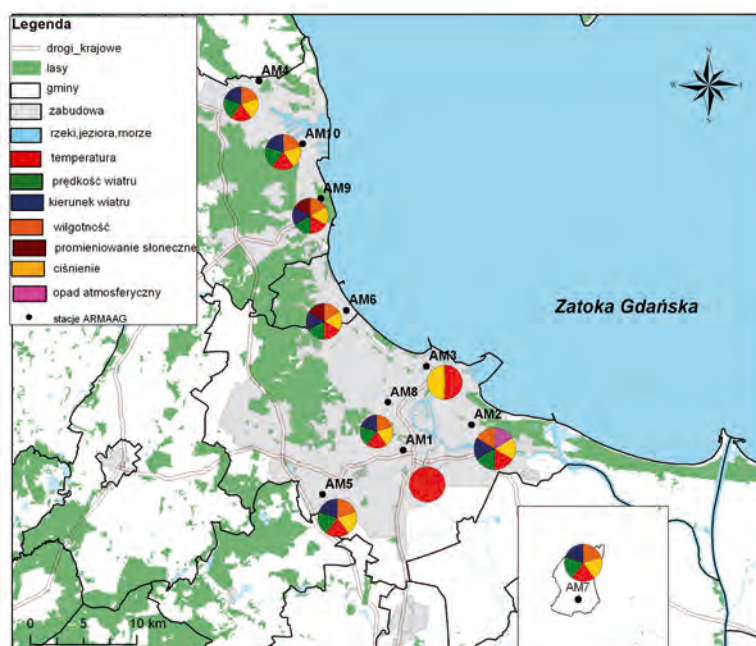


5. WARUNKI METEOROLOGICZNE

Równoległe z pomiarami stężeń substancji zanieczyszczających prowadzone były w 2008 roku pomiary podstawowych elementów meteorologicznych takich jak: ciśnienie atmosferyczne, temperatura powietrza, wilgotność względna, kierunek i prędkość wiatru, opad atmosferyczny oraz promieniowanie słoneczne.

W 2008 roku została zakupiona stacja pogodowa Vaisala Weather Transmitter model WXT510, którą zamontowano w lutym na stacji AM2 w Gdańsku Stogach. Stacja ta mierzy następujące elementy meteorologiczne: ciśnienie atmosferyczne, temperaturę powietrza, wilgotność względna, prędkość i kierunek wiatru oraz opad atmosferyczny. Stare czujniki ze stacji AM2 zostały przeniesione na inne stacje w celu zwiększenia zakresu pomiarowego.

Pomiary meteorologiczne są niezbędne ze względu na ich duży wpływ na dyspersję zanieczyszczeń powietrza. Lokalizacja stacji i zakres przedstawiono na poniższej rycinie (Ryc.58). Należy pamiętać, że rozmieszczenie stacji jest dostosowane do pomiaru zanieczyszczeń i nie zawsze jest reprezentatywne w odniesieniu do pomiaru elementów meteorologicznych.



Ryc. 58. Rozmieszczenie stacji ARMAAG w Trójmieście i Tczewie oraz zakres pomiarów meteorologicznych

5. WARUNKI METEOROLOGICZNE

Pomiary parametrów meteorologicznych rejestrowane są co 1 godzinę według czasu urzędowego, zatem nie są zsynchronizowane z terminami pomiarów według standardów meteorologicznych w czasie uniwersalnym.

Czujniki pomiarowe charakteryzują się z reguły dużą sprawnością pomiarową powyżej 90% (Tabela 23). Dłuższe nieprawidłowości w funkcjonowanie czujnika kierunku i prędkości wiatru wystąpiły na stacji AM4 Gdynia Pogórze oraz na stacji AM9 Gdynia Redłowo na której czujniki zostały zdemonstrowane ze względu na zmianę lokalizacji stacji.

Tabela 23. Sprawność czujników meteorologicznych w [%] na stacjach ARMAAG w 2008 roku

Stacja	temperatura	kierunek wiatru	prędkość wiatru	ciśnienie	wilgotność
AM1 - Gdańsk Śródmieście	97,6	-	-	-	-
AM2 - Gdańsk Stogi	98,5	98,5	90,0	90,0	90,0
AM3 - Gdańsk Nowy Port	99,2	-	99,2	99,2	-
AM4 - Gdynia Pogórze	99,3	77,1	99,3	99,3	99,3
AM5 - Gdańsk Szadółki	96,4	96,4	93,8	93,8	94,5
AM6 - Sopot, ul. Bitwy pod Płowcami	99,7	97,5	99,7	99,7	99,7
AM7 - Tczew, ul. Targowa	94,0	93,4	93,8	93,9	94,0
AM8 - Gdańsk Wrzeszcz	99,8	99,8	99,8	99,8	99,8
AM9 - Gdynia Redłowo	97,6	97,6	97,6	97,6	97,6
AM10 - Gdynia Śródmieście	99,3	99,3	99,3	99,3	99,3

Oprócz typowych charakterystyk meteorologicznych, do celów opracowania wyznaczono wartości średnie elementów meteorologicznych dla sezonu letniego (kwiecień - wrzesień) i grzewczego (październik - listopad).

5. WARUNKI METEOROLOGICZNE

5.1. Średnie i ekstremalne wartości niektórych parametrów meteorologicznych

W poniższych tabelach zestawiono wartości średnie ekstremalne dla sezonu grzewczego i letniego wybranych parametrów meteorologicznych.

Tabela 24. Średnie wartości niektórych parametrów meteorologicznych w sezonie grzewczym i letnim

Stacja	ciśnienie [hPa]		temperatura [°C]		wilgotność [%]		prędkość wiatru [m/s]	
	sezon grzewczy	sezon letni	sezon grzewczy	sezon letni	sezon grzewczy	sezon letni	sezon grzewczy	sezon letni
AM1	-	-	4,3	14,0	-	-	-	-
AM2	1010,1	1013,2	4,4	14,0	81,7	75,3	2,9	2,1
AM3	1009,0	1010,8	3,4	13,2	-	-	-	-
AM4	1018,4	1020,8	4,9	14,7	82,9	74,9	2,3	1,7
AM5	1012,5	1013,2	3,7	14,2	84,0	74,4	3,5	2,8
AM6	1006,8	1008,6	5,8	15,6	84,2	78,8	1,8	1,3
AM7	1011,4	1012,6	4,1	14,8	87,7	75,5	2,6	1,9
AM8	1012,5	1013,4	4,7	15,2	84,0	74,7	2,3	1,2
AM9	1005,0	1008,0	3,6	14,8	83,7	77,2	2,7	1,6
AM10	1013,6	1015,3	4,7	14,3	77,5	72,0	2,9	2,6

Tabela 25. Wartości ekstremalne średniodobowe wybranych parametrów meteorologicznych w sezonie grzewczym i letnim

Stacja	ciśnienie [hPa]		temperatura [°C]		wilgotność [%]		prędkość wiatru [m/s]	
	max	min	max	min	max	min	max	min
AM1	-	-	20,4	-7,5	-	-	-	-
AM2	1041,3	976,5	20,7	-7,2	95,3	54,0	9,8	0,4
AM3	1039,0	975,0	20,1	-8,6	-	-	-	-
AM4	1042,9	973,4	21,3	-7,5	98,6	47,2	6,2	0,4
AM5	1030,2	968,1	21,1	-9,0	98,0	51,5	5,2	0,6
AM6	1035,7	974,6	22,7	-6,8	97,9	55,2	4,4	0,3
AM7	1036,7	973,2	22,5	-7,8	99,9	52,0	7,4	0,4
AM8	1037,3	974,6	21,9	-7,8	99,1	52,8	6,4	0,3
AM9	1030,4	969,2	21,5	-7,6	99,1	49,9	6,0	0,4
AM10	1044,1	979,8	21,4	-7,3	99,9	44,1	5,9	0,5

5.2. Temperatura powietrza

Najwyższa średnia roczna temperatura w 2008 roku wystąpiła na stacji AM6 Sopot wyniosła 10,7 °C, a najniższa na stacjach AM3 Gdańsk Nowy Port - 8,3 °C, co było spowodowane lokalnymi warunkami położenia stacji. Na pozostałych stacjach wystąpiły wartości pośrednie (Tabela 26). Średnie roczne temperatury były nieznacznie niższe od zeszłorocznych (2007 r.) wartości różniąc się od 0,1 do 0,4 °C.

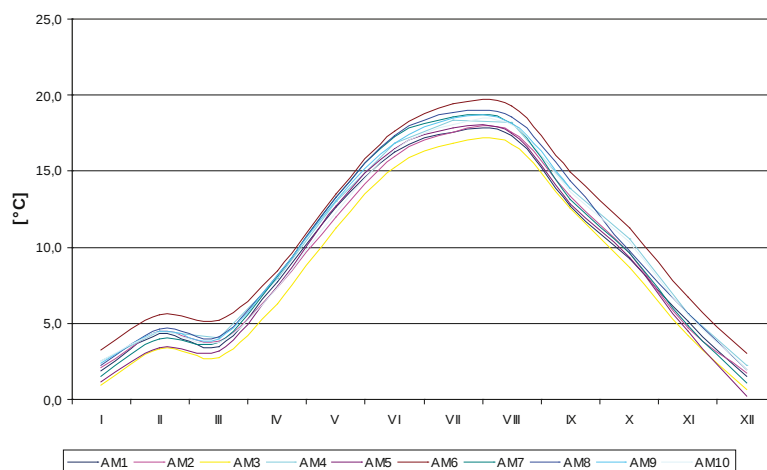
Amplituda roczna temperatury powietrza wahała się od 15,9 °C na stacji AM2 Gdańsk Stogi do 17,6 °C na stacji AM5 w Gdańsku Szadółkach, która ma charakter pozamiejski.

Tabela 26. Średnie miesięczne i roczne temperatury w [°C] powietrza na stacjach ARMAAG w 2008 roku

Stacja	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
AM1	2,0	4,3	3,5	7,7	12,6	16,2	17,6	17,3	12,7	9,3	5,1	1,5	9,1
AM2	2,1	4,5	3,8	7,4	12,0	15,9	17,6	17,6	13,3	9,6	4,7	1,7	9,2
AM3	0,9	3,4	2,8	6,3	11,3	15,3	16,9	16,8	12,6	8,7	4,3	0,7	8,3
AM4	2,6	4,5	4,1	8,0	13,0	16,8	18,4	18,2	13,9	10,6	5,7	2,2	9,8
AM5	1,2	3,5	3,2	7,4	12,7	16,5	17,8	17,5	12,9	9,4	4,5	0,3	9,1
AM6	3,3	5,6	5,2	8,5	13,5	17,6	19,4	19,3	14,9	11,2	6,7	3,0	10,7
AM7	1,5	4,0	3,7	8,1	13,3	17,3	18,5	18,1	13,2	9,6	4,8	1,1	9,5
AM8	2,2	4,6	4,2	8,2	13,3	17,3	18,9	18,5	14,4	9,7	5,7	2,0	9,9
AM9	2,4	4,5	4,0	8,1	13,1	16,9	18,4	18,2	13,9	-	-	-	-
AM10	2,5	4,4	3,8	7,3	12,3	16,4	18,0	18,0	13,6	10,3	5,6	2,0	9,5

Jak pokazuje poniższy wykres, przebiegi średnich miesięcznych temperatur na stacjach są zbliżone. Najzimniejszym miesiącem w 2008 roku był grudzień. Średnia miesięczna dla tego miesiąca osiągnęła najniższe wartości na stacji AM5 w Gdańsku Szadółkach plus 0,3 °C, a najwyższe na stacji AM6 w Sopocie plus 3,0 °C (Ryc.59). Najcieplejszym miesiącem w analizowanym roku był lipiec. Średnia miesięczna dla lipca osiągnęła najwyższe wartości na stacjach AM6 Sopot (19,4 °C) i AM8 Gdańsk Wrzeszcz (18,9°C), natomiast najniższa wartość wystąpiła na stacji AM3 Gdańsk Nowy Port (16,9 °C).

5. WARUNKI METEOROLOGICZNE



Ryc. 59. Średnie miesięczne temperatury powietrza na stacjach ARMAAG w 2008 roku

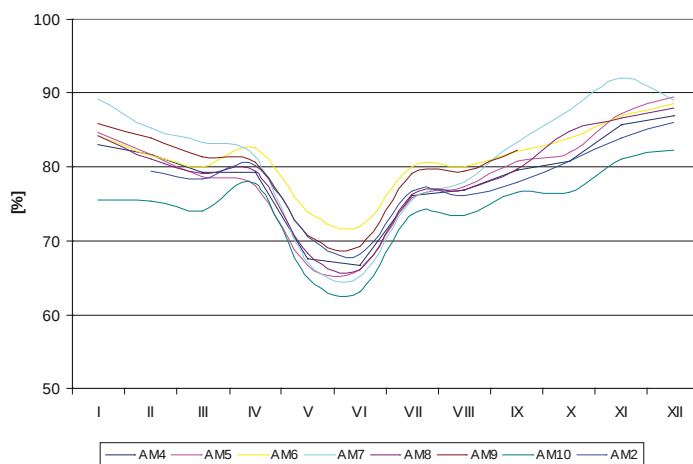
Maksymalne terminowe wartości temperatur przekroczyły 30 °C na dwóch stacjach (Tabela 27) 7 i 1 sierpnia , osiągając najwyższą wartość dnia 1 sierpnia na stacji AM7 w Tczewie (30,6 °C). Najniższe spośród terminowych wartości temperatur odnotowano na stacji AM5 w Gdańsku Szadółkach – minus 11,8 °C w dniu 5 stycznia.

Tabela 27. Maksymalne i minimalne terminowe temperatury powietrza na stacjach ARMAAG w 2008 roku

Stacja	Maksimum terminowe [°C]	Data	Minimum terminowe [°C]	Data
AM1	27,9	02.06.2008	-10,0	05.01.2008
AM2	27,9	02.06.2008	-10,2	05.01.2008
AM3	26,3	07.08.2008	-11,5	05.01.2008
AM4	27,8	07.08.2008	-10,1	05.01.2008
AM5	27,6	07.08.2008	-11,8	05.01.2008
AM6	30,4	07.08.2008	-9,5	05.01.2008
AM7	30,6	01.08.2008	-10,8	05.01.2008
AM8	28,6	01.08.2008	-10,4	05.01.2008
AM9	28,9	07.08.2008	-10,1	05.01.2008
AM10	27,8	07.08.2008	-9,8	05.01.2008

5.3. Wilgotność względna powietrza

Przebieg wilgotności względnej przedstawia ryc.60 . Najwyższe średnie roczne wartości wilgotności wystąpiły na stacji AM7 w Tczewie (81,6%), a najniższe na stacji AM10 Gdynia Śródmieście (74,8 %). Najniższe wartości wilgotności względnej wystąpiły w czerwcu na wszystkich stacjach. Najniższa wartość średnia miesięczna wystąpiła na stacji AM10 w czerwcu i wyniosła 63,1%. W przebiegu rocznym wilgotności względnej można zauważyć maksimum zimowe i minimum wiosenno-letnie.



Ryc. 60. Średnie miesięczne wartości wilgotności względnej na stacjach ARMAAG w 2008 roku

Tabela 28. Minimalne terminowe wartości wilgotności względnej na stacjach ARMAAG w 2008 roku

Stacja	Minimum terminowe	Data
AM2	27,2	10.06.2008
AM4	31,1	10.06.2008
AM5	32,8	10.06.2008
AM6	26,4	10.06.2008
AM7	25,6	10.06.2008
AM8	27,5	10.06.2008
AM9	26,1	10.06.2008
AM10	29,8	05.03.2009

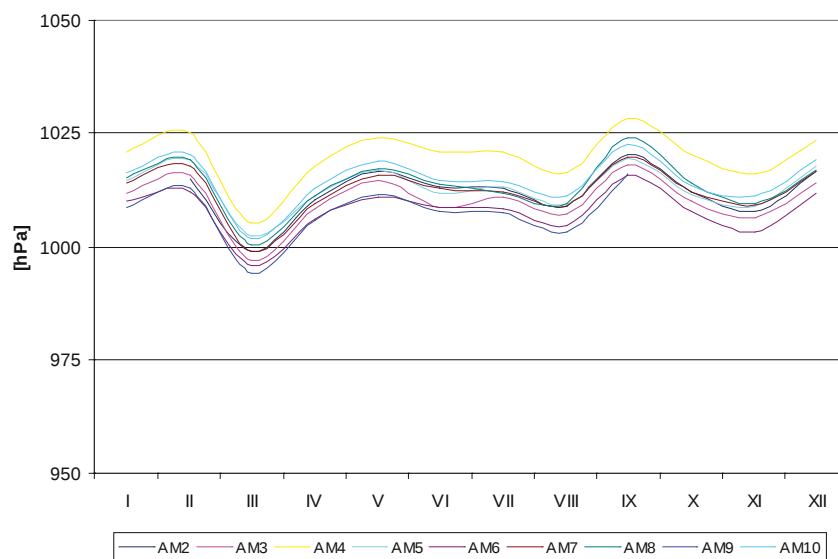
5. WARUNKI METEOROLOGICZNE

Minimalne terminowe wartości wilgotności względnej odnotowano w czerwcu na prawie wszystkich stacjach z wyjątkiem stacji AM10, wahały się od 25,6 do 32,8% (Tabela 28). Najniższa terminowa wartość wilgotności względnej wystąpiła 10 czerwca na stacji AM7 w Tczewie i wyniosła 25,6 %.

5.4. Ciśnienie atmosferyczne

Ciśnienie atmosferyczne było mierzone na dziewięciu stacjach. Wartości średnie obliczono po redukcji ciśnienia do poziomu morza, gdyż stacje znajdują się na różnych wysokościach nad poziomem morza (n.p.m.), co w efekcie pozwala porównać ciśnienie atmosferyczne na stacjach.

Najwyższa średnia roczna wartość ciśnienia wystąpiła na stacji AM4 Gdynia Pogórze - 1019,6 hPa, a najniższa na stacji AM6 w Sopocie - 1007,7 hPa. Na pozostałych stacjach wystąpiły wartości pośrednie.



Ryc. 61. Średnie miesięczne wartości ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza w 2008 roku

Najwyższe miesięczne wartości ciśnienia atmosferycznego wystąpiły we wrześniu, wahać się od 1028 hPa na stacji AM4 do 1015,6 hPa na stacji AM6 w Sopocie. Natomiast minimalne wartości w stacjach wystąpiły w marcu.

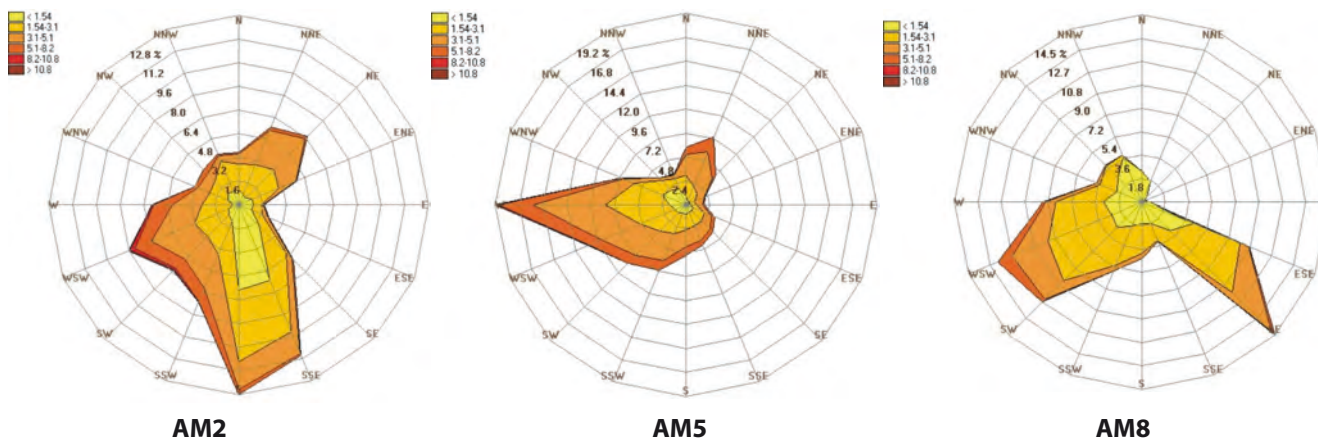
Najwyższą wartość terminową ciśnienia odnotowano na stacji AM10 w Gdyni Śródmieściu – 1044,4 hPa w dniu 16 lutego, a najniższą na stacji AM5 w Gdańsku Szadółkach – 961,1 hPa 1 marca (Tabela 29).

Tabela 29. Maksymalne i minimalne wartości ciśnienia atmosferycznego na stacjach ARMAAG w 2008 roku

Stacja	Maksimum terminowe	Data	Minimum terminowe	Data
AM2	1042,9	26.12.2008	969,8	01.03.2008
AM3	1040,6	26.12.2008	968,4	01.03.2008
AM4	1044,4	26.12.2008	967,0	01.03.2008
AM5	1031,8	26.12.2008	961,9	01.03.2008
AM6	1037,2	26.12.2008	968,4	01.03.2008
AM7	1038,2	26.12.2008	965,8	01.03.2008
AM8	1038,9	26.12.2008	968,1	01.03.2008
AM9	1032,8	16.02.2008	963,1	01.03.2008
AM10	1043,9	16.02.2008	973,7	01.03.2008

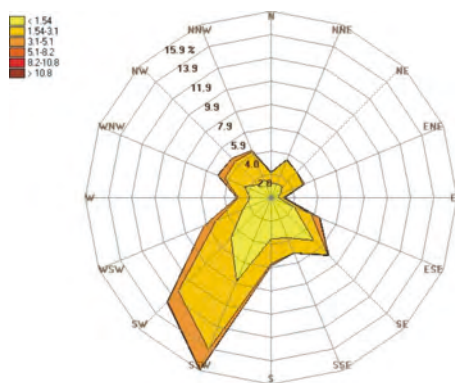
5.5. Kierunek i prędkość wiatru

Kierunek i prędkość wiatru mają duży wpływ na rozkład stężeń zanieczyszczeń. Na oba parametry wpływa w dużym stopniu lokalizacja stacji. Poniższe róże prezentują kierunek i prędkość wiatru na poszczególnych stacjach.

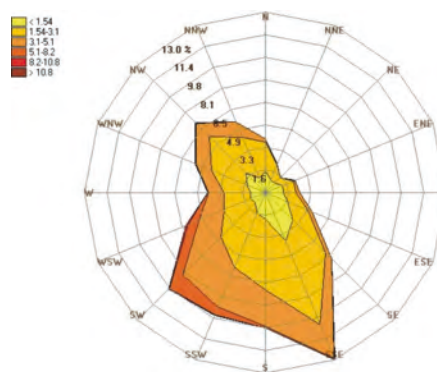


Ryc. 62. Roczne róże wiatrów na stacjach AM2, AM5 oraz AM8

5. WARUNKI METEOROLOGICZNE

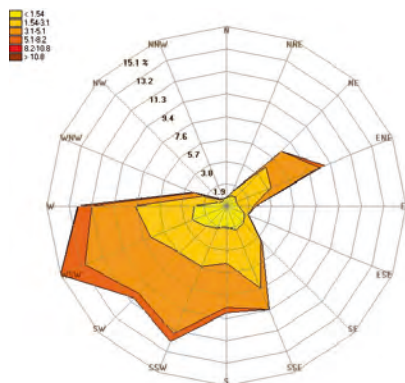


AM6

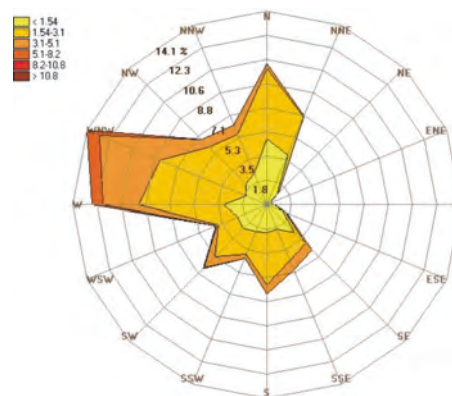


AM7

Ryc. 63. Roczne róże wiatrów na stacjach AM6 Sopot i AM7 Tczew



AM10



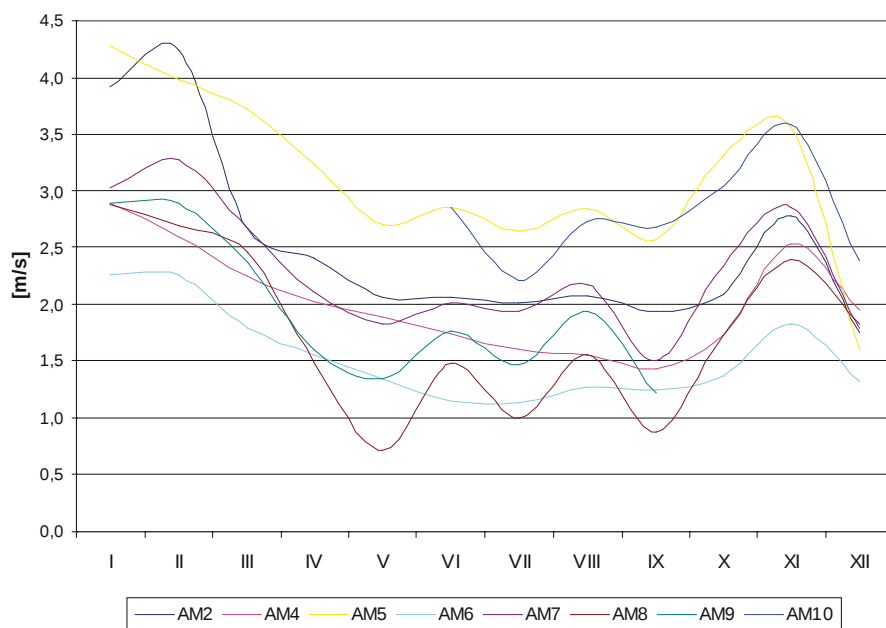
AM9

Ryc. 64. Roczne róże wiatrów na stacjach AM10 i AM9

W roku 2008 na poszczególnych stacjach gdańskich kierunki wiatru były zróżnicowane. Na stacji AM5 dominował kierunek zachodni, natomiast na AM8 południowo-wschodni i południowo-zachodni, a na stacji AM2 wiatr z sektora S i SSE (Ryc.62). Na stacjach AM6 w Sopocie przeważający był wiatr z sektora południowo-zachodniego, natomiast na stacji AM7 w Tczewie wiatr z sektora SSE (Ryc.63). Również w Gdyni kierunki wiatru były zróżnicowane na poszczególnych stacjach. Na stacji AM9 dominuje wiatr z sektora zachodniego i północno-zachodniego, natomiast na stacji AM10 kierunek z sektora zachodniego i południowo-zachodniego. (Ryc. 64). Średnia roczna prędkość wiatru wahała się od 1,8 m/s na stacji AM8 w Gdańsku Wrzeszcz, do 3,1 m/s na stacji AM5 w Gdańsku Szadółkach .

Ze względu na niepełną serię danych nie obliczono średniej rocznej dla stacji AM10 Gdyni Śródmieście i na AM9 w Gdyni Redłowie.

Mniejsze prędkości wiatru występowały od maja do września na wszystkich stacjach i były rzędu 1-2,5 m/s (ryc.65). Większe prędkości występowały od listopada do kwietnia: 2-3,5 m/s, osiągając najwyższe wartości w styczniu .



Ryc. 65. Średnie miesięczne i roczne prędkości wiatru na stacjach ARMAAG w 2008 roku

5. WARUNKI METEOROLOGICZNE

Najwyższa terminowa prędkość wiatru wystąpiła na stacji AM2 w Gdańsku Stogach 26 stycznia i wyniosła 12,6 m/s (Tabela 30). Dla zobrazowania zmian prędkości wiatru w dniu wystąpienia najwyższej terminowej podano również minimum terminowe.

Tabela 30. Maksymalne terminowe prędkości wiatrów na stacjach ARMAAG w 2008 roku

Stacja	Data	Maximum terminowe [m/s]	Minimum terminowe [m/s]
AM2	26.01.2008	12,6	6,5
AM4	04.01.2008	7,0	5,1
AM5	26.01.2008	10,3	5,7
AM6	06.03.2008	6,5	1,5
AM7	26.01.2008	8,9	4,8
AM8	26.01.2008	7,8	4,4
AM9	06.03.2008	8,1	2,9

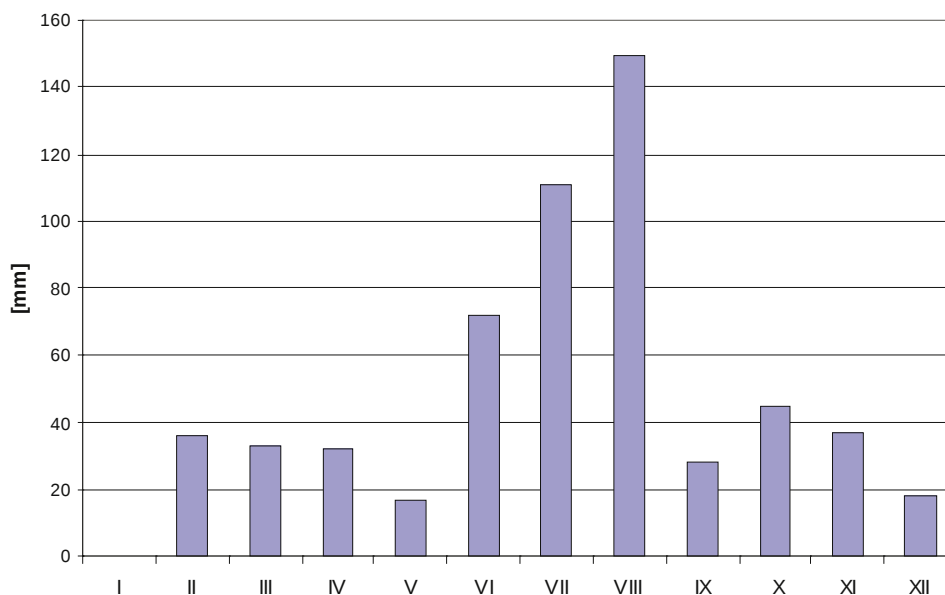
5.6. Opad atmosferyczny

Od lutego 2008 roku rozpoczęto pomiar opadu deszczu stacją pogodową Vaisla WXT510 . Do pomiaru opadów atmosferycznych urządzenie WXT 510 wykorzystuje technologię sensora – 2RAINCAP®. Sensor opadów atmosferycznych składa się ze stalowej pokrywy i zamocowanego nad nią sensora piezoelektrycznego. Sensor opadów atmosferycznych wykrywa uderzenia poszczególnych kropli opadu. Poziom sygnału od uderzenia proporcjonalny jest do objętości kropli. Urządzenie wykonuje pomiary sumy opadów atmosferycznych, chwilową i szczytową intensywność opadów deszczu oraz czas trwania opadu deszczu. Sensor dodatkowo rozróżnia opady gradu i deszczu. Urządzenie wykonuje pomiary sumy opadów gradu, chwilową i szczytową intensywność opadów gradu oraz czas trwania opadu gradu .

Na stacji AM2 Gdańsk Stogi odnotowano od lutego sumę opadów atmosferycznych 577,6 mm. Sumę opadów dla poszczególnych miesięcy przedstawiono na poniższym wykresie i tabeli (ryc.66 i tabela 31).

Tabela 31. Suma opadów w poszczególnych miesiącach

Stacje	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Suma opadu [mm]	-	36,0	33,0	32,2	16,4	71,7	110,9	149,1	28,3	44,8	37,1	18,1	577,6



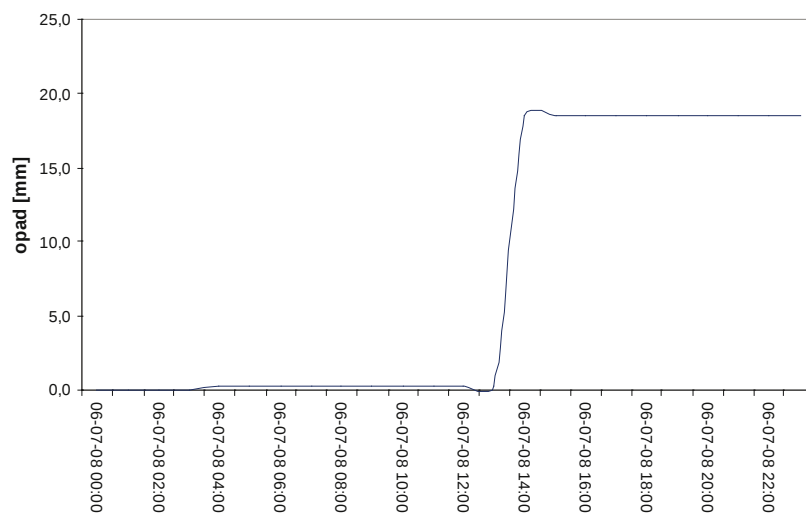
Ryc. 66. Suma opadów atmosferycznych dla poszczególnych miesięcy na stacji AM2 Gdańsk Stogi

Najwyższa miesięczna suma opadów wystąpiła w sierpniu i wyniosła 149,1 mm, natomiast najniższą odnotowano w grudniu 18,1 mm.

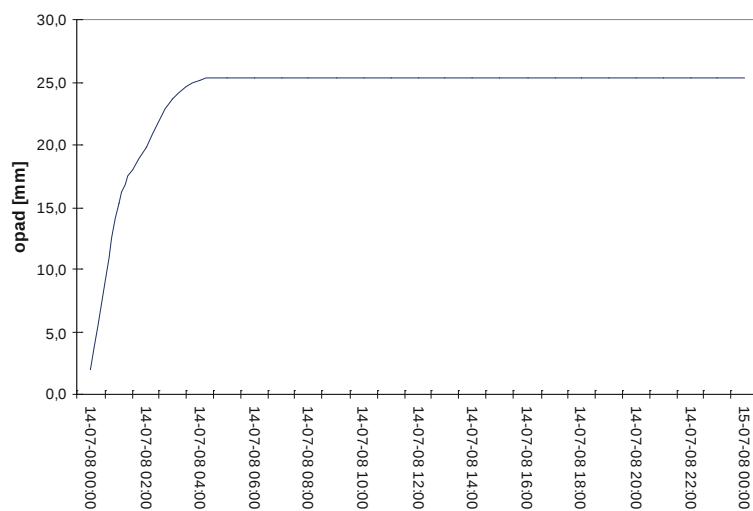
Na poniższych wykresach zaprezentowano przebieg opadu dla dwóch dni z wysoką sumą dobową opadów atmosferycznych oraz natężeniem opadu (ryc.67 i 68).

6 lipca odnotowano 18,1 mm opadu, który spadł w ciągu 25 minut, natężenie opadu wyniosło 0,71 mm/min. 14 lipca zmierzono 25,5 mm opadu w ciągu doby, przy czym opad był bardziej rozłożony w czasie, szczytowa intensywność opadu wyniosła 0,25 mm/min.

5. WARUNKI METEOROLOGICZNE



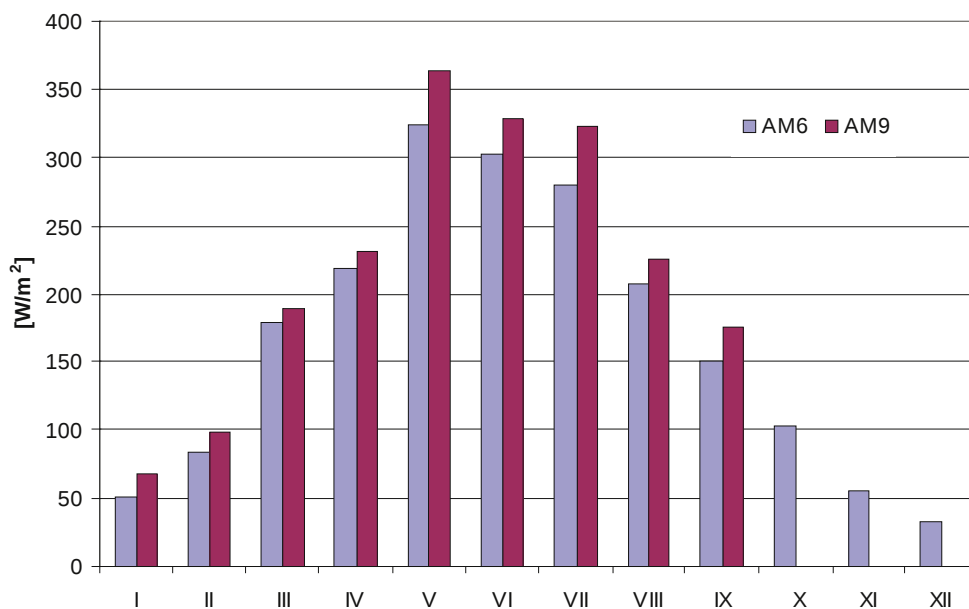
Ryc. 67. Przebieg opadu atmosferycznego w dniu 06.07.2009



Ryc. 68. Przebieg opadu atmosferycznego w dniu 14.07.2009

5.7. Natężenie promieniowania bezpośredniego

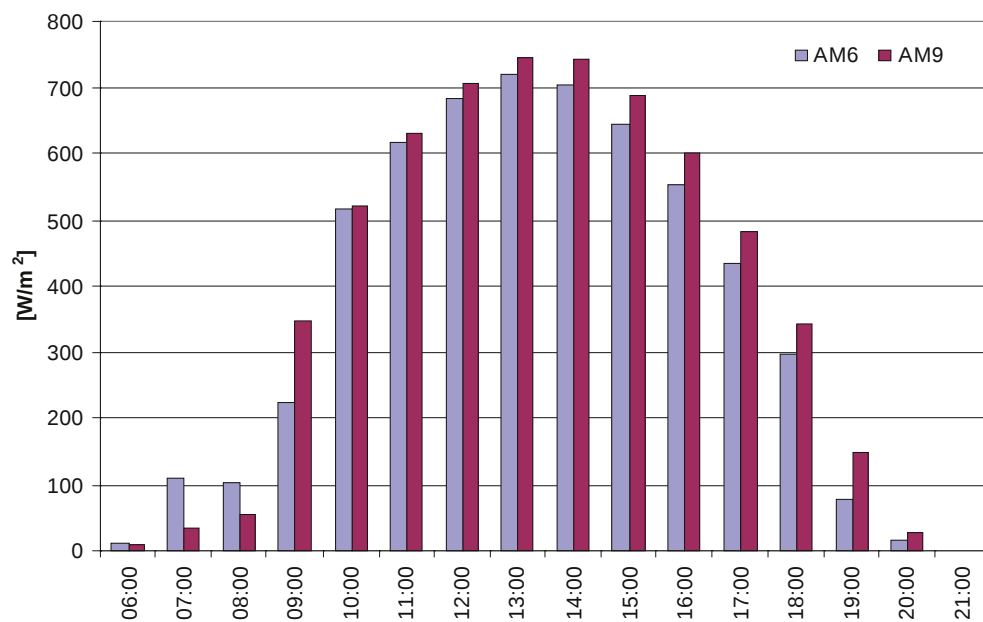
Pomiary natężenia promieniowania bezpośredniego prowadzone były na dwóch stacjach w Sopocie i w Gdyni Redłowie. Najwyższe średnie wartości wystąpiły w maju, osiągając wartość $363,6 \text{ W/m}^2$ w Gdyni Redłowie (AM9), i odpowiednio w Sopocie (AM6) osiągając wartość $323,2 \text{ W/m}^2$ (ryc.69). Drugie maksimum wystąpiło w czerwcu i lipcu, kiedy na obu stacjach wystąpiły wysokie wartości średniej miesięcznej. Najniższe średnie miesięczne wystąpiły w grudniu na stacji w Sopocie, osiągając wartości: $32,4 \text{ W/m}^2$ i w styczniu na stacji Gdyni Redłowie $67,1 \text{ W/m}^2$.



Ryc. 69. Zmienność natężenia promieniowania słonecznego bezpośredniego na stacjach AM6 w Sopocie i AM9 w Gdyni Redłowie w 2008 roku

Maksymalne średniodobowe natężenie promieniowania słonecznego odnotowano 21 kwietnia i wyniosło $379,9,9 \text{ W/m}^2$ w Sopocie i $379,5 \text{ W/m}^2$ w Gdyni Redłowie. Przebieg natężenia promieniowania w tym dniu przedstawiono na wykresie poniżej.

5. WARUNKI METEOROLOGICZNE



Ryc. 70. Zmienność natężenia promieniowania bezpośredniego na stacjach AM6 (Sopot) i AM9 (Gdynia Redłowo) w dniu 24 kwietnia 2008 r.

6.1. Ocena ogólna

W niniejszym rozdziale przedstawiono ocenę jakości powietrza w miastach aglomeracji gdańskiej i w Tczewie. Podstawą oceny są zwalidowane roczne serie pomiarowe następujących substancji:

- ditlenek siarki,
- ditlenek azotu,
- tlenek węgla,
- ditlenek węgla,
- tlenki azotu,
- ozon,
- pył PM10,
- benzen i pochodne,
- amoniak.

Ocena odnosi się do wartości określonych poziomów dopuszczalnych bądź wartości odniesienia i nie jest oceną w rozumieniu Prawa Ochrony Środowiska, którą wykonuje Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska.

W pierwszej części rozdziału przedstawiono ocenę jakości powietrza w miastach opisując stan zanieczyszczenia jako bardzo dobry, dobry, dostateczny i zły przez zastosowanie skali ocen udziału zamierzonego stężenia do odpowiedniej normy.

Ocena opisowa wyraża jakość powietrza jako odpowiednio oznaczoną relację stężenia danej substancji do norm średniorocznych. W ocenie zastosowano skalę skorelowaną z zakresami stężeń stosowanymi w ocenach jakości powietrza wykonywanych przez inspektoraty ochrony środowiska:

0-40 % normy	b. dobra
41-60 % normy	dobra
61-100 % normy	dostateczna
> 100 % normy	zła

6. OCENA JAKOŚCI POWIETRZA W AGLOMERACJI GDAŃSKIEJ I TCZEWIE

Dla porównania ocenę wykonano dla trzech kolejnych lat: 2006,2007,2008.

Tabela 32. Ocena jakości powietrza na podstawie wartości stężeń średniorocznych w latach 2006-2008

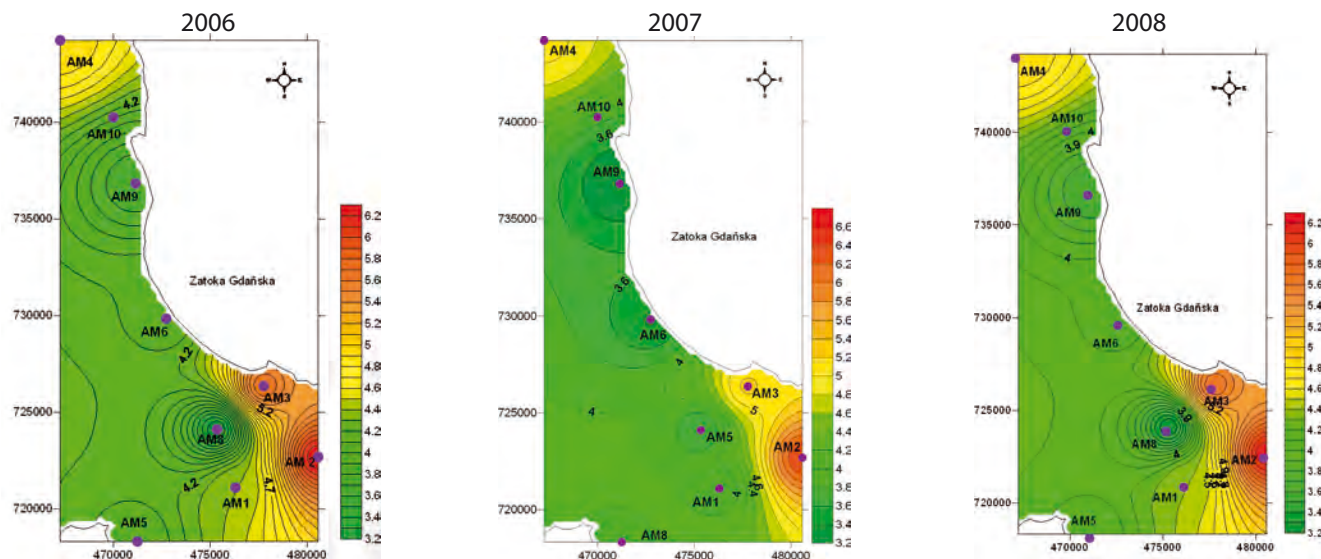
Miasto	Jakość powietrza								
	dwutlenek siarki			dwutlenek azotu			pył PM10		
	2006	2007	2008	2006	2007	2008	2006	2007	2008
GDAŃSK	dobra	b.dobra	b.dobra	dost.	dost.	b.dobra	zła	dobra	dobra
GDYNIA	b.dobra	b.dobra	b.dobra	dost.	dost.	b.dobra	zła	zła	dost.
SOPOT	b.dobra	b.dobra	b.dobra	dobra	b.dobra	b.dobra	dost.	dobra	dobra
TCZEW	b.dobra	b.dobra	b.dobra	dobra	b.dobra	b.dobra	dost.	dobra	dobra
Norma [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	20 ¹			40 ²		35 ³	40		

Wyniki oceny w przekroju trzech lat pokazują, że jakość powietrza ulega systematycznej poprawie w aglomeracji gdańskiej i w Tczewie. Decydujące znaczenie dla oceny jakości powietrza w Gdyni mają wyniki ze stacji AM10, która oprócz oddziaływania emisji ze stoczni i portu poddawana była w analizowanym okresie wpływom intensywnych prac budowlanych i modernizacyjnych.

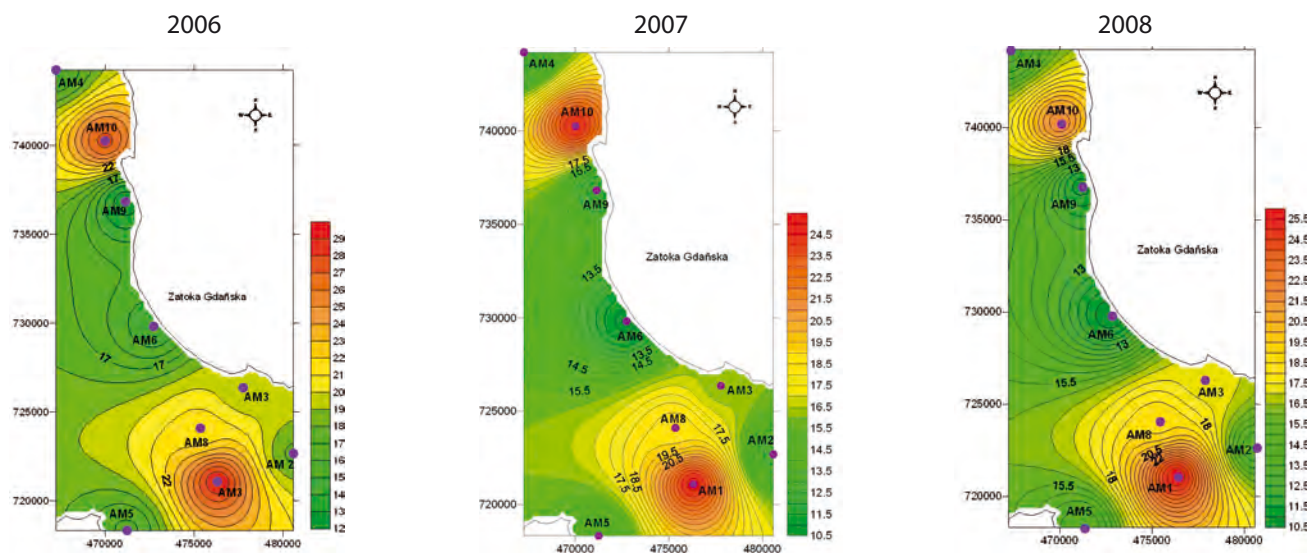
6. OCENA JAKOŚCI POWIETRZA W AGLOMERACJI GDAŃSKIEJ I TCZEWIE

Tę samą tendencję pokazano na mapach stężeń średniorocznych dla aglomeracji gdańskiej na poniższych mapach:

a) dwutlenek siarki

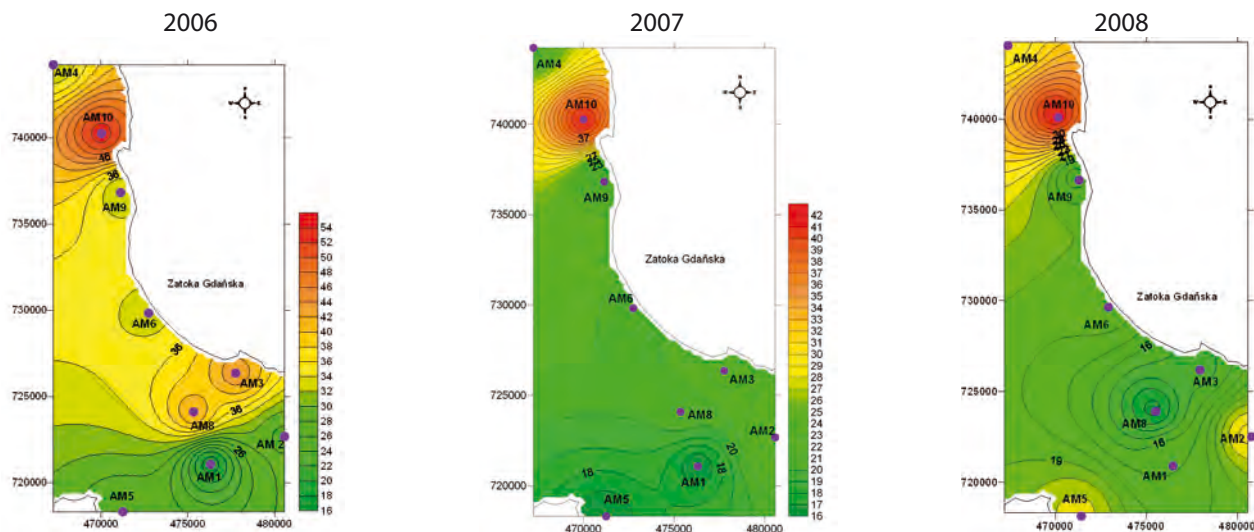


b) dwutlenek azotu



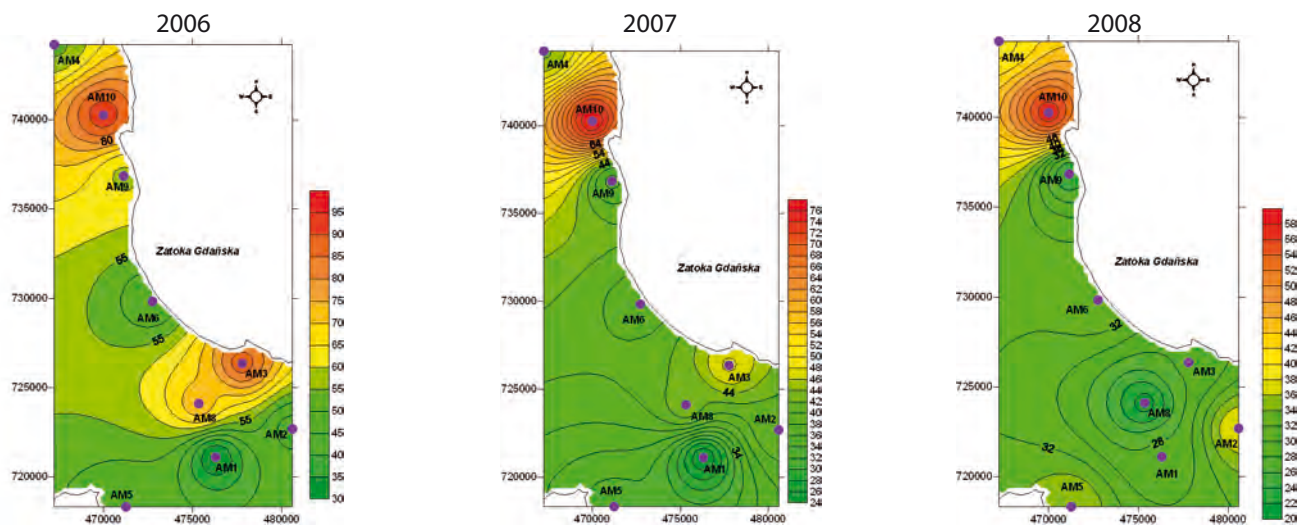
6. OCENA JAKOŚCI POWIETRZA W AGLOMERACJI GDAŃSKIEJ I TCZEWIE

c) pył PM10



Ryc. 71. Średnioroczne wartości stężeń na stacjach sieci ARMAAG w latach 2006 - 2008 roku a) ditlenek siarki, b) ditlenek azotu, c) pył PM10

Istotna z punktu widzenia jakości powietrza jest 36 maksymalna wartość stężenia pyłu PM10 przedstawiała się w poddawanych analizie trzech ostatnich latach następująco:



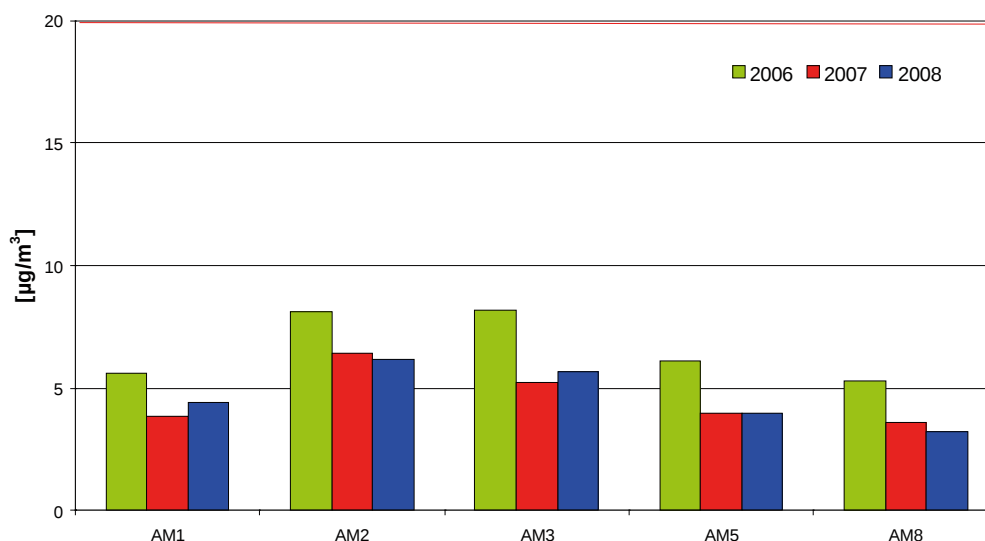
Ryc. 72 Przestrzenny rozkład 36 max. pyłu PM10

6.2. Ocena jakości powietrza w Gdańsku

6.2.1. Dytlenek siarki

Stężenia średnioroczne ditlenku siarki normowane ze względu na ochronę roślin w utrzymują się na poziomie 16-41% poziomów dopuszczalnych w latach 2006-2008.

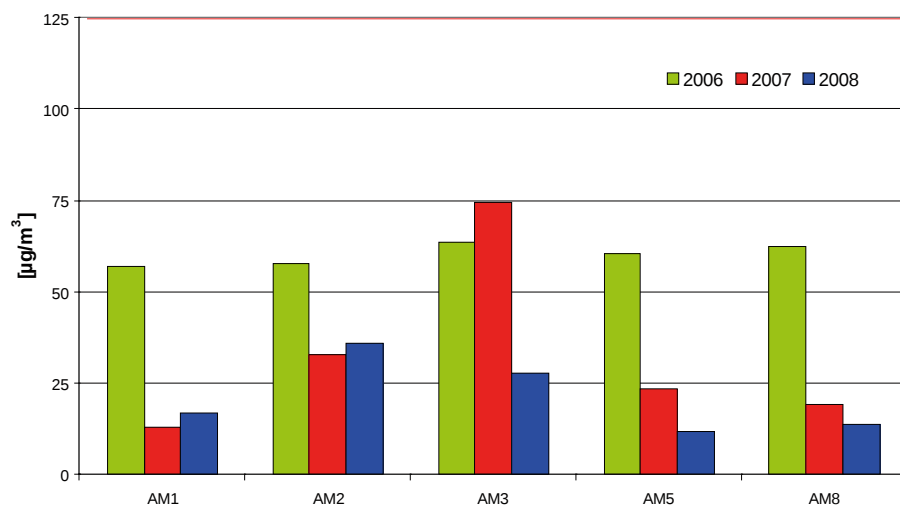
Zmiany stężeń średniorocznych w ostatnich latach na poszczególnych stacjach pokazano na rycinie (ryc.73).



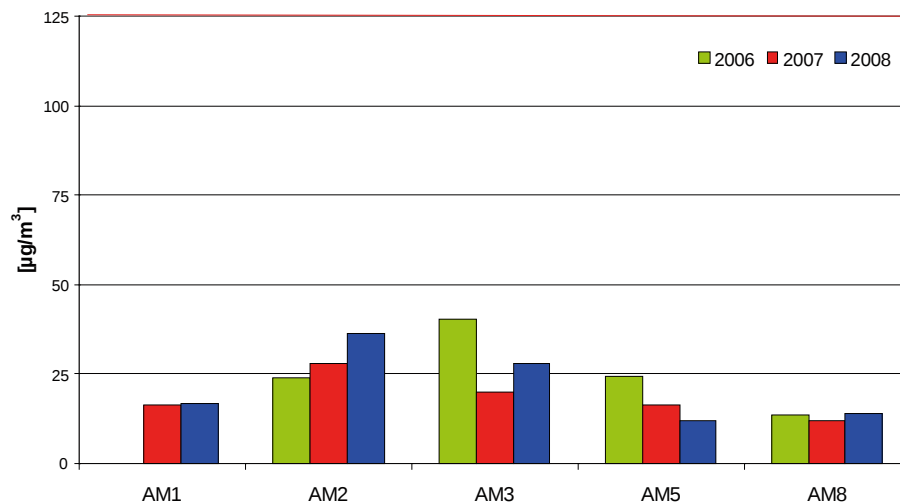
Ryc. 73. Zmiany stężeń średniorocznych ditlenku siarki na stacjach ARMAAG w latach 2006-2008

W stosunku do roku poprzedniego na wszystkich stacjach w Gdańsku średnioroczne stężenia dwutlenku siarki utrzymują się na podobnym poziomie. W roku 2008 maksymalne stężenia średniodobowe ditlenku siarki w sezonie grzewczym obniżyły się w porównaniu do dwóch poprzednich lat (ryc.74), wyjątek stanowi stacja AM3 w Nowym Porcie, AM5 na Szadółkach i AM1 w Śródmieściu, gdzie maksymalne stężenia średniodobowe w 2008 roku były nieznacznie wyższe niż w 2007 roku. W latach 2006-2008 sezonie letnim nie zanotowano maksymalnych stężeń średniodobowych wyższych niż 22 % stężenia dopuszczalnego (ryc. 75).

6. OCENA JAKOŚCI POWIETRZA W AGLOMERACJI GDAŃSKIEJ I TCZEWIE



Ryc. 74. Zmiany maksymalnych stężeń średniodobowych ditlenku siarki na stacjach w Gdańsku w sezonie grzewczym w latach 2006-2008



Ryc. 75. Zmiany maksymalnych stężeń średniodobowych ditlenku siarki na stacjach w Gdańsku w sezonie letnim w latach 2006-2008

6. OCENA JAKOŚCI POWIETRZA W AGLOMERACJI GDANSKIEJ I TCZEWIE

Przekroczenie dopuszczalnej wartości 24-godzinnych stężeń w skali roku ma miejsce wówczas, gdy wartość percentyla jest większa od stężenia dopuszczalnego D24.

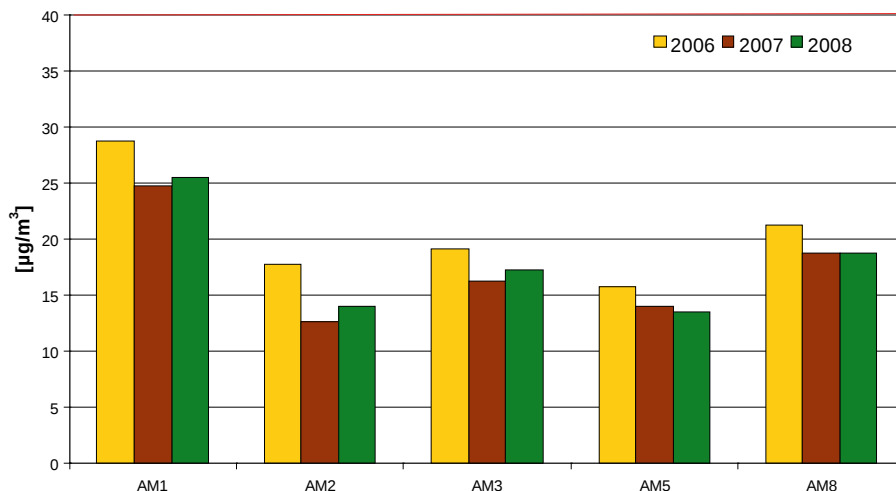
W praktyce oznacza to, że przekroczenie normy występuje, gdy więcej niż 1,1% wyników dla SO₂ w ciągu roku osiąga wartości wyższe od D24. Ponieważ w roku 2008 nie odnotowano przekroczeń stężeń średniodobowych nie obliczano wartości percentyla.

Stężenia chwilowe dwutlenku siarki o obowiązującym od roku 2005 czasie uśredniania 1h były niższe niż poziom dopuszczalny = **350 µg/m³**. Maksymalne stężenie dwutlenku siarki = **195,2 µg/m³** wystąpiło w dniu 4 stycznia o godzinie 22:00 na Stogach. W terminie pomiarowym zanotowano temperaturę minus 7,2 °C.

Zgodnie z obowiązującymi w Polsce przepisami, parametrem normowanym w przypadku stężeń 1h jest percentyl 99,7 dla ditlenku siarki obliczany z rocznej serii pomiarów chwilowych. Przekroczenie dopuszczalnej wartości 1 h stężeń w skali roku ma miejsce wówczas, gdy wartość percentyla S99,7 jest większa od stężenia dopuszczalnego D_{1h}. W praktyce oznacza to, że przekroczenie normy występuje, gdy więcej niż 0,3 % wyników w ciągu roku osiąga wartości wyższe od D_{1h}. W roku 2008 pomiary nie wykazały przekroczeń i w związku z tym nie wykonywano obliczeń percentyla.

6.2.2. Ditlenek azotu

Średnioroczne stężenia ditlenku azotu w 2008 roku wahają się od 34% wartości dopuszczalnej (stacja AM5 Gdańsk Szadółki) do 64% (stacja AM1 Gdańsk Śródmieście). Na wszystkich stacjach w Gdańsku poziomy stężenie średniorocznych w 2008 roku utrzymywały się na podobnym poziomie jak w 2007 roku. (ryc.76).



Ryc. 76. Zmiany średniorocznych wartości stężeń ditlenku azotu na stacjach ARMAAG w latach 2006-2008

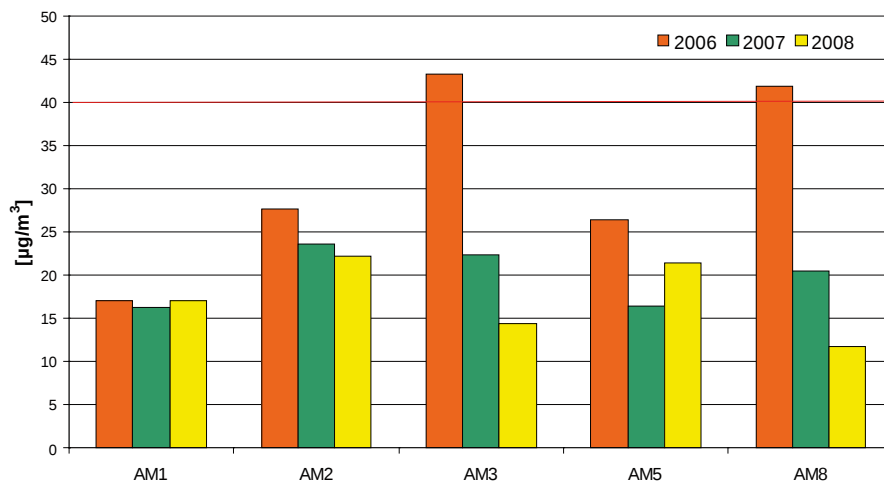
6. OCENA JAKOŚCI POWIETRZA W AGLOMERACJI GDANSKIEJ I TCZEWIE

Drugim parametrem normowanym ze względu na ochronę zdrowia są **stężenia jednogodzinne**, których epizodycznie wysokie wartości powodować mogą nasilenie niektórych objawów różnych chorób. W roku 2008 w Gdańsku nie odnotowano stężeń ditlenku azotu powyżej normy $=200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Maksymalne stężenie ditlenku azotu $S_{1\text{hmax}} = 120,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zmierzono w stacji nr 1 w Gdańsku Śródmieściu przy ul. Powstańców Warszawskich w dniu 31 grudnia o godzinie 12 przy temperaturze minus $2,6^\circ\text{C}$.

Oprócz wartości stężenia istotnym jest czas jego występowania. Zgodnie z obowiązującymi w Polsce przepisami, parametrem normowanym w przypadku stężeń 1h dla dwutlenku azotu jest percentyl S99,8 obliczany z rocznej serii pomiarów chwilowych. Przekroczenie dopuszczalnej wartości 1 h stężeń w skali roku ma miejsce wówczas, gdy wartość percentyla S99,8 jest większa od stężenia dopuszczalnego $D_{1\text{h}}$. W praktyce oznacza to, że przekroczenie normy występuje, gdy więcej niż 0,2% wyników w ciągu roku osiąga wartości wyższe od $D_{1\text{h}}$. W roku 2008 w Gdańsku pomiary ditlenku azotu nie wykazały przekroczeń i w związku z tym nie wykonywano obliczeń percentyla.

6.2.3. Pył PM10

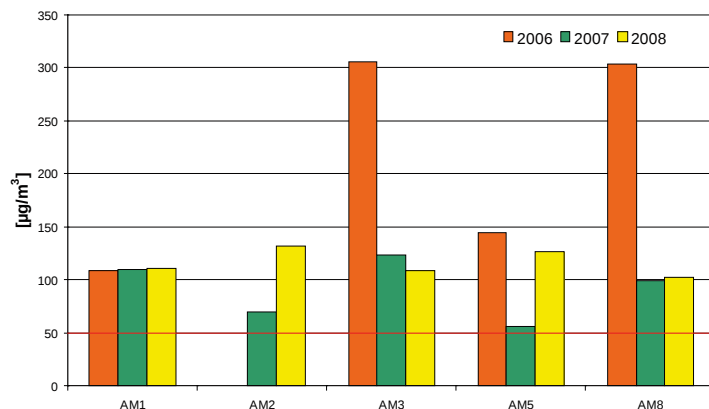
W roku 2008 na większości stacji gdańskich obniżyły się stężenia średnioroczne pyłu PM10 w stosunku do lat ubiegłych i nie przekroczyły wartości dopuszczalnej (ryc.77). W 2008 roku odnotowano dalszy spadek stężeń na stacjach AM2, AM3 i AM8, wzrost na stacji AM5 w stosunku do roku 2007. Na stacji AM1 średnioroczne wartości stężeń utrzymują się na podobnym poziomie.



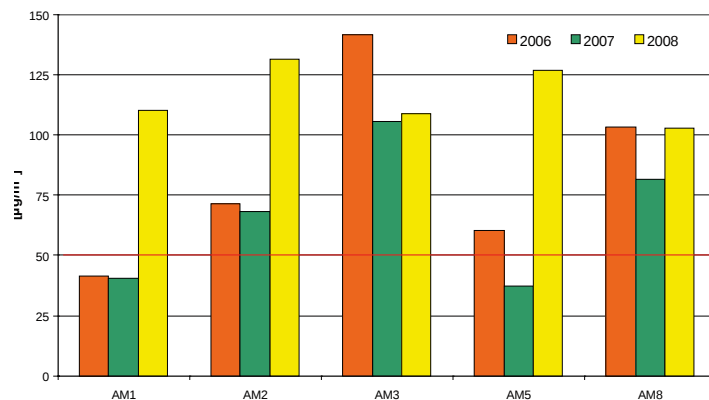
Ryc. 77. Zmiany średniorocznych wartości stężeń pyłu PM10 na stacjach ARMAAG w latach 2006-2008

6. OCENA JAKOŚCI POWIETRZA W AGLOMERACJI GDAŃSKIEJ I TCZEWIE

W roku 2008, podobnie jak w latach poprzednich, w przypadku pyłu PM₁₀ odnotowano przekroczenia **norm średniodobowych**. Na wszystkich stacjach gdańskich maksymalne stężenia średniodobowe były wyższe od poziomu dopuszczalnego. Limitowana liczba dni z przekroczeniami (35 w ciągu roku) nie była przekroczona. W ciągu całego 2008 roku łączna ilość dni z przekroczeniami wyniosła dla Gdańska 15 dni (spadek o 34 dni w stosunku do roku 2007). Wyników wyższych niż norma $D_{24}=50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na terenie Gdańska 1,91% przy 4,6 % w roku 2007. Zmiany maksymalnych wartości średniodobowych w latach 2006-2008 dla PM₁₀ w poszczególnych sezonach pokazano na kolejnych rycinach.



Ryc. 78. Zmiany maksymalnych stężeń średniodobowych pyłu PM₁₀ na stacjach w Gdańsku w sezonie grzewczym w latach 2006-2008



Ryc. 79. Zmiany maksymalnych stężeń średniodobowych pyłu PM₁₀ na stacjach w Gdańsku w sezonie letnim w latach 2006-2008

6. OCENA JAKOŚCI POWIETRZA W AGLOMERACJI GDAŃSKIEJ I TCZEWIE

Zgodnie z obowiązującymi w Polsce wymaganiami dotyczącymi wykonywania ocen jakości powietrza, przy szacowaniu wyników dla pyłu zawieszonego PM10 należy brać pod uwagę wartość percentyli: 90,1 i 97,8 obliczanych z rocznych serii pomiarowych.

Przekroczenie dopuszczalnej wartości 24-godzinnych stężeń w skali roku ma miejsce wówczas, gdy wartość percentyla jest większa od stężenia dopuszczalnego D_{24} .

W praktyce oznacza to, że przekroczenie normy występuje, gdy więcej niż 9,9% i 2,2% w ciągu roku osiąga wartości wyższe od D_{24} . W poniższej tabeli zestawiono obliczone percentyle dla ważnych serii pomiarowych.

Wartości percentyli liczone dla serii pomiarowych spełniających kryteria podane w Decyzji Komisji o jakości danych. Seria pomiarowa musi liczyć minimum 75% ważnych danych przy zachowaniu stosunku danych z okresu grzewczego do letniego poniżej 2.

Odnosząc się do wartości percentyla należy stwierdzić, że na terenie Gdańska percentyl 90,1 pyłu PM10 była przekroczony na stacji AM1, a percentyl 97,8 był przekroczony na stacjach AM1, AM2 oraz AM5.

Tabela 33. Wartości percentyli z rocznych serii pomiarowych 24h wyników PM10

Stacja	Wartość percentyla [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]					
	percentyl 90,1			percentyl 97,8		
	2006	2007	2008	2006	2007	2008
AM1 ul. Powstańców Warszawskich Gdańsk Siedlce	30,5	27,0	67,4	47,6	40,3	121,7
AM2 ul. Kaczeńce Gdańsk Stogi	47,0	41,4	38,1	88,4	55,2	53,7
AM3 ul. Wyzwolenia Gdańsk Nowy Port	86,9	48,0	28,1	138,8	87,8	46,6
AM 5 ul. Ostrzycka Gdańsk Szadółki	53,6	28,7	36,1	95,4	37,7	54,3
AM 8 ul. Leczkowa Gdańsk Wrzeszcz	45,5	43,1	21,3	79,7	81,3	33,3
Dopuszczalny poziom PM10 w powietrzu [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	50					

Porównując wartości percentyli z ubiegłych lat należy stwierdzić, że w oddziaływaniu średniookresowym zanieczyszczenie pyłem PM10 również obniżyło się.

6.2.4. Tlenek węgla

Dla tlenku węgla normowane są poziomy **stężenie 8-godzinnych** wyliczanych krocząco. Dopuszczalny poziom stężenia nie został przekroczony. Maksymalne stężenie wyniosło 29 % normy dla obszaru (AM8) w okresie grzewczym.

6.2.5. Ozon

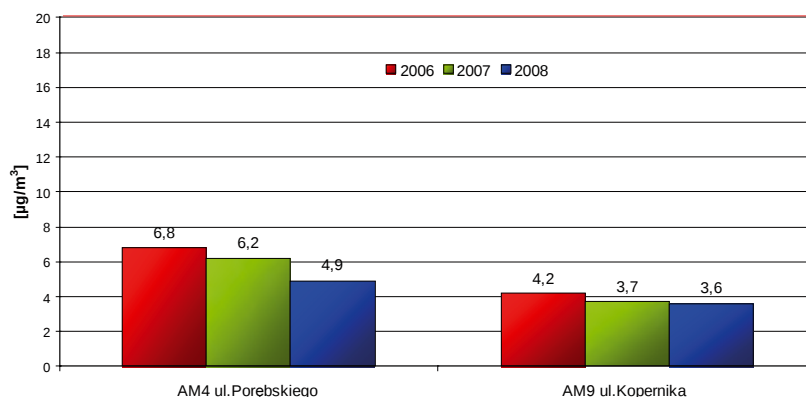
W prawie polskim ze względu na ochronę zdrowia normowane są dwa poziomy ozonu: średnioterminowy jako wartość stężenia 8-godzinnego wyliczanego krocząco ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$), przy limitowanej ilości dni z przekroczeniami (25) oraz w odniesieniu do epizodów jako wartość ostrzegawcza (stężenie 1 godzinne = $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Przekroczenia **8-godzinnej** normy ozonu wystąpiły na stacji AM5 i AM8. Łączna ilość dni z przekroczeniami wyniosła 3, wszystkie przekroczenia wystąpiły w sezonie letnim. Maksymalne stężenie ozonu w Gdańsku osiągnęło wartość **$134,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$** w dniu 1 kwietnia na stacji AM5 w Gdańsku Szadółkach. Stężenia wyższe niż próg ostrzegania w roku 2008 nie wystąpiły.

6.3. Ocena jakości powietrza Gdyni

6.3.1. Dytlenek siarki

Stężenia średnioroczne ditlenku siarki w Gdyni w latach 2006-2008 otrzymywały się na stałym niskim poziomie, osiągając od 18, do 34% wartości dopuszczalnej.

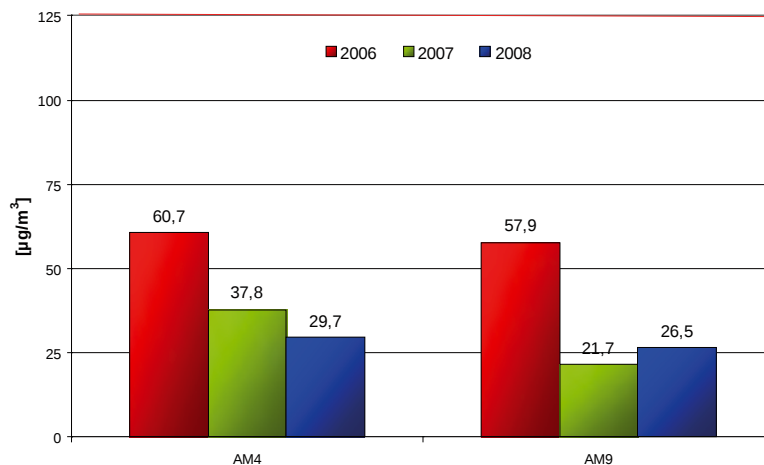
Stężenia średnioroczne ditlenku siarki na stacjach gdyńskich przedstawiono na poniższej rycinie. Nieznacznie wyższe stężenia ditlenku siarki występują na stacji AM4 w Gdyni Pogórze w porównaniu ze stacją AM9 w Gdyni Redłowie.



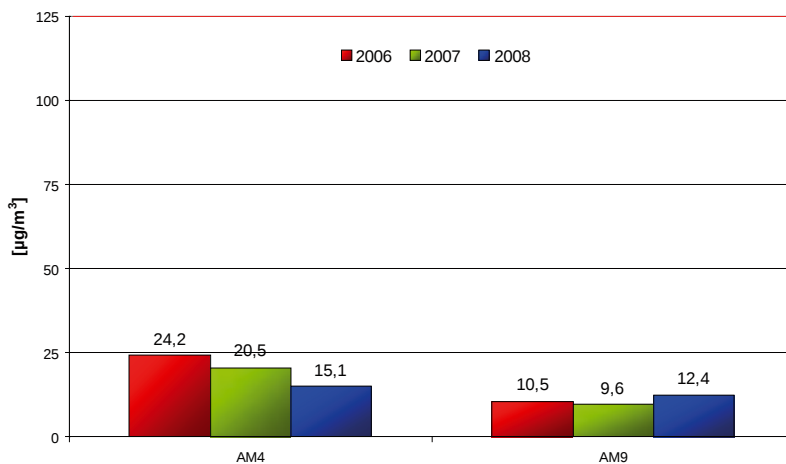
Ryc. 80. Zmiany stężeń średniorocznych ditlenku siarki na stacjach ARMAAG w Gdyni w latach 2006-2008

6. OCENA JAKOŚCI POWIETRZA W AGLOMERACJI GDAŃSKIEJ I TCZEWIE

W latach 2006-2008 maksymalne **stężenia średniodobowe** nie przekroczyły wartości dopuszczalnej. W sezonie grzewczym najwyższe maksymalne stężenia średniodobowe wystąpiły w 2006 roku, natomiast najniższe w roku 2008. W analizowanym okresie w sezonie letnim maksymalne stężenia średniodobowe utrzymują się na stałe niskim poziomie



Ryc. 81. Zmiany maksymalnych stężeń średniodobowych ditlenku siarki na stacjach w Gdyni w sezonie grzewczym w latach 2006-2008



Ryc. 82. Zmiany maksymalnych stężeń średniodobowych ditlenku siarki na stacjach w Gdyni w sezonie letnim w latach 2006-2008

6. OCENA JAKOŚCI POWIETRZA W AGLOMERACJI GDAŃSKIEJ I TCZEWIE

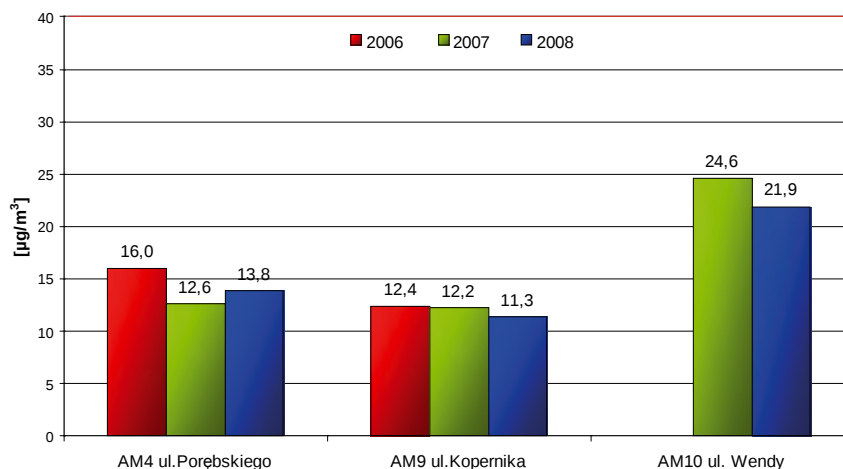
Nie obliczano wartości 99,8 percentyla, ponieważ w roku 2008 nie odnotowano przekroczeń stężeń średniodobowych. Stężenia chwilowe ditlenku siarki o obowiązującym od roku 2005 czasie uśredniania 1h były niższe niż poziom dopuszczalny $= 350 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Maksymalne stężenie ditlenku siarki $= 75,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiło w dniu 10 lutego o godzinie 14:00 na stacji AM4 w Gdyni Pogórze. W terminie pomiarowym zanotowano temp. $10,2^\circ\text{C}$.

W roku 2008 pomiary nie wykazały przekroczeń stężeń 1h i w związku z tym nie wykonywano obliczeń percentyla.

6.3.2. Ditlenek azotu

Stężenia średnioroczne ditlenku azotu wahają się od 28,0 % (stacja AM9) do 61,5 % (stacja AM10) wartości dopuszczalnej. Na dwóch stacjach AM10 i AM9 nastąpił spadek wartości stężeń średniorocznych, natomiast na stacji AM4 nastąpił nieznaczny wzrost w porównaniu z rokiem 2007 (ryc. 83).



Ryc. 83. Zmiany stężeń średniorocznych ditlenku azotu na stacjach ARMAAG w Gdyni w latach 2006-2008

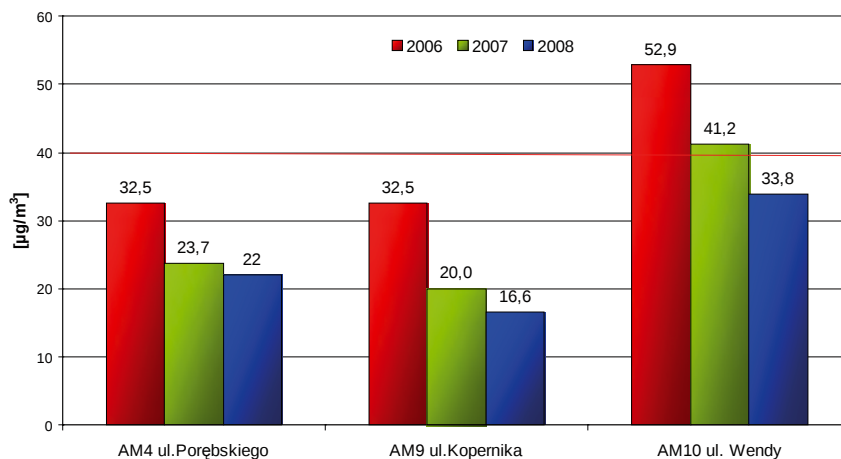
W roku 2008 nie odnotowano na terenie Gdyni stężeń 1 h powyżej normy wynoszącej $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Maksymalne stężenie dwutlenku azotu $S_{1\text{hmax}} = 140,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zmierzono w stacji AM4 w Gdyni Pogórze w dniu 25 kwietnia o godzinie 22 przy temperaturze $12,9^\circ\text{C}$.

W roku 2008 w Gdyni pomiary ditlenku azotu nie wykazały przekroczeń i w związku z tym nie wykonywano obliczeń percentyla.

6. OCENA JAKOŚCI POWIETRZA W AGLOMERACJI GDAŃSKIEJ I TCZEWIE

6.3.3. Pył zawieszony PM10

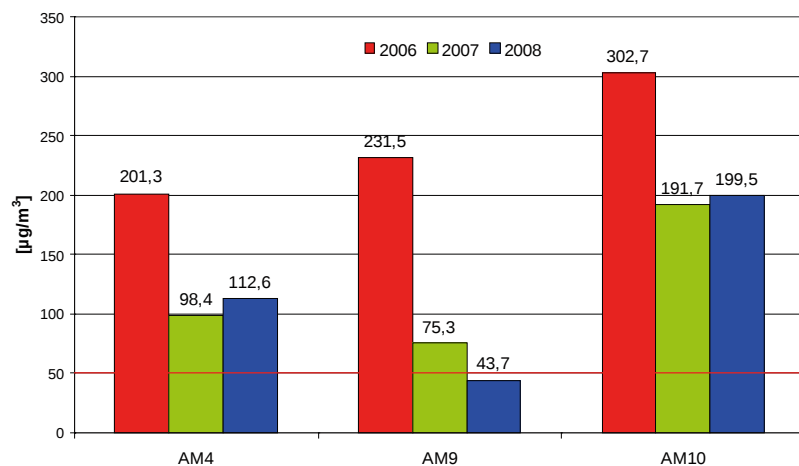
Stężenia średnioroczne pyłu zawieszonego w 2008 roku uległy obniżeniu w stosunku do poprzednich dwóch lat. Na stacji AM10 w Gdyni Śródmieściu w 2008 roku nastąpił dalszy spadek wartości średniorocznej pyłu i w 2008 roku wartość ta nie została przekroczona (ryc. 84).



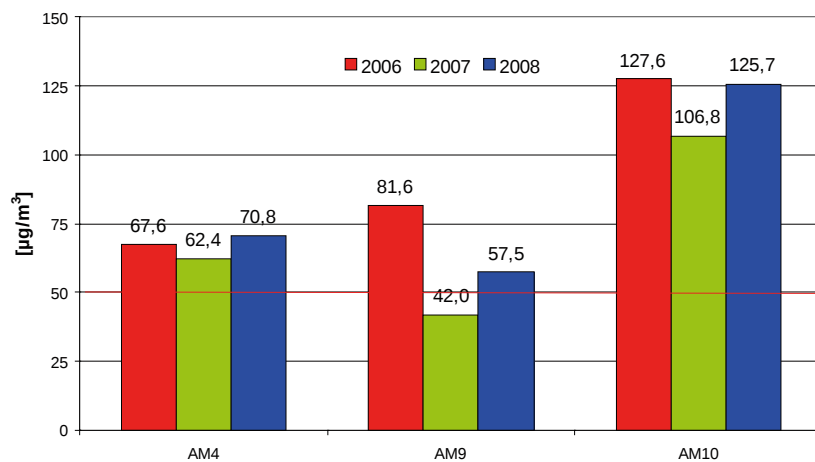
Ryc. 84. Zmiany średniorocznych wartości stężeń pyłu PM10 na stacjach ARMAAG w latach 2006-2008

W roku 2008 odnotowano przekroczenia norm średniodobowych pyłu PM10 na wszystkich stacjach. Limitowana liczba dni z przekroczeniami (35 w ciągu roku) również była przekroczona. W ciągu całego 2008 roku ilość dni z przekroczeniami wyniosła dla Gdyni **52** dni (spadek o 39 dni). Wyników wyższych niż norma $D_{24}=50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na terenie Gdyni 9,6 % (w roku 2007 - 12,3%). Zmiany maksymalnych wartości średniodobowych w latach 2006-2008 dla PM10 w poszczególnych sezonach pokazano na kolejnych rycinach.

6. OCENA JAKOŚCI POWIETRZA W AGLOMERACJI GDAŃSKIEJ I TCZEWIE



Ryc. 85. Zmiany maksymalnych stężeń średniodobowych pyłu PM10 na stacjach w Gdyni w sezonie grzewczym w latach 2006-2008



Ryc. 86. Zmiany maksymalnych stężeń średniodobowych pyłu PM10 na stacjach w Gdyni w sezonie letnim w latach 2006-2008

6. OCENA JAKOŚCI POWIETRZA W AGLOMERACJI GDAŃSKIEJ I TCZEWIE

Odnosząc się do wartości percentyli 90,1 i 97,8 należy stwierdzić, że na terenie Gdyni w roku 2008 był przekraczany percentyl 90,1 na stacji AM10, natomiast percentyl 97,8 przekroczony był na stacjach AM4 i AM10 (tab. 34).

Tabela 34. Wartości percentyli z rocznych serii pomiarowych 24h wyników PM10

Stacja	Wartość percentyla [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]					
	percentyl 90,1			percentyl 97,8		
	2006	2007	2008	2006	2007	2008
AM4 ul. Porębskiego Gdynia Pogórze	53,6	43,5	39,5	95,4	61,5	56,3
AM 9 ul. Kopernika Gdynia Redłowo	58,3	37,3	27,0	104,4	53,5	38,8
AM 10 ul. Wendy Gdynia Śródmieście	92,5	75,9	57,0	145,1	120,9	81,5
Dopuszczalny poziom PM10 w powietrzu [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	50					

6.3.4. Tlenek węgla

Dla tlenku węgla normowane są poziomy stężenia **8-godzinnych** wyliczanych krocąco. Dopuszczalny poziom stężenia nie został przekroczony. Maksymalne stężenie w Gdyni wyniosło 19 % normy dla obszaru (AM4 Gdynia Pogórze) w okresie grzewczym.

6.3.5. Ozon

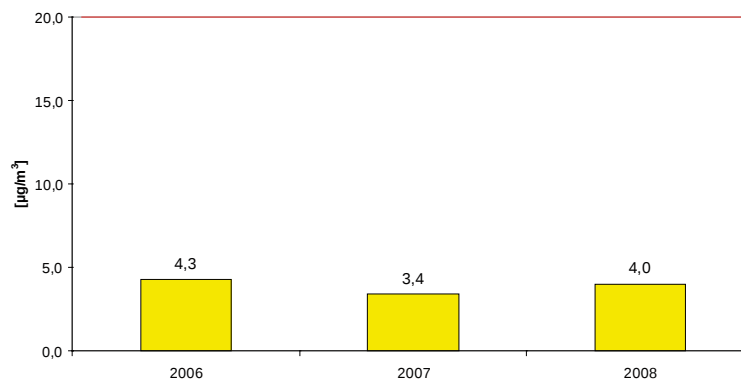
W prawie polskim ze względu na ochronę zdrowia normowane są dwa poziomy ozonu: średnioterminowy jako wartość stężenia 8-godzinnego wyliczanego krocąco ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$), przy limitowanej ilości dni z przekroczeniami (25) oraz w odniesieniu do epizodów jako wartość ostrzegawcza (**stężenie 1 godzinne** = $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Przekroczenia 8-godzinnej normy ozonu wystąpiły zarówno na stacji AM4 jak i AM9. Łączna ilość dni z przekroczeniami wyniosła 4, wszystkie przekroczenia wystąpiły w sezonie letnim. Maksymalne stężenie osiągnęło wartość $134 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w dniu 1 kwietnia na stacji w Gdyni Redłowie. Próg ostrzegania w roku 2008 nie wystąpił.

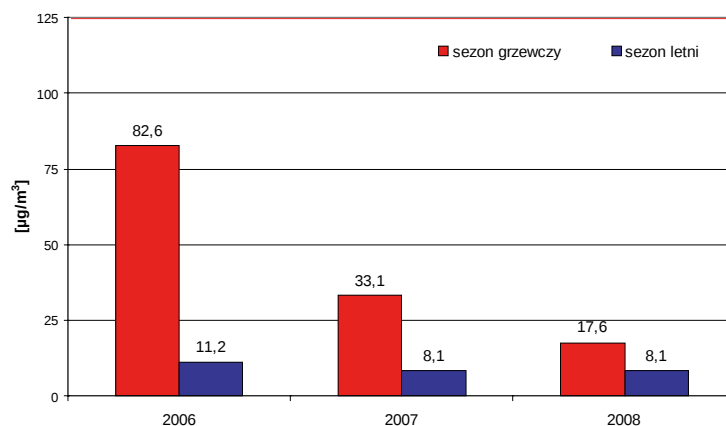
6.4.Ocena jakości powietrza w Sopocie

6.4.1.Ditlenek siarki

Stężenia średnioroczne ditlenku siarki w analizowanym okresie otrzymują się na stałym niskim poziomie, osiągając od 17 do 21,5 % wartości dopuszczalnej. Stężenia średnioroczne ditlenku siarki w Sopocie przedstawiono na poniższej rycinie. Najniższe stężenia średnioroczne wystąpiły w 2007 roku i wyniosło $3,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a najwyższe w 2006 roku osiągnęło wartość $4,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Ryc. 87. Zmiany stężeń średniorocznych ditlenku siarki na stacji ARMAAG w Sopocie w latach 2006-2008



Ryc. 88. Zmiany maksymalnych stężeń średniodobowych ditlenku siarki na stacji ARMAAG w Sopocie w sezonie letnim w latach 2006-2008

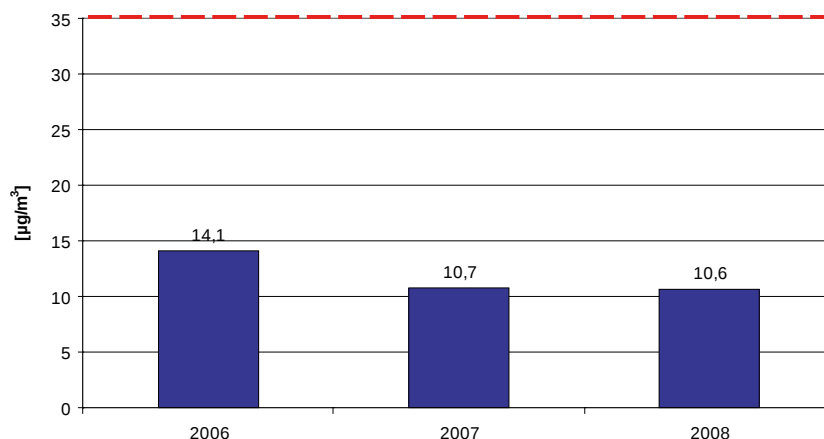
6. OCENA JAKOŚCI POWIETRZA W AGLOMERACJI GDAŃSKIEJ I TCZEWIE

Maksymalne **stężenia średniodobowe** w latach 2006-2008 nie przekraczały wartości dopuszczalnej. W sezonie grzewczym najwyższe maksymalne stężenia średniodobowe wystąpiły w 2006 roku, natomiast najniższe w 2008 roku. W sezonie letnim, w analizowanym okresie, maksymalne stężenia średniodobowe utrzymują się na stałym, niskim poziomie

Stężenia chwilowe ditlenku siarki o obowiązującym od roku 2005 czasie uśredniania 1h były niższe niż poziom dopuszczalny = **350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . Maksymalne stężenie ditlenku siarki = **87,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** wystąpiło w dniu 1 stycznia o godzinie 14:00 przy temperaturze 1,7°C. W roku 2008 pomiary nie wykazały przekroczeń stężeń chwilowych i w związku z tym nie wykonywano obliczeń percentyla 99,7.

6.4.2. Ditlenek azotu

Stężenia średnioroczne ditlenku azotu w latach 2006-2008 wahały się od 30 % do 40% wartości dopuszczalnej. W porównaniu do dwóch poprzednich lat stężenie średnioroczne ditlenku azotu w 2008 roku uległo obniżeniu (ryc. 89).

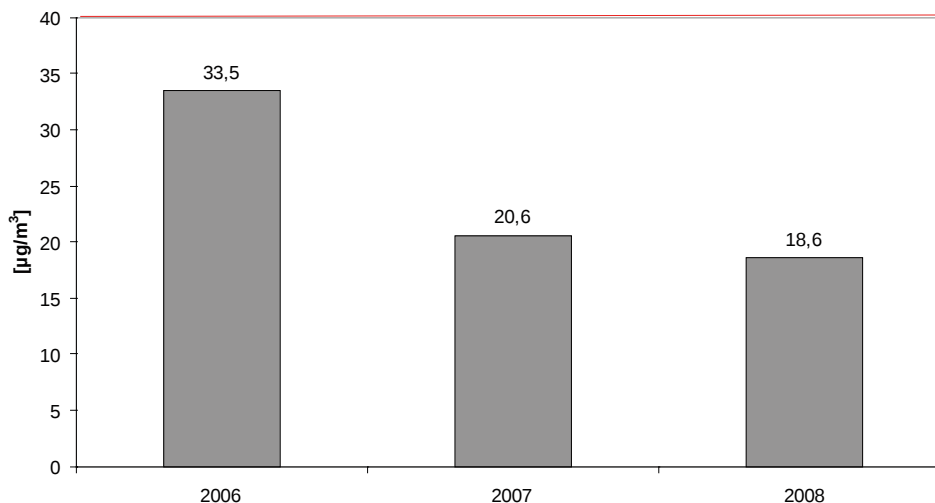


Ryc. 89. Zmiany stężeń średniorocznych dwutlenku azotu na stacjach ARMAAG w Sopocie w latach 2006-2008

W roku 2008 nie odnotowano w Sopocie stężeń 1 h powyżej normy wynoszącej 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Maksymalne stężenie ditlenku azotu **$S_{1h\max} = 67,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$** wystąpiło w dniu 31 grudnia o godzinie 15:00 przy temperaturze 0,4 °C. W roku 2008 w Sopocie pomiary ditlenku azotu nie wykazały przekroczeń stężeń chwilowych i w związku z tym nie wykonywano obliczeń percentyla 99,8.

6.4.2. Pył zawieszony

Stężenia średnioroczne pyłu zawieszonego w 2008 roku uległy obniżeniu w stosunku do poprzednich dwóch lat. Najniższe stężenie średnioroczne pyłu odnotowano w 2008 roku i wyniosło ono $18,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ryc.90).



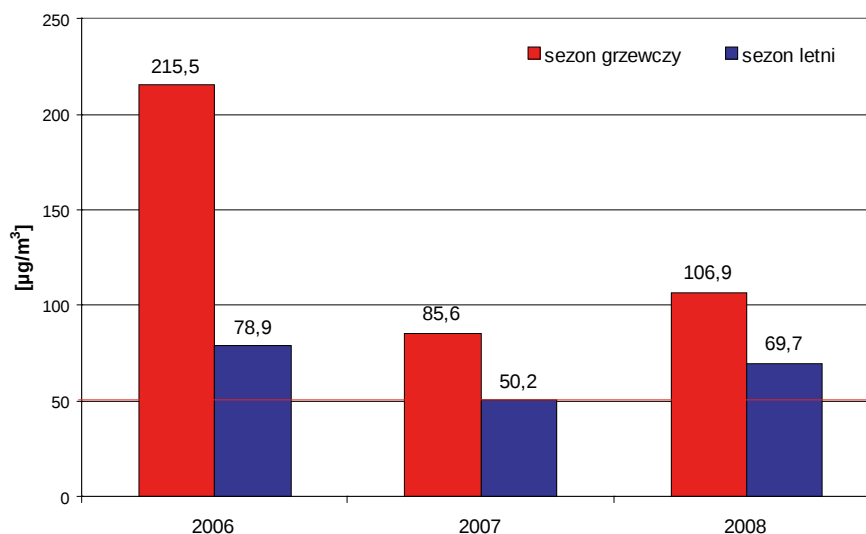
Ryc. 90. Zmiany średniorocznych wartości stężeń pyłu PM10 na stacji ARMAAG w Sopocie w latach 2006-2008

W roku 2008 na stacji w Sopocie odnotowano przekroczenia normy średniodobowej pyłu PM10. Nie została przekroczona jednak limitowana liczba dni z przekroczeniami (35 w ciągu roku). W ciągu całego 2008 roku ilość dni z przekroczeniami wyniosła dla Sopotu 9 dni (spadek o 6 dni w stosunku do roku 2007)

Wyników wyższych niż norma $D_{24}=50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano w Sopocie 2,5 % (w roku 2007 - 4,1%)

Zmiany maksymalnych wartości średniodobowych w latach 2006-2008 dla PM10 w poszczególnych sezonach pokazano na kolejnej rycinie.

6. OCENA JAKOŚCI POWIETRZA W AGLOMERACJI GDAŃSKIEJ I TCZEWIE



Ryc. 91. Zmiany maksymalnych stężeń średniodobowych pyłu PM10 na stacji w Sopocie w latach 2006-2008

Odnosząc się do wartości percentyli 90,1 i 97,8 należy stwierdzić, że w Sopocie dla PM10 nie był przekraczany w 2008 roku percentyl 90,1, natomiast był przekroczony percentyl 97,8. (tab.35).

Tabela 35. Wartości percentyli z rocznych serii pomiarowych 24h wyników PM10

Stacja	Wartość percentyla [µg/m³]					
	percentyl 90,1			percentyl 97,8		
	2006	2007	2008	2006	2007	2008
AM6 ul. Bitwy pod Płowcami Sopot	55,8	38,5	33,3	96,5	56,6	53,5
Dopuszczalny poziom PM10 w powietrzu [µg/m³]	50					

6.4.4. Tlenek węgla

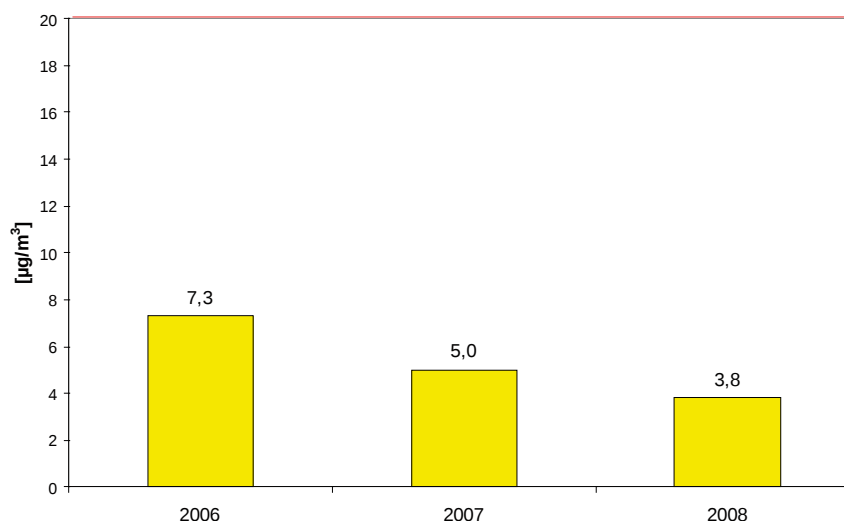
Dla tlenku węgla normowane są poziomy stężenie **8-godzinnych** wyliczanych krocząco. Dopuszczalny poziom stężenia nie został przekroczony. Maksymalne stężenie w Sopocie wyniosło 19,3 % normy w okresie grzewczym.

6.5 Ocena jakości powietrza w Tczewie

6.5.1. Dytlenek siarki

Stężenia średnioroczne ditlenku siarki w latach 2006-2008 utrzymywały się na stałym, niskim poziomie, osiągając od 19 do 31 % wartości dopuszczalnej.

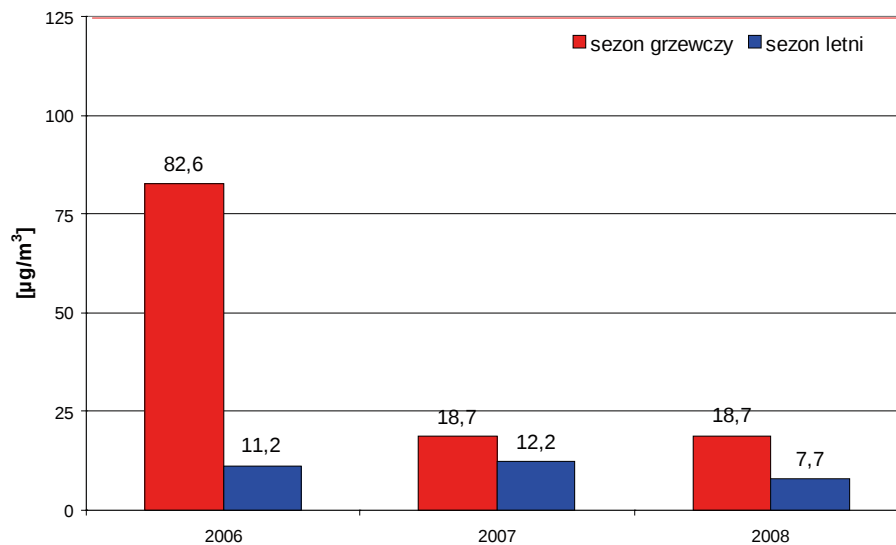
Stężenia średnioroczne ditlenku siarki w Tczewie przedstawiono na poniższej rycinie. Najniższe stężenie średnioroczne wystąpiło w 2008 roku i wyniosło $3,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a najwyższe w 2006 roku osiągnęło wartość $7,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ryc.92)



Ryc. 92. Zmiany stężeń średniorocznych ditlenku siarki na stacji ARMAAG w Tczewie w latach 2006-2008

Maksymalne **stężenia średniodobowe** nie przekroczyły w latach 2006-2008 wartości dopuszczalnej. W sezonie grzewczym najwyższe maksymalne stężenia średniodobowe wystąpiły 2006 roku, natomiast najniższe w 2007 i w 2008 roku. W sezonie letnim maksymalne stężenia średniodobowe w analizowanym okresie utrzymują się na stałe niskim poziomie.

6. OCENA JAKOŚCI POWIETRZA W AGLOMERACJI GDAŃSKIEJ I TCZEWIE



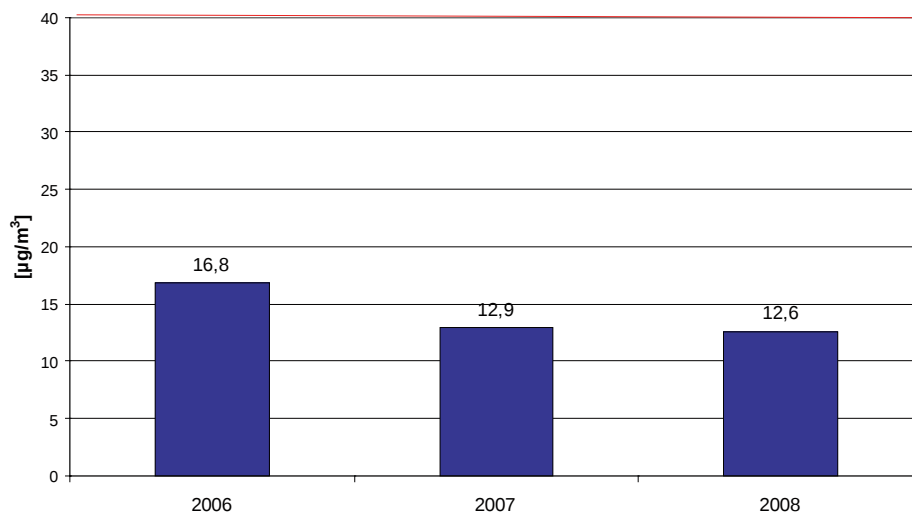
Ryc. 93. Zmiany maksymalnych stężeń średniodobowych dwutlenku siarki na stacji ARMAAG w Tczewie w sezonie letnim w latach 2006-2008

Stężenia chwilowe dwutlenku siarki o obowiązującym od roku 2002 czasie uśredniania 1h były niższe niż poziom dopuszczalny = $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Maksymalne stężenie dwutlenku siarki = $45,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiło w dniu 27 marca o godzinie 09:00 przy temperaturze $0,8^\circ\text{C}$. W roku 2008 pomiary nie wykazały przekroczeń i w związku z tym nie wykonywano obliczeń percentyla.

6.5.2. Dytlenek azotu

Stężenia średnioroczne ditlenku azotu wahały się od 31 % do 42 % wartości dopuszczalnej w latach 2006-2008. Stężenie średnioroczne ditlenku azotu uległo obniżeniu w 2008 roku w porównaniu do dwóch poprzednich lat (ryc.94).



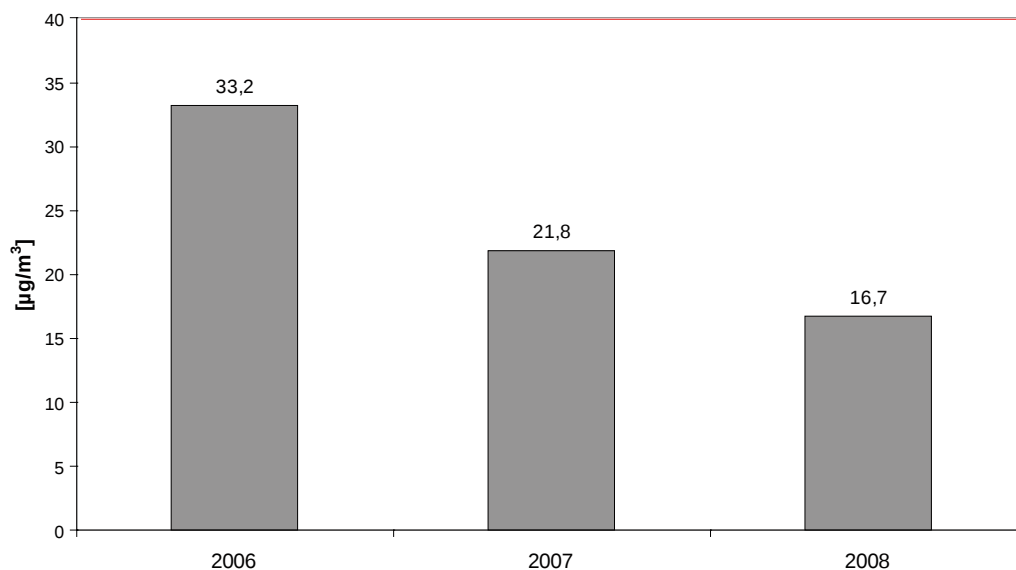
Ryc. 94. Zmiany stężeń średniorocznych ditlenku azotu na stacjach ARMAAG w Tczewie w latach 2006-2008

W roku 2008 nie odnotowano w Tczewie stężeń 1 h powyżej normy wynoszącej $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Maksymalne stężenie ditlenku azotu $S_{1\text{hmax}} = 71,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiło w dniu 8 października o godzinie 19:00 przy temperaturze $11,2^\circ\text{C}$. W roku 2008 w Tczewie pomiary ditlenku azotu nie wykazały przekroczeń i w związku z tym nie wykonywano obliczeń percentyla.

6. OCENA JAKOŚCI POWIETRZA W AGLOMERACJI GDAŃSKIEJ I TCZEWIE

6.5.3. Pył zawieszony

Stężenia średnioroczne pyłu zawieszonego w 2008 roku uległy obniżeniu w stosunku do poprzednich dwóch lat. Najniższe stężenie średnioroczne pyłu odnotowano w 2008 roku i wyniosło ono $16,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ryc.95).



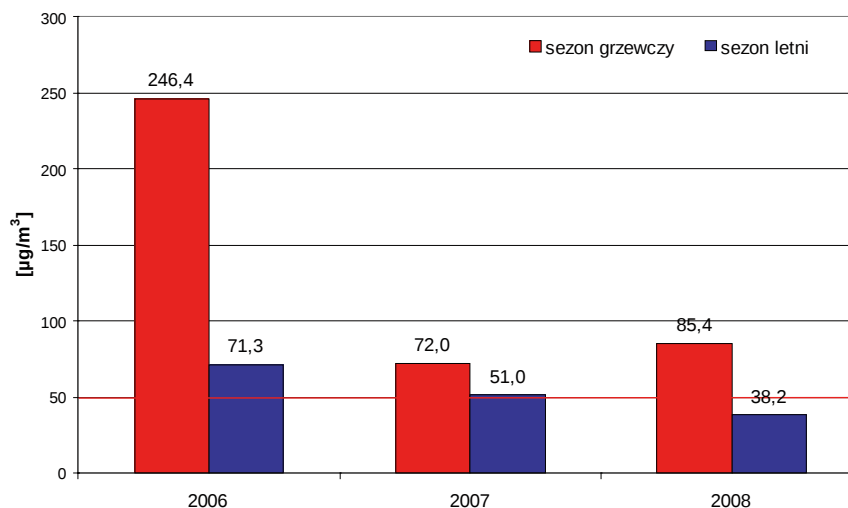
Ryc. 95. Zmiany średniorocznych wartości stężeń pyłu PM10 na stacji ARMAAG w Tczewie w latach 2006-2008

W roku 2008 odnotowano przekroczenia norm **średniodobowych** pyłu PM10 na stacji w Tczewie. Limitowana liczba dni z przekroczeniami (35 w ciągu roku) nie została przekroczona. W ciągu całego 2008 roku ilość dni z przekroczeniami wyniosła dla Tczewa 3 dni (spadek o 8 dni).

Wyników wyższych niż norma $D_{24}=50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano w Tczewie 0,85 % (w roku 2007 – 3 %)

Zmiany maksymalnych wartości średniodobowych w latach 2006-2008 dla PM10 w poszczególnych sezonach pokazano na kolejnej rycinie.

6. OCENA JAKOŚCI POWIETRZA W AGLOMERACJI GDAŃSKIEJ I TCZEWIE



Ryc. 96. Zmiany maksymalnych stężeń średniodobowych pyłu PM10 na stacjach w Tczewie w latach 2006-2008

Odnosząc się do wartości percentyla należy stwierdzić, że w Tczewie nie był przekroczony zarówno percentyl 90,1 pyłu PM10 jak i percentyl 97,8 w 2008 roku (tab. 36).

Tabela 36. Wartości percentyli z rocznych serii pomiarowych 24h wyników PM10

Stacja	Wartość percentyla [µg/m³]					
	percentyl 90,1			percentyl 97,8		
	2006	2007	2008	2006	2007	2008
AM7 ul. Targowa Tczew	50,8	37,0	24,4	127,3	51,6	37,9
Dopuszczalny poziom PM10 w powietrzu [µg/m³]	50					

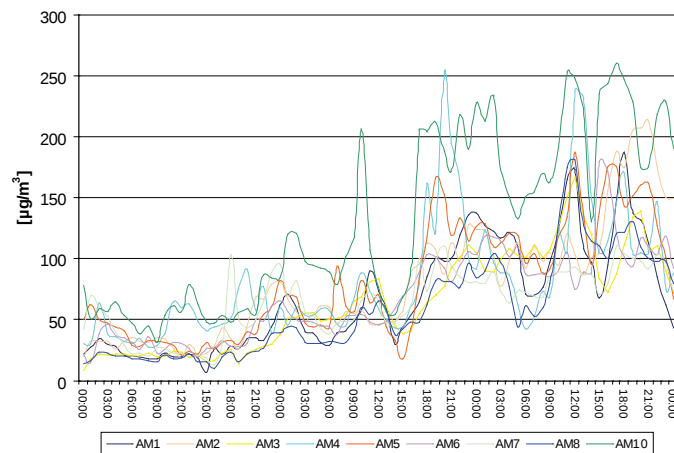
6.5.4. Tlenek węgla

Dla tlenku węgla normowane są poziomy stężenie **8-godzinnych** wyliczanych krocząco. Dopuszczalny poziom stężenia nie został przekroczony. Maksymalne stężenie w Tczewie wyniosło 17,4 % normy w okresie grzewczym.

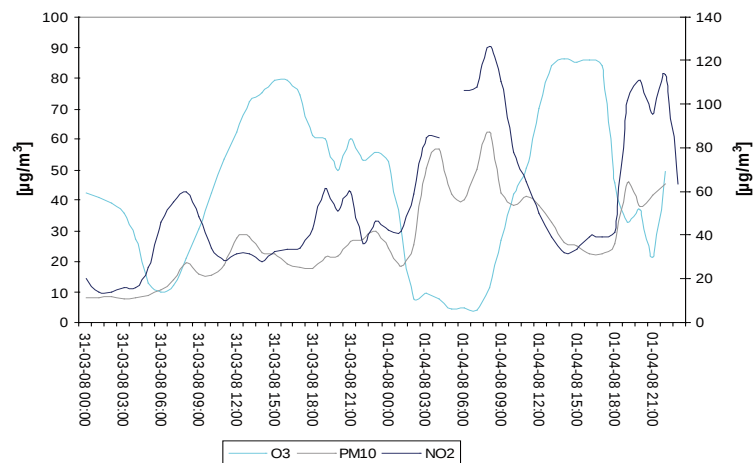
6. OCENA JAKOŚCI POWIETRZA W AGLOMERACJI GDAŃSKIEJ I TCZEWIE

6.6. Epizody

W roku 2008 zaobserwowano kilka dni, w których stężenia substancji osiągały powyżej 50% wartości dopuszczalnej. Takie dni wystąpiły w grudniu, marcu oraz kwietniu. Analiza warunków meteorologicznych w tych dniach pokazuje, że sytuacje takie miały miejsce przy niskiej prędkości wiatru oraz niskiej temperaturze lub występującej inwersji.

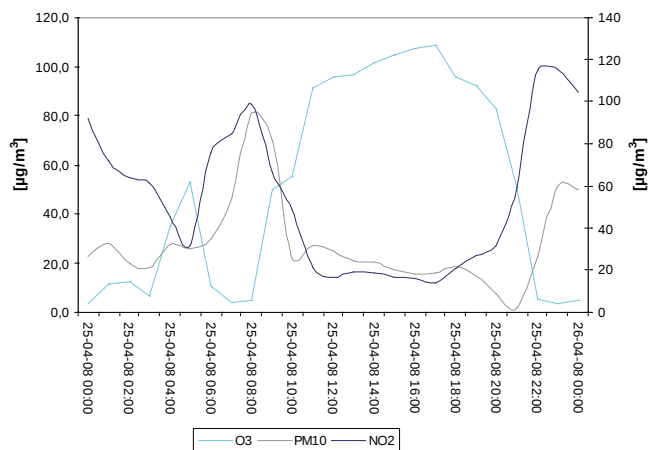


Ryc. 97. Stężenia pyłu PM10 na wybranych stacjach w dniach 29-31 grudnia 2008



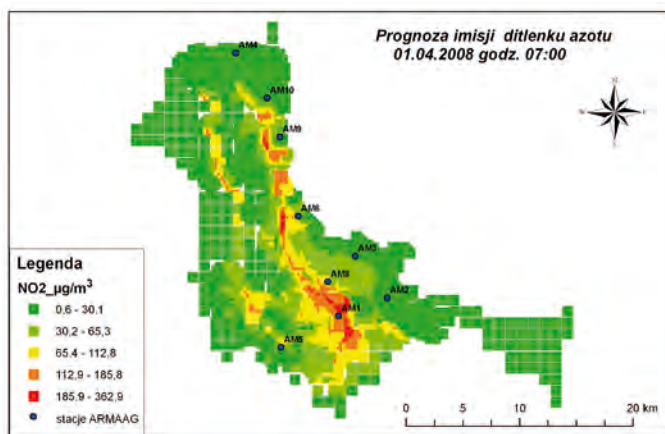
Ryc. 98. Stężenia pyłu PM10, NO2 oraz O3 na stacji AM8 w dniu 31 marca – 1 kwietnia 2008

6. OCENA JAKOŚCI POWIETRZA W AGLOMERACJI GDAŃSKIEJ I TCZEWIE

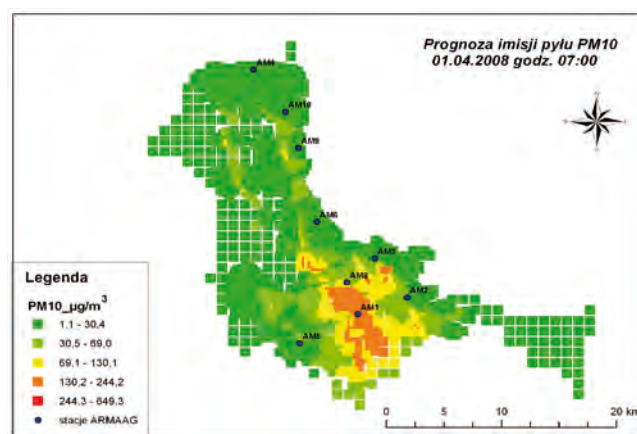


Ryc. 99. Stężenia pyłu PM10, NO2 oraz O3 na stacji AM8 w dniu 25 kwietnia 2008

Wyniki pomiarów w analizowanych dniach porównano z wynikami otrzymanymi z modelowania. Na rycinach przedstawiono wyniki modelowania w analizowanych dniach.

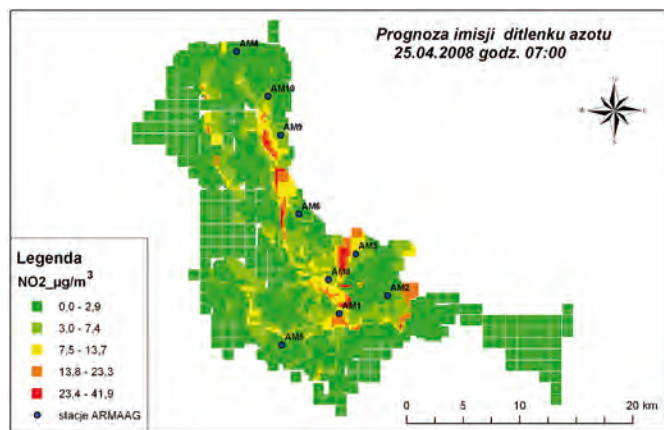


Ryc. 100. Prognoza emisji ditlenku azotu w dniu 1 kwietnia

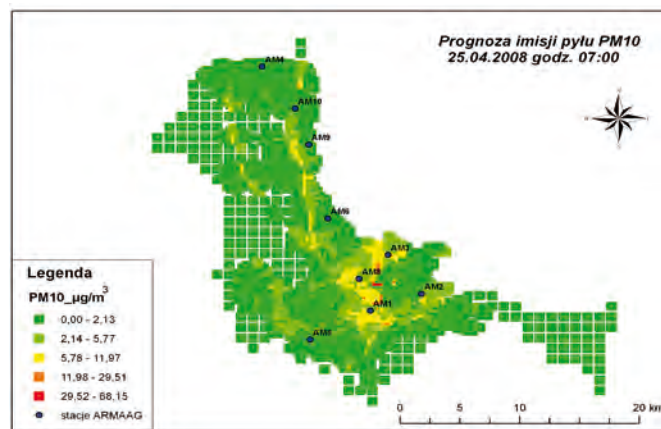


Ryc. 101. Prognoza emisji pyłu PM10 w dniu 1 kwietnia

6. OCENA JAKOŚCI POWIETRZA W AGLOMERACJI GDAŃSKIEJ I TCZEWIE



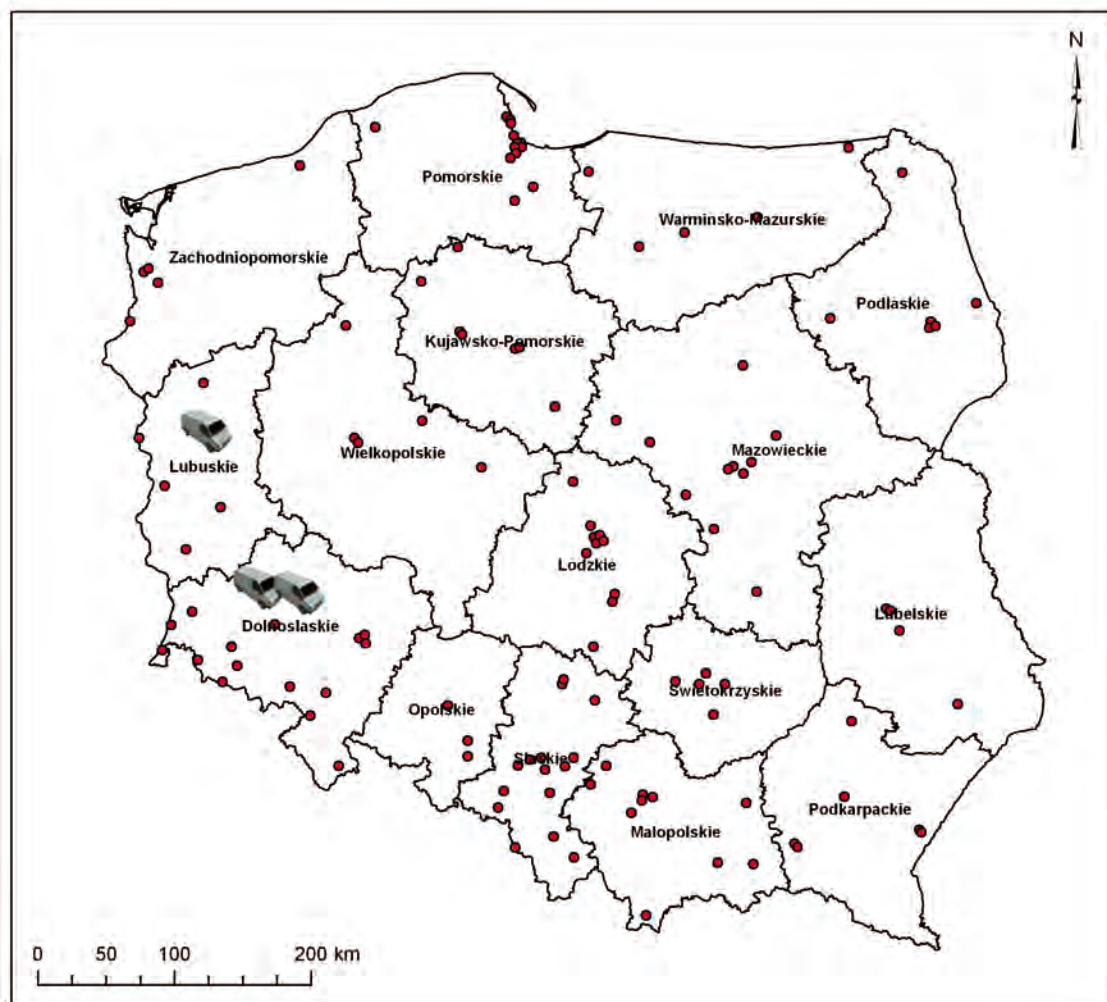
Ryc. 102. Prognoza imisji ditelнку азоту в dniu 25 kwietnia



Ryc. 103. Prognoza imisji пылу PM10 в dniu 25 kwietnia

6.7. Wyniki pomiarów monitoringu automatycznego w Polsce

W roku 2008 w Polsce monitoring automatyczny prowadzony był we wszystkich województwach. Wyniki pomiarów oraz podstawowe wielkości statystyczne dostępne na stronach internetowych poszczególnych sieci zestawiono w tabeli (37).



Ryc. 104. Rozmieszczenie stacji automatycznego monitoringu atmosfery w Polsce.

6. OCENA JAKOŚCI POWIETRZA W AGLOMERACJI GDAŃSKIEJ I TCZEWIE

Tabela 37. Średnioroczne stężenia wybranych zanieczyszczeń na poszczególnych stacjach monitoringu w Polsce

Stacja	SO ₂ [μg/m ³]	NO ₂ [μg/m ³]	PM10 [μg/m ³]
Województwo dolnośląskie			
Czarna Góra	-	-	*
Czarniawa	7,0	6,0	*
Działoszyn	7,0	12,0	*
Dzierżoniów	10,0	16,0	26,0
Jelenia Góra -Cieplice	7,0	16,0	35,0
Jeleniów	8,0	15,0	17,0
Legnica	9,0	23,0	*
Nowa Ruda	15,0	15,0	-
Śnieżne Kotły	-	2,0	*
Wałbrzych	9,0	16,0	*
Wrocław Swojczyce	*	-	*
Wleń	9,0	-	22,0
Wrocław - Karłowice	-	27,0	*
Wrocław Wiśniowa	7,0	63,0	*
Zgorzelec	11	17,0	-
Województwo lubuskie			
Gorzów Wielkopolski	7,0	18,0	43,0
Smary Bytnickie	2,0	6,0	*
Stacja Mobilna	4,0	19,0	26,0
Słubice	4,0	12,0	15,0
Wschowa	5,0	11,0	*
Zielona Góra	8,0	17,0	*
Województwo małopolskie			
Kraków Al. Krasińskiego	8,0	65,0	-
Kraków Krowodrza	9,0	31,0	50,0
Kraków – Nowa Huta	8,0	30,0	60,0
Nowy Sącz	10,0	20,0	52,0
Olkusz	14,0	24,0	-
Skawina	11,0	25,0	-
Szymbark	4,0	6,0	-
Tarnów	11,0	28,0	-
Trzebina	19,0	20,0	43,0
Zakopane	9,0	19,0	45,0

6. OCENA JAKOŚCI POWIETRZA W AGLOMERACJI GDAŃSKIEJ I TCZEWIE

Stacja	SO ₂ [μg/m ³]	NO ₂ [μg/m ³]	PM10 [μg/m ³]
Województwo opolskie			
Koźle	5,0	19,0	36,0
Opole	6,0	23,0	33,0
Zdzieszowice	5,0	17,0	33,0
Województwo śląskie			
Bielsko Biała ul. Kossak-Szuckiej 19	11,0	26,0	28,0
Bytom ul. Modrzewskiego 5	*	-	*
Chorzów autostrada A4 węzeł Batory	13,0	48,0	57,0
Cieszyn ul. Mickiewicza	11,0	17,0	31,0
Częstochowa Al. Armii Krajowej / Jana Pawła II	13,0	-	-
Częstochowa ul. Baczyńskiego 2	10,0	23,0	-
Dąbrowa Górnicza ul. 1000-lecia 25 a	15,0	34,0	-
Gliwice ul. Mewy 34	11,0	26,0	40,0
Katowice ul. Kossutha 6	14,0	24,0	-
Rybnik ul. Borki 37 a	16,0	26,0	44,0
Sosnowiec ul. Narutowicza	-	-	-
Tychy ul. Tolstoja 1	17,0	-	-
Wodzisław Śląski ul. Gałczyńskiego 1	18,0	24,0	66,0
Zabrze ul. Skłodowskiej 34	16,0	23,0	44,0
Złoty Potok Leśniczówka , Kamienna Góra	10,0	-	-
Żywiec ul. Słowackiego 2	-	-	-
Województwo wielkopolskie			
Konin ul. Wyszyńskiego	-	-	19,7
Mścigniew gm. Właskowice	1,9	8,6	*
Krzyżówka gm. Witkowo	4,0	11,2	*
Piła ul. Kusocińskiego	2,8	16,8	*
Poznań 2 Ogród Botaniczny	4,6	27,0	29,4
Poznań ul. Polanka	4,7	22,9	30,0

- za mało danych do obliczenia średniej

* zanieczyszczenie nie jest mierzone na stacji

6. OCENA JAKOŚCI POWIETRZA W AGLOMERACJI GDAŃSKIEJ I TCZEWIE

6.8. Sieci monitoringu automatycznego w krajach Europy

W roku 2008 w wielu europejskich sieciach monitoringu automatycznego doskonalono systemy informacji o jakości powietrza. Organizowane spotkania robocze i wymiana informacji poprzez portale internetowe EOINET pozwalały na doskonalenie działania sieci i realizację wymagań systemów zapewnienia jakości.

