

# KLASYFIKACJA JAKOŚCI POWIETRZA W OPARCIU O WSKAŹNIKI WZGLĘDNEGO RYZYKA WZROSTU UMIERALNOŚCI

Halina PYTA

Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN, 41-800 Zabrze, ul. M. Skłodowskiej-Curie 34  
[pyta@ipis.zabrze.pl](mailto:pyta@ipis.zabrze.pl)

## STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono alternatywną, w odniesieniu do tradycyjnego podejścia, formułę indeksu jakości powietrza API, umożliwiającą określenie sumarycznego oddziaływania współwystępujących zanieczyszczeń. Zaproponowany indeks nawiązuje wprost do zagrożenia zdrowia, gdyż operuje funkcją ryzyka wzrostu umieralności. Wyniki klasyfikacji jakości powietrza z użyciem API pokazano na przykładzie danych ze stacji monitoringu w Dąbrowie Górniczej za 2006 r.

### 1. Wprowadzenie

Indeks jakości powietrza (AQI) to rodzaj komunikatu o skażeniu powietrza przez podstawowe zanieczyszczenia, przekazywany opinii publicznej za pośrednictwem mediów. Celem wyliczania indeksu jest ostrzeżenie przed sytuacjami, które mogą stanowić zagrożenie zdrowia. Koncepcja klasyfikacji jakości powietrza powstała w latach 60-tych, a w Europie stała się popularna w latach 90-tych [1]. Polska jest jednym z niewielu krajów, które nie wypracowały własnej formuły AQI. Nie powiodły się również próby opracowania wspólnej europejskiej formuły AQI. Tradycyjne formuły indeksów, nawiązujące do standardów jakości powietrza, nie uwzględniają synergetycznych, ani nawet addytywnych skutków oddziaływania współwystępujących zanieczyszczeń. Stąd coraz więcej opinii krytykujących takie podejście i rozwiązań alternatywnych [2]. Ciekawą propozycję, opartą na publikacjach WHO i dobrze udokumentowanych badaniach w 26 europejskich miastach, obejmujących populację 30 mln osób, przedstawił Cairncross [3]. Konstruując indeks na potrzeby systemu prognozy zanieczyszczenia atmosfery w Cape Town (RPA) wykorzystał on dobowe wskaźniki względnego ryzyka umieralności przypisane wzrostowi stężenia głównych zanieczyszczeń o  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Wybór ogólnego wskaźnika umieralności jako kryterium ryzyka zdrowotnego wynikał z faktu, że spośród danych publikowanych przez WHO, był to jedyny wskaźnik dostępny dla głównych zanieczyszczeń powietrza.

### 2. Sposób wyliczania indeksu API

Niżej omówiono zmodyfikowaną wersję indeksu API zaproponowanego przez Cairncrossa. Założono, że priorytetowym zanieczyszczeniem jest pył zawieszony PM<sub>10</sub>. W tabeli 1 zestawiono dobowe wskaźniki WHO względnego ryzyka umieralności (RR) wskutek wzrostu stężenia zanieczyszczeń o  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  [4]. Wskaźnik dla CO pochodzi z prac Schwartza [5]. Indeks jest wyliczany dla średniodobowego stężenia PM<sub>10</sub> lub PM<sub>2,5</sub>, dla średniodobowego stężenia SO<sub>2</sub>, dla maksimum dobowego (z 8h) stężeń O<sub>3</sub> lub dla maksimum dobowego (z 1h) stężeń O<sub>3</sub>, dla maksimum dobowego (z 1h) stężeń NO<sub>2</sub> oraz dla maksimum dobowego (z 8h) stężeń CO.

Łączne ryzyko ekspozycji jest sumą ryzyka powodowanego przez każde zanieczyszczenie:

$$(RR - 1)_{og.} = \sum_i [(RR_i - 1)] \quad (1)$$

gdzie:  $i = 1, 2$  do  $5$  - nr kolejny zanieczyszczenia.

Ogólny indeks API jest sumą pięciu indeksów cząstkowych PSI:

$$API = \sum_i PSI_i = \sum_i a_i \cdot C_i \quad (2)$$

gdzie:  $a_i$  – współczynnik proporcjonalności dla  $i$ -tego zanieczyszczenia,

$C_i$  – stężenie  $i$ -tego zanieczyszczenia.

Tabela 1. Względne ryzyko umieralności RR przypadające na przyrost stężenia  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (dla  $\text{CO} = 10 \text{ mg}/\text{m}^3$ ).

Zgony na 100 tys.	PM10	PM2,5	SO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	CO
	Śr. 24h	śr. 24h	śr. 24h	maks. 8h	maks. 1h	maks. 1h	maks. 8h
	RR (dolna - górna granica 95% przedziału ufności)						
1013	1,0074 (1,0062-1,0086)	1,015 (1,011-1,019)	1,004 (1,003-1,0048)	1,0051 (1,00023-1,0078)	1,0046 (1,0028-1,0066)	1,003 (1,0018-1,0034)	1,04 (b.d.)

Przyjęto 11 klas jakości powietrza. Każdej klasie przypisano poziom względnego ryzyka wzrostu umieralności proporcjonalnie do  $RR_i$  przy  $\Delta C_i = 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Indeks „0” przypisano stężeniu  $C_i = 0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  oraz jednostkowemu poziomowi ryzyka względnego  $RR = 1$ . Indeks „1” przypisano niezerowym wartościom stężenia ( $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dla PM10,  $9,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dla PM2,5,  $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dla SO<sub>2</sub> itd.) i poziomowi  $RR = 1,0148$  (tabela 2).

Tabela 2. Poziomy względnego ryzyka umieralności RR i liczby kryterialne stężenia w kolejnych klasach PSI.

Wskaźnik RR (bezw.)	Klasa PSI	PM10 24h ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM2,5 24h ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	SO <sub>2</sub> 24h ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	O <sub>3</sub> 8h ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	O <sub>3</sub> 1h ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	NO <sub>2</sub> 1h ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	CO 8h ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )
1	0	0	0	0	0	0	0	0
1,0148	1	20	9,9	37,0	29,0	32,2	49,3	3,7
1,0296	2	40	19,7	74,0	58,0	64,3	98,7	7,4
1,0444	3	60	29,6	111,0	87,1	96,5	148,0	11,1
1,0592	4	80	39,5	148,0	116,1	128,7	197,3	14,8
1,0740	5	100	49,3	185,0	145,1	160,9	246,7	18,5
1,0888	6	120	59,2	222,0	174,1	193,0	296,0	22,2
1,1036	7	140	69,1	259,0	203,1	225,2	345,3	25,9
1,1184	8	160	78,9	296,0	232,2	257,4	394,7	29,6
1,1332	9	180	88,8	333,0	261,2	289,6	444,0	33,3
>1,1480	10+	>200	>98,7	>370,0	>290,2	>321,7	>493,3	>37,0

Indeks „2” przypisano poziomowi  $RR = 1,0296$  itd., co  $\Delta RR = 0,0148$ . Indeks „10+” przypisano poziomowi  $RR > 1,148$ . Wartości RR w pierwszej kolumnie tabeli 2 i stężenia przypisane kolejnym klasom to wartości średnie, reprezentujące przedział zmienności. Wyjątek stanowi klasa „10+”, która ma charakter otwarty, tzn. zawiera poziomy stężenie przyporządkowane  $PSI_i > 9$  i wartościom RR wyższym niż dla klasy „9”. Dzięki takiemu zabiegowi możliwa jest analiza przypadków o ekstremalnie wysokim API. W celu przypisania każdemu przedziałowi RR odpowiedniej liczby reprezentującej klasę jakości powietrza przyjęto, że priorytetowym zanieczyszczeniem jest pył PM10. Klasy jakości powietrza i przypisane do tych klas kryterialne poziomy ryzyka względnego RR ustalano względem stężenia PM10. Liczby kryterialne



Analizując wartości zestawione w tabeli 3, widać istotną różnicę pomiędzy klasyfikacją stężenia pojedynczego zanieczyszczenia, a klasyfikacją ogólnego stanu zanieczyszczenia powietrza. O ile w przypadku PSI jedynie dla PM10 (podobnie dla PM2,5 i SO<sub>2</sub>) odnotowano kilka % dni w roku zaliczonych do klasy 7, 8, 9 i 10+, to w przypadku API było to już ok. 50%. Względnie wysoki udział dni przypisanych do klasy 10+ był efektem smogu zimowego na początku 2006 r. Generalnie należy się spodziewać bardziej wyrównanego rozkładu API w klasach od 7 do 10+. Zanieczyszczeniem odpowiedzialnym za wysokie wartości AQI w cieplejszej połowie roku jest O<sub>3</sub>, a w chłodniejszej – pył zawieszony (zwłaszcza PM2,5). Udział NO<sub>2</sub> jest wyrównany w ciągu roku, a jego znaczenie mniejsze. Najslabiej, głównie zimą, zaznacza się wkład SO<sub>2</sub> i CO. Biorąc pod uwagę marginalny udział PSI dla CO mierzonego w stacjach komunikacyjnych [6] i brak problemów z przekraczaniem stężenia dopuszczalnego wydaje się, że wykluczenie CO z formuły indeksu API nie spowoduje istotnych zmian wartości API. Pomimo przyjęcia łagodnych kryteriów klasyfikacji PSI, w analizowanym ciągu danych nie odnotowano ani jednego przypadku stwarzającego minimalne ryzyko (< 3%) wzrostu liczby zgonów na skutek wzrostu stężenia wszystkich analizowanych zanieczyszczeń.

#### 4. Wnioski

W pracy przedstawiono alternatywną propozycję indeksu API w odniesieniu do tradycyjnych formuł, nawiązujących do standardów jakości powietrza. Addytywna formuła API ujmuje sumujące się oddziaływania współwystępujących zanieczyszczeń, co było dotąd niemożliwe. Indeks API stanowi lepsze rozwiązanie, gdyż bezpośrednio nawiązuje do zdrowotnych skutków ekspozycji, poprzez wykorzystanie wskaźników WHO względnego ryzyka wzrostu umieralności, wskutek wzrostu stężenia zanieczyszczeń. Należy jednak mieć świadomość, że jest to wciąż opis uproszczony, który nie uwzględnia np. efektu synergizmu. Uproszczeniem w formule API jest założenie o proporcjonalnych zmianach RR dla  $\Delta C_i = 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  w całym zakresie stężeń. Usunięcie tych ograniczeń będzie możliwe dzięki odpowiednio ukierunkowanym badaniom epidemiologicznym.

#### Literatura

1. Pyta H., Szymańska K.: Indeks jakości powietrza. Ochrona Powietrza i Problemy Odpadów 2007, nr 5, 121-129.
2. Judek S., Jessiman B., Stieb D.M., Vet B.: Estimated Number of Excess Deaths in Canada due to Air Pollution. Application to a Reformulated Air Quality Index. Draft, August 30, 2004.
3. Cairncross E. K., John J.: Communicating air pollution exposure: A novel air pollution index system based on the relative risk of mortality associated with exposure to the common urban air pollutant. Proceedings of IUAPPA 13th Annual World Clean Air and Environmental Protection Congress and Exhibition, London, UK, August 22-27, 2004.
4. World Health Organization Europe: Health impact assessment of air pollution in 26 European cities: air pollution and health - an European information system. Second-year report 2000-2001, APHEIS 2001.
5. Schwartz J.: Is carbon monoxide a risk factor for hospital admission for heart failure? American Journal of Public Health 1995, vol. 85 (10), 1343-1345.
6. Pyta H. Indeks zanieczyszczenia powietrza aerozolem pyłowym i jego gazowymi prekursorami. Sprawozdanie z pracy statutowej Zespołu NP-I za 2007 r. Zał. 6, IPIŚ PAN, Zabrze, styczeń 2008 (praca niepublikowana).