

ZANIECZYSZCZENIE POWIETRZA W STRYŻÓWIE W 2016 r.

Dr hab. Krzysztof Markowicz, prof. UW

Instytut Geofizyki, Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski
Stacja Badawcza Transferu Radiacyjnego SolarAOT w Strzyżowie

1. Wstęp

Kotłinne ukształtowanie terenu w okolicach miasta Strzyżowa (woj. Podkarpackie) odgrywa kluczową rolę w kształtowaniu się wysokich koncentracji zanieczyszczenia powietrza utrzymujących się podczas niekorzystnych warunków meteorologicznych w okresie od jesieni do wczesnej wiosny. Zanieczyszczenie powietrza w rejonie Strzyżowa jest emitowane głównie przez źródła niskie związane z indywidualnymi systemami ogrzewania domów jednorodzinnych. Drugim w kolejności źródłem jest ruch uliczny prowadzony przez centrum miasta wynikający z braku obwodnicy.

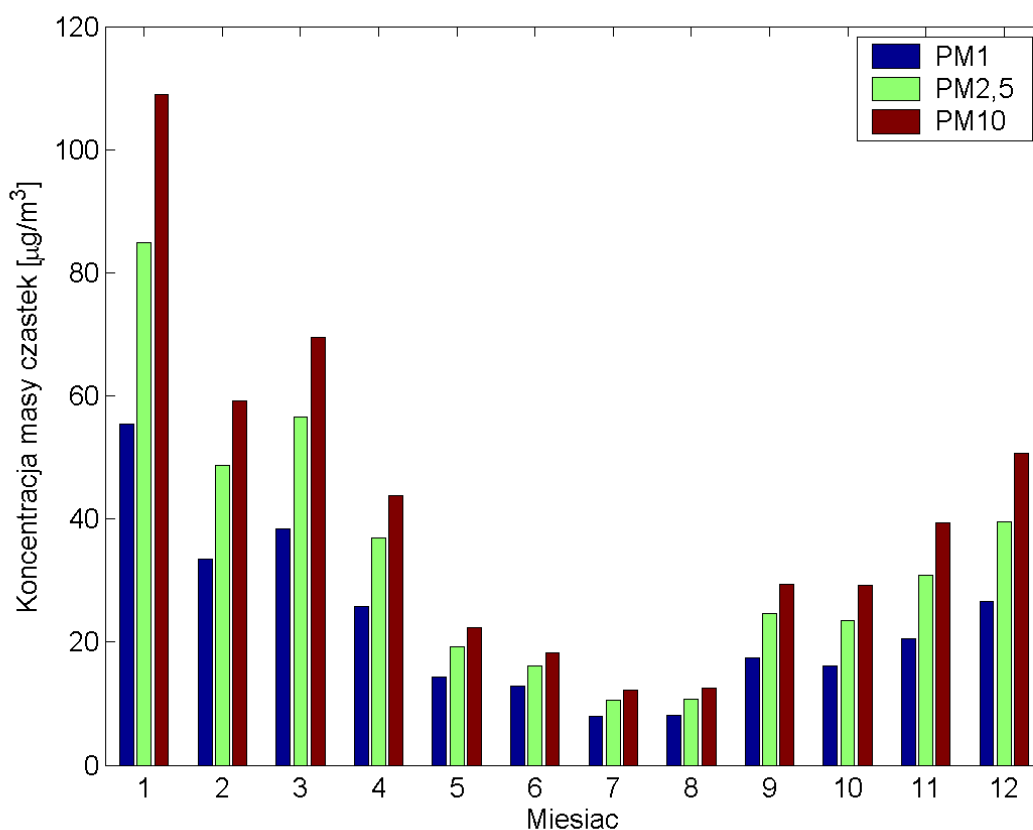
W ramach opracowania przedstawione zostały wyniki badań prowadzonych w rejonie Strzyżowa w dwóch stacjach pomiarowych. Stacja SolarAOT zlokalizowana jest w Gwoździance (5 km od centrum Strzyżowa) na wysokości 444 m n.p.m. Prowadzone badania realizowane są w ramach sieci Poland-AOD (www.polandaod.pl). Położenie stacji z dala od lokalnych źródeł emisji sprawia, że pomiary wykonywane w tym rejonie mogą być traktowane, jako tło rejonu rolniczego. Druga ze stacji (MK1-260) jest zlokalizowana na Górze Żarnowskiej na wysokości 260 m n.p.m. w odległości 1 km od centrum miasta. Lokalizacja stacji na osiedlu mieszkaniowym ok. 40 metrów nad kotłiną Strzyżowa może być uznana za reprezentatywną dla miasta Strzyżowa.

