} vyskytlo právě během těchto dnů. Četnost překročení dvojnásobku mezní hodnoty v těchto dnech byla obdobná jako ve dnech se špatnými podmínkami rozptylu, zatímco k cca $\frac{3}{4}$ překročení trojnásobku mezní hodnoty došlo ve dnech se špatnými rozptylovými podmínkami. K překročením mezní hodnoty došlo ojediněle i při dobrých podmínkách rozptylu (obr. 5.3.5 níže).

Podczas inwersyjnej struktury termicznej (typ A) w chłodnych okresach odnotowano w obu regionach średnie regionalne dobowe stężenia PM_{10} wyższe od wartości dopuszczalnej $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w ok. 88% dni, stężenia wyższe od $100 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w ponad 40%, a stężenia większe niż $150 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w ponad 20% tych dni; średnie regionalne stężenie wynosiło ok. $120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Stężenia PM_{10} wyższe od dobowej wartości dopuszczalnej odnotowano także w ok. 75% dni o mocno stabilnej lub stabilnej strukturze (typy B i C), w ok. 22% tych dni odnotowano wartości powyżej $100 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, a w ok. 5% powyżej $150 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$; średnie regionalne stężenie wynosiło ok. $80 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Dobowa wartość dopuszczalna przekroczona była jednak także w ok. 45% dni z normalną strukturą termiczną (typ D), a nawet w ok. 10% dni z ponadnormalną strukturą termiczną (typ E).

W przypadku średniej regionalnej prędkości wiatru poniżej $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (typ A) w chłodnych okresach średnie regionalne dobowe stężenia PM_{10} wyższe od wartości dopuszczalnej $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ odnotowano w ponad 85% dni. W ok. 22% dni średnie regionalne stężenia w regionie województwa śląskiego były nawet wyższe od $150 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, natomiast w regionie kraju morawskośląskiego udział takich dni był mniejszy; średnie stężenie wynosiło 120 lub $102 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Również w przeszło połowie dni z prędkością od $1,5$ do $2,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (typ B) odnotowano stężenia PM_{10} wyższe od wartości dopuszczalnej. Mniejsze prędkości wiatru w wyraźny sposób wpływają na wyższe stężenia PM_{10} bardziej w regionie województwa śląskiego aniżeli w regionie kraju morawskośląskiego (rys. 5.1.1–5.1.4).

Jednoczesny wpływ struktury termicznej i prędkości wiatru na stężenia PM_{10} , NO_2 i SO_2 dominuje w chłodnym okresie. Podczas dni o złych meteorologicznych warunkach dyspersji (typ F) odnotowano bezwzględnie najwyższe regionalne stężenia zanieczyszczeń w powietrzu. Średnie regionalne stężenia były od 2,1-krotnie do 4,6-krotnie wyższe (dla NO_2 w regionie województwa śląskiego, a dla PM_{10} w regionie kraju morawskośląskiego) w porównaniu z dniami o dobrych warunkach dyspersji (typ G). Średnie regionalne stężenie PM_{10} osiągnęło poziom $124 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w regionie kraju morawskośląskiego i $114 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w regionie województwa śląskiego. Regionalne średnie stężenie wyższe od dobowej wartości dopuszczalnej $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ odnotowano w ponad 90% tych dni, natomiast w dniach o dobrych warunkach dyspersji w regionie kraju morawskośląskiego było to tylko w 6%, a w regionie województwa śląskiego w 11% dni. Stężenia powyżej $100 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ odnotowano w ponad 40% dni, a stężenia powyżej $150 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w ok. 20% dni o złych warunkach dyspersji. Podczas dobrych warunków dyspersji stężenia PM_{10} wyższe od dobowej wartości dopuszczalnej odnotowano w ok. 10%

5.1.2 Teplá období

V teplých obdobích (duben až září) se průměrné regionální denní koncentrace PM_{10} a NO_2 zvyšují rovněž především s klesajícími hodnotami vertikálních teplotních pseudogradientů ve vrstvě 0–500 m a s klesající rychlostí větru. Tato nepřímá úměrná závislost byla obdobně jako v chladném období nejvýraznější. Kladné, i když velmi nízké, hodnoty koeficientů pořadové korelace mezi imisními soubory PM_{10} a teplotou vzduchu ukazují, že v teplém období úroveň znečištění ovzduší PM_{10} zejména v regionu Moravskoslezského kraje spíše stoupá s rostoucí teplotou. Většina koeficientů mezi imisními soubory PM_{10} a NO_2 a soubory meteorologických charakteristik má však stejně jako v chladných obdobích záporné hodnoty. Jsou ale většinou nižší, pohybují se od $-0,004$ pro závislost koncentrací NO_2 v regionu Moravskoslezského kraje na vertikálním teplotním zvrstvení ve vrstvě 500–1000 m (pseudogradienty Červená/Lysá hora) do $-0,61$ pro závislost koncentrací PM_{10} v regionu Slezského vojvodství na vertikálním teplotním zvrstvení ve vrstvě 0–500 m (pseudogradienty Mošnov/Červená) (tab. 5.1.1)²⁸.

Průměrné regionální koncentrace PM_{10} a NO_2 byly v teplých obdobích nejvyšší ve dnech s inverzním teplotním zvrstvením ve vrstvě 0–500 m, s průměrnou rychlostí větru menší než $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a s teplotou vzduchu maximálně $11,4 \text{ }^\circ\text{C}$. Koncentrace nedosahují hodnot naměřených v chladných obdobích. Průměrné regionální denní koncentrace PM_{10} vyšší než mezní hodnota $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ byly v teplých obdobích naměřeny v cca 50 % dnů s inverzním zvrstvením (typ A), průměrná regionální koncentrace v těchto dnech činila $54 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v regionu Moravskoslezského kraje a $52 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v regionu Slezského vojvodství. Během dnů s ostatními typy teplotního zvrstvení se vyskytly regionální koncentrace vyšší než mezní hodnota v méně než 25 % a průměrné regionální koncentrace byly nižší než mezní hodnota. Při průměrné regionální rychlosti větru menší než $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (typ A) v teplých obdobích byly zaznamenány průměrné regionální denní koncentrace PM_{10} vyšší než mezní hodnota v méně než 25 % dnů (obr. 5.1.5–5.1.8).

Současný vliv teplotního zvrstvení a rychlosti větru na koncentrace PM_{10} a NO_2 je v teplém období méně výrazný než v chladném období. Průměrné regionální koncentrace škodlivin ve dnech se špatnými meteorologickými podmínkami rozptýlu (typ F)

²⁸ Hodnoty vypočítaných koeficientů pořadové korelace v teplé polovině roku nejsou v některých případech statisticky významné na hladině významnosti $p = 0,05$ (v tabulce 5.1.1 jsou uvedeny v závorce). Odpovídající závislosti mezi imisními soubory a soubory meteorologických charakteristik tedy nejsou statisticky významné.

dni, stěžena vyšší od $100 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ nastaly v jednotlivých případech. Obecná četnost výskytu dne s špatnými podmínkami dispersji v obou regionech činila ok. 12%, což znamená ok. 21 dní v průběhu jednoho chladného období. Četnost výskytu dne s dobrými meteorologickými podmínkami dispersji v regionu Moravskoslezského kraje činila ok. 25%, což znamená ok. 46 dní, a v regionu vojvodství śląskiego ok. 33%, což znamená ok. 60 dní v jednom období (rys. 5.1.9).

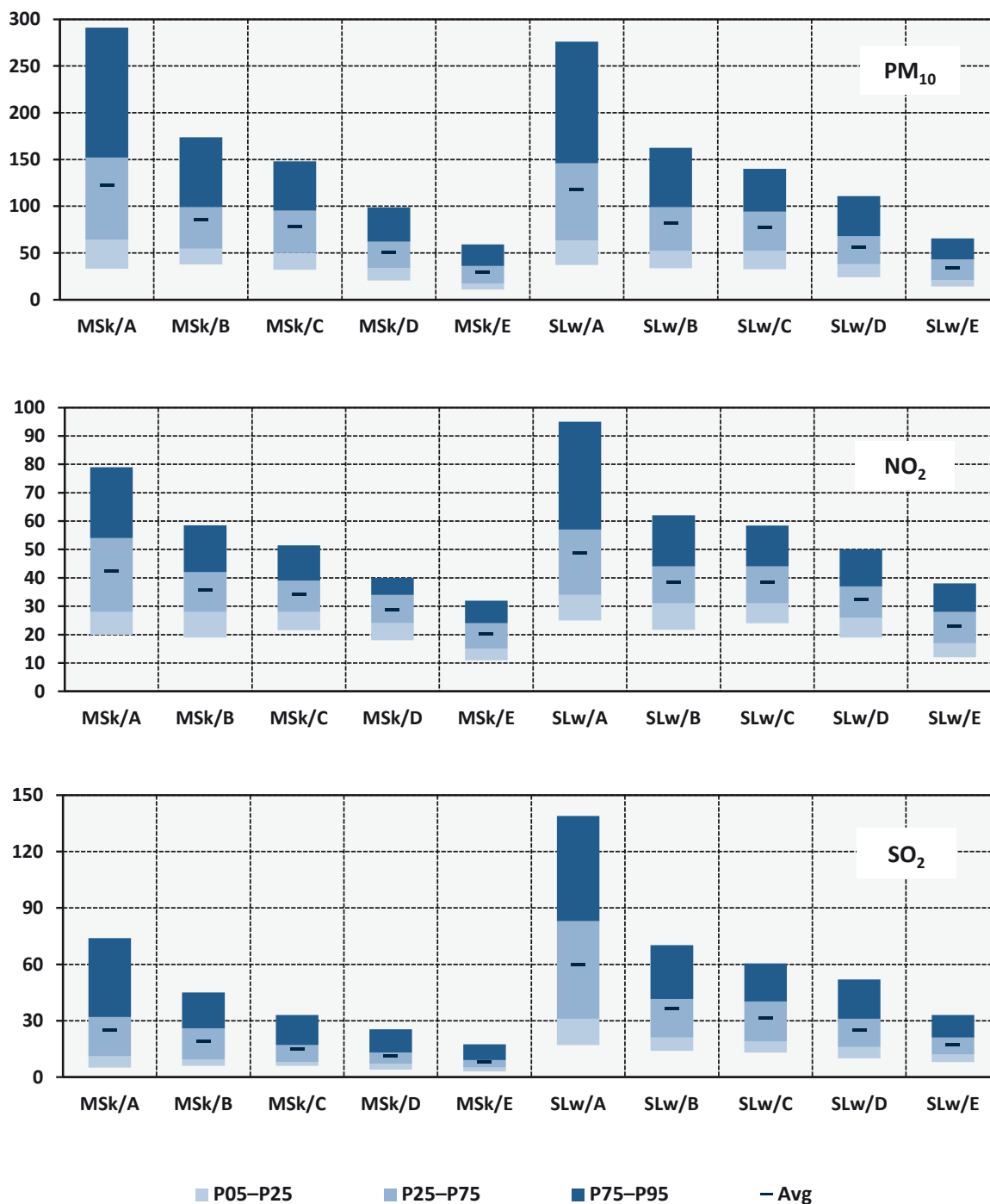
Zastosowana metoda nie pozwoliła w przypadku większości dni na jednoznaczne ich uznanie za dni o złych lub dobrych warunkach dyspersji. Do tych dni (typ X) zaliczały się również dni z warunkami dyspersji, które w kontekście tego badania uznac można było za niekorzystne, to znaczy takie, podczas których występował niekorzystny gradient temperatury, ale nieco wyższa prędkość wiatru lub korzystniejszy gradient temperatury, ale niska prędkość wiatru (typ C, tab. 5.1.3). Dlatego ponad $\frac{2}{3}$ wszystkich dni z regionalnym średnim dobowym stężeniem powyżej wartości dopuszczalnej PM_{10} wystąpiło właśnie podczas tych dni. Četnost překročení dwukrotnosti wartości dopuszczalnej w tych dniach była podobna jak w dniach o złych warunkach dyspersji, natomiast $\frac{3}{4}$ przekroczeń trzykrotnosti wartości dopuszczalnej miało miejsce w dniach o złych warunkach dyspersji. Także podczas dobrych warunków dyspersji wartość dopuszczalna była w pojedynczych przypadkach przekroczona (rys. 5.3.5 poniżej).

5.1.2. Okresy ciepłe

W ciepłych okresach (kwiecień–wrzesień) średnie regionalne dobowe stężenia PM_{10} i NO_2 rosną również, przede wszystkim w miarę jak maleją wartości pionowych pseudogradientów temperatury w warstwie 0–500 m oraz maleje prędkość wiatru. Ta odwrotnie proporcjonalna zależność była najwyraźniejsza, podobnie jak w okresie chłodnym. Dodatkowo, chociaż bardzo małe, wartości współczynników korelacji rang między populacjami danych zanieczyszczeń PM_{10} a temperaturą powietrza wskazują na to, że w ciepłym okresie poziom zanieczyszczenia powietrza PM_{10} raczej rośnie wraz z rosnącą temperaturą, szczególnie w regionie kraju morawskośląskiego. Większość współczynników pomiędzy populacjami danych PM_{10} i NO_2 oraz populacjami cech meteorologicznych ma jednak, podobnie jak w okresach chłodnych, wartości ujemne. Są one jednak niższe, mieszczą się w granicach od $-0,004$ w przypadku zależności stężeń NO_2 w regionie kraju morawskośląskiego od pionowej struktury termicznej w warstwie 500–1000 m (pseudogradienty Červená/Lysá hora) do $-0,61$ w przypadku zależności stężeń PM_{10} w regionie

Obr. 5.1.1 Oblastní průměrné denní koncentrace v $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ve dnech s uvedenými denními typy teplotního zvrstvení, chladná období (X–III)

Rys. 5.1.1 Obszarowe średnie stężenia dobowe w $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w dniach z podanymi dobowymi typami struktury termicznej, chłodne okresy (X–III)



MSk - region Moravskoslezského kraje / region kraju morawskośląskiego

SLw - region Slezského vojvodství / region województwa śląskiego

Denní typy gradientu teploty vzduchu ve vrstvě 0–1000 m:

Dobové typy gradientu teploty vzduchu v vrstvě 0–1000 m:

A: $< 0,0$ B: od 0,0 do 0,2 C: od 0,3 do 0,4 D: od 0,5 do 0,6 E: $> 0,6$ [$^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{m})^{-1}$]

Avg - průměrná koncentrace / średnie stężenie

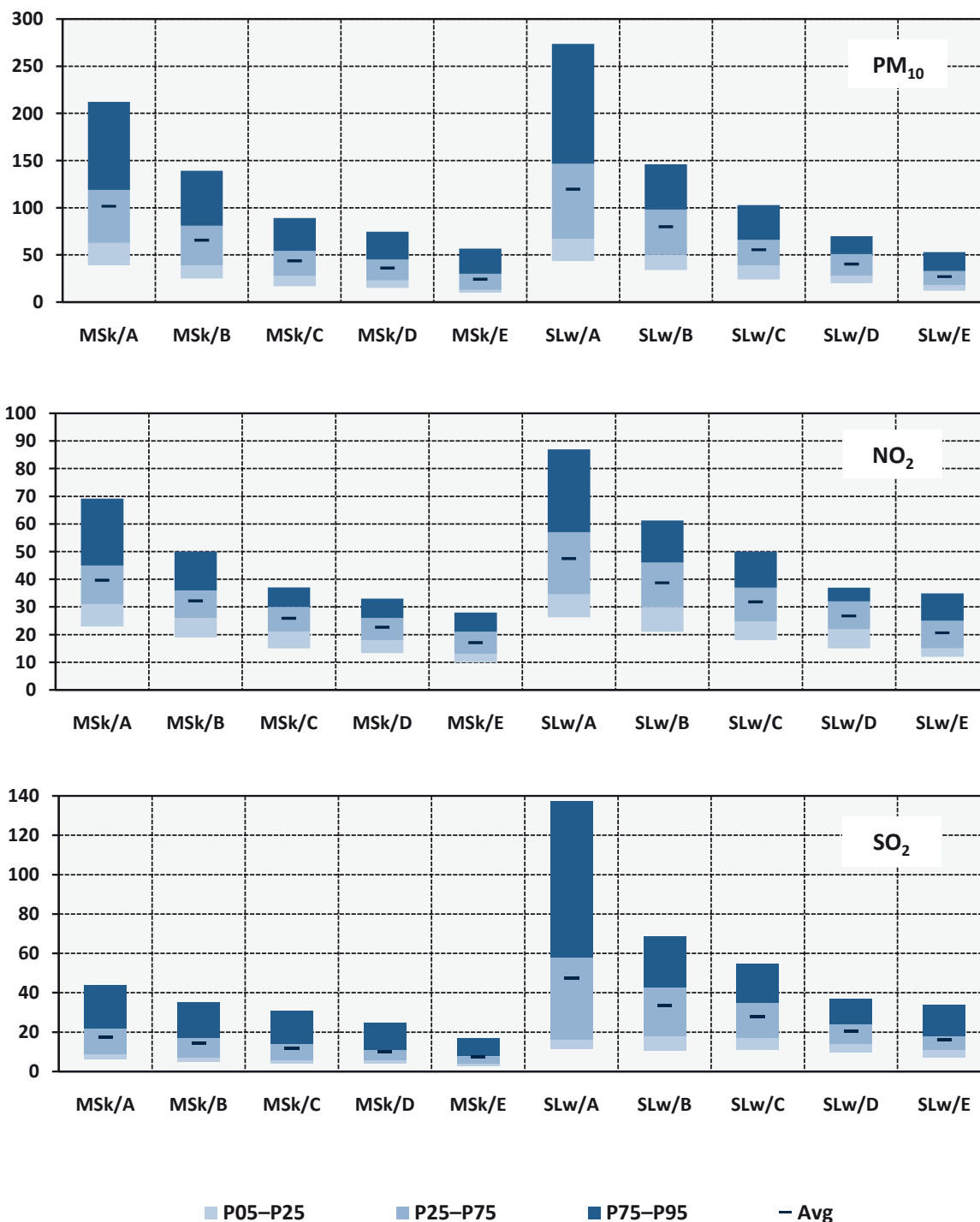
P05–P25, P25–P75, P75–P95 - rozsah koncentrací / rozpiętość stężeń

P05, P25, P75, P95 - 5%, 25%, 75% a 95% kvantil (percentil) souboru oblastních průměrných denních koncentrací

P05, P25, P75, P95 - 5%, 25%, 75% i 95% kwantyl (percentyl) zbioru obszarowych średnich stężeń dobowych

Obr. 5.1.2 Oblastní průměrné denní koncentrace v $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ve dnech s uvedenými denními typy rychlosti větru, chladná období (X–III)

Rys. 5.1.2 Obszarowe średnie stężenia dobowe w $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w dniach z podanymi dobowymi typami prędkości wiatru, chłodne okresy (X–III)



MSk - region Moravskoslezského kraje / region kraju morawskośląskiego

SLw - region Śląskiego województví / region województwa śląskiego

Denní typy rychlosti větru / Dobowe typy prędkości wiatru:

A : < 1,5 B : od 1,5 do 2,4 C : od 2,5 do 3,4 D : od 3,5 do 4,4 E : > 4,4 [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]

Avg - průměrná koncentrace / średnie stężenie

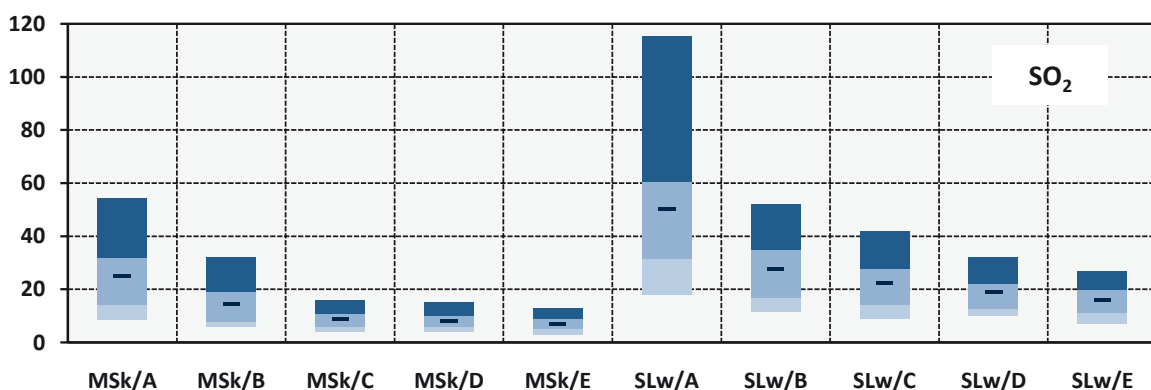
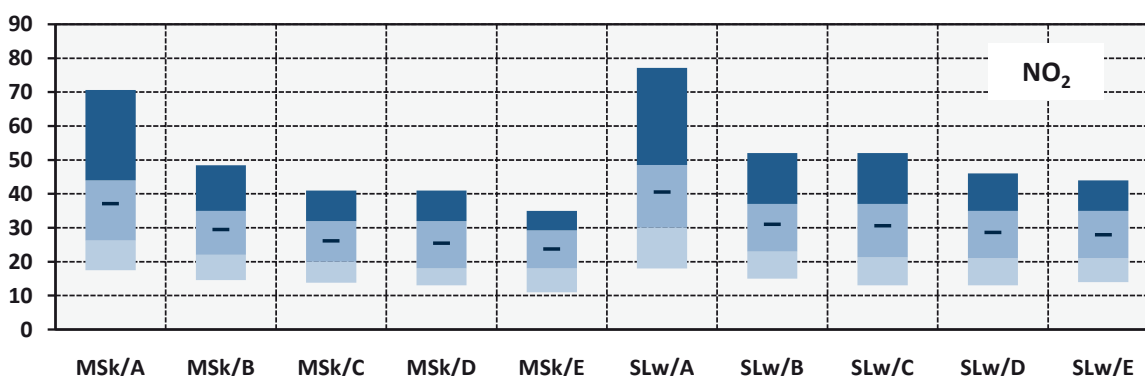
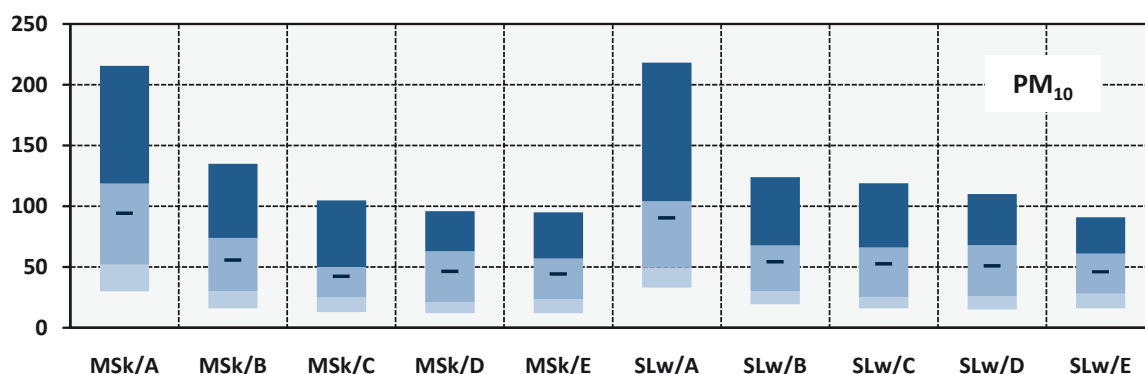
P05–P25, P25–P75, P75–P95 - rozsah koncentrací / rozpiętość stężeń

P05, P25, P75, P95 - 5%, 25%, 75% a 95% kvantil (percentil) souboru oblastních průměrných denních koncentrací

P05, P25, P75, P95 - 5%, 25%, 75% i 95% kwantyl (percentyl) zbioru obszarowych średnich stężeń dobowych

Obr. 5.1.3 Oblastní průměrné denní koncentrace v $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ve dnech s uvedenými denními typy teploty vzduchu, chladná období (X–III)

Rys. 5.1.3 Obszarowe średnie stężenia dobowe w $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w dniach z podanymi dobowymi typami temperatury powietrza, chłodne okresy (X–III)



■ P05–P25 ■ P25–P75 ■ P75–P95 – Avg

MSk - region Moravskoslezského kraje / region kraju morawskośląskiego

SLw - region Śląskiego województví / region województwa śląskiego

Denní typy teploty vzduchu / Dobowe typy temperatury powietrza:

A : < -2,4 **B** : od -2,4 do 1,4 **C** : od 1,5 do 4,4 **D** : od 4,5 do 7,4 **E** : > 7,4 [°C]

Avg - průměrná koncentrace / średnie stężenie

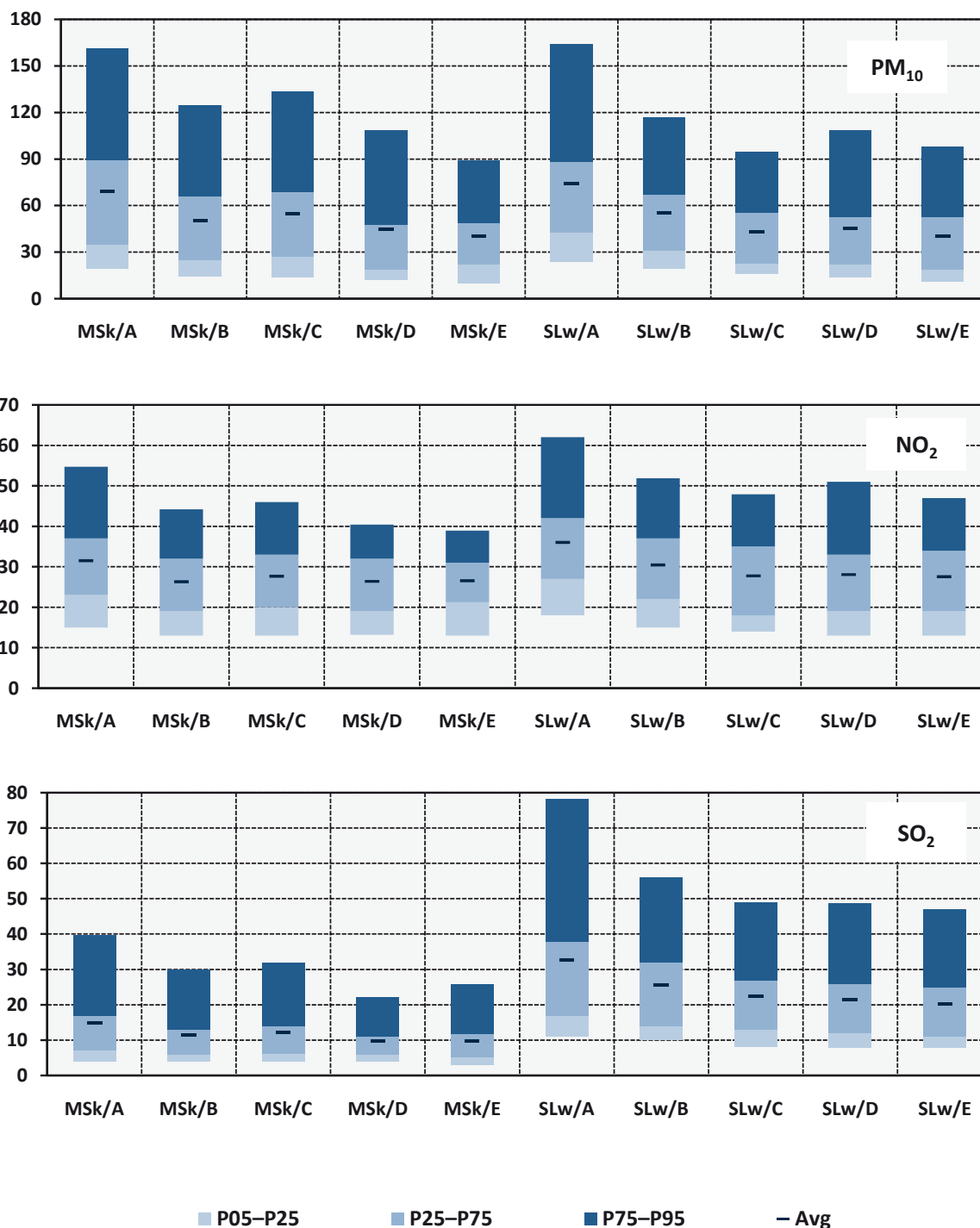
P05–P25, **P25–P75**, **P75–P95** - rozsah koncentrací / rozpiętość stężeń

P05, **P25**, **P75**, **P95** - 5%, 25%, 75% a 95% kvantil (percentil) souboru oblastních průměrných denních koncentrací

P05, **P25**, **P75**, **P95** - 5%, 25%, 75% i 95% kwantyl (percentyl) zbioru obszarowych średnich stężeń dobowych

Obr. 5.1.4 Oblastní průměrné denní koncentrace v $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ve dnech s uvedenými denními typy úhrnů srážek, chladná období (X–III)

Rys. 5.1.4 Obszarowe średnie stężenia dobowe w $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w dniach z podanymi dobowymi typami sum opadów, chłodne okresy (X–III)



MSk - region Moravskoslezského kraje / region kraju morawskośląskiego

SLw - region Śląskiego województví / region województwa śląskiego

Denní typy úhrnů srážek / Dobowe typy sum opadów:

A : 0,0 **B** : od 0,1 do 1,4 **C** : od 1,5 do 3,4 **D** : od 3,5 do 6,4 **E** : > 6,4 [mm]

Avg - průměrná koncentrace / średnie stężenie

P05–P25, **P25–P75**, **P75–P95** - rozsah koncentrací / rozpiętość stężeń

P05, **P25**, **P75**, **P95** - 5%, 25%, 75% a 95% kvantil (percentil) souboru oblastních průměrných denních koncentrací

P05, **P25**, **P75**, **P95** - 5%, 25%, 75% i 95% kwantyl (percentyl) zbioru obszarowych średnich stężeń dobowych

byly přesto 1,8násobně až 2,5násobně (pro NO_2 v obou regionech, resp. pro PM_{10} v regionu Moravskoslezského kraje) větší než ve dnech s dobrými rozptylovými podmínkami (typ G). Během dnů se špatnými podmínkami dosáhla průměrná regionální koncentrace PM_{10} cca $45 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$; koncentrace větší než denní mezní hodnota $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ byla naměřena v cca 22–23 % těchto dnů, koncentrace vyšší než $100 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ se vyskytly ojediněle. Při dobrých podmínkách rozptýly se regionální koncentrace PM_{10} větší než denní mezní hodnota vůbec nevyskytly. Celková četnost dnů se špatnými meteorologickými podmínkami rozptýly byla v regionu Moravskoslezského kraje 16 % a v regionu Slezského vojvodství 13 %, tj. průměrně cca 28, resp. 24 dnů během jednoho teplého období. Četnost dnů s dobrými meteorologickými podmínkami rozptýly byla 9 %, resp. 16 %, tj. průměrně cca 17, resp. 29 dnů (obr. 5.1.9).

Většinu dnů nebylo možno použitou metodou stejně jako v chladném období jednoznačně označit jako dny se špatnými nebo dobrými rozptylovými podmínkami (tab. 5.1.3). Více než $\frac{1}{2}$ všech dnů s regionální průměrnou denní koncentrací vyšší než mezní hodnota PM_{10} se vyskytla právě během těchto dnů. Oproti chladným obdobím však došlo k překročení dvojnásobku mezní hodnoty dominantně ve dnech se špatnými podmínkami rozptýly, zatímco k překročení trojnásobku mezní hodnoty nedošlo. Při dobrých rozptylových podmínkách k překročení denní mezní hodnoty nedošlo (obr. 5.3.5 níže).

V souladu s mechanismem tvorby přízemního ozonu byl v teplých obdobích nejtěsnější kladný vztah mezi regionálními maximálními denními 8hodinovými koncentracemi O_3 a dobou trvání slunečního svitu a dále průměrnou denní teplotou. Regionální úroveň znečištění ovzduší O_3 tedy statisticky významně stoupá se stoupající dobou trvání slunečního svitu v daný den a se stoupající teplotou vzduchu, která se během dne přirozeně zvyšuje v návaznosti na intenzitu slunečního svitu (tab. 5.1.1).

Průměrné regionální maximální denní 8hodinové koncentrace O_3 byly v obou regionech ve dnech s dobou trvání slunečního svitu alespoň 11,5 hodin cca 1,9násobně větší než ve dnech s dobou trvání slunečního svitu do 2,4 hodin. Průměrné regionální denní koncentrace O_3 vyšší než mezní hodnota $120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ byly naměřeny v cca 25 % dnů s dobou trvání slunečního svitu alespoň 11,5 hodin nebo s průměrnou denní teplotou alespoň $19,5^\circ\text{C}$ (typ E). Během těchto dnů bylo registrováno cca 76, resp. 67 % všech překročení mezní hodnoty. Ve dnech s dobou trvání slunečního svitu kratší než 5 hodin k překročení mezní hodnoty nedošlo. Na první pohled odlišné koncentrace O_3 při nejvyšším úhrnu srážek souvisejí se skutečností, že nejvyšších úhrnů

województwa śląskiego od pionowej struktury termicznej w warstwie 0–500 m (pseudogradienty Mošov/Červená) (tab. 5.1.1)²⁸.

Średnie regionalne stężenia PM_{10} i NO_2 w ciepłych okresach były najwyższe w dniach z inwersyjną strukturą termiczną w warstwie 0–500 m, ze średnią prędkością wiatru poniżej $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ oraz temperaturą powietrza maksymalnie $11,4^\circ\text{C}$. Stężenia nie osiągają poziomów, jakie odnotowano w chłodnych okresach. Średnie regionalne dobowe stężenia PM_{10} powyżej wartości dopuszczalnej $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w ciepłych okresach odnotowano w 50 % dni z inwersyjną strukturą termiczną (typ A), średnie regionalne stężenie w tych dniach wynosiło $54 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w regionie kraju morawskośląskiego i $52 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w regionie województwa śląskiego. Podczas dni z pozostałymi typami struktury termicznej regionalne stężenia wyższe od wartości dopuszczalnej występowały w poniżej 25 %, a średnie regionalne stężenia były mniejsze od wartości dopuszczalnej. W przypadku średniej regionalnej prędkości wiatru poniżej $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (typ A) w ciepłych okresach odnotowano średnie regionalne dobowe stężenia PM_{10} wyższe od wartości dopuszczalnej w poniżej 25 % dni (rys. 5.1.5–5.1.8).

Jednoczesny wpływ struktury termicznej i prędkości wiatru na stężenia PM_{10} i NO_2 w ciepłym okresie jest mniej wyraźny w porównaniu z chłodnym okresem. Średnie regionalne stężenia zanieczyszczeń w dniach o złych meteorologicznych warunkach dyspersji (typ F) były pomimo to od 1,8-krotnie do 2,5-krotnie wyższe (dla NO_2 w obu regionach, a dla PM_{10} w regionie kraju morawskośląskiego) w porównaniu z dniami o dobrych warunkach dyspersji (typ G). Podczas dni o złych warunkach średnie regionalne stężenie PM_{10} było na poziomie ok. $45 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$; stężenie wyższe od dobowej wartości dopuszczalnej $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ odnotowano w ok. 22–23 % tych dni, stężenia wyższe od $100 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ wystąpiły sporadycznie. Natomiast podczas dobrych warunków dyspersji nie wystąpiło regionalne stężenie PM_{10} wyższe od dobowej wartości dopuszczalnej. Ogólna częstość występowania dni ze złymi meteorologicznymi warunkami dyspersji w regionie kraju morawskośląskiego wynosiła ok. 16 %, a w regionie województwa śląskiego 13 %, czyli średnio ok. 28 lub 24 dni w trakcie jednego ciepłego okresu. Częstość występowania dni z dobrymi meteorologicznymi warunkami dyspersji wynosiła 9 % lub 16 %, czyli średnio ok. 17 lub 29 dni (rys. 5.1.9).

²⁸ Wartości obliczonych współczynników korelacji rang w ciepłej połowie roku nie są w niektórych przypadkach statystycznie istotne na poziomie istotności $p = 0,05$ (w tabeli 5.1.1 są podane w nawiasie). Odpowiadające zależności pomiędzy zbiorami danych dotyczących emisji a zbiorami danych dotyczących cech meteorologicznych nie są więc statystycznie istotne.

může být dosaženo i v teplých a slunečných dnech během krátkodobých intenzivních bouřkových srážek (obr. 5.1.5–5.1.8).

Současný vliv délky slunečního svitu a teploty na koncentrace O_3 je dominantní. Regionální průměrné koncentrace O_3 během dnů s příznivými podmínkami pro jeho tvorbu (typ F) byly v regionu Moravskoslezského kraje 1,8násobně větší a v regionu Slezského vojvodství 1,9násobně větší než ve dnech s nepříznivými podmínkami (typ G). Během letních dnů s příznivými podmínkami pro tvorbu O_3 byly zaznamenány jeho absolutně nejvyšší koncentrace. Průměrná regionální koncentrace O_3 dosáhla $114 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v regionu Moravskoslezského kraje a $111 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v regionu Slezského vojvodství. Koncentrace větší než mezní hodnota $120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ byla naměřena v cca 27% těchto dnů, ve dnech s nevyhraněnými podmínkami (typ X) v cca 2%, zatímco ve dnech s nepříznivými podmínkami k překročení nedošlo (obr. 5.1.9). Dnů s příznivými a nepříznivými podmínkami pro tvorbu O_3 bylo v obou regionech přibližně stejně, mezi $\frac{1}{5}$ a $\frac{1}{4}$ všech dnů. Nadpoloviční většinu dnů však nebylo možno použitou metodou jednoznačně přiřadit (tab. 5.1.3).

5.2 Závislost koncentrací škodlivin na směru větru

Směr větru je významným meteorologickým prvkem, který může podstatným způsobem ovlivňovat úroveň znečištění ovzduší v každé lokalitě v návaznosti na zdroje znečištění ovzduší v jejím okolí. Rozbor závislosti regionálních denních koncentrací sledovaných škodlivin na odvozených regionálních denních typech směru větru popsány níže poskytuje základní orientační představu o závislosti průměrné regionální úrovně znečištění ovzduší v regionech Moravskoslezského kraje a Slezského vojvodství na regionálních typech směru proudění v oblasti. Vzhledem k charakteru proudění a jeho orientaci vůči hranici mezi oběma regiony (viz kapitola 3) byla použita typizace proudění, jejímž základem je vymezení dnů s převládajícím prouděním z jihozápadní nebo severovýchodní poloviny horizontu (typy SW $\frac{1}{2}$ a NE $\frac{1}{2}$, viz Příloha).

5.2.1 Chladná období

V chladných obdobích byly nejvyšší regionální průměrné koncentrace PM_{10} a NO_2 v obou regionech a regionální průměrné koncentrace SO_2 i v regionu Slezského vojvodství ve dnech, kdy směr větru nebyl převládající z jedné poloviny horizontu (typ X). Jedná se většinou o dny s proměnlivým směrem větru nebo o dny s výraznou změnou směru větru v průběhu dne. Proměnlivý vítr je nejčastější

Zastosowana metoda nie pozwoliła, podobnie jak w chłodnym okresie, w przypadku większości dni na jednoznaczne ich uznanie za dni o złych lub dobrych warunkach dyspersji (tab. 5.1.3). Ponad $\frac{1}{2}$ wszystkich dni z regionalnym średnim dobowym stężeniem powyżej wartości dopuszczalnej PM_{10} wystąpiła właśnie podczas tych dni. W przeciwnieństwie do chłodnych okresów przekroczenie dwukrotności wartości dopuszczalnej występowało najczęściej w dniach o złych warunkach dyspersji, natomiast nie wystąpiły przekroczenia trzykrotności wartości dopuszczalnej. W czasie dobrych warunków dyspersji dobowa wartość dopuszczalna nie została przekroczona (rys. 5.3.5 poniżej).

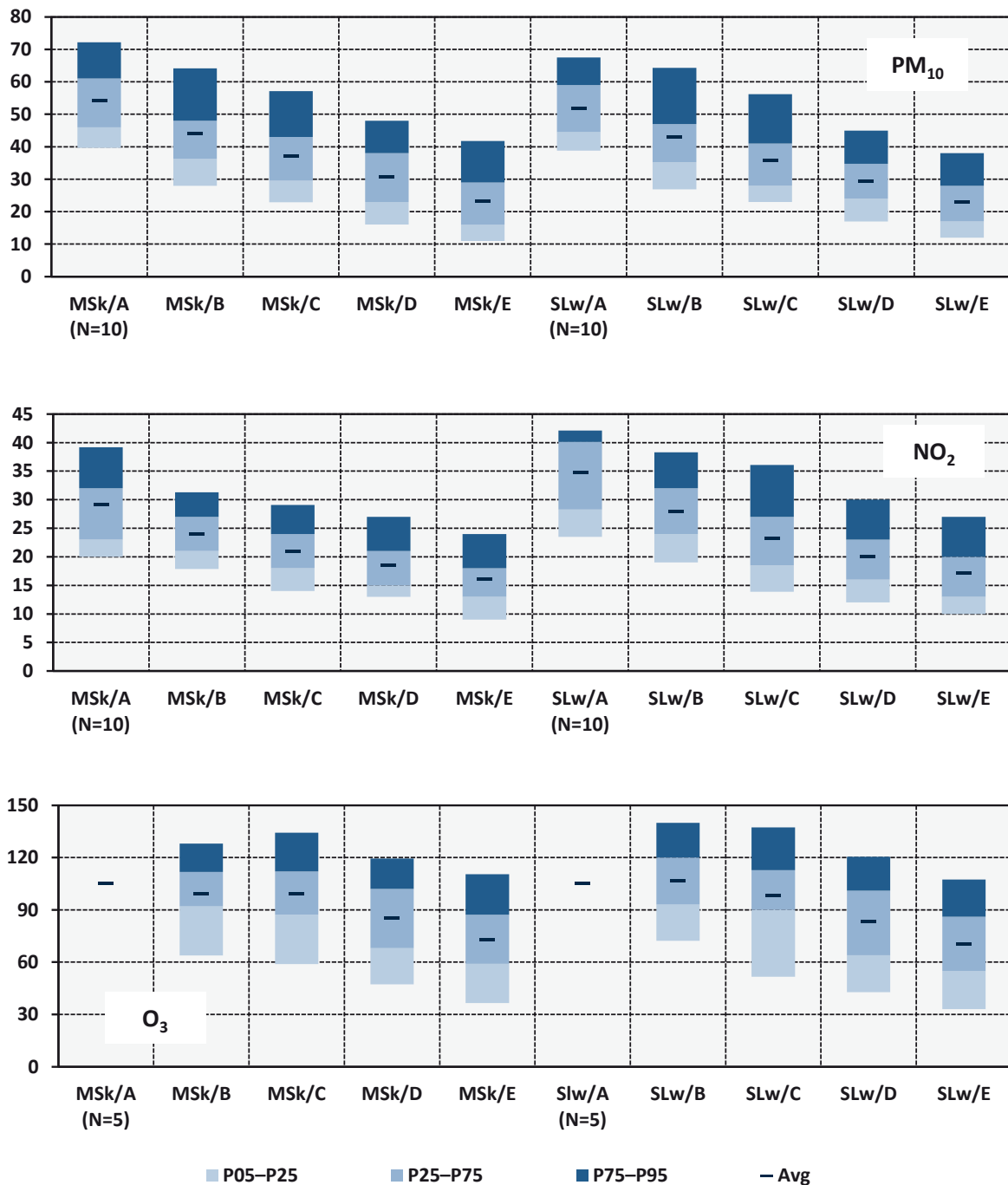
Zgodnie z mechanizmem powstawania ozonu przyziemnego w ciepłych okresach największa dodatnia zależność wystąpiła pomiędzy regionalnymi maksymalnymi dobowymi 8-godzinnymi stężeniami O_3 a usłonecznieniem, a następnie średnią dobową temperaturą. A więc regionalny poziom zanieczyszczenia powietrza O_3 rośnie statystycznie istotnie wraz z rosnącym usłonecznieniem w danym dniu oraz z rosnącą temperaturą powietrza, która wzrasta w sposób naturalny w ciągu dnia w związku z natężeniem usłonecznienia (tab. 5.1.1).

Średnie regionalne maksymalne dobowe 8-godzinne stężenia O_3 były w obu regionach w dniach z usłonecznieniem co najmniej 11,5 godziny około 1,9-krotnie wyższe aniżeli w dniach z usłonecznieniem trwającym poniżej 2,4 godziny. Średnie regionalne dobowe stężenia O_3 powyżej wartości dopuszczalnej $120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ odnotowano w ok. 25% dni z usłonecznieniem trwającym co najmniej 11,5 godziny lub ze średnią dobową temperaturą na poziomie co najmniej $19,5^\circ\text{C}$ (typ E). Podczas tych dni zarejestrowano ok. 76 lub 67% wszystkich przekroczeń wartości dopuszczalnej. W dniach z usłonecznieniem trwającym do 5 godzin wartość dopuszczalna nie została przekroczona. Na pierwszy rzut oka odmienne stężenia O_3 podczas najwyższej sumy opadów związane są z faktem, że najwyższe sumy opadów mogą wystąpić także w trakcie ciepłych i słonecznych dni podczas krótkookresowych intensywnych opadów burzowych (rys. 5.1.5–5.1.8).

Jednoczesny wpływ usłonecznienia i temperatury na stężenie O_3 jest dominujący. Średnie regionalne stężenia O_3 były w trakcie dni o korzystnych warunkach dla jego powstawania (typ F) 1,8-krotnie wyższe w regionie kraju morawskośląskiego i 1,9-krotnie wyższe w regionie województwa śląskiego w porównaniu z dniami o niekorzystnych warunkach (typ G). Podczas letnich dni o korzystnych warunkach dla powstawania O_3 odnotowano bezwzględnie najwyższe stężenia. Średnie regionalne stężenie O_3 osiągnęło poziom $114 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w regionie kraju morawskośląskiego i $111 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w regionie województwa śląskiego. Stężenia powyżej

Obr. 5.1.5 Oblastní průměrné denní koncentrace v $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ve dnech s uvedenými denními typy teplotního zvrstvení, teplá období (IV–IX)

Rys. 5.1.5 Obszarowe średnie stężenia dobowe w $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w dniach z podanymi dobowymi typami struktury termicznej, ciepłe okresy (IV–IX)



MSk - region Moravskoslezského kraje / region kraju morawskośląskiego

SLw - region Slezského vojvodství / region województwa śląskiego

Avg - průměrná koncentrace / średnie stężenie

Denní typy gradientu teploty vzduchu ve vrstvě 0–500 m

Dobove typy gradientu temperatury powietrza w warstwie 0–500 m:

A : < 0,0 B : od 0,0 do 0,2 C : od 0,3 do 0,4 D : od 0,5 do 0,6 E : > 0,6 [$^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{m})^{-1}$]

P05–P25, P25–P75, P75–P95 - rozsah koncentrací / rozpiętość stężeń

P05, P25, P75, P95 - 5%, 25%, 75% a 95% kvantil (percentil) souboru oblastních průměrných denních koncentrací

P05, P25, P75, P95 - 5%, 25%, 75% i 95% kwantyl (percentyl) zbioru obszarowych średnich stężeń dobowych

Vyznačeny soubory s $N < 30$

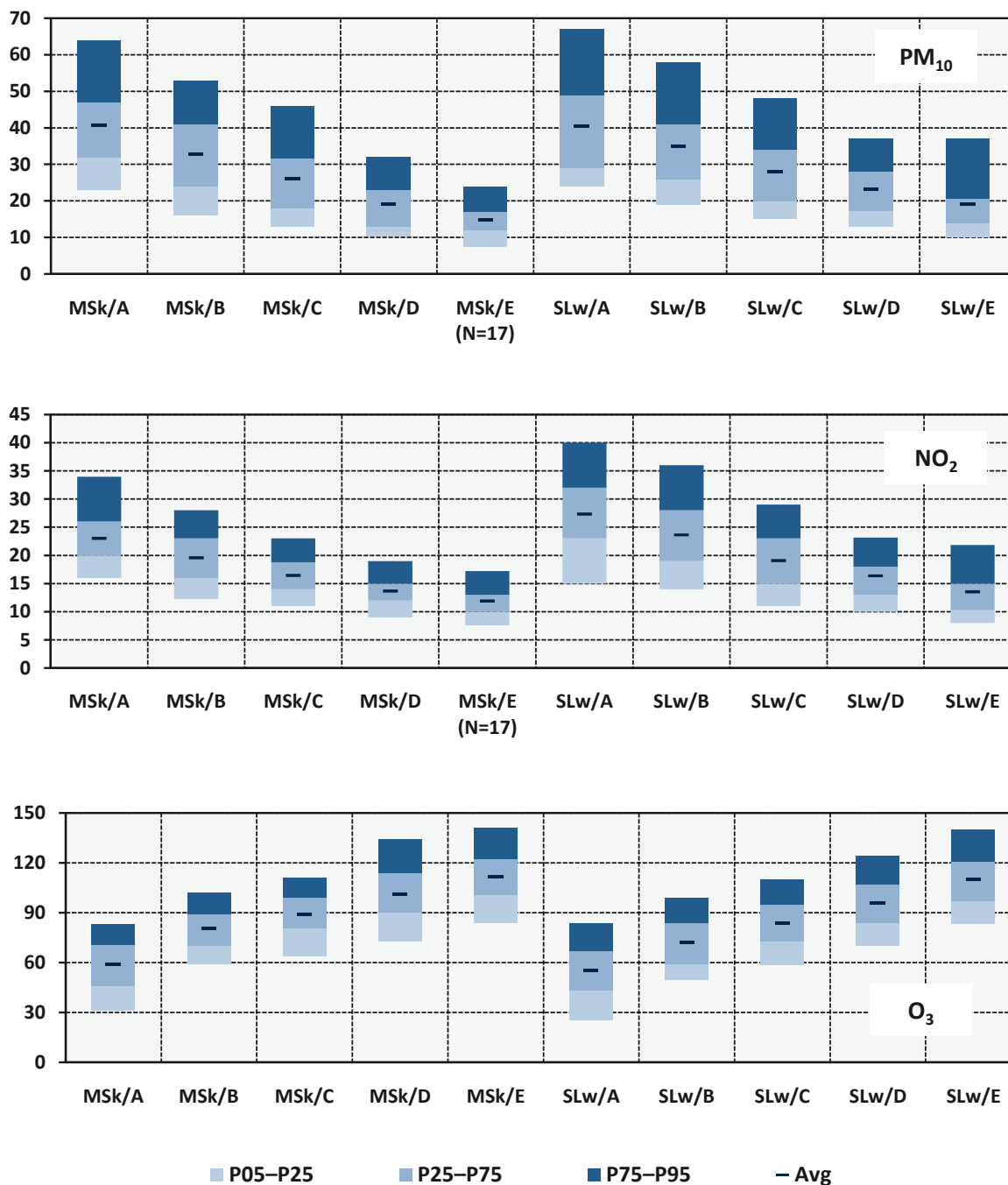
Zaznaczone zbiory z $N < 30$

Pro $N < 10$ zobrazena pouze Avg

Dla $N < 10$ przedstawiono tylko Avg

Obr. 5.1.6 Oblastní průměrné denní koncentrace v $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ve dnech s uvedenými denními typy rychlosti větru, pro O_3 ve dnech s uvedenými denními typy trvání slunečního svitu, teplá období (IV–IX)

Rys. 5.1.6 Obszarowe średnie stężenia dobowe w $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w dniach z podanymi dobowymi typami prędkości wiatru, dla O_3 w dniach z podanymi dobowymi typami czasu usłonecznienia, ciepłe okresy (IV–IX)



MSk - region Moravskoslezského kraje / region kraju morawskośląskiego

SLw - region Śląskiego województví / region województwa śląskiego

PM_{10} , NO_2 - Denní typy rychlosti větru / Dobowe typy prędkości wiatru:

A: od 1,0 do 1,9 B: od 2,0 do 2,5 C: od 2,6 do 3,3 D: od 3,4 do 4,4 E: od 4,5 do 10,7 [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]

O_3 - Denní typy doby trvání slunečního svitu / Dobowe typy usłonecznienia:

A: < 2,5 B: od 2,5 do 5,4 C: od 5,5 do 8,4 D: od 8,5 do 11,4 E: > 11,4 [hod., godz.]