W roku 2008 spotkanie robocze: **13 th EIONET workshop on Air quality Assessment and Management** odbyło się w Belgii w Bruges w dniach 29-30 września.

Przedstawione zostały następujące referaty:

- *Critical Loads of nutrient nitrogen and their exceedances – European perspective, Jean-Paul Hettelingh (CLRTAP/CCE)*
- *Update on the new Directive on Ambient Air Quality and Cleaner Air for Europe, status of implementing provisions and the work of the Data Exchange Group, Andrej Kobe (DG ENV)*
- *Questionnaire, Air Quality Framework Directive: Lessons learned from the last reporting cycle & improvements/new items concerning the current cycle, Edward Vixeboxse, (ETC/ACC; PBL)*
- *Exchange of Information (Eol): Lessons learned from the last reporting cycle & improvements/new items concerning the current cycle, Wim Mol (ETC/ACC; PBL)*
- *Report of the informal Eol working group, Joelle Colosio (NRC, France)*
- *AirBase Survey (user requirements), Eva Goossens (EEA)*
- *Air pollution by ozone in Europe in summer 2008 - preliminary results, Libor Cernikovsky (ETC/ACC; CHMI)*
- *Trends in air quality in Germany 1995-2007 (PM, NO₂ and ozone), Arno Graff (NRC, Germany)*
- *PM_{2.5} measurement strategy in Austria, and PM_{2.5} levels observed so far, Wolfgang Spangl (ETC/ACC; UBA Vienna)*
- *Status of PM₁₀ measurements and the most important initiatives the Norwegian municipalities apply for meeting the legislative requirements, Hildegunn Jablonska (NRC, Norway)*
- *PM measurements, characterization and source apportionment in Spain, Xavier Querol (NRC, Spain)*
- *Update: Activities of the Forum for AIR quality MODElling (FAIRMODE) Anke Lükewille (EEA)*
- *FAIRMODE, the air quality modelling guidance document, Bruce Denby (ETC/ACC; NILU)*
- *Trends in ground-level ozone concentrations in Europe, Sverre Solberg (ETC/ACC; NILU)*
- *Are observed ozone trends in line with emission changes? Michiel Roemer (TNO)*
- *The use of measurements and models in the Netherlands to check compliance with limit values, Robert Koelemeijer (PBL, Netherlands)*
- *GSE-PROMOTE: Urban air quality modelling with AURORA, Koen de Ridder (VITO, Belgium)*
- *Spatial mapping of air quality in Europe: uncertainty and probability mapping, Jan Horálek, ETC/ACC; CHMI)*
- *Shared Environmental Information System (SEIS) - progress report and discussion Tim Haigh (EEA)*

6. OCENA JAKOŚCI POWIETRZA W AGLOMERACJI GDAŃSKIEJ I TCZEWIE

Porównanie wyników pomiarów z różnych miast europejskich przedstawiono poniżej:

Tabela 38. Porównanie stężeń średniorocznych i maksymalnych średniodobowych

Substancja	Średnia roczna				Max 24h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	Gdańsk	Paryż	Kopenhaga	Leicester	Gdańsk
SO ₂	4,7	3,0	4,0	2,0	28,0
NO ₂	17,8	39,0	35,0	30,0	57,2
PM10	17,3	26,0	24,0	17,0	131,5
O ₃	42,3	36,0	31,0	41,0	120,0*
CO	350,8	-	300	200	2909,6*
Benzen	1,3	1,4	1,36	-	10,3

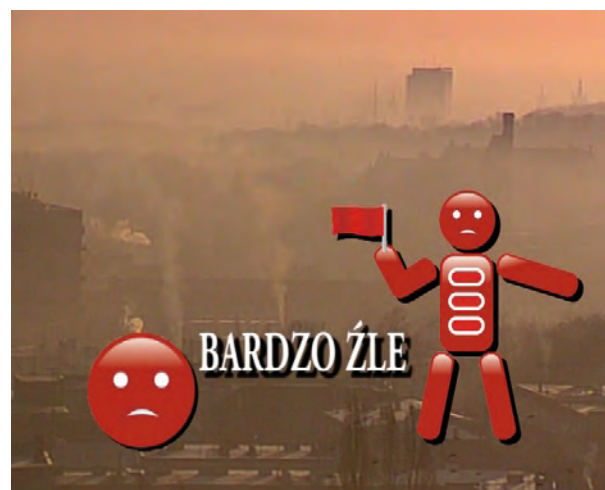
* maksymalne stężenie 8h

Tabela 39. Porównanie stężeń chwilowych

Substancja	Max 1h		
	Gdańsk	Londyn	Leicester
SO ₂	195,2	109	85,0
NO ₂	120,5	176,0	208,0
PM10	523,0	161,0	-
O ₃	145,1	156,0	160,0
CO	4137,5	2900,0	3100,0
Benzen	15,3	-	-

7. INDEKS JAKOŚCI POWIETRZA

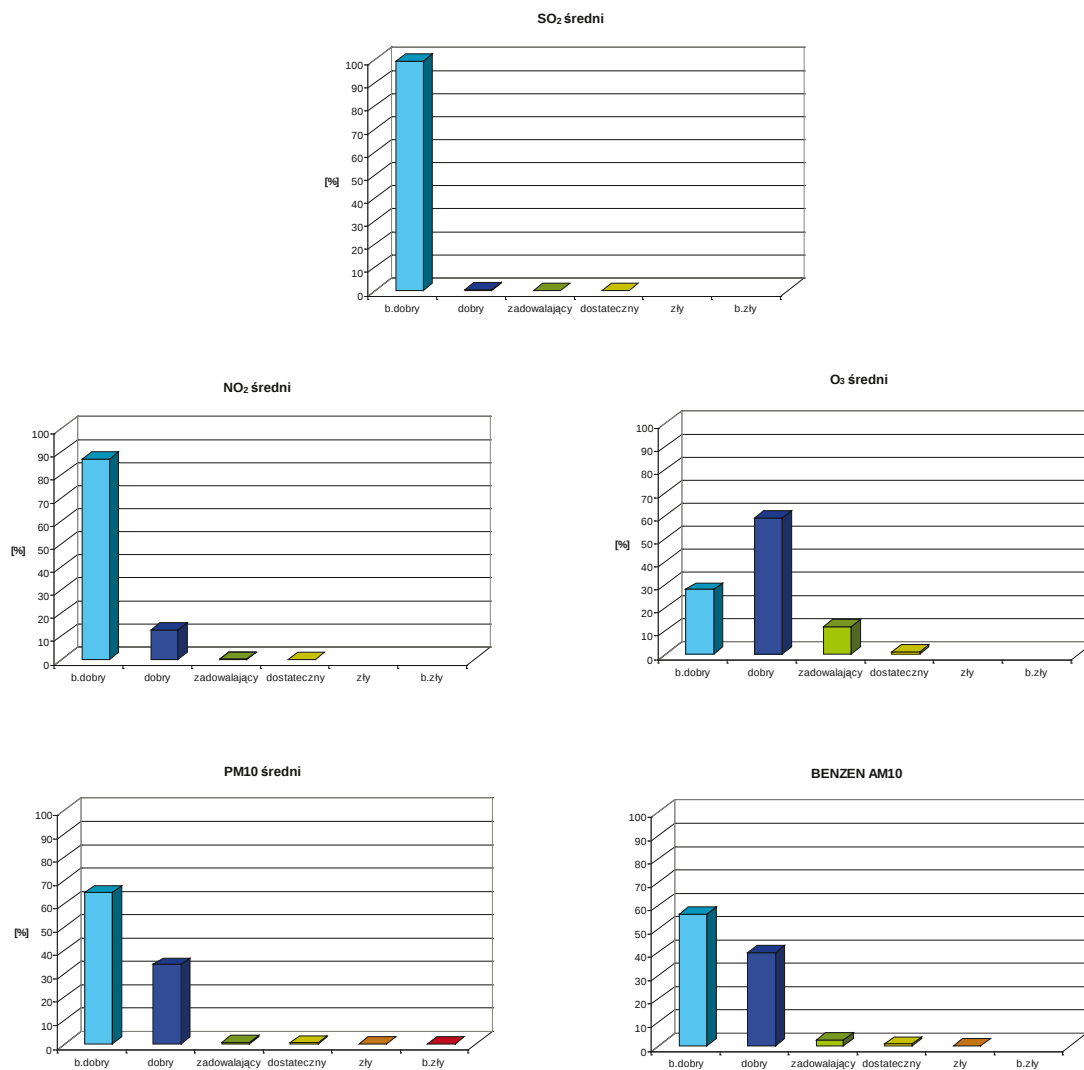
W roku 2008 kontynuowano promocję czytelnego komunikatu o jakości powietrza w postaci "Atmoludka". W marcu 2008 zrealizowano film promocyjny „Pamiętaj o atmoludku”. Na stronie internetowej Fundacji prezentowano atmoludka dla każdej stacji pomiarowej wizualizowanego na podstawie jednogodzinnych wyników pomiarów poszczególnych substancji.



Ryc. 105. Stopklatki z filmu „Pamiętaj o atmoludku”.

W roku 2008 indeks jakości powietrza przez przeważającą część roku był bardzo dobry bądź dobry. Sporadycznie przybierał kolor pomarańczowy lub czerwony. Analiza indeksu godzinowego z pomiarów dla poszczególnych substancji wykazała, że nie odnotowano złego i bardzo złego indeksu dla ditlenku siarki, ditlenku azotu i ozonu. W sporadycznych przypadkach indeks zły i bardzo zły wystąpił dla pyłu PM10 i benzenu (ryc. 106).

7. INDEKS JAKOŚCI POWIETRZA



Ryc. 106. Średni godzinowy indeks pomiarowy dla poszczególnych substancji w roku 2008

7. INDEKS JAKOŚCI POWIETRZA

W okresie letnim wpływ na wartość indeksu mają stężenia ozonu. Z tego względu na stronie internetowej prezentowane są dwa rodzaje indeksu uwzględniające bądź nie uwzględniające stężenia ozonu.

W zależności od zakresu pomiarowego istotny udział w wartości indeksu ma ozon lub pył PM10.



Ryc. 107. Indeks pomiarowy liczony wg algorytmu ozon-nieozon

W 15 letniej działalności Fundacji rok 2008 był szczególny. Fundacja uzyskała potwierdzenie wysokiej jakości prowadzonych badań przez kompetentny personel i spełniła wymagania międzynarodowej normy dla laboratoriów badawczych. Niezawodny system finansowania Fundacji poprzez Fundatorów – Założycieli i Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Gdańsku pozwolił na rozwinięcie następnego obszaru działalności zapisanego jako cel statutowy tj. dostępu społeczeństwa do informacji o środowisku w zakresie realizowanym przez sieć ARMAAG. Przygotowano i zaprojektowano system informacji poprzez sieć paneli informacyjnych ENVIROnet., wdrożono nowy system prognoz oparty o inny model, uzupełniono pomiary meteorologiczne o istotne elementy takie jak opad deszczu i gradu. Wdrożenie systemu prognoz wsparła swoją dotacją Grupa Lotos S.A.

Dzięki dodatkowym środkom z Gminnego Funduszu Ochrony Środowiska w Gdańsku wymieniono wyeksploatowane urządzenia pomiarowe i uzupełniono niezbędne dla utrzymania spójności pomiarowej wyposażenie o wzorce odniesienia.

Niezwykle ważnym momentem w roku 2008 było – na wniosek Zarządu- podjęcie decyzji przez Radę Nadzorczą Fundacji o przystąpieniu do konkursu na realizację projektu [AIRPOMERANIA](#) do Regionalnego Programu Operacyjnego. Finansowanie projektu z funduszu Europejskiego Rozwoju Regionalnego pozwoliłoby na rozszerzenie działalności Fundacji.

W roku 2008 Fundacja zrealizowała wszystkie założone cele:

- pomyślnie przeszła audit wiodący,
- osiągnęła wymaganą ilość ważnych wyników pomiarowych,
- zmodernizowała sposoby przekazywania informacji społeczeństwu,
- pozyskała fundusze na dalszy rozwój.

Kolejny rok pracy sieci ARMAAG potwierdził wysoką jakość pracy.

Dobra współpraca z Wojewódzkim Inspektorem Ochrony Środowiska w Gdańsku umożliwiała kontynuację rozpoczętych projektów pt. "Badania ekwiwalentności metod pomiarowych pyłu PM10" i rozpoznawczych badań pyłu PM2,5.

Komentując wyniki pomiarów można zauważyć, że stan atmosfery w Aglomeracji Gdańskiej i Tczewie ulega systematycznej poprawie. Są to efekty ograniczania „niskiej emisji” przez zmianę systemów ogrzewania, poprawę jakości dróg i płynności ruchu, efektywne sprzątanie ulic, wymianę taboru komunikacji publicznej.

W zakresie emisji dwutlenku siarki stan powietrza jest bardzo dobry.

Mimo znacznego wzrostu ilości samochodów również stężenia dwutlenku azotu w długoterminowych okresach nie są wyższe niż 40% normy. W roku 2008 odnotowano – podobnie jak w roku poprzednim - kilka epizodów wysokich stężeń twardzących gwałtownym zmianom pogody.

Poprawia się również sytuacja w przypadku pyłu PM10. Wyniki pomiarów sieci ARMAAG nie wykazały przekroczeń stężeń średniorocznych. Nie dotrzymane były natomiast warunki dla stężeń średniodobowych. Jakość atmosfery określana na podstawie stężeń pyłu PM10 była dostateczna. Stężenia ozonu powyżej 120 µg/m³ wystąpiły 4 razy znacznie poniżej ilości dopuszczalnej.

Rezultaty osiągnięte w roku 2008 stanowią dobry prognostyk dla dalszej działalności Fundacji.

OPRACOWANIA AUTORSKIE

Test równoważności metod pomiarowych stosowanych do oznaczania pyłu zawieszonego PM10

Jacek Gębicki

*Katedra Inżynierii Chemicznej i Procesowej, Wydział Chemiczny,
Politechnika Gdańska
Narutowicza 11/12 80-233 Gdańsk*

Streszczenie: W pracy przedstawiono przyczyny występowania różnic wartości stężeń pyłu PM10 uzyskiwanych metodą referencyjną a metodami opartymi na pomiarze w trybie on-site. Przedyskutowano metodykę wyznaczania równania bądź współczynnika korekcyjnego dla ciągłych metod pomiarowych w oparciu o unijną dyrektywę. Przeprowadzono weryfikację tej metodyki korzystając z danych uzyskanych z testu terenowego. Wyznaczono równanie korekcyjne przy pomocy regresji liniowej dla danych pomiarowych uzyskanych w okresie letnim. Przeanalizowano przyczyny nie spełnienia testu równoważności dla danych pomiarowych z okresu zimowego.

1. Wstęp

Pył znajdujący w powietrzu atmosferycznym jest jednym z najistotniejszych zanieczyszczeń środowiska i stanowi istotne zagrożenie dla zdrowia ludzi. Unia Europejska ustanowiła dla krajów członkowskich wymagania co do dopuszczalnych stężeń pyłu w powietrzu atmosferycznym i zobowiązała je do podejmowania skutecznych działań w przypadku ich przekraczania [1]. W ten sposób ustawodawstwo prawne narzuca konieczność obiektywnego pomiaru ilości pyłu w powietrzu atmosferycznym (pył klasyfikuje się ze względu na wielkość ziaren). Standardy zanieczyszczeń powietrza odnoszą się zwykle do pyłu o średnicy nie przekraczającej 10 μm oznaczanego jako pył „PM10” i pyłu o średnicy równoważnej 2,5 μm oznaczanego jako „PM2,5”. Niejednorodna budowa chemiczna pyłu powoduje trudności w uzyskiwaniu obiektywnej i powtarzalnej miary ilości tego zanieczyszczenia w powietrzu. Powszechnie przyjętą miarą ilości pyłu jest jego stężenie definiowane jako masa pyłu zatrzymanego na filtrze podzielona przez objętość powietrza (odniesiona do standardowych warunków ciśnienia i temperatury). Obowiązującą w Polsce metodę referencyjną oznaczania poziomów stężeń pyłu PM10 w powietrzu atmosferycznym określa rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 17.12.2008 [2]. Zgodnie z tym rozporządzeniem metodą referencyjną jest wagowa metoda manualna opisana w normie PN-EN 12341:2006. Pomiar tą metodą umożliwia oznaczanie stężenia pyłu uśrednione w ciągu 24 godzin, przy czym wyniki pomiaru nie są dostępne natychmiast (filtr z zawartym pyłem poddawany jest stabilizacji w laboratorium w ustalonych przez normę warunkach temperatury i wilgotności). Z wielu względów potrzebny jest także pomiar umożliwiający uzyskanie wartości stężenia uśrednionego w krótszym okresie czasu (np. 1 godziny) i dostępny natychmiast wynik. Taki pomiar nazywany jest pomiarem ciągłym w trybie „on-site”. Dokładność i stabilność takich pomiarów zależą od wielu czynników. Zmiany masy pyłu spowodowane mogą być procesami fizykochemicznymi i chemicznymi takimi jak:

- desorpcja pary wodnej,
- absorpcja pary wodnej z powietrza (trwałe wiązanie pyłu z wodą – hydratacja),
- rozkład chemiczny substancji wchodzących w skład pyłu poprzez ich ulatnianie,
- reakcje chemiczne w wyniku których powstawać mogą substancje stałe (np. tworzenie się soli).

Wszystkie te procesy są zależne od temperatury. W przyrządach do pomiaru w trybie on-site zasysane powietrze i filtr ze zgromadzonym na nim pyłem są podgrzewane do stałej ale wyższej niż otoczenie temperatury. Takie postępowanie powoduje najczęściej ubytek masy pyłu, wskutek czego wskazania przyrządów pomiarowych są niższe niż wynik pomiaru uzyskany metodą referencyjną. Różnica ta dochodzi często do 30% [3-5] i zależy od składu pyłu, miejsca pomiaru, warunków metrologicznych, pory roku oraz metody pomiaru. W celu wykazania równoważności wyników uzyskanych metodą referencyjną i przyrządami do pomiaru w trybie on-site stosuje się korekcje wskazań w przypadku tych drugich poprzez zastosowanie równania korekcyjnego, bądź współczynnika korekcyjnego.

2. Metodyka wyznaczania równania korekcyjnego (współczynnika korekcyjnego).

Zgodnie z Dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 21 maja 2008 r. w sprawie jakości powietrza i czystszej powietrza dla Europy, państwa członkowskie mogą zastosować inną metodę pomiarową o ile potrafią wykazać, iż wyniki uzyskane tą metodą są równoważne z metodą referencyjną. Możliwe są dwie formy przeprowadzenia testów równoważności:

- test laboratoryjny – konieczny tylko w przypadku gdy metoda testowana jest modyfikacją metody referencyjnej (szacowanie różnych składników źródeł niepewności),
- test terenowy – metoda testowana sprawdzana jest z metodą referencyjną obok siebie („side by side”).

Ponieważ przedmiotem niniejszego opracowania jest oszacowanie równań bądź współczynników korekcyjnych dla przyrządów pracujących w trybie on-site i różniących się zasadniczo sposobem uzyskiwania informacji o stężeniu pyłu PM10 w powietrzu z metodą referencyjną, szczegółowo zostanie omówiona druga forma testu równoważności.

Kryteria akceptacji metody testowanej jako równoważnej metodzie referencyjnej są następujące [6]:

- przeprowadzenie czterech kampanii pomiarowych po 40 pomiarów każda,
- maksymalna niepewność u_{rt} uzyskanych wyników zdefiniowana równaniem (1):

$$u_{rt}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_r - y_t)^2}{2n} \quad (1)$$

między metodą referencyjną a metodą testowaną powinna spełniać zależność (2):

$$u_{rt} \leq 3 \mu g / m^3 \quad (2)$$

gdzie: y_r rezultaty pomiarów równoległych dla metody referencyjnej, y_t rezultaty pomiarów równoległych dla metody testowanej, n liczba pomiarów równoległych.

- zastosowanie regresji dla każdego zbioru osobno oraz dla całego zbioru razem,
- współczynnik nachylenia prostej znacząco różny od jedności i/lub wyraz wolny znacząco różny od zera,
- zastosowanie testu Grubbsa w celu usunięcia błędów grubych.

Otrzymane w wyniku zastosowania regresji równanie liniowe ($y = a + bx$) może być równaniem korekcyjnym (3) dla wyników uzyskiwanych z pomiarów metodą testowaną:

$$C_p = \frac{C_t - a}{b} \quad (3)$$

gdzie: C_p stężenie pyłu PM10 skorygowane, C_t stężenie pyłu PM10 uzyskane przy pomocy przyrządu testowanego, a współczynnik regresji – wyraz wolny, b współczynnik regresji – nachylenie prostej, bądź współczynnikiem korekcyjnym jeśli równanie liniowe będzie miało postać ($y = bx$) wówczas stężenie pyłu PM10 skorygowane C_p oblicza się z równania (4):

$$C_p = \frac{C_t}{b} \quad (4)$$

wówczas gdy rozszerzona względna niepewność U linii regresyjnej jest mniejsza niż 25%, w przeciwnym wypadku należy skorygować współczynniki regresji z uwzględnieniem ich niepewności celem otrzymania nowego skorygowanego równania regresji ($y = c + dx$) spełniającego wyżej wymienione wymogi. Rozszerzoną względną niepewność U linii regresji oblicza się z wzoru (5):

$$U = ku_w \quad (5)$$

gdzie: k współczynnik rozszerzenia dla 95% poziomu ufności, u_w względna niepewność dla dopuszczalnej wartości LV wynoszącej w przypadku PM10 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i obliczonej z zależności (6):

$$u_w = \frac{u_{ps}}{LV} \quad (6)$$

gdzie: u_{ps} jest sumą niepewności wynikających z błędu przypadkowego i błędu systematycznego i oszacowanej z zależności (7):

$$u_{ps}^2 = \frac{RSS}{n-2} - u_{rt}^2 + [a + (b-1)LV]^2 \quad (7)$$

gdzie: n to ilość równoległych pomiarów, RSS jest to szcztatkowe odchylenie standardowe obliczone z zależności (8):

$$RSS = \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_r)^2 \quad (8)$$

gdzie: y_i wyniki uzyskane metodą testowaną, x_r wyniki uzyskane metodą referencyjną.

3. Terenowy test równoważności.

W okresie od 07.02.2007 do 09.02.2008 przeprowadzono pomiary stężenia pyłu zawieszonego PM10 na stacji AM9 Agencji Regionalnego Monitoringu Atmosfery Aglomeracji Gdańskiej. Na stacji tej zainstalowano dwa automatyczne analizatory pyłu: Eberline (absorpcja promieniowania β) i TEOM (mikrowaga oscylacyjna) oraz próbnik wysokoobjętościowy pyłu HVS Digitel spełniający wymogi metody referencyjnej. Celem prowadzonych pomiarów było porównanie wartości stężeń pyłu zawieszonego PM10 uzyskanych metodą wagową (przy pomocy próbnika HVS Digitel) z analizatorami pyłu prowadzącymi pomiary w trybie on-site. Wynikiem tych porównań była próba wyznaczenia równań korekcyjnych bądź współczynników korekcyjnych dla obu analizatorów zgodnie z zamieszczoną wyżej metodyką. Regresję zastosowano dla całego zbioru danych jak również dla zbioru danych określających okres letni (01-04-2007 – 30-09-2007) i dla zbioru danych określających okres zimowy (07-02-2007 - 30-03-2007 i 01-10-2007 – 09-02-2008). Stacja AM9 leży poza zasięgiem oddziaływań komunikacyjnych, dużych źródeł emisji, a indywidualne ogrzewanie występuje w postaci pieców gazowych lub olejowych. Stacja ta spełniała wymogi reprezentatywności dla obszaru charakteryzującego się określonym poziomem stężeń pyłu PM10.

4. Zasada działania przyrządów pomiarowych.

4.1 Analizator Eberline – metoda absorpcji promieniowania β .

Zasada działania analizatora Eberline opiera się na zjawisku osłabienia promieniowania β przechodzącego przez filtr, na którym został zatrzymany pył PM10. W omawianym urządzeniu promieniowanie β jest strumieniem elektronów o energii od 0,01 do 0,1 MeV. Emitowane są one przez źródło promieniotwórcze o małej aktywności. Najczęściej w urządzeniach tych wykorzystuje się izotopy kryptonu ^{85}Kr lub węgla ^{14}C . Pomiar stężenia pyłu odbywa się metodą różnicową. Cykl pomiarowy rozpoczyna się od wyznaczenia wartości odniesienia, tzn. pochłaniania promieniowania β przez czysty filtr. Po tym etapie następuje zasysanie powietrza, które przepływa przez filtr. Czas pobierania powietrza wynosi od 30 minut do 24 godzin (w zależności od sposobu określania stężeń), po tym czasie następuje powtórne napromieniowanie. Natężenie przechodzącego promieniowania mierzone jest najczęściej licznikiem Geigera-Mullera. Osadzony na filtrze pył powoduje osłabienie strumienia elektronów. Różnica wartości promieniowania przed i po pobraniu powietrza jest proporcjonalna do ilości zatrzymanego pyłu, a tym samym do jego stężenia w powietrzu.

4.2 Analizator TEOM – mikrowaga oscylacyjna.

Analizator TEOM jest mikrowagą, której zasada działania opiera się na pomiarze zmian częstotliwości drgań elementu pomiarowego (rurki stożkowej) pod wpływem osadzającego się na nim pyłu. Przez umieszczony na stożkowej rurce filtr przepływa zasysane powietrze. Rurka ta wraz z filtrem wprawiana jest w oscylacje, częstotliwość tych oscylacji zależna jest od geometrycznych i mechanicznych właściwości rurki stożkowej jak również od masy filtra. Wartość tej ostatniej wielkości rośnie na skutek osadzającego się pyłu, a to powoduje zmniejszanie się częstotliwości drgań elementu pomiarowego. Zmiana częstotliwości drgań rurki stożkowej wraz z filtrem jest proporcjonalna do stężenia pyłu w powietrzu.

4.3 HVS Digitel – wysokoobjętościowy próbnik.

Wysokoobjętościowy (do 1000 dm³/min.) próbnik pyłu poprzez dmuchawę zasysa powietrza, w separatorze dochodzi do odpowiedniego przyspieszenia cząstek pyłu zawieszonego w powietrzu celem uniesienia cząstek o średnicy do 10 µm do komory filtracyjnej. Na filtrze kwarcowym dochodzi do zatrzymania cząstek, powietrze pozbawione pyłu kierowane jest do wylotu z próbniaka. Po 24 h następuje automatyczna wymiana filtra, cykl ten trwa do momentu wykorzystania wszystkich filtrów umieszczonych w podajniku do komory filtracyjnej. Po zatrzymaniu próbniaka, następuje wymiana filtrów, filtry z zatrzymanym pyłem przewożone są do laboratorium celem określenia przyrostu masy. Znajomość przepuszczonej objętości powietrza przez filtr oraz masy pyłu na filtrze umożliwia obliczenie poziomu stężenia pyłu PM10. Umieszczony w próbniku moduł mikroprocesorowy umożliwia przeliczenie przepuszczonego powietrza w ciągu 24 h z warunków rzeczywistych (temperatura, ciśnienie) na warunki odniesienia (referencyjne) tj. temperaturę 20°C i ciśnienie 1013,25 hPa.

5. Wyniki.

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów w okresie 07.02.2007-09.02.2008 uzyskane informacje zamieszczono w tabeli 1.

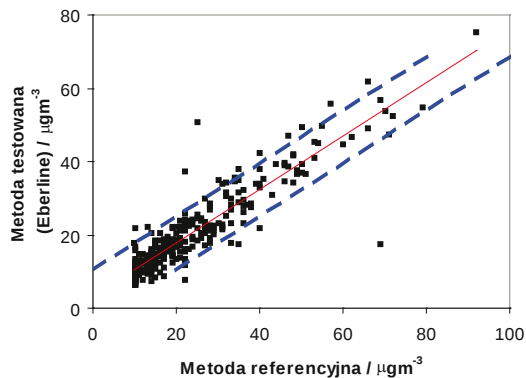
Tabela 1. Wyniki pomiarów równoległych pyłu PM10 różnymi metodami uzyskane dla stacji AM9

Parametr	Metoda referencyjna	Metoda absorpcji β	Metoda mikrowagi oscylacyjnej
Ilość dni pomiarowych	368	368	368
Ilość ważnych danych (dni)	328	344	344
Ilość ważnych dni branych pod uwagę przy ustalaniu równania korekcyjnego (współczynnika korekcyjnego)	306	306	306
Kompletność serii pomiarowej (%)	83,2	83,2	83,2
Średnie stężenie roczne (µg/m ³)	23,06	20,08	19,43
Ilość dni > 50 µg/m ³	17	14	4
Maksymalne stężenie 24h (µg/m ³)	92 13.02.2007	75,3 13.02.2007	58,7 13.02.2007

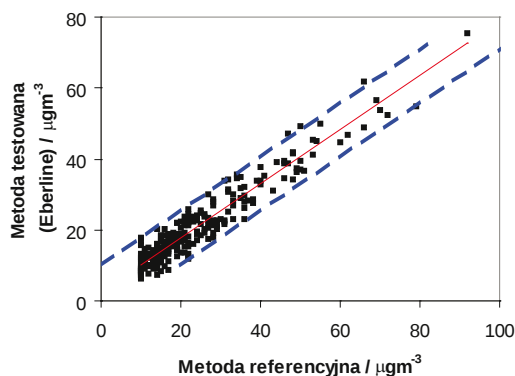
Przeprowadzając regresję dla całego zbioru danych (306 pomiarów) między metodą referencyjną a metodą absorpcji promieniowania β (Rys.1) i stosując obwiednie linii regresji (9) zgodnie z normą PN-EN 12341:2006

$$Y(i) \leq 100 \mu g / m^3$$
$$Y = x \pm 10 \mu g / m^3$$

można zauważyć, że część wyników leży poza obwiedniami i można te wyniki uznać za błędy grube i je odrzucić. Stosowanie testu Grubbsa w tym przypadku wydaje się być nieracjonalne ze względu na małą ilość danych uzyskanych z jednego dnia (sic 3).



Rys.1 Zależność funkcyjna stężenia pyłu PM10 wyznaczanego metodą referencyjną i metodą absorpcji promieniowania beta dla całego zbioru danych.



Rys.2 Zależność funkcyjna stężenia pyłu PM10 wyznaczanego metodą referencyjną i metodą absorpcji promieniowania beta dla zbioru danych pozbawionych błędów grubych.

Na Rys.2 przedstawiono regresję dla zbioru danych pozbawionych błędów grubych (292 pomiary). Dla tej zbiorowości obliczono maksymalną niepewność u_{rt} uzyskanych wyników pomiędzy metodą referencyjną a metodą absorpcji promieniowania β oraz maksymalne niepewności u_{rt} dla zbioru danych określających okres letni i dla zbioru danych określających okres zimowy. Uzyskane dane zestawiono w tabeli 2

Tabela 2. Obliczone niepewności pomiarowe pomiędzy wynikami uzyskanymi metodą referencyjną a metodą absorpcji promieniowania β dla okresów pomiarowych: cały rok , zima, lato

Niepewność [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Metoda referencyjna- - Metoda absorpcji promieniowania β	Kryterium akceptacji
3,8	cały rok (292 pomiary)	nie spełnione warunki testu
2,2	okres letni (148 pomiarów)	spełnione warunki testu
4,9	okres zimowy (144 pomiary)	nie spełnione warunki testu

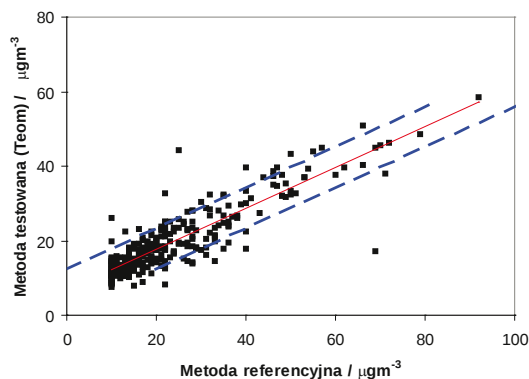
Z przedstawionych obliczeń wynika, że tylko dla okresu letniego można zastosować regresję i na podstawie wyznaczonych współczynników regresji, o ile spełniony będzie warunek z równania (5), będzie można wyznaczyć równanie korekcyjne bądź współczynnik korekcyjny. Postępując zgodnie z metodyką przedstawioną w punkcie 2 oszacowano poszczególne parametry i przedstawiono je w tabeli 3.

Tabela 3. Test statystyczny umożliwiający wyznaczenie równania korekcyjnego (współczynnika korekcyjnego) dla metody absorpcji promieniowania β

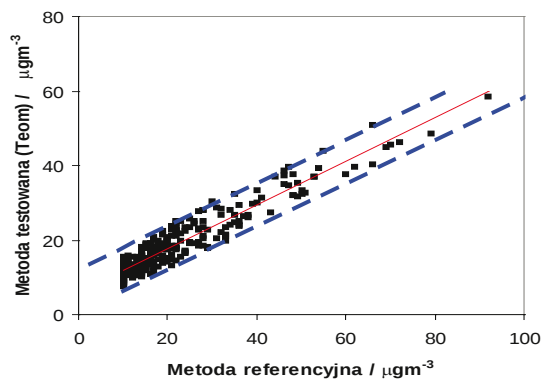
Parametr	Równanie korekcyjne	Współczynnik korekcyjny
Współczynnik regresji – nachylenie b	0,96 (nieistotny)	0,96 (nieistotny)
Wartość niepewności dla współczynnika regresji-nachylenie u(b)	0,04	0,04
Współczynnik regresji-wyraz wolny a	-0,31 (nieistotny)	0,00 (nieistotny)
Wartość niepewności dla współczynnika regresji-wyraz wolny u(a)	0,63	0,63
Niepewność związana z błędem przypadkowym [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0,00	0,00
Niepewność związana z błędem systematycznym [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	-2,22	-1,91
Suma niepewności wynikających z błędu przypadkowego i błędu systematycznego u_{ps} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	2,22	1,91
Względna niepewność u_w dla dopuszczalnej wartości LV [%]	4,44	3,83
Rozszerzona względna niepewność U [%]	8,88 (spełniony)	7,66 (spełniony)
Postać równania korekcyjnego (współczynnika)	Bez korekcji	Bez korekcji

Z przeprowadzonego testu wynika, że dla metody absorpcji promieniowania β w sezonie letnim nie ma potrzeby wyznaczania równana korekcyjnego bądź współczynnika korekcyjnego i zgodnie z przedstawioną metodyką można uznać z 95% poziomem ufności, że metoda ta jest równoważna z metoda referencyjną.

Postępując analogicznie dla metody mikrowagi oscylacyjnej otrzymano regresję dla całego zbioru danych (306 pomiarów). W tym przypadku można zauważyć na Rys. 3 większą ilość danych pomiarowych znajdujących się poza obwiednią. Usuwając te punkty z wykresu otrzymano regresję dla 274 punktów pomiarowych (Rys.4) i dla tej zbiorowości obliczono maksymalną niepewność u_{rt} uzyskanych wyników pomiędzy metodą referencyjną a metodą mikrowagi oscylacyjnej, oraz maksymalne niepewności u_{rt} dla zbioru danych określających okres letni i dla zbioru danych określających okres zimowy. Wyliczone niepewności zestawiono w tabeli 4.



Rys.3 Zależność funkcyjna stężenia pyłu PM10 wyznaczanego metodą referencyjną i metodą mikrowagi oscylacyjnej dla całego zbioru danych.



Rys.4 Zależność funkcyjna stężenia pyłu PM10 wyznaczanego metodą referencyjną i metodą mikrowagi oscylacyjnej dla zbioru danych pozbawionych błędów grubych.

Tabela 4. Obliczone niepewności pomiarowe pomiędzy wynikami uzyskanymi metodą referencyjną a metodą mikrowagi oscylacyjnej dla okresów pomiarowych: cały rok , zima, lato

Niepewność [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Metoda referencyjna- - Metoda mikrowagi oscylacyjnej	Kryterium akceptacji
5,0	cały rok (274 pomiary)	nie spełnione warunki testu
2,1	okres letni (147 pomiarów)	spełnione warunki testu
7,0	okres zimowy (127 pomiarów)	nie spełnione warunki testu

Również i w tym przypadku tylko dla okresu letniego można zastosować regresję i na podstawie wyznaczonych współczynników regresji określić równanie korekcyjne bądź współczynnik korekcyjny. Zebrane parametry zastosowanego testu statystycznego przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Test statystyczny umożliwiający wyznaczenie równania korekcyjnego (współczynnika korekcyjnego) dla metody mikrowagi oscylacyjnej

Parametr	Równanie korekcyjne	Współczynnik korekcyjny
Współczynnik regresji – nachylenie b	0,81 (istotny)	0,81 (istotny)
Wartość niepewności dla współczynnika regresji- nachylenie u(b)	0,03	0,03
Współczynnik regresji-wyraz wolny a	3,30 (istotny)	0,00 (nieistotny)
Wartość niepewności dla współczynnika regresji- wyraz wolny u(a)	0,54	0,54
Niepewność związana z błędem przypadkowym [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0,00	0,00
Niepewność związana z błędem systematycznym [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	-6,16	-9,45
Suma niepewności wynikających z błędu przypadkowego i błędu systematycznego u_{ps} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	6,16	9,45
względna niepewność u_w dla dopuszczalnej wartości LV [%]	12,31	18,91
Rozszerzona względna niepewność U [%]	24,62 (spełniony)	37,82 (niespełniony)
Postać równania korekcyjnego (współczynnika)	$C_p = 1,23C_t - 4,07$	Nie spełnione warunki testu

5. Podsumowanie.

Przeprowadzony test równoważności terenowej dla metod testowanych pod kątem spełnienia kryteriów wykazał, że tylko w okresie letnim tj. od 01-04-2007 do 30-09-2007 można postępując zgodnie z przedstawioną metodyką określić z prawdopodobieństwem 95% równania korekcyjne bądź współczynniki korekcyjne. W przypadku metody absorpcji promieniowania β wykazano brak podstaw do określenia równania czy współczynnika korekcyjnego, co jednoznacznie oznaczało, że metoda ta w tym okresie pomiarowym była równoważna z metodą referencyjną. W przypadku metody mikrowagi oscylacyjnej określono równanie korekcyjne w postaci zależności (10):

$$C_p = 1,23C_t - 4,07 \quad (10)$$

gdzie: C_p skorygowane stężenie pyłu PM10, C_t stężenie pyłu PM10 uzyskiwane metodą mikrowagi oscylacyjnej.

Nie spełnienie warunków testu dla okresu zimowego prawdopodobnie mogło być spowodowane niewłaściwym sposobem zapewnienia jakości pomiarów w czasie akcji porównawczej, na co składać się mogło wiele czynników np.:

- obsługa głowic pomiarowych,
- kalibracja przepływu,
- obsługa rutynowa,
- transport i przechowywanie filtrów,
- ważenie i kondycjonowanie.

Uwzględnienie tych czynników w kolejnych testach terenowych umożliwiłoby być może wyznaczenie równań korekcyjnych (współczynników korekcyjnych) i pozwoliłoby skompletować dane do zakończenia testu równoważności między metodą referencyjną a metodami testowanymi dla okresu całego roku.

6. Literatura.

- [1] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE z dnia 21 maja 2008 r.
- [2] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 17 grudnia 2008 r. (Dz. U. 2009 Nr 5 poz. 31).
- [3] F.de Leeuw, „PM10 measurement methods and correction factors in AirBase 2004 status report”, ETC/ACC 2005.
- [4] E.Buijsman, F.de Leeuw, „Correction factors and PM10 measurements in AirBase”, ETC/ACC 2004.
- [5] S.Larssen, F.de Leeuw, „PM10 and PM2,5 concentrations in Europe as assessed from monitoring data reported to AirBase”, ETC/ACC 2007.
- [6] Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods. EC Working Group on Guidance for the Demonstration of Equivalence, 2005.

Recenzja pracy pt.:

Test równoważności metod pomiarowych dla pyłu zawieszonego PM10

Autor: Jacek Gębicki

Ochrona powietrza jest jednym z priorytetów europejskiej polityki ekologicznej. W tym zakresie obowiązuje wiele uregulowań prawnych w postaci dyrektyw o charakterze międzynarodowym oraz polityki rozwoju regionalnego i lokalnego. Podstawą określania działań mających na celu zmniejszenia poziomu zanieczyszczeń powietrza jest prowadzenie monitoringu jakości powietrza. Do tego celu potrzebne są wiarygodne metodyki analityczne oraz odpowiednie wyposażenie pomiarowe umożliwiające pomiar zanieczyszczeń, wykazujące równoważność z metodykami referencyjnymi.

Recenzowana praca dotyczy przeprowadzenia w okresie jednego roku testu równoważności dwóch, aktualnie stosowanych przez jednostki zajmujące się monitoringiem, metod do pomiaru pyłu metod pomiarowych (z wykorzystaniem pyłomierza beta oraz mikrowagi oscylacyjnej), z manualną metodą referencyjną według zalecaną przez PN-EN 12341.

Zagadnienie pomiarów stężenia pyłów, szczególnie pyłów groźnych dla człowieka i zwierząt, których średnica jest mniejsza niż 10 μm , mogących przenikać do górnych dróg oddechowych wraz z wdychanym powietrzem jest zagadnieniem bardzo aktualnym w Polsce, ponieważ w wielu miejscach kraju ciągle dochodzi do przekroczeń wartości normatywnych. Stosowanie dotychczasowych metod pomiarowych przez jednostki zajmujące się monitoringiem na terenie państw członkowskich Unii Europejskiej wymaga wykazania, ich zgodności z metodą referencyjną.

Generalnie praca ma prawidłową strukturę i napisana jest poprawnym, zwięzłym językiem. Merytorycznie oceniam opracowanie wysoko. Przeprowadzone badania pozwoliły wyznaczyć równania korekcyjne i współczynniki korekcyjne umożliwiające korzystanie z metod testowanych w okresie letnim (kwiecień-wrzesień). Naukowa wartość pracy mogłaby zostać dodatkowo wzbogacona poprzez przedstawienie hipotez dotyczących wyjaśnienia przyczyn nie spełniania warunków testu w okresie zimowym. W obecnej postaci podane są jedynie możliwe przyczyny w sposób i to bardzo ogólnie. Główne zastrzeżenia dotyczą jedynie zagadnień nomenklaturowych. Przed ostateczną formą publikacji proponuję uwzględnić następujące zmiany:

1. zmienić dotychczasowy tytuł na „Test równoważności metod pomiarowych stosowanych do oznaczania pyłu PM10”,
2. zastąpić w całym tekście (łącznie z wykresami) termin „metoda kandydacka” na „metodę testowaną”, konsekwentnie należy zmienić we wzorach indeks „k” na „t”
3. zastąpić stosowany w tekście termin „pobornik” na „próbnik”.
4. usunąć angielskie wyrażenie „side by side”, lub zastąpić słowem „obok siebie”.

Z uwagi, że zasada działania testowanych pyłomierzy nie jest powszechnie znana proponuję szerzej przedstawić ich zasadę działania. Obecna wersja jest bardzo skrótowa.

Dyskusyjne jest określanie przez Autora metod testowanych jako metod stosowanych w trybie „on-line”. Jednym z podstawowych kryteriów klasyfikacji analizatorów jest stopień ich zautomatyzowania oraz miejsce wykonania pomiaru. Metody testowane są metodami automatycznymi, umożliwiającymi pomiar ciągły w terenie, co określa się angielskim terminem „on-site”.

Inne uwagi redakcyjne zaznaczone zostały bezpośrednio w manuskrypcie.

Wniosek końcowy:

Prezentowana praca dotyczy bardzo aktualnego zagadnienia jakim jest równoważność aktualnie stosowanych metod do pomiarów pyłu PM10 z obowiązującą w kraju metoda referencyjną. Praca spełnia wszelkie warunki stawiane publikacjom naukowym, mając duże znaczenie praktyczne. Jej odbiorcami będą nie tylko jednostki zajmujące się monitoringiem powietrza ale również szerokie grono osób zajmujących się ochroną środowiska.

Mobile monitoring system for gaseous air pollution

Jacek Namieśnik, Waldemar Wardencki, Ryszard Katulski, Jacek Stefański, Jarosław Sadowski¹⁾, Krystyna Szymańska²⁾

¹⁾ Gdansk University of Technology
Narutowicza 11/12
80-952 Gdansk, Poland

²⁾ ARMAAG Foundation
Elblaska 66
80-761 Gdansk, Poland

Abstract The concept of mobile monitoring system for chemical agents control in the air is presented. Proposed system can be applied to measure industrial and car traffic air pollution. Monitoring station is relatively small and can be placed on cars or public transportation vehicles. Measured concentrations of air pollutants are collected and transferred via GSM network to central data base. Exemplary results from measurement campaigns in Gdańsk are also presented.

1 Introduction

Many Polish cities have various fixed monitoring stations, which measure content of basic chemical agents in the air. Urban traffic has become the most important cause for air pollution in big cities, but the measurement of air pollution along side of communication lanes is still very rare. It is caused by the fact, that equipment used in fixed air quality monitoring stations (which gives very accurate and reliable results) is voluminous and heavy and it cannot be used for measurements in motion. Proposed monitoring system is made of mobile monitoring units, which are small and light enough to be put on public transportation vehicles (buses, trams) and even cars. They can be used to measure, record and transmit to central database the concentration of various air pollutants, together with weather conditions such as temperature, relative humidity and geographic coordinates from GPS receiver. These units can provide support for fixed stations by taking measurements in certain places selected for additional control or by measurements in motion. The mobile monitoring system can determine representative concentrations of air pollution in highly populated areas, the impact of communication sources of pollution, general background pollution levels in areas directly affected by cars and the highest pollution levels in the cities.

2 Air monitoring unit

Traffic on the roads is the greatest source of noise and local air pollution, and a considerable contributor to global emissions of greenhouse gases [1]. Air pollution from road traffic consists of a number of harmful substances. Some of them should be periodically measured, because of their impact on human health and state of the environment. For example volatile organic compounds (VOCs) is a collective name for a very large number of different chemical species, which can contribute to the formation of secondary pollutants with different efficiencies. For vehicular emissions, the list of compounds is long and variable depending on fuel, type and condition of engine, but one of them – benzene (C₆H₆) which is known to be a human carcinogen – is found in highest concentrations and was chosen to be measured by proposed monitoring units. Other measured gases are: nitrogen oxides (NO and NO₂) which may harm the lungs and trigger asthma, ozone (O₃) which can decrease lung functions and interfere with the growth of plants, carbon monoxide (CO) and carbon dioxide (CO₂) [2]. Measured concentrations of gas pollutants in air are recorded and sent via GSM/GPRS and Internet to central data base for further processing. Block diagram of mobile monitoring unit is presented in figure 1.

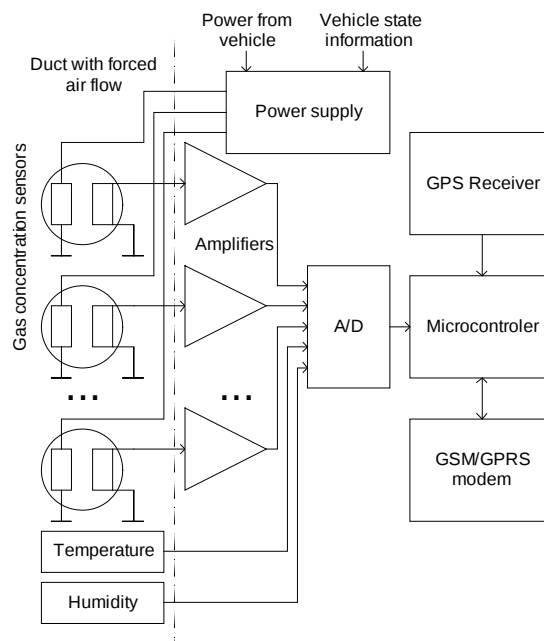


Fig. 1. Block diagram of mobile monitoring unit.

The most important component of monitoring unit is set of gas sensors. They react to change in gas concentration by changing some electric value, usually resistance or electromotive force. First version of measurement device was equipped with factory-made module with sensors, A/C converters and microcontroller to convert sensor's electric response to gas concentrations. This module was connected to communication unit which aggregated measurement results with geographic coordinates from GPS and sent these data to server using GSM/GPRS link. Positive test results and confirmed in practice usefulness of proposed device encouraged authors to build next generation of monitoring station with additional functionalities:

- more sensors for measuring concentration of different gases in air;
- mechanical construction of casing including special tunnel with forced constant flow of air to increase repeatability of measurements;
- universal power supply unit which allow to power the device from 12V or 24V and containing additional battery back-up to ensure the continuity of measurements;
- adaptation for work in temperatures below zero degrees Celsius by separating gas concentration sensors from electronic circuits which requires positive temperature.

Thin film sensors technology exploits electric conduction phenomena which happen above the surface of nanostructured metal oxides (composed by micrograins of 30-50 nm diameter) at the temperature between 200 °C and 400 °C. An electrical response from semiconductor is proportional to particular atmospheric gas concentration. The electric response signal can be converted into gas concentration using suitable calibration curve.

Such sensors are designed to detect and measure relatively high gas concentrations, at levels of mg/m³, but from an environmental point of view it is important to be able to measure concentrations at levels of µg/m³. Measuring such low levels of gas concentration required resolving the question of instability by additional data processing after analog to digital conversion. Time interval between successive measurements can be configured from seconds in case of measurements in motion, to several minutes in fixed conditions. For typical interval of 10 seconds over 8500 data sets are collected every day, including concentration of several different gases in air, temperature, humidity, geographic coordinates, speed of vehicle with monitoring unit and some additional telemetry.

Proposed monitoring unit can be described as maintenance-free. Properly configured and set-up monitoring station can operate for several months without intervention. Information about state of operating and possible errors in the functioning of electronic components or problems with data collection is transmitted to respective person via short messages (sms).

The results of the measurements sent to the server are verified in terms of reliability and made available to authorized users via web site as tables, graphs and maps. Any additional data processing is made after the results are recorded in data base.



Fig. 2. Mobile monitoring unit prototype.

3 Method of measurements

3.1 Legal requirements of environmental measurements

In accordance with article 25 paragraph 2 of the "Environmental protection law" [3], the most important source of information about the state of environment is "state environmental monitoring" (pl: państwowy monitoring środowiska), which includes a system of measurements, assessments and forecasts of the environment and the collection, processing and dissemination of environmental information. Objective of this monitoring is to support efforts to protect the environment through informing administrative and public about the current state of the environment. For the protection of air is recommended to measure the concentration of different pollutants (gases) using the so-called "reference methods". These reference methods of measurement in most cases are suitable only for stationary measurements, to create a permanent monitoring station. This paper presents mobile monitoring system, which measures the concentration of pollutants using semiconductor sensors which are not included in the reference methods. However, measurements made by devices not using reference methods can be taken into account provided to prove equivalence between proposed and reference method.

3.2 Equivalence of the proposed method of measurement

In order to verify the equivalence of the proposed method, results obtained by the mobile monitoring units were compared with results obtained from fixed measurement stations owned by foundation ARMAAG (Agency of Regional Air Quality Monitoring in Gdansk metropolitan area). Every monitoring unit built in laboratories of Gdańsk University of Technology was installed on the fixed monitoring stations and then during several weeks results from proposed monitoring units were compared with precise gas concentrations measured using reference methods. Using this comparison, the form of equations and values of coefficients to convert values of electrical signals from sensors to concentration of measured gas in air was derived. In general these equations are non-linear, and additionally measurement of ppb-level concentrations makes the discrepancy between the characteristic of different sensors significant. This means that each copy of the mobile monitoring unit must pass a separate measurement calibration procedure in special calibration chamber with precisely known concentration of selected gases. The cost of equipment calibration is the largest part of total cost of whole mobile monitoring system.

Exemplary comparison of the results of measuring the concentration of nitrogen oxides NO_x in the air, obtained by the reference method and by the mobile monitoring unit using semiconductor sensors are presented in figure 3

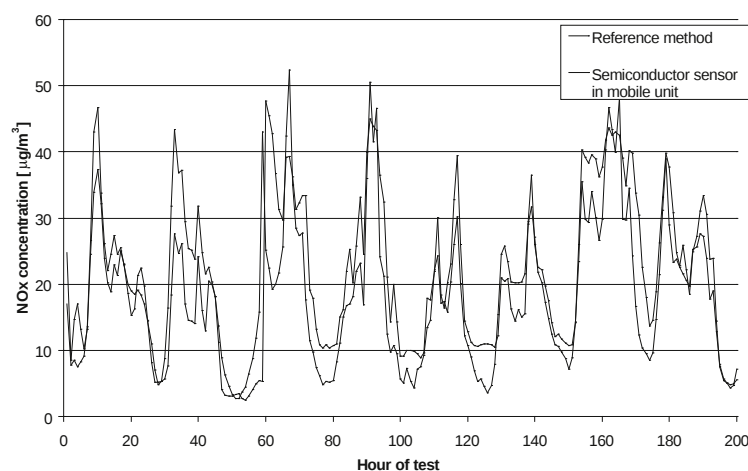


Fig. 3. Comparison of NO_x concentration measured by proposed mobile monitoring unit and by reference method.

Similar results were obtained for the compliance of the other chemicals measured: ozone, benzene, carbon monoxide, carbon dioxide and nitrogen dioxide.

On the basis of tests in laboratory and in real conditions it can be concluded, that semiconductor sensors used in mobile monitoring units, built in Gdańsk University of Technology, ensure equivalency of measurement results with reference methods, recommended by European Union for monitoring air pollution [4].

4 Application of sensor network

The main measurements that were carried out using designed mobile monitoring system, related to substances emitted from vehicles which run along the Tri-City communication system and the surrounding area. For example level of pollution was examined within the major crossroads in various states of utilisation, and within selected districts of city near main streets of Gdańsk agglomeration. Mobile monitoring stations were also used to determine the concentration levels of industrial pollution in places

distant from city centre and to measure traffic pollution in Warsaw.

The suitability of designed equipment to measure ambient air pollutants has been recognized during 4th Fair of Industrial Engineering, Science and Innovation in Gdansk. The mobile monitoring system won the award of the Marshal of Pomorskie Voivodeship in category "Environment protection and ecology".

5 Summary

Proposed measurement method using semiconductor sensors, proved equivalency with the reference method recommended by European Union, so it can be applied to measuring the concentration of gas pollutants in atmospheric air. It is possible to measure air pollution from industry or from high intensity of traffic.

Presented mobile monitoring system contributes to the improvement of ecological safety in the area of the Gdansk agglomeration. It increases the knowledge of air pollution by measuring concentration of the most dangerous gas air pollutants in places with no fixed monitoring stations.

Acknowledgments

This work was supported by the Ministry of Education and Science of the Republic of Poland, under grant No. 3 T09D 100 29 and by the Regional Fund for Environmental Protection under grant No. WFOŚ/D/201/210/2007. Authors would also like to thank the Foundation ARMAAG for support during realisation of this project.

References

- [1] Wardencki W., Namiesnik J., Chapter 22: Analytical techniques used in monitoring of atmospheric air and stack gases, in book: New horizons and challenges in environmental analysis and monitoring, ed. J. Namiesnik, W. Chrzanowski, P. Zmijewska, Chem. Fac. Gdansk University of Technology, Gdansk 2003, pp. 446-463
- [2] Namiesnik J., Wardencki W., Monitoring and analytics of atmospheric air pollution, Polish Journal of Environmental Studies, vol. 11, no. 3, 2002, pp. 211-218
- [3] Dz.U. 2001 nr 62 poz. 627, „Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony srodowiska” (in polish)
- [4] Katulski R., Stefanski J., Wardencki W., Zurek J.,: Concept of the mobile monitoring system for chemical agents control in the air, 2006 IEEE Conference on Technologies for Homeland Security, Boston 2006, pp. 181-184



UNIwersytet Gdański
Wydział Chemii
Katedra Analizy Środowiska



80-952 Gdańsk, ul. J. Sobieskiego 18, tel. (+48 58) 5235 448
fax (+48 58) 5235 472, e-mail: sox@chem.univ.gda.pl

Gdańsk, 27.05.2009

Recenzja publikacji pod tytułem
„Mobile monitoring system for gas air pollution measurements”

autorstwa J. Namieśnika, W. Wardenckiego, R. Katulskiego, J. Stefańskiego, J. Sadowskiego oraz K. Szymańskiej

Przedstawiona do recenzji publikacja pod tytułem „Mobile monitoring system for gas air pollution measurements” jest wieloautorską pracą pracowników Politechniki Gdańskiej oraz Agencji Regionalnego Monitoringu Atmosfery Aglomeracji Gdańskiej. Głównym celem publikacji jest prezentacja koncepcji mobilnego systemu monitorowania gazowych zanieczyszczeń, jego zastosowania oraz ekwiwalentności pomiarowej z metodami referencyjnymi. Publikacja napisana jest w języku angielskim i ma charakter popularny.

W pierwszej części przedstawia technologię systemu oraz jego ewolucję wraz z prowadzonymi badaniami. Część wyposażona jest również w bardzo czytelny schemat blokowy oraz zdjęcie układu. Autorzy odnoszą się także do aktualnych wymogów prawnych w zakresie monitoringu powietrza w kontekście proponowanego rozwiązania technicznego. Najciekawszą częścią pracy było zbadanie ekwiwalentności zastosowanego systemu w odniesieniu do metody referencyjnej pomiaru, wykonanego w ramach sieci Agencji Regionalnego Monitoringu Atmosfery Aglomeracji Gdańskiej. Porównania dokonano na przykładzie pomiaru stężenia tlenków azotu w okresie 200 godzin. Przykład ten pokazuje doskonałą zgodność obu metod pomiarowych wskazując na wysoką użyteczność zastosowanego systemu.

W pracy znalazłem nieliczne usterki językowe i edytorskie, których poprawa podniesie czytelność publikacji

- Proponuję zmienić tytuł na „Mobile monitoring system for gaseous air pollution” - przymiotnik „gaseous” lepiej opisuje „zanieczyszczenia gazowe” natomiast słowo „measurement” w zasadzie zawarte już jest w sformułowaniu „monitoring” i dubluje sens całości
- Nazwiska autorów napisane są z polskich czcionkami, podczas gdy te same nazwiska w spisie literatury bez nich – proponuję ujednolicić formę zapisu tychże
- W Abstrakcie, zamiast „Proposed system can be used” proponuję „Proposed system can be applied” co lepiej oddaje istotę sprawy
- We wstępie (1 zdanie) proponuję zamienić „some kind” na „various” a w dalszej części „too big” na „voluminous”
- W rozdziale nr 3.2. myślę, że warto by również podać nazwę ARMAAG w języku angielskim.

Reasumując należy stwierdzić, że recenzowana praca wnosi istotny wkład w rozwój i popularyzację nowoczesnych metod monitoringu zanieczyszczeń atmosfery. Zatem z pełnym przekonaniem rekomenduję jej publikację w najnowszym Raporcie fundacji ARMMAG.

Dr hab. Piotr Stepnowski, prof. nadzw. UG

SIPS TABEL

- Tabela 1. Średni procent ważnych danych w sieci ARMAAG
- Tabela 2. Ilość ważnych danych [%] dla sezonu letniego 2008 w zwalidowanej serii rocznej
- Tabela 3. Ilość danych dla sezonu grzewczego 2008 w zwalidowanej serii rocznej
- Tabela 4. Kompletność serii pomiarowych ditlenku siarki w roku 2008
- Tabela 5. Stężenia ditlenku siarki średniookresowe i średnioroczne
- Tabela 6. Maksymalne stężenia ditlenku siarki średniodobowe
- Tabela 7. Maksymalne stężenia dwutlenku siarki 1-godzinne
- Tabela 8. Kompletność serii pomiarowych tlenków azotu w roku 2008
- Tabela 9. Stężenia dwutlenku azotu średniookresowe i średnioroczne
- Tabela 10. Maksymalne stężenia dwutlenku azotu 1-godzinne [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
- Tabela 11. Stężenia tlenków azotu średnioroczne [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
- Tabela 12. Kompletność serii pomiarowych pyłu PM10 w roku 2008
- Tabela 13. Stężenia pyłu PM10 średniookresowe i średnioroczne
- Tabela 14. Maksymalne stężenia pyłu PM10 średniodobowe
- Tabela 15. Kompletność serii pomiarowych monotlenku węgla w roku 2008
- Tabela 16. Maksymalne stężenia monotlenku węgla 8-godzinne kroczące
- Tabela 17. Kompletność serii pomiarowych ozonu w roku 2008
- Tabela 18. Maksymalne wartości stężeń ozonu 8-godzinnych w roku 2008
- Tabela 20. Kompletność serii pomiarowych zanieczyszczeń specyficznych w roku 2008
- Tabela 21. Stężenia węglowodorów aromatycznych (BTX i etylobenzen)
- Tabela 22. Wartości stężeń amoniaku średniorocznych i maksymalnych w roku 2008
- Tabela 23. Sprawność czujników meteorologicznych w [%] na stacjach ARMAAG w 2008 roku
- Tabela 24. Średnie wartości niektórych parametrów meteorologicznych w sezonie grzewczym i letnim
- Tabela 25. Wartości ekstremalne średniodobowe wybranych parametrów meteorologicznych w sezonie grzewczym i letnim
- Tabela 26. Średnie miesięczne i roczne temperatury w [$^{\circ}\text{C}$] powietrza na stacjach ARMAAG w 2008 roku
- Tabela 27. Maksymalne i minimalne terminowe temperatury powietrza na stacjach ARMAAG w 2008 roku
- Tabela 28. Minimalne terminowe wartości wilgotności względnej na stacjach ARMAAG w 2008 roku
- Tabela 29. Maksymalne i minimalne wartości ciśnienia atmosferycznego na stacjach ARMAAG w 2008 roku
- Tabela 30. Maksymalne terminowe prędkości wiatrów na stacjach ARMAAG w 2008 roku
- Tabela 31. Suma opadów w poszczególnych miesiącach
- Tabela 32. Ocena jakości powietrza na podstawie wartości stężeń średniorocznych w latach 2006-2008
- Tabela 33. Wartości percentyli z rocznych serii pomiarowych 24h wyników PM10
- Tabela 34. Wartości percentyli z rocznych serii pomiarowych 24h wyników PM10
- Tabela 35. Wartości percentyli z rocznych serii pomiarowych 24h wyników PM10
- Tabela 36. Wartości percentyli z rocznych serii pomiarowych 24h wyników PM10
- Tabela 37. Średnioroczne stężenia wybranych zanieczyszczeń na poszczególnych stacjach monitoringu w Polsce
- Tabela 38. Porównanie stężeń średniorocznych i maksymalnych średniodobowych
- Tabela 39. Porównanie stężeń chwilowych

SPIS RYCIN

- Ryc. 1. Rozmieszczenie stacji ARMAAG
- Ryc. 2. Struktura systemu ENVIRO
- Ryc. 3. Bieżące pomiary. Widok startowy na stacji CAS
- Ryc. 4. Edytor konfiguracji systemu
- Ryc. 5. Komponent do nadzoru bieżących kalibracji
- Ryc. 6. Wirtualny interfejs graficzny imitujący panel analizatora
- Ryc. 7. Referencyjny pobornik pyłu VHS na stacji AM8
- Ryc. 8. Część płyty głównej ARPOL2008 z czujnikami: stężenia gazów w powietrzu, wilgotności i temperatury
- Ryc. 9. Sposób zamontowania stacji ARPOL2008 na pojeździe
- Ryc. 10. Lokalizację i widok stanowiska pomiarowego ARPOL2008
- Ryc. 11. Imisja ditlenku azotu - zabudowa wielkomiejska
- Ryc. 12. Imisja ditlenku azotu – teren otwarty
- Ryc. 13. Statystyki odwiedzin strony www.armaag.gda.pl
- Ryc. 14. Uruchomienie panela informacyjnego w Tczewie
- Ryc. 15. Struktura kosztów Fundacji ARMAAG
- Ryc. 16. Wnioskowany zakres akredytacji
- Ryc. 17. Audit wiodący
- Ryc. 18. spotkanie zamykające
- Ryc. 19. ilość awarii na stacjach
- Ryc. 20. Procentowy udział serwisów w usuwaniu awarii
- Ryc. 21. Stężenia ditlenku siarki w sezonie grzewczym [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
- Ryc. 22. Stężenia ditlenku siarki w sezonie letnim [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
- Ryc. 23. Stężenia ditlenku siarki średnioroczne [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
- Ryc. 24. Maksymalne średniodobowe stężenia ditlenku siarki [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
- Ryc. 25. Przeciętne przebiegi stężeń średniodobowych ditlenku siarki na stacjach w Gdańsku [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
- Ryc. 26. Przeciętne przebiegi stężeń średniodobowych ditlenku siarki na stacjach w Gdyni i Sopocie [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
- Ryc. 27. Przeciętne przebiegi stężeń średniodobowych ditlenku siarki na stacji w Tczewie [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
- Ryc. 28. Częstość występowania uśrednionych 24h wyników pomiarów stężeń dwutlenku siarki w określonych przedziałach stężeń
- Ryc. 29. Maksymalne wartości stężeń 1-godzinnych dwutlenku siarki [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
- Ryc. 30. Częstość występowania uśrednionych 1h wyników pomiarów stężeń dwutlenku siarki w określonych przedziałach stężeń
- Ryc. 31. Stężenia ditlenku azotu w sezonie grzewczym [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
- Ryc. 32. Stężenia ditlenku w sezonie letnim [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
- Ryc. 33. Stężenia ditlenku azotu średnioroczne [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
- Ryc. 34. Maksymalne stężenia ditlenku azotu 1-godzinne [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
- Ryc. 35. Częstość występowania uśrednionych 1h stężeń dwutlenku azotu w określonych przedziałach stężeń
- Ryc. 36. Przeciętne przebiegi stężeń dwutlenku azotu 1-godzinnych
- Ryc. 37. Stężenia tlenków azotu średnioroczne [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
- Ryc. 38. Stężenia pyłu PM10 w sezonie grzewczym [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

- Ryc. 39. Stężenia pyłu PM10 w sezonie letnim [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
- Ryc. 40. Stężenia pyłu PM10 średnioroczne [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
- Ryc. 41. Maksymalne stężenia pyłu PM10 średniodobowe w okresie grzewczym i letnim
- Ryc. 42. Uśrednione średniodobowe przebiegi stężeń pyłu PM10 w roku 2008 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
- Ryc. 43. Częstość występowania uśrednionych 24h wyników pomiarów stężeń pyłu PM10 w określonych przedziałach stężeń
- Ryc. 44. Przeciętne tygodniowe poziomy stężen pyłu PM10 na wybranych stacjach
- Ryc. 45. Przebieg stężeń pyłu PM2,5 i PM10
- Ryc. 46. Maksymalne stężenia monotlenku węgla 8-godzinne krocące [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
- Ryc. 47. Przebiegi stężeń monotlenku węgla 8h kroczących w stacjach sieci ARMAAG [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
- Ryc. 48. Częstość występowania 8-godzinnych stężeń kroczących monotlenku węgla w określonych przedziałach wartości
- Ryc. 49. Maksymalne stężenia ozonu 8-godzinne kroczące w sezonach letnim i grzewczym [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
- Ryc. 50. Przebiegi dobowe stężeń ozonu 8-godzinnych kroczących w poszczególnych miesiącach roku 2008
- Ryc. 51. Częstość występowania określonych poziomów stężeń ozonu w roku 2008 w odniesieniu do wartości 8-godzinnych kroczących
- Ryc. 52. Zależność 1h stężeń ozonu od temperatury w okresie pomiarowym 01.01 - 31.12.2008
- Ryc. 53. Mapy stężeń ozonu – ilość dni ze stężeniami powyżej progno informowania
- Ryc. 54. Przykładowe mapy prognozowanych stężeń ozonu
- Ryc. 55. Epizod smogowy LZO w dniach 13-15 kwiecień 2008 wraz z warunkami meteorologicznymi
- Ryc. 56. Epizod smogowy LZO w dniach 11-13 sierpnia 2008 wraz z warunkami meteorologicznymi
- Ryc. 57. Przebieg zmian stężeń średniodobowych ditlenku węgla na stacjach AM3 i AM4 w roku 2008
- Ryc. 58. Rozmieszczenie stacji ARMAAG w Trójmieście i Tczewie oraz zakres pomiarów meteorologicznych
- Ryc. 59. Średnie miesięczne temperatury powietrza na stacjach ARMAAG w 2008 roku
- Ryc. 60. Średnie miesięczne wartości wilgotności względnej na stacjach ARMAAG w 2008 roku
- Ryc. 61. Średnie miesięczne wartości ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza w 2008 roku
- Ryc. 62. Roczne róże wiatrów na stacjach AM2, AM5 oraz AM8
- Ryc. 63. Roczne róże wiatrów na stacjach AM6 Sopot i AM7 Tczew
- Ryc. 64. Roczne róże wiatrów na stacjach AM10 i AM9
- Ryc. 65. Średnie miesięczne i roczne prędkości wiatru na stacjach ARMAAG w 2008 roku
- Ryc. 66. Suma opadów atmosferycznych dla poszczególnych miesięcy na stacji AM2 Gdańsk Stogi
- Ryc. 67. Przebieg opadu atmosferycznego w dniu 06.07.2009
- Ryc. 68. Przebieg opadu atmosferycznego w dniu 06.07.2009
- Ryc. 69. Zmienność natężenia promieniowania słonecznego bezpośredniego na stacjach AM6 w Sopocie i AM9 w Gdyni Redłowie w 2008 roku
- Ryc. 70. Zmienność natężenia promieniowania bezpośredniego na stacjach AM6 (Sopot) i AM9 (Gdynia Redłowo) w dniu 24 kwietnia 2008 r.
- Ryc. 71. Średnioroczne wartości stężeń na stacjach sieci ARMAAG w latach 2006 - 2008 roku a) ditlenek siarki, b) ditlenek azotu, c) pył PM10
- Ryc. 72. Przestrzenny rozkład 36 max. pyłu PM10
- Ryc. 73. Zmiany stężeń średniorocznych ditlenku siarki na stacjach ARMAAG w latach 2006-2008

- Ryc. 74. Zmiany maksymalnych stężeń średniodobowych ditlenku siarki na stacjach w Gdańsku w sezonie grzewczym w latach 2006-2008
- Ryc. 75. Zmiany maksymalnych stężeń średniodobowych ditlenku siarki na stacjach w Gdańsku w sezonie letnim w latach 2006-2008
- Ryc. 76. Zmiany średniorocznych wartości stężeń ditlenku azotu na stacjach ARMAAG w latach 2006-2008
- Ryc. 77. Zmiany średniorocznych wartości stężeń pyłu PM10 na stacjach ARMAAG w latach 2006-2008
- Ryc. 78. Zmiany maksymalnych stężeń średniodobowych pyłu PM10 na stacjach w Gdańsku w sezonie grzewczym w latach 2006-2008
- Ryc. 79. Zmiany maksymalnych stężeń średniodobowych pyłu PM10 na stacjach w Gdańsku w sezonie letnim w latach 2006-2008
- Ryc. 80. Zmiany stężeń średniorocznych ditlenku siarki na stacjach ARMAAG w Gdyni w latach 2006-2008
- Ryc. 81. Zmiany maksymalnych stężeń średniodobowych ditlenku siarki na stacjach w Gdyni w sezonie grzewczym w latach 2006-2008
- Ryc. 82. Zmiany maksymalnych stężeń średniodobowych ditlenku siarki na stacjach w Gdyni w sezonie letnim w latach 2006-2008
- Ryc. 83. Zmiany stężeń średniorocznych ditlenku azotu na stacjach ARMAAG w Gdyni w latach 2006-2008
- Ryc. 84. Zmiany średniorocznych wartości stężeń pyłu PM10 na stacjach ARMAAG w latach 2006-2008
- Ryc. 85. Zmiany maksymalnych stężeń średniodobowych pyłu PM10 na stacjach w Gdyni w sezonie grzewczym w latach 2006-2008
- Ryc. 86. Zmiany maksymalnych stężeń średniodobowych pyłu PM10 na stacjach w Gdyni w sezonie letnim w latach 2006-2008
- Ryc. 87. Zmiany stężeń średniorocznych ditlenku siarki na stacji ARMAAG w Sopocie w latach 2006-2008
- Ryc. 88. Zmiany maksymalnych stężeń średniodobowych ditlenku siarki na stacji ARMAAG w Sopocie w sezonie letnim w latach 2006-2008
- Ryc. 89. Zmiany stężeń średniorocznych dwutlenku azotu na stacjach ARMAAG w Sopocie w latach 2006-2008
- Ryc. 90. Zmiany średniorocznych wartości stężeń pyłu PM10 na stacji ARMAAG w Sopocie w latach 2006-2008
- Ryc. 91. Zmiany maksymalnych stężeń średniodobowych pyłu PM10 na stacji w Sopocie w latach 2006-2008
- Ryc. 92. Zmiany stężeń średniorocznych ditlenku siarki na stacji ARMAAG w Tczewie w latach 2006-2008
- Ryc. 93. Zmiany maksymalnych stężeń średniodobowych ditlenku siarki na stacji ARMAAG w Tczewie w sezonie letnim w latach 2006-2008
- Ryc. 94. Zmiany stężeń średniorocznych ditlenku azotu na stacjach ARMAAG w Tczewie w latach 2006-2008
- Ryc. 95. Zmiany średniorocznych wartości stężeń pyłu PM10 na stacji ARMAAG w Tczewie w latach 2006-2008
- Ryc. 96. Zmiany maksymalnych stężeń średniodobowych pyłu PM10 na stacjach w Tczewie w latach 2006-2008
- Ryc. 97. Stężenia pyłu PM10 na wybranych stacjach w dniach 29-31 grudnia 2008
- Ryc. 98. Stężenia pyłu PM10, NO2 oraz O3 na stacji AM8 w dniu 31 marca – 1 kwietnia 2008
- Ryc. 99. Stężenia pyłu PM10, NO2 oraz O3 na stacji AM8 w dniu 25 kwietnia 2008
- Ryc. 100. Prognoza emisji ditlenku azotu w dniu 1 kwietnia
- Ryc. 101. Prognoza emisji pyłu PM10 w dniu 1 kwietnia
- Ryc. 102. Prognoza emisji ditlenku azotu w dniu 25 kwietnia
- Ryc. 103. Prognoza emisji pyłu PM10 w dniu 25 kwietnia
- Ryc. 104. Rozmieszczenie stacji automatycznego monitoringu atmosfery w Polsce.
- Ryc. 105. Stopklatki z filmu „Pamiętaj o atmoludku”.

Ryc. 106. Średni godzinowy indeks pomiarowy dla poszczególnych substancji w roku 2008
Ryc. 107 . Indeks pomiarowy liczony wg algorytmu ozon-nieozon

Niniejszy raport wykonano ze środków
Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej
w Gdańsku oraz dotacji Gmin Założycieli : Gdańska, Gdyni, Sopotu i Tczewa.

Fundacja ARMAAG
80-761 Gdańsk ul.Elbląska 66
www.armaag.gda.pl

Wszelkie prawa zastrzeżone
ISBN 978-83-913904-3-6
Egzemplarz bezpłatny

Korekta: Maria Markiewicz
Opracowanie graficzne: DRUKRANIA WL