Pomiary zanieczyszczenia powietrza w 2016 r. w wyżej wymienionych stacjach pomiarowych prowadzone były przy użyciu laserowych liczników cząstek SEN0177. W stacji SolarAOT prowadzony był optyczny monitoring przy użyciu nefelometru Aurora 4000 oraz aethalometru AE-31. Pod koniec 2016 r. zainstalowano licznik cząstek OPC-N2. Pomiary grubości optycznej aerozolu prowadzone były z wykorzystaniem fotometru słonecznego CIMEL oraz ceilometru CHM15K. Dodatkowo, prowadzono pomiary z wykorzystaniem drona, których celem było określenie zmienności pionowej koncentracji zanieczyszczeń. Dane zbierane były z rozdzielczością czasową do 1 do 5 minut. Aktualne warunki jakości powietrza są przedstawione na stronie: <http://www.igf.fuw.edu.pl/~kmark/stacja/monitoring.php>

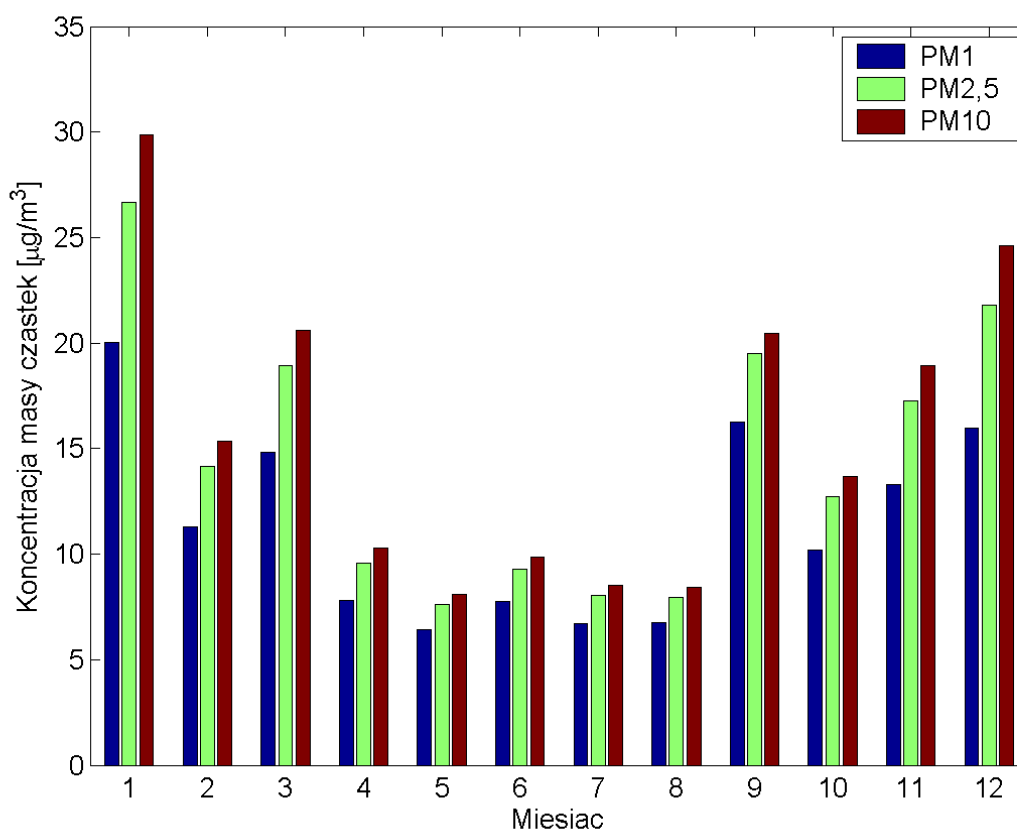
2. Koncentracja pyłu zawieszonego

Głównym wskaźnikiem poziomu zanieczyszczenia powietrza jest koncentracja pyłu zawieszonego wyrażana w mikrogramach na metr sześcienny. Wielkość ta określana jest dla różnych wielkości cząstek znajdujących się w powietrzu. Wielkość PM10 oznaczają

koncentrację masy cząstek, których rozmiary są mniejsze od 10 mikrometrów. W przypadku PM_{2,5} mówimy o cząstkach, których rozmiary są mniejsze od 2,5 mikrometra. Poziom dopuszczalny dla PM₁₀ dla wartości średnich dobowych wynosi 50 µg/m³. W przypadku PM_{2,5} wartość progowa jest określona dla średnich rocznych na poziomie 25 µg/m³. Średnia roczna wartości PM₁₀ w Strzyżowie wyniosła w 2016 r. 41,3, PM_{2,5} 33,5, zaś PM₁ 23,0 µg/m³. W przypadku stacji tła wielkości te wyniosły odpowiednio 15,7, 14,5 oraz 11,4 µg/m³. Przebieg roczny PM₁, PM_{2,5} i PM₁₀ został przedstawiony na ryc. 1 oraz ryc. 2. W przypadku obu stacji cykl roczny jest podobny. Wysokie wartości w okresie jesienno-zimowym są charakterystyczne dla całej Polski i wynikają z charakteru emisji. Wysokie wartości PM₁₀ (po wyżej 50 µg/m³) występowały w miesiącach od stycznia do marca oraz w grudniu. Natomiast od maja do sierpnia wartości te były bardzo niskie a tym samym zanieczyszczenie powietrza nie stanowiło zagrożenia dla życia ludzi. Relatywnie niższe wartości wystąpiły w lutym, co było związane z bardzo wysoką temperaturą powietrza. W miesiącu tym średnia temperatura była wyższa o 5,4°C od normy wieloletniej (Tabela 1) co sprawiło, że emisji zanieczyszczeń był na niższym poziomie w porównaniu do innych lat. W Tabeli 2 przedstawiono procentową ilość godzin (dla każdego miesiąca), podczas których PM₁₀ przekraczało 50 oraz 200 µg/m³. Średnio w ciągu roku PM₁₀ przekracza próg 50 µg/m³ podczas 24% czasu, zaś wartość 200 µg/m³ podczas 2%.



Ryc. 1. Średnie miesięczne wartości PM₁ (kolor granatowy), PM_{2,5} (kolor zielony) oraz PM₁₀ (kolor brązowy) w 2016 r. w Strzyżowie (stacja MK1-260).



Ryc. 2. Średnie miesięczne wartości PM1 (kolor granatowy), PM2,5 (kolor zielony) oraz PM10 (kolor brązowy) w 2016 r. w stacji tła w Gwoździance (stacja SolarAOT).

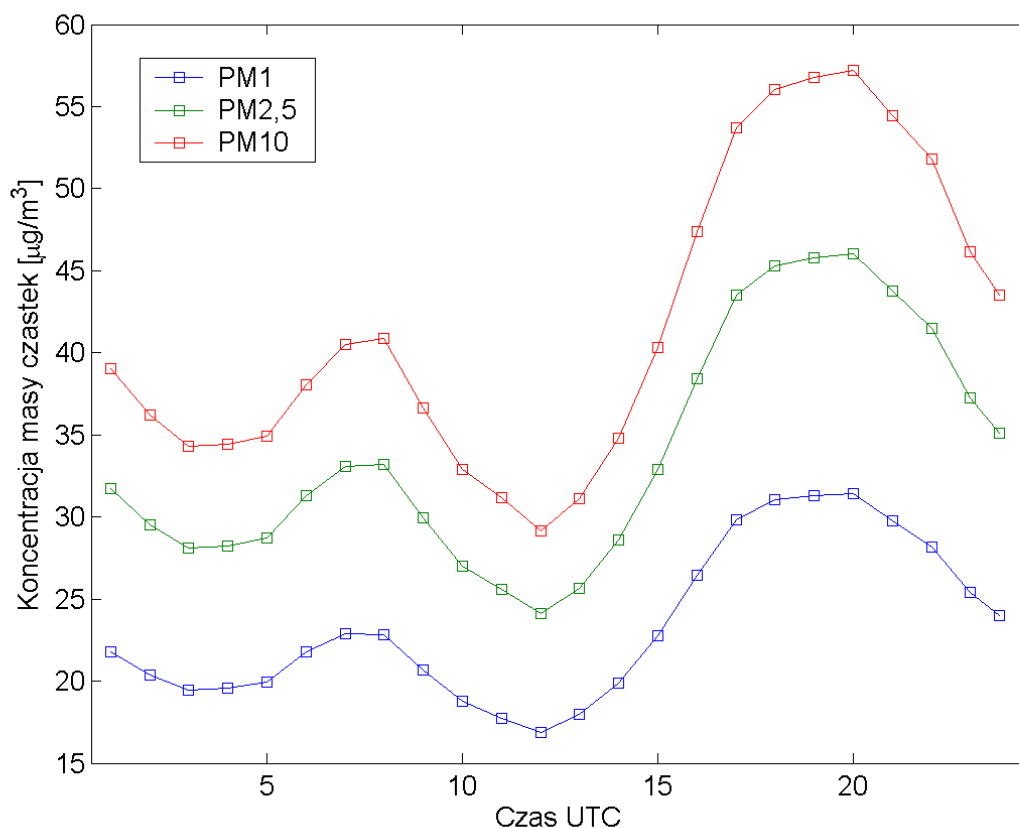
Tabela 1. Średnie miesięczne oraz roczne wartości PM1, PM2,5 i PM10 dla stacji MK1-260 i SolarAOT wyrażone w [µg/m³] oraz anomalie temperatury powietrza w 2016 r.

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
MK1-260	PM1	55.4	33.6	38.3	25.8	14.2	12.8	8.0	8.1	17.5	16.1	20.6	26.6	23.0
	PM2,5	84.9	48.7	56.6	36.9	19.3	16.2	10.6	10.7	24.6	23.5	30.8	39.5	33.5
	PM10	108.9	59.2	69.5	43.8	22.3	18.2	12.2	12.5	29.4	29.1	39.4	50.7	41.3
Solar AOT	PM1	20.0	11.3	14.8	7.8	6.4	7.8	6.7	6.7	16.2	10.2	13.3	16.0	11.4
	PM2,5	26.7	14.2	18.9	9.6	7.6	9.3	8.0	7.9	19.5	12.7	17.3	18.9	14.5
	PM10	29.9	15.3	20.6	10.3	8.1	9.9	8.5	8.4	20.5	15.9	21.8	24.6	15.7
Anomalia temperatury		-0.5	5.4	0.9	1.3	1.1	2.7	1.1	0.9	3.2	-1.5	-0.8	-1.2	1.1

Tabela 2. Średnie miesięczne oraz roczne wartości częstotliwości przekroczenia progu 50 oraz 200 [µg/m³] dla PM10 w przypadku stacji MK1-260 i SolarAOT.

	PM10	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
MK1-260	>50	74	42	57	33	4	5	0	0	10	14	20	32	24
	>200	13	3	4	1	0	0	0	0	0	0	1	2	2
Solar AOT	>50	12	1	3	0	0	0	0	0	3	0	2	6	2
	>200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Dobowe zmiany koncentracji pyłu zwieszonoego w Strzyżowie wykazują znaczące zmiany czasowe (Ryc. 3). W przebiegu dobowym można wyróżnić dwa maksima. Pierwsze około 7-8 UTC (8-9 czasu zimowego oraz 9-10 czasu letniego) oraz drugie około 18-20 UTC (19-21 czasu zimowego, 20-22 czasu letniego). Natomiast minima występują nad ranem (3-5 UTC) oraz w południe 12 UTC. Wykres ten jest odzwierciedleniem zmian w emisjach zanieczyszczeń nakładających się na różne warunki meteorologiczne.

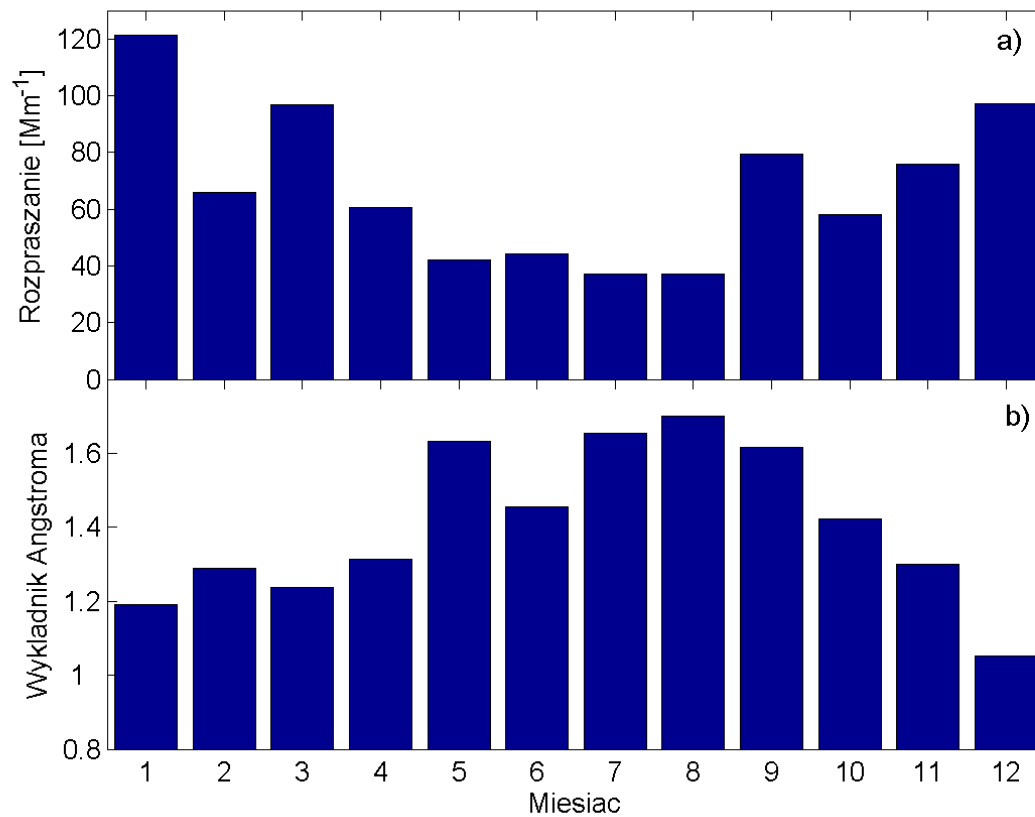


Ryc. 3 Średnie dobowe przebiegi PM1, PM2,5 oraz PM10 dla stacji MK1-260 w Strzyżowie.

3. Własności optyczne zanieczyszczeń na poziomie ziemi w stacji tła.

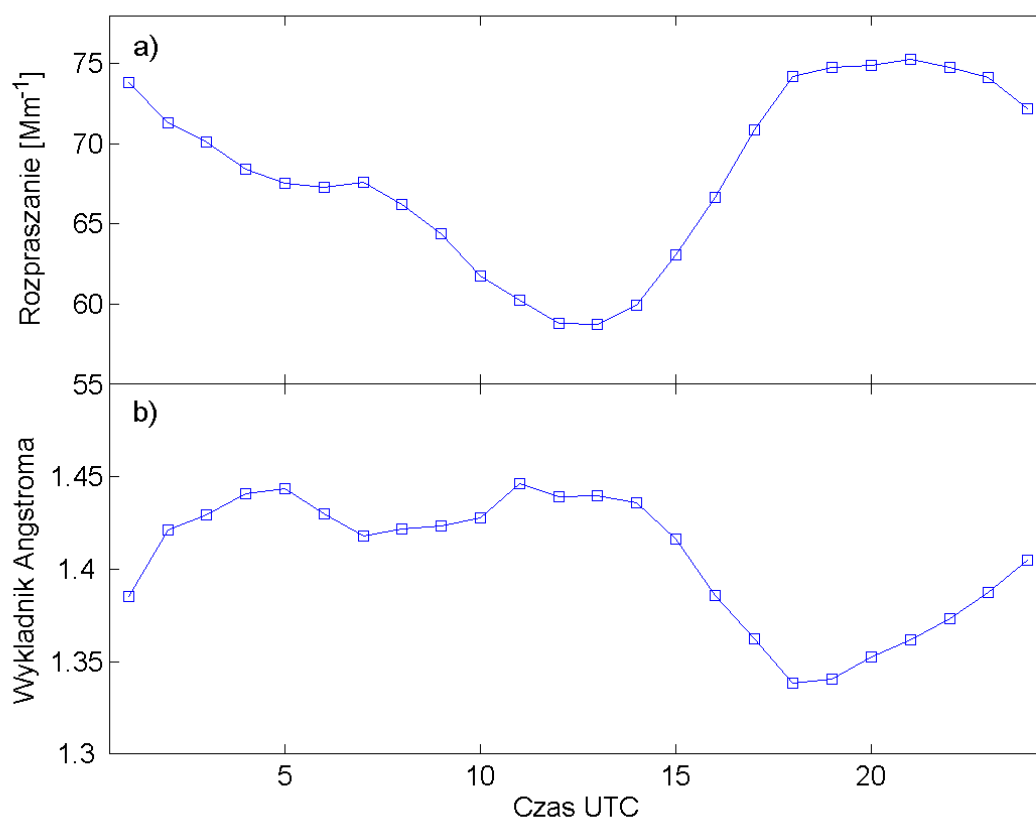
Pomiary wykonywane w stacji SolarAOT są prowadzone dla powierza znajdującego się tuż przy powierzchni ziemi (2-3 m) oraz w całej pionowej kolumnie atmosfery. Wartości miesięczne współczynnika rozpraszania światła na aerozolu atmosferycznym na poziomie stacji przedstawione zostały na ryc. 4a. Wielkość ta jest związana zależnością nieliniową z koncentracją aerozolu. Wykazuje ona bardzo podobny przebieg jak PM10. Najwyższe wartości notowane są jesienią oraz zimą zaś najmniejsze latem. Średnia roczna wartość współczynnika rozpraszania wyniosła 68 Mm^{-1} . Dolny panel ryc. 4b przedstawia zmiany wykładnika Angstroma, który charakteryzuje wielkość cząstek zanieczyszczeń. Im większy współczynnik tym mniejsze cząstki. Zimą aerozol jest istotnie większy niż latem, co jest

związane z dwoma procesami. Wzrostem higroskopijnym cząstek podczas wysokiej wilgotności oraz wielkością emitowanych cząstek w okresie grzewczym.



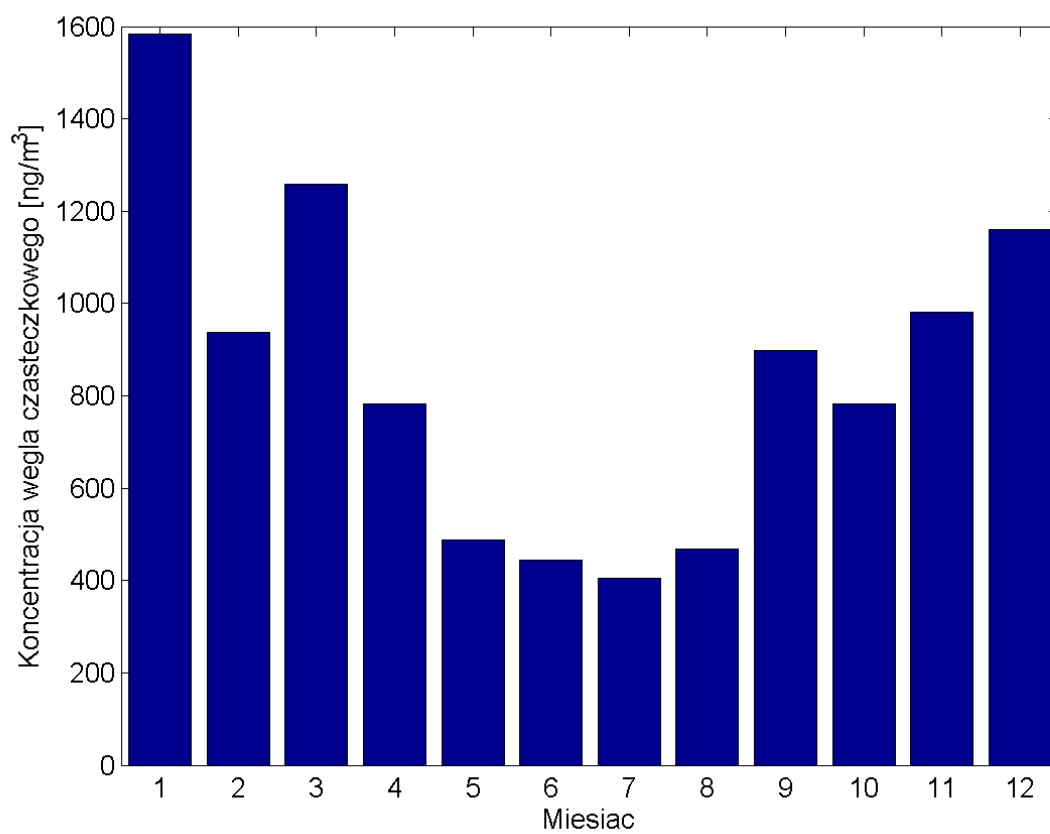
Ryc. 4 Średnie miesięczne wartości (a) współczynnika rozpraszania światła na aerozolu w Mm^{-1} oraz (b) wykładnika Angstroma w stacji tła SolarAOT.

Przebiegi dobowe współczynnika rozpraszania oraz wykładnika Angstroma wykazują istotne zmiany (ryc 5). Najwyższe wartości rozpraszania występują wieczorami, zaś najniższe w południe. Poranne maksimum widoczne dla PM_{10} jest słabo odzwierciedlone w tym przypadku. Dla wykładnika Angstroma obserwujemy minimalną wartość wieczorem, która jest związana z emisją dużych cząstek przez systemy ogrzewania.

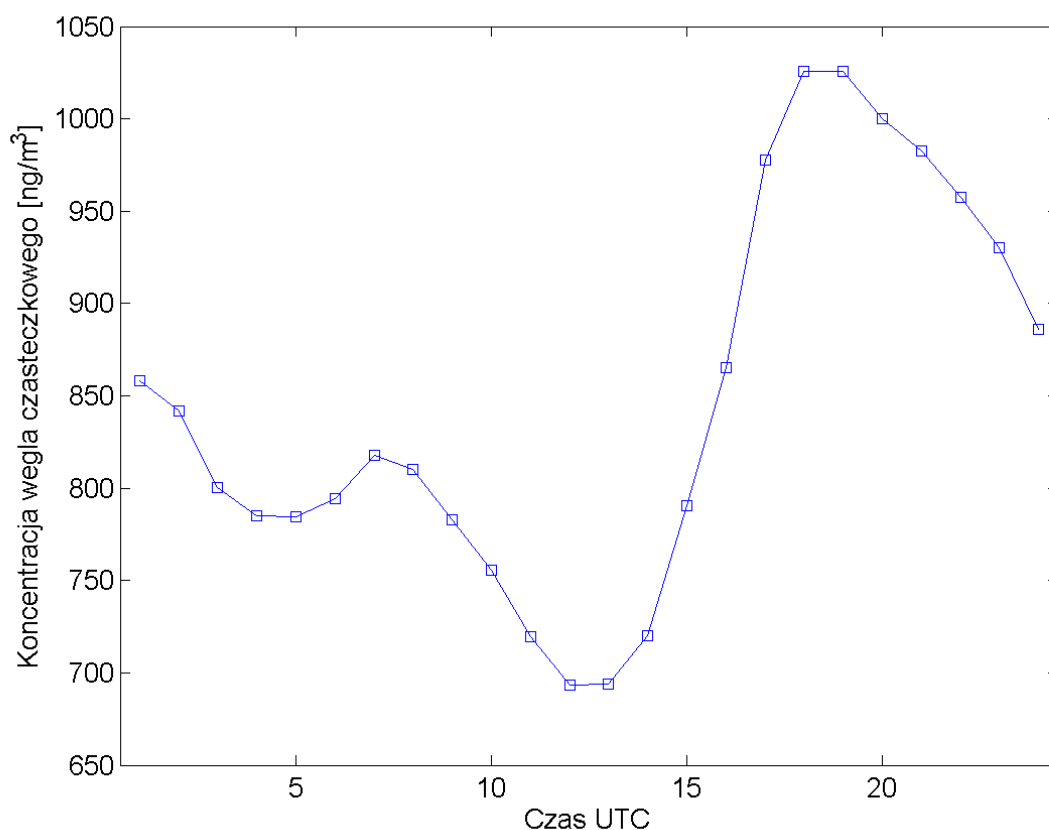


Ryc. 5 Średnie przebiegi dobowe (a) współczynnika rozpraszania światła na aerozolu w Mm^{-1} oraz (b) wykładnika Angstroma w stacji tła SolarAOT.

Koncentracją węgla cząsteczkowego jest związana z emisjami antropogenicznymi cząstek sadzy występującymi głównie w sezonie grzewczym oraz z emisjami naturalnymi związanymi z pożarami występującymi w Europie środkowej oraz wschodniej. Przebieg roczny tej wielkości mierzonej przy powierzchni ziemi nie odbiega od przebiegów innych wielkości fizycznych. Najwyższe wartości notowane są zimą (ryc. 6). W styczniu 2016 r. wartość ta sięgała 1600 ng/m^3 . W okresie letnim koncentracja sadzy wynosiła ok. 400 ng/m^3 . W przebiegu dobowym widoczne są dwa maksima (ryc. 7), mniejsze poranne oraz znacznie wyższe w godzinach wieczornych.



Ryc. 6 Średnie miesięczne wartości koncentracji węgla cząsteczkowego [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] w stacji tła SolarAOT.

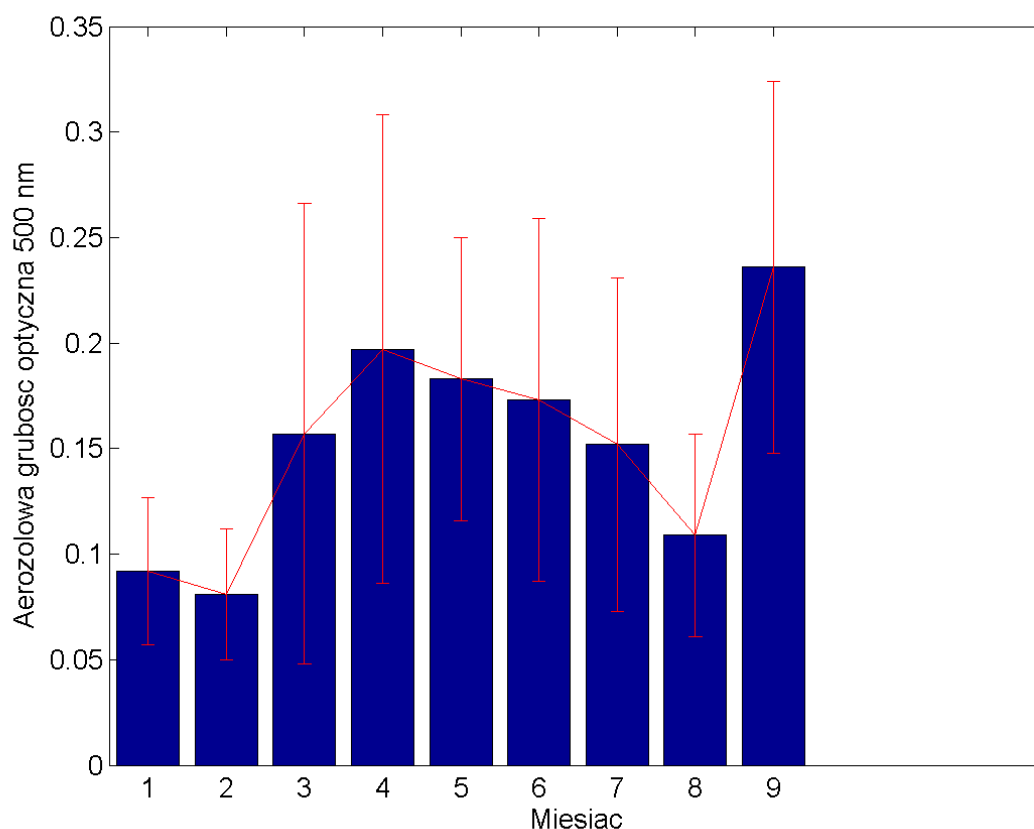


Ryc. 7 Średni przebieg dobowy koncentracji węgla cząsteczkowego [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] w stacji tła SolarAOT.

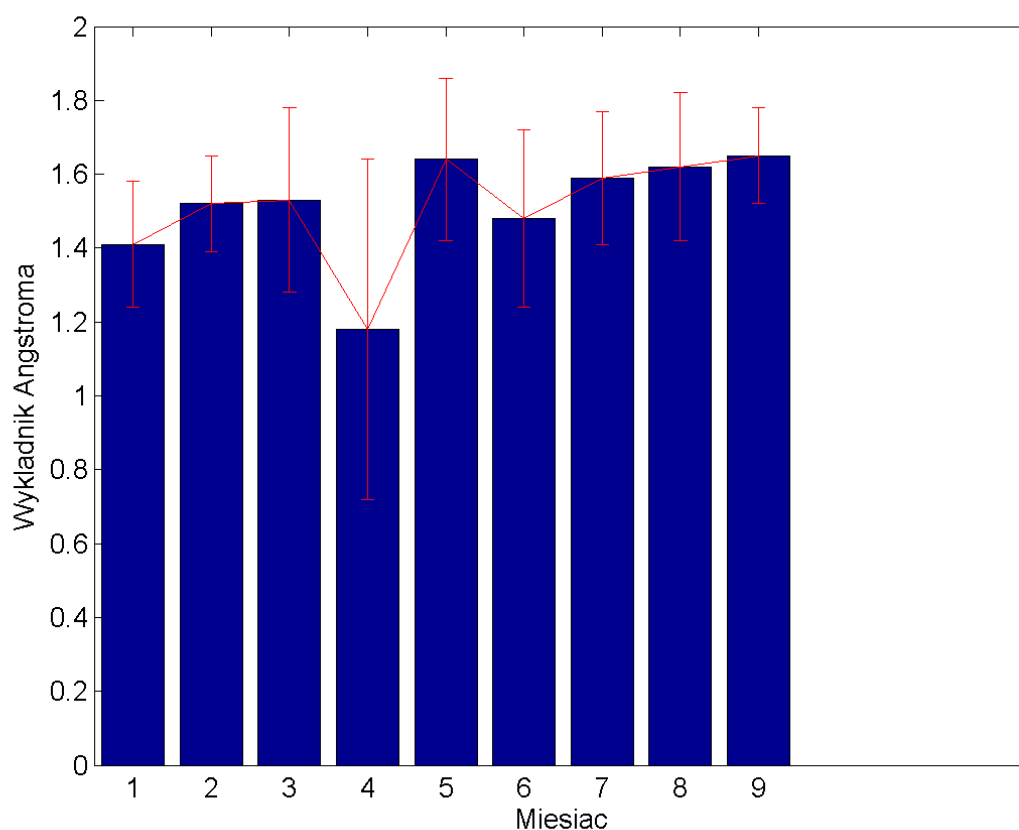
4. Własności optyczne zanieczyszczeń w pionowej kolumnie atmosfery.

Własności masy powietrza opisywane są nie tylko przez wartości koncentracji zanieczyszczeń przy powierzchni ziemi, ale również przez aerozolową grubość optyczną, która charakteryzuje całą kolumnę pionową atmosfery. Wielkość ta wyznacza jest na podstawie pomiarów bezpośredniego promieniowania słonecznego dochodzącego do powierzchni ziemi. Ryc. 8 przedstawia średnie miesięczne grubości optyczne aerozolu zmierzone w stacji SolarAOT w okresie od stycznia do września 2016 r. Brak danych dla ostatnich 3 miesięcy roku wynika z wysłania przyrządu do kalibracji. W przypadku grubości optycznej przebieg roczny jest zupełnie inny niż w przypadku koncentracji zanieczyszczeń znajdujących się przy powierzchni ziemi. W tym, przypadku najniższe wartości wstąpiły zimą, zaś najwyższe wiosną (kwiecień) i późnym latem (wrzesień). Wynik ten nie odbiega zbytnio od wartości mierzonych w innych latach poza wrześniem, kiedy to napływające masy powietrza nad Polskę są na ogół zdecydowanie mniej zanieczyszczone niż w 2016r. Na poziom zanieczyszczeń całej kolumny atmosfery znacznie większą rolę odgrywają procesy długo-zasięgowe niż lokalne emisje zanieczyszczeń. W Polsce istotną rolę odgrywają transport pyłu

puścynnego wiosną i latem oraz napływ pożarów z Ukrainy czy Syberii w ciepłej porze roku. Więcej na ten temat w pracy Zawadzka i Inn., 2013 oraz Markowicz i in., 2016. Tak więc niskie wartości grubości optycznej w okresie zimowym dowodzą, że nawet bardzo wysokie wartości koncentracji aerozolu przy powierzchni ziemi związane z niskimi emisjami mają relatywnie niski wpływ na zanieczyszczenie całej atmosfery. Jest to tyle istotne, że to własność grubości optyczna aerozolu jest wielkością, która determinuje wpływ aerozolu na klimat.



Ryc. 8 Średnie miesięczne wartości aerozolowej grubości optycznej w stacji SolarAOT w 2016 r. Kolorem czerwonym zaznaczono odchylenie standardowe.



Ryc. 9 Średnie miesięczne wartości wykładnika Angstroma w stacji SolarAOT w 2016 r.

5. Podsumowanie

Stan jakości w powietrza w Strzyżowie jest zdeterminowany przez niskie emisje w sezonie grzewczym oraz specyficzne ukształtowanie terenu. Powoduje ono, że podczas okresu chłodnego przekroczenia poziomu $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dla PM10 mogą przekraczać 70% czasu. Mają one miejsce szczególnie rano oraz wieczorem, kiedy mieszkańcy rozpalają płomień lub nakładają paliwo na noc do pieców centralnego ogrzewania. W tym czasie warunki meteorologiczne często sprzyjają kumulacji zanieczyszczeń, które w skrajnych przypadkach może stanowić bardzo duże zagrożenie dla zdrowia ludzi. Wyniki badań profili pionowych wykonanych w okresie jesienno-zimowym wskazują, że podczas epizodów smogowych w Strzyżowie grubość zanieczyszczeń na ogół nie przekracza 40-60 metrów. Tym samym, jakość powietrza na otaczających wzniesieniach o wysokości powyżej 300 m n.p.m. jest znacznie lepsza i na ogół nie stanowi zagrożenia dla zdrowia.

Ze względu na pojawiające się epizody smogowe w kotlinie zaleca się dla mieszkańców stały monitoring warunków poprzez stronę <http://www.igf.fuw.edu.pl/~kmark/stacja/monitoring.php> oraz odpowiednie reagowanie na zagrożenia. Podczas niesprzyjających warunków metrologicznych (głównie słaby wiatr) należy w sezonie grzewczym ograniczyć przebywanie na zewnątrz do minimum oraz

zmniejszyć spalanie w piecach. Podczas umiarkowanego i silnego wiatru zanieczyszczenie powietrza nie stanowi na ogół żadnego zagrożenia. Stan jakości powietrza w okresie od późnej wiosny do późnego lata jest bardzo dobry i jedynie podczas niekorzystnych warunków meteorologicznych możemy odczuwać dyskomfort związany z emisją spalin samochodowych oraz emisją zanieczyszczeń podczas grillowania czy palenia ognisk.

6. Literatura

Chilinski, M.T., K.M. Markowicz, and J. Markowicz, 2016, Observation of vertical variability of black carbon concentration in lower troposphere on campaigns in Poland, *Atmospheric Environment*, 137, 155–170.

Mandija, F., K. Markowicz, O. Zawadzka, 2016, Characterization of aerosol events based on the column integrated optical aerosol properties and polarimetric measurements, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 150, 9-22.

Markowicz, K.M., M.T. Chilinski, J. Lisok, O. Zawadzka, I.S. Stachlewska, L. Janicka, A. Rozwadowska, P. Makuch, P. Pakszys, T. Zielinski, T. Petelski, M. Posyniak, A. Pietruczuk, A. Szkop, D.L. Westphal, 2016, Study of aerosol optical properties during long-range transport of biomass burning from Canada to Central Europe in July 2013, *Journal of Aerosol Science* 101, 156-173, 2016.

Zawadzka, O., K. M. Markowicz, A. Pietruczuk, T. Zielinski, J. Jarosławski, 2013, Impact of urban pollution emitted in Warsaw on aerosol properties, *Atmospheric Environment* 69, 15–28.