P05–P25, P25–P75, P75–P95 - rozsah koncentrací / rozpiętość stężeń

P05, P25, P75, P95 - 5%, 25%, 75% a 95% kvantil (percentil) souboru oblastních průměrných denních koncentrací

P05, P25, P75, P95 - 5%, 25%, 75% i 95% kwantyl (percentyl) zbioru obszarowych średnich stężeń dobowych

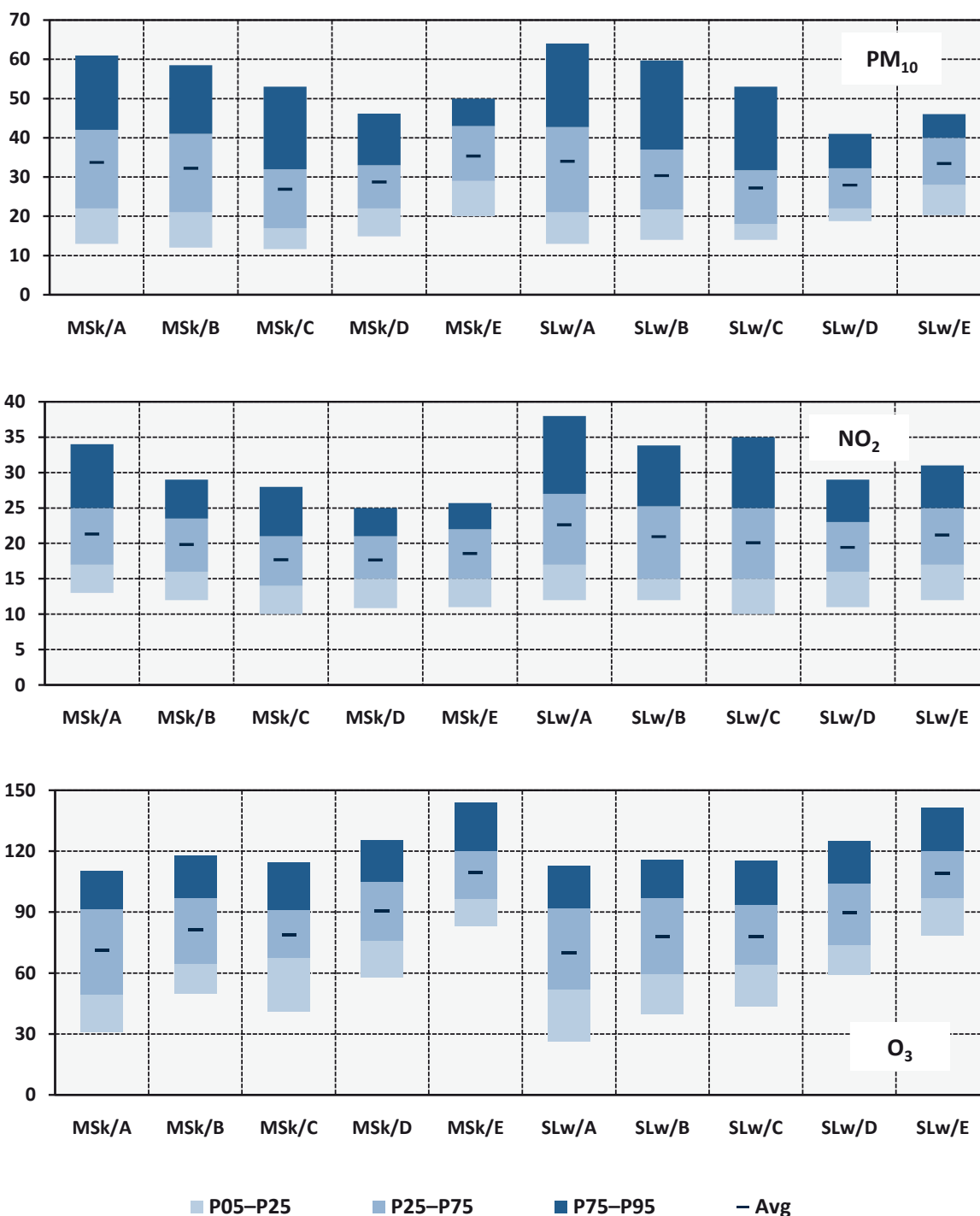
Avg - průměrná koncentrace / średnie stężenie

Vyznačeny soubory s $N < 30$

Zaznaczone zbiory z $N < 30$

Obr. 5.1.7 Oblastní průměrné denní koncentrace v $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ve dnech s uvedenými denními typy teploty vzduchu, teple období (IV–IX)

Rys. 5.1.7 Obszarowe średnie stężenia dobowe w $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w dniach z podanymi dobowymi typami temperatury powietrza, ciepłe okresy (IV–IX)



MSk - region Moravskoslezského kraje / region kraju morawskośląskiego

SLw - region Śląskiego województví / region województwa śląskiego

Denní typy teploty vzduchu / Dobowe typy temperatury powietrza:

A : < 11,5 **B** : od 11,5 do 14,4 **C** : od 14,5 do 17,4 **D** : od 17,5 do 19,4 **E** : > 19,4 [°C]

P05–P25, **P25–P75**, **P75–P95** - rozsah koncentrací / rozpiętość stężeń

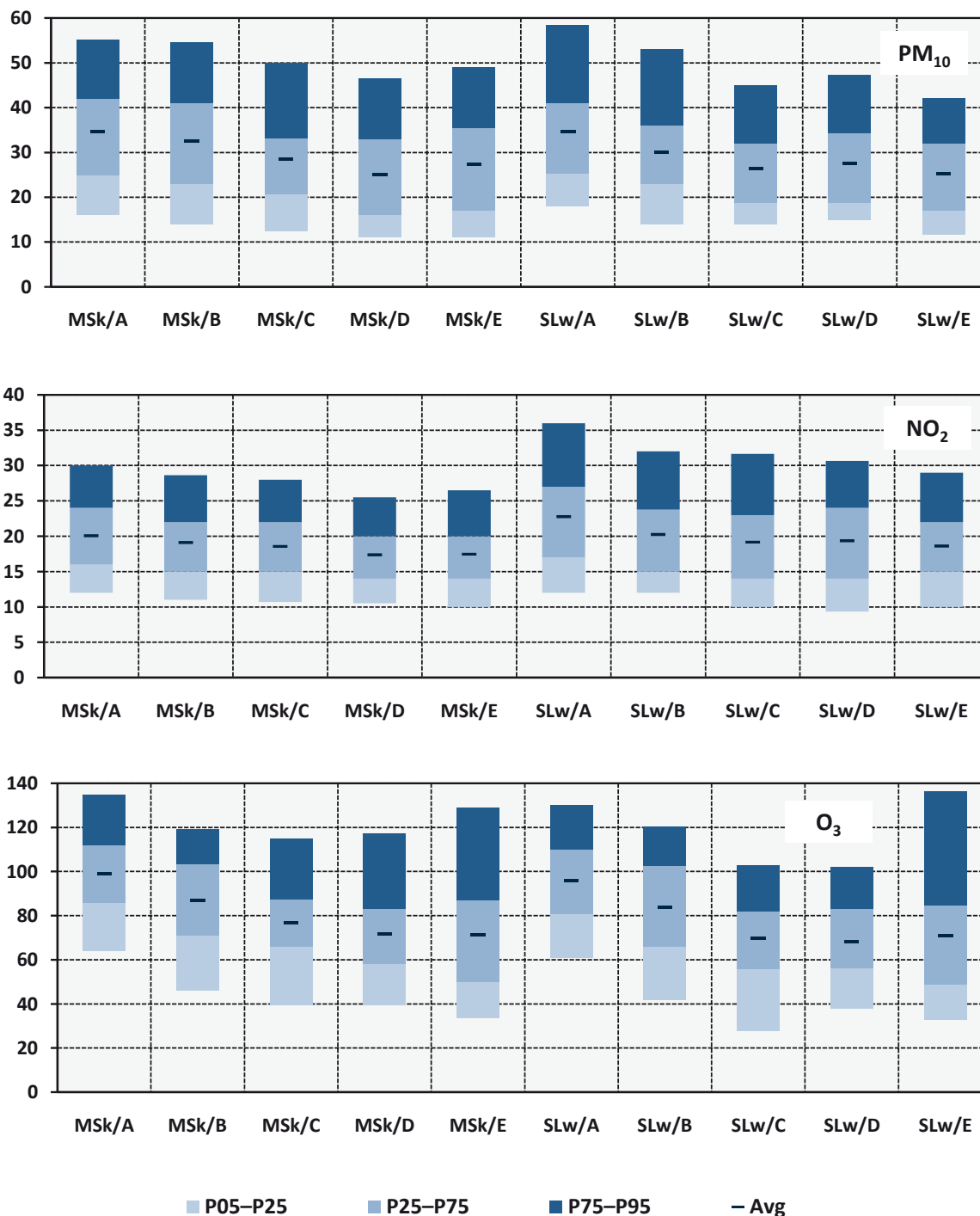
P05, **P25**, **P75**, **P95** - 5%, 25%, 75% a 95% kvantil (percentil) souboru oblastních průměrných denních koncentrací

P05, **P25**, **P75**, **P95** - 5%, 25%, 75% i 95% kwantyl (percentyl) zbioru obszarowych średnich stężeń dobowych

Avg - průměrná koncentrace / średnie stężenie

Obr. 5.1.8 Oblastní průměrné denní koncentrace v $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ve dnech s uvedenými denními typy úhrnů srážek, teplá období (IV–IX)

Rys.5.1.8 Obszarowe średnie stężenia dobowe w $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w dniach z podanymi dobowymi typami sum opadów, ciepłe okresy (IV–IX)



MSk - region Moravskoslezského kraje / region kraju morawskośląskiego

SLw - region Śląskiego województví / region województwa śląskiego

Denní typy úhrnů srážek / Dobowe typy sum opadów:

A : 0,0 B : od 0,1 do 1,4 C : od 1,5 do 3,4 D : od 3,5 do 6,4 E : > 6,4 [mm]

P05–P25, P25–P75, P75–P95 - rozsah koncentrací / rozpiętość stężeń

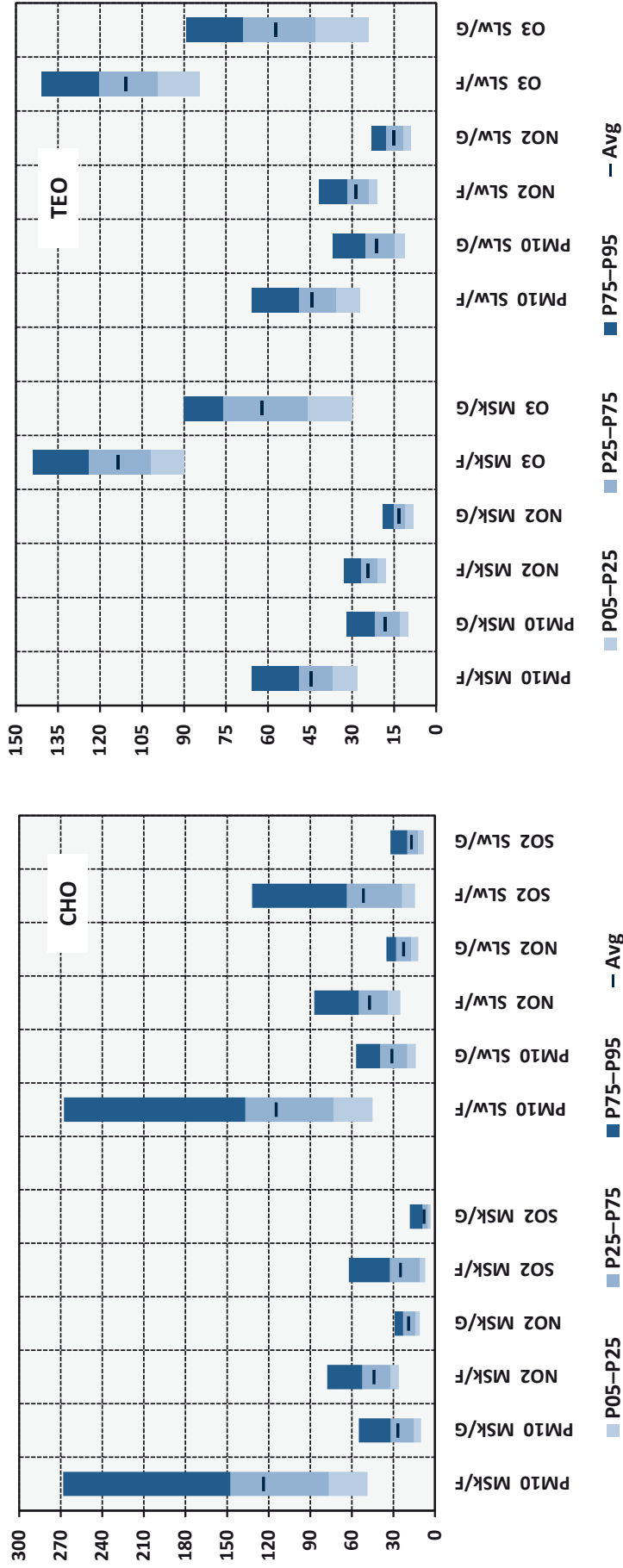
P05, P25, P75, P95 - 5%, 25%, 75% a 95% kvantil (percentil) souboru oblastních průměrných denních koncentrací

P05, P25, P75, P95 - 5%, 25%, 75% i 95% kwantyl (percentyl) zbioru obszarowych średnich stężeń dobowych

Avg - průměrná koncentrace / średnie stężenie

Obr. 5.1.9 Oblastní průměrné denní koncentrace v $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ve dnech s nepříznivými nebo příznivými meteorologickými podmínkami rozptýlu a ve dnech s příznivými nebo nepříznivými podmínkami pro tvorbu O_3

Rys. 5.1.9 Obszarowe średnie stężenia dobowe w $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w dniach z niekorzystnymi lub korzystnymi meteorologicznymi warunkami dyspersji oraz w dniach z korzystnymi lub niekorzystnymi warunkami dla powstawania O_3



MSK - region Moravskoslezského kraje / region kraju morawskośląskiego

SLW - region Śląskiego województwi / region województwa śląskiego

Avg - průměrná koncentrace / średnie stężenie

P05-P25, P25-P75, P75-P95 - rozsah koncentrací / rozpiętość stężeń

P05, P25, P75, P95 - 5%, 25%, 75% a 95% kvantil (percentil) souboru oblastních průměrných denních koncentrací

P05, P25, P75, P95 - 5%, 25%, 75% i 95% kwantyl (percentyl) zboru obszarowych średnich stężeń dobowych

F pro PM_{10} , NO_2 , SO_2 - nepříznivé rozptylové podmínky / niekorzystne warunki dyspersji: $< 0,3 \text{ }^\circ\text{C}\cdot(100\text{m})^{-1}$ $< 2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

F pro O_3 - příznivé podmínky pro vznik O_3 / korzystne warunki dla powstawania O_3 : $> 8,4$ hodin / godzin $> 17,4 \text{ }^\circ\text{C}$

G pro PM_{10} , NO_2 , SO_2 - příznivé rozptylové podmínky / korzystne warunki dyspersji: $> 0,4 \text{ }^\circ\text{C}\cdot(100\text{m})^{-1}$ $> 3,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

G pro O_3 - nepříznivé podmínky pro vznik O_3 / niekorzystne warunki dla powstawania O_3 : $< 5,5$ hodin / godzin $< 14,5 \text{ }^\circ\text{C}$

CHO - chladná období / okresy chłodne (X-III)

TEO - teplá období / okresy ciepłe (IV-IX)

při nízkých rychlostech větru. Četnost takových dnů byla v obou regionech cca 30%, z toho byly v 75% těchto dnů v regionu Slezského vojvodství a v 89% v regionu Moravskoslezského kraje průměrné regionální rychlosti větru menší než $2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. V cca 68% těchto dnů byly naměřeny průměrné regionální denní koncentrace PM_{10} vyšší než mezní hodnota $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, v cca 24% vyšší než $100 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a v cca 7% vyšší než $150 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (obr. 5.2.1).

Průměrné regionální koncentrace SO_2 byly v regionu Moravskoslezského kraje nejvyšší při proudění ze severovýchodní poloviny horizontu. Průměrná regionální koncentrace byla 2,7násobně větší než ve dnech s prouděním z jihozápadní poloviny horizontu, tento rozdíl je ze všech popisovaných škodlivin největší a závislost na směru proudění byla tedy nejvýraznější. Tato skutečnost pravděpodobně souvisí s výrazně vyššími koncentracemi SO_2 v regionu Slezského vojvodství (viz kapitola 4).

V pořadí druhé nejvyšší byly regionální průměrné koncentrace PM_{10} a NO_2 v obou regionech ve dnech s denním typem proudění ze severovýchodní poloviny horizontu, které byly 1,1násobně až 2násobně (pro NO_2 v regionu Slezského vojvodství, resp. pro PM_{10} v regionu Moravskoslezského kraje) větší než ve dnech s denním typem proudění z jihozápadní poloviny horizontu. V cca 60% těchto dnů byly v obou regionech naměřeny průměrné regionální denní koncentrace PM_{10} vyšší než mezní hodnota $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, v cca 16% v regionu Moravskoslezského kraje a v cca 7% dnech v regionu Slezského vojvodství koncentrace vyšší než $100 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a v cca 5%, resp. 2% dnů vyšší než $150 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Nejnižší průměrné regionální koncentrace PM_{10} , NO_2 i SO_2 byly v obou regionech při proudění z jihozápadní poloviny horizontu. Proudění tohoto typu byla nejčastější, v obou regionech se vyskytuje přibližně v polovině všech dnů (tab. 5.1.3). Počet dnů s překročením denní mezní hodnoty PM_{10} byl při tomto proudění nejnižší, v cca 19% těchto dnů v regionu Moravskoslezského kraje a v cca 28% v regionu Slezského vojvodství. Koncentrace vyšší než $100 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ byly naměřeny v cca 2, resp. 4% dnů, koncentrace vyšší než $150 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ se vyskytly ojediněle.

5.2.2 Teplá období

Závislost koncentrací škodlivin na směru větru v teplých obdobích byla obdobná jako v chladných obdobích, naměřené koncentrace však byly mnohem nižší.

V obou regionech byly průměrné regionální koncentrace PM_{10} a NO_2 a zejména regionální průměrné maximální 8hodinové koncentrace O_3 nejvyšší ve dnech, kdy směr větru nebylo možno přiřadit

wartości dopuszczalnej $120 \mu\text{g m}^{-3}$ zarejestrowano w 27% tych dni, w dniach o nieokreślonych warunkach (typ X) w ok. 2%, natomiast w dniach o niekorzystnych warunkach przekroczeń nie zarejestrowano (rys. 5.1.9). W obu regionach była mniej więcej taka sama liczba dni o korzystnych i niekorzystnych warunkach dla powstawania O_3 , w granicach od $\frac{1}{5}$ do $\frac{1}{4}$ wszystkich dni. Ponad połowa dni nie mogła zostać jednak jednoznacznie przyporządkowana przy wykorzystaniu zastosowanej metody (tab. 5.1.3).

5.2. Zależność stężeń zanieczyszczeń od kierunku wiatru

Kierunek wiatru jest istotnym elementem meteorologicznym, który może w istotny sposób wpływać na poziom zanieczyszczenia powietrza w każdym miejscu w nawiązaniu do źródeł zanieczyszczenia powietrza w jego otoczeniu. Opisana poniżej analiza zależności regionalnych dobowych stężeń badanych zanieczyszczeń od określonych regionalnych dobowych typów kierunku wiatru daje podstawową orientacyjną wiedzę nt. zależności średniego regionalnego poziomu zanieczyszczenia powietrza w regionach kraju morawskośląskiego i województwa śląskiego od regionalnych typów kierunku przepływu mas powietrza w obszarze. Ze względu na charakter przepływu mas powietrza i jego orientacji w stosunku do granicy między oboma regionami (patrz rozdz. 3) zastosowano typizację przepływu powietrza, której podstawę stanowi określenie dni z przeważającym przepływem powietrza z południowo-zachodniej lub północno-wschodniej części horyzontu (typy $\text{SW}\frac{1}{2}$ i $\text{NE}\frac{1}{2}$, patrz aneks).

5.2.1. Okresy chłodne

W chłodnych okresach najwyższe regionalne średnie stężenia PM_{10} i NO_2 występowały w obu regionach, a regionalne średnie stężenia SO_2 także w regionie województwa śląskiego w dniach, gdy kierunek wiatru z jednej części horyzontu nie był przeważający (typ X). W większości są to dni ze zmiennym kierunkiem wiatru albo dni z wyraźną zmianą kierunku wiatru w ciągu dnia. Zmienny wiatr występuje najczęściej przy niskich prędkościach wiatru. Częstość występowania takich dni wynosiła w obu regionach ok. 30%, z tego w 75% takich dni w regionie województwa śląskiego i w 89% w regionie kraju morawskośląskiego średnie regionalne prędkości wiatru wynosiły poniżej $2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. W ok. 68% tych dni odnotowano średnie regionalne dobowe stężenia PM_{10} wyższe od wartości dopuszczalnej $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, w ok. 24% wyższe od $100 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a w ok. 7% wyższe od $150 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (rys. 5.2.1).

k typu proudění z některé poloviny horizontu. Četnost takových dnů byla v regionu Slezského vojvodství 36% a v regionu Moravskoslezského kraje dokonce 54%. Průměrné regionální rychlosti větru menší než $2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ byly v regionu Slezského vojvodství v 80% a v regionu Moravskoslezského kraje v 93% těchto dnů. Průměrné regionální denní koncentrace PM_{10} vyšší než mezní hodnota $50 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ byly naměřeny v cca 11% těchto dnů, koncentrace vyšší než $100 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ se vyskytly ojediněle. Průměrné regionální denní koncentrace O_3 vyšší než mezní hodnota $120 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ byly naměřeny v regionu Moravskoslezského kraje v cca 12% dnů a v regionu Slezského vojvodství v cca 15% dnů (obr. 5.2.1).

Ve dnech s prouděním ze severovýchodní poloviny horizontu byly regionální průměrné denní koncentrace PM_{10} a NO_2 v obou regionech druhé nejvyšší, 1,2násobně až 1,4násobně větší (pro NO_2 v obou regionech, resp. pro PM_{10} v regionu Moravskoslezského kraje) než ve dnech s prouděním z jihozápadní poloviny horizontu. Průměrné regionální denní koncentrace PM_{10} vyšší než mezní hodnota $50 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ byly naměřeny v regionu Moravskoslezského kraje v cca 8% a v regionu Slezského vojvodství v cca 2% těchto dnů, koncentrace vyšší než $100 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ se v obou regionech nevyskytly.

Při proudění z jihozápadní poloviny horizontu byly v obou regionech průměrné regionální koncentrace PM_{10} a NO_2 nejnižší. Počet dnů s překročením denní mezní hodnoty PM_{10} byl při tomto proudění nejnižší, v cca 8% těchto dnů v regionu Moravskoslezského kraje a v cca 2% v regionu Slezského vojvodství, koncentrace vyšší než $100 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ se vyskytly pouze ojediněle v regionu Slezského vojvodství.

Regionální průměrné maximální 8hodinové koncentrace O_3 byly v regionu Slezského vojvodství při proudění z obou polovin horizontu velmi podobné, v regionu Moravskoslezského kraje byly tyto koncentrace 1,2násobně větší při proudění z jihozápadní poloviny horizontu. Průměrné regionální denní koncentrace O_3 vyšší než mezní hodnota $120 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ byly naměřeny v obou regionech v cca 3% dnů s prouděním z jihozápadní poloviny horizontu a v cca 2–5% dnů s prouděním ze severovýchodní poloviny horizontu.

5.3 Závislost koncentrací škodlivin na meteorologické situaci

Úroveň znečištění ovzduší je v daném období a oblasti určována celkovou meteorologickou situací, nikoliv pouze jednotlivými meteorologickými podmínkami. S typem meteorologické situace souvisí v dané oblasti i obvyklé hodnoty jednotlivých meteorologických veličin.

W regionie kraju morawskośląskiego średnie regionalne stężenia SO_2 były najwyższe w czasie przepływu mas powietrza z północno-wschodniej części horyzontu. Średnie regionalne stężenie było 2,7-krotnie wyższe niż w dniach z przepływem powietrza z południowo-zachodniej części horyzontu, ta różnica jest największa spośród wszystkich opisywanych zanieczyszczeń, to znaczy zależność od kierunku przepływu mas powietrza była najbardziej wyraźna. Fakt ten prawdopodobnie związany jest ze znacznie wyższymi stężeniami SO_2 w regionie województwa śląskiego (patrz rozdz. 4).

Drugie w kolejności najwyższe regionalne średnie stężenia PM_{10} i NO_2 w obu regionach wystąpiły w dniach z dobowym typem przepływu mas powietrza z północno-wschodniej części horyzontu, które były 1,1-krotnie aż 2-krotnie wyższe (dla NO_2 w regionie województwa śląskiego, dla PM_{10} w regionie kraju morawskośląskiego) w porównaniu z dniami z dobowym typem przepływu mas powietrza z południowo-zachodniej części horyzontu. W ok. 60% tych dni w obu regionach odnotowano średnie regionalne dobowe stężenie PM_{10} powyżej wartości dopuszczalnej $50 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, w ok. 16% w regionie kraju morawskośląskiego i w ok. 7% dni w regionie województwa śląskiego stężenia powyżej $100 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a w ok. 5% lub 2% dni powyżej $150 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

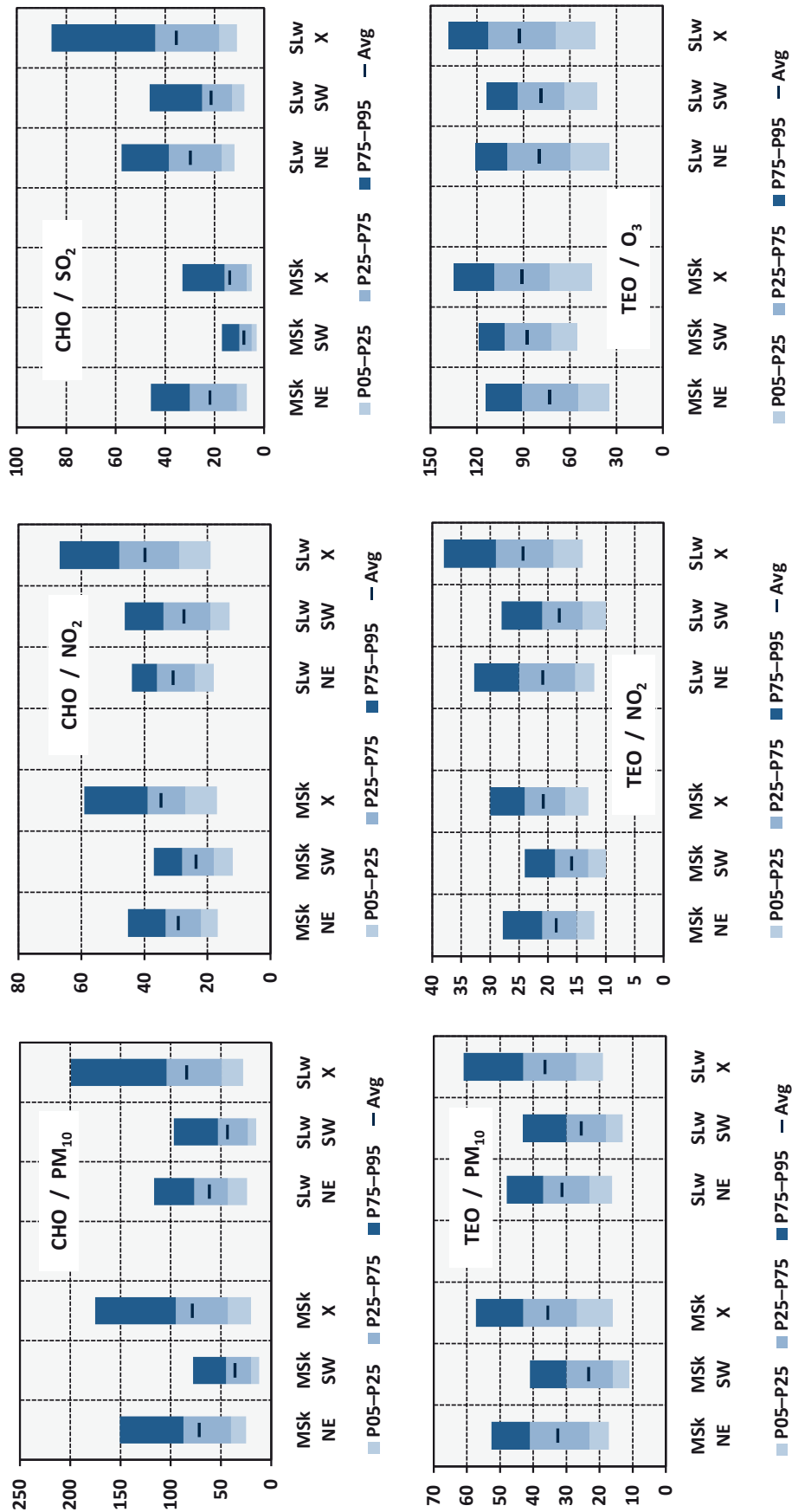
Najniższe średnie regionalne stężenia PM_{10} , NO_2 i SO_2 w obu regionach wystąpiły podczas przepływu mas powietrza z południowo-zachodniej części horyzontu. Przepływy mas powietrza tego typu występowały najczęściej, w obu regionach występują mniej więcej w połowie wszystkich dni (tab. 5.1.3). Liczba dni, w których została przekroczona dobowo wartość dopuszczalna PM_{10} , była przy takim przepływie powietrza najniższa, i wynosiła ok. 19% takich dni w regionie kraju morawskośląskiego i ok. 28% dni w regionie województwa śląskiego. Stężenia powyżej $100 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ odnotowano w ok. 2 lub 4% dni, natomiast stężenia powyżej $150 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ występowały sporadycznie.

5.2.2. Okresy ciepłe

Zależność stężeń zanieczyszczeń od kierunku wiatru była w ciepłych okresach podobna jak w okresach chłodnych, natomiast zarejestrowane stężenia były o wiele niższe.

W obu regionach regionalne średnie stężenia PM_{10} i NO_2 a w szczególności regionalne średnie maksymalne stężenia 8-godzinne O_3 były najwyższe w dniach, gdy kierunku wiatru nie można było zaliczyć do konkretnego typu przepływu mas powietrza z określonej części horyzontu. Częstość występowania takich dni wynosiła w regionie województwa śląskiego 36%, a w regionie kraju morawsko-

Obr.5.2.1.1 Koncentrace v $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ve dnech s uvedeným oblastním denním typem proudění
 Rys.5.2.1.1 Stężenia w $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w dniach z podanym obszarowym dobowym typem przepływu mas powietrza



MSK - region Moravskoslezského kraje / region kraju morawskośląskiego

SLW - region Slezského vojvodství / region województwa śląskiego

AVG - průměrná koncentrace / średnie stężenie

P05-P25, P25-P75, P75-P95 - rozsah koncentrací / rozpiętość stężeń

P05, P25, P75, P95 - 5%, 25%, 75% a 95% kvantil (percentil) souboru oblastních průměrných denních koncentrací

P05, P25, P75, P95 - 5%, 25%, 75% i 95% kwantyl (percentyl) zbiru obszarowych średnich stężeń dobowych

NE½ - denní typ s převládajícím prouděním ze severovýchodní poloviny horizontu / dobowy typ z przeważającym przepływem mas powietrza z północno-wschodniej połowy horyzontu

SW½ - denní typ s převládajícím prouděním z jihozápadní poloviny horizontu / dobowy typ z przeważającym przepływem mas powietrza z południowo-zachodniej połowy horyzontu

X - denní typ proudění nelze přiřadit k typu NE½ nebo SW½ / dobowego typu przepływu mas powietrza nie można zaliczyć do typu NE½ lub SW½

CHO - chladná obdobi / okresy chłodne (X-III)

TEO - teplá obdobi / okresy ciepłe (IV-IX)

V přeshraniční oblasti Slezska a Moravy ustálené jihozápadní proudění souvisí převážně s cyklonálním typem meteorologické situace (tlakovou níží) s převážně vyššími rychlostmi proudění a dobrými rozptylovými podmínkami. Při tomto proudění je navíc do přeshraniční oblasti Slezska a Moravy přenášen relativně čistší vzduch z málo znečištěných oblastí České republiky. Naopak ustálené severovýchodní a proměnlivé proudění s malými rychlostmi větru, spojené s anticyklonálními situacemi (tlakovými výšemi), je často doprovázeno zhoršenými rozptylovými podmínkami, a to zejména během chladných období roku. Při převážně dobrých rozptylových podmínkách jsou tedy škodliviny většinou přenášeny z regionu Moravskoslezského kraje do regionu Slezského vojvodství, zatímco při převážně zhoršených rozptylových podmínkách je tomu naopak. Lokality, které se nacházejí v centrální části přeshraniční oblasti, jsou znečišťovány při obou směrech proudění emisemi ze zdrojů, které se nacházejí na okrajích oblasti²⁹. Závislost regionálních koncentrací škodlivin v přeshraniční oblasti Slezska a Moravy na meteorologických podmínkách lze posoudit kombinací regionálních denních typů směru větru s denními typy dnů se špatnými nebo dobrými meteorologickými podmínkami rozptylu, resp. s denními typy dnů s příznivými nebo nepříznivými podmínkami pro tvorbu ozonu, které byly popsány výše.

Relativně nejvyšší průměrné regionální koncentrace PM₁₀, NO₂ a SO₂ v přeshraniční oblasti Slezska a Moravy byly naměřeny ve dnech se špatnými podmínkami rozptylu (typy F), absolutně nejvyšší koncentrace pak během těchto dnů v chladných obdobích. Během dnů s rozptylovými podmínkami, které nebylo možno označit jednoznačně za špatné ani dobré (typy X), byly naměřeny vyšší koncentrace než za dnů s dobrými rozptylovými podmínkami (typy G). Z tohoto konstatování plyne dominantní vliv rozptylových podmínek na průměrné regionální denní koncentrace škodlivin v ovzduší a pouze doplňkový vliv směru větru

²⁹ Podle typizace synoptických situací používaných ČHMÚ byly v letech 1996–2006 cyklonální situace více než 2× četnější než situace anticyklonální, zejména v chladné polovině roku. Úroveň znečištění ovzduší PM₁₀ na Ostravsko-Karvinsku je výrazně vyšší při anticyklonálních situacích, zejména v chladné polovině roku. V chladné polovině roku je nejvyšší úroveň znečištění ovzduší při anticyklonálních situacích s východní složkou, nejhorší stav je při jihovýchodní anticyklonální situaci (SEa) a při východní anticyklonální situaci (Ea). Nejnižší úroveň znečištění ovzduší naopak souvisí se situací západní cyklonální (Wc) a severozápadní cyklonální situaci (NWc). Pro teplou polovinu roku je nejvyšší úroveň znečištění ovzduší při situaci anticyklona nad střední Evropou (A) a při jižní anticyklonální situaci (Sa). Nejnižší úroveň znečištění ovzduší PM₁₀ lze naopak spojit se západní cyklonální situací s jižní dráhou (Wcs) a se severní cyklonální situací (Nc) [Blažek et al., 2008].

śląskiego nawet 54%. Średnie regionalne prędkości wiatru mniejsze niż 2,5 m·s⁻¹ występowały w regionie województwa śląskiego w 80%, a w regionie kraju morawskośląskiego w 93% tych dni. Średnie regionalne dobowe stężenia PM₁₀ powyżej wartości dopuszczalnej 50 μg·m⁻³ odnotowano w ok. 11% tych dni, stężenia powyżej 100 μg·m⁻³ wystąpiły sporadycznie. Średnie regionalne dobowe stężenia O₃ powyżej wartości dopuszczalnej 120 μg·m⁻³ odnotowano w ok. 12% dni w regionie kraju morawskośląskiego oraz w ok. 15% dni w regionie województwa śląskiego (rys. 5.2.1).

W dniach, w których występował przepływ mas powietrza z północno-wschodniej części horyzontu, regionalne średnie dobowe stężenia PM₁₀ i NO₂ były w obu regionach drugie w kolejności najwyższe, 1,2-krotnie aż 1,4-krotnie wyższe (dla NO₂ w obu regionach, dla PM₁₀ w regionie kraju morawskośląskiego) w porównaniu z dniami, gdy przepływ mas powietrza był z południowo-zachodniej części horyzontu. Średnie regionalne dobowe stężenie PM₁₀ powyżej wartości dopuszczalnej 50 μg·m⁻³ zarejestrowano w regionie kraju morawskośląskiego w ok. 8%, a w regionie województwa śląskiego w ok. 2% tych dni, natomiast stężenia powyżej 100 μg·m⁻³ w obu regionach nie odnotowano.

Najniższe średnie regionalne stężenia PM₁₀ i NO₂ wystąpiły w obu regionach podczas przepływu mas powietrza z południowo-zachodniej części horyzontu. Liczba dni, w których została przekroczona dobową wartość dopuszczalną PM₁₀, była przy takim przepływie mas powietrza najniższa i wynosiła ok. 8% takich dni w regionie kraju morawskośląskiego i ok. 2% dni w regionie województwa śląskiego. Stężenia powyżej 100 μg·m⁻³ wystąpiły w regionie województwa śląskiego sporadycznie.

W dniach, w których występował przepływ mas powietrza z obu części horyzontu, regionalne średnie dobowe stężenia 8-godzinne O₃ były w regionie województwa śląskiego bardzo podobne, w regionie kraju morawskośląskiego stężenia te były 1,2-krotnie wyższe w przypadku przepływu mas powietrza z południowo-zachodniej części horyzontu. Średnie regionalne dobowe stężenia O₃ powyżej wartości dopuszczalnej 120 μg·m⁻³ odnotowano w obu regionach w ok. 3% dni, w których występował przepływ mas powietrza z południowo-zachodniej części horyzontu oraz w ok. 2–5% dni, w których występował przepływ powietrza z północno-wschodniej części horyzontu.

5.3. Zależność stężeń zanieczyszczeń od sytuacji meteorologicznej

Poziom zanieczyszczenia powietrza w danym okresie i obszarze zależy od ogólnej sytuacji

v oblasti (obr. 5.3.1–5.3.4). Z hodnocení je zřejmé, že koncentrace PM_{10} vyšší než denní mezní hodnota se vyskytují nejen při jednoznačně špatných rozptylových podmínkách, ale již při podmínkách, které lze označit za zhoršené.

Průměrné regionální koncentrace PM_{10} byly v obou regionech po celý rok nejvyšší ve dnech se špatnými rozptylovými podmínkami a s prouděním, které nebylo možno jednoznačně přiřadit ke zvolenému směru (typ F-X). V chladných obdobích byla v obou regionech četnost těchto dnů cca 7 %, tj. průměrně cca 13 dnů v jednom období, byla během nich zaznamenána více než polovina všech průměrných regionálních koncentrací vyšších než $150 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a byly během nich naměřeny i absolutně nejvyšší koncentrace. Průměrná regionální koncentrace PM_{10} dosáhla v chladném období $132 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v regionu Moravskoslezského kraje a $134 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v regionu Slezského vojvodství, zatímco v teplých obdobích nedosáhla ani v jednom regionu $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Četnost dnů s průměrnou regionální denní koncentrací PM_{10} vyšší než mezní hodnota činila v teplých obdobích během těchto dnů cca 25 %.

Druhé nejvyšší byly během chladných období průměrné regionální koncentrace PM_{10} při špatných rozptylových podmínkách v regionu Moravskoslezského kraje při proudění ze severovýchodní poloviny horizontu (průměr $114 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ při typu F-NE $\frac{1}{2}$) následovány koncentracemi při proudění z jihozápadní poloviny horizontu (průměr $97 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ při typu F-SW $\frac{1}{2}$). V regionu Slezského vojvodství byly naopak druhé nejvyšší koncentrace při proudění z jihozápadní poloviny horizontu (průměr $120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ při typu F-SW $\frac{1}{2}$) následovány s výrazným odstupem koncentracemi při proudění ze severovýchodní poloviny horizontu (průměr $74 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ při typu F-NE $\frac{1}{2}$). Relativní četnosti koncentrací PM_{10} vyšších než denní mezní hodnota během dnů s různými typy meteorologických podmínek a různým typem proudění jsou uvedeny na obr. 5.3.5.

Během jednoho chladného období překročila regionální průměrná denní koncentrace mezní hodnotu PM_{10} v regionu Moravskoslezského kraje průměrně v 77 dnech³⁰, z toho ve 20 dnech se špatnými rozptylovými podmínkami, ve 3 dnech s dobrými a v 54 dnech s nevyhraněnými podmínkami rozptylu. K průměrně 10 překročením dvojnásobku denní mezní hodnoty došlo ve dnech se špatnými

³⁰ Jak již bylo zdůrazněno výše, v této kapitole jsou vyhodnoceny průměrné regionální charakteristiky. Ve dnech s průměrnou regionální koncentrací vyšší než popisovaná hodnota mohly být průměrné denní koncentrace na konkrétní stanici v regionu jak nižší tak vyšší než daná hodnota. Uvedené závěry tedy platí pouze pro průměrné regionální koncentrace vypočtené použitou metodou (viz Příloha) a nikoliv pro koncentrace na jednotlivých stanicích. Imisní charakteristiky samostatných stanic jsou uvedeny v kapitole 4.

meteorologické, a ne tylko od poszczególnych warunków meteorologicznych. Z typem sytuacji meteorologicznej w danym obszarze związane są również ogólnie przyjęte wartości poszczególnych wielkości meteorologicznych.

W transgranicznym obszarze Śląska i Moraw ustabilizowany południowo-zachodni przepływ mas powietrza związany jest przeważnie z cyklonalnym typem synoptycznej sytuacji (niżem barometrycznym) z przeważnie większymi prędkościami przepływu mas powietrza i dobrymi warunkami dyspersji. Ponadto podczas takich przepływów mas powietrza na transgraniczny obszar Śląska i Moraw transportowane jest względnie czystsze powietrze z mało zanieczyszczonych obszarów Republiki Czeskiej. Przeciwnie, ustabilizowanym północno-wschodnim i zmiennym przepływem mas powietrza z małymi prędkościami wiatru, związanym z antycyklonalnymi sytuacjami (wyżami barometrycznymi), często towarzyszą gorsze warunki dyspersji, w szczególności w chłodnych okresach roku. Podczas przeważających dobrych warunków dyspersji substancje zanieczyszczające są więc w większości przenoszone z regionu kraju morawskośląskiego do regionu województwa śląskiego, natomiast podczas przeważających gorszych warunków dyspersji sytuacja jest odwrotna. Tereny znajdujące się w centralnej części obszaru transgranicznego zanieczyszczane są w przypadku obu kierunków przepływu mas powietrza emisjami ze źródeł zlokalizowanych na obrzeżach obszaru²⁹. Zależność regionalnych stężeń zanieczyszczeń w transgranicznym obszarze Śląska i Moraw od warunków meteorologicznych można ocenić na podstawie połączenia regionalnych dobowych typów kierunku wiatru z dobowymi typami dni o złych lub dobrych meteorologicznych warunkach dyspersji, czy też

²⁹ Wydług typów sytuacji synoptycznych stosowanych przez ČHMÚ w latach 1996–2006 sytuacje cyklonalne były ponaddwukrotnie częstsze aniżeli sytuacje antycyklonalne, zwłaszcza w chłodnej połowie roku. Poziom zanieczyszczenia powietrza PM_{10} na ziemi Ostravsko-Karvinskéj jest znacznie wyższy podczas sytuacji antycyklonalnych, w szczególności w chłodnej połowie roku. W chłodnej połowie roku najwyższy poziom zanieczyszczenia powietrza występuje w sytuacjach antycyklonalnych ze wschodnim elementem, najgorszy stan występuje podczas południowo-wschodniej sytuacji antycyklonalnej (SEa) oraz podczas wschodniej sytuacji antycyklonalnej (Ea). Przeciwnie, najniższy poziom zanieczyszczenia powietrza związany jest z sytuacją zachodnią cyklonalną (Wc) oraz północno-zachodnią sytuacją cyklonalną (NWc). W ciepłej połowie roku najwyższy poziom zanieczyszczenia powietrza występuje podczas sytuacji antycyklonalnej nad środkową Europą (A) oraz podczas sytuacji południowej antycyklonalnej (Sa). Najniższy poziom zanieczyszczenia powietrza PM_{10} można natomiast łączyć z zachodnimi sytuacjami cyklonalnymi z południowym torem (Wcs) oraz z północną sytuacją cyklonalną (Nc) [Blažek et al., 2008].

podmínkami stejně jako v 10 dnech s nevyhraněnými podmínkami. K průměrně 5 překročením trojnásobku denní mezní hodnoty došlo ve dnech se špatnými podmínkami, ve 2 dnech s nevyhraněnými podmínkami. V regionu Slezského vojvodství během jednoho chladného období překročila regionální průměrná denní koncentrace denní mezní hodnotu PM_{10} průměrně v 86 dnech, z toho ve 20 dnech se špatnými rozptylovými podmínkami, v 7 dnech s dobrými a v 59 dnech s nevyhraněnými podmínkami rozptylu. K průměrně 9 překročením dvojnásobku denní mezní hodnoty došlo ve dnech se špatnými podmínkami a 11 dnech s nevyhraněnými podmínkami. K průměrně 4 překročením trojnásobku denní mezní hodnoty došlo ve dnech se špatnými podmínkami, v 1 dni s nevyhraněnými podmínkami. Při dobrých rozptylových podmínkách k překročení dvojnásobku ani trojnásobku denní mezní hodnoty nedošlo ani v jednom regionu.

Během jednoho teplého období překročila regionální průměrná denní koncentrace mezní hodnotu PM_{10} v regionu Moravskoslezského kraje průměrně ve 13 dnech, v regionu Slezského vojvodství v 11 dnech, z toho v 6, resp. 5 dnech se špatnými rozptylovými podmínkami a v 7, resp. 6 dnech s nevyhraněnými podmínkami rozptylu. Většina překročení mezní hodnoty nastala během dubna a září, 81% v regionu Moravskoslezského kraje a 91% v regionu Slezského vojvodství. K překročení dvojnásobku denní mezní hodnoty došlo v regionu Moravskoslezského kraje pouze ve třech dnech (2. 4. 2007, 27. 9. 2007 a 1. 4. 2008) a v regionu Slezského vojvodství pouze v jediném dni (1. 4. 2008) během pěti hodnocených teplých období. V dubnu a září v některých letech doznívají, resp. začínají, meteorologické podmínky, které jsou charakteristické pro chladná období.

Jak již bylo konstatováno dříve, současný vliv slunečního svitu a teploty na koncentrace O_3 je dominantní. Nejvyšší koncentrace a nejvíce dnů s koncentrací větší než mezní hodnota $120 \mu\text{g m}^{-3}$ byly naměřeny ve dnech s příznivými podmínkami pro tvorbu ozonu, které nebylo možno jednoznačně přiřadit ke zvolenému směru proudění (typ F-X). Ve dnech při proudění ze severovýchodní (F-NE $\frac{1}{2}$), resp. jihozápadní poloviny horizontu (F-SW $\frac{1}{2}$), se naměřené koncentrace O_3 lišily nepatrně. K překračování denní mezní hodnoty však docházelo i během těchto dnů, stejně jako ve dnech s nevyhraněnými podmínkami (typy X, obr. 5.3.3–5.3.4).

z dobovými typami dni o korzystnych lub niekorzystnych warunkach dla powstawania ozonu, które opisano powyżej.

Relatywnie najwyższe średnie regionalne stężenia PM_{10} , NO_2 i SO_2 w transgranicznym obszarze Śląska i Moraw zarejestrowano w dniach o złych warunkach dyspersji (typy F), natomiast bezwzględnie najwyższe stężenia w czasie tych dni – w chłodnych okresach. Podczas dni, w których warunków dyspersji nie można było w sposób jednoznaczny określić jako dobre lub złe (typy X), odnotowano wyższe stężenia w porównaniu z dniami, w których występowały dobre warunki dyspersji (typy G). Z tego stwierdzenia wynika dominujący wpływ warunków dyspersji na średnie regionalne dobowe stężenia zanieczyszczeń w powietrzu i tylko uzupełniający wpływ kierunku wiatru w obszarze (rys. 5.3.1–5.3.4). Z przeprowadzonej oceny jasno wynika, że stężenia PM_{10} powyżej dobowej wartości dopuszczalnej występują nie tylko podczas jednoznacznie złych warunków dyspersji, ale także w warunkach, które można określić jako pogorszone.

Średnie regionalne stężenia PM_{10} były w obu regionach w okresie całego roku najwyższe w dniach, kiedy występowały złe warunki dyspersji i przepływy mas powietrza, których nie można w sposób jednoznaczny przyporządkować do określonego kierunku (typ F-X). W chłodnych okresach częstość występowania tych dni w obu regionach była na poziomie ok. 7%, czyli średnio w jednym okresie ok. 13 dni, podczas których odnotowano ponad połowę wszystkich średnich regionalnych stężeń powyżej $150 \mu\text{g m}^{-3}$ oraz zarejestrowano także absolutnie najwyższe stężenia. Średnie regionalne stężenie PM_{10} osiągnęło w chłodnym okresie poziom $132 \mu\text{g m}^{-3}$ w regionie kraju morawskośląskiego oraz $134 \mu\text{g m}^{-3}$ w regionie województwa śląskiego, natomiast w ciepłych okresach w żadnym z regionów nie osiągnęło poziomu $50 \mu\text{g m}^{-3}$. Częstość występowania dni ze średnim regionalnym dobowym stężeniem PM_{10} powyżej wartości dopuszczalnej wynosiła w ciepłych okresach podczas tych dni ok. 25%.

W chłodnych okresach drugie w kolejności najwyższe były średnie regionalne stężenia PM_{10} podczas złych warunków dyspersji w regionie kraju morawskośląskiego przy przepływie mas powietrza z północno-wschodniej części horyzontu (średnia $114 \mu\text{g m}^{-3}$ w przypadku typu F-NE $\frac{1}{2}$), a następnie stężenia przy przepływie powietrza z południowo-zachodniej części horyzontu (średnia $97 \mu\text{g m}^{-3}$ w przypadku typu F-SW $\frac{1}{2}$). Natomiast w regionie województwa śląskiego drugie w kolejności najwyższe były stężenia przy przepływie mas powietrza z południowo-zachodniej części horyzontu (średnia $120 \mu\text{g m}^{-3}$ w przypadku typu F-SW $\frac{1}{2}$), a następnie w większym odstępnie stężenia przy

przepływie mas powietrza z północno-wschodniej części horyzontu (średnia $74 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w przypadku typu F-NE½). Względne częstości występowania stężeń PM_{10} powyżej dobowej wartości dopuszczalnej w czasie dni o różnych typach warunków meteorologicznych i różnym typie przepływu mas powietrza zostały przedstawione na rys. 5.3.5.

Podczas jednego chłodnego okresu regionalne średnie dobowe stężenie przekroczyło wartość dopuszczalną PM_{10} w regionie kraju morawskośląskiego średnio w 76 dniach³⁰, w tym w 20 dniach, w których występowały złe warunki dyspersji, w 3 dniach, w których występowały dobre, oraz w 54 dniach o nieokreślonych warunkach dyspersji. Średnio 10 przekroczeń dwukrotności dobowej wartości dopuszczalnej miało miejsce w dniach, w których występowały złe warunki, jak również w 10 dniach o nieokreślonych warunkach. Średnio 5 przekroczeń trzykrotności dobowej wartości dopuszczalnej miało miejsce w dniach, w których występowały złe warunki, jak również w 2 dniach o nieokreślonych warunkach. W regionie województwa śląskiego podczas jednego chłodnego okresu regionalne średnie dobowe stężenie przekroczyło wartość dopuszczalną PM_{10} średnio w 85 dniach, w tym w 20 dniach, w których występowały złe warunki dyspersji, w 7 dniach, w których występowały dobre, oraz w 59 dniach o nieokreślonych warunkach dyspersji. Średnio 9 przekroczeń dwukrotności dobowej wartości dopuszczalnej miało miejsce w dniach, w których występowały złe warunki, jak również w 11 dniach o nieokreślonych warunkach. Średnio 4 przekroczenia trzykrotności dobowej wartości dopuszczalnej miały miejsce

³⁰ Jak już podkreślono powyżej, w niniejszym rozdziale badane są średnie cechy regionalne. W dniach, w których wystąpiło średnie regionalne stężenie wyższe od opisywanej wartości, średnie dobowe stężenia na konkretnej stacji w regionie mogły być zarówno niższe, jak i wyższe od danej wartości. Przyjęte wnioski dotyczą więc tylko średnich regionalnych stężeń obliczonych za pomocą zastosowanej metody (patrz aneks), a nie stężeń na poszczególnych stacjach. Cechy imisyjne poszczególnych stacji opisane są w rozdziale 4.

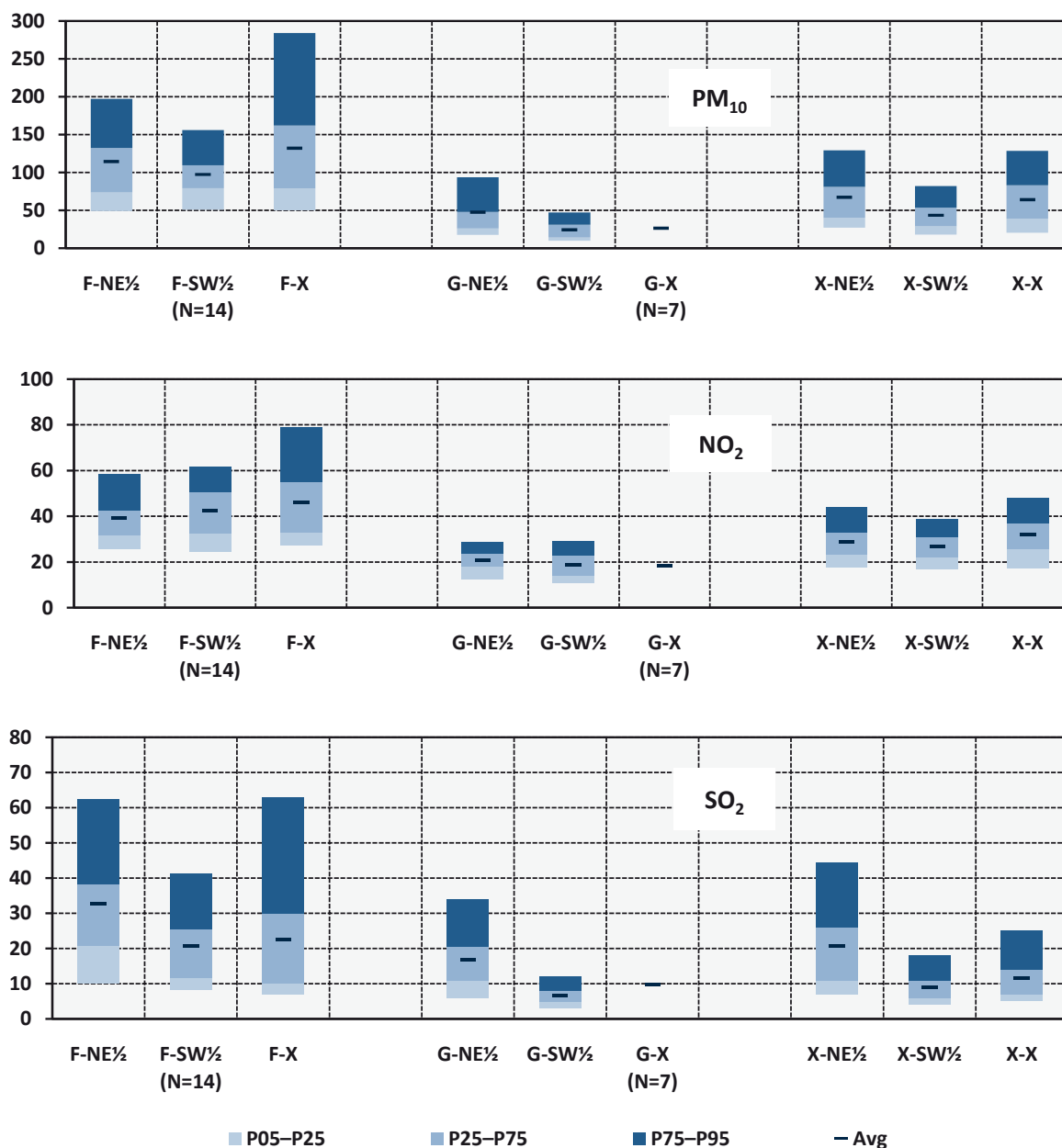
w dniach, w których występowały złe warunki, jak również w jednym dniu o nieokreślonych warunkach. W czasie dobrych warunków dyspersji dwukrotność ani trzykrotność dobowej wartości dopuszczalnej nie została przekroczona w żadnym z regionów.

W regionie kraju morawskośląskiego podczas jednego ciepłego okresu regionalne średnie dobowe stężenie PM_{10} przekroczyło wartość dopuszczalną średnio w 13 dniach, w regionie województwa śląskiego w 12 dniach, w tym odpowiednio w 6 i 5 dniach, w których występowały złe warunki dyspersji, oraz w 7 i 6 dniach o nieokreślonych warunkach dyspersji. Większość przekroczeń wartości dopuszczalnej miała miejsce w kwietniu i wrześniu, 81% w regionie kraju morawskośląskiego i 91% w regionie województwa śląskiego. Dwukrotność dobowej wartości dopuszczalnej została przekroczona w regionie kraju morawskośląskiego tylko w trzech dniach (2 kwietnia 2007 r., 27 września 2007 r. i 1 kwietnia 2008 r.), a w regionie województwa śląskiego tylko w jednym dniu (1 kwietnia 2008 r.) w pięciu badanych ciepłych okresach. W kwietniu i wrześniu w niektórych latach wygasają albo zaczynają się warunki meteorologiczne charakterystyczne dla chłodnych okresów.

Jak stwierdzono już wcześniej, jednoczesny wpływ usłonecznienia i temperatury na stężenie O_3 jest dominujący. Najwyższe stężenia i największą liczbę dni ze stężeniami powyżej wartości dopuszczalnej $120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ odnotowano wówczas, gdy występowały korzystne warunki do powstawania ozonu, których nie można było w sposób jednoznaczny przyporządkować do określonego kierunku przepływu mas powietrza (typ F-X). W dniach, w których występował przepływ mas powietrza z północno-wschodniej (F-NE½) czy też z południowo-zachodniej części horyzontu (F-SW½), zarejestrowane stężenia O_3 różniły się minimalnie. Jednak dobową wartość dopuszczalną była przekraczana także podczas tych dni, podobnie jak w dniach o nieokreślonych warunkach (typy X, rys. 5.3.3–5.3.4).

Obr.5.3.1 Koncentrace v $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ve dnech s uvedeným denním typem oblastních meteorologických podmínek rozptýlení a proudění, region Moravskoslezského kraje, chladná období (X–III)

Rys.5.3.1 Stěžena v $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w dnech z podaným dobovým typem obszarowych meteorologicznych warunków dyspersji oraz przepływu mas powietrza, region kraju morawskośląskiego, chłodne okresy (X–III)



P05–P25, P25–P75, P75–P95 - rozsah koncentrací / rozpiętość stężeń

P05, P25, P75, P95 - 5%, 25%, 75% a 95% kwantil (percentil) souboru oblastních průměrných denních koncentrací

P05, P25, P75, P95 - 5%, 25%, 75% i 95% kwantyl (percentyl) zbioru obszarowych średnich stężeń dobowych

AVG - průměrná koncentrace / średnie stężenie

Pro soubory s $N < 10$ pouze Avg

Dla zbiorów z $N < 10$ tylko Avg

F - nepříznivé rozptylové podmínky / niekorzystne warunki dyspersji

G - příznivé rozptylové podmínky / korzystne warunki dyspersji

X - denní typ nelze přiřadit k typu F nebo G / dobowego typu nie można zaliczyć do F lub G

NE½ - denní typ s převládajícím prouděním ze severovýchodní poloviny horizontu

NE½ - dobowy typ z przeważającym przepływem mas powietrza z północno-wschodniej połowy horyzontu

SW½ - denní typ s převládajícím prouděním z jihozápadní poloviny horizontu

SW½ - dobowy typ z przeważającym przepływem mas powietrza z południowo-zachodniej połowy horyzontu

X - denní typ proudění nelze přiřadit k typu NE½ nebo SW½

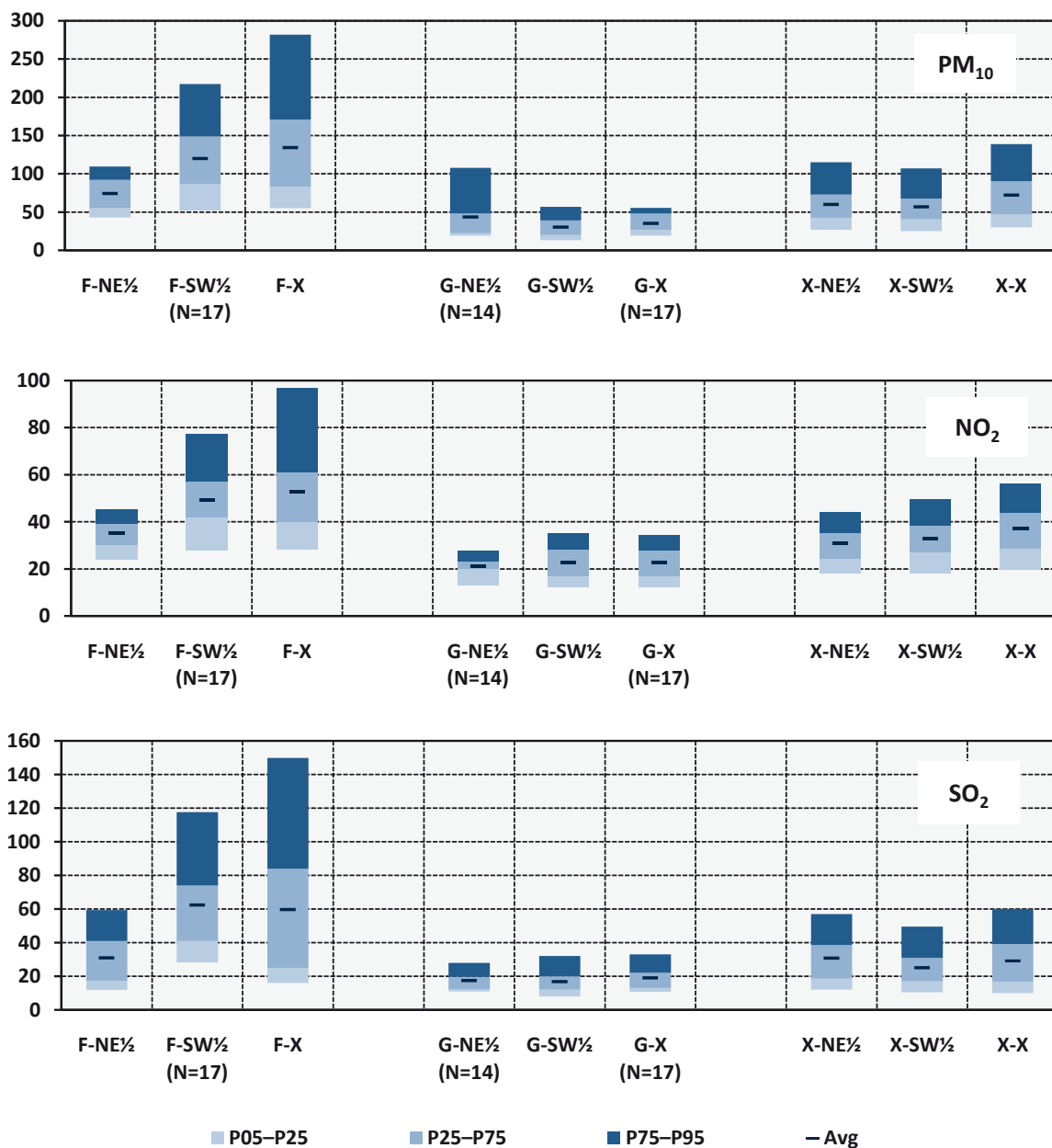
Vyznačeny soubory s $N < 30$

X - dobowego typu przepływu mas powietrza nie można zaliczyć do typu NE½ lub SW½

Zaznaczone zbiory z $N < 30$

Obr.5.3.2 Koncentrace v $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ve dnech s uvedeným denním typem oblastních meteorologických podmínek rozptýlení a proudění, region Slezského vojvodství, chladná období (X–III)

Rys.5.3.2 Stěžena v $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w dnech z podaným dobowým typem obszarowych meteorologicznych warunków dyspersji i przepływu mas powietrza, region województwa śląskiego, chłodne okresy (X-III)



P05–P25, P25–P75, P75–P95 - rozsah koncentrací / rozpiętość stężeń

P05, P25, P75, P95 - 5%, 25%, 75% a 95% kwantil (percentil) souboru oblastních průměrných denních koncentrací

P05, P25, P75, P95 - 5%, 25%, 75% i 95% kwantyl (percentyl) zbioru obszarowych średnich stężeń dobowych

AVG - průměrná koncentrace / średnie stężenie

F - nepříznivé rozptylové podmínky / niekorzystne warunki dyspersji

G - příznivé rozptylové podmínky / korzystne warunki dyspersji

X - denní typ nelze přiřadit k typu F nebo G / dobowego typu nie można zaliczyć do typu F lub G

NE½ - denní typ s převládajícím prouděním ze severovýchodní poloviny horizontu

NE½ - dobowy typ z przeważającym przepływem mas powietrza z północno-wschodniej połowy horyzontu

SW½ - denní typ s převládajícím prouděním z jihozápadní poloviny horizontu

SW½ - dobowy typ z przeważającym przepływem mas powietrza z południowo-zachodniej połowy horyzontu

X - denní typ proudění nelze přiřadit k typu NE½ nebo SW½

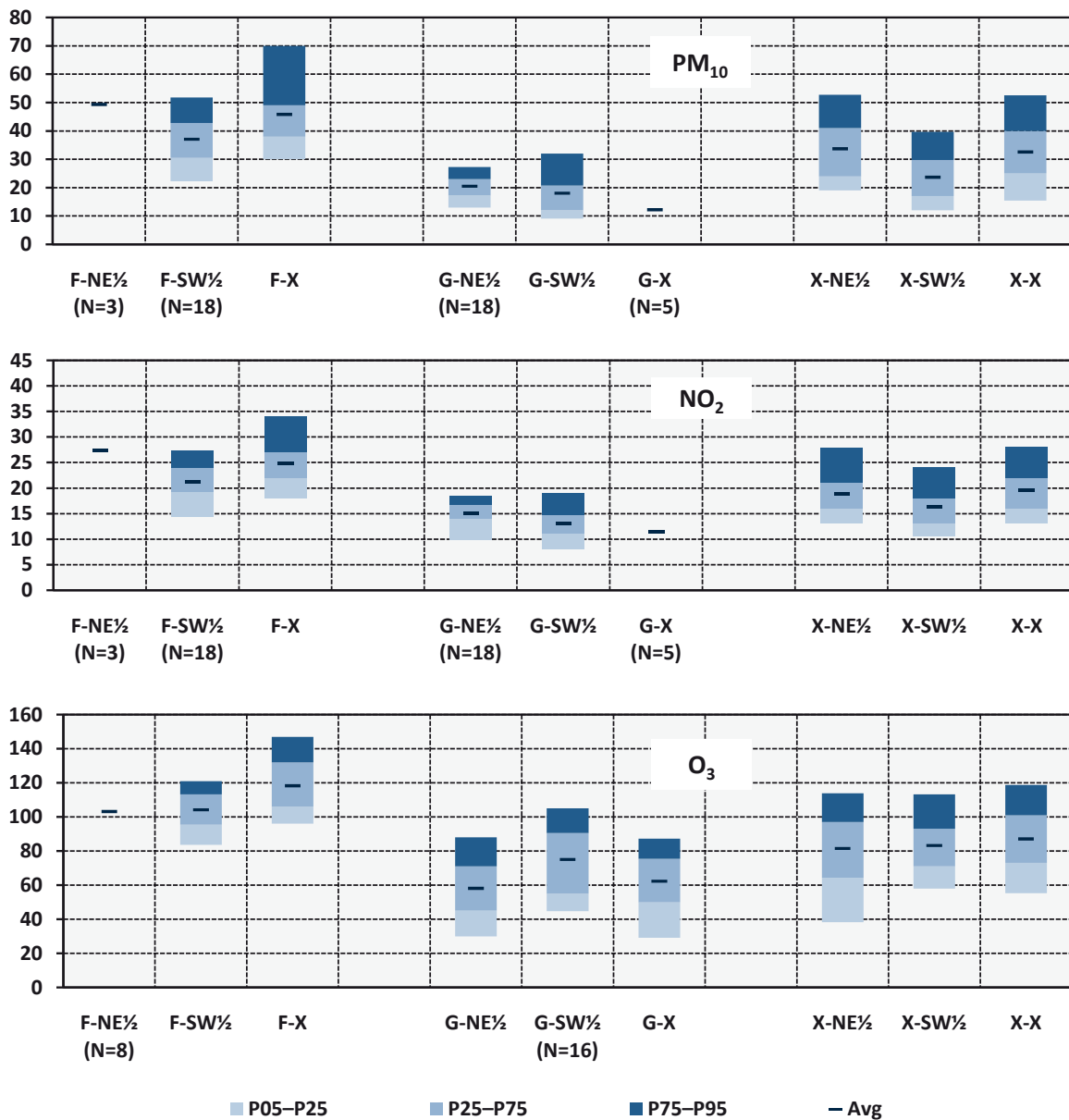
Vyznačeny soubory s $N < 30$

X - dobowego typu przepływu mas powietrza nie można zaliczyć do typu NE½ lub SW½

Zaznaczone zbiory z $N < 30$

Obr.5.3.3 Koncentrace v $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ve dnech s uvedeným denním typem oblastních meteorologických podmínek rozptýlení a proudění, region Moravskoslezského kraje, teplá období (IV–IX)

Rys.5.3.3 Stěžena v $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w dnech z podaným dobowým typem obszarowych meteorologicznych warunków dyspersji i przepływu mas powietrza, region kraju morawskośląskiego, ciepłe okresy (IV–IX)



P05–P25, P25–P75, P75–P95 - rozsah koncentrací / rozpiętość stężeń

P05, P25, P75, P95 - 5%, 25%, 75% a 95% kvantil (percentil) souboru oblastních průměrných denních koncentrací

P05, P25, P75, P95 - 5%, 25%, 75% i 95% kwantyl (percentyl) zbioru obszarowych średnich stężeń dobowych

F pro O_3 - příznivé podmínky pro vznik O_3 / korzystne warunki dla powstawania O_3

Pro soubory s $N < 10$ pouze Avg

F pro PM_{10} , NO_2 - nepříznivé rozptylové podmínky / niekorzystne warunki dyspersji

Dla zbiorów z $N < 10$ tylko Avg

G pro O_3 - nepříznivé podmínky pro vznik O_3 / niekorzystne warunki dla powstania O_3

Vyznačeny soubory s $N < 30$

G pro PM_{10} , NO_2 - dobré rozptylové podmínky / dobre warunki dyspersji

Zaznaczone zbiorzy z $N < 30$

X - denní typ nelze přiřadit k typu F nebo G / dobowego typu nie można zaliczyć do typu F albo G

NE½ - denní typ s převládajícím prouděním ze severovýchodní poloviny horizontu

NE½ - dobowy typ z przeważającym przepływem mas powietrza z północno-wschodniej połowy horyzontu

SW½ - denní typ s převládajícím prouděním z jihozápadní poloviny horizontu

SW½ - dobowy typ z przeważającym przepływem mas powietrza z południowo-zachodniej połowy horyzontu

X - denní typ proudění nelze přiřadit k typu NE½ nebo SW½

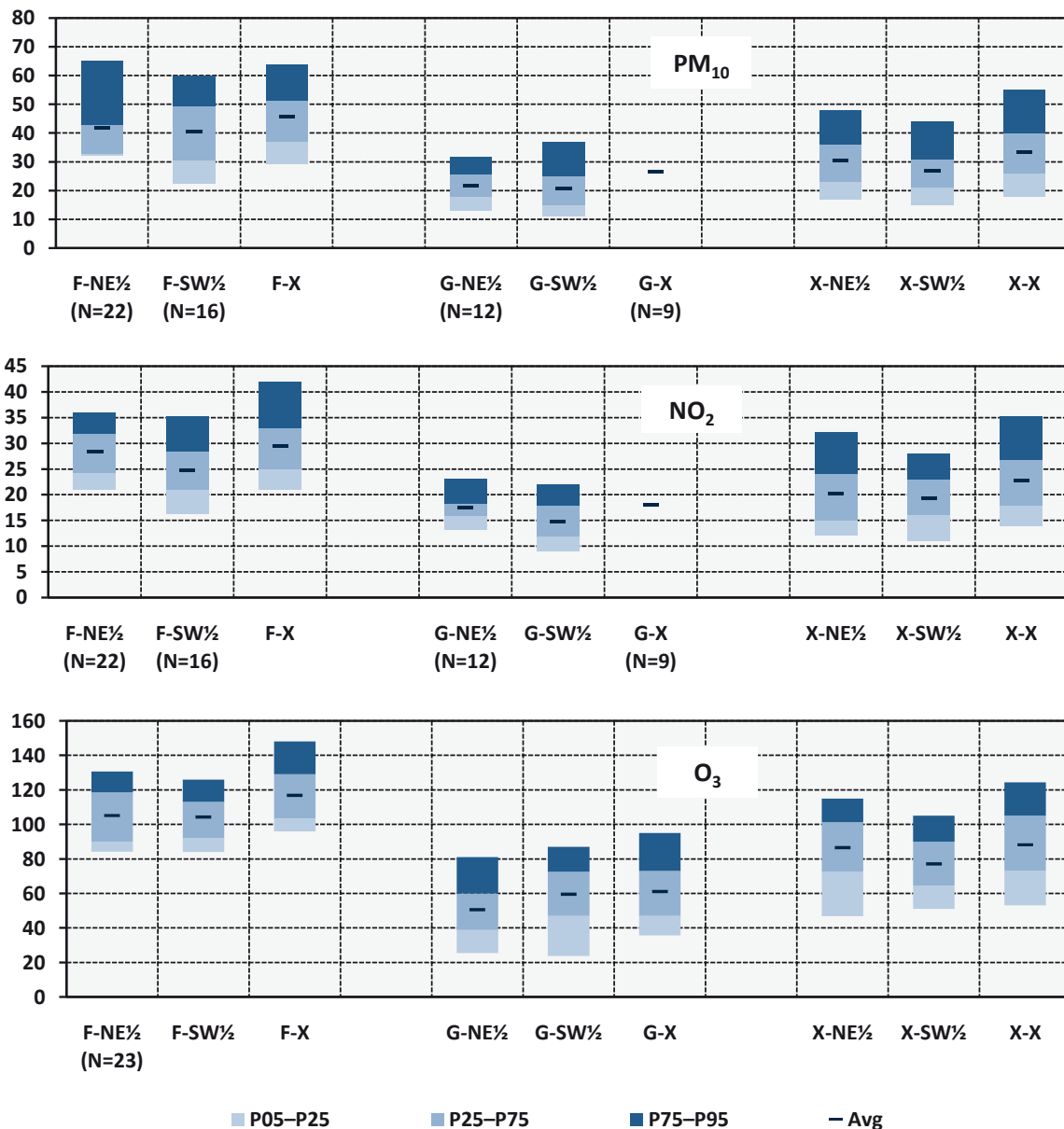
AVG - průměrná koncentrace

X - dobowego typu przepływu mas powietrza nie można zaliczyć do typu NE½ albo SW½

AVG - średnie stężenie

Obr.5.3.4 Koncentrace v $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ve dnech s uvedeným denním typem oblastních meteorologických podmínek rozptylu a proudění, region Slezského vojvodství, teplá období (IV–IX)

Rys.5.3.4 Stěženia w $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w dniach z podanym dobowym typem obszarowych meteorologicznych warunków dyspersji i przepływu mas powietrza, region województwa śląskiego, ciepłe okresy (IV–IX)



P05–P25, P25–P75, P75–P95 - rozsah koncentrací / rozpiętość stężeń

P05, P25, P75, P95 - 5%, 25%, 75% a 95% kwantil (percentil) souboru oblastních průměrných denních koncentrací

P05, P25, P75, P95 - 5%, 25%, 75% i 95% kwantyl (percentyl) zbioru obszarowych średnich stężeń dobowych

F pro O_3 - příznivé podmínky pro vznik O_3 / korzystne warunki dla powstawania O_3

Pro soubory s $N < 10$ pouze Avg

F pro PM_{10} , NO_2 - nepříznivé rozptylové podmínky / niekorzystne warunki dyspersji

Dla zbiorów z $N < 10$ tylko Avg

G pro O_3 - nepřiznivé podm. pro vznik O_3 / niekorzystne war. dla powstawania O_3

Vyznačeny soubory s $N < 30$

G pro PM_{10} , NO_2 - dobré rozptylové podmínky / dobre warunki dyspersji

Zaznaczone zbiorы z $N < 30$

X - denní typ nelze přiřadit k typu F nebo G / dobowego typu nie można zaliczyć do typu F albo G

NE½ - denní typ s převládajícím prouděním ze severovýchodní poloviny horizontu

NE½ - dobowy typ z przeważającym przepływem mas powietrza z północno-wschodniej połowy horyzontu

SW½ - denní typ s převládajícím prouděním z jihozápadní poloviny horizontu

SW½ - dobowy typ z przeważającym przepływem mas powietrza z południowo-zachodniej połowy horyzontu

X - denní typ proudění nelze přiřadit k typu NE½ nebo SW½

AVG - průměrná koncentrace

X - dobowego typu przepływu mas powietrza nie można zaliczyć do typu NE½ albo SW½

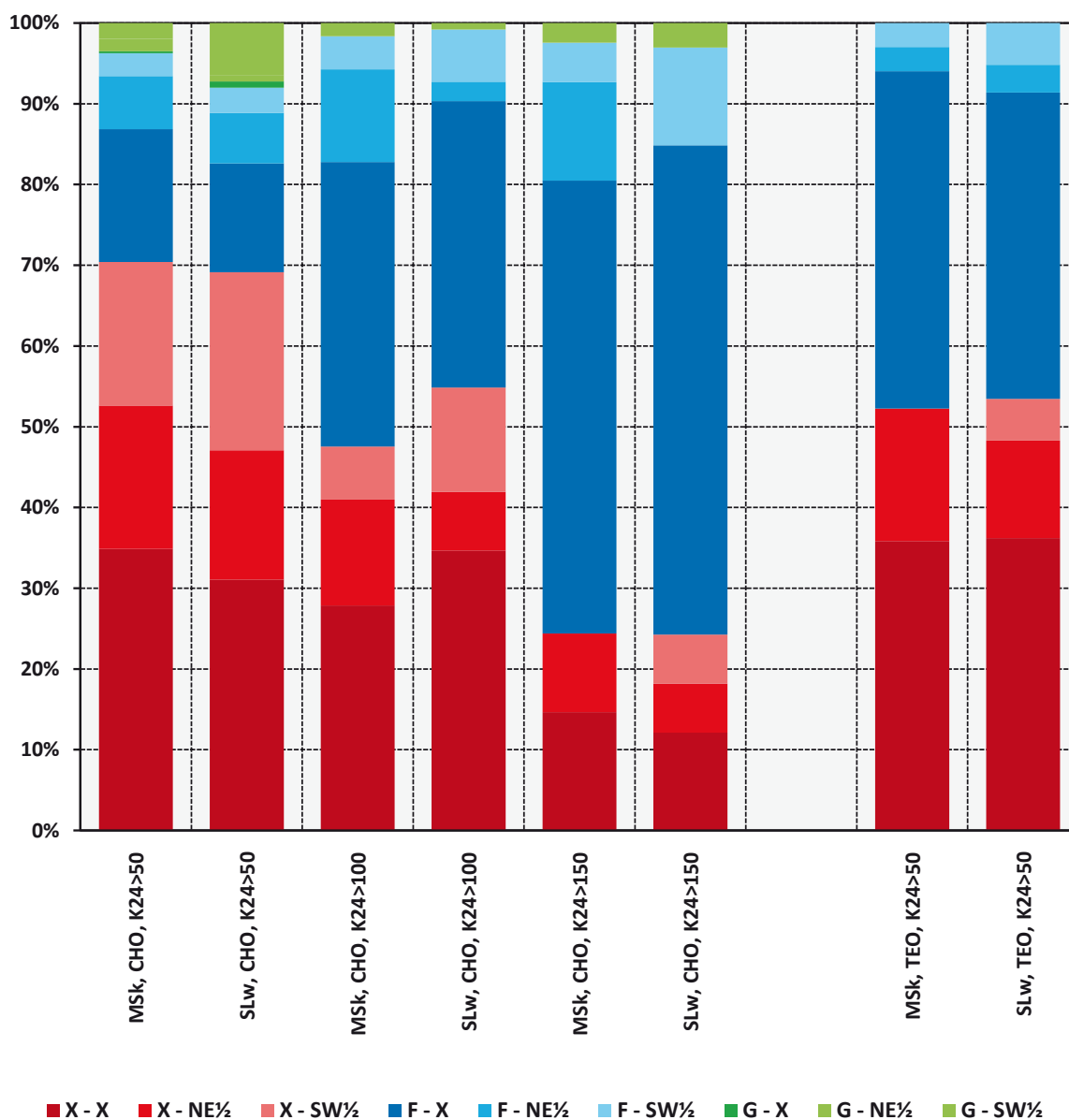
AVG - średnie stężenie

Obr. 5.3.5 Relativní četnost koncentrací PM₁₀ vyšších než denní mezní hodnota

během dnů s různými typy meteorologických podmínek

Obr. 5.3.5 Względna częstość stężeń PM₁₀ wyższych od dobowej wartości dopuszczalnej

podczas dni o różnych typach warunków meteorologicznych



Typy meteorologických podmínek rozptylu **G**, **F**, **X** - Typy proudění **SW½**, **NE½**, **X**

Typy meteorologicznych warunków dyspersji **G**, **F**, **X** - Typy przepływu mas powietrza **SW½**, **NE½**, **X**

G - dobré rozptylové podmínky / dobre warunki dyspersji

F - nepříznivé rozptylové podmínky / niekorzystne warunki dyspersji

X - denní typ nelze přiřadit k typu **F** nebo **G** / dobowego typu nie można zaliczyć do typu **F** albo **G**

NE½ - denní typ s převládajícím prouděním ze severovýchodní poloviny horizontu

NE½ - dobowy typ z przeważającym przepływem mas powietrza z północno-wschodniej połowy horyzontu

SW½ - denní typ s převládajícím prouděním z jihozápadní poloviny horizontu

SW½ - dobowy typ z przeważającym przepływem mas powietrza z południowo-zachodniej połowy horyzontu

X - denní typ proudění nelze přiřadit k typu **NE½** nebo **SW½**

X - dobowego typu nie można zaliczyć do typu **NE½** albo **SW½**

MSK - region Moravskoslezského kraje / region kraju morawskośląskiego

SLW - region Slezského vojvodství / region województwa śląskiego

CHO - chladná období / okresy chłodne (X–III)

TEO - teplá období / okresy ciepłe (IV–IX)

METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY PRO VZNIK EPIZOD S VYSOKÝMI KONCENTRACEMI ZNEČIŠŤUJÍCÍCH LÁTEK

V této kapitole jsou prezentovány meteorologické podmínky pro vznik situací s vysokými koncentracemi hlavních škodlivin v přeshraniční oblasti Slezska a Moravy, tj. suspendovaných částic PM_{10} v chladné polovině roku a přízemního ozonu O_3 v teplé polovině roku.

6.1 Metodika pro výběr epizod s vysokými koncentracemi znečišťujících látek

Epizody s vysokými koncentracemi znečišťujících látek lze hodnotit zohledněním minimálně tří hledisek: právního – souvisejícího s platnými právními normami [ČR, 2012; EC, 2008; PR 2012], zdravotního – překročení hodnoty koncentrací škodlivin považované za nebezpečnou pro lidské zdraví [WHO, 2006] nebo statistického – průměrná denní koncentrace příslušné škodliviny překračuje hodnotu stanoveného kvantilu rozdělení (např. 95. percentil), což může být považováno za epizodu. V této části publikace je prezentována charakteristika epizod podle statistického kritéria. Použitá metodika identifikace epizod s vysokými koncentracemi znečišťujících látek ve formě pravděpodobnosti výskytu příslušné koncentrace v dané lokalitě je nezávislá na hodnoceném znečištění.

Analýza proběhla ve dvou etapách:

- v první řadě byly identifikovány smogové epizody v oblasti,
- v druhé řadě pak byly identifikovány meteorologické situace související s těmito smogovými epizodami.

6.2 Identifikace epizod vysokých koncentrací znečišťujících látek

Z hlediska PM_{10} i O_3 se v hodnocené oblasti vyskytly jak epizody oblastního charakteru (které svým rozsahem zahrnují celou přeshraniční oblast), tak regionálního charakteru (omezené na území Moravskoslezského kraje nebo Slezského vojvodství) a lokálního charakteru, které se vyskytují na malých územích uvnitř oblasti. Kritériem plošného rozsahu epizody byla pravděpodobnost jejího výskytu na úrovni menší než 0,05. Epizody byly identifikovány jako:

METEOROLOGICZNE UWARUNKOWANIA POWSTAWANIA EPIZODÓW WYSOKICH STĘŻEŃ ZANIECZYSZCZEŃ

W rozdziale tym przedstawiono meteorologiczne warunki powstawania wysokich stężeń głównych zanieczyszczeń badanego regionu, to jest pyłu zawieszonego PM_{10} w chłodnej połowie roku i ozonu przyziemnego w ciepłej połowie roku.

6.1. Metodyka wyboru epizodów wysokich stężeń zanieczyszczeń

Problem wyodrębnienia epizodu wysokich stężeń zanieczyszczeń można rozpatrywać co najmniej w trzech aspektach: prawnym – związany z przyjętymi normami prawnymi [ČR, 2012; EC, 2008; RP 2012], zdrowotnym – przekraczanie poziomu stężeń zanieczyszczeń uznanego za niebezpieczny dla zdrowia [WHO, 2006] lub statystycznym – stężenie średnie dobowe danego zanieczyszczenia przekraczające wartość określonego kwantyla rozkładu (np. 95 percentyl) można kwalifikować jako epizod. W tej części pracy zdecydowano się na charakterystykę epizodów ze względu na kryterium statystyczne. Przyjęta metodyka identyfikacji epizodu wysokich stężeń zanieczyszczeń w postaci prawdopodobieństwa wystąpienia w danym miejscu określonego stężenia jest niezależna od analizowanego zanieczyszczenia.

Analiza była dwuetapowa:

- po pierwsze zidentyfikowano epizody smogowe w skali badanego obszaru,
- po drugie zidentyfikowano sytuacje meteorologiczne związane z tymi epizodami smogowymi.

6.2. Identyfikacja epizodów wysokich stężeń zanieczyszczeń

W odniesieniu do pyłu zawieszonego i O_3 w badanym obszarze występują zarówno epizody o charakterze obszarowym (obejmującym swym zasięgiem cały obszar badań), regionalnym (ograniczonym do obszaru województwa śląskiego – SLW – lub morawskośląskiego – MSk) oraz lokalnym (obejmującym niewielkie obszary wewnątrz badanego obszaru). Za kryterium zasięgu przestrzennego epizodu przyjęto prawdopodobieństwo jego wystąpienia na poziomie mniejszym od 0,05. Epizody identyfikowano jako:

- oblastní – pravděpodobnost vypočtená pro celou oblast byla menší než 0,05;
- regionální – průměrné pravděpodobnosti v regionu Moravskoslezského kraje nebo Slezského vojvodství byly menší než 0,05;
- lokální – pravděpodobnost výskytu průměrné oblastní koncentrace škodliviny na minimálně třech libovolných stanicích pro PM_{10} a jedné stanici pro O_3 byla menší než od 0,05.

V naprosté většině takto identifikovaných případů byla průměrná denní koncentrace $PM_{10} > 150 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, a maximální 8hodinová průměrná klouzavá koncentrace $O_3 > 120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

6.2.1 Epizody PM_{10}

V první řadě byly vypočteny pravděpodobnosti překročení hodnot denní koncentrace $PM_{10} > 150 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a $PM_{10} > 200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, což umožnilo seřazení stanic z hlediska pravděpodobnosti výskytu takové situace (tab. 6.2.1–6.2.2).

V epizodách s průměrnými denními koncentracemi $PM_{10} > 150 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ jsou v první pěti stanic s největší pravděpodobností překročení především polské stanice (vyjma Věřňovic), které se všechny nacházejí v oblasti údolí Olše, Odry a Rybnické náhorní plošiny. U situací s denními koncentracemi $PM_{10} > 200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ je pořadí obdobné s tím, že stanice ve Věřňovicích nahrazuje v první pěti stanic v Żywieci. Svědčí to o tom, že epizody se vyskytují zejména v česko-polské přeshraniční oblasti údolí řek Odry a Olše a také v Żywiecké kotlině.

Oblastní epizody PM_{10}

Identifikace meteorologických faktorů odpovědných za možný výskyt oblastních epizod s vysokými koncentracemi PM_{10} a také určení jejich územního rozsahu bylo provedeno stanovením pořadí pravděpodobností výskytu dané hodnoty koncentrace na konkrétní stanici. Následně byla stanovena průměrná pravděpodobnost výskytu zvýšených koncentrací PM_{10} v oblasti. V letech 2005/06 – 2010/11 bylo identifikováno 15 oblastních epizod s různou dobou trvání zahrnující celkem 28 dnů, s pravděpodobností menší než 0,05, za předpokladu, že odpovídají situacím s vysokými koncentracemi PM_{10} (tab. 6.2.3).

Je zřejmé, že v oblasti dominují krátkodobé jednodenní a dvoudenní epizody s vysokými koncentracemi PM_{10} , i když ty s nejvyššími koncentracemi PM_{10} trvaly zpravidla déle než 2 dny. Nejdelší z nich trvala pět dní a vyskytla se od 8. do 12. ledna 2006. V lednu 2006 se vyskytla čtyřdenní epizoda a jedna jednodenní epizoda. Měsíc leden 2006 byl v hodnoceném pětiletém období nejvíce nepříznivý z hlediska míry znečištění PM_{10} . Celkově byly oblastní

- obszarowe – prawdopodobieństwo obliczone dla całego obszaru zainteresowania było mniejsze od 0,05.
- regionalne – średnie prawdopodobieństwa w regionie województwa śląskiego (SLw) lub kraju morawskośląskiego (MSk) było mniejsze od 0,05,
- lokalne – prawdopodobieństwo wystąpienia średnioobszarowego stężenia zanieczyszczenia co najmniej na trzech dowolnych stacjach dla PM_{10} i jednej stacji dla O_3 było mniejsze od 0,05.

W zdecydowanej większości tak wyróżnionych przypadków średnie stężenie dobowe PM_{10} było większe od $150 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, a maksymalne ośmiogodzinne średnie kroczące stężenie O_3 było większe od $120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

6.2.1. Epizody pyłowe

W pierwszej kolejności obliczono prawdopodobieństwa przekroczenia wartości progowej dobowego stężenia PM_{10} większego od $150 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ oraz PM_{10} większego od $200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, co pozwoliło na dokonanie rankingu stacji pod względem prawdopodobieństwa wystąpienia takiego zdarzenia (tab. 6.2.1–6.2.2).

Dla dni epizodów o stężeniach średnich dobowych PM_{10} większych od $150 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w pierwszej piątce stacji o najwyższych prawdopodobieństwach przekroczeń lokują się głównie stacje polskie (poza Věřňovicami), wszystkie położone w obszarze doliny Olzy, Odry i Płaskowyżu Rybnickiego. W przypadku sytuacji ze stężeniami dobowymi PM_{10} większymi od $200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ranking przedstawia się podobnie, z tym że stację w Věřňovicach w pierwszej piątce zastąpiła stacja w Żywcu. Świadczy to o tym, że rejon ścisłego pogranicza polsko-czeskiego w obrębie dolin rzek Odry i Olzy, a także Kotlina Żywiecka są szczególnie narażone na występowanie takich sytuacji.

Epizody obszarowe PM_{10}

Identyfikację czynników meteorologicznych odpowiedzialnych za możliwość wystąpienia epizodów obszarowych wysokich stężeń zanieczyszczeń PM_{10} , a także określenie ich przestrzennego zasięgu przeprowadzono na podstawie rankingu prawdopodobieństwa wystąpienia danej wartości stężenia na konkretnej stacji. Następnie wyznaczono średnie prawdopodobieństwo wystąpienia podwyższonych stężeń PM_{10} w badanym obszarze. W latach 2005/06–2010/11 zidentyfikowano 15 epizodów obszarowych o zróżnicowanym czasie trwania obejmujących łącznie 28 dni, z prawdopodobieństwem mniejszym od 0,05 zakładając, że odpowiadają one sytuacją z wysokimi stężeniami PM_{10} (tab. 6.2.3).

epizody PM_{10} zaznamenány zejména v lednu (61% všech dnů s epizodou), i když se vyskytly i v prosinci a v únoru (tab. 6.2.3).

Regionální epizody PM_{10}

Regionální epizody se, obdobně jako oblastní epizody, vyskytují zejména v období od prosince do února, s největší intenzitou v lednu (tab. 6.2.4).

V regionu Slezského vojvodství byly během 17 dnů s těmito epizodami v naprosté většině 13 dnů zaznamenány jednodenní epizody. V regionu Moravskoslezského kraje bylo zjištěno 36 takových dnů, z nichž ve 20 případech (dnech) se jednalo o jednodenní epizody. Ve zbývajících 16 dnech bylo zaznamenáno 8 dvoudenních epizod. Regionální epizody PM_{10} měly ve srovnání s oblastními epizodami kratší dobu trvání.

Lokální epizody PM_{10}

Lokální epizody PM_{10} se běžně vyskytují jak na území české, tak polské části přeshraniční oblasti, a to v topné sezóně, tj. od října do dubna. Jejich celkový počet v období 2005/06 – 2010/11 činil 134 případy. Analýza ukázala, že tyto epizody se vyskytují buď jako izolované případy, nebo předcházejí epizodám vyšších řádů, resp. jsou jejich pokračováním.

6.2.2 Ozonové epizody

Obdobně jako u epizod PM_{10} je četnost výskytu epizod s vysokou koncentrací ozonu závislá na meteorologických podmínkách. V jednotlivých teplých obdobích se počet těchto epizod lišil a celkově vzato byl závislý zejména na teplotních poměrech každé sezóny.

Četnost překročení hodnot 8hodinové klouzavé koncentrace ozonu $> 60 \mu\text{g m}^{-3}$, $> 120 \mu\text{g m}^{-3}$, $> 150 \mu\text{g m}^{-3}$ a $> 180 \mu\text{g m}^{-3}$ na měřicích stanicích v oblasti je uvedena v tabulce 6.2.5. Analýza výše uvedených výsledků poukazuje na to, že překročení uvedených hraničních hodnot je více pravděpodobné v české části oblasti.

Oblastní epizody O_3

V letech 2006–2010 bylo v přeshraniční oblasti Slezska a Moravy na základě kritéria pravděpodobnosti zjištěno 33 oblastních epizod přízemního ozonu s různou dobou trvání zahrnující celkem 54 dnů (tab. 6.2.6). Nejdelší epizoda O_3 trvala 10 dnů. Nevyskytly se epizody trvající 3 dny, resp. od 6 do 9 dnů.

Je zřejmé, že dominantní jsou krátkodobé jednodenní a dvoudenní epizody O_3 , ale epizody s nejvyššími koncentracemi O_3 , obdobně jako u PM_{10} , trvaly déle než 2 dny. Nejvíce dnů, kdy byla překročena cílová hodnota maximální 8hodinové koncentrace

Jak wynika z przedstawionej tab. 6.2.3, w badanym obszarze dominują epizody wysokich stężeń PM_{10} krótkotrwałe jedno- i dwudniowe, choć te z najbardziej wysokimi stężeniami PM_{10} trwały zazwyczaj więcej niż 2 dni. Najdłuższy z nich trwał pięć dni i zdarzył się 8–12 stycznia 2006 r. W styczniu 2006 r. wystąpił też epizod 4-dniowy, a także jeden epizod jednodniowy. Styczeń 2006 roku był najbardziej niekorzystnym miesiącem pod względem poziomu zanieczyszczeń pyłowych w badanym pięcioleciu. Generalnie epizody obszarowe PM obserwowane są przeważnie w styczniu (61% wszystkich wytypowanych dni z epizodem), choć zdarzają się także w grudniu i lutym.

Epizody regionalne PM_{10}

Epizody regionalne, podobnie jak epizody obszarowe, występują głównie w okresie od grudnia do lutego, ze szczególnym nasileniem w styczniu (tab. 6.2.4).

W regionie województwa śląskiego spośród 17 dni z epizodami zdecydowaną większość – 13 dni – stanowią epizody jednodniowe. W regionie kraju morawskośląskiego zaklasyfikowano 36 takich dni, przy czym 20 przypadków (dni) to epizody jednodniowe. Pozostałe 16 dni przypada na 8 epizodów dwudniowych. Epizody regionalne pyłu zawieszonego charakteryzują się krótszym czasem trwania w porównaniu z epizodami obszarowymi.

Epizody lokalne PM_{10}

Epizody lokalne PM_{10} zdarzają się powszechnie na obszarze zarówno polskiej, jak i czeskiej części pogranicza w sezonie grzewczym, tj. od października do kwietnia. W wieloleciu 2005/06–2010/11 wystąpiły 134 takie przypadki. Analiza czasowa wykazała, że epizody te występują jako izolowane przypadki lub stanowią poprzedzenie lub kontynuację epizodów wyższych rzędów.

6.2.2. Epizody ozonowe

Podobnie jak w przypadku epizodów pyłowych częstość występowania epizodów wysokich stężeń ozonu jest zależna od warunków meteorologicznych. W poszczególnych sezonach ciepłych analizowanego okresu liczba tych epizodów była różna i generalnie uzależniona przede wszystkim od warunków termicznych każdego z sezonów.

W tabeli 6.2.5 przedstawiono częstość występowania przekroczenia wartości progowej 8-godzinowego kroczącego stężenia ozonu większego od $60 \mu\text{g m}^{-3}$, $120 \mu\text{g m}^{-3}$, $150 \mu\text{g m}^{-3}$ i $180 \mu\text{g m}^{-3}$ dla stacji monitoringu jakości powietrza na terenie pogranicza polsko-czeskiego. Analiza przedstawionych wyników wskazuje, że większe prawdopodobieństwo przekroczenia poszczególnych wartości

Tab. 6.2.1.1 Pravděpodobnost překročení průměrné denní koncentrace suspendovaných částic PM₁₀ > 150 µg·m⁻³

Tab. 6.2.1.1 Pravděpodobieństwo wystąpienia przekroczenia średniego dobowego stężenia pyłu zawieszzonego PM₁₀ > 150 µg·m⁻³

| Pořadí Kolejnosť | Monitorovací stanice kvality ovzduší Stacja monitoringu jakości powietrza | Pravděpodobnosti Prawdopodobieństwa |
|------------------|--|--|
| 1. | Godów | 0,083 |
| 2. | Racibórz | 0,076 |
| 3. | Wodzisław Śląski | 0,069 |
| 4. | Věřňovice | 0,059 |
| 5. | Rybník | 0,050 |
| 6. | Žywiec | 0,047 |
| 7. | Bohumín | 0,047 |
| 8. | Zabrze | 0,035 |
| 9. | Haviřov | 0,032 |
| 10. | Orlová | 0,031 |
| 11. | Karviná | 0,028 |
| 12. | ČeskýTěšín | 0,027 |
| 13. | Ostrava-Přívov | 0,027 |
| 14. | Fřýdek-Místek | 0,025 |
| 15. | Ostrava-Zábřeh | 0,024 |
| 16. | Ostrava-Radvanice | 0,023 |
| 17. | Ostrava-Fifejdy | 0,022 |
| 18. | Ostrava-Českobratrská | 0,022 |
| 19. | Katowice | 0,021 |
| 20. | Gliwice | 0,018 |
| 21. | Třinec-Kosmos | 0,018 |
| 22. | Dąbrowa Górnicza | 0,017 |
| 23. | Opava | 0,015 |
| 24. | Studénka | 0,015 |
| 25. | Tychy | 0,014 |
| 26. | Bielsko-Biała | 0,013 |
| 27. | Ostrava-Poruba | 0,010 |
| 28. | Cieszyn | 0,006 |

Tab. 6.2.2 Pravděpodobnost překročení průměrné denní koncentrace suspendovaných částic PM₁₀ > 200 µg·m⁻³

Tab. 6.2.2 Pravděpodobieństwo wystąpienia przekroczenia średniego dobowego stężenia pyłu zawieszzonego PM₁₀ > 200 µg·m⁻³

| Pořadí Kolejnosť | Monitorovací stanice kvality ovzduší Stacja monitoringu jakości powietrza | Pravděpodobnosti Prawdopodobieństwa |
|------------------|--|--|
| 1. | Wodzisław Śląski | 0,033 |
| 2. | Godów | 0,033 |
| 3. | Žywiec | 0,030 |
| 4. | Racibórz | 0,028 |
| 5. | Rybník | 0,025 |
| 6. | Věřňovice | 0,024 |
| 7. | Bohumín | 0,021 |
| 8. | Zabrze | 0,013 |
| 9. | Haviřov | 0,013 |
| 10. | ČeskýTěšín | 0,012 |
| 11. | Orlová | 0,012 |
| 12. | Karviná | 0,011 |
| 13. | Ostrava-Přívov | 0,011 |
| 14. | Tychy | 0,010 |
| 15. | Gliwice | 0,009 |
| 16. | Fřýdek-Místek | 0,009 |
| 17. | Ostrava-Fifejdy | 0,009 |
| 18. | Ostrava-Zábřeh | 0,009 |
| 19. | Studénka | 0,008 |
| 20. | Dąbrowa Górnicza | 0,007 |
| 21. | Katowice | 0,007 |
| 22. | Opava | 0,007 |
| 23. | Třinec-Kosmos | 0,007 |
| 24. | Ostrava-Českobratrská | 0,007 |
| 25. | Ostrava-Radvanice | 0,005 |
| 26. | Bielsko - Biała | 0,004 |
| 27. | Ostrava-Poruba | 0,004 |
| 28. | Cieszyn | 0,003 |

Tab. 6.2.3 Oblastní epizody PM₁₀

Tab. 6.2.3 Epizody obszarowe PM₁₀

| Měsíc Miesiąc | Rok | Délka epizody (dny) / Długość epizodu (dni) | | | | |
|---------------------------------|------|---|---------|-------|----------|---------|
| | | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| I | 2006 | 8.-12. | 27.-30. | | | 24. |
| | 2010 | | 25.-27. | 7.-8. | | |
| | 2011 | | | | 28., 31. | |
| II | 2006 | | | | | 6. |
| | 2010 | | | | 9.-10. | |
| XII | 2011 | | | | 24.-25. | 18. |
| | 2008 | | | | | 30. |
| Počet epizod Liczba epizodów | 2010 | | | | 7.-8. | 4., 22. |
| | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 8 |

Tab.6.2.6 Oblastní epizody ozonu

Tab.6.2.6 Epizody obszarowe ozonu

| Měsíc Miesiąc | Rok | Délka epizody (dny) / Długość epizodu (dni) | | | | |
|---------------------------------|------|---|--------|---------|---------|---------------|
| | | 10 | 5 | 4 | 2 | 1 |
| IV | 2006 | | | | | 28. |
| | 2008 | | | | | 1., 27. |
| | 2009 | | | | | 25., 29. |
| | 2010 | | | | | 30. |
| V | 2006 | | | | 12.-13. | 6. |
| | 2009 | | | | 25.-26. | 3., 21. |
| VI | 2006 | | | | 15.-16. | 19., 21., 27. |
| | 2008 | | | | | 25. |
| | 2010 | | | | | 12., 30. |
| VII | 2006 | 20.-29. | 9.-13. | | | 7. |
| | 2007 | | | | | 17. |
| VIII | 2008 | | | | 2.-3. | 31. |
| | 2009 | | | | | 15., 17. |
| Počet epizod Liczba epizodów | 2010 | | | 14.-17. | 1.-2. | 9., 22. |
| | 1 | 1 | 1 | 5 | 25 | |

Tab. 6.2.4 Regionální epizody PM₁₀

Tab. 6.2.4 Epizody regionalne PM₁₀

| Délka epizody Długość epizodu (dny / dni) | Počet epizod / Liczba epizodów | |
|---|--|---|
| | Polská příhraniční část Część polska pogranicza | Česká příhraniční část Część czeska pogranicza |
| 2 | 2 | 8 |
| 1 | 13 | 20 |

Tab. 6.2.5 Relativní četnost maximálních průměrných klouzavých 8hodinových

(MaxK8) koncentrací ozonu o dané hraniční hodnotě

Tab. 6.2.5 Częstość występowania maksymalnego średniego kroczacego 8godzinnego (MaxK8) stężenia ozonu o zadanej wartości granicznej

| Stanice / Stacja | Relativní četnost MaxK8 ozonu v % Częstość występowania MaxK8 ozonu w % | | |
|---|--|--------------------------|--------------------------|
| | > 60 µg·m ⁻³ | > 120 µg·m ⁻³ | > 150 µg·m ⁻³ |
| Polská příhraniční část / Część polska pogranicza | | | |
| Bielsko-Biała | 57.4 | 5.4 | 0.6 |
| Dąbrowa Górnicza | 54.1 | 6.3 | 0.8 |
| Katowice | 43.8 | 4.6 | 0.7 |
| Wodzisław Śląski | 49.3 | 4.8 | 0.7 |
| Česká příhraniční část / Część czeska pogranicza | | | |
| Karviná | 54.0 | 6.3 | 0.9 |
| Ostrava-Fifejdy | 55.8 | 6.2 | 0.6 |
| Studénka | 63.6 | 6.4 | 0.7 |
| Třinec-Kosmos | 58.6 | 6.6 | 1.1 |

Tab.6.2.7 Regionální epizody ozonu

Tab.6.2.7 Epizody regionalne ozonu

| Délka epizody Długość epizodu (dny / dni) | Počet epizod / Liczba epizodów | |
|---|--|---|
| | Polská příhraniční část Część polska pogranicza | Česká příhraniční část Część czeska pogranicza |
| 1 | 9 | 15 |
| 2 | - | 4 |
| 4 | - | 1 |

Tab. 6.2.8 Stupeň zatížení imisí PM₁₀ na monitorovacích stanicích kvality ovzduší

ve studované oblasti - součet vah z Wilcoxonova testu

Tab. 6.2.8 Stopień obciążenia imisją PM₁₀ na stacjach monitoringu jakości powietrza

w badanym obszarze - wynik sum rang testu Wilcoxona

| Pořadí Kolejność | Název stanice Nazwa stacji | Součet vah z testu Suma rang testu | Pořadí Kolejność | Název stanice Nazwa stacji | Součet vah z testu Suma rang testu |
|------------------|-------------------------------|---------------------------------------|------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 1. | Wodzisław Śląski | 27 | 15. | Karviná | 13,5 |
| 2. | Bohumín | 25 | 16. | Ostrava-Českobratrská | |
| 3. | Věřňovice | 24 | 17. | Gliwice | 11,5 |
| 4. | Rybník | 23 | 18. | Żywiec | 11 |
| 5. | Godów | | 19. | Ostrava-Fifejdy | 10 |
| 6. | Ostrava-Radvanice | | 20. | Ostrava-Zábřeh | 8 |
| 7. | Zabrze | 21 | 21. | Studénka | 6 |
| 8. | Orlová | 18,5 | 22. | Tychy | 5,5 |
| 9. | Ostrava-Přívoz | 18 | 23. | Frýdek-Místek | |
| 10. | Katowice | 16,5 | 24. | Třinec-Kosmos | 5 |
| 11. | Racibórz | | 25. | Ostrava-Poruba | 3 |
| 12. | ČeskýTěšín | | 26. | Bielsko-Biała | 1 |
| 13. | Havířov | 16 | 27. | Cieszyn | |
| 14. | Dąbrowa Górnicza | 14,5 | 28. | Opava | |

Tab. 6.2.9 Stupeň zatížení imisí O₃ na monitorovacích stanicích kvality ovzduší

ve studované oblasti - součet vah z Wilcoxonova testu

Tab. 6.2.9 Stopień obciążenia imisją O₃ na stacjach monitoringu jakości powietrza

w badanym obszarze - wynik sum rang testu Wilcoxona

| Pořadí Kolejność | Název stanice Nazwa stacji | Součet vah z testu Suma rang testu | Pořadí Kolejność | Název stanice Nazwa stacji | Součet vah z testu Suma rang testu |
|------------------|-------------------------------|---------------------------------------|------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 1. | Studénka | 7 | 5. | Karviná | 3 |
| 2. | Třinec-Kosmos | 6 | 6. | Dąbrowa Górnicza | 2 |
| 3. | Bielsko - Biała | 5 | 7. | Wodzisław Śląski | 1 |
| 4. | Ostrava-Fifejdy | 4 | 8. | Katowice | 0 |

O₃ se vyskytlo v červenci (55% všech případů). V průběhu celého hodnoceného období se oblastní epizody O₃ ani jednou nevyskytly v září.

Regionální epizody O₃

Regionální epizody O₃ se, obdobně jako oblastní, vyskytly od dubna do srpna, s největší intenzitou v červenci. Nebyly zjištěny v žádném sledovaném měsíci září.

Počet regionálních epizod O₃ byl v regionu Slezského vojvodství menší než počet oblastních epizod O₃. Naproti tomu v regionu Moravskoslezského kraje byl počet regionálních epizod větší než počet oblastních epizod přízemního ozonu. V obou případech byly dominantní jednodenní situace s vysokými koncentracemi O₃ (tab. 6.2.7).

Lokální epizody O₃

Lokální ozonové epizody měly, obdobně jako u PM₁₀, největší podíl na celkovém součtu dnů všech

progových vystupuje v české části badaného obsazu.

Epizody obszarowe O₃

W latach 2006–2010 na terenie pogranicza polsko-czeskiego sklasyfikowano na podstawie kryterium probalisticznego 33 epizody obszarowe ozonu przyziemnego o zróżnicowanym czasie trwania, obejmujących łącznie 54 dni (tab. 6.2.6). Najdłuższy epizod O₃ trwał 10 dni. Nie wystąpiły epizody o czasie trwania 3-dniowym oraz od 6 do 9 dni.

Jak wynika z przedstawionej tabeli, dominują krótkotrwałe epizody wysokich stężeń O₃ jedno- i dwudniowe, ale podobnie jak w przypadku PM₁₀, epizody z najwyższymi stężeniami O₃ są sytuacjami więcej niż 2-dniowymi. Najwięcej dni z przekroczeniem poziomu docelowego max K8 O₃ zanotowano w lipcu (55% wszystkich przypadków). Epizody obszarowe O₃ nigdy nie wystąpiły we wrześniu w analizowanym wieloleciu.

Tab. 6.2.10 Data vzniku epizod PM₁₀ různých typů ve studované oblasti podle kritéria překročení průměrné 24hodinové koncentrace 150 μg·m⁻³

Tab. 6.2.10 Daty występowania epizodów PM₁₀ różnego typu na obszarze badań według kryterium przekroczenia stężenia średniodobowego 150 μg·m⁻³

| Pořadí Kolejność | Datum Data | K24 PM ₁₀ [μg·m ⁻³] | Pořadí Kolejność | Datum Data | K24 PM ₁₀ [μg·m ⁻³] | Pořadí Kolejność | Datum Data | K24 PM ₁₀ [μg·m ⁻³] |
|---------------------|---------------|---|---------------------|---------------|---|---------------------|---------------|---|
| 1. | 25.1.2010 | 379,4 | 15. | 28.1.2011 | 205,6 | 29. | 18.2.2011 | 166,2 |
| 2. | 26.1.2010 | 379,2 | 16. | 11.1.2006 | 204,4 | 30. | 3.12.2005 | 165,8 |
| 3. | 9.1.2006 | 339,6 | 17. | 24.3.2007 | 202,3 | 31. | 24.2.2011 | 164,2 |
| 4. | 29.1.2006 | 306,1 | 18. | 8.1.2006 | 201,9 | 32. | 4.3.2011 | 162,7 |
| 5. | 10.1.2006 | 302,0 | 19. | 12.1.2006 | 194,8 | 33. | 20.2.2006 | 160,8 |
| 6. | 27.1.2010 | 278,0 | 20. | 9.2.2010 | 191,8 | 34. | 30.12.2008 | 156,3 |
| 7. | 24.1.2010 | 273,5 | 21. | 17.2.2010 | 191,6 | 35. | 23.1.2006 | 155,3 |
| 8. | 27.1.2006 | 252,6 | 22. | 8.12.2010 | 186,2 | 36. | 26.1.2006 | 155,0 |
| 9. | 24.1.2006 | 251,5 | 23. | 7.12.2010 | 180,3 | 37. | 1.12.2005 | 152,9 |
| 10. | 6.2.2006 | 222,2 | 24. | 30.1.2006 | 176,0 | 38. | 27.2.2011 | 152,8 |
| 11. | 31.1.2011 | 217,0 | 25. | 23.1.2010 | 171,7 | 39. | 21.1.2009 | 151,6 |
| 12. | 10.2.2010 | 216,9 | 26. | 4.12.2010 | 170,9 | 40. | 11.2.2008 | 151,0 |
| 13. | 22.12.2010 | 216,3 | 27. | 19.12.2009 | 170,2 | 41. | 7.1.2010 | 151,0 |
| 14. | 28.1.2006 | 214,6 | 28. | 23.12.2010 | 169,4 | | | |

K24 - Průměrné denní koncentrace / Średnioobszarowe stężenie dobowe

Tab. 6.2.11 Data vzniku epizod O₃ různých typů ve studované oblasti podle kritéria překročení maximální 8hodinové koncentrace 120 μg·m⁻³

Tab. 6.2.11 Daty występowania epizodów O₃ różnego typu na obszarze badań według kryterium przekroczenia stężenia maksymalnego 8-godzinowego 120 μg·m⁻³

| Pořadí Kolejność | Datum Data | MaxK8 O ₃ [μg·m ⁻³] | Pořadí Kolejność | Datum Data | MaxK8 O ₃ [μg·m ⁻³] | Pořadí Kolejność | Datum Data | MaxK8 O ₃ [μg·m ⁻³] |
|---------------------|---------------|---|---------------------|---------------|---|---------------------|---------------|---|
| 1. | 20.7.2006 | 166,4 | 28. | 12.7.2006 | 136,6 | 55. | 29.4.2009 | 127,9 |
| 2. | 12.6.2010 | 158,1 | 29. | 25.6.2008 | 136,1 | 56. | 21.5.2009 | 127,9 |
| 3. | 26.7.2006 | 157,1 | 30. | 15.7.2009 | 135,6 | 57. | 13.8.2010 | 127,9 |
| 4. | 27.7.2006 | 155,8 | 31. | 1.7.2010 | 135,4 | 58. | 10.7.2010 | 127,5 |
| 5. | 21.7.2006 | 155,0 | 32. | 31.7.2008 | 134,3 | 59. | 7.7.2006 | 127,0 |
| 6. | 2.7.2010 | 154,1 | 33. | 25.7.2006 | 134,1 | 60. | 21.6.2006 | 126,5 |
| 7. | 10.7.2006 | 153,3 | 34. | 19.7.2007 | 134,0 | 61. | 3.6.2008 | 126,5 |
| 8. | 23.7.2006 | 151,4 | 35. | 17.7.2009 | 134,0 | 62. | 31.5.2008 | 126,3 |
| 9. | 20.7.2007 | 150,0 | 36. | 21.8.2009 | 133,6 | 63. | 30.5.2008 | 125,5 |
| 10. | 16.6.2006 | 148,3 | 37. | 27.6.2006 | 133,5 | 64. | 25.4.2009 | 124,9 |
| 11. | 22.7.2006 | 148,1 | 38. | 28.7.2006 | 133,4 | 65. | 25.5.2009 | 124,9 |
| 12. | 16.7.2010 | 147,6 | 39. | 19.6.2006 | 132,8 | 66. | 28.4.2006 | 124,5 |
| 13. | 17.7.2010 | 145,6 | 40. | 13.5.2006 | 132,5 | 67. | 21.7.2007 | 124,4 |
| 14. | 5.5.2006 | 144,0 | 41. | 9.7.2010 | 131,9 | 68. | 26.7.2007 | 124,0 |
| 15. | 30.6.2010 | 144,0 | 42. | 9.7.2006 | 131,6 | 69. | 19.7.2006 | 123,5 |
| 16. | 24.7.2006 | 143,8 | 43. | 12.5.2006 | 131,3 | 70. | 28.6.2006 | 123,0 |
| 17. | 2.7.2008 | 143,5 | 44. | 13.7.2006 | 131,3 | 71. | 25.4.2008 | 122,9 |
| 18. | 3.7.2008 | 143,0 | 45. | 15.6.2006 | 130,5 | 72. | 23.7.2009 | 122,4 |
| 19. | 18.7.2007 | 142,9 | 46. | 10.6.2008 | 130,5 | 73. | 12.6.2007 | 121,9 |
| 20. | 17.7.2007 | 141,9 | 47. | 2.8.2009 | 130,4 | 74. | 28.4.2009 | 121,3 |
| 21. | 1.4.2008 | 140,8 | 48. | 11.7.2006 | 130,1 | 75. | 12.7.2008 | 121,0 |
| 22. | 29.7.2006 | 140,5 | 49. | 30.4.2010 | 130,0 | 76. | 18.7.2006 | 120,9 |
| 23. | 3.5.2009 | 139,5 | 50. | 6.5.2006 | 129,5 | 77. | 7.5.2006 | 120,6 |
| 24. | 26.5.2009 | 139,0 | 51. | 28.4.2007 | 129,4 | 78. | 30.4.2009 | 120,6 |
| 25. | 15.7.2010 | 138,6 | 52. | 27.4.2008 | 128,9 | 79. | 26.8.2009 | 120,6 |
| 26. | 14.7.2010 | 137,4 | 53. | 13.7.2010 | 128,0 | 80. | 29.7.2008 | 120,5 |
| 27. | 22.7.2010 | 137,4 | 54. | 22.4.2006 | 127,9 | | | |

MaxK8 - Maximální denní 8hodinová koncentrace / Maksymalne dobowe stężenie 8-godzinowe

Tab. 6.2.12 Data vzniku epizod PM₁₀ různých typů ve studované oblasti podle kritéria

pravděpodobnosti $p < 0,05$

Tab. 6.2.12 Daty występowania epizodów PM₁₀ różnego typu na obszarze badań według kryterium

probabilistycznego $p < 0,05$

| Rok | M | Den / Dzień | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------|-------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | | | | | | | | |
| 2005 | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | XI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | XII | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2006 | I | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | II | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | III | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | XI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | XII | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2007 | I | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| II | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| III | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| XI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| XII | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2008 | I | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | II | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | III | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | XI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | XII | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2009 | I | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | II | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | III | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | XI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | XII | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2010 | I | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | II | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | III | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | XI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | XII | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2011 | I | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | II | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | III | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Dodatkowo wystąpiły epizody lokalne: 2.04.2007, 27.09.2007, 1.04.2008

M ... miesiąc / miesiąc

Epizody:

oblastní obszarowe

regionální - příhraniční české
regionalne - pogranicze czeskie

regionální - příhraniční polské
regionalne - pogranicze polskie

lokální lokalne

druhů epizod. V období 2006–2010 bylo v česko-polské přeshraniční oblasti zjištěno 82 případů. Obdobně jako u epizod suspendovaných částic se vyskytly jak samostatné situace, tak situace předcházející nebo navazující na epizody vyššího řádu.

Epizody regionalne O₃

Epizody regionalne O₃, podobnie jak obszarowe, występują od kwietnia do sierpnia, ze szczególnym nasileniem w lipcu, i nigdy nie były obserwowane we wrześniu.

Tab. 6.2.13 Data vzniku epizod O₃ různých typů ve studované oblasti podle kritéria
pravděpodobnosti $p < 0,05$

Tab. 6.2.13 Daty występowania epizodów O₃ różnego typu na obszarze badań według kryterium
probabilistycznego $p < 0,05$

| Rok | M | Den / Dzień | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------|-------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|--|--|--|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | | | | | |
| 2006 | IV | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | VI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | VII | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | VIII | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | IX | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2007 | IV | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | VI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | VII | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | VIII | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | IX | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2008 | IV | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | VI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | VII | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | VIII | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | IX | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2009 | IV | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | VI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | VII | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | VIII | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | IX | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2010 | IV | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | VI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | VII | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | VIII | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | IX | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Epizody: *oblastní obszarowe* *regionální - příhraniční české regionalne - pogranicze czeskie* *regionální - příhraniční polské regionalne - pogranicze polskie* *lokální lokalne*

6.2.3 Vyhodnocení míry zatížení imisemi v přeshraniční oblasti Slezska a Moravy

Pro stanovení míry zatížení ovzduší oblasti z hlediska hodnocení kvality ovzduší na jednotlivých měřicích stanicích byly porovnány soubory průměrných 24hodinových koncentrací PM₁₀ a maximálních 8hodinových koncentrací O₃ pomocí Wilcoxonova testu pro párové hodnoty [Wilcoxon, 1945]. Byla testována hypotéza, že soubory hodnot naměřených na dvou stanicích za stejných podmínek a ve stejné době mají stejné rozdělení. Z výsledků porovnání koncentrací na dvou stanicích byla každé stanici přiřazena váha dle těchto zásad:

- potvrdil-li Wilcoxonův test, že na žádné stanici nebyly statisticky významně větší hodnoty, obě stanice získaly váhu 0,5;

Liczba epizodów regionalnych O₃ dla regionu województwa śląskiego jest mniejsza od liczby epizodów obszarowych O₃. Natomiast na obszarze regionu kraju morawskośląskiego liczba epizodów regionalnych była większa od liczby epizodów obszarowych ozonu przyziemnego. W obu przypadkach dominujące były jednodniowe sytuacje z wysokimi stężeniami O₃ (tab. 6.2.7).

Epizody lokalne O₃

Epizody lokalne ozonu mają największy udział w sumie liczby wszystkich rodzajów epizodów, podobnie jak w przypadku PM₁₀. W wieloletciu 2006–2010 wyodrębniono 82 przypadki na pograniczu polsko-czeskim. Podobnie jak w przypadku epizodów pyłu zawieszzonego, występują zarówno jako izolowane sytuacje, jak też bezpośrednio przed lub po epizodach wyższych rzędów.

- prokázal-li na jedné stanici test na úrovni významnosti 0,05 významně větší hodnoty koncentrace příslušné škodliviny, získala váhu 1 a druhá 0.

Následně byly porovnány všechny páry stanic a jednotlivé váhy byly sečteny.

Výsledky porovnání stanic ukázaly, že v případě PM_{10} byla situacím s vysokými koncentracemi nejvíce vystavena česko-polská přeshraniční oblast v okolí Wodzisława Śląského, Rybniku, Godowa a Bohumína, Věřňovic a východních okrajů Ostravy (tab. 6.2.8). Ostatní situace s vysokými koncentracemi PM_{10} se vyskytly s obdobným součtem vah podle Wilcoxonova testu na území Hornoslezské aglomerace a také Moravskoslezského kraje. Výsledky Wilcoxonova testu také potvrdily odlišnost výsledků měření PM_{10} na stanicích v Českém Těšíně a Cieszyně, a to s ohledem na odlišné umístění těchto stanic a vliv místních zdrojů znečištění ovzduší a také místní meteorologické podmínky ovlivňující jejich rozptyl.

V případě přízemního ozonu ukázal provedený rozbor, že součet vah stanic na české straně přeshraniční oblasti byl výrazně větší než v případě stanic na polské straně, a to v poměru 20:8. Nejvyšší součet vah získala stanice Studénka, nejnižší Katowice (tab. 6.2.9). To znamená, že hodnocená oblast v České republice byla více vystavena znečištění přízemním ozonem.

Kalendář průměrných oblastních epizod s vysokými koncentracemi PM_{10} a O_3 je uveden v tabulkách 6.2.10–6.2.11. V tabulkách 6.2.12 a 6.2.13 jsou uvedena data epizod stanovená na základě kritéria pravděpodobnosti. V další části publikace bude tato poslední klasifikace předmětem dalšího hodnocení.

6.3 Meteorologické charakteristiky epizod s vysokými koncentracemi znečišťujících látek

I když byly pro potřeby této studie vybrány všechny situace, kdy došlo k jakémukoliv vzniku epizody s vysokými koncentracemi suspendovaných částic nebo ozonu (tzn. oblastní, regionální, lokální epizody), vliv meteorologických podmínek byl dále podrobně popsán pouze pro tzv. oblastní epizody.

Oblastní epizody PM_{10}

Oblastní epizody PM_{10} jsou, kromě své plošné rozsáhlosti, charakteristické i nejvyššími hodnotami koncentrací PM_{10} (průměrná denní hodnota > $150 \mu\text{g m}^{-3}$). Je proto pochopitelné, že se vyskytují za mimořádně nepříznivých meteorologických podmínek. Naprostá většina těchto epizod (90%)

6.2.3. Ocena stopnia obciążenia powietrza zanieczyszczeniem na pograniczu polsko-czeskim w rejonie Śląska i Moraw

W celu określenia stopnia obciążenia badanego obszaru występowaniem ponadnormatywnych zanieczyszczeń powietrza, w świetle badań jakości powietrza na poszczególnych stacjach monitoringu jakości powietrza, porównano stężenia średnie 24-godzinne (K24) dla PM_{10} i stężenia maksymalne 8-godzinne (max K8) dla O_3 , posługując się testem rangowym znaków Wilcoxon [Wilcoxon, 1945]. Testowano hipotezę, że wartości mierzone na dwóch stacjach, w tych samych warunkach i w tym samym czasie, powinny mieć jednakowy rozkład. Po porównaniu stężenia na dwóch stacjach przyporządkowano każdej stacji rangi. Przy rangowaniu zastosowano zasadę:

- jeżeli test Wilcoxon potwierdził, że na żadnej stacji nie było istotnie statystycznie większych wartości, to obie stacje otrzywały rangę 0,5;
- jeżeli na jednej ze stacji test wykazał istotnie większe, na poziomie istotności 0,05, wartości ponadkryterialne stężenia danego zanieczyszczenia, otrzymywała rangę jeden, a druga zero.

Następnie porównano wszystkie pary stacji i zsumowano rangi.

Wyniki rangowania stacji wykazały, że w przypadku pyłu zawieszonego najbardziej narażone na występowanie wysokich stężeń PM_{10} są obszary bezpośredniego pogranicza polsko-czeskiego w rejonie Wodzisława Śląskiego, Rybnika i Godowa oraz Bohumína, Věřňovic i wschodnich obrzeży Ostrawy (tab. 6.2.8). Pozostałe sytuacje wysokich stężeń zanieczyszczeń występują z podobną sumą rang testu Wilcoxon na terenie Aglomeracji Górnośląskiej, jak i kraju morawsko-śląskiego. Wyniki testu Wilcoxon potwierdziły również nieporównywalność wyników pomiarów PM_{10} na stacjach usytuowanych w Českim Těšíně i Cieszynie ze względu na odmienną lokalizację tych stacji oraz wpływ lokalnych źródeł emisji zanieczyszczeń powietrza, jak również lokalnych warunków meteorologicznych determinujących ich dyspersję.

Przeprowadzone rangowanie dla ozonu przyziemnego wskazało, że suma rang stacji położonych na czeskim obszarze pogranicza jest zdecydowanie większa niż stacji w obszarze polskiego pogranicza w stosunku 20:8. Najwyższą rangę otrzymała stanica Studénka, najniższą Katowice (tab. 6.2.9). Oznacza to, że obszar badań położony w Republice Czeskiej jest bardziej narażony na zanieczyszczenie ozonem przyziemnym

Kalendarz epizodów średnioobszarowych wysokich stężeń zanieczyszczeń, zarówno pyłowych,

vznikala při záporné teplotě vzduchu, a nejvíce (ve 46% všech zjištěných případech) při průměrných denních teplotách v rozmezí od -10 do -5 °C. (obr. 6.3.1). Z 28 dnů s oblastními epizodami byla průměrná denní rychlost větru $< 3 \text{ m s}^{-1}$ ve více než 80% dnů. Rovněž teplotní inverze vyjádřená záporným vertikálním teplotním pseudogradientem je během těchto epizod běžným jevem. Silná inverze byla zjištěna v 57% hodnocených případech.

Spojíme-li výskyt oblastních epizod s podmínkami cirkulace a přiřadíme den s epizodou typu cirkulace podle Niedźwiedziowy klasifikace [Niedźwiedź, 1981, 2011], je nutné podotknout, že dominance anticyklonálních typů byla výraznější než u všech hodnocených epizod PM_{10} . Anticyklonální situace byly odpovědné za více než 71% oblastních epizod s tím, že byly dominantní situace Ca+Ka (střed anticyklony, hřeben vysokého tlaku), které tvořily téměř 54% (tab. 6.3.1).

Ze zjištěných oblastních epizod PM_{10} v přeshraniční oblasti Slezska a Moravy se jich po 11 vyskytlo v roce 2006 a 2010, 1 v roce 2008 a 5 v 1. čtvrtletí roku 2011. Průběh vybraných meteorologických prvků, během všech typů situace s vysokými koncentracemi PM_{10} oblastního charakteru, které se vyskytly v hodnoceném období, ukazují obrázky 6.3.2–6.3.4.

Oblastní epizody O_3

Oblastní epizody O_3 , to znamená takové, během nichž se pravděpodobnost dané koncentrace ozonu vyskytuje na všech měřicích stanicích v oblasti, činí cca 30% všech epizod. Většina oblastních epizod souvisí s parným a horkým počasím. Průměrná denní teplota v oblasti vyšší než 25 °C byla naměřena v 11% všech oblastních epizod (obr. 6.3.5) a téměř v 90% těchto situací se vyskytla během klimatologického léta (průměrná denní teplota > 15 °C). Nejvyšší průměrná denní teplota vzduchu 27,3 °C byla naměřena během epizody dne 17. 7. 2008 při průměrné oblastní koncentraci ozonu $142 \mu\text{g m}^{-3}$. Tato epizoda však byla v pořadí koncentrací O_3 až na 12. místě. Nepřímo to nasvědčuje tomu, že i když je teplota vzduchu významným meteorologickým faktorem pro tvorbu koncentrací ozonu, tak není rozhodující. Jiným významným prvkem, který ovlivňuje koncentraci ozonu, je rychlost větru. Během oblastních epizod byla průměrná rychlost větru $2,1 \text{ m s}^{-1}$ s tím, že téměř v 70% epizod nepřekračovala $2,0 \text{ m s}^{-1}$ a v 10% případů byla $1,5 \text{ m s}^{-1}$ nebo méně. Vlivu větrných poměrů na intenzitu ozonových epizod nasvědčuje i doba trvání bezvětrí. Celkem bylo během oblastních epizod zaznamenáno cca 24% bezvětrí, přičemž 17% dnů byly dny s více než 25% bezvětrí. Obdobně jako u všech ozonových epizod, srážky během oblastních epizod byly ojedinělé (pouze 11 dnů se srážkami), i když,

jak též i ozonových, představeno v tab. 6.2.10–6.2.11. W tab. 6.2.12 i 6.2.13 przedstawiono daty epizodów wyznaczone na podstawie kryterium probabilistycznego. Ta ostatnia klasyfikacja stanowi podstawę rozważań prowadzonych w dalszej części opracowania.

6.3. Charakterystyka meteorologiczna epizodów wysokich stężeń zanieczyszczeń powietrza

Choć na potrzeby niniejszego opracowania wyodrębniono wszystkie sytuacje, kiedy wystąpił jakikolwiek przypadek epizodu wysokich stężeń pyłu zawieszonego lub ozonu (czyli epizod obszarowy, regionalny, lokalny), szczegółowo opisano wpływ warunków meteorologicznych jedynie dla tzw. epizodów obszarowych.

Epizody pyłowe obszarowe

Obszarowe epizody pyłowe, poza swą rozległością przestrzenną, charakteryzują się także najwyższymi wartościami stężeń pyłu (średnia dobowa wartość większa od $150 \mu\text{g m}^{-3}$). Jest zatem zrozumiałe, że występują one w nadzwyczaj niesprzyjających warunkach meteorologicznych. Zdecydowana większość przypadków tych epizodów (90%) zdarza się przy ujemnych temperaturach, przy czym najczęściej (w 46% wszystkich wytypowanych przypadków) w przedziale średniodobowych temperatur od -10 do -5 °C (rys. 6.3.1). Spośród 28 dni z epizodami obszarowymi średnia dobowa prędkość wiatru mniejsza od 3 m s^{-1} stanowiła ponad 70%. Również inwersja temperatury wyrażona ujemnym pionowym pseudogradientem temperatury jest wtedy zjawiskiem powszechnym. Silną inwersję zaobserwowano w 57% analizowanych przypadków.

Wiążąc występowanie epizodów obszarowych z warunkami cyrkulacyjnymi i przyporządkowując dzień z epizodem do obserwowanego typu cyrkulacji według klasyfikacji T. Niedźwiedzia stosowanej w Polsce do charakterystyki synoptycznej Polski Południowej [Niedźwiedź, 1981, 2011], należy zauważyć, że dominacja typów anticyklonalnych jest tutaj jeszcze wyraźniejsza niż przy rozpatrywaniu wszystkich epizodów pyłowych. Sytuacje anticyklonalne odpowiadają za ponad 71% epizodów obszarowych, przy czym dominują tu sytuacje Ca+Ka (centrum wyżu, klin wysokiego ciśnienia), które stanowią prawie 54% (tab. 6.3.1).

Ze zidentyfikowanych epizodów obszarowych PM_{10} na terenie pogranicza polsko-czeskiego po 11 wystąpiło w 2006 r. i w 2010 r., 1 w 2008 r. i 5 w pierwszym kwartale 2011 r.

pokud se vyskytly, měly charakter přívalových dešťů.

Při posuzování souvislosti mezi vznikem epizod tohoto typu a cirkulačními podmínkami atmosféry popisovanými Niedźwiedziovými typy cirkulace je nutno podotknout, že obdobně jako u oblastních epizod PM_{10} byly naprosto dominantní anticyklonální situace, které činily 76,1% všech dnů. Při těchto situacích vznikaly oblastní ozonové epizody nejčastěji v době výskytu hřebene vysokého tlaku (Ka) – 38,9% (tab. 6.3.2).

Celkem bylo zjištěno 54 dnů s epizodami s vysokými koncentracemi O_3 , které měly v přeshraniční oblasti Slezska a Moravy oblastní charakter, z toho 25 vzniklo v roce 2006, 1 v roce 2007, 6 v roce 2008, 10 v roce 2009, 12 v roce 2010. Průběh vybraných meteorologických prvků během oblastních ozonových epizod ukazují obrázky 6.3.6 a 6.3.7.

6.4 Příklady epizod s vysokými koncentracemi znečišťujících látek – analýza příčin, popis průběhu

K podrobnému posouzení byly vybrány dva případy z výše uvedených epizod se zvýšenými koncentracemi, jeden se týká PM_{10} a druhý O_3 .

6.4.1 Analýza epizody s vysokými koncentracemi PM_{10} v lednu 2010

Zimní epizoda s vysokými koncentracemi PM_{10} , která vznikla ve dnech 23. – 27. 1. 2010, byla z hlediska plošného rozsahu a velikosti koncentrací druhou nejmohutnější oblastní epizodou zaznamenanou v období 2005/06 – 2010/11, první byla epizoda v lednu 2006 [Ošródková et al., 2006, 2010]. Níže je uvedena charakteristika této imisní situace s ohledem na průběh meteorologických podmínek v přeshraniční oblasti Slezska a Moravy. V lednu 2010 byla na měřicích stanicích denní mezní hodnota PM_{10} maximálně překročena o 996% (tab. 6.4.1.). Na většině stanic byla překročena 24hodinová prahová hodnota pro informování veřejnosti o vysokých koncentracích PM_{10} [ČR, 2012; RP, 2012].

Synoptická situace

Ve dnech 22. – 27. 1. 2010 dominovala nad střední Evropou silná a stabilní oblast vysokého tlaku vzduchu (1045 hPa), která hřebenem zasahovala ke Skandinávii a přechodně i nad západní Evropu. Ze severovýchodu proudily mrazivé polárně kontinentální vzduchové hmoty [Biuletyn PSHM, 2010]. Převažovala malá a mírně zvětšená oblačnost, v noci a k ránu se vytvářely mrznoucí mlhy způsobující námrazu. Vítr byl převážně slabý, občas mírný, východní. Typ atmosférické cirkulace

Przebieg wybranych elementów meteorologicznych podczas wszystkich typów sytuacji z wysokimi stężeniami pyłu zawieszonego o zasięgu obszarowym, które wystąpiły w analizowanym okresie, prezentują rys. 6.3.2–6.3.4.

Epizody ozonowe obszarowe

Epizody O_3 obszarowe, a więc takie podczas których prawdopodobieństwo zadanego stężenia ozonu występuje na wszystkich stacjach pomiarowych w obszarze badań, stanowią około 30% wszystkich epizodów. Większość epizodów obszarowych związana jest z upalną i gorącą pogodą. Średnia dobowa temperatura obszaru badań przekraczająca $25^{\circ}C$ zdarzała się w 11% wszystkich epizodów obszarowych (rys. 6.3.5), a prawie 90% tych zdarzeń miało miejsce podczas termicznego lata (temperatura średnia dobowa większa od $15^{\circ}C$). Najwyższa średniodobowa temperatura powietrza $27,3^{\circ}C$ zanotowana została podczas epizodu w dniu 17 lipca 2007 r. przy średnioobszarowym stężeniu ozonu $142 \mu g \cdot m^{-3}$. Epizod ten był jednak dopiero 12 w rankingu stężeń O_3 . Świadczy to pośrednio o tym, że choć temperatura powietrza stanowi istotny czynnik meteorologiczny w kształtowaniu się stężeń ozonu, to nie jest on determinujący. Innym ważnym elementem wpływającym na stężenie ozonu jest prędkość wiatru. Podczas epizodów obszarowych średnia prędkość wiatru wynosiła $2,1 m \cdot s^{-1}$, przy czym w prawie 70% epizodów nie przekraczała $2,0 m \cdot s^{-1}$, a w 10% przypadków była równa lub niższa od $1,5 m \cdot s^{-1}$. O wpływie warunków anemologicznych na natężenie epizodów ozonowych świadczy też długość okresu bezwietrznego. Ogółem podczas epizodów obszarowych zanotowano około 24% czasu trwania ciszy, przy czym 17% dni stanowiły dni z ponad 25% okresem bezwietrznym. Podobnie jak w przypadku wszystkich epizodów ozonowych opady deszczu podczas tych zdarzeń były sporadyczne (tylko 11 z opadem), choć w przypadku ich wystąpienia były to opady o charakterze nawalnym.

Rozpatrując związek występowania epizodów tego typu z warunkami cyrkulacyjnymi atmosfery charakteryzowanymi typami cyrkulacji T. Niedźwiedzia, należy zauważyć, że podobnie jak w przypadku obszarowych epizodów pyłowych zdecydowanie dominują sytuacje antycyklonalne, które stanowią 76,1% wszystkich tego typu zdarzeń. Spośród tych sytuacji obszarowe epizody ozonowe zdarzały się najczęściej podczas występowania klina wysokiego ciśnienia (Ka) – 38,9% (tab. 6.3.2).

Łącznie zidentyfikowano 54 dni z epizodami wysokich poziomów O_3 o charakterze obszarowym na terenie pogranicza polsko-czeskiego, z czego: 25 wystąpiło w 2006 r., 1 w roku 2007, 6 w roku 2008, 10 w roku 2009, 12 w roku 2010. Przebieg

podle Niedźwiedziowy klasifikace byl anticyklonální (obr. 6.4.1). Od 27. 1. do konce ledna byla střední Evropa pod vlivem nízkého tlaku s atmosférickými frontami.

Během celé epizody se vyskytovala slabá advekce vzduchových hmot z východního sektoru. Zpětné trajektorie zpracované na základě modelu HYSPLIT [Draxler et al., 2010; Rolph, 2010] ukázaly (obr. 6.4.2), že vzduch nad jižní Polsko a severovýchodní Česko v 1 hodinu CET dne 24. a 25. 1. proudil z území východní Ukrajiny, 26. 1. ze Slovenska a Maďarska, kdežto 27. 1. ze severoseverovýchodu (NNE) Polska. Výsledky modelu poukázaly na nízkou výšku směšovací vrstvy.

Meteorologické podmínky

Leden 2010 byl z teplotního hlediska velmi mrazivý (tab. 6.4.2). Na většině meteorologických stanic ČHMÚ a IMG-PIB byla průměrná měsíční teplota vzduchu a průměrná teplota ve třetí dekádě ledna 2010 výrazně nižší než dlouhodobé hodnoty (klimatické normály), tj. $< -2,0^{\circ}\text{C}$. Teplotní pseudogradient vypočítaný na základě dat z meteorologických stanic byl záporný (teplotní inverze) od 3 hodin CET dne 23. 1. do 9 hodin CET 25. 1. a činil průměrně $\gamma \approx -0,5^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{ m})^{-1}$ [Blažek et al., 2010]. Slabá inverze ($\gamma \approx -0,2^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{ m})^{-1}$) trvající dne 25. 1. skončila v okamžiku přechodu atmosférické fronty 27. 1. 2010. Tento den bylo jižní Polsko pod vlivem nízkého tlaku s okluzní frontou. Došlo k velmi rychlému poklesu tlaku vzduchu, v důsledku kterého se zvýšila rychlost větru, která byla ke konci dne na jihu regionu v nárazech $17\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Tento den se vyskytlo i sněžení, což ve spojení se silnějším prouděním způsobilo místy sněhové závěje, a tím i ukončení pětidenní epizody PM_{10} . Nad celou přeshraniční oblastí Slezska a Moravy se udržovala celodenní teplotní inverze, jejíž výška stanovená na základě údajů z aerologických sondáží ve Wrocławu a Prostějově činila od 400 do 600 m nad povrchem země.

