

## UCIĄŻLIWOŚĆ ZAPACHOWA. PROGNOZOWANIE WRAŻEŃ CHWILOWYCH

JOANNA KOŚMIDER, BARTOSZ WYSZYŃSKI

Politechnika Szczecińska, Instytut Inżynierii Chemicznej i Procesów Ochrony Środowiska,  
Pracownia Zapachowej Jakości Powietrza, Aleja Piastów 42, 71-065 Szczecin

Keywords: odour concentrations, field inspections, maximal concentrations, instantaneous sensation.

### ODOUR ANNOYANCE. FORECASTING OF A INSTANTANEOUS SENSATION

Evaluations of odour intensity in plumes from cable factory, sugar factory and meat plant were made. Average (5-minute) and temporary (15-second) odour concentrations were calculated. Statistical analysis of distribution of obtained exponent values was performed for equation relating mean concentration TON (threshold odour number;  $\text{ou}/\text{m}^3$ ) to averaging time ( $t$ ):  $(\text{TON}_1/\text{TON}_2) = (t_2/t_1)^\alpha$ . Distribution median ( $\alpha = 0.29$ ) and 50% confidence interval ( $\alpha = 0.21 \div 0.41$ ) were calculated. There is need to continue the explorations toward establishing the relation of exponent  $\alpha$  to meteorological and topographic conditions and odour emission parameters.

#### Streszczenie

Wykonano oznaczenia intensywności zapachu występującego w smudze zanieczyszczeń emitowanych z fabryki kabli, cukrowni i zakładów mięsnych. Obliczono średnie pięciominutowe i chwilowe 15-sekundowe stężenia odorów. Przeprowadzono statystyczną analizę rozkładu otrzymanych wartości wykładnika potęgowego w równaniu wiążącym stężenia średnie ( $\text{LJZ} [\text{jz}/\text{m}^3]$ ) z czasem uśredniania ( $t$ ):  $(\text{LJZ}_1/\text{LJZ}_2) = (t_2/t_1)^\alpha$ . Wyznaczono medianę rozkładu:  $\alpha = 0,29$  oraz granice 50% przedziału ufności:  $0,21 \div 0,41$ . Wskazana jest kontynuacja badań w kierunku ustalenia zależności wykładnika  $\alpha$  od warunków meteorologicznych i topograficznych oraz parametrów emisji odorów.

#### WPROWADZENIE

Od 1998 roku wszystkie planowane inwestycje muszą być poprzedzone ocenami oddziaływania na środowisko w okresie budowy, eksploatacji i likwidacji, obejmującymi określenie potencjalnej zapachowej uciążliwości obiektu [12, 13]. Wykonanie jednoznacznych ocen uciążliwości odorów wymaga:

- oszacowania spodziewanej emisji tych zanieczyszczeń,
- określenia warunków ich emisji oraz rozprzestrzeniania się,
- zastosowania specyficznych metod obliczeniowego prognozowania stężeń przygruntowych w otoczeniu emitatorów.

Za jedyną wiarygodną podstawę oszacowań emisji odorów uważa się wyniki odorymetrycznych pomiarów stężenia zanieczyszczeń (liczba jednostek zapachowych, LJZ [ $\text{jz}/\text{m}^3$ ]) w gazach emitowanych z obiektów podobnych do projektowanego [4]. Wyniki tych pomiarów są coraz częściej publikowane w formie wskaźników emisji, wyrażonych w jednostkach zapachowych na jednostkę ilości przetwarzanych surowców lub wytwarzanych produktów.

Warunki emisji i rozprzestrzeniania się odorów są w dużym stopniu zależne od lokalizacji projektowanego obiektu (warunki meteorologiczne i topograficzne), regularności produkcji oraz parametrów emisji, takich jak wysokość emitatora oraz prędkość i temperatura gazów. Są one klasyczną podstawą wszystkich komputerowych symulacji dyspersji zanieczyszczeń powietrza.

Obliczeniowe prognozowanie zasięgu uciążliwości odorów jest bardziej skomplikowane od analogicznych obliczeń dotyczących zanieczyszczeń o ustalonych granicznych wartościach stężeń trzydziestominutowych [14]. Obliczenia powinny doprowadzić do określenia granic obszaru, na którym zapach emitowanych zanieczyszczeń będzie okresowo wyczuwalny przez 50% ludzi, co oznacza chwilowe przekroczenia progu wyczuwalności („stężenia progowego wyczuwalności”;  $\text{SPW} = 1 \text{ jz}/\text{m}^3$ ).

Z punktu widzenia komfortu mieszkańców otoczenia inwestycji potrzebne jest też wyznaczenie granic obszaru, na którym będzie pojawiać się zapach określany przez połowę ludzi jako rozpoznawalny, wyraźny lub mocny (przekraczane będą kolejne progowe stężenia odorantów).

Wyniki rutynowych symulacji rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń – maksymalne trzydziestominutowe stężenia odorów ( $\text{LJZ}_{30\text{-min}}$ ) – nie są w tych wypadkach miarodajne. Konieczne jest oszacowanie stężeń maksymalnych odniesionych do wielokrotnie krótszych czasów uśredniania – wystarczających do węchowej oceny zapachu.

Stosunek stężeń maksymalnych określonych dla różnych czasów uśredniania wyraża się najczęściej zależnością [2–3, 9]:

$$S_1/S_2 = (t_2/t_1)^\alpha, \quad (1)$$

gdzie:  $t_1$  i  $t_2$  – czas uśredniania,  $S_1$  i  $S_2$  – odpowiednie średnie stężenia zanieczyszczeń,  $\alpha$  – wykładnik zależny od warunków meteorologicznych (najczęściej publikowana wartość liczbowo:  $\alpha = 0,2$ ).

W odniesieniu do problemu odorów Hławiczka zaproponował przeliczanie stężeń średnich 30-minutowych (wynik symulacji dyspersji) na stężenia średnie 3-minutowe [2, 3]. Na podstawie analizy zmienności kierunku wiatru w Katowicach potwierdził wcześniejsze informacje literaturowe, dotyczące zakresu zmienności wykładnika  $\alpha$ . Wykazał, że przyjmuje on najczęściej wartości

$0,2 \div 0,4$ , przy czym najbardziej uzasadnione wydaje się stosowanie wartości średniej, a stąd:

$$S_1/S_2 = (t_2/t_1)^{0,34}, \quad (2)$$

Inaczej formułowana zależność między 30-minutowymi i chwilowymi stężeniami odorów leży u podstaw niemieckich procedur licencyjnych i kontrolnych, dotyczących obiektów uciążliwych zapachowo. Przed wprowadzeