

ZAŁĄCZNIK NR 3

**RAPORT (QA/QC) Z OCENY JAKOŚCI OBLICZEŃ
ROZPRZESTRZENIANIA SIĘ ZANIECZYSZCZEŃ ZA ROK 2014**

Stężenia tlenu węgla

Tabela 1. Porównanie wyników pomiaru oraz modelowania dla 8-godzinnej średniej kroczącej stężenia CO w 2014 r.

Stanowisko	Kod stacji	CO 8h					
		pomiar [µg/m ³]	model [µg/m ³]	Błąd względny (B _w) [%]	pomiar [µg/m ³]	model [µg/m ³]	RDE[%]
Szczecin, ul. Piłsudskiego	ZpSzczecin002	2372.00	1156.59	-51	2372.00	1156.59	12

Analizując wartość błędu względnego dla stężeń 8-godzinnych kroczących tlenu węgla stwierdzono, iż nie mieści się on w przewidzianej przez rozporządzenie Ministra Środowiska z 13 września 2012 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. z dnia 18 września 2012 r., poz. 1032)¹ granicach, które wynoszą 50%. Na stacji Szczecin ul. Piłsudskiego błąd względny wyniósł 51%.

Błąd względny (RDE), według dyrektywy 2008/50/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 21 maja 2008 r. w sprawie jakości powietrza i czystsze powietrze dla Europy², dla 8-godzinnych kroczących stężeń tlenu węgla może wynosić maksymalnie 50%. Błąd ten jest wrażliwy na stężenia zanieczyszczeń znajdujące się w pobliżu lub powyżej wartości granicznej. W przypadku wyników modelowania i pomiarów, które są dużo poniżej poziomów granicznych błąd RDE będzie stosunkowo mały. Dzięki tak zdefiniowanemu błędowi unika się sytuacji, gdy skrajnie małe wartości stężeń z pomiarów i modelu mogą powodować dużą wartość błędu, jak to ma miejsce w przypadku błędu względnego.

Należy zaznaczyć, że stanowisko CO posiada jedynie 83% ważnych danych. Według wymienionego już rozporządzenia tlenek węgla powinien posiadać minimalny procent ważnych danych na poziomie 90%, co może eliminować jedyną stację w województwie z analizy jakości modelowania.

Stężenia dwutlenku azotu

Tabela 2. Porównanie wyników pomiaru oraz modelowania dla średniego 1-godzinnego stężenia NO₂ w 2014 r.

Stanowisko	Kod stacji	NO ₂ 1h					
		pomiar [µg/m ³]	model [µg/m ³]	Błąd względny (B _w) [%]	pomiar [µg/m ³]	model [µg/m ³]	RDE[%]
Widuchowa, Bulwary Rybackie	ZpGryfWiduchowa003	34.00	17.07	-50	47.00	20.43	13
Koszalin, Armii Krajowej	ZpKoszalin005	95.00	101.23	7	127.00	117.68	5
Szczecinek, Przemysłowa	ZpSzcSzczecinek010	93.00	55.17	-41	131.00	65.76	33
Szczecin, Andrzejewskiego	ZpSzczecin001	68.00	68.29	0	96.00	78.14	9
Szczecin, Piłsudskiego	ZpSzczecin002	109.00	109.68	1	173.00	129.97	22

¹Rozporządzenie Ministra Środowiska z 13 września 2012 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. poz. 1032).

²Dyrektywa 2008/50/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 21 maja 2008 r. w sprawie jakości powietrza i czystsze powietrze dla Europy.

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska (*przypis 1*) dla stężeń 1-godzinnych dwutlenku azotu dopuszczalna wartość błędu względnego wynosi 50%. Kryterium to jest spełnione na wszystkich stacjach pomiarowych. Największy błąd względny wystąpił w Widuchowej (- 50%), tam też zaobserwowano zjawisko niedoszacowania wyników.

Według dyrektywy (*przypis 2*) dopuszczalna wartość błędu RDE dla 1-godzinnych stężeń dwutlenku azotu wynosi 50%. Wyznaczone powyżej błędy RDE we wszystkich stacjach spełniają wymagania określone przez dyrektywę. Największy błąd RDE otrzymano na stacji Szczecinek, ul. Przemysłowa (33%). Mimo, że największy błąd względny otrzymano na stacji w Widuchowej, to błąd RDE jest najwyższy w Szczecinku. Spowodowane jest to niskimi wartościami stężeń mierzonymi na stacji ZpGryfWiduchowa003 w stosunku do wartości odniesienia.

Tabela 3. Porównanie wyników pomiaru oraz modelowania dla średniego rocznego stężenia NO_2 w 2014 r.

Stanowisko	Kod stacji	NO ₂ rok					
		pomiar [μg/m ³]	model [μg/m ³]	Błąd Względny (B _w) [%]	RDE[%]	MQO	BIAS [μg/m ³]
Widuchowa, Bulwary Rybackie	ZpGryfWiduchowa003	7.69	2.81	-64	12	3.55	-4.88
Koszalin, Armii Krajowej	ZpKoszalin005	21.86	18.50	-15	8	0.86	-3.36
Szczecinek, Przemysłowa	ZpSzcSzczecinek010	20.27	8.23	-59	30	3.32	-12.04
Szczecin, Andrzejewskiego	ZpSzczecin001	14.99	13.89	-7	3	0.41	-1.10
Szczecin, Piłsudskiego	ZpSzczecin002	28.85	19.19	-34	24	1.87	-9.66

Dla średnich rocznych wartości stężeń dwutlenku azotu rozporządzenie Ministra Środowiska (*przypis 1*) dopuszcza wartość błędu względnego na poziomie 30%. Kryterium to zostało zachowane na stacjach w Szczecinie, ul. Andrzejewskiego oraz w Koszalinie ul. Armii Krajowej. W pozostałych przypadkach błąd względny jest wyższy niż 30%.

Zgodnie z dyrektywą (*przypis 2*) dopuszczalna wartość błędu RDE dla średnich rocznych wartości dwutlenku azotu wynosi 30%. Dla żadnej stacji błąd RDE nie przekroczył dopuszczonych 30%. Najwyższe wartości błędu RDE otrzymano dla stacji Szczecinek, ul. Przemysłowa (30%).

Tabela 4. Uzupełniające miary statystyczne dla średniego rocznego stężenia NO_2 w 2014 r.

MB [μg/m ³]	RMSE [μg/m ³]	RMSE _s [μg/m ³]	RMSE _u [μg/m ³]	IA	R (unormowany)	SD (unormowany)
6.21	7.41	6.51	3.55	0.74	1.98	0.28

Współczynnik MQO wskazuje na złe dopasowanie wyników modelowania do pomiarów w stacjach: Szczecin ul. Piłsudskiego, Szczecinek ul. Przemysłowa oraz Widuchowa Bulwary Rybackie. Wartość unormowanego współczynnika korelacji R także przekracza dopuszczalną normę. Unormowane odchylenie standardowe jest poniżej jedności, co jest prawidłowe dla dobrego modelu. Model różni się od pomiarów średnio o 6,21 μg/m³. Błąd średniokwadratowy RMSE wynosi 7,41 μg/m³, a jego część systematyczna jest dwukrotnie większa niż część niesystematyczna. Indeks zgodności wskazuje na umiarkowaną korelację.

Stężenia tlenków azotu

Tabela 5. Porównanie wyników pomiaru oraz modelowania, dla średniego rocznego stężenia NO_x w 2014 r.

Stanowisko	Kod stacji	NO_x rok					
		pomiar [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	model [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Błąd Względny (B_w) [%]	RDE[%]	MQO	BIAS [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Widuchowa, Bulwary Rybackie	ZpGryfWiduchowa003	9.9	6.0	-39	13	2.20	-3.90

W przypadku tlenków azotu określony jest poziom dopuszczalny ze względu na ochronę roślin, dlatego też w trakcie analizy statystycznej pominięto stacje o charakterze miejskim.

Rozporządzenie Ministra Środowiska (*przypis 1*) w ocenie jakości modelowania jako prawidłowe uznaje wyniki, w których błąd względny średnich rocznych stężeń tlenków azotu jest mniejszy niż 30%. Kryterium to nie zostało spełnione w przypadku wyników na stacji Widuchowa Bulwary Rybackie – błąd względny wyniósł 39%.

Dyrektywa (*przypis 2*) dopuszcza dla średnich rocznych wartości tlenków azotu błąd na poziomie 30%. Błąd RDE nie został przekroczony, ponieważ stężenia jakie uzyskano w stacji i z modelowania stanowią jedynie 33% wartości odniesienia dla średnich rocznych stężeń tlenków azotu. Kryterium dla błędu MQO, podobnie jak poprzednie miary błędów nie zostało spełnione dla stacji w Widuchowej. Model różnił się od pomiaru o $3,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Stężenia dwutlenku siarki

Tabela 6. Porównanie wyników pomiaru oraz modelowania, dla średniego 1-godzinnego stężenia SO_2 w 2014 r.

Stanowisko	Kod stacji	SO_2 1h					
		pomiar [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	model [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Błąd względny (B_w) [%]	pomiar [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	model [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	RDE[%]
Widuchowa, Bulwary Rybackie	ZpGryfWiduchowa003	29.419	10.503	-64	99.50	11.04	25
Koszalin, Armii Krajowej	ZpKoszalin005	11.026	11.550	5	18.50	12.63	2
Szczecinek, Przemysłowa	ZpSzcSzczecinek010	24.201	24.625	2	37.30	32.09	1
Szczecin, Andrzejewskiego	ZpSzczecin001	30.192	29.850	-1	88.60	34.83	15
Szczecin, Piłsudskiego	ZpSzczecin002	32.600	38.513	18	85.00	44.25	12

Wartość błędu względnego dla stężeń 1-godzinnych dwutlenku siarki w większości stacji mieści się w przewidzianych przez rozporządzenie Ministra Środowiska (*przypis 1*) granicach błędu, który wynosi 50 %. Najwyższy błąd, który jednocześnie przekracza wymaganie 50 %, występuje na stacji w Widuchowej, gdzie model w dużym stopniu wskazuje zaniżone wartości stężeń. Na pozostałych stacjach model lekko przeszacowuje wyniki.

Dopuszczalny przez dyrektywę (*przypis 2*) błąd RDE dla 1-godzinnych stężeń dwutlenku siarki wynosi 50%. Dla przedstawionych powyżej wyników błąd ten nie został przekroczony. Warunek ten został spełniony w przypadku wszystkich stacji. Największa wartość błędu RDE wynosi 25% na stacji w Widuchowej, a najmniejsza (1%) w Szczecinku. Niskie wartości

błędów RDE związane są z występowaniem niskich stężeń w stosunku do wartości odniesienia dla 1- godzinnych stężeń dwutlenku siarki, które wynosi $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabela 7. Porównanie wyników pomiaru oraz modelowania dla średniego dobowego stężenia SO_2 w 2014 r.

Stanowisko	Kod stacji	SO_2 24h					
		pomiar [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	model [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Błąd względny (B_w) [%]	pomiar [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	model [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	RDE[%]
Widuchowa, Bulwary Rybackie	ZpGryfWiduchowa003	14.86	6.39	-57	38.71	6.55	26
Koszalin, Armii Krajowej	ZpKoszalin005	6.43	7.33	14	7.40	8.29	1
Szczecinek, Przemysłowa	ZpSzcSzczecinek010	16.88	17.45	3	19.62	17.62	2
Szczecin, Andrzejewskiego	ZpSzcSzcecin001	17.98	15.40	-14	26.51	17.11	8
Szczecin, Piłsudskiego	ZpSzcSzcecin002	22.42	21.78	-3	27.45	25.59	1

Podobnie jak w przypadku średnich 1-godzinnych stężeń dwutlenku siarki, również dla średnich 24-godzinnych rozporządzenie Ministra Środowiska w ocenie jakości modelowania względem pomiarów dopuszcza błędy na poziomie 50%. Na wszystkich stacjach, z wyjątkiem Widuchowej Bulwary Rybackie, wymagany poziom błędu względnego został dotrzymany. Błąd względny waha się od 14 % w Koszalinie ul. Armii Krajowej i Szczecinie ul. Andrzejewskiego, do 3 % w pozostałych stacjach.

Dla średnich 24-godzinnych stężeń dwutlenku siarki dopuszczalny jest błąd RDE na poziomie 50 %. W przedstawionej powyżej analizie kryterium błędu RDE zostało spełnione na wszystkich stacjach.

Tabela 8. Porównanie wyników pomiaru oraz modelowania dla średniego rocznego stężenia SO_2 w 2014 r.

Stanowisko	Kod stacji	SO_2 rok					
		pomiar [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	model [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Błąd względny (B_w) [%]	RDE[%]	MQO	BIAS [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Widuchowa, Bulwary Rybackie	ZpGryfWiduchowa003	2,3	2,8	17	2	0.82	0.50
Koszalin, Armii Krajowej	ZpKoszalin005	2,8	2,9	4	0	0.13	0.10
Szczecinek, Przemysłowa	ZpSzcSzczecinek010	3,2	3,3	4	1	0.12	0.10
Szczecin, Andrzejewskiego	ZpSzcSzcecin001	4,1	4,1	0	0	0.00	0.00
Szczecin, Piłsudskiego	ZpSzcSzcecin002	5,0	6,0	21	5	0.75	1.00

Wartość błędu względnego dla stężeń średnich rocznych dwutlenku siarki przez rozporządzenie Ministra Środowiska (*przypis 1*) wynosi 30%. Na wszystkich stacjach model nieznacznie przeszacowuje wyniki pomiarów. Najwyższy błąd względny otrzymano na stacji Szczecin ul. Piłsudskiego, który wyniósł 21 %.

Dyrektywa (*przypis 2*) dopuszcza błąd dla średnich rocznych wartości dwutlenku siarki na poziomie 30%. Błąd RDE w żadnej stacji nie przekroczył dopuszczalnej wartości.

Tabela 9. Uzupełniające miary dla średniego rocznego stężenia SO₂ w 2014 r.

MB [µg/m ³]	RMSE [µg/m ³]	RMSE _s [µg/m ³]	RMSE _u [µg/m ³]	IA	R (unormowany)	SD (unormowany)
-0.34	0.50	0.38	0.33	0.95	0.11	0.27

Wskaźnik MQO nigdzie nie przekroczył wymaganego (MQO<1). Model średnio różni się od pomiarów o 0,34 µg/m³. Współczynnik RMSE jest niski (0,5 µg/m³), a część systematyczna jest prawie równa części niesystematycznej. Indeks zgodności wskazuje na całkowitą korelację pomiędzy modelem a pomiarami. Unormowany współczynnik korelacji R i unormowane odchylenie standardowe SD są poniżej kryterialnej wartości 1.

Stężenia pyłu zawieszonego PM10

Tabela 10. Porównanie wyników pomiaru oraz modelowania dla średniego dobowego stężenia pyłu zawieszonego PM10 w 2014 r.

Stanowisko	Kod stacji	PM10 24h					
		pomiar [µg/m ³]	model [µg/m ³]	Błąd Względny (B _w) [%]	pomiar [µg/m ³]	model [µg/m ³]	RDE[%]
Widuchowa, Bulwary Rybackie	ZpGryfWiduchowa003	49.34	21.38	-57	50.10	21.66	57
Koszalin, Armii Krajowej	ZpKoszalin005	47.50	40.88	-14	50.17	48.57	3
Koszalin, Spasowskiego	ZpKoszalin006	41.50	31.98	-23	49.94	53.49	7
Myślubórz	ZpMysMysliborz007	60.00	55.59	-7	49.34	49.51	0
Szczecinek, ul. 1 Maja	ZpSzcSzczecinek008	50.27	51.13	2	50.10	48.21	4
Szczecinek, Artyleryjska	ZpSzcSzczecinek009	57.98	54.52	-6	50.00	49.07	2
Szczecinek, Przemysłowa	ZpSzcSzczecinek010	55.33	54.52	-1	49.92	51.27	3
Szczecin, Andrzejewskiego	ZpSzczecin001	47.58	39.96	-16	50.01	46.35	7
Szczecin, Piłsudskiego	ZpSzczecin002M	52.70	52.84	0	49.99	50.71	1
Szczecin, ul. Łączna	ZpSzczecin004	45.18	45.04	0	49.90	63.71	28

Rozporządzenie Ministra Środowiska (*przypis 1*) nie określa wartości błędu względnego dla 24-godzinnych stężeń zanieczyszczeń pyłu zawieszonego PM10. Jednak przy założeniu, że dopuszczalny błąd, który wynosi 50%, wszystkie uzyskane wyniki modelowania mieściłyby się w określonych granicach. Największe wartości błędu uzyskano dla stacji w Widuchowej, gdzie jednocześnie przekroczony został przyjęty błąd względny.

Dyrektywa (*przypis 2*), podobnie jak rozporządzenie Ministra Środowiska nie ma zdefiniowanej dopuszczalnej wartości błędu RDE. Postępując podobnie jak wyżej tzn. uznając, że dla średnich 24-godzinnych stężeń pyłu zawieszonego PM10 błąd RDE może wynosić 50%, dla każdej stacji z wyjątkiem Widuchowej otrzymano pozytywny wynik. Wysokie wartości błędu określonego wynikają z faktu, że analizowane stężenia są bliskie wartości odniesienia dla średniego dobowego stężenia pyłu zawieszonego PM10, które wynosi 50 µg/m³.

Tabela 11. Porównanie wyników pomiaru oraz modelowania dla średniego rocznego stężenia pyłu zawieszonego PM10 w 2014 r.

Stanowisko	Kod stacji	PM10 rok					
		pomiar [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	model [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Błąd względny (B_w) [%]	RDE[%]	MQO	BIAS [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Widuchowa, Bulwary Rybackie	ZpGryfWiduchowa003	27.3	11.8	-57	39	3.69	-15.50
Koszalin, Armii Krajowej	ZpKoszalin005	26.9	24.5	-9	6	0.58	-2.40
Koszalin, Spasowskiego	ZpKoszalin006	23.3	19.2	-18	10	1.14	-4.10
Myślibórz	ZpMysMysliborz007	31.0	28.8	-7	6	0.46	-2.20
Szczecinek, ul. 1 Maja	ZpSzcSzczecinek008	27.8	27.2	-2	2	0.14	-0.60
Szczecinek, Artyleryjska	ZpSzcSzczecinek009	30.7	30.5	-1	1	0.04	-0.20
Szczecinek, Przemysłowa	ZpSzcSzczecinek010	28.1	28.6	2	1	0.12	0.50
Szczecin, Andrzejewskiego	ZpSzcSzczecinek001	25.7	25.1	-2	2	0.15	-0.60
Szczecin, Piłsudskiego	ZpSzcSzczecinek002M	30.1	30.2	0	0	0.02	0.10
Szczecin, ul. Łączna	ZpSzcSzczecinek004	24.8	23.4	-5	3	0.37	-1.40

Wartość błędu względnego dla stężeń średnich rocznych pyłu zawieszonego PM10 w przypadku większości stacji mieści się w przewidzianych przez rozporządzenie Ministra Środowiska (*przypis 1*) granicach, które wynoszą 50 %. Ponownie dla stacji w Widuchowej otrzymano najwyższą wartość błędu względnego, która nie mieści się w kryteriach określonych przez rozporządzenie.

Podobnie jak rozporządzenie, dyrektywa (*przypis 2*) dopuszcza wartość błędu RDE dla średnich rocznych wartości pyłu zawieszonego PM10 na poziomie 50%. Dla żadnej stacji błąd RDE nie przekroczył dopuszczonej kryterialnej wartości. Najwyższy błąd RDE jest, podobnie jak błąd względny, w Widuchowej (39%).

Tabela 12. Uzupełniające miary dla średniego rocznego stężenia pyłu zawieszonego PM10 w 2014 r.

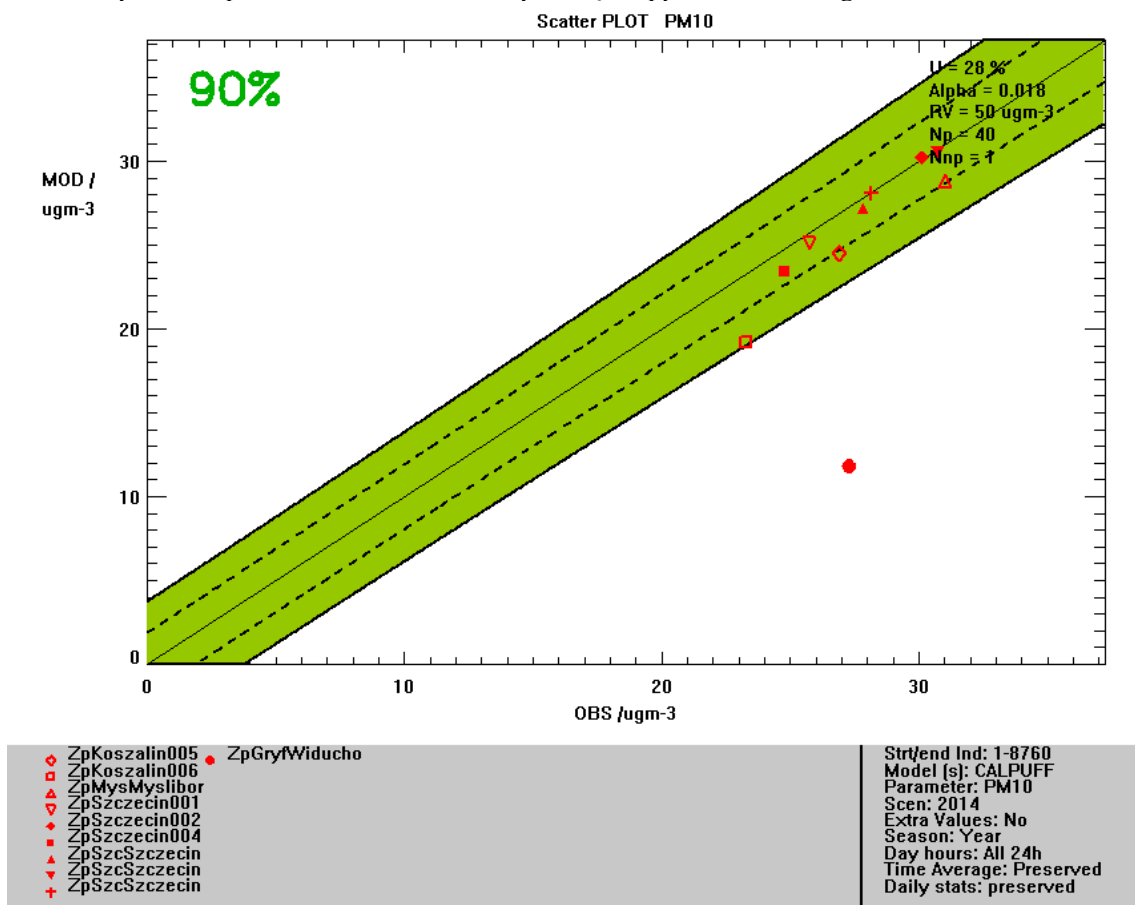
MB [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	RMSE [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	RMSE _s [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	RMSE _u [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	IA	R (unormowany)	SD (unormowany)
2.64	5.20	2.77	4.40	0.54	0.29	0.76

Kryterium MQO <1 jest spełnione prawie dla wszystkich stacji. Współczynnik MQO jest większy od jedności dla stacji: Widuchowa, Bulwary Rybackie i Koszalin, Spasowskiego.

Model różni się od pomiarów średnio o 2,64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Błąd średniokwadratowy wynosi 5,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a jego część systematyczna jest niższa od niesystematycznej. Indeks zgodności wskazuje na umiarkowaną korelację. Wskaźniki: unormowany współczynnik korelacji i unormowane odchylenie standardowe są mniejsze od 1.

Poniżej przeprowadzono analizę błędów dla średnich rocznych stężeń pyłu zawieszonego PM10, przeprowadzoną za pomocą narzędzia Delta Tool rekomendowanego do oceny jakości modelowania i walidacji modelu.

Rysunek 1. Wykres rozproszenia średnich rocznych stężeń pyłu zawieszonego PM10



Na wykresie rozproszenia średnich rocznych stężeń pyłu zawieszonego PM10 każdy punkt odpowiada jednej stacji. Oś rzędnych odpowiada średnim zmierzonym stężeniom pyłu zawieszonego PM10, a oś odciętych wynikom modelowania. Zielonym kolorem zaznaczono obszar prawidłowych wyników, które spełniają kryterium MQO. W lewym górnym rogu umieszczono informacje o procencie stacji spełniających założone wymagania.

Dla średnich 24-godzinnych stężeń pyłu zawieszonego PM10, 90% stacji spełnia warunek MQO<1. Przeprowadzona wcześniej analiza błędu MQO wskazywała, że w dwóch stacjach założone kryterium (MQO<1) nie zostało spełnione. Natomiast według powyższego wykresu dla tylko jednej stacji MQO jest większe od jedności.

Stężenia pyłu zawieszonego PM2,5

Tabela 13. Porównanie wyników pomiaru oraz modelowania dla średniego rocznego stężenia pyłu zawieszonego PM2,5 w 2014 r.

Stanowisko	Kod stacji	PM2,5 rok					
		pomiar [µg/m ³]	model [µg/m ³]	Błąd Względny (B _w) [%]	RDE[%]	MQO	BIAS [µg/m ³]
Koszalin, Spasowskiego	ZpKoszalin006	16.55	11.63	-30	20	1.93	-4.92
Myślubórz	ZpMysMysliborz007	24.14	22.83	-5	5	0.35	-1.31
Szczecin, Andrzejewskiego	ZpSzczecin001	18.21	13.84	-24	18	1.56	-4.38
Szczecin, Piłsudskiego	ZpSzczecin002	22.48	22.19	-1	1	0.06	-0.29

Wartość błędu względnego dla stężeń średnich rocznych pyłu zawieszonego PM_{2,5} mieści się w przewidzianych przez rozporządzenie Ministra Środowiska (*przypis 1*) granicach, które wynoszą 50 %.

Wartości błędu RDE są niewielkie. Najwyższą wartość RDE otrzymano w stacji Koszalin. Według dyrektywy (*przypis 2*) RDE dla średnich rocznych stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} może maksymalnie wynosić 50%, co zostało spełnione we wszystkich stacjach.

Tabela 14. Uzupełniające miary średniego rocznego stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} w 2014 r.

MB [µg/m ³]	RMSE [µg/m ³]	RMSE _s [µg/m ³]	RMSE _u [µg/m ³]	IA	R (unormowany)	SD (unormowany)
3.54	3.88	3.88	0.11	0.81	0.00	0.64

Wskaźnik MQO, na stacjach Szczecin ul. Andrzejewskiego oraz Koszalin ul. Spasowskiego jest niewiele większy od jedności. Model różni się od pomiarów średnio o 3,54 µg/m³. Błąd średniokwadratowy wynosi 3,88 µg/m³, część niesystematyczna jest mniejsza od systematycznej. Indeks zgodności wskazuje wysoką zgodność modelowania z pomiarami. Unormowane wskaźniki R i SD są poniżej jedności.

Stężenia benzo(a)pirenu

Tabela 15. Porównanie wyników pomiaru oraz modelowania, dla średniego rocznego stężenia B(a)P, w 2014 r.

Stanowisko	Kod stacji	B(a)P rok					
		pomiar [µg/m ³]	model [µg/m ³]	Błąd Względny (B _w) [%]	RDE [%]	MQO	BIAS [µg/m ³]
Widuchowa, Bulwary Rybackie	ZpKoszalin006	1.71	1.42	-17	29	0.47	-0.29
Koszalin, Spasowskiego	ZpMysMysliborz007	4.90	4.53	-7	37	0.21	-0.37
Szczecinek, ul. 1 Maja	ZpSzcSzczecinek008	3.04	3.05	0	1	0.01	0.01
Szczecinek, Artyleryjska	ZpKoszalin006	1.71	1.42	-17	29	0.47	-0.29
Szczecin, Andrzejewskiego	ZpSzcSzcecin001	1.86	1.83	-2	3	0.04	-0.03
Szczecin, Piłsudskiego	ZpSzcSzcecin002M	2.46	2.28	-7	18	0.20	-0.18

Wartość błędu względnego dla stężeń średnich rocznych B(a)P na większości stacji mieści się w przewidzianych przez rozporządzenie Ministra Środowiska (*przypis 1*) granicach, które wynoszą 60 %.

Wartości błędu RDE są mocno zróżnicowane ale we wszystkich stacjach kryterium 60% zostało dotrzymane. Największe wartości błędu RDE otrzymano dla Koszalina (37%).

Tabela 16. Uzupełniające miary średniego rocznego stężenia B(a)P w 2014 r.

MB [µg/m ³]	RMSE [µg/m ³]	RMSE _s [µg/m ³]	RMSE _u [µg/m ³]	IA	R (unormowany)	SD (unormowany)
0.19	0.24	0.20	0.13	0.99	0.03	0.04

Kryterium dobrego modelu dla wskaźnika MQO zostało spełnione na wszystkich stacjach. Współczynniki R i SD wskazują na bardzo dobrą jakość modelowania. Model różni się średnio o 0,19 µg/m³, a błąd średniokwadratowy RMSE wynosi 0,24 µg/m³. Indeks zgodności wskazuje na całkowitą korelację z wynikami pomiarów.

Stężenia ołowiu

Tabela 17. Porównanie wyników pomiaru oraz modelowania, dla średniego rocznego stężenia ołowiu w 2014 r.

Stanowisko	Kod stacji	Pb rok					
		pomiar [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	model [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Błąd Względny (B_w) [%]	RDE[%]	MQO	BIAS [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Widuchowa, Bulwary Rybackie	ZpGryfWiduchowa003	0.008	0.001	-83	1	2.08	-0.01
Koszalin, Spasowskiego	ZpKoszalin006	0.004	0.004	-14	0	0.00	0.00
Szczecinek, ul. 1 Maja	ZpSzcSzczecinek008	0.013	0.007	-49	1	1.10	-0.01
Szczecin, Andrzejewskiego	ZpSzczecin001	0.005	0.005	0	0	0.00	0.00

Wartość błędu względnego dla stężeń średnich rocznych metali ciężkich określona w rozporządzeniu Ministra Środowiska (*przypis 1*) nie powinna przekroczyć 50%. Błąd względny przekracza założone kryterium na stacji Widuchowa Bulwary Rybackie. Mamy tu do czynienia z wartościami wynoszącymi maksymalnie do 3% poziomowi dopuszczalnego. Dyrektywa (*przypis 2*) określa maksymalny możliwy błąd RDE dla średnich rocznych stężeń ołowiu na poziomie 50%. Kryterium to zostało spełnione na wszystkich stanowiskach pomiarowych.

Tabela 18. Uzupełniające miary średniego rocznego stężenia arsenu w 2014 r.

MB [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	RMSE [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	RMSE _s [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	RMSE _u [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	IA	R (unormowany)	SD (unormowany)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	1.93	0.49

Wskaźnik MQO na dwóch stanowiskach przekracza kryterialną wartość 1. Unormowany współczynnik korelacji przekracza dopuszczalną wartość. Błąd średni i średniokwadratowy są praktycznie zerowe. Oznacza to, że stężenia dla których wyznaczone zostały błędy są bardzo małe, stąd wysokie, przekraczające określone normy wartości przedstawionych wskaźników.

Stężenia arsenu

Tabela 19. Porównanie wyników pomiaru oraz modelowania dla średniego rocznego stężenia arsenu w 2014 r.

Stanowisko	Kod stacji	As rok					
		pomiar [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	model [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Błąd Względny (B_w) [%]	RDE[%]	MQO	BIAS [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Widuchowa, Bulwary Rybackie	ZpGryfWiduchowa003	1.12	0.18	-84	16	1.50	-0.94
Koszalin, Spasowskiego	ZpKoszalin006	0.44	0.32	-28	2	0.49	-0.12
Szczecinek, ul. 1 Maja	ZpSzcSzczecinek008	0.53	0.58	9	1	0.17	0.05
Szczecin, Andrzejewskiego	ZpSzczecin001	0.68	0.46	-32	4	0.58	-0.22

Według rozporządzenia Ministra Środowiska (*przypis 1*) dla średnich rocznych stężeń metali ciężkich błąd względny nie powinien przekraczać 60%. Kryterium to nie zostało spełnione ponownie dla stacji w Widuchowej Bulwary Rybackie.

Dyrektywa (*przypis 2*) dopuszcza wartość błędu RDE dla arsenu na poziomie 60%, zostało dotrzymane dla wszystkich stacji

Tabela 20. Uzupełniające miary średniego rocznego stężenia arsenu w 2014 r.

MB [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	RMSE [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	RMSE _s [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	RMSE _u [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	IA	R (unormowany)	SD (unormowany)
0.31	0.49	0.47	0.11	0.33	2.01	0.33

Wskaźnik MQO w stacji Widuchowa, Bulwary Rybackie przekroczył kryterialną wartość 1. Błąd średni i średniokwadratowy wynoszą odpowiednio: $0,31\mu\text{g}/\text{m}^3$ i $0,49\mu\text{g}/\text{m}^3$. Indeks zgodności wskazuje na niską korelację. Wskaźnik unormowanego odchylenia standardowego SD jest prawidłowe, natomiast unormowany współczynnik korelacji R przekracza dopuszczalną wartość 1.

Stężenia niklu

Tabela 21. Porównanie wyników pomiaru oraz modelowania dla średniego rocznego stężenia niklu w 2014 r.

Stanowisko	Kod stacji	Ni rok					
		pomiar [ng/m^3]	model [ng/m^3]	Błąd względny (B _w) [%]	RDE [%]	MQO	BIAS [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Widuchowa, Bulwary Rybackie	ZpGryfWiduchowa003	1.56	0.33	-79	6	1.07	-1.23
Koszalin, Spasowskiego	ZpKoszalin005	1.39	1.41	2	0	0.02	0.02
Szczecinek, ul. 1 Maja	ZpSzcSzczecinek008	1.20	1.19	-1	0	0.01	-0.01
Szczecin, Andrzejewskiego	ZpSzczecin001	1.25	1.38	10	1	0.14	0.13

Błąd względny wyznaczony dla średnich rocznych stężeń niklu według rozporządzenia Ministra Środowiska (*przypis 1*) może wynosić maksymalnie do 60%. Wartość ta została przekroczona na stacji w Widuchowej. Jednak wyniki pomiarów i modelowania są na tyle niskie w stosunku do poziomu docelowego, że tak duże błędy nie powinny prowadzić do wniosku o konieczności poprawy jakości modelowania dla tego zanieczyszczenia.

Wskazuje na to także błąd RDE, który maksymalnie wynosi 6% w Widuchowej, a dopuszczalna wartość błędu RDE dla niklu wynosi 60%.

Tabela 22. Uzupełniające miary średniego rocznego stężenia niklu w 2014 r.

MB [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	RMSE [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	RMSE _s [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	RMSE _u [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	IA	R (unormowany)	SD (unormowany)
0.27	0.62	0.55	0.28	0.06	0.09	0.35

Wskaźnik MQO dla stacji w Widuchowej jest powyżej kryterialnej wartości 1. Model średnio jest wyższy od pomiarów o $0.27\mu\text{g}/\text{m}^3$. Błąd średniokwadratowy wynosi $0.62\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Współczynniki unormowane R i SD są poniżej kryterialnej wartości 1.

Stężenia kadmu

Tabela 23. Porównanie wyników pomiaru oraz modelowania, dla średniego rocznego stężenia kadmu w 2014 r.

Stanowisko	Kod stacji	Cd rok					
		pomiar [$\eta\text{g}/\text{m}^3$]	model [$\eta\text{g}/\text{m}^3$]	Błąd Względny (B_w) [%]	RDE[%]	MQO	BIAS [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Widuchowa, Bulwary Rybackie	ZpGryfWiduchowa003	0.27	0.13	-52	3	0.93	-0.14
Koszalin, Spasowskiego	ZpKoszalin006	0.13	0.13	2	0	0.00	0.00
Szczecinek, ul. 1 Maja	ZpSzcSzczecinek008	0.17	0.23	35	1	0.63	0.06
Szczecin, Andrzejewskiego	ZpSzczecin001	0.16	0.16	1	0	0.00	0.00

Błąd względny pomiędzy wynikami modelowania i pomiarami według rozporządzenia Ministra Środowiska (*przypis 1*) dla średnich rocznych stężeń kadmu może maksymalnie wynosić 60%. Kryterium to zostało spełnione dla wszystkich stacji.

Dyrektywa (*przypis 2*) dopuszcza błąd RDE dla średnich rocznych stężeń kadmu na poziomie 60%, co jest spełnione we wszystkich punktach pomiarowych.

Tabela 24. Uzupełniające miary średniego rocznego stężenia kadmu w 2014 r.

MB [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	RMSE [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	RMSE _s [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	RMSE _u [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	IA	R (unormowany)	SD (unormowany)
0.02	0.08	0.06	0.04	0.36	0.87	0.13

Wskaźnik MQO nigdzie nie przekroczył wymaganego kryterium. Model średnio nie różni się od pomiarów o $0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Współczynnik RMSE także wynosi $0,08 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Indeks zgodności wskazuje na niską pomiędzy modelem a pomiarami. Unormowany współczynnik korelacji (R) i unormowane odchylenie standardowe są poniżej kryterialnej wartości 1.