Tlak vzduchu byl po celou dobu trvání epizody velmi vysoký a udržoval se na úrovni 1030–1040 hPa. Relativní vlhkost vzduchu se, v souladu s charakteristickým denním chodem, měnila od 55% v přibližně poledních hodinách do 90% v nočních hodinách. Okamžitá hodnota intenzity celkového slunečního záření dosahovala maximálně $350\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ a průměrná denní činila $60\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. Denní doba trvání slunečního svitu činila průměrně 5 hodin. V analyzovaném období byl slabý, proměnlivý vítr ze severního a východního sektoru, jehož rychlost, okamžitá i denní, nepřekračovala v městských lokalitách $4\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. V nočních a ranních hodinách bylo zaznamenáno bezvětří. Z meteorologického hlediska lze tuto situaci s vysokými koncentracemi PM_{10} rozdělit na tři etapy:

vybranych elementů meteorologicznych podczas obszarowych epizodów ozonu prezentują rys. 6.3.6 i 6.3.7.

6.4. Przykłady epizodów wysokich stężeń zanieczyszczeń powietrza – analiza przyczyn, opis przebiegu

Spośród zidentyfikowanych wyżej sytuacji z epizodami podwyższonych stężeń wybranych zanieczyszczeń do szczegółowego opisu wybrano dwa przypadki. Jeden dotyczący pyłu PM_{10} i drugi dotyczący ozonu przyziemnego.

6.4.1. Analiza epizodu wysokich stężeń pyłu zawieszonego w styczniu 2010 r.

Epizod zimowy wysokich stężeń zanieczyszczeń pyłowych, który wystąpił w dniach 23–27 stycznia 2010 r., był drugim co do zasięgu i pod względem wielkości stężeń zanieczyszczeń powietrza epizodem obszarowym zarejestrowanym w okresie 2005/06–2010/11 po sytuacji ze stycznia 2006 r. [Ośródk et al., 2006, 2010]. Poniżej przedstawiono charakterystykę tej sytuacji imisyjnej na tle przebiegu warunków meteorologicznych na terenie Śląska i Moraw. Na stacjach monitoringu jakości powietrza w styczniu 2010 r. dopuszczalne stężenie średniodobowe PM_{10} zostało maksymalnie przekroczone o 996% (tab. 6.4.1.). Na większości stacji przekroczone była progowa wartość 24-godzinna informowania społeczeństwa o ryzyku wystąpienia poziomu alarmowego dla PM_{10} [ČR, 2012; RP, 2012].

Sytuacja synoptyczna

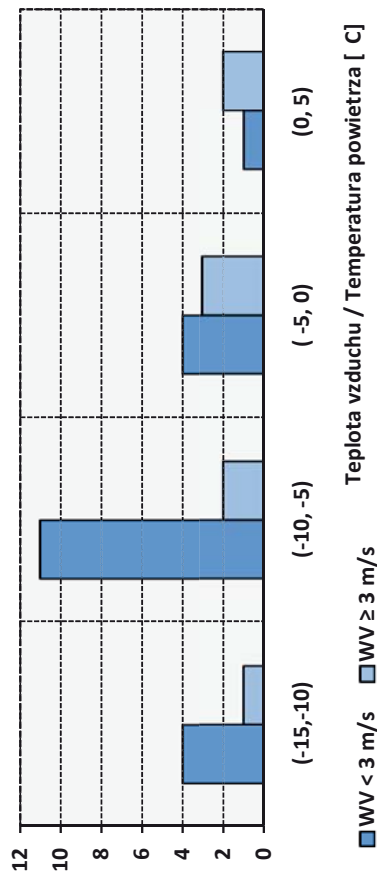
W dniach 22–27 stycznia 2010 r. nad Europą Środkową dominował silny i stabilny układ wysokiego ciśnienia (1045 hPa), który klinem sięgał po Skandynawię, a przejściowo także Europę Zachodnią. Z północnego wschodu napływała mroźna polarno-kontynentalna masa powietrza [Biuletyn PSHM, 2010]. Przeważało zachmurzenie małe i umiarkowane. W nocy i nad ranem tworzyły się marznące mgły osadzające szadź. Wiatr był przeważnie słaby, okresami umiarkowany, wschodni. Typ cyrkulacji atmosferycznej według klasyfikacji Niedźwiedzia był antycyklonalny (rys. 6.4.1). Od dnia 27 stycznia do końca miesiąca Europa Środkowa znajdowała się pod wpływem układów niżowych z frontami atmosferycznymi.

Podczas trwania całego epizodu występowała słaba adwekcja mas powietrza z sektora wschodniego. Trajektorie wsteczne uzyskane przy użyciu modelu HYSPLIT [Draxler et al., 2010; Rolph, 2010] pokazały (rys. 6.4.2.), że 24 i 25 stycznia

Obr. 6.3.1 Četnost oblastních epizod PM₁₀ při uvedených rozmezích

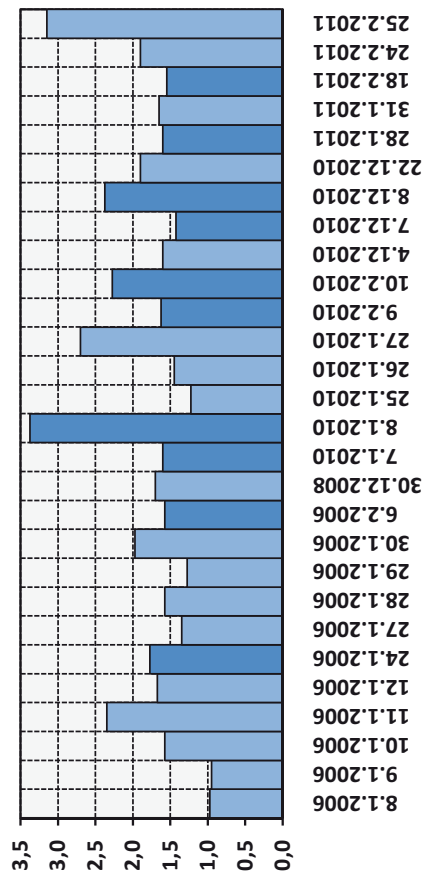
průměrné oblastní denní teploty vzduchu a rychlosti větru (WV)

Rys. 6.3.1 Licba przypadků epizodů pylových PM₁₀ obszarowych dla okreslonych przedziałów średnioobszarowej dobowej temperatury powietrza i prędkości wiatru (WV)



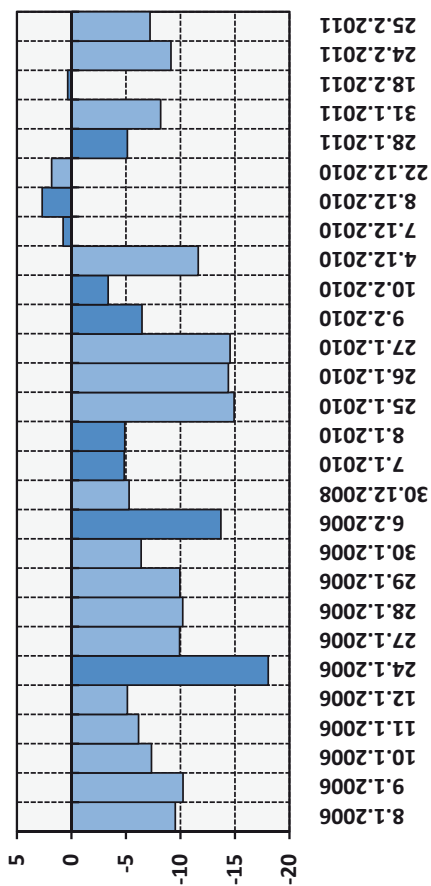
Obr. 6.3.3 Průměrná oblastní denní rychlost větru v m·s⁻¹ při oblastních epizodách PM₁₀

Obr. 6.3.3 Średnioobszarowa dobowá prędkość wiatru w m·s⁻¹ dla epizodów pyłowych PM₁₀ obszarowych



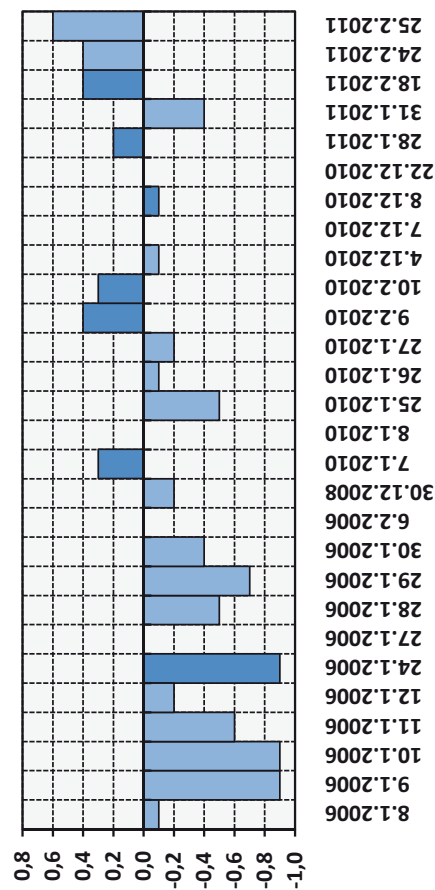
Obr. 6.3.2 Průměrná oblastní denní teplota vzduchu ve °C při oblastních epizodách PM₁₀

Rys. 6.3.2 Średnioobszarowa dobowá temperatura powietrza w °C dla epizodów PM₁₀ obszarowych



Obr. 6.3.4 Denní pseudogradient teploty vzduchu Mošnov / Lysá hora ve °C·(100m)⁻¹ při oblastních epizodách PM₁₀

Rys. 6.3.4 Dobový pseudogradient teploty powietrza Mošnov / Lysá hora w °C·(100m)⁻¹ dla epizodów pyłowych PM₁₀ obszarowych



Tab. 6.3.1 Četnost výskytu oblastních epizod PM₁₀ v závislosti na typu cirkulace podle klasifikace Niedźwiedzia

Tab. 6.3.1 Częstość występowania epizodów pyłu PM₁₀ obszarowych w zależności od typu cyrkulacji według klasyfikacji Niedźwiedzia

| Typ cirkulace podle klasifikace Niedźwiedzia Typ cyrkulacji według klasyfikacji Niedźwiedzia | Četnost výskytu prachových epizod Čęstość wystąpienie epizodu pyłowego |
|---|---|
| Ea | 7,1 |
| SEa | 7,1 |
| NWa | 3,6 |
| Ka | 39,3 |
| Ca | 14,3 |
| SEc | 14,3 |
| Sc | 3,6 |
| Bc | 7,1 |

Tab. 6.3.2 Četnost výskytu oblastních epizod O₃ v závislosti na typu cirkulace podle klasifikace Niedźwiedzia

Tab. 6.3.2 Częstość występowania epizodów obszarowych pyłu O₃ w zależności od typu cyrkulacji według klasyfikacji Niedźwiedzia

| Typ cirkulace podle klasifikace Niedźwiedzia Typ cyrkulacji według klasyfikacji Niedźwiedzia | Četnost výskytu ozonových epizod Čęstość wystąpienie epizodu ozonowego |
|---|---|
| NEa | 1,9 |
| Ea | 3,7 |
| SEa | 9,3 |
| Sa | 13,0 |
| SWa | 3,7 |
| Wa | 3,7 |
| Ka | 38,9 |
| Ca | 1,9 |
| SEc | 1,9 |
| Sc | 1,9 |
| SWc | 5,6 |
| Bc | 13,0 |
| x | 1,9 |

- 1. etapa zesilování oblasti vysokého tlaku, charakterizovaná postupným poklesem teploty vzduchu a rychlosti větru a mírným růstem tlaku vzduchu. V této etapě rostla stabilita atmosféry a sílila inverze. V tomto období bylo dominantní výrazné proudění z východu. Tato etapa trvala od cca 1 hodiny CET 22. 1. do nočních hodin 24. 1.
- 2. etapa stabilizace situace, která byla charakteristická denním kolísáním teploty a poklesem rychlosti větru až na bezvětří. V této etapě byla inverzní vrstva již zformovaná a vykazovala

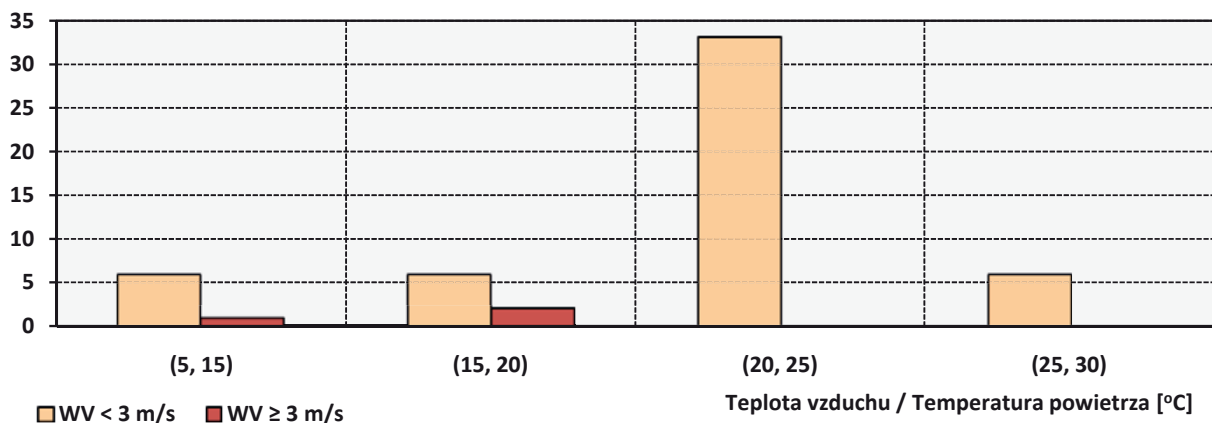
o godz. 1 CET nad południową Polskę i północno-wschodnie Czechy napłynęło powietrze znad obszaru wschodniej Ukrainy, 26 stycznia znad Słowacji i Węgier, natomiast 27 stycznia z północno-północnego-wschodu (NNE) Polski. Wyniki modelu wykazały występowanie niskiej wysokości warstwy mieszania.

Warunki meteorologiczne

Styczeń 2010 roku pod względem termicznym był bardzo mroźny (tab. 6.4.2). Na większości stacji meteorologicznych IMGW-PIB i ČHMÚ średnia miesięczna temperatura powietrza i średnia

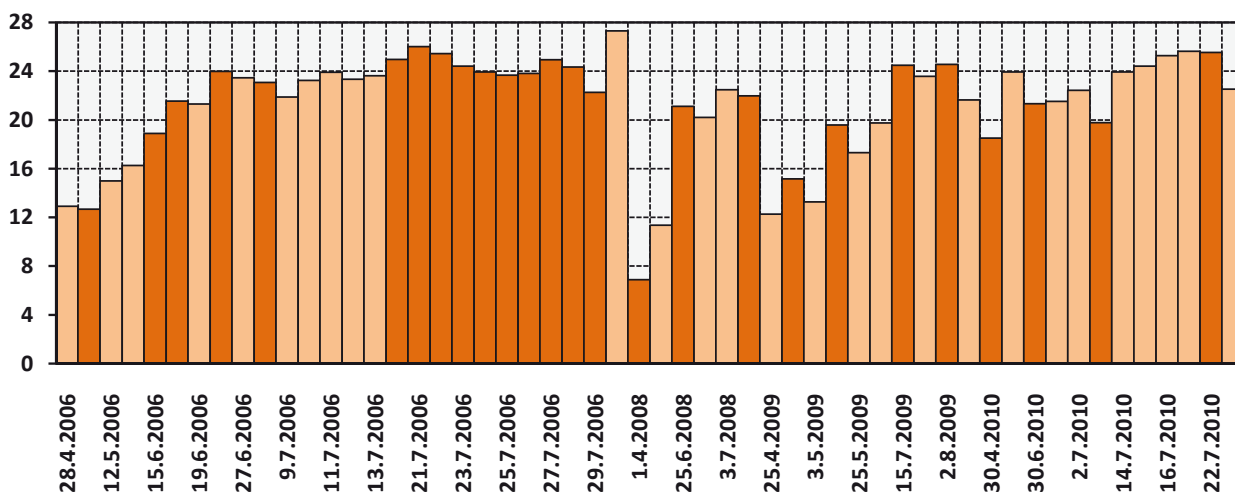
Obr. 6.3.5 Četnost případů oblastních epizod O₃ pro uvedené rozsahy průměrné denní teploty vzduchu a rychlosti větru (WV)

Rys. 6.3.5 Liczba przypadków epizodów ozonowych O₃ obszarowych dla określonych przedziałów średnioobszarowej dobowej temperatury powietrza i prędkości wiatru (WV)



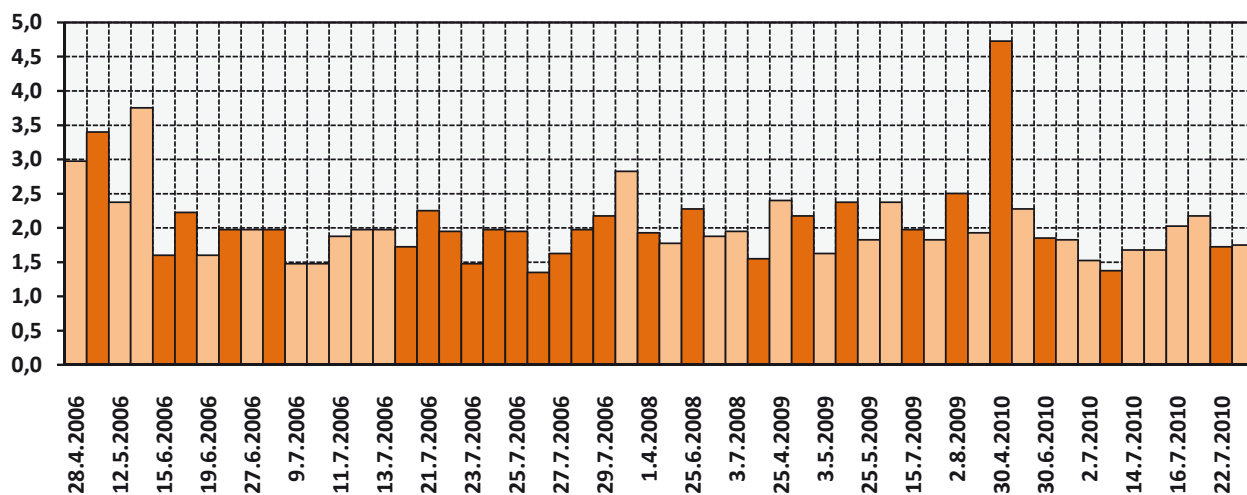
Obr. 6.3.6 Průměrná denní teplota ve °C při oblastních epizodách O₃

Rys. 6.3.6 Średnioobszarowa dobowa temperatura powietrza w °C dla epizodów ozonowych O₃ obszarowych



Obr. 6.3.7 Průměrná denní rychlost větru v m·s⁻¹ při oblastních epizodách O₃

Rys. 6.3.7 Średnioobszarowa dobowa prędkość wiatru w m·s⁻¹ dla epizodów ozonowych O₃ obszarowych



pouze mírné denní kolísání. V tomto období bylo možné pozorovat slabé proudění z východu nebo úplné bezvětří. Tato etapa skončila v odpoledních hodinách 27. 1.

- 3. etapa zániku tlakové výše, na území regionu začala postupovat brázda nízkého tlaku s atmosférickou frontou. Tato etapa byla charakteristická rychlým nárůstem teploty vzduchu, postupným zeslabováním inverze až do jejího zániku a nárůstem rychlosti větru a prouděním ze západu.

Kvalita ovzduší na měřicích stanicích

Během epizody se vyskytovaly vysoké koncentrace jak PM_{10} , tak $PM_{2,5}$. 1hodinové koncentrace PM_{10} byly po většinu času vyšší než $200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a maximálně dosáhly hodnoty $890 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ dne 25. 1. na stanici Ostrava-Zábřeh v 16 hodin CET (obr. 6.4.3–6.4.4); 1hodinová maximální koncentrace $PM_{2,5}$ činila $641 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Katovice, 2 hod. CET), kdežto maximální průměrná denní koncentrace $408 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ byla naměřena dne 26. 1. na stanici Třinec-Kosmos. Denní chod koncentrací PM_{10} vykazuje zpravidla maximální úroveň znečištění v nočních hodinách a hodinách tzv. ranního a večerního soumraku, což souvisí s termicko-dynamickou strukturou mezní vrstvy atmosféry. Během popisované epizody nebyla tato struktura vždy výrazně viditelná a vysoké koncentrace PM_{10} se často udržovaly po dobu celého dne [Blažek et al., 2010].

Vysoké koncentrace PM_{10} během epizody doprovázely vyšší koncentrace oxidu siřičitého. Denní mezní hodnota $125 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ však byla překročena ve všech dnech epizody pouze v okolí Žywiece, nejméně o 22% (23. 1.), a maximálně o 105% (26. 1.). Menší překročení denní mezní hodnoty bylo zaznamenáno na některých ostatních stanicích. Překročení denní mezní hodnoty SO_2 doprovázela také překročení 1hodinové mezní hodnoty $350 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, v Żywieci bylo naměřeno maximálně $407 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (25. 1., v 11 hodin CET). Současné překročení koncentrací PM_{10} a SO_2 během tohoto typu epizod nebylo v posledních letech příliš časté a vyskytlo se pouze během nejmohutnějších situací. Během epizody byly také zaznamenány zvýšené koncentrace oxidu dusičitého (NO_2) a oxidu uhelnatého (CO), které však nepřekročily mezní hodnoty, tj. 1hodinové koncentrace $200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, resp. 8hodinové koncentrace $10\,000 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Maximální naměřené hodnoty NO_2 činily 96,5% mezní hodnoty na měřicí stanici v Ostravě-Zábřehu dne 25. 1. v 16 hodin CET a 99% v Katovicích dne 26. 1. ve 23 hodin CET. Na jihu Slezského vojvodství byly 25. 1. v Cieszyně a Bielsku-Białe naměřeny zvýšené 8hodinové koncentrace CO v ovzduší, které dosahovaly 60% imisního limitu.

w trzeciej dekadzie stycznia 2010 r. była znacznie poniżej wartości z wielolecia (normy klimatycznej), to jest mniejsza od $-2,0^\circ\text{C}$. Wyliczony na podstawie danych ze stacji meteorologicznych ujemny pseudogradient temperatury (inwersja temperatury) występował od godz. 3 CET w dniu 23 stycznia do godziny 9 CET 25 stycznia i wynosił średnio $\gamma \approx -0,5 \text{ }^\circ\text{C}\cdot(100 \text{ m})^{-1}$ [Blažek et al., 2010]. Utrzymująca się 25 stycznia słaba inwersja ($\gamma \approx -0,2 \text{ }^\circ\text{C}\cdot(100 \text{ m})^{-1}$) zakończyła się wraz z nasunięciem frontu atmosferycznego w dniu 27 stycznia 2010 r. Tego dnia południowa Polska znalazła się pod wpływem układu niżowego z frontem okluzji. Nastąpił bardzo szybki spadek ciśnienia atmosferycznego, w efekcie czego wzrosła prędkość wiatru, która pod koniec doby na południu regionu w porywach osiągała $17 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Tego dnia występowały też opady śniegu, co w połączeniu z silniejszym wiatrem powodowało lokalne zamiecie śnieżne i zakończenie tym samym 5-dniowego epizodu pyłowego. Nad całym obszarem pogranicza Śląska i Moraw utrzymywała się całodobowa inwersja temperatury, której miąższość określona na podstawie danych z sondażu aerologicznego we Wrocławiu i Prostějovie wynosiła od 400 do 600m nad poziomem gruntu.

Ciśnienie atmosferyczne przez cały okres trwania epizodu było wysokie, utrzymywało się na poziomie 1030–1040 hPa. Wilgotność względna powietrza, zgodnie z charakterystycznym cyklem dobowym, zmieniała się od 55% w godzinach okołopołudniowych do 90% w godzinach nocnych. Chwilowe natężenie całkowitego promieniowania słonecznego maksymalnie osiągało wartość $350 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, przy średnim dobowym równym $60 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. Usłonecznienie, czyli liczba godzin słonecznych, wynosiło średnio 5 godzin. W analizowanym okresie wiał wiatr słaby, zmienny, z sektora północnego i wschodniego, którego prędkość zarówno chwilowa, jak i dobowa w obszarach miejskich nie przekraczała $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. W godzinach nocnych i porannych notowano ciszę atmosferyczną. Z meteorologicznego punktu widzenia tę sytuację z wysokim stężeniami PM_{10} można podzielić na trzy etapy:

- Etap I umacniania się układu wyżowego – charakteryzujący się stopniowym spadkiem temperatury powietrza i prędkości wiatru oraz lekkim wzrostem ciśnienia atmosferycznego. W tym etapie wzrasta stabilność atmosfery przez umacnianie się inwersji. W okresie tym dominuje wyraźny napływ powietrza ze wschodu. Etap ten trwał od około godz. 1 CET 22 stycznia do godzin nocnych 24 stycznia.
- Etap II stabilizacji sytuacji – charakteryzujący się dobowymi wahaniami temperatury i spadkiem

Tab. 6.4.1 Průměrné 24hodinové koncentrace PM₁₀ [μg·m⁻³] během epizody PM₁₀ v lednu roku 2010

Tab. 6.4.1 Średnie stężenie 24-godzinne PM₁₀ [μg·m⁻³] podczas epizodu PM₁₀ w styczniu 2010 r.

| Monitorovací stanice kvality ovzduší Stacja monitoringu jakości powietrza | Leden / Styczeń 2010 | | | | | | | Průměr Średnia 23.–27. | Min /50 | Max /50 |
|--|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|----|------------------------------|------------|-------------|
| | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | | | |
| Automatické stanice / Stacje automatyczne | | | | | | | | | | |
| Bohumín | 65 | 202 | 419 | 428 | 448 | 327 | 45 | 365 | 4.0 | 9.0 |
| ČeskýTěšín | 89 | 212 | 324 | 534 | 487 | 266 | 52 | 365 | 4.2 | 10.7 |
| Frýdek-Místek | 70 | 206 | 403 | 389 | 539 | 248 | 26 | 357 | 4.1 | 10.8 |
| Haviřov | 70 | 195 | 318 | 505 | 548 | 315 | 31 | 376 | 3.9 | 11.0 |
| Karviná | 67 | 176 | 229 | 352 | 412 | 275 | 28 | 289 | 3.5 | 8.2 |
| Opava | 68 | 159 | 278 | 432 | 388 | 225 | 31 | 296 | 3.2 | 8.6 |
| Orlová | 67 | 166 | 246 | 346 | 397 | 287 | 47 | 288 | 3.3 | 7.9 |
| Ostrava-Fifejdy | 72 | 161 | 291 | 466 | 382 | 233 | 36 | 307 | 3.2 | 9.3 |
| Ostrava-Prívov | 76 | 167 | 298 | 475 | 383 | 266 | 42 | 318 | 3.3 | 9.5 |
| Ostrava-Radvanice (ZÚ) | 67 | 192 | 281 | 387 | 346 | 194 | 72 | 280 | 3.8 | 7.7 |
| Ostrava-Zábřeh | 74 | 180 | 316 | 542 | 467 | 256 | 35 | 352 | 3.6 | 10.8 |
| Studénka | 69 | 177 | 309 | 471 | 446 | 274 | 38 | 335 | 3.5 | 9.4 |
| Třinec-Kosmos | 100 | 257 | 429 | 327 | 516 | 246 | 46 | 355 | 4.9 | 10.3 |
| Věřňovice | 73 | 211 | 367 | 415 | 482 | 480 | 37 | 391 | 4.2 | 9.6 |
| Bielsko-Biała | 60 | 173 | 246 | 259 | 344 | 275 | 56 | 259 | 3.5 | 6.9 |
| Dąbrowa Górnicza | 45 | 52 | 66 | 88 | 169 | 324 | 52 | 140 | 1.0 | 6.5 |
| Tychy | 31 | 52 | 65 | 114 | 178 | 201 | 18 | 122 | 1.0 | 4.0 |
| Wodzisław Śląski | 60 | 115 | 135 | 207 | 326 | 372 | 51 | 231 | 2.3 | 7.4 |
| Zabrze | 54 | 92 | 99 | - | 219 | 253 | 25 | 166 | 1.8 | 5.1 |
| Żywiec | 64 | 236 | 360 | 377 | 409 | 271 | 13 | 331 | 4.7 | 8.2 |
| Manuální stanice / Stacje manualne | | | | | | | | | | |
| Ostrava-Českobratrská | 77 | 218 | 290 | 460 | 343 | 139 | 30 | 290 | 2.8 | 9.2 |
| Ostrava-Poruba/ČHMÚ | 65 | 175 | 207 | 424 | 265 | 137 | 34 | 242 | 2.7 | 8.5 |
| Godów | 65 | 162 | 263 | 343 | 307 | 526 | 33 | 320 | 3.2 | 10.5 |
| Racibórz | 91 | 184 | 325 | 386 | 299 | 282 | 23 | 295 | 3.7 | 7.7 |

Tab. 6.4.2 Maximální a minimální průměrné denní hodnoty vybraných meteorologických prvků během epizody PM₁₀ v lednu 2010

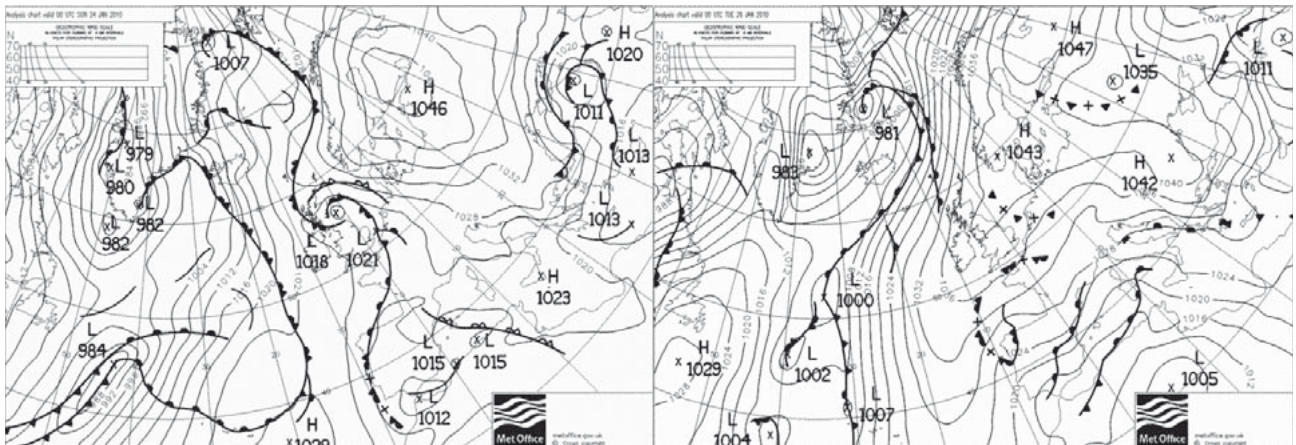
Tab. 6.4.2 Maksymalne i minimalne średnie dobowe wartości wybranych elementów meteorologicznych podczas epizodu PM₁₀ w styczniu 2010 r.

| Meteorologická stanice Stacja meteorologiczna | Teplota vzduchu Temperatura powietrza [°C] | | Rychlost větru Prędkość wiatru [m·s ⁻¹] | |
|--|--|-------|---|-----|
| | Min | Max | Min | Max |
| Bielsko-Biała | -17.5 | -13.2 | 0.8 | 2.5 |
| Katowice | -16.2 | -13.5 | 1.0 | 3.0 |
| Lučina | -22.9 | -13.2 | 0.6 | 1.5 |
| Ostrava-Mošnov | -18.0 | -13.3 | 0.6 | 3.0 |
| Ostrava-Poruba | -17.9 | -12.8 | 0.4 | 1.3 |
| Racibórz | -22.5 | -15.5 | 1.1 | 2.5 |

Obr. 6.4.1 Synoptická mapa z 24. a 26. ledna 2010, 1 hod. CET

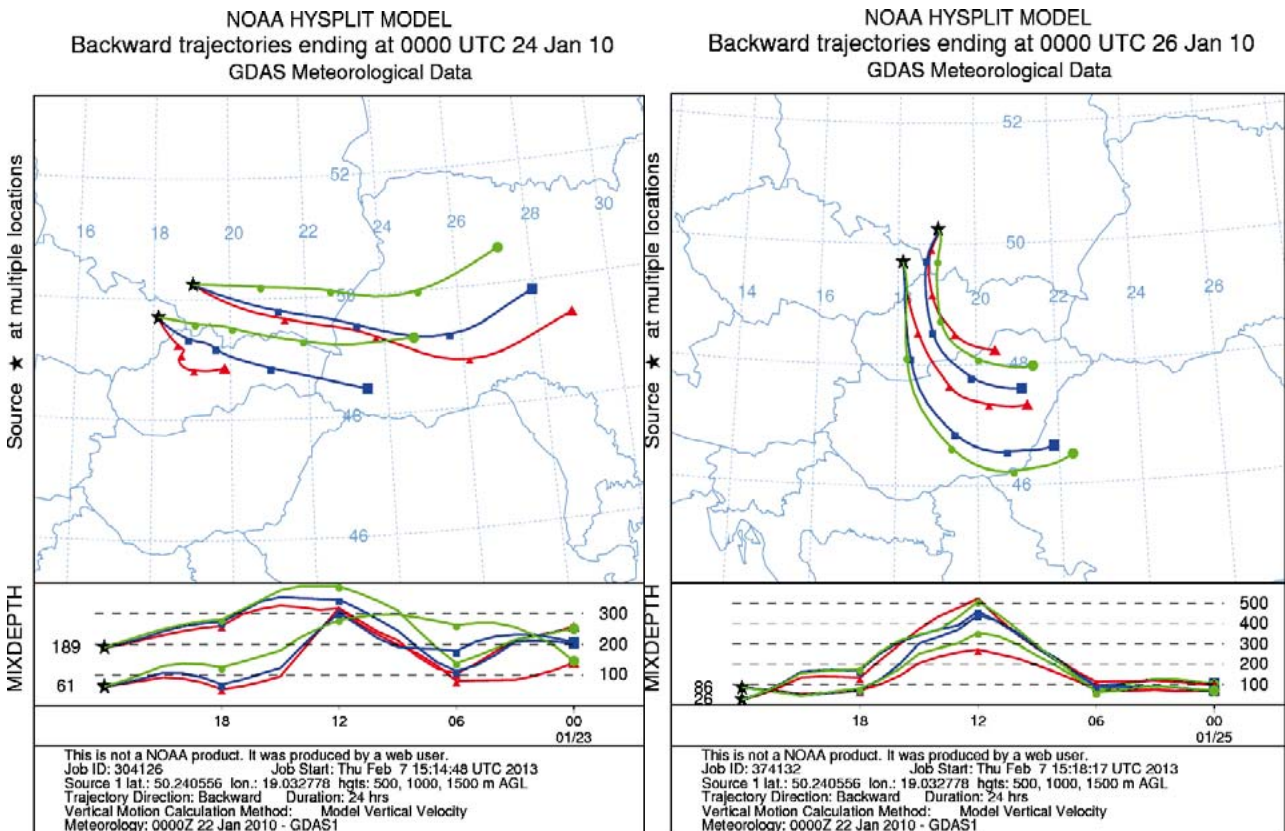
Rys. 6.4.1 Mapa synoptyczna 24 i 26 stycznia 2010 r., godz. 1 CET

[UKMO Met Office Bracknell, 2012]



Obr. 6.4.2 Zpětné trajektorie vzduchových hmot ve výšce 500 m nad zemí (červená), 1000 m n.p.z. (modrá), 1500 m n.p.z. (zelená) a výška směšovací vrstvy, stanovené pomocí modelu HYSPLIT vzhledem ke Katowicím a Mošnovu pro 24. leden 2010 (levý obrázek) a 26. leden 2010 (pravý obrázek) v 1 hod. CET

Rys. 6.4.2 Trajektorie wsteczne mas powietrza dla wysokości 500 m n.p.g. (czerwona), 1000 m n.p.g. (niebieska), 1500 m n.p.g. (zielona) oraz wysokość warstwy mieszania, wyznaczone przy wykorzystaniu modelu HYSPLIT w odniesieniu do Katowic i Mošnova na 24 stycznia 2010 r. (lewý rysunek) i 26 stycznia 2010 r. (prawy rysunek) na godz. 1 CET



6.4.2 Analýza epizody s vysokými koncentracemi ozonu v červenci 2006

Pro podrobnou analýzu byly zvoleny oblastní ozonové epizody, zaznamenané v červenci 2006: první desetidenní od 4. do 13. 7. a druhá čtrnáctidenní od 18. do 31. 7. (tab. 6.4.3). Tyto situace souvisely s nepříznivými meteorologickými podmínkami, resp. vysokými teplotami vzduchu, slunečním zářením a malou rychlostí větru během stacionární tlakové výše. O mohutnosti epizody svědčí skutečnost, že během jejího trvání byla překročena prahová 1hodinová hodnota $180 \mu\text{g m}^{-3}$ pro informování veřejnosti, maximálně jednou o 9% dne 25. 7. v Katovicích a o 8% dvakrát dne 26. 7. v Karviné. Na žádné stanici ale nebyla překročena varovná prahová 1hodinová hodnota $240 \mu\text{g m}^{-3}$. V průběhu epizody koncentrace na většině stanic překračovaly 8hodinovou mezní hodnotu $120 \mu\text{g m}^{-3}$.

Synoptická situace

Od 4. do 6. 7. 2006 bylo slunečné počasí spojené s tlakovou výší, která postupně postupovala ze Skandinávie a od Baltského moře jihovýchodním směrem nad Bělorusko a Ukrajinu [Biuletyn PSHM, 2006]. Z jihovýchodu a z východu proudil stále teplejší kontinentální vzduch. Ve dnech 7. a 8. 7. začala tlaková výše postupně ustupovat mělké brázdě nízkého tlaku vzduchu s atmosférickými frontami, postupující ze západu na východ. Občas vznikala oblačnost, přeháňky a bouřky. V dalších dnech, od 9. do 13. 7., se střední Evropa nacházela v oblasti vyššího tlaku vzduchu s nízkými gradienty, přes kterou postupovaly atmosférické fronty spojené s oblastmi nízkého tlaku vzduchu ze západní a severní Evropy. Do oblasti proudil mořský polární vzduch. Bylo poměrně hezké počasí, pouze občas vznikala oblačnost a přeháňky nebo bouřky. Synoptická situace od 14. do 17. 7. způsobila přechodné zlepšení kvality ovzduší. 14. 7. dominovala cyklonální cirkulace. Přechodně proudil tropický, nebo vlhký mořský polární vzduch. Bylo oblačno a občas přišlo, místy se vyskytovaly bouřky. Ve dnech 14.–16. 7. se rozšiřovala oblast vysokého tlaku se středem nad Severním mořem, která přinesla arktický vzduch ze severu. Celkově bylo hezké počasí. Ve dnech 18. a 19. 7. byla střední Evropa pod vlivem slabé tlakové výše z jižní Evropy (obr. 6.4.5). Proudil teplejší mořský polární vzduch. 20. a 21. 7. se tlaková níže přesunula na východ, přemístila se mělká brázda s atmosférickou frontou, za kterou proudil velmi horký tropický vzduch. Bylo poměrně hezké počasí, pouze přechodně se oblačnost zvyšovala na velkou, vyskytovaly se přeháňky a bouřky. Bylo velmi horko. Po dobu dalších

průběhu epizody vzrostla rychlost větru až do vystupování cizy. W tym etapie warstwa inwersyjna jest już ukształtowana i ulega tylko niewielkim wahaniom dobowym. W tym okresie obserwuje się słaby napływ powietrza ze wschodu lub całkowitą stagnację. Etap ten skończył się w godzinach popołudniowych 27 stycznia.

- Etap III zániku wyżu i dostawania się regionu pod wpływ zatoki niżowej z frontem atmosferycznym – charakteryzujący się szybkim wzrostem temperatury powietrza, stopniowym wypływaniem inwersji aż do jej zániku i wzrostem prędkości wiatru oraz napływem powietrza z zachodu.

Jakość powietrza na stacjach monitoringu

Podczas epizodu występowały wysokie stężenia PM_{10} , jak również $\text{PM}_{2,5}$. Stężenia PM_{10} chwilowe jednogodzinne przez większość czasu były powyżej $200 \mu\text{g m}^{-3}$, maksymalnie osiągając $890 \mu\text{g m}^{-3}$ na stacji Ostrava-Zábřeh 25 stycznia o godzinie 16 CET (rys. 6.4.3–6.4.4). Stężenie $\text{PM}_{2,5}$ chwilowe jednogodzinne maksymalnie osiągnęło $641 \mu\text{g m}^{-3}$ (Katowice, godzina 2 CET), natomiast maksymalne stężenie średniodobowe równe $408 \mu\text{g m}^{-3}$ zarejestrowano 26 stycznia na stacji Trinec-Kosmos. Przebieg dobowy pyłu zawieszonego wykazuje z reguły maksymalną wartość zanieczyszczenia w godzinach nocnych oraz tzw. przejścia porannego i wieczornego, co związane jest ze strukturą termiczno-dynamiczną warstwy granicznej atmosfery. Podczas omawianego epizodu struktura ta nie zawsze jest wyraźnie zaznaczona, a wysokie poziomy pyłu PM_{10} utrzymywały się niejednokrotnie przez całą dobę [Blažek et al., 2010].

W analizowanym okresie wysokim stężeniom pyłu zawieszonego towarzyszyły podwyższone stężenia dwutlenku siarki. Jednak przekroczenie wartości $125 \mu\text{g m}^{-3}$, tj. dopuszczalnego średniego dobowego stężenia SO_2 , wystąpiło we wszystkich dniach epizodu, regionalnie jedynie na terenie Żywiecczyzny, najmniej o 22% (23 stycznia), a maksymalnie o 105% (26 stycznia). Niższe przekroczenia wartości 24-godzinnej zarejestrowano na niektórych pozostałych stacjach. Przekroczeniem średniego dobowego poziomu dopuszczalnego SO_2 towarzyszyły także przekroczenia jednogodzinnych stężeń dopuszczalnych tej substancji, tj. $350 \mu\text{g m}^{-3}$, osiągając w Żywcu maksymalnie $407 \mu\text{g m}^{-3}$ (25 stycznia, godz. 11 CET). Jednocześnie przekroczenie stężeń pyłu PM_{10} oraz stężeń SO_2 podczas tego typu epizodów są w ostatnich latach sytuacjami niezbyt częstymi i występują tylko podczas najpoważniejszych takich sytuacji. W analizowanym okresie wystąpiły również podwyższone stężenia NO_2 i CO , jednak nie przekraczające poziomu dopuszczalnego, odpowiednio jednogodzinne wynoszące

dnů, od 22. do 28. 7., se nad střední Evropou udržoval horký tropický vzduch v oblasti mírně zvýšeného tlaku se slabými gradienty. Bylo hezké počasí. 28. 7. přišla brázda nízkého tlaku se studenou frontou, srážkami a bouřkami, po nichž začal proudit chladnější a vlhčí mořský polární vzduch. Do konce července byla střední Evropa pod vlivem tlakových níží s frontami. Převažovalo oblačné počasí s přeháňkami a bouřkami. Během situací s vysokými koncentracemi ozonu v červenci 2006 byl, podle Niedźwiedziovy klasifikace, typ atmosférické cirkulace anticyklonální.

Zpětné trajektorie (obr. 6.4.6) zpracované na základě modelu HYSPLIT [Draxler et al., 2010; Rolph, 2010] ukázaly potenciální příliv vzduchu nad jižní Polsko a severovýchodní Česko, od 4. do 7. 7. z jihovýchodu a jihu z území Slovenska a Maďarska a později ze Srbska, Chorvatska a Bosny a Hercegoviny, 8. 7. se proudění změnilo na jihojihozápadní z území západního Rakouska a severního Slovinska. 9. a 10. 7. se pak oblast česko-polského přeshraničí Slezska a Moravy nacházela ve středu silné tlakové výše. V závěrečné fázi první ozonové epizody od 11. do 13. 7. vzduch proudil od východních hranic Polska s Ukrajinou. Od 14. do 17. 7. přechodně pronikal vzduch z Botnického zálivu. V prvním období druhé ozonové epizody od 18. do 28. 7. do oblasti česko-polského přeshraničí Slezska a Moravy proudil, podle výsledků modelu HYSPLIT, vzduch ze severního a severovýchodního Polska, přechodně ze západního Německa, nebo se přeshraniční oblast nacházela ve středu oblasti vysokého tlaku, stejně jako 24. a 27. 7. V posledních dnech července proudily vzduchové hmoty ze severoseverozápadu od Baltského moře z území průlivu Kattegat, v posledním dni měsíce vzduch proudil ze severního Slovenska. Výsledky modelu potvrdily výskyt různé výšky směšovací vrstvy v průběhu dne, velmi vysoké během dne, kdy byla zaznamenána silná konvekce a silně instabilní atmosféra.

Průběh vybraných meteorologických prvků během epizod

Červenec 2006 byl z teplotního a srážkového hlediska velmi teplý a suchý. Na většině meteorologických stanic ČHMÚ a IMGW-PIB byla průměrná měsíční teplota vzduchu vyšší o 2 °C než dlouhodobý průměr (klimatický normál). K nejteplejším dnům patřil 20.–22. červenec (tab. 6.4.4).

Tlak vzduchu byl proměnlivý a vykazoval denní chod, v nočních hodinách byl vysoký, kdežto během dne klesal o několik hPa. Relativní vlhkost vzduchu během dne byla téměř 100%, zatímco v noci klesala na 20–30%. Průměrná denní intenzita slunečního záření činila cca 270 W·m⁻² a maximální krátkodobá 870 W·m⁻². Doba trvání slunečního

200 µg·m⁻³ dla NO₂ i 8-godzinne 10 000 µg·m⁻³ dla CO. Maksymalne zarejestrowane wartości NO₂ osiągnęły 96,5% dopuszczalnej normy na stacji monitoringowej w Ostrawie-Zábřeh 25 stycznia o godz. 16 CET oraz 99% w Katowicach 26 stycznia o godz. 23 CET. Na południu województwa śląskiego 25 stycznia występowały podwyższone 8-godzinne stężenia tlenu węgla CO w powietrzu, dochodzące do poziomu 60% normy w Cieszynie i Bielsku-Białej.

6.4.2. Analiza epizodu wysokich stężeń ozonu w lipcu 2006 r.

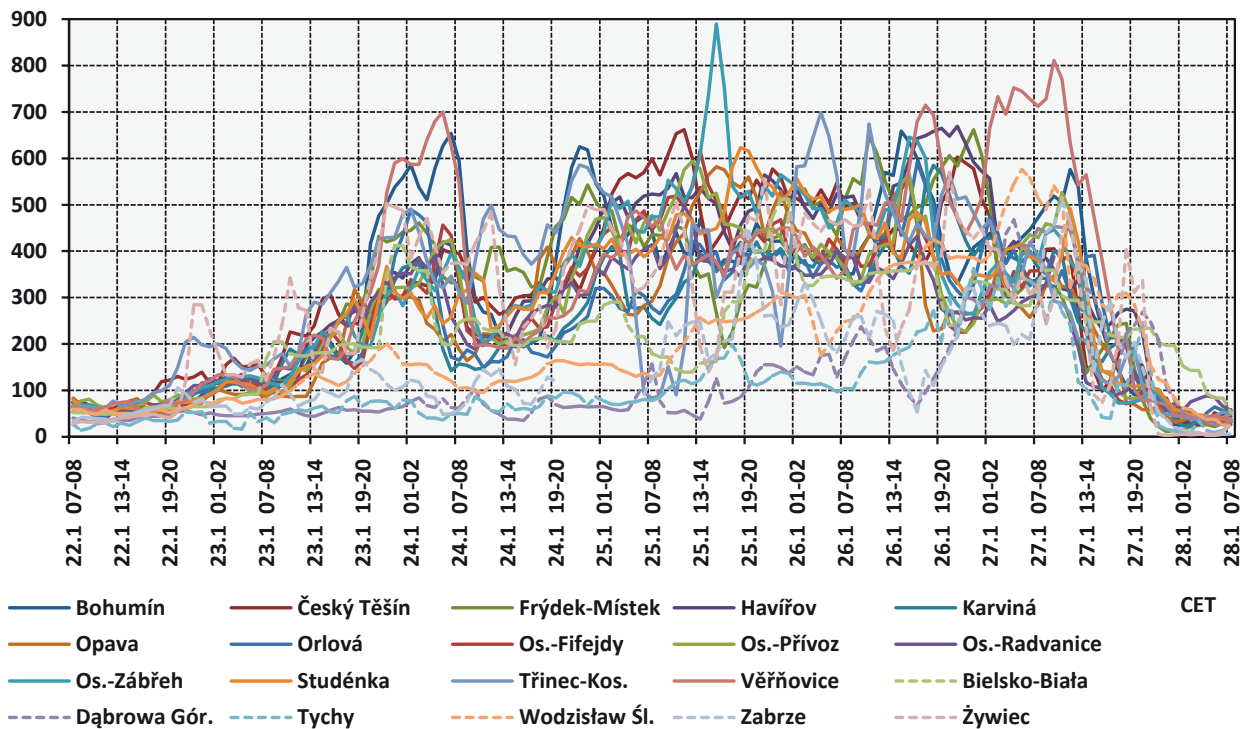
Do szczegółowej analizy wybrano obszarowe epizody ozonowe, które wystąpiły w lipcu 2006 r.: pierwszy, 10-dniowy, od 4 do 13 i drugi, 14-dniowy, od 18 do 31 (tab. 6.4.3). Sytuacje te były związane z niekorzystnymi warunkami meteorologicznymi charakteryzującymi się wysokimi wartościami temperatury, promieniowania słonecznego i małą prędkością wiatru w warunkach występowania stacjonarnego układu wyżowego. O wielkości epizodu świadczy fakt, że podczas jego trwania w lipcu 2006 r. wartość progowa jednogodzinna, równa 180 µg m⁻³, informowania społeczeństwa o ryzyku wystąpienia poziomów alarmowych O₃ była przekroczona maksymalnie raz o 9% 25 lipca w Katowicach i o 8% dwukrotnie 26 lipca w Karwinie. Na żadnej stacji nie został jednak zarejestrowany poziom alarmowy 240 µg·m⁻³ (wartość jednogodzinna). Na większości stacji podczas trwania epizodu ozonowego stężenia przekraczały wartość docelową 8-godzinną wynosząca 120 µg·m⁻³.

Sytuacja synoptyczna

Od 4 do 6 lipca 2006 r. była słoneczna, wyżowa pogoda. Ośrodek wyżowy znad Skandynawii i Bałtyku stopniowo przemieszczał się w kierunku południowo-wschodnim nad Białoruś i Ukrainę [Biuletyn PSHM, 2006]. Z południowego wschodu i ze wschodu napływało coraz cieplejsze powietrze kontynentalne. W dniach 7 i 8 lipca słoneczny wyż stopniowo zaczął ustępować miejsca płytkiej zatoce niżowej z frontami atmosferycznymi, przemieszczającej się z zachodu na wschód. Okresami chmurzyło się, padał przelotny deszcz i występowały burze. Przez kolejne dni, od 9 do 13 lipca, Europa Środkowa znajdowała się w słabogradientowym obszarze podwyższonego ciśnienia, przez który przemieszczały się fronty atmosferyczne związane z niżami znad zachodniej i północnej Europy. Napływało powietrze polarnomorskie. Było dość pogodnie, tylko okresami chmurzyło się i występowały przelotne opady deszczu i burze. Sytuacja synoptyczna od 14 do 17 lipca spowodowała przejściową

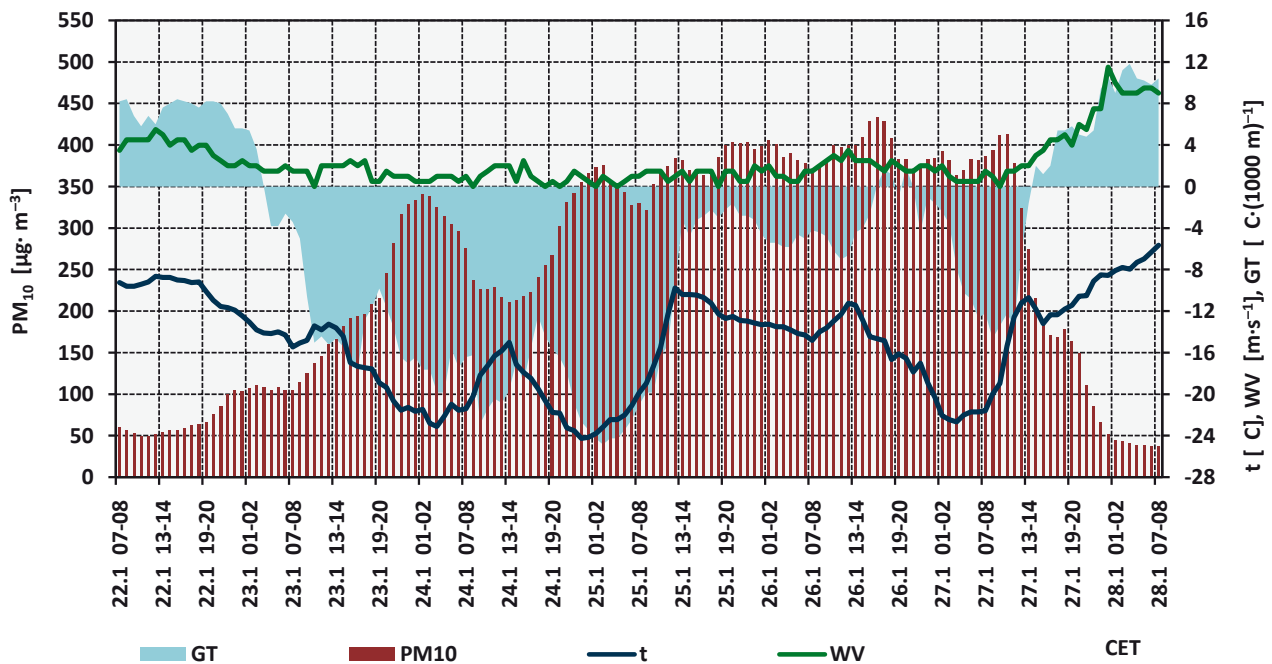
Obr. 6.4.3 1hodinové koncentrace PM₁₀ na vybraných stanicích regionů Slezského vojvodství a Moravskoslezského kraje od 22. do 28. ledna 2010

Rys. 6.4.3 Stężenie 1-godzinne PM₁₀ na wybranych stacjach regionów województwa śląskiego i kraju morawskośląskiego od 22 do 28 stycznia 2010 roku



Obr. 6.4.4 Koncentrace PM₁₀ a meteorologické podmínky během epizody PM₁₀ od 22. do 28. ledna 2010

Rys. 6.4.4 Stężenie PM₁₀ i warunki meteorologiczne podczas epizodu pyłowego od 22 do 28 stycznia 2010 r.



PM10 ... průměrná oblastní koncentrace PM₁₀ / średnioobszarowe stężenie PM₁₀

GT ... vertikální pseudogradient teploty vzduchu / pionowy pseudogradient temperatury powietrza

t ... průměrná oblastní teplota vzduchu / średnioobszarowa temperatura powietrza [°C]

WV ... průměrná oblastní rychlost větru / średnioobszarowa prędkość wiatru [m·s⁻¹]

svitu byla průměrně 11–13 hodin. Vítr byl slabý a mírný. Meteorologickým ukazatelem proměnlivosti vzniku ozonu může být chod teploty vzduchu a intenzity slunečního záření, kdežto jeho redukce výška inverze, třída stability atmosféry nebo atmosférické jevy. Během obou ozonových epizod byl zaznamenán obdobný chod teplotního pseudo-gradientu vzduchu. Jeho kladné hodnoty s maximem v přibližně poledních hodinách poukazyvaly na nestabilní rovnováhu během dne, kdežto v noci se vytvářela teplotní inverze. Instabilní atmosféra při stabilní tlakové výši nasvědčuje vysokému slunečnímu záření a vysokým teplotám vzduchu. Vertikální profil pseudopotenciální teploty potvrzuje výsledky analýzy vertikálního teplotního pseudo-gradientu vzduchu. Ve dnech s hezkým počasím bylo během celého hodnoceného období rozložení pseudopotenciální teploty podobné, což nasvědčuje vzniku nestabilního zvrstvení vzduchu, které bylo ve vrstvě do cca 200 m nad povrchem země velmi nestabilní. To přispívalo k výskytu vysoké směšovací vrstvy a umožňovalo intenzivní výměnu vzduchových hmot a intenzivní produkci ozonu.

Kvalita ovzduší na měřicích stanicích

Fotochemické epizody zaznamenané v červenci 2006 byly charakteristické typickým denním chodem koncentrací O_3 s maximem přibližně v poledních hodinách, překračující v některých dnech 1hodinové hodnoty $180 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (obr. 6.4.7). Jelikož se jedná o epizodu oblastního charakteru, byl časový chod koncentrací a také jejich absolutních hodnot na všech stanicích podobný a korespondoval s chodem teploty vzduchu a slunečního záření v hodnocené oblasti. Dlouhodobý charakter epizody způsobil, že postupně narůstala maximální 8hodinová klouzavá koncentrace O_3 , která během druhé popisované epizody překračovala mezní hodnotu $120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, a to po dobu od 10 do 13 dnů na jednotlivých měřicích stanicích. Chod koncentrací ozonu na měřicích stanicích v hodnocené oblasti ukazuje obrázek 6.4.8.

Poměr NO_2 k O_3 poukazuje na to, že ve všech dnech s vyššími koncentracemi přízemního ozonu převažoval O_3 nad NO_2 (index < 1), to znamená, že se jednalo o typicky letní ozonovou epizodu charakteristickou vysokými koncentracemi ozonu a související s vysokými hodnotami celkového slunečního záření a teploty vzduchu, které se vyskytují v období červen – srpen. Oproti jarním epizodám (březen – květen), které jsou charakteristické významnou koncentrací O_3 při současných vysokých koncentracích prekurzorů fotochemického smogu. V té době nejsou teploty vzduchu a slunečního záření ještě vysoké, ale vykazují rychlý nárůst ze dne na den. V červenci 2006 byly prekurzory ozonu, jako jsou oxidy dusíku a oxid uhelnatý,

popravě jakości powietrza. 14 lipca dominowała cyrkulacja cyklonalna. Przejściowo napływało powietrze zwrotnikowe lub wilgotna masa powietrza polarnomorskiego. Było pochmurno i okresami padał deszcz, lokalnie występowały burze. W dniach 14–16 lipca rozbudowywał się wyż z centrum nad Morzem Północnym, który sprowadził arktyczne powietrze z północy. Na ogół było pogodnie. 18 i 19 lipca Europa Środkowa była w zasięgu słabego wyżu znad południa Europy (rys. 6.4.5). Napłynęło cieplejsze powietrze polarnomorskie. 20 i 21 lipca niż odsunął się na wschód, przemieściła się płytko zatoka z frontem atmosferycznym, za którym napłynęło bardzo gorące zwrotnikowe powietrze. Było dość pogodnie, tylko przejściowo zachmurzenie wzrastało do dużego, padał przelotny deszcz i wystąpiły burze. Było upalnie. Przez kolejne dni, od 22 do 28 lipca, Europa Środkowa pozostawała w upalnym powietrzu zwrotnikowym, w słabogradientowym obszarze lekko podwyższonego ciśnienia. Było pogodnie. 28 lipca wkroczyła zatoka niżowa z frontem chłodnym, z opadami deszczu i burzami, za którym zaczęło napływać trochę chłodniejsze i bardziej wilgotne powietrze polarnomorskie. Do końca miesiąca Europa Środkowa pozostała w zasięgu niżów z frontami. Dominowała pogoda pochmurna z przelotnymi opadami deszczu i burzami. Podczas sytuacji z wysokimi stężeniami ozonu w lipcu 2006 r. typ cyrkulacji atmosferycznej był antycyklonalny według klasyfikacji Niedźwiedzia.

Wyznaczone przy użyciu modelu HYSPLIT [Draxler et al., 2010; Rolph, 2010] trajektorie wsteczne (rys. 6.4.6) pokazały następujący, potencjalny napływ powietrza nad południową Polskę i północno-wschodnie Czechy: od 4 do 7 lipca 2006 r. z południowego-wschodu i południa z obszaru Słowacji i Węgier, a następnie Serbii, Chorwacji oraz Bośni i Hercegowiny, 8 lipca napływ zmienił się na południowo-południowy zachodni (SSW) znad obszaru zachodniej Austrii i północnej Słowenii. Następnie 9 i 10 lipca obszar pogranicza polsko-czeskiego znajdował się w centrum silnego wyżu. W końcowej fazie pierwszego epizodu ozonowego od 11 do 13 lipca 2006 r. powietrze napływało z wschodniej granicy Polski z Ukrainą. Od 14 do 17 lipca napływ powietrza był przejściowo znad Zatoki Botnickiej. W pierwszym okresie drugiego epizodu ozonowego w lipcu 2006 r. od 18 do 28 lipca napływ powietrza na obszar pogranicza polsko-czeskiego był, według wyników modelu HYSPLIT, z północnej lub północno-wschodniej Polski, przejściowo z zachodnich Niemiec, albo obszar ten znajdował się w centrum wyżu jak 24 i 27 lipca. W ostatnich dniach miesiąca masa powietrza napływała z północno-północnego zachodu (NNW) znad Morza Bałtyckiego z rejonu cieśniny

Tab. 6.4.3 Data a termíny překročení informativní prahové hodnoty pro informování veřejnosti o riziku překročení prahové hodnoty pro O₃ rovné 180 µg·m⁻³ v červenci 2006

Tab. 6.4.3 Daty i terminy przekroczenia wartości progowej 180 µg·m⁻³ informowania społeczeństwa o ryzyku wystąpienia przekroczenia poziomu alarmowego dla O₃ w lipcu 2006 r.

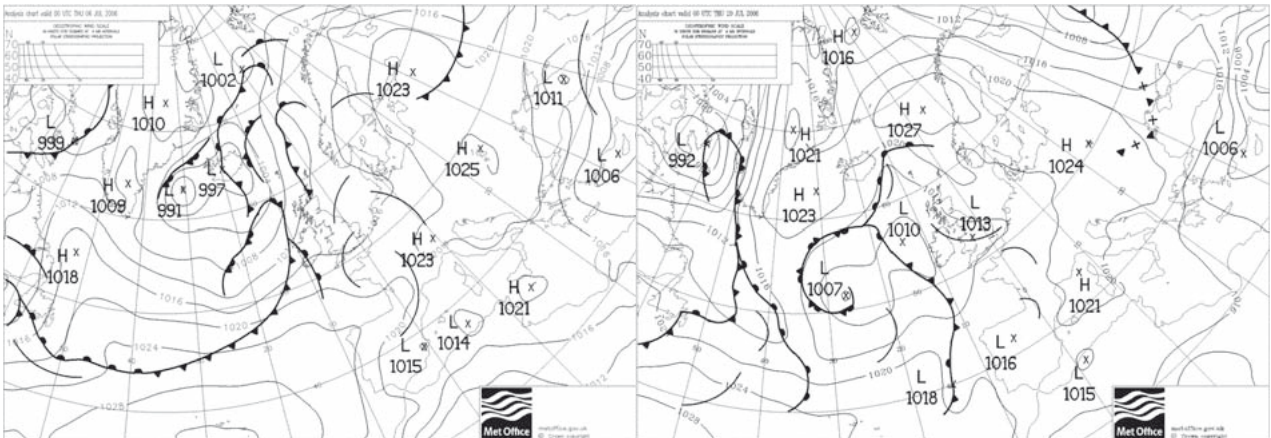
| Monitorovací stanice kvality ovzduší Stacja monitoringu jakości powietrza | Středoevropský čas Czas środkowoeuropejski [CET] | | | | | |
|--|--|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 10.7.2006 | | | | | | |
| Karviná | | 182 | 190 | | 182 | |
| Třinec-Kosmos | | | 181 | | | 181 |
| 12.7.2006 | | | | | | |
| Ostrava-Fifejdy | | | | 183 | | |
| 20.1.2006 | | | | | | |
| Karviná | 186 | 186 | 183 | 188 | 189 | |
| Třinec-Kosmos | | | | 185 | | |
| Dąbrowa Górnicza | | 181 | | | 187 | |
| Katowice | | | | 185 | 191 | |
| 23.7.2006 | | | | | | |
| Třinec-Kosmos | | 184 | 184 | | | 184 |
| 24.7.2006 | | | | | | |
| Třinec-Kosmos | | | | 181 | | |
| Katowice | | | | 194 | 196 | |
| 26.7.2006 | | | | | | |
| Karviná | | | | 184 | 195 | 195 |
| Ostrava-Fifejdy | | | | | 186 | 181 |
| Studénka | | | | 182 | | |
| 27.7.2006 | | | | | | |
| Karviná | | | | 183 | | |
| Třinec-Kosmos | | | 185 | 188 | 191 | 193 |
| 29.7.2006 | | | | | | |
| Karviná | 185 | | | | | |

Tab. 6.4.4 Maximální průměrné denní hodnoty vybraných meteorologických prvků během epizody O₃ v červenci 2006

Tab. 6.4.4 Maksymalne średnie dobowe wartości wybranych elementów meteorologicznych podczas epizodu O₃ w lipcu 2006 r.

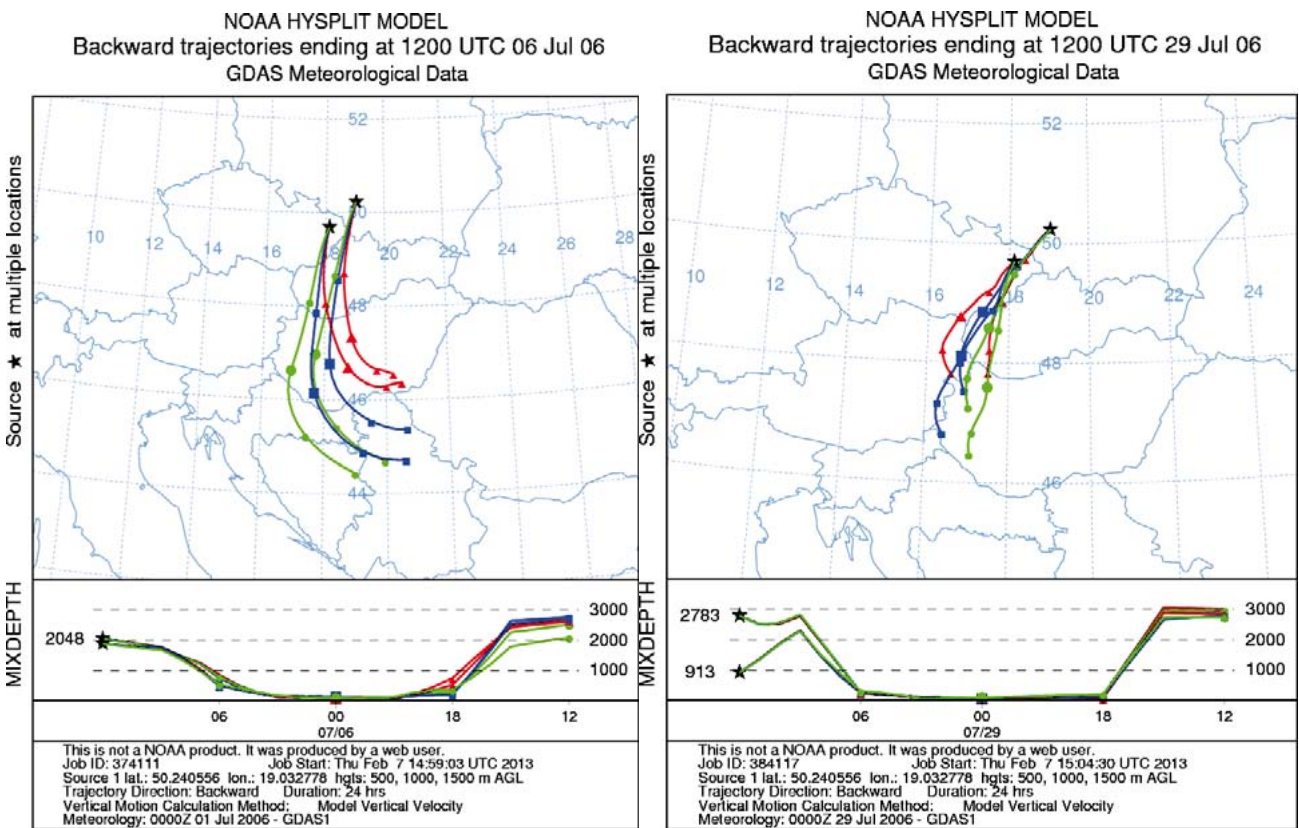
| Meteorologická stanice Stacja meteorologiczna | Průměrná denní teplota Temperatura średnia dobowa [°C] | Sluneční svit Usłone- cznienie [hod.,godz.] | Globální sluneční záření Promieniowanie słoneczne całkowite [W·m ⁻²] | Rychlost větru Prędkość wiatru [m·s ⁻¹] |
|--|---|---|---|---|
| Bielsko-Biała | 26,6 | - | - | 3,4 |
| Katowice | 25,6 | 14,8 | 336 | 2,3 |
| Lučina | 26,0 | - | - | 2,8 |
| Ostrava-Mošnov | 26,0 | 14,9 | 340 | 3,1 |
| Ostrava-Poruba | 26,3 | - | - | 1,9 |
| Racibórz | 26,2 | - | - | 4,0 |

Obr. 6.4.5 Synoptická mapa z 6. a 20. července 2006, 1 hod. CET
 Rys. 6.4.5 Mapa synoptyczna 6 lipca i 20 lipca 2006 r., godz. 1 CET
 [UKMO Met Office Bracknell, 2012]

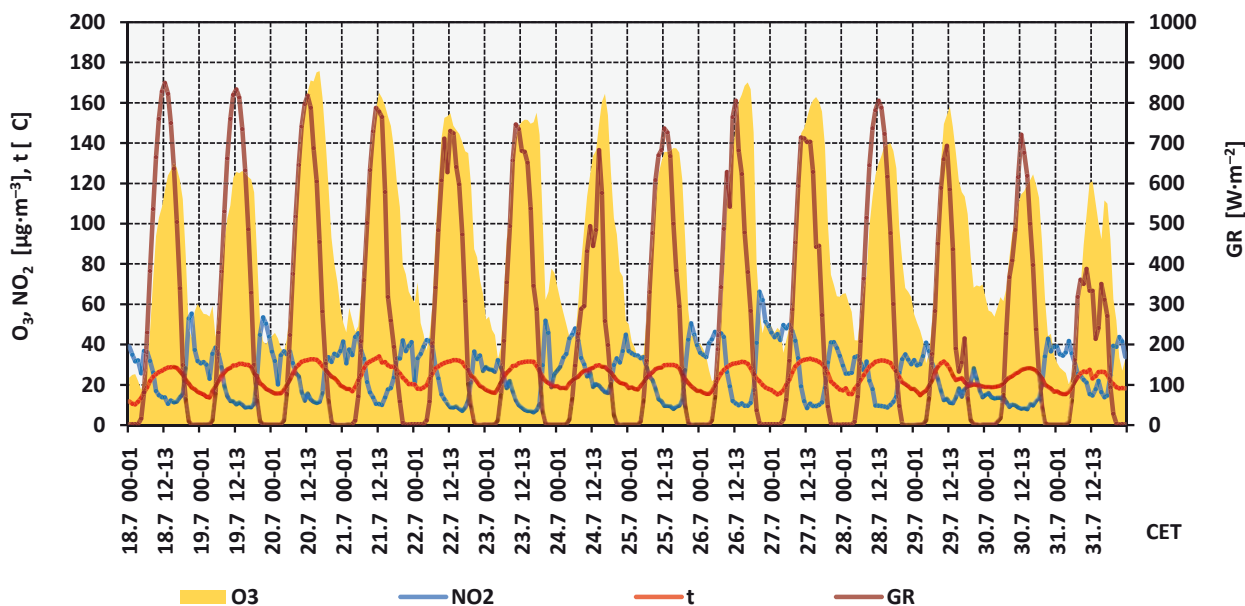


Obr. 6.4.6 Zpětné trajektorie vzduchových hmot ve výšce 500 m n.p.z. (červená), 1000 m n.p.z. (modrá), 1500 m n.p.z. (zelená) a výška směšovací vrstvy, stanovené pomocí modelu HYSPLIT vzhledem ke Katowicím a Mošnovu pro 6. červenec 2006 (levý obrázek) a 29. červenec 2006 (pravý obrázek) v 1 hod. CET

Rys. 6.4.6 Trajektorie wsteczne mas powietrza dla wysokości 500 m n.p.g. (czerwona), 1000 m n.p.g. (niebieska), 1500 m n.p.g. (zielona) oraz wysokość warstwy mieszania, wyznaczone przy wykorzystaniu modelu HYSPLIT w odniesieniu do Katowic i Mošnova w dniu 6 lipca 2006 r. (lewý rysunek) i w dniu 29 lipca 2006 r. (prawy rysunek) na godz. 1 CET



Obř. 6.4.7 Koncentrace O_3 , NO_2 a meteorologické podmínky v oblasti Sleřského vojvodství a Moravskosleřského kraje během ozonové epizody od 18. do 31. řervence 2006
Rys. 6.4.7 Stężenia O_3 , NO_2 i warunki meteorologiczne na obszarze województwa śląskiego i morawskośląskiego podczas epizody ozonowego od 18 do 31 lipca 2006 r.



O3 ... průměrná oblastní koncentrace O_3 / średnioobszarowe stężenie O_3
NO2 ... průměrná oblastní koncentrace NO_2 / średnioobszarowe stężenie NO_2
t ... průměrná oblastní teplota vzduchu / średnioobszarowa temperatura powietrza
GR ... globální sluneční záření / promieniowanie słoneczne całkowite

na poměrně nízké úrovni a nepřekračovaly své přípustné hodnoty (NO_2 i CO). Na obrázku 6.4.9 je zobrazen chod koncentrací ozonu podle jeho vybraných prekurzorů.

Denní proměnlivost NO_x a O_3 lze rozdělit na etapy, změny v každé etapě souvisí s fotochemickými změnami a emisemi (bilance mezi NO_x a O_3) [Song, Justino-Atresino, Goa, 2011]:

- V 1. etapě (3–7 hodin CET) se koncentrace NO_x prudce zvyšuje, což je odrazem větší emise z dopravy v době ranní dopravní špičky a průmyslové činnosti. Nově emitovaný NO reaguje s O_3 bez účasti slunečního záření, vede ke vzniku NO_2 s zároveň ke snížení koncentrace O_3 .
- Ve 2. etapě (7–15 hodin CET) sluneční záření ovlivňuje zrychlení fotochemických proměn a vede ke značné produkci O_3 , zejména na začátku této etapy. Atomy kyslíku vzniklé v důsledku reakce fotolýzy NO_2 mohou reagovat s O_2 a způsobovat vznik O_3 . Kolem 15. hodiny dosahují koncentrace O_3 nejvyšších hodnot, kdežto NO_x nejnižších. V tomto období nemá akumulace NO_x větší význam s ohledem na fotochemické změny a maximální výšku smě-

Kattegat, a v ostatním dnu měsíce napływ mas powietrza był znad północnej Słowenii. Wyniki modelu potwierdziły występowanie różnicowanej w ciągu doby wysokości warstwy mieszanej, bardzo wysokiej podczas dnia przy występowaniu silnej konwekcy i silnie chwiejnej klasy stabilności atmosfery.

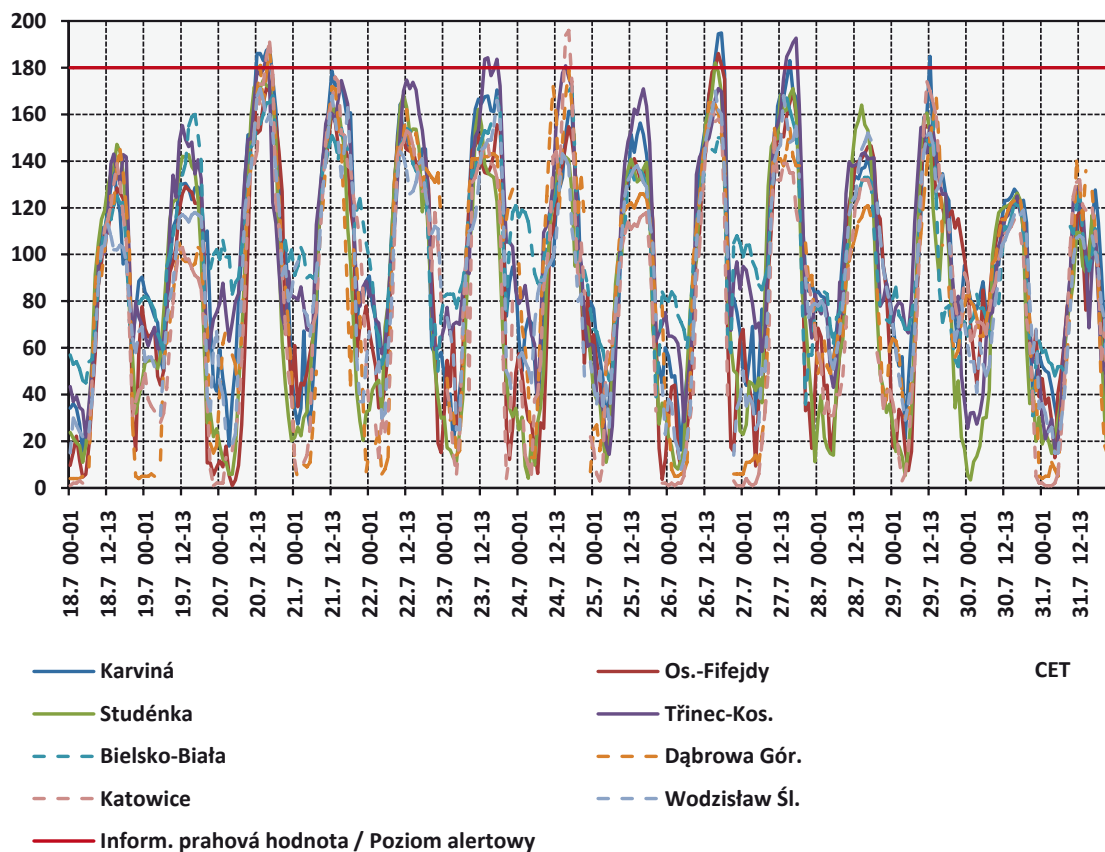
Przebieg wybranych elementów meteorologicznych podczas epizodów

Lipiec 2006 r. pod względem termicznym i opadowym był bardzo ciepły i suchy. Na większości stacji meteorologicznych IMGW-PIB i ČHMÚ średnia miesięczna temperatura powietrza była o 2 °C wyzsze od normy klimatycznej. Najcieplejszymi dniami były 20–22 lipca (tab. 6.4.4).

Ciśnienie atmosferyczne było zmienne i wykazywało przebieg dobowy, w godzinach nocnych było wysokie, natomiast podczas dnia spadało o kilka hPa. Wilgotność względna powietrza w ciągu dnia była bliska 100%, natomiast w nocy spadała do 20–30%. Średnie dobowe natężenie promieniowania słonecznego wynosiło około 270 W·m⁻², a chwilowe 870 W·m⁻². Usłonecznienie wynosiło średnio 11–13 godzin. Wiatr był słaby i umiarkowany. Meteorologicznym wskaźnikiem zmienności

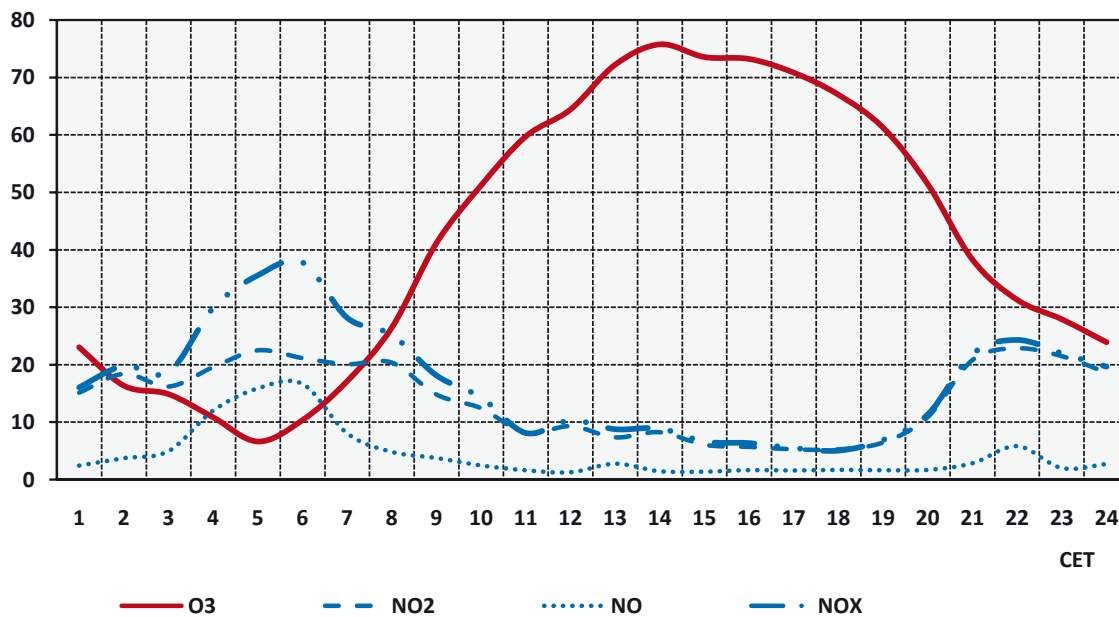
Obr. 6.4.8 Průběh 1hodinových koncentrací O₃ od 18. do 31. července 2006

Rys. 6.4.8 Przebieg 1-godzinne stężenia O₃ od 18 do 31 lipca 2006 roku



Obr. 6.4.9 Denní chod průměrných hodinových koncentrací NO_x a O₃ v ppb v oblasti Slezského vojvodství a Moravskoslezského kraje během ozonové epizody 12. července 2006

Rys. 6.4.9 Dobový przebieg średnich godzinowych stężeń NO_x i O₃ v ppb na obszarze województwa śląskiego i morawskośląskiego 12 lipca 2006 r. podczas epizodu ozonowego



šovaci vrstvy, a s tím související konvekci v průběhu dne.

- Ve 3. etapě (15–20 hodin CET) fotochemické proměny způsobují snížení koncentrace O_3 a zvýšení koncentrace NO_2 . Snížení koncentrace O_3 je dáno především snížením intenzity slunečního záření, které v průběhu dne snižuje míru fotochemických reakcí. V souladu s tím vznikají podmínky příznivé pro kumulaci NO_x v důsledku zvýšení emise během večerní dopravní špičky. Ale s ohledem na značné snížení hodnot NO_x ve srovnání s 1. a 2. etapou, nedosahuje koncentrace NO_x tak vysokých hodnot.
- Ve 4. etapě (20–3 hodin CET) je úroveň NO_x a O_3 stejná bez přítomnosti slunečního záření a přímých zdrojů emisí.

powstawania ozonu może być przebieg temperatury powietrza i promieniowania, natomiast jego redukcji – wysokość inwersji, klasa stabilności atmosfery czy zjawiska atmosferyczne. Podczas obu epizodów ozonowych utrzymywał się podobny przebieg pseudogradientu temperatury powietrza. Dodatkowo jego wartości z maksimum w godzinach okołopołudniowych świadczyły o występowaniu równowagi chwiejnej w ciągu dnia, podczas gdy nocą wykształcała się inwersja temperatury. Chwiejna równowaga atmosfery w warunkach stabilnego układu wyżowego oznacza dopływ wysokiego promieniowania słonecznego i występowanie wysokich temperatur powietrza. Pionowy profil temperatury pseudopotencjalnej potwierdza wyniki analiz pionowego pseudogradientu temperatury powietrza. W pogodne dni podczas całego badanego okresu nad obszarem pogranicza Śląska i Moraw w godzinach okołopołudniowych utrzymywał się podobny rozkład temperatury pseudopotencjalnej, świadczący o wykształcaniu się chwiejnej stratyfikacji powietrza, która w warstwie do około 200 m nad poziomem gruntu była bardzo chwiejna. Sprzyjało to występowaniu wysokiej warstwy mieszania oraz pozwalało na intensywną wymianę mas powietrza i znacznej produkcji ozonu.

Jakość powietrza na stacjach monitoringu

Epizody fotochemiczne w lipcu 2006 r. charakteryzowały się typowym dobowym przebiegiem stężeń ozonu z maksimum w godzinach okołopołudniowych, przekraczającym w niektórych dniach wartości chwilowe $180 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (rys. 6.4.7). Jak przystało na epizod o charakterze obszarowym, zarówno przebieg czasowy stężeń, jak też ich wartości bezwzględne były na wszystkich stacjach zbliżone i nawiązywały do przebiegu temperatury powietrza, jak również promieniowania słonecznego na badanym terenie. Długotrwały charakter epizodu spowodował, że stopniowo wzrastało maksymalne ośmiogodzinne stężenie kroczące ozonu, które szczególnie podczas drugiego z omawianych epizodów przekraczało poziom docelowy $120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ przez okres od 10 do 13 dni na poszczególnych stacjach monitoringu jakości powietrza. Przebieg stężeń ozonu na stacjach monitoringu jakości powietrza zlokalizowanych w obszarze badań pokazano na rys. 6.4.8.

Stosunek NO_2 do O_3 wskazuje, że wszystkie dni z podwyższonymi stężeniami ozonu przyziemnego charakteryzują się przewagą O_3 nad NO_2 (współczynnik mniejszy od 1), czyli był to typowo letni epizod ozonowy charakteryzujący się wysokimi koncentracjami ozonu i związany z wysokimi wartościami promieniowania całkowitego i temperatury powietrza, występujący w okresie czerwiec–sierpień. Przeciwnieństwem są epizody wiosenne

(marzec–maj) charakteryzujące się znacznym stężeniem ozonu przy równoczesnym wysokim tle stężeń prekursorów smogu fotochemicznego. Wtedy temperatury powietrza i promieniowanie nie są jeszcze wysokie, ale charakteryzują się szybkim przyrostem z dnia na dzień. W lipcu 2006 r. prekursory ozonu, takie jak tlenki azotu i tlenek węgla, były na stosunkowo niskim poziomie i nie przekraczały swych wartości dopuszczalnych (NO_2 i CO). Na rys. 6.4.9 przedstawiono przebieg stężeń ozonu na tle jego wybranych prekursorów.

Dobową zmienność NO_x i O_3 można podzielić na etapy. Zmiany w każdym etapie związane są z przemianami fotochemicznymi oraz z emisją (bilans między NO_x i O_3) [Song, Justino-Atresino, Goa, 2011]:

- W etapie I (godzina 3.00–7.00) stężenie NO_x gwałtownie wzrasta, co odzwierciedla zwiększoną emisję komunikacyjną w godzinach szczytu porannego oraz aktywność przemysłową. Nowo wyemitowany NO , reagując z O_3 bez udziału promieniowania słonecznego, prowadzi do powstania NO_2 i zarazem redukcji stężenia O_3 .
- W etapie II (godzina 7.00–15.00) obecność promieniowania słonecznego wpływa na zwiększenie szybkości przemian fotochemicznych,

doprowadzając do znacznej produkcji O_3 , zwłaszcza na początku tego etapu. Atomy tlenu powstałe w wyniku reakcji fotolizy NO_2 mogą reagować z O_2 , powodując powstanie O_3 . Około godziny 15.00 O_3 wykazuje najwyższe wartości, podczas gdy NO_x przyjmuje najniższe wartości. W tym okresie akumulacja NO_x nie ma większego znaczenia ze względu na przemiany fotochemiczne i maksymalną wysokość warstwy mieszania oraz związaną z tym konwekcją w ciągu dnia.

- W etapie III (godzina 15.00–20.00) przemiany fotochemiczne powodują zmniejszenie stężenia O_3 oraz zwiększenie stężenia NO_2 . Zmniejszenie stężenia O_3 wynika głównie ze zmniejszenia promieniowania słonecznego, które w ciągu dnia obniża poziom reakcji fotochemicznych. W związku z tym powstają warunki sprzyjające kumulacji NO_x w wyniku zwiększonej emisji podczas szczytu wieczornego. Jednak ze względu na znaczne zmniejszenie wartości NO_x w porównaniu z etapem I i II stężenie NO_x nie osiąga tak wysokich wartości.
- W etapie IV (godzina 20.00–3.00) poziom NO_x i O_3 układa się na stałym poziomie bez obecności promieniowania słonecznego i bezpośrednich źródeł emisji.

ZÁVĚR A SHRNU TÍ

7.

Meteorologické prvky mající jak přímý, tak nepřímý vliv na úroveň znečištění ovzduší byly podrobně popsány na základě výsledků měření v přeshraniční oblasti Slezska a Moravy v období od ledna 2001 do března 2011 (kap. 3). Za stejné období byly vyhodnoceny výsledky měření většiny znečišťujících látek, pro které jsou stanoveny legislativní meze (kap. 4) a bylo prokázáno, jak úroveň jejich koncentrací v oblasti souvisí s meteorologickými podmínkami (kap. 5 a 6).

Meteorologické prvky byly vyhodnoceny z měření meteorologických stanic Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) a Institutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Institutu Badawczego (IMGW-PIB) v období od ledna 2001 do března 2011.

- **Proudění vzduchu** převážně z jihozápadních směrů je typické pro severovýchodní Moravu a souvisí s orografickým vlivem Moravské brány. Tento vliv je patrný i v přilehlých částech Slezského vojvodství. V chladných obdobích roku (říjen–březen) bylo v průměru 105–115 dnů s větry z jihozápadní poloviny horizontu a 47–66 dnů v jednom chladném období s větry ze severovýchodní poloviny horizontu. V teplých obdobích roku (duben–září) byl průměrný počet dnů s větry z jihozápadní poloviny horizontu 75–100 a s větry ze severovýchodní poloviny horizontu 58–78.

- **Rychlost větru** se v české a polské části přeshraniční oblasti příliš nelišila, nicméně průměrné rychlosti pro region Slezského vojvodství byly v průměru v obou polovinách roku vyšší o $0,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ než v regionu Moravskoslezského kraje. Nízké průměrné denní rychlosti větru do maximálně $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ byly v regionu Moravskoslezského kraje ve všech hodnocených obdobích čtenější než v regionu Slezského vojvodství, a naopak vysoké průměrné denní rychlosti větru od $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ byly čtenější v regionu Slezského vojvodství. Průměrná rychlost větru měla zřetelný roční a denní chod.

- **Stabilitní podmínky** se v jednotlivých obdobích různých roků poměrně výrazně lišily, roční i denní chod vertikálního pseudogradientu teploty byl výrazný. Vrstva atmosféry 0–1000 m byla v chladné polovině roku stabilnější než v teplé polovině roku, tj. podmínky pro rozptyl znečišťujících látek byly méně příznivé.

- **Teplotní poměry** jsou v regionu Moravskoslezského kraje a Slezského vojvodství velmi podobné. Rozdíly regionálních teplot byly v průměru $0,1\text{--}0,3 \text{ }^\circ\text{C}$ s tím, že region Moravskoslezského kraje byl zejména v teplé polovině roku poněkud

ZAKOŃCZENIE I PODSUMOWANIE

Elementy meteorologiczne, mające wpływ zarówno bezpośredni, jak i pośredni na poziom zanieczyszczenia powietrza, zostały szczegółowo opisane na podstawie wyników pomiarów w obszarze transgranicznym Śląska i Moraw w okresie od stycznia 2001 do marca 2011 r. (rozdz. 3). W tym samym okresie ocenie poddano wyniki pomiarów większości substancji zanieczyszczających, dla których prawnie określone są wartości progowe (rozdz. 4), oraz wskazano, w jaki sposób poziom ich stężeń w obszarze zależny jest od warunków meteorologicznych (rozdz. 5 i 6).

Elementy meteorologiczne badano na podstawie pomiarów ze stacji meteorologicznych Czeskiego Institutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej [Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ)] oraz Institutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej-Państwowego Institutu Badawczego (IMGW-PIB) za okres od stycznia 2001 r. do marca 2011 r.

- **Przepływy mas powietrza** przeważnie z kierunków południowo-zachodnich są typowe dla północno-wschodnich Moraw i są związane z orograficznym wpływem Bramy Morawskiej. Ten wpływ jest widoczny także w sąsiednich przygranicznych częściach województwa śląskiego. W chłodnych okresach roku (październik–marzec) wystąpiło średnio od 105 do 115 dni z wiatrem z południowo-zachodniej części horyzontu i od 47 do 66 dni w jednym chłodnym okresie z wiatrem z północno-wschodniej części horyzontu. W ciepłych okresach roku (kwiecień–wrzesień) średnia liczba dni z wiatrem z południowo-zachodniej części horyzontu wynosiła od 75 do 100, a z wiatrem z północno-wschodniej części horyzontu od 58 do 78.

- **Prędkość wiatru** w polskiej i czeskiej części obszaru transgranicznego zbytnio się nie różniła, niemniej jednak średnie prędkości dla regionu województwa śląskiego były średnio w obu połowach roku wyższe o $0,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ aniżeli w regionie kraju morawskośląskiego. Niskie średnie dobowe prędkości wiatru do maksymalnie $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ występowały w regionie kraju morawskośląskiego we wszystkich badanych okresach częściej aniżeli w regionie województwa śląskiego, natomiast wysokie średnie dobowe prędkości wiatru powyżej $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ występowały częściej w regionie województwa śląskiego. Średnia prędkość wiatru charakteryzowała się wyraźnym przebiegiem rocznym i dobowym.

- **Warunki w zakresie stabilności** w poszczególnych okresach różnych lat stosunkowo wyraźnie się różniły, roczny i dobowy przebieg pionowego

teplejší než region Slezského vojvodství. Průměrná teplota vzduchu měla velmi výrazný roční a denní chod.

- **Úhrn srážek** byl v regionu Slezského vojvodství vyšší než v regionu Moravskoslezského kraje, měl velmi výrazný roční chod. Průměrné roční úhrny se pohybovaly od 636 do 1039 mm, cca 2/3 srážek připadaly na teplou polovinu roku.
- **Doba trvání slunečního svitu** za den se v Mošnově a Katovicích příliš nelišila, její roční i denní chod byl velmi výrazný.
- **Vlhkost vzduchu** byla v Mošnově a Katovicích podobná, s velmi výrazným ročním a denním chodem.
- **Atmosférický tlak** byl v Mošnově a Katovicích v podstatě stejný s nepříliš pravidelným ročním a nevýrazným denním chodem.

Koncentrace škodlivin byly hodnoceny z měření stanic státních imisních sítí, které provozují ČHMÚ a Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska v Katovicích (WIOŚ), v období od října 2005 do března 2011. Naměřené koncentrace škodlivin v ovzduší meziročně kolísají, což je způsobeno zejména odlišnými meteorologickými podmínkami rozptylu, ale také kolísáním množství emisí.

– **Dlouhodobě nejzávažnějším problémem přeshraniční oblasti Slezska a Moravy je vysoká úroveň znečištění ovzduší částicemi antropogenního původu.** Původcem částic v oblasti je vysoká koncentrace průmyslové výroby, velká hustota zástavby s lokálním vytápěním tuhými palivy a zahuštěná dopravní infrastruktura.

– **Největší zdravotní riziko představuje několikanásobné překračování cílového hodnoty benzo[*a*]pyrenu.** Průměrné roční koncentrace benzo[*a*]pyrenu v PM₁₀ více než 3násobně až 18násobně překračovaly cílovou hodnotu na všech lokalitách. V regionu Moravskoslezského kraje byla z hodnocených lokalit nejhorší situace v Ostravě-Radvanicích, kde byla cílová hodnota překročena více než 7násobně až 9násobně. Výsledky měření z roku 2010 však ukazují, že v regionu Slezského vojvodství je pravděpodobně imisní situace ještě mnohem horší.

– **Úroveň znečištění ovzduší suspendovanými částicemi PM₁₀** byla v regionech Slezského vojvodství a Moravskoslezského kraje podobná. Roční a/ nebo denní imisní limit PM₁₀ pro ochranu zdraví lidí nebyl dodržen v celé oblasti. Průměrná koncentrace PM₁₀ překročila roční imisní limit na většině stanic. Ještě masivněji byl překračován denní imisní limit.

– **Dnů s překročením denní mezní hodnoty PM₁₀** během kalendářního roku bylo v jednotlivých letech v regionu Slezského vojvodství od 37 do 180, v regionu Moravskoslezského kraje od 41 do 194, zatímco legislativa akceptuje 35 dnů. Maximální

pseudogradientu teploty byl výrazný. Warstwa atmosfery 0–1000 m była w chłodnej połowie roku bardziej stabilna niż w ciepłej połowie roku, tj. warunki do dyspersji zanieczyszczeń były mniej korzystne.

• **Rozkład temperatury** jest bardzo podobny w regionie kraju morawskośląskiego oraz w regionie województwa śląskiego. Różnice temperatur regionalnych wynosiły średnio 0,1–0,3°C, przy czym region kraju morawskośląskiego był zwłaszcza w ciepłej połowie roku nieco cieplejszy aniżeli region województwa śląskiego. Średnia temperatura powietrza charakteryzowała się bardzo wyraźnym rocznym i dobowym przebiegiem.

• **Suma opadów** była w regionie województwa śląskiego wyższa w porównaniu z regionem kraju morawskośląskiego, charakteryzowała się wyraźnym rocznym przebiegiem. Średnie roczne sumy mieściły się w granicach od 636 do 1039 mm, ok. 2/3 opadów przypadała na ciepłą połowę roku.

• **Usłonecznienie** w ciągu dnia w Mošnovie i Katowicach zbytnio się nie różniło, jego roczny i dobowy przebieg był bardzo wyraźny.

• **Wilgotność powietrza** była w Mošnovie i Katowicach podobna i charakteryzowała się wyraźnym rocznym i dobowym przebiegiem.

Ciśnienie atmosferyczne było w Mošnovie i w Katowicach w zasadzie takie samo z niezbyt regularnym rocznym i niewyraźnym dobowym przebiegiem.

Stężenia zanieczyszczeń badano na podstawie pomiarów z państwowych sieci stacji monitoringu jakości powietrza ČHMÚ i Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Katowicach (WIOŚ), dla okresu od października 2005 r. do marca 2011 r. Zarejestrowane stężenia zanieczyszczeń w powietrzu zmieniają się z roku na rok, co wynika w szczególności z odmiennych meteorologicznych warunków dyspersji oraz zmienności wielkości emisji.

– **Wysoki poziom zanieczyszczenia powietrza cząstkami pochodzenia antropogenicznego stanowi w dłuższym okresie najpoważniejszy problem obszaru transgranicznego Śląska i Moraw.** Źródłem występowania cząstek w obszarze jest duża koncentracja przemysłu, duża gęstość zabudowy z lokalnymi źródłami ogrzewania paliwami stałymi oraz gęsta infrastruktura transportowa.

– **Największym zagrożeniem dla zdrowia są kilkukrotne przekroczenia wartości docelowej benzo[*a*]pirenu.** Średnie roczne stężenia benzo[*a*]pirenu w PM₁₀ przekraczały ponad 3-krotnie aż 18-krotnie wartość docelową we wszystkich miejscach. W regionie kraju morawskośląskiego spośród wszystkich badanych miejsc najgorsza sytuacja występuje w Ostrawie-Radvanicach, gdzie wartość

denní koncentrace překročily denní mezní hodnotu až 15,5násobně, ve Věřňovicích byla 10. 1. 2006 naměřena absolutně nejvyšší koncentrace $775 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Nejnižší úroveň znečištění ovzduší PM_{10} byla v celém pětiletí a v chladné i teplé polovině roku v Bielsko-Białe, Cieszyně, Opavě a Ostravě-Porubě, naopak nejvyšší v Bohumíně, Ostravě-Radvanicích, Rybníku a Wodzisławiu Śląském. V pětiletí a chladné polovině roku patřily k nejvyšším rovněž koncentrace ve Věřňovicích a v teplé polovině roku v Českém Těšíně.

– **Průměrné roční koncentrace suspendovaných částic $\text{PM}_{2,5}$** překračují výrazně v celé oblasti roční imisní limit pro ochranu zdraví lidí $25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. V roce 2010 se pohybovaly průměrné koncentrace od 33,2 do $49,9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Podíl částic $\text{PM}_{2,5}$ v PM_{10} se pohyboval v chladných obdobích od 0,72 do 0,88 v regionu Moravskoslezského kraje a od 0,76 do 0,92 v regionu Slezského vojvodství, zatímco v teplých polovinách roku byl podíl poněkud nižší, a sice 0,61–0,83 a 0,59–0,76.

– **Roční kritická úroveň oxidů dusíku (NO_x) pro ochranu vegetace** byla překročena na většině stanic ve všech nebo minimálně ve čtyřech z pěti hodnocených let, pouze v Opavě, Studénce a Cieszyně k překročení nedošlo ani jednou.

✘ **Průměrná úroveň znečištění ovzduší oxidem dusičitým (NO_2)** byla v české a polské části přeshraniční oblasti podobná, avšak v regionu Slezského vojvodství byly koncentrace NO_2 poněkud vyšší. Výrazně nejvyšší úroveň znečištění ovzduší NO_2 byla zjištěna na stanici Ostrava-Českokobratrská, která je v oblasti jediná klasifikovaná jako dopravní, a dále na stanicích Dąbrowa Górnicza a Katowice, které jsou dopravou významně ovlivněny. K překročení imisního limitu NO_2 pro ochranu zdraví lidí došlo pouze na dopravní stanici Ostrava-Českokobratrská, nicméně lze předpokládat, že k překročení imisních limitů dochází i na dalších dopravně exponovaných místech, ve kterých není znečištění ovzduší sledováno.

✘ **Úroveň znečištění ovzduší oxidem siřičitým (SO_2)** byla v regionu Slezského vojvodství přibližně dvojnásobná oproti regionu Moravskoslezského kraje. Imisní limity SO_2 pro ochranu zdraví lidí byly překročeny pouze v regionu Slezského vojvodství v letech 2006 a 2010. Nejnižší úroveň znečištění ovzduší SO_2 v obou ročních obdobích byla v Opavě, Studénce a Třinci-Kosmosu, nejvyšší v chladné polovině roku v Żywieci a v teplé polovině roku v Katowicích. Na všech stanicích v regionu Moravskoslezského kraje byla v chladné polovině roku úroveň znečištění ovzduší SO_2 nižší než v regionu Slezského vojvodství, v teplé polovině roku toto platilo rovněž, s výjimkou stanic Karviná a zejména Český Těšín. Výrazně vyšší koncentrace SO_2 v regionu Slezského vojvodství pocházejí z velké části

docelowa została przekroczone ponad 7-krotnie aż 9-krotnie. Wyniki pomiarów z 2010 r. wskazują jednak na to, że w regionie województwa śląskiego sytuacja w zakresie jakości powietrza jest prawdopodobnie o wiele gorsza.

– **Poziom zanieczyszczenia powietrza pyłem zawieszonym PM_{10}** w regionach województwa śląskiego i kraju morawskośląskiego był podobny. Roczny i/lub dobowy poziom PM_{10} dopuszczalny dla zdrowia ludzkiego nie został dotrzymany na całym obszarze. Średnie stężenie PM_{10} przekroczyło roczny dopuszczalny poziom substancji w powietrzu na większości stacji. Jeszcze bardziej przekraczany był dobowy dopuszczalny poziom substancji w powietrzu.

– **Liczba dni, w których została przekroczone dobowo wartość dopuszczalna**, wynosiła w roku kalendarzowym w poszczególnych latach od 37 do 180 w regionie województwa śląskiego oraz od 41 do 194 w regionie kraju morawskośląskiego, natomiast przepisy prawa dopuszczają 35 dni. Maksymalne dobowe stężenia przekroczyły dobową wartość dopuszczalną aż 15,5-krotnie, w Věřňovicach w dniu 10 stycznia 2006 r. zarejestrowano absolutnie najwyższe stężenie $775 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Najniższy poziom zanieczyszczenia powietrza PM_{10} w całym pięcioletnim okresie był zarówno w chłodnej, jak i w cieplej połowie roku w Bielsku-Białej, Cieszynie, Opawie i Ostrawie-Porubie, natomiast najwyższy w Bohumínie, Ostrawie-Radvanicach, Rybníku i Wodzisławiu Śląskim. W okresie pięcioletnim w chłodnej połowie roku najwyższe stężenia zarejestrowano w Věřňovicach, a w cieplej połowie roku w Českim Těšínie.

– **Średnie roczne stężenia pyłu zawieszonego $\text{PM}_{2,5}$** w całym obszarze wyraźnie przekraczają roczny dopuszczalny poziom dla ochrony zdrowia ludzkiego $25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. W 2010 roku średnie stężenia wynosiły od 33,2 do $49,9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Udział pyłu $\text{PM}_{2,5}$ w PM_{10} wynosił w chłodnych okresach od 0,72 do 0,88 w regionie kraju morawskośląskiego oraz od 0,76 do 0,92 w regionie województwa śląskiego, natomiast w ciepłych połowach roku udział ten był o nieco mniejszy, odpowiednio 0,61–0,83 i 0,59–0,76.

– **Roczny poziom tlenków azotu (NO_x) krytyczny dla ochrony roślin** został przekroczony na większości stacji we wszystkich latach lub co najmniej w czterech z pięciu badanych, tylko w Opawie, Studénce i Cieszynie przekroczeń nie było wcale.

✘ **Średni poziom zanieczyszczenia powietrza dwutlenkiem azotu (NO_2)** był w polskiej i czeskiej części obszaru transgranicznego podobny, jednak w regionie województwa śląskiego stężenia NO_2 były nieco wyższe. Wyraźnie najwyższy poziom zanieczyszczenia powietrza NO_2 stwierdzono na

z lokálních topenišť, kde se často používají paliva odlišné kvality s větším obsahem síry.

✘ **Roční kritická úroveň (SO₂) pro ochranu vegetace** byla v chladném období překročena na osmi z deseti hodnocených stanic v regionu Slezského vojvodství a pro období celého roku mírně rovněž v Žywieci a Zabrze, v regionu Moravskoslezského kraje kritická úroveň překročena nebyla.

✘ **Průměrné roční koncentrace benzenu** v Ostravě-Přívozu dosahovaly 115–134 % ročního imisního limitu, zatímco na ostatních stanicích byly podlimitní. Vyšší koncentrace souvisejí v této lokalitě s průmyslovou činností, především s výrobou koksu a chemickou výrobou.

✘ **Úroveň znečištění ovzduší ozonem (O₃)** byla v regionu Slezského vojvodství poněkud nižší než v regionu Moravskoslezského kraje. Cílová hodnota O₃ pro ochranu zdraví lidí nebyla v letech 2008–2010 překročena, nicméně dlouhodobý cíl byl překročen. Nejvyšší koncentrace O₃ jsou měřeny na venkovských pozadových lokalitách kvůli nižším koncentracím látek odbourávajících ozon. Naopak nejméně zatížené jsou městské lokality ovlivněné emisemi z dopravy, na kterých je ozon odbouráván chemickou reakcí s NO.

✘ **Cílová hodnota ozonu (O₃) pro ochranu vegetace** byla překročena pouze v roce 2008 v Bielsko-Białe a Katovicích, nicméně dlouhodobý cíl byl překročen na všech stanicích.

✚ **Průměrné roční koncentrace arsenu, kadmia, niklu a olova** v PM₁₀ nepřekročily cílové hodnoty, resp. imisní limit pro ochranu zdraví lidí.

• **Nejvyšší koncentrace PM₁₀, NO₂ a SO₂** byly naměřeny v chladném období 2005/06 zatímco nejnižší hned v následujícím chladném období 2006/07.

• **Meziroční proměnlivost koncentrací PM₁₀, NO₂ a SO₂** je vysoká a závisí na meteorologických podmínkách zejména v chladné polovině roku. Výjimečně vysoké hodnoty jsou způsobeny dlouhotrvajícími inverzními situacemi v celé oblasti v zimním období, tj. v prosinci až únoru. Odlišnost koncentrací na různých lokalitách je způsobena odlišnou geografickou polohou a polohou vůči zdrojům emisí.

• **Roční chod koncentrací PM₁₀ a PM_{2,5}, benzo[a]pyrenu, těžkých kovů v PM₁₀, NO₂, SO₂ a benzenu je výrazný** s maximem v zimních měsících prosinec–únor a minimem v teplé polovině roku.

• **Týdenní a denní chod koncentrací PM₁₀** je výraznější v chladné polovině roku než v polovině teplé, charakter denního chodu lze rozdělit do několika typů. Denní chod koncentrací NO₂ má dvě maxima a dvě minima a je v obou polovinách roku podobný; nejnižší koncentrace jsou měřeny o víkendových dnech, zejména v neděli. Na denním a týdenním chodu koncentrací NO₂ je zřetelně

stacii Ostrava-Českobratrská, která je jedinou stací komunikacijná w obszarze, a następnie na stacjach Dąbrowa Górnicza i Katowice, na które znaczny wpływ ma ruch drogowy. Przekroczenie wartości dopuszczalnej NO₂ dla ochrony zdrowia ludzkiego miało miejsce tylko na stacji komunikacyjnej Ostrava-Českobratrská, niemniej jednak można zakładać, że poziomy dopuszczalne są przekraczane także w innych miejscach będących w zasięgu oddziaływania ruchu drogowego, w których zanieczyszczenie powietrza nie jest monitorowane.

✘ **Poziom zanieczyszczenia powietrza dwutlenkiem siarki (SO₂)** w regionie województwa śląskiego niemal dwukrotnie przewyższał poziom w regionie kraju morawskośląskiego. Poziomy dopuszczalne SO₂ do ochrony zdrowia ludzkiego przekroczone zostały tylko w regionie województwa śląskiego w latach 2006 i 2010. Najniższy poziom zanieczyszczenia powietrza SO₂ w obu okresach roku zarejestrowano w Opawie, Studénce i Trzncu-Kosmos, najwyższe – w chłodnej połowie roku w Żywcu, a w cieplej połowie roku w Katowicach. W chłodnej połowie roku poziom zanieczyszczenia powietrza SO₂ na wszystkich stacjach w regionie kraju morawskośląskiego był niższy w porównaniu z województwem śląskim, w cieplej połowie roku było tak samo, z wyjątkiem stacji Karwiná, a w szczególności Český Těšín. Znacznie wyższe stężenia SO₂ w regionie województwa śląskiego są skutkiem funkcjonowania lokalnych palenisk, w których często używane są paliwa o różnej jakości z większą zawartością siarki.

✘ **Roczny poziom krytyczny (SO₂) dla ochrony roślin** był w chłodnym okresie przekroczony na ośmiu z dziesięciu badanych stacji w regionie województwa śląskiego, a w ciągu całego roku także lekko w Żywcu i Zabrze, w regionie kraju morawskośląskiego poziom krytyczny nie został przekroczony.

✘ **Średnie roczne stężenia benzenu** w Ostravie-Přívóz osiągały poziom 115–134% rocznej wartości dopuszczalnej, natomiast na pozostałych stacjach były poniżej normy. Wyższe stężenia w tym miejscu związane są z działalnością przemysłową, przede wszystkim z produkcją koksu i produkcją chemiczną.

✘ **Poziom zanieczyszczenia powietrza ozonem (O₃)** był w regionie województwa śląskiego nieco niższy w porównaniu z regionem kraju morawskośląskiego. Wartość docelowa O₃ bezpieczna dla zdrowia ludzkiego nie została w latach 2008–2010 przekroczona, ale przekroczony został cel długoterminowy. Najwyższe stężenia O₃ odnotowano na stacjach „tła wiejskiego“ z powodu niższego stężenia substancji likwidujących ozon. I przeciwnie – najmniej dotknięte są obszary miejskie, będące pod wpływem emisji z ruchu drogowego,

patrný vliv intenzity dopravy. Maximální koncentrace NO_2 v denním chodu dobře korespondují a navazují na období dopravních špiček, víkendové nejnižší koncentrace souvisejí s víkendovým poklesem hustoty dopravy. Denní chod koncentrací SO_2 je v obou regionech v jednotlivých částech roku poněkud rozdílný. Týdenní chod SO_2 je nevýrazný, a to zejména při porovnání s týdenním chodem NO_2 .

- **Roční a denní chod koncentrací O_3** je v důsledku mechanismu jeho vzniku velmi výrazný. Koncentrace jsou nejnižší v období zhruba od konce října do začátku února, během února a března postupně narůstají a nejvyšší, vcelku vyrovnaná, je úroveň koncentrací od dubna do poloviny srpna. Denní chod má v teplé polovině roku výrazné ranní minimum mezi 4. a 6. hodinou CET. Maxima je dosaženo mezi 14. a 16. hodinou CET. Týdenní chod koncentrací O_3 je zřetelný, maximální koncentrace připadají na většinu lokalit na pátek, během víkendu koncentrace klesají k pondělnímu minimu na téměř všech lokalitách.

Závislost koncentrací škodlivin na meteorologické situaci byla posouzena porovnáním průměrných regionálních denních koncentrací a denních typů meteorologických podmínek rozptylu a směru proudění. Závislosti získané zvolenou metodou jsou průkazné a ve většině případů statisticky významné.

- **Současný vliv teplotního zvrstvení a rychlosti větru na koncentrace PM_{10} , NO_2 a SO_2 je dominantní**, výraznější v chladném období. Průměrné regionální denní koncentrace PM_{10} , NO_2 a SO_2 rostou s klesající teplotou vzduchu, klesajícími hodnotami vertikálních teplotních pseudogradientů (tj. s rostoucí stabilitou vertikálního teplotního zvrstvení), s klesající rychlostí větru a s klesajícími úhrny srážek. Průměrné regionální koncentrace těchto škodlivin byly nejvyšší ve dnech s inverzním teplotním zvrstvením ve vrstvě 0–1000 m, s průměrnou rychlostí větru menší než $1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ a s průměrnou teplotou maximálně $-2,5 \text{ }^\circ\text{C}$.

- **Podle denního typu proudění** byly naměřeny nejvyšší regionální průměrné koncentrace PM_{10} a NO_2 v obou regionech a regionální průměrné koncentrace SO_2 i v regionu Slezského vojvodství ve dnech, kdy směr větru nebyl převládající ani z jedné poloviny horizontu. Jedná se většinou o dny s proměnlivým směrem větru nebo o dny s výraznou změnou směru větru v průběhu dne. Proměnlivý vítr je nejčastější při nízkých rychlostech větru. V pořadí druhé nejvyšší byly regionální průměrné koncentrace PM_{10} a NO_2 v obou regionech ve dnech s denním typem proudění ze severovýchodní poloviny horizontu. Průměrné regionální koncentrace SO_2 byly v regionu Moravskoslezského kraje nejvyšší při proudění ze severovýchodní poloviny horizontu. Nejnižší průměrné regionální koncen-

w których ozon likwidowany jest w wyniku reakcji chemicznej z NO.

- ✘ **Poziom docelowy ozonu (O_3) dla ochrony roślin** został przekroczony tylko w 2008 roku w Bielsku-Białej i w Katowicach, jednak cel długoterminowy przekroczony został na wszystkich stacjach.

- ✚ **Średnie roczne stężenia arsenu, kadmu, niklu i ołowiu** w PM_{10} nie przekroczyły wartości docelowych ani norm zanieczyszczenia bezpiecznych dla ochrony zdrowia ludzkiego.

- **Najwyższe stężenia PM_{10} , NO_2 i SO_2** zostały zarejestrowane w chłodnym okresie 2005/06, natomiast najniższe w następnym chłodnym okresie 2006/07.

- **Zmienność stężeń PM_{10} , NO_2 i SO_2 z roku na rok** jest coraz większa i zależy od warunków meteorologicznych, zwłaszcza w chłodnej połowie roku. Wyjątkowo wysokie wartości wynikają z długotrwałych stanów inwersyjnych na całym obszarze w okresie zimowym, czyli od grudnia do lutego. Odmiennosc stężeń w różnych miejscach spowodowana jest odmiennym położeniem geograficznym oraz położeniem w stosunku do źródeł emisji.

- **Roczny przebieg stężeń PM_{10} i $\text{PM}_{2,5}$, benzo[a]pirenu, metali ciężkich w PM_{10} , NO_2 , SO_2 i benzenie** jest wyraźny z maksimum w miesiącach zimowych od grudnia do lutego i minimum w cieplej połowie roku.

- **Tygodniowy i dobowy przebieg stężeń PM_{10}** jest bardziej wyraźny w chłodnej połowie roku aniżeli w cieplej połowie roku, a charakter dobowego przebiegu można podzielić na kilka typów. Dobowy przebieg stężeń NO_2 ma dwa maksima i dwa minima i w obu połowach roku jest podobny; najniższe stężenia są rejestrowane w dni weekendu, zwłaszcza w niedzielę. Dobrze widoczny jest wpływ natężenia ruchu drogowego na dobowy i tygodniowy przebieg stężeń NO_2 . Maksymalne stężenia NO_2 w dobowym przebiegu dobrze korespondują i nawiązują do okresów szczytów komunikacyjnych, weekendowe najniższe stężenia związane są z weekendowym spadkiem natężenia ruchu drogowego. Dobowy przebieg stężeń SO_2 w obu regionach w poszczególnych częściach roku nieco się różnił. Tygodniowy przebieg SO_2 jest niewyraźny, w szczególności w porównaniu z tygodniowym przebiegiem NO_2 .

- **Roczny i dobowy przebieg stężeń O_3** jest w wyniku mechanizmu jego powstawania bardzo wyraźny. Najniższe stężenia występują w okresie mniej więcej od końca października do początku lutego, w lutym i marcu stopniowo rosną, a najwyższy, w zasadzie wyrównany poziom zanieczyszczenia utrzymuje się od kwietnia do połowy sierpnia. Dobowy przebieg w cieplej połowie roku charakteryzuje się wyraźnym porannym minimum

trance PM_{10} , NO_2 i SO_2 byly v obou regionech při proudění z jihozápadní poloviny horizontu.

- **Úroveň znečištění ovzduší je v daném období a oblasti určována celkovou meteorologickou situací, nikoliv pouze jednotlivými meteorologickými podmínkami. S typem meteorologické situace souvisí v dané oblasti i obvyklé hodnoty jednotlivých meteorologických veličin.** V přeshraniční oblasti Slezska a Moravy ustálené jihozápadní proudění souvisí převážně s cyklonálním typem počasí (tlakovou níží) s převážně vyššími rychlostmi proudění a dobrými rozptylovými podmínkami. Při tomto proudění je navíc do přeshraniční oblasti Slezska a Moravy přenášen relativně čistší vzduch z málo znečištěných oblastí České republiky. Naopak ustálené severovýchodní a proměnlivé proudění s malými rychlostmi větru, spojené s anticyklonálními situacemi (tlakovými výšemi), je často doprovázeno zhoršenými rozptylovými podmínkami, a to zejména během chladných období roku. Při převážně dobrých rozptylových podmínkách jsou tedy škodliviny většinou přenášeny z regionu Moravskoslezského kraje do regionu Slezského vojvodství, zatímco při převážně zhoršených rozptylových podmínkách je tomu naopak. Lokality, které se nacházejí v centrální části přeshraniční oblasti, jsou znečišťovány při obou směrech proudění emisemi ze zdrojů, které se nacházejí na okrajích oblasti.

- **Vliv rozptylových podmínek na průměrné regionální denní koncentrace škodlivin v ovzduší je dominantní, vliv směru větru v oblasti doplňkový.** Relativně nejvyšší průměrné regionální koncentrace PM_{10} , NO_2 a SO_2 byly naměřeny ve dnech se špatnými podmínkami rozptylu, absolutně nejvyšší koncentrace pak během těchto dnů v chladných obdobích. Během dnů s rozptylovými podmínkami, které nebylo možno označit jednoznačně za špatné ani dobré, byly naměřeny vyšší koncentrace než za dnů s dobrými rozptylovými podmínkami.

- **Průměrné regionální koncentrace PM_{10} byly nejvyšší ve dnech se špatnými podmínkami rozptylu a s nevyhraněným prouděním.** V chladných obdobích byla v obou regionech četnost těchto dnů cca 7%, tj. průměrně cca 13 dnů v jednom období, byla během nich zaznamenána více než polovina všech průměrných regionálních koncentrací vyšších než $150 \mu g \cdot m^{-3}$ a byly během nich naměřeny i absolutně nejvyšší koncentrace.

- **Regionální průměrná denní koncentrace PM_{10} překročila mezní hodnotu** během jednoho chladného období v regionu Moravskoslezského kraje průměrně v 77 dnech³¹, z toho ve 20 dnech

³¹ Hodnoceny byly průměrné regionální charakteristiky. Ve dnech s průměrnou regionální koncentrací vyšší než mezní hodnota mohly být průměrné denní koncentrace na konkrétní stanici v regionu jak nižší, tak vyšší než mezní hodnota.

poměry mezi 4 a 6 CET. Maksima są rejestrowane pomiędzy godziną 14 a 16 CET. Tygodniowy przebieg stężeń O_3 jest wyraźny, maksymalne stężenia w większości miejsc występują w piątek, w czasie weekendu stężenia maleją do poniedziałkowego minimum niemal we wszystkich miejscach.

Badano zależność stężeń zanieczyszczeń od sytuacji meteorologicznej, porównując średnie regionalne dobowe stężenia i dobowe typy meteorologiczne warunków dyspersji oraz kierunek przepływu mas powietrza. Zależności otrzymane dzięki zastosowanej metodzie są wiarygodne i w większości przypadków statystycznie istotne.

- **Dominuje jednoczesny wpływ struktury termicznej i prędkości wiatru na stężenia PM_{10} , NO_2 i SO_2 ,** wyraźniejszy w chłodnym okresie. Średnie regionalne dobowe stężenia PM_{10} , NO_2 i SO_2 rosną, w miarę jak maleje temperatura powietrza, maleją wartości pionowych pseudogradientów temperatury (tj. rośnie stabilność pionowej struktury termicznej), maleje prędkość wiatru i maleją sumy opadów. Średnie regionalne stężenia tych zanieczyszczeń były najwyższe w dniach, w których występowała inwersyjna struktura termiczna w warstwie przyziemnej 0–1000 m, średnia prędkość wiatru poniżej $1,5 m \cdot s^{-1}$ oraz średnia temperatura maksymalnie $-2,5^\circ C$.

- **Według dobowego typu przepływu mas powietrza** w obu regionach zarejestrowano najwyższe regionalne średnie stężenia PM_{10} i NO_2 oraz regionalne średnie stężenia SO_2 także w regionie województwa śląskiego w dniach, gdy nie przeważał kierunek wiatru z żadnej części horyzontu. W większości są to dni ze zmiennym kierunkiem wiatru albo dni z wyraźną zmianą kierunku wiatru w ciągu dnia. Zmienny wiatr występuje najczęściej przy niskich prędkościach wiatru. Drugie w kolejności najwyższe były w obu regionach regionalne średnie stężenia PM_{10} i NO_2 w dniach, w których występował dobowy typ przepływu mas powietrza z północno-wschodniej części horyzontu. W regionie kraju morawskośląskiego średnie regionalne stężenia SO_2 były najwyższe w czasie przepływu powietrza z północno-wschodniej części horyzontu. Najniższe średnie regionalne stężenia PM_{10} , NO_2 i SO_2 w obu regionach wystąpiły podczas przepływu mas powietrza z południowo-zachodniej części horyzontu.

- **Poziom zanieczyszczenia powietrza w danym okresie i obszarze zależny jest od ogólnej sytuacji meteorologicznej, a nie tylko od poszczególnych warunków meteorologicznych. Z typem sytuacji meteorologicznej w danym obszarze związane są również ogólnie przyjęte wartości poszczególnych wielkości meteorologicznych.** W transgranicznym obszarze Śląska i Moraw ustalizowany południowo-zachodni przepływ mas

se špatnými, ve 3 dnech s dobrými a v 54 dnech s nevyhraněnými podmínkami rozptylu. V regionu Slezského vojvodství to bylo průměrně v 86 dnech, z toho ve 20 dnech se špatnými, v 7 dnech s dobrými a v 59 dnech s nevyhraněnými podmínkami rozptylu. Během jednoho teplého období překročila regionální průměrná denní koncentrace mezní hodnota PM_{10} v regionu Moravskoslezského kraje průměrně ve 13 dnech, v regionu Slezského vojvodství ve 11 dnech, z toho v 6, resp. 5 dnech se špatnými rozptylovými podmínkami a v 7, resp. 6 dnech s nevyhraněnými podmínkami rozptylu. Většina těchto dnů se vyskytla v dubnu a září. V těchto měsících v některých letech doznívají, resp. začínají, meteorologické podmínky, které jsou charakteristické pro chladná období. Z hodnocení je zřejmé, že koncentrace PM_{10} vyšší než denní mezní hodnota se vyskytují nejen při jednoznačně špatných rozptylových podmínkách, ale již při podmínkách, které lze označit za nepříznivé.

- **Současný vliv délky slunečního svitu a teploty na koncentrace O_3 je dominantní.** Regionální úroveň znečištění ovzduší O_3 významně stoupá se stoupající dobou trvání slunečního svitu v daný den a se stoupající teplotou vzduchu. Průměrné regionální maximální denní 8hodinové koncentrace O_3 byly nejvyšší ve dnech s dobou trvání slunečního svitu alespoň 8,5 hodin a průměrnou denní teplotou vzduchu alespoň 17,5 °C.

- **Podle denního typu proudění** byly nejvyšší regionální průměrné koncentrace O_3 naměřeny ve dnech, kdy směr větru nebyl převládající ani z jedné poloviny horizontu. Regionální průměrné maximální 8hodinové koncentrace O_3 byly v regionu Slezského vojvodství při proudění z obou polovin horizontu velmi podobné, v regionu Moravskoslezského kraje byly tyto koncentrace mírně větší při proudění z jihozápadní poloviny horizontu.

V 6. kapitole jsou prezentovány meteorologické podmínky vzniku situací s vysokými koncentracemi hlavních škodlivin v řešené oblasti, tj. suspendovaných částic PM_{10} v chladné polovině roku a přízemního ozonu v teplé polovině roku.

- **S ohledem na pořadí pravděpodobnosti výskytu epizod** s průměrnými denními koncentracemi $PM_{10} > 150 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ jsou v první pětici stanic s nejvyšší pravděpodobností překročení stanice z polské hodnocené oblasti (vyjma Věřňovic), které se všechny nacházejí v oblasti údolí Olše, Odry a Rybnické náhorní plošiny. Co se týče denních koncentrací $PM_{10} > 200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ je pořadí obdobné s tím, že stanici ve Věřňovicích nahrazuje stanice v Żywieci. Poukazuje to na to, že výskytu takových situací je zvláště vystavena oblast přímého česko-polského příhraničí na území údolí řek Odry a Olše a také Żywiecké kotliny.

powietrza związany jest przeważnie z cyklonalnym typem pogody (niżem barometrycznym) z przeważnie większymi prędkościami przepływu powietrza i dobrymi warunkami dyspersji. Ponadto podczas takich przepływów powietrza na transgraniczny obszar Śląska i Moraw transportowane jest względnie czystsze powietrze z mało zanieczyszczonych obszarów Republiki Czeskiej. I na odwrót – ustabilizowanym północno-wschodnim i zmiennym przepływom mas powietrza z małymi prędkościami wiatru, związanym z antycyklonalnymi sytuacjami (wyżami barometrycznymi), często towarzyszą gorsze warunki dyspersji, szczególnie w chłodnych okresach roku. Podczas przeważających dobrych warunków dyspersji substancje zanieczyszczające są więc w większości przenoszone z regionu kraju morawskośląskiego do regionu województwa śląskiego, natomiast podczas przeważających pogorszonych warunków dyspersji sytuacja jest odwrotna. Tereny znajdujące się w centralnej części obszaru transgranicznego zanieczyszczane są w przypadku obu kierunków przepływu mas powietrza emisjami ze źródeł zlokalizowanych na obrzeżach obszaru.

- **Wpływ warunków dyspersji na średnie regionalne dobowe stężenia zanieczyszczeń w powietrzu jest dominujący, uzupełniający jest wpływ kierunku wiatru w obszarze.** Relatywnie najwyższe średnie regionalne stężenia PM_{10} , NO_2 i SO_2 zarejestrowano w dniach o złych warunkach dyspersji, natomiast bezwzględnie najwyższe stężenia w czasie tych dni w chłodnych okresach. Podczas dni, w których warunków dyspersji nie można było w sposób jednoznaczny określić jako dobre lub złe, odnotowano wyższe stężenia w porównaniu z dniami, w których występowały dobre warunki dyspersji.

- **Średnie regionalne stężenia PM_{10} osiągnęły najwyższy poziom w dniach, w których występowały złe warunki dyspersji i nieokreślony kierunek przepływu mas powietrza.** W chłodnych okresach w obu regionach częstość występowania tych dni była na poziomie ok. 7%, czyli w jednym okresie średnio ok. 13 dni, podczas których odnotowano ponad połowę wszystkich średnich regionalnych stężeń powyżej $150 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ oraz zarejestrowano także absolutnie najwyższe stężenia.

- **Regionalne średnie dobowe stężenie PM_{10} przekroczyło wartość dopuszczalną** w jednym chłodnym okresie w regionie kraju morawskośląskiego średnio w 76 dniach³¹, w tym w 20 dniach, w których występowały złe warunki dyspersji,

³¹ Badano średnie cechy regionalne. W dniach, w których średnie regionalne stężenie wyższe było od wartości dopuszczalnej, średnie dobowe stężenia na konkretnej stacji mogły być zarówno niższe, jak i wyższe od wartości dopuszczalnej.

- **V letech 2005/06 – 2010/11 bylo zjištěno 15 oblastních epizod** PM_{10} (vyskytujících se současně v celé hodnocené oblasti) s různou dobou trvání, zahrnující celkem 28 dnů. Nejdelší trvala pět dní a vyskytla se od 8. do 12. ledna 2006. V lednu 2006 se vyskytla 4denní epizoda a jedna 1denní epizoda. Tento měsíc byl v hodnoceném pětiletém období nejvíce nepříznivý z hlediska míry znečištění prašnými částicemi. Celkově jsou oblastní epizody PM_{10} zaznamenány zejména v lednu (61% všech vybraných dnů s epizodou), i když se vyskytovaly i v prosinci a v únoru.
- **V letech 2006 – 2010 bylo na území česko-polského příhraničí zjištěno 33 oblastních epizod přízemního ozonu** s různou dobou trvání zahrnující celkem 54 dnů. Nejdelší epizoda O_3 trvala 10 dnů. Nevyskytly se epizody trvající 3 dny, resp. od 6 do 9 dnů.
- **Provedená charakteristika epizod s vysokou koncentrací škodlivin** poukázala na meteorologické faktory, které jsou zodpovědné za jejich vznik. Kromě synoptických podmínek, jako jsou tlakové útvary (epizody vysokých koncentrací znečištění, jak prašnými částicemi, tak i ozonem, ve významné většině vznikají v situacích s nízkými gradienty s převládajícími anticyklonálními typy), významnou úlohu hrají i s nimi související meteorologické prvky. V hodnocených situacích byla naprostá většina epizod způsobena místními a regionálními faktory. Cirkulační podmínky s nízkými gradienty jsou příznivé pro dominantní vliv místních klimatických faktorů, což se projevuje vlivem teploty, rychlosti větru a podmínek stability atmosféry, které vznikají vlivem místních podmínek, na koncentrace škodlivin v ovzduší. Jak u prachových, tak u ozonových epizod je dominantní vliv těchto prvků počasí významný, i když způsob vlivu i příčiny jsou odlišné.

w 3 dnech, w których występowały dobre, oraz w 54 dniach o nieokreślonych warunkach dyspersji. W regionie województwa śląskiego było tak średnio w 85 dniach, w tym w 20 dniach, w których występowały złe warunki dyspersji, w 7 dniach, w których występowały dobre warunki dyspersji oraz w 59 dniach o nieokreślonych warunkach dyspersji. W regionie kraju morawskośląskiego podczas jednego ciepłego okresu regionalne średnie dobowe stężenie przekroczyło wartość dopuszczalną PM_{10} średnio w 13 dniach, w regionie województwa śląskiego w 12 dniach, w tym w 6 lub w 5 dniach, w których występowały złe warunki dyspersji, i w 7 lub w 6 dniach o nieokreślonych warunkach dyspersji. Większość tych dni wystąpiła w kwietniu i we wrześniu. W tych miesiącach w niektórych latach wygasają albo zaczynają się warunki meteorologiczne charakterystyczne dla chłodnych okresów. Z przeprowadzonej oceny jasno wynika, że stężenia PM_{10} powyżej dobowej wartości dopuszczalnej występują nie tylko podczas jednoznacznie złych warunków dyspersji, ale także w warunkach, które można określić jako niekorzystne.

- **Jednoczesny wpływ usłonecznienia i temperatury na stężenie O_3 jest dominujący.** Regionalny poziom zanieczyszczenia powietrza O_3 istotnie wzrasta wraz z rosnącym usłonecznieniem w danym dniu i wraz z rosnącą temperaturą powietrza. Średnie regionalne maksymalne dobowe 8-godzinne stężenia O_3 były najwyższe w dniach, w których usłonecznienie trwało co najmniej 8,5 godziny, a średnia dobowa temperatura powietrza wynosiła co najmniej $17,5^{\circ}C$.

- **Według dobowego typu przepływu powietrza** najwyższe regionalne średnie stężenia O_3 zarejestrowano w dniach, gdy nie przeważał kierunek wiatru z żadnej części horyzontu. Regionalne średnie maksymalne 8-godzinne stężenia O_3 w regionie województwa śląskiego w czasie przepływu mas powietrza z obu części horyzontu były bardzo podobne, w regionie kraju morawskośląskiego stężenia te były nieco wyższe w czasie przepływu mas powietrza z południowo-zachodniej części horyzontu.

W rozdziale szóstym przedstawiono meteorologiczne warunki powstawania sytuacji z wysokimi stężeniami głównych zanieczyszczeń badanego regionu, tj. pyłu zawieszonego PM_{10} w chłodnej połowie roku i ozonu przyziemnego w ciepłej połowie roku.

- **Jeśli weźmie się pod uwagę ranking prawdopodobieństwa występowania epizodów** o stężeniach średnich dobowych PM_{10} większych od $150 \mu g \cdot m^{-3}$, to w pierwszej piątce stacji o najwyższych prawdopodobieństwach przekroczeń lokują się głównie stacje polskiego obszaru badań (poza

Věřovicami), wszystkie położone w obszarze doliny Olzy, Odry i Płaskowyżu Rybnickiego. W przypadku sytuacji ze stężeniami dobowymi PM_{10} większymi od $200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ranking przedstawia się podobnie, z tym że stację w Věřovicach w pierwszej piątce zastępuje stacja w Żywcu. Świadczy to o tym, że rejon ścisłego pogranicza polsko-czeskiego w obrębie dolin rzek Odry i Olzy, a także Kotlina Żywiecka są szczególnie narażone na występowanie takich sytuacji.

- **W latach 2005/06–2010/11 zidentyfikowano 15 epizodów obszarowych PM_{10}** (występujących jednocześnie na całym badanym obszarze) o zróżnicowanym czasie trwania obejmujących łącznie 28 dni. Najdłuższy z nich trwał pięć dni i zdarzył się od 8–12 stycznia 2006 r. W styczniu 2006 roku wystąpił też epizod 4-dniowy, a także jeden epizod jednodniowy. Miesiąc ten był najbardziej niekorzystny pod względem poziomu zanieczyszczeń pyłowych w badanym pięcioleciu. Generalnie epizody obszarowe PM_{10} obserwowane są przeważnie w styczniu (61% wszystkich wytypowanych dni z epizodem), choć zdarzały się także w grudniu i lutym.

- **W latach 2006–2010 na terenie pogranicza polsko-czeskiego sklasyfikowano 33 epizody obszarowe ozonu przyziemnego** o zróżni-

cowanym czasie trwania, obejmujące łącznie 54 dni. Najdłuższy epizod O_3 trwał 10 dni. Nie wystąpiły epizody o czasie trwania 3-dniowym oraz od 6 do 9 dni.

- **Przeprowadzona charakterystyka epizodów wysokich stężeń zanieczyszczeń** wskazała czynniki meteorologiczne, które są odpowiedzialne za ich powstawanie. Obok warunków synoptycznych, takich jak typ układu ciśnienia (epizody wysokich stężeń zanieczyszczeń zarówno pyłowe, jak i ozonowe w zdecydowanej większości powstają w sytuacjach słabogradentowych przy przewadze typów antycyklonalnych), istotną rolę odgrywają związane z nimi elementy meteorologiczne. W analizowanych sytuacjach za zdecydowaną większość epizodów odpowiadały czynniki lokalne i regionalne. Słabogradentowe warunki cyrkulacyjne sprzyjają dominacji czynników lokalnych klimatu, co przejawia się wpływem temperatury, prędkości wiatru i warunków stabilności atmosfery, kształtujących się pod wpływem warunków lokalnych, na stężenia zanieczyszczeń powietrza. W przypadku zarówno epizodów pyłowych, jak też i epizodów ozonowych dominacja tych elementów pogody jest znaczna, choć sposób oddziaływania, jak też i przyczyny są odmienne.

PŘÍLOHA – POUŽITÁ DATA A METODY ZPRACOVÁNÍ

Meteorologické prvky ovlivňující úroveň znečištění ovzduší (kapitola 3)

Do hodnocení byly zahrnuty výsledky hodinových meteorologických měření podle mezinárodní zprávy o přízemních meteorologických pozorováních z pozemní stanice SYNOP a z dalších měření profesionálních meteorologických stanic ČHMÚ Červená, Lysá hora a Mošnov a stanic IMGW Bielsko-Biała, Katowice a Racibórz naměřené v období od ledna 2001 do března 2011. Dále byly použity výsledky hodinových meteorologických měření z automatizovaných klimatologických stanic ČHMÚ Ostrava-Poruba a Lučina ze stejného období. Údaje z horských stanic Červená a Lysá hora byly použity pouze pro hodnocení vertikální stability atmosféry. Údaje o směru větru ze stanice Lučina byly k dispozici až od října 2002 (tab. 3.1, obr. 3.1).

Výsledky všech měření byly souhrnně vyhodnoceny pro chladné poloviny roku (měsíce leden až březen a říjen až prosinec) a teplé poloviny, resp. teplá období roku (měsíce duben až září) v desetiletém období 2001–2010. Dále byla hodnocena souvislá chladná období měsíců říjen až březen a souvislá zimní období měsíců prosinec až únor období 2001/02 až 2010/11. Pro hodnocení ročních charakteristik byl k dispozici soubor s téměř 88 000 termínovými hodnotami každého prvku na každé stanici, pro sezónní hodnocení soubor s téměř 44 000 hodnotami. Pro hodnocení denních hodnot byl k dispozici soubor s cca 3 600 hodnotami pro roční hodnocení a cca 1 800 hodnotami pro sezónní hodnocení. Uvedené počty jsou maximální možné dosažitelné, pokud by nedocházelo k případným výpadkům měření. Skutečné počty pro hodnocení využitelných platných dat jsou nižší vlivem technických závad nebo nezbytné údržby měřidel.

Údaje o rychlosti větru jsou ve zprávě SYNOP uváděny pouze na celé $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ a směry větru v desítkách stupňů, zatímco údaje z automatizovaných stanic mají podrobnější formát. Před vlastním zpracováním byly proto sjednoceny formáty použitých dat a vstupním souborem zpracovávaných dat byly hodinové údaje o směru větru v desítkách stupňů a rychlosti větru v celých metrech za sekundu. V dalším zpracování byly údaje o směru větru redukovány na 16 směrů dle pravidel obecně používaných v meteorologii. Pro studium srážkových podmínek byly vstupními daty soubory klimatických denních úhrnů srážek za období od 7 do

ANEKS – WYKORZYSTANE DANE I METODY ZASTOSOWANE W OPRACOWANIU

Elementy meteorologiczne wpływające na poziom zanieczyszczenia powietrza (rozdział 3)

Badaniom poddano wyniki cegodzinnych pomiarów meteorologicznych zgodnie z międzynarodowym raportem z przyziemnych obserwacji meteorologicznych ze stacji naziemnej SYNOP oraz z innych pomiarów profesjonalnych stacji meteorologicznych ČHMÚ Červená, Lysá hora i Mošnov oraz stacji IMGW Bielsko-Biała, Katowice i Racibórz dokonanych w okresie od stycznia 2001 r. do marca 2011 r. Ponadto wykorzystano wyniki cegodzinnych pomiarów meteorologicznych z automatycznych stacji klimatologicznych ČHMÚ Ostrava-Poruba i Lučina z tego samego okresu. Dane ze stacji górskich Červená i Lysá hora wykorzystano wyłącznie do oceny pionowej stabilności atmosfery. Dane nt. kierunku wiatru ze stacji Lučina dostępne były dopiero od października 2002 r. (tab. 3.1, rys. 3.1).

Wyniki wszystkich pomiarów zostały poddane łącznej ocenie dla chłodnych okresów roku (miesiące styczeń–marzec i październik–grudzień) oraz ciepłych okresów czy też połówek roku (miesiące kwiecień–wrzesień) w okresie dziesięcioletnim 2001–2010. Ponadto badano ciągle okresy chłodne od października do marca oraz ciągle okresy zimowe od grudnia do lutego w okresach 2001/02 do 2010/11. Do oceny rocznych cech dostępny był zbiór niemal 88 000 terminowych wartości każdego elementu dla każdej stacji, a do ocen sezonowych zbiór niemal 44 000 wartości. Do oceny wartości dobowych wykorzystano zbiór ok. 3600 wartości do oceny rocznej oraz ok. 1800 wartościami do oceny sezonowej. Wymienione liczby są maksymalnymi możliwymi do pozyskania, jeżeli nie występowały ewentualne przerwy w pomiarach. Faktyczne liczby ważnych danych nadających się do oceny są mniejsze z powodu usterek technicznych lub niezbędnej konserwacji urządzeń pomiarowych.

Dane dotyczące prędkości wiatru w raporcie SYNOP podane są tylko w całych $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, a kierunki wiatru w dziesiątkach stopni, natomiast dane ze stacji automatycznych są bardziej szczegółowe. Przed przystąpieniem do opracowania ujednociono więc formaty stosowanych danych. Wyjściowym zbiorem przetwarzanych danych były cegodzinne informacje

7 hodin středoevropského času CET následujícího dne. Vlhkost vzduchu byla hodnocena jednak pomocí relativní vlhkosti vzduchu a jednak pomocí deficitu teploty rosného bodu, tj. rozdílu mezi teplotou vzduchu a teplotou rosného bodu.

Měření na všech stanicích probíhalo podle stejných mezinárodních pravidel pro meteorologická měření. Směr a rychlost větru jsou měřeny ve standardní výšce 10 m nad zemí, teplota a vlhkost vzduchu ve 2 m nad zemí.

Pro porovnání české a polské části přeshraniční oblasti Moravy a Slezska byly pro každý hodinový termín rovněž vypočteny tzv. regionální průměrná termínová rychlost větru a průměrná regionální teplota vzduchu jako aritmetický průměr údajů naměřených v Mošnově, Ostravě-Porubě a Lučíně (region Moravskoslezského kraje) a v Racibórze, Katovicích a Bielsko-Białe (region Slezského vojvodství). Z průměrných denních úhrnů srážek na stejných stanicích byl obdobně vypočten tzv. regionální denní úhrn srážek. Regionální průměr byl zaokrouhlován na jedno desetinné místo s tím, že jestliže byl alespoň na jedné stanici denní úhrn srážek větší než 0,0 mm, byl regionální denní úhrn srážek zaokrouhlen minimálně na 0,1 mm.

Průměrné denní hodnoty byly vypočteny pro každý kalendářní den pro každou stanici a region jako aritmetický průměr z hodinových hodnot 0–23 hodin CET. Roční chod byl hodnocen pomocí aritmetických průměrů za 36 dekad (jeden měsíc zahrnuje tři dekadý), denní chod pomocí aritmetických průměrů v jednotlivých 24 hodinách.

Úroveň znečištění ovzduší (kapitola 4)

Zpracování zahrnuje oxid dusičitý NO_2 a oxidy dusíku NO_x , oxid siřičitý SO_2 , přízemní ozon O_3 , suspendované částice frakce PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$, benzen C_6H_6 , benzo[a]pyren B[a]P a z těžkých kovů v PM_{10} arsen As, kadmium Cd, nikl Ni a olovo Pb. Vyhodnoceny byly krátkodobé (1hodinové) a denní (24hodinové) průměrné koncentrace naměřené na celkem 28 automatizovaných a manuálních měřicích stanicích státních imisních sítí v přeshraniční oblasti Moravy a Slezska v období od října 2005 do března 2011. Základní zpracování zahrnuje po deseti monitorovacích stanicích v regionech Moravskoslezského kraje a Slezského vojvodství, které byly vybrány podle dlouhodobých výsledků měření jako reprezentativní pro porovnání úrovní znečištění obou regionů. Pro posouzení imisní situace PM_{10} , NO_2 , benzenu, benzo[a]pyrenu a těžkých kovů v PM_{10} byla zahrnuta měření z dalších stanic, zejména v české části oblasti, aby byly co nepodrobněji popsány nejproblematictější škodliviny oblasti (tab. 4.1, obr. 3.1). Provoz měřicích sítí, základní zpracování a verifikaci výsledků imisních měření ve státní imisní síti

nt. kierunku wiatru w dziesiątkach stopni oraz prędkości wiatru w całych metrach na sekundę. W kolejnym etapie dane dotyczące kierunku wiatru zredukowano do 16 kierunków zgodnie z ogólnie przyjętymi w meteorologii zasadami. Danymi wejściowymi do oceny warunków w zakresie opadów były zbiory klimatycznych dobowych sum opadów za okres od godziny 7 do 7 czasu środkowoeuropejskiego CET następnego dnia. Wilgotność powietrza badano na podstawie względnej wilgotności powietrza oraz na podstawie deficytu wilgotności.

Pomiarów na wszystkich stacjach dokonywano zgodnie z identycznymi zasadami meteorologicznymi dotyczącymi pomiarów meteorologicznych. Kierunek i prędkość wiatru mierzone są na standardowej wysokości 10 m nad gruntem, temperatura i wilgotność powietrza na wysokości 2 m nad gruntem.

W celu porównania polskiej i czeskiej części obszaru transgranicznego Moraw i Śląska dla każdego godzinnego terminu wyliczono także tzw. regionalną średnią terminową prędkość wiatru oraz średnią regionalną temperaturę powietrza jako średnią arytmetyczną danych pozyskanych w wyniku pomiarów w Mošnovie, Ostravie-Porubě i Lučíně (region kraju morawskośląskiego) oraz w Racibórze, Katowicach i Bielsku-Białej (region województwa śląskiego). Na bazie średnich dobowych sum opadów na tych samych stacjach w podobny sposób obliczono tzw. regionalną dobową sumę opadów. Średnia regionalna była zaokrąglana do jednego miejsca po przecinku, przy czym jeżeli przynajmniej na jednej stacji dobowa suma opadów była większa niż 0,0 mm, to regionalna dobowo suma opadów została zaokrąglona co najmniej do 0,1 mm.

Średnie dobowe wartości wyliczono dla każdego dnia kalendarzowego dla każdej stacji i regionu jako średnią arytmetyczną z wartości cogodzinnych 0–23 godzin CET. Roczny przebieg badano za pomocą średnich arytmetycznych z 36 dekad (jeden miesiąc obejmuje trzy dekadý), dobowy przebieg w oparciu o średnie arytmetyczne w poszczególnych 24 godzinach.

Poziom zanieczyszczenia powietrza (rozdział 4)

W opracowaniu omówiono: dwutlenek azotu NO_2 i tlenek azotu NO_x , dwutlenek siarki SO_2 , ozon przyziemny O_3 , frakcje pyłu zawieszonego PM_{10} i $\text{PM}_{2,5}$, benzen C_6H_6 , benzo[a]piren B[a]P oraz z metali ciężkich w PM_{10} arsen As, kadm Cd, nikiel Ni oraz ołów Pb. Ocenie poddano krótkoterminowe (jednogodzinne) i dobowe (24-godzinne) średnie stężenia, pozyskane z pomiarów na łącznie 28 zautomatyzowanych i manualnych stacjach pomiarowych państwowych sieci monitoringu jakości

zajišťuje v regionu Moravskoslezského kraje pobočka Českého hydrometeorologického ústavu v Ostravě (ČHMÚ), v regionu Slezského vojvodství Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska v Katowicach (WIOŚ)³².

Výsledky měření byly souhrnně vyhodnoceny pro chladné poloviny roku (měsíce leden až březen a říjen až prosinec) a teplé poloviny, resp. teplá období roku (měsíce duben až září) pro PM_{10} , $PM_{2,5}$, SO_2 , NO_2 a NO_x v pětiletém období 2006–2010 a pro ostatní škodliviny ve třiletém období 2008–2010. Dále byla hodnocena souvislá chladná období měsíců říjen až březen 2005/06 až 2010/11 a pro PM_{10} i souvislá zimní období měsíců prosinec až únor 2005/06 až 2010/11. Délka zpracovaného období vychází z dostupnosti dat obdobné kvality z obou regionů přeshraniční oblasti Slezska a Moravy, pro některé škodliviny nebyla data dostupná ze všech stanic nebo pro celé hodnocené období. Pro hodnocení ročních charakteristik PM_{10} , $PM_{2,5}$, SO_2 , NO_2 a NO_x byl k dispozici soubor s téměř 44 000 hodinovými hodnotami každého prvku na každé stanici, pro sezónní hodnocení soubor s téměř 22 000 hodnotami. Pro hodnocení denních hodnot byl k dispozici soubor s cca 1 800 hodnotami pro roční hodnocení a cca 900 hodnotami pro sezónní hodnocení. Uvedené počty jsou maximální možné dosažitelné, pokud by nedocházelo k výpadkům měření. Skutečné počty pro hodnocení využitelných platných dat byly nižší vlivem technických závad nebo nezbytné údržby měřidel.

V České republice používá ČHMÚ při měření znečištění ovzduší světový čas UTC, zatímco v Polské republice používá WIOŚ středoevropský čas CET. Při publikování dat na internetu, v ročenkách znečištění ovzduší a dalších zpracováních používají autoři oba typy časů. Dále se může lišit i označení 1hodinového intervalu, a sice stejná hodnota bývá označena buď začátkem nebo koncem 1hodinového intervalu³³. Při zpracování imisních dat je tedy vždy nezbytné dbát na bezrozporný popis a zejména na správné přiřazení dat z různých zdrojů ke stejným obdobím měření. V této publikaci jsou veškeré krátkodobé koncentrace uvedeny ve středoevropském čase (CET = UTC + 1 hodina) a označeny začátkem a koncem intervalu.

Průměrné denní koncentrace byly vypočteny pro každý kalendářní den a každou stanicí jako

³² Všechny údaje o monitorovacích stanicích, včetně použitých metod měření a laboratorních analýz, jsou na internetových stránkách ČHMÚ a WIOŚ: <http://www.chmi.cz>, <http://stacje.katowice.pios.gov.pl/monitoring>.

³³ 1hodinový průměr za hodinu 1:00–2:00 může být tedy označen 1:00 nebo 2:00. Z tohoto důvodu je nevhodnější používat označení celého intervalu včetně použitého typu času, které zabrání nesprávné interpretaci.

powietrza w obszarze granicznym Moraw i Śląska w okresie od października 2005 r. do marca 2011 r. Podstawowe opracowanie obejmuje po dziesięć stacji monitorujących w regionach kraju morawskośląskiego i województwa śląskiego, które wybrano na podstawie długoterminowych wyników pomiaru jako reprezentatywne do porównania poziomów zanieczyszczenia obu regionów. W celu dokonania oceny sytuacji w zakresie emisji PM_{10} , NO_2 , benzenu, benzo[*a*]pirenu oraz metali ciężkich w PM_{10} uwzględniono także pomiary z innych stacji, szczególnie w czeskiej części obszaru, aby jak najdokładniej opisać najbardziej kłopotliwe substancje zanieczyszczające w obszarze (tab. 4.1, rys. 3.1). Funkcjonowanie sieci pomiarowej, podstawowe opracowanie i weryfikację wyników pomiarów stężeń zanieczyszczeń w państwowej sieci stacji monitoringu jakości powietrza zapewnia w regionie kraju morawskośląskiego oddział Czeskiego Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej [Český hydrometeorologický ústav] w Ostravie (ČHMÚ), w regionie województwa śląskiego Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Katowicach (WIOŚ)³².

Wyniki wszystkich pomiarów zostały poddane łącznej ocenie dla chłodnych okresów roku (miesiące styczeń–marzec i październik–grudzień) oraz ciepłych okresów, a także dla połówek roku (miesiące kwiecień–wrzesień) dla PM_{10} , $PM_{2,5}$, SO_2 , NO_2 i NO_x w okresie pięcioletnim 2006–2010, a dla pozostałych zanieczyszczeń – w okresie trzyletnim 2008–2010. Ponadto badano ciągle okresy chłodne od października do marca 2005/06 do 2010/11, a dla PM_{10} także ciągle okresy zimowe od grudnia do lutego 2005/06 do 2010/11. Długość zbadanego okresu wynika z dostępności danych o podobnej jakości z obu regionów obszaru transgranicznego Śląska i Moraw, dla niektórych zanieczyszczeń dane nie były dostępne ze wszystkich stacji lub dla całego badanego okresu. Do oceny rocznych cech PM_{10} , $PM_{2,5}$, SO_2 , NO_2 i NO_x dostępny był zbiór niemal 44 000 codziennych wartości każdego elementu na każdej stacji, do celów ocen sezonowych zbiór niemal 22 000 wartości. Do oceny wartości dobowych wykorzystano zbiór ok. 1800 wartości do oceny rocznej oraz ok. 900 wartości do oceny sezonowej. Wymienione liczby są maksymalnymi możliwymi do pozyskania, jeżeli nie występowały ewentualne przerwy w pomiarach. Faktyczne liczby ważnych danych nadających się do oceny są mniejsze z powodu usterek

³² Wszystkie informacje dotyczące stacji monitorujących oraz zastosowanych metod pomiaru oraz analiz laboratoryjnych umieszczone są na stronach internetowych ČHMÚ oraz WIOŚ: <http://www.chmi.cz>, <http://stacje.katowice.pios.gov.pl/monitoring>.

aritmetický průměr z 1hodinových koncentrací naměřených v období 0–24 hodin CET. Průměr byl považován za platný, bylo-li k dispozici minimálně šestnáct 1hodinových koncentrací a případný výpadek v měření trval souvisle maximálně čtyři hodiny. Pro další použití byl průměr zaokrouhlen na celé číslo.

Pro ozon bylo pro každý kalendářní den vypočteno dvanáct 8hodinových klouzavých průměrných koncentrací jako aritmetický průměr ve dvanácti 8hodinových obdobích od 05–13 do 16–24 hodin CET a z nich byla vybrána maximální denní 8hodinová koncentrace. Toto denní maximum bylo stanoveno rovněž pouze tehdy, bylo-li k dispozici v daném dni minimálně šestnáct 1hodinových koncentrací a případný výpadek v měření trval souvisle maximálně čtyři hodiny.

Pro porovnání české a polské části přeshraniční oblasti Moravy a Slezska byly pro každý den vypočteny tzv. regionální průměrné denní 24hodinové koncentrace NO_2 , SO_2 a PM_{10} jako aritmetický průměr z 24hodinových koncentrací, naměřených na všech deseti základních stanicích. Regionální koncentrace byly vypočteny pro každý den, ve kterém byly k dispozici 24hodinové koncentrace z minimálně pěti stanic v daném regionu. Do výpočtu pro daný den nebyla zahrnuta naměřená maximální a minimální denní koncentrace a ze zbývajících tří až osmi denních koncentrací byl s přesností na celé číslo vypočítán aritmetický průměr. Obdobně byly pro ozon pro každý den vypočteny tzv. regionální průměrné maximální denní 8hodinové koncentrace jako aritmetický průměr z maximálních denních 8hodinových koncentrací naměřených na čtyřech základních stanicích. Regionální koncentrace ozonu byly vypočteny pro každý den, ve kterém byly k dispozici maximální denní 8hodinové koncentrace z minimálně tří stanic v daném regionu. Z dostupných tří až čtyř maximálních denních 8hodinových koncentrací byl s přesností na celé číslo vypočítán aritmetický průměr pro daný region. Podle uvedených pravidel bylo možno stanovit regionální koncentrace ve všech dnech hodnoceného období kromě tří dnů v regionu Slezského vojvodství, a to 30. 7. 2006 pro SO_2 , 29. 10. 2006 pro NO_2 , SO_2 a PM_{10} a 25. 6. 2010 pro PM_{10} . Pro tyto dny byla regionální průměrná koncentrace odhadnuta z regionálních koncentrací v Moravskoslezském kraji v uvedených, předcházejících a následujících dnech.

Roční chod koncentrací NO_2 , SO_2 , PM_{10} a O_3 byl hodnocen pomocí aritmetických průměrů v 36 dekádách (jeden měsíc zahrnuje tři dekády), denní chod pomocí aritmetických průměrů v jednotlivých 24 hodinách.

Roční chod četností denních koncentrací NO_2 , SO_2 , PM_{10} a O_3 vyšších než zvolená hodnota byl

technických lub nezbednej konserwacji urządzeń pomiarowych.

W Republice Czeskiej ČHMÚ korzysta w pomiarach zanieczyszczeń powietrza z czasu uniwersalnego UTC, natomiast w Rzeczpospolitej Polskiej WIOŚ stosuje czas środkowoeuropejski CET. Do umieszczania danych w internecie, w rocznikach zanieczyszczenia powietrza oraz innych opracowaniach autorzy stosują oba typy czasu. Ponadto różnić się może także oznaczenie przedziału jednogodzinnego, tzn. ta sama wartość oznaczana jest albo początkiem albo końcem przedziału jednogodzinnego³³. Opracowując dane dotyczące emisji, należy więc za każdym razem stosować nie budzący wątpliwości opis, a przede wszystkim właściwie przyporządkować dane z różnych źródeł do tego samego okresu pomiaru. W niniejszym opracowaniu wszystkie krótkoterminowe stężenia podano w czasie środkowoeuropejskim (CET=UTC + 1 godzina) i oznaczono początkiem i końcem przedziału.

Średnie dobowe stężenia wyliczono dla każdego dnia kalendarzowego i dla każdej stacji jako średnią arytmetyczną z jednogodzinnych stężeń zmierzonych w czasie 0–24 godzin CET. Średnią uważano za ważną, jeżeli dysponowano co najmniej szesnastoma jednogodzinnymi stężeniami, a ewentualna przerwa w pomiarach trwała w trybie ciągłym maksymalnie cztery godziny. Do dalszego wykorzystania średnią zaokrąglano do całej liczby.

W odniesieniu do ozonu wyliczono dla każdego dnia kalendarzowego dwanaście 8-godzinnych średnich kroczących stężeń jako średnią arytmetyczną w dwunastu 8-godzinnych okresach od 5–13 do 16–24 godzin CET i z nich wybrano maksymalne dobowe 8-godzinne stężenie. To dobowe maksimum określano również tylko wówczas, gdy dysponowano w danym dniu co najmniej szesnastoma jednogodzinnymi stężeniami, a ewentualna przerwa w pomiarach trwała w trybie ciągłym maksymalnie cztery godziny.

W celu porównania polskiej i czeskiej części obszaru transgranicznego Moraw i Śląska dla każdego dnia wyliczono tzw. regionalne średnie dobowe 24-godzinne stężenia NO_2 , SO_2 i PM_{10} jako średnią arytmetyczną z 24-godzinnych stężeń zarejestrowanych na wszystkich dziesięciu podstawowych stacjach. Stężenia regionalne wyliczono dla każdego dnia, dla którego dostępne były 24-godzinne stężenia co najmniej z pięciu stacji w danym regionie. W obliczeniach dla danego dnia nie ujęto odnotowanych maksymalnych i minimalnych

³³ Jednogodzinną średnią z godziny 1:00–2:00 może być więc oznaczona jako 1:00 lub 2:00. Z tego powodu najbardziej wskazane jest stosowanie oznaczenia całego przedziału czasowego wraz z zastosowanym typem czasu, co zapobiegnie nieprawidłowej interpretacji.

hodnocen pomocí relativních dekadových četností denních koncentrací vyšších než zvolená hodnota na jednotlivých stanicích. Pro jednotlivé škodliviny byly zvoleny tyto hodnoty: $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pro NO_2 a $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pro SO_2 (hodnoty ročního imisního limitu), $60 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pro O_3 (polovina hodnoty denního imisního limitu) a $100 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pro PM_{10} (dvojnásobek hodnoty denního imisního limitu). Vypočtené dekadové četnosti byly zhlazeny pomocí průměrných klouzavých 3dekádových četností a v obrázcích byly označeny prostřední dekadou.

Roční chod ostatních škodlivin, pro které byly k dispozici údaje za kratší období zejména z některých stanic, byl hodnocen pomocí měsíčních průměrných koncentrací.

Nejvyšší koncentrace NO_2 , SO_2 a PM_{10} spadají do chladné poloviny roku. Pro lepší přehlednost ročních chodů koncentrací těchto škodlivin proto začíná osa grafů první dekadou července a končí poslední dekadou června, zatímco pro O_3 začíná osa standardně první lednovou dekadou.

Týdenní chod koncentrací škodlivin byl hodnocen pomocí aritmetických průměrů denních koncentrací, naměřených v daném dni v týdnu.

Podíl frakcí suspendovaných částic byl vypočten pro každou stanicí a každý den, ve kterém byla k dispozici průměrná denní koncentrace obou frakcí. Z denních podílů byl následně vypočítán průměrný podíl za chladné a teplé poloviny roku.

Meteorologicko-imisní vztahy (kapitola 5)

Pro studium meteorologicko-imisních vztahů byly použity denní regionální imisní a meteorologické charakteristiky pro region Moravskoslezského kraje a Slezského vojvodství odvozené v kapitolách 3 a 4. Jedná se o soubory průměrných regionálních denních 24hodinových koncentrací PM_{10} , NO_2 , SO_2 , průměrných regionálních maximálních denních 8hodinových koncentrací O_3 a o soubory regionálních průměrných denních teplot vzduchu, regionálních průměrných denních rychlostí větru, průměrných denních vertikálních teplotních pseudogradientů pro vrstvy 0–500 m, 0–1000 m a 500–1000 m a regionálních průměrných denních úhrnů srážek. Denní doby trvání slunečního svitu byly použity pouze ze stanice Mošnov pro region Moravskoslezského kraje a ze stanice Katowice pro region Slezského vojvodství.

Soubory těchto charakteristik byly vyhodnoceny souhrnně za chladná období říjen–březen roků 2005/06–2010/11 a za teplá období duben–září roků 2006–2010. Pro O_3 a denní doby trvání slunečního svitu byla vyhodnocena pouze teplá období roků 2008–2010. Vzhledem k ročnímu chodu imisního zatížení a úrovni znečištění ovzduší ve

dobových stěžích, a z pozostalých třech do osmiu dobových stěžích z důkladností do celé liczby vyliczono średnią arytmetyczną. Podobnie dla ozonu wyliczono dla każdego dnia tzw. regionalne średnie maksymalne dobowe 8-godzinne stężenia jako średnią arytmetyczną z maksymalnych dobowych 8-godzinnych stěžích namierzonych na czterech podstawowych stacjach. Stężenia regionalne ozonu wyliczono dla każdego dnia, dla którego dostępne były maksymalne dobowe 8-godzinne stężenia co najmniej z trzech stacji w danym regionie. Z dostępnych trzech do czterech maksymalnych dobowych 8-godzinnych stěžích z důkladností do całej liczby wyliczono średnią arytmetyczną dla danego regionu. Na podstawie opisanych zasad możliwe było określenie regionalnych stěžích we wszystkich dniach badanego okresu, oprócz trzech dni w regionie województwa śląskiego, konkretnie 30 lipca 2006 r. dla SO_2 , 29 października 2006 r. dla NO_2 , SO_2 i PM_{10} oraz 25 czerwca 2010 r. dla PM_{10} . Dla tych dni regionalne średnie stężenia oszacowano na podstawie stěžích regionalnych w kraju morawskośląskim w podanych, poprzedzających i następujących dniach.

Roczny przebieg stěžích NO_2 , SO_2 , PM_{10} i O_3 badano za pomocą średnich arytmetycznych w 36 dekadach (jeden miesiąc obejmuje trzy dekady), dzienny przebieg na podstawie średnich arytmetycznych w poszczególnych 24 godzinach.

Roczny przebieg częstości dobowych stěžích NO_2 , SO_2 , PM_{10} i O_3 wyższych od wybranej wartości oceniano za pomocą względnych dekadowych częstości dobowych stěžích wyższych od wybranej wartości na poszczególnych stacjach. Dla poszczególnych zanieczyszczeń wybrano poniższe wartości: $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ dla NO_2 i $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ dla SO_2 (wartości rocznej normy imisji), $60 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ dla O_3 (połowa wartości dobowej normy imisji) oraz $100 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ dla PM_{10} (dwukrotność wartości dobowej normy imisji). Wyliczone dekadowe częstości zostały wygładzone za pomocą średnich kroczących trzydekadowych częstości. Na rysunkach są oznaczone środkową dekadą.

Roczny przebieg pozostałych zanieczyszczeń, dla których dostępne były dane za krótszy okres, zwłaszcza z niektórych stacji, oceniono na podstawie miesięcznych średnich stěžích.

Najwyższe stężenia NO_2 , SO_2 i PM_{10} występują w chłodnej połowie roku. Aby roczne przebiegi stěžích tych zanieczyszczeń były bardziej przejrzyste, oś wykresów zaczyna się pierwszą dekadą lipca, a kończy ostatnią dekadą czerwca, natomiast dla O_3 oś zaczyna się standardowo pierwszą dekadą stycznia.

Tygodniowy przebieg stěžích zanieczyszczeń oceniano na podstawie średnich arytmetycznych dobowych stěžích zarejestrowanych w danym dniu tygodnia.

sledovaných regionech byly v chladných obdobích vyhodnocovány meteorologicko-imisní vztahy pro PM_{10} , NO_2 a SO_2 a v teplých obdobích pro PM_{10} , NO_2 a O_3 .

Vztahy mezi regionálními imisními a meteorologickými charakteristikami byly vyšetřovány pomocí Spearmanových koeficientů pořadové korelace³⁴ a pomocí odvozených pěti regionálních denních typů meteorologických podmínek rozptylu dle teploty vzduchu, rychlosti větru, teplotního zvrstvení a úhrnu srážek a pro teplou polovinu roku i dle doby trvání slunečního svitu. Na základě obecných znalostí o vlivu jednotlivých meteorologických prvků na úroveň znečištění ovzduší byly stanoveny jejich denní typy. Při stanovení denních typů dle teploty vzduchu, rychlosti větru a doby trvání slunečního svitu byly soubory rozděleny s přihlédnutím k hodnotám kvintilů³⁵ příslušných souborů (tab. 5.1.2). Typy A a B teploty vzduchu, rychlosti větru, úhrnu srážek a teplotního zvrstvení lze označit jako nepříznivé pro rozptyl PM_{10} , NO_2 a SO_2 , zatímco typy D a E jsou příznivé. Pro tvorbu O_3 jsou příznivé zejména typy teploty a slunečního svitu D a E, ale nepříznivé typy A a B.

Pro ilustraci kumulovaného vlivu meteorologických podmínek rozptylu na imisní úroveň ve sledovaných regionech byly odvozeny tzv. denní typy dnů s nepříznivými nebo příznivými meteorologickými podmínkami rozptylu, resp. tzv. denní typy dnů s příznivými nebo nepříznivými podmínkami pro tvorbu ozonu. Pro odvození těchto typů byly vybrány meteorologické prvky s nejlepší korelací mezi imisními a meteorologickými charakteristikami. Jako den se špatnými rozptylovými podmínkami (typ F) pro PM_{10} , NO_2 a SO_2 byl označen den, ve kterém byly současně nepříznivé typy teplotního zvrstvení a rychlosti větru (typy A–B), jako den s dobrými podmínkami rozptylu (typ G) byl označen den, ve kterém byly typy teplotního zvrstvení a rychlosti větru současně příznivé (typy D–E). Pro O_3 byl jako den s příznivými podmínkami pro tvorbu ozonu (typ F) označen den, ve kterém byly současně příznivé pro tvorbu ozonu typy trvání slunečního svitu a teploty (typy D–E), jako

³⁴ Spearmanův koeficient pořadové korelace je bezrozměrné číslo, které udává statistickou závislost mezi dvěma veličinami. Nabývá hodnot od -1 do $+1$, hodnota koeficientu -1 značí zcela nepřímou závislost, hodnota koeficientu $+1$ značí zcela přímou závislost mezi veličinami. Pokud je koeficient roven 0 , pak mezi znaky není žádná statisticky zjiřitelná závislost.

³⁵ Kvintily jsou čtyři kvantily Q_{20} , Q_{40} , Q_{60} a Q_{80} , které dělí statistický soubor na pět stejných dílů. Kvantily jsou ve statistice hodnoty, které rozdělují seřazený statistický soubor na dvě části – na část obsahující hodnoty menší (nebo stejné) než je hodnota kvantilu a na část obsahující hodnoty větší (nebo stejné). Např. Q_{40} je 40% kvantil, který rozděluje soubor na 40% hodnot menších než Q_{40} a na 60% hodnot větších než Q_{40} .

Udíl frakce pylu zavěšeného obliczono dla každej stacji i dla każdego dnia, w którym dostępne było średnie dobowe stężenie obu frakcji. Z dobowych udziałów następnie wyliczono średni udział w chłodnych i ciepłych okresach każdego roku.

Relacje między warunkami meteorologicznymi a imisją zanieczyszczeń (rozdział 5)

Do zbadania relacji między warunkami meteorologicznymi a imisją zanieczyszczeń wykorzystano dobowe dane regionalne dotyczące zanieczyszczeń oraz cechy meteorologiczne dla regionu kraju morawskośląskiego i województwa śląskiego scharakteryzowane w rozdziałach 3 i 4. Są to zbiory średnich regionalnych dobowych 24-godzinnych stężeń PM_{10} , NO_2 , SO_2 , średnich regionalnych maksymalnych dobowych 8-godzinnych stężeń O_3 oraz zbiory regionalnych średnich dobowych temperatur powietrza, regionalnych średnich dobowych prędkości wiatru, średnich dobowych pionowych pseudogradientów temperatury dla warstw 0–500 m, 0–1000 m i 500–1000 m oraz regionalnych średnich dobowych sum opadów. Dobowe usłonecznienie uwzględniono wyłącznie ze stacji Mośnow dla regionu kraju morawskośląskiego oraz ze stacji Katowice dla regionu województwa śląskiego.

Zbiory tych cech poddano łącznej ocenie za okresy chłodne październik–marzec lat 2005/6–2010/11 oraz za okresy ciepłe kwiecień–wrzesień lat 2006–2010. W odniesieniu do O_3 i dobowego usłonecznienia badano tylko okresy ciepłe lat 2008–2010. Ze względu na roczne przebiegi obciążenia imisjami i poziomemu zanieczyszczenia powietrza w badanych regionach w chłodnych okresach oceniano relacje między warunkami meteorologicznymi a imisją zanieczyszczeń dla PM_{10} , NO_2 i SO_2 , a w ciepłych okresach dla PM_{10} , NO_2 i O_3 .

Relacje pomiędzy regionalnymi cechami imisyjnymi a meteorologicznymi badano za pomocą współczynników korelacji rang Spearmana³⁴ oraz za pomocą określonych pięciu regionalnych dobowych typów meteorologicznych warunków dyspersji według temperatury powietrza, prędkości wiatru, struktury termicznej, a dla cieplej połowy roku także według usłonecznienia. Na podstawie ogólnej wiedzy nt. wpływu poszczególnych elementów

³⁴ Współczynnik korelacji rang Spearmana to liczba bezwymiarowa, wskazująca na zależność statystyczną pomiędzy dwoma wielkościami. Przyjmuje wartości od -1 do $+1$, wartość współczynnika -1 oznacza całkowicie odwrotną zależność, wartość współczynnika $+1$ oznacza całkowicie prostą zależność pomiędzy wielkościami. Jeżeli współczynnik równy jest 0 , to między cechami nie ma żadnej statystycznie możliwej do stwierdzenia zależności.

den s nepříznivými podmínkami pro tvorbu ozonu (typ G) byl naopak označen den, ve kterém byly současně nepříznivé pro tvorbu ozonu typy trvání slunečního svitu a teploty (typy A–B).

V návaznosti na převládající směry větru (kapitola 3) byly z hodinových údajů o směru a rychlosti větru z meteorologických stanic Mošnov, Ostrava-Poruba a Lučina pro region Moravskoslezského kraje a meteorologických stanic Racibórz, Katowice a Bielsko-Biala pro region Slezského vojvodství odvozeny pro každý den tzv. regionální denní typy směru větru. Jako den s regionálním denním typem směru větru z jihozápadní poloviny horizontu (typ SW½), resp. ze severovýchodní poloviny horizontu (typ NE½), byl v daném regionu označen den, ve kterém byla na uvedených stanicích úhrnná relativní četnost hodinových směrů větru z jihozápadní, resp. severovýchodní, poloviny horizontu (kapitola 3.2) větší než 66% (tj. ve více než ⅔ z možných 3 × 24 termínů). Pro dny, ve kterých nebylo možno směr větru v regionu přiřadit k některému z uvedených typů, byl typ proudění označen jako X. Jedná se většinou o dny s proměnlivým směrem větru nebo o dny s výraznou změnou směru větru v průběhu dne.

Meteorologické podmínky pro vznik epizod s vysokými koncentracemi znečišťujících látek (kapitola 6)

Hodnoceny byly všechny dostupné údaje od října 2005 do března 2011 z monitorovacích stanic Státního monitoringu životního prostředí (Państwowy Monitoring Środowiska, PMS) a ČHMÚ v oblasti, bez ohledu na jejich klasifikaci (dopravní, v oblasti vlivu průmyslu, pozadřové: městské, příměstské a regionální) a měřicí metody (automatické, manuální) a také údaje z reprezentativních meteorologických stanic ČHMÚ a IMGW-PIB.

Hlavním cílem této části publikace bylo zpracování metody pro identifikaci meteorologických podmínek, které mají vliv na vznik vysokých koncentrací suspendovaných částic PM₁₀ a přízemního ozonu O₃ se zohledněním proměnlivých podmínek emisí PM₁₀ a chemických proměn prekurzorů O₃. Proto byla pro odlišení epizody použita metodika nezávislá na hodnoceném znečištění, založená na pravděpodobnosti výskytu příslušné koncentrace v dané lokalitě.

V souladu s tím měla analýza dvě etapy:

- v první řadě byly identifikovány smogové epizody v oblasti,
- v druhé řadě pak byly identifikovány meteorologické situace související s těmito smogovými epizodami.

meteorologických na poziom zanieczyszczenia powietrza określono ich dobowe typy. Określając dobowe typy według temperatury powietrza, prędkości wiatru i usłonecznienia, podzielono zbiory z uwzględnieniem wartości kwintyli³⁵ właściwych zbiorów (tab. 5.1.2). Typy A i B temperatury powietrza, prędkości wiatru, sumy opadów i struktury termicznej można uznać za niekorzystne dla dyspersji PM₁₀, NO₂ i SO₂, natomiast typy D i E są korzystne. Dla powstawania O₃ korzystne są w szczególności typy temperatury i usłonecznienia D i E, natomiast niekorzystne są typy A i B.

W celu zilustrowania skumulowanego wpływu meteorologicznych warunków dyspersji na poziom zanieczyszczenia powietrza w badanych regionach zdefiniowano tzw. dobowe typy dni o niekorzystnych lub korzystnych meteorologicznych warunkach dyspersji oraz tzw. dobowe typy dni o korzystnych lub niekorzystnych warunkach dla powstawania ozonu. W celu określenia tych typów wybrano elementy meteorologiczne z najlepszą korelacją między cechami meteorologicznymi a imisyjnymi. Jako dzień o złych warunkach dyspersji (typ F) dla PM₁₀, NO₂ i SO₂ oznaczono dzień, w którym występowały równocześnie niekorzystne typy struktury termicznej oraz prędkości wiatru (typy A–B), jako dzień o dobrych warunkach dyspersji (typ G) oznaczono dzień, w którym występowały równocześnie korzystne typy struktury termicznej i prędkości wiatru (typy D–E). Dla O₃ jako dzień o korzystnych warunkach dla powstawania ozonu (typ F) oznaczono dzień, w którym występowały równocześnie korzystne dla powstawania ozonu typy usłonecznienia i temperatury (typy D–E), jako dzień o niekorzystnych warunkach dla powstawania ozonu (typ G) oznaczono natomiast dzień, w którym występowały równocześnie niekorzystne dla powstawania ozonu typy usłonecznienia i temperatury (typy A–B).

W nawiązaniu do przeważających kierunków wiatru (rozd. 3) na podstawie danych jednodzinnych dotyczących kierunku i prędkości wiatru ze stacji meteorologicznych Mošnov, Ostrava-Poruba i Lučina dla regionu kraju morawskośląskiego oraz ze stacji meteorologicznych Racibórz, Katowice i Bielsko-Biala dla regionu województwa śląskiego określono dla każdego dnia tzw. regionalne dobowe typy kierunku wiatru. Jako dzień z regionalnym dobowym typem kierunku wiatru

³⁵ Kwintyle to cztery kwantyle Q₂₀, Q₄₀, Q₆₀ a Q₈₀, które dzielą populację statystyczną na pięć takich samych części. Kwintyle to w statystyce wartości, które dzielą uszeregowaną populację statystyczną na dwie części – na część zawierającą wartości mniejsze (lub równe) od wartości kwantyla oraz na część zawierającą wartości większe (lub równe). Np. Q₄₀ to 40% kwantyl, który dzieli populację na 40% wartości mniejszych od Q₄₀ i na 60% wartości większych od Q₄₀.

Data byla sjednocena, absolutní hodnoty koncentrací PM_{10} nebo O_3 byly nahrazeny pravděpodobnostmi výskytu takové koncentrace v dané lokalitě. Po zpracování řad dat získaných z měření x_1, \dots, x_n (průměrná denní koncentrace PM_{10} – K24 nebo maximální denní průměrná 8hodinová koncentrace O_3 z klouzavých průměrů – maxK8) byla pro každou stanici vypočtena pravděpodobnost:

$$p_i = \frac{|\{x \in \{x_1, \dots, x_n\}; x \geq x_i\}|}{n}$$

kdy symbol $|\{ \dots \}|$ znamená rozsah množiny x_i , $i = 1, \dots, n$.

Tímto způsobem byla naměřená hodnota charakterizována četností jejího výskytu včetně vyšších hodnot. Následně byla pro každý den pro všechny stanice, které měřily v tento den, vypočtena průměrná pravděpodobnost, která charakterizuje zprůměrovanou úroveň znečištění ovzduší. Čím je průměrná pravděpodobnost menší, tím jsou vyšší hladiny hodnocené škodliviny:

$$Pr(den, měsíc, rok) = \frac{\sum_{k=1}^N p_k}{N}$$

kdy N je počet měřicích stanic, které byly tento den v provozu.

Průměrné pravděpodobnosti byly vypočteny pro celou oblast a samostatně pro regiony Moravskoslezského kraje a Slezského vojvodství. Následně byl zpracován seznam epizod.

południowo-zachodniej części horyzontu (typ SW $\frac{1}{2}$), czy też z północno-wschodniej części horyzontu (typ NE $\frac{1}{2}$), w danym regionie oznaczono dzień, w którym na wymienionych stacjach sumaryczna względna częstość godzinnych kierunków wiatru z południowo-zachodniej lub północno-wschodniej części horyzontu (rozdz. 3.2.) była większa od 66% (tj. w ponad $\frac{2}{3}$ możliwych 3×24 terminów). Dla dni, w których kierunku wiatru w regionie nie można było przyporządkować do któregoś z wymienionych typów, typ przepływu powietrza oznaczono jako X. W większości są to dni ze zmiennym kierunkiem wiatru albo dni z wyraźną zmianą kierunku wiatru w ciągu dnia.

Meteorologiczne uwarunkowania powstawania epizodów wysokich stężeń zanieczyszczeń (rozdział 6)

Do badań wykorzystano wszystkie dostępne dane z lat 2005/06–2010/11 (a dokładnie od października 2005 r. do marca 2011 r.) ze stacji pomiaru jakości powietrza Państwowego Monitoringu Środowiska (PMS) i ČHMÚ w badanym regionie, bez względu na ich przeznaczenie (komunikacyjne, w strefie oddziaływania przemysłu lub zakładu, tła: miejskiego, podmiejskiego i ponadregionalnego) i metody pomiarowe (automatyczny, manualny), wykorzystano także dane z reprezentatywnych stacji meteorologicznych IMGW-PIB i ČHMÚ.

Zasadniczym celem tej części pracy było opracowanie metody identyfikacji uwarunkowań meteorologicznych odpowiedzialnych za powstawanie wysokich stężeń pyłu zawieszonego i ozonu przyziemnego z uwzględnieniem zmiennych warunków emisji pyłu zawieszonego i przemian chemicznych prekursorów ozonu. Dlatego jako wyróżnik epizodu przyjęto metodykę, niezależną od analizowanego zanieczyszczenia, w postaci prawdopodobieństwa wystąpienia w danym miejscu określonego stężenia.

W związku z tym analiza była dwuetapowa:

- po pierwsze zidentyfikowano epizody smogowe w skali badanego obszaru,
- po drugie zidentyfikowano sytuacje meteorologiczne związane z epizodami smogowymi.

Dane ujednolicono, zastępując wartości bezwzględne stężeń PM_{10} lub O_3 prawdopodobieństwem wystąpienia w danym miejscu takiego stężenia. Mając ciąg danych otrzymanych z pomiarów x_1, \dots, x_n (średniodobowe stężenie PM_{10} – K24 lub maksymalne średnie 8-godzinne O_3 w dobie, spośród średnich kroczących – max K8) dla każdej stacji obliczono prawdopodobieństwo:

$$p_i = \frac{|\{x \in \{x_1, \dots, x_n\}; x \geq x_i\}|}{n},$$

gdzie symbol $|\cdot|$ oznacza moc zbioru $x_i, i=1, \dots, n$.

W ten sposób pomiar scharakteryzowano częstością jego występowania wraz z wartościami wyższymi. Następnie dla każdej doby obliczono dla wszystkich mierzących w ten dzień stacji średnie prawdopodobieństwo i otrzymano uśrednioną sytuację sanitarną powietrza. Im średnie prawdopodobieństwo mniejsze, tym wyższe poziomy analizowanego zanieczyszczenia:

$$\Pr(\text{dzień, miesiąc, rok}) = \frac{\sum_{k=1}^N p_k}{N}$$

gdzie N jest liczbą działających w danym dniu stacji pomiarowych.

Średnie prawdopodobieństwa obliczono dla całości obszaru, oraz poszczególnych jego regionów – SLw, MSk – i utworzono listę epizodów.

LITERATURA

- Beyer, K., Goldstein, J., Ramakrishnan, R., and Shaft, U., 1999. When is “nearest neighbor” meaningful? In Proceedings of the 7th International Conference on Database Theory, pages 217–235.
- Biuletyn PSHM 2006. Biuletyn PSHM lipiec 2006. 7(43), IMGW Warszawa.
- Biuletyn PSHM 2010. Biuletyn PSHM styczeń 2010, 1(86), IMGW Warszawa.
- Blažek Z., Černíkovský L., Krejčí B., Volná V., 2008. Znečištění ovzduší suspendovanými částicemi v oblasti Ostravsko-Karvinska (sborník prací ČHMÚ sv. 53). 1. vyd. Praha: ČHMÚ, Nakladatelství Český hydrometeorologický ústav. 75 s. ISSN 0232-0401. ISBN 978-80-86690-53-7.
- Blažek Z., Černíkovský L., Ostrožlík T., Volný R., Krajny E., Ošródko L., 2010. Smogová situace v oblasti Ostravsko-Karvinska ve dnech 23–27. ledna 2010, Meteorologické zprávy, ČHMÚ, 63, 2, 33–41.
- ČHMÚ, 2007. Machálek P., Machart J. Upravená emisní bilance vytápění bytů malými zdroji od roku 2006. ČHMÚ, Milevsko, 2007.
- ČHMÚ, 2012. Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2011. ČHMÚ, Praha, 2012.
- ČHMÚ, 2013. Úsek ochrany čistoty ovzduší. Emisní bilance České republiky (http://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/emisnibilance_CZ.html) accessed 2013-01-22.
- ČHMÚ, UP, 2007. Atlas podnebí Česka. ČHMÚ – UP v Olomouci, Praha, Olomouc 2007.
- ČR, 2007. Vyhláška č. 194/2007 Sb., kterou se stanoví pravidla pro vytápění a dodávku teplé vody, měrné ukazatele tepelné energie pro vytápění a pro přípravu teplé vody a požadavky na vybavení vnitřních tepelných zařízení budov přístroji regulujícími dodávku tepelné energie konečným spotřebitelům.
- ČR, 2012. Zákon č. 201/2012 Sb. ze dne 2. května 2012 o ochraně ovzduší.
- ČSÚ, 2013. Český statistický úřad. Český statistický úřad (<http://www.czso.cz/>) accessed 2013-01-22.
- Demek Jaromír, Mackovčín Peter, 2006. Zeměpisný lexikon ČR: Hory a nížiny. Brno: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2006. 582 s. ISBN 80-86064-99-9.
- Draxler R.R., Rolph G.D., 2010. HYSPLIT (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) Model access via NOAA ARL READY, NOAA Air Resources Laboratory, Silver Spring, MD (<http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php>).
- EC, 2004. Directive 2004/107/EC of the European Parliament and of the Council of 15 December 2004 relating to arsenic, cadmium, mercury, nickel and polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air. OJ L 23, 26. 1. 2005, page 3–16.
- EC, 2008. Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe. OJ L 152, 11. 6. 2008, page 1–44.
- EEA, 2012a. Air quality in Europe – 2012 report. EEA Technical report 4/2012. European Environmental Agency, Copenhagen, 2012. ISBN: 978-92-9213-328-3 (<http://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2012>).
- EEA, 2012b. European Union emission inventory report 1990–2010 under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP). EEA Technical report 8/2012. European Environmental Agency, Copenhagen, 2012. ISBN 978-92-9213-321-4 (<http://www.eea.europa.eu/publications/eu-emission-inventory-report-1990-2010>).
- GUS, 2013. Główny Urząd Statystyczny. GUS PORTAL. 1995–2013 (<http://www.stat.gov.pl/gus>) accessed 2013-01-22.
- HYSPLIT Trajectory Model, 2008. HYSPLIT Trajectory Model. September 12 (<http://ready.arl.noaa.gov/hysplit-bin/trajtype.pl?runtype=archive>) accessed 2013-02-07.
- IMGW, 2000. Atlas klimatu województwa śląskiego. IMGW, Katowice 2000.
- IMGW, 2005. Atlas klimatu Polski. IMGW, Warszawa 2005.
- IMGW-PIB, 2012. Zmiany klimatu a monitoring i prognozowanie stanu środowiska atmosferycznego. Ziemiański M., Ošródko L. (red.). Cześć II: Nowoczesne metody monitoringu i prognozowania stanu środowiska atmosferycznego. IMGW-PIB Warszawa 2012.
- Kondracki J., 2002. Geografia regionalna Polski. Warszawa, PWN, 2002.
- Kottek, M., Grieser J., Beck C., Rudolf B., Rubel F., 2006. „World Map of the Köppen–Geiger climate classification updated”. *Meteorol. Z.* 15 (3): 259–263. Bibcode2006MetZe..15..259K. doi:10.1127/0941-2948/2006/0130.

- Niedźwiedz T., 1981. Sytuacje synoptyczne i ich wpływ na zróżnicowanie przestrzenne wybranych elementów klimatu w dorzeczu Górnej Wisły. Uniwersytet Jagielloński. Rozprawy habilitacyjne nr 58.
- Niedźwiedz T., 2011. Kalendarz typów cyrkulacji atmosfery dla Polski Południowej – zbiór komputerowy. Uniwersytet Śląski, Katedra Klimatologii, Sosnowiec.
- Ośródka L., Krajny E., Wojtylak M., 2006. Analiza epizodów smogowych w sezonie zimowym na Górnym Śląsku. [w:] Ochrona powietrza w teorii i praktyce, IPIŚ PAN, Zabrze, Tom II, 197-206.
- Rolph, G.D., 2010. Real-time Environmental Applications and Display system (READY), NOAA Air Resources Laboratory, Silver Spring, MD (<http://ready.arl.noaa.gov>).
- RP, 2012. RMŚ z dnia 24. 8.2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu. Dz. U. z 2012 r., poz. 1031.
- Sammon, J. W., 1969. A non-linear mapping for data structure analysis. IEEE Trans. Comput., C-18 401–409.
- Song F., Shin Y.J., Jusino-Atresino R., Gao Y., 2011. Relationships among the springtime ground-level NO_x, O₃ and NO₃ in the vicinity of highways in the US east coast. Atmospheric Pollution Research 2, 374-383.
- UKMO Met Office Bracknell. Wetterzentrale [online], 1995–2013 (<http://www.wetterzentrale.de/topkarten/fsfaxbra.html>) accessed 2011-02-07.
- VŠB, 2011. Zlepšení kvality ovzduší v příhraniční oblasti Česka a Polska, Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava, Instytut Ekologii Terenów Przemysłowych w Katowicach, 2008-2011. (<http://www.cleanborder.eu>).
- WHO, 2006. Air quality guidelines. Global update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide.
- Wilcoxon F., 1945. Individual Comparisons by Ranking Methods. Biometrics Bulletin, Vol. 1, No. 6, pp. 80–83.
- WIOŚ 2012. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Katowicach. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska (<http://www.katowice.pios.gov.pl>) accessed 2012-02-22.
- Wojewoda Śląski, WIOŚ Katowice, 2012. Raport o stanie środowiska w województwie śląskim w 2011 roku, Biblioteka Monitoringu Środowiska.

**Vliv meteorologických podmínek na kvalitu ovzduší
v přeshraniční oblasti Slezska a Moravy**

**Wpływ warunków meteorologicznych na jakość powietrza
w obszarze przygranicznym Śląska i Moraw**

Vydal / Wydawca

Český hydrometeorologický ústav, Praha
Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa
1. vydání / 1. wydanie, 2013

Autoři / Autorzy

Český hydrometeorologický ústav
RNDr. Zdeněk Blažek, CSc., Mgr. Libor Černíkovský, Mgr. Blanka Krejčí, RNDr. Vladimíra Volná

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy

dr Ewa Krajny, dr Leszek Ośródka, dr Marek Wojtylak

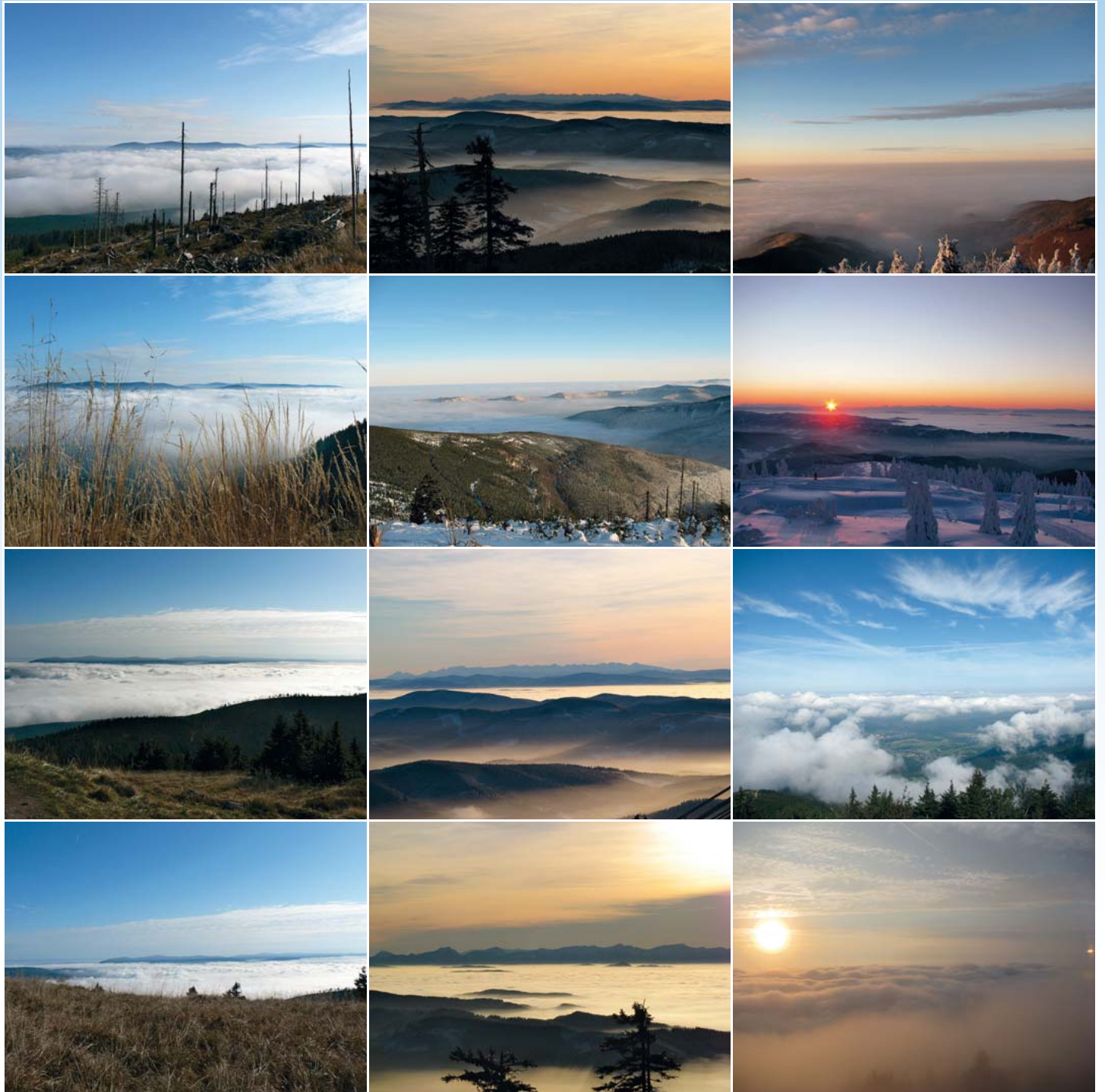
Recenzenti / Recenzenci

doc. RNDr. Josef Brechler, CSc., prof. dr hab. Zbigniew Ustrnul

Grafická úprava, tisk a vazba / Opracowanie graficzne, druk, oprawa

TIGRIS, spol. s r. o., Nábřeží 599, 760 01 Zlín-Pršténé
www.TiskovyExpress.cz

ISBN 978-80-87577-15-8 (Český hydrometeorologický ústav, Praha)
ISBN 978-83-61102-79-3 (Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa)



ISBN 978-80-87577-15-8



9 788087 577158

Vytiskl / Wydrukowano:
www.TiskovyExpress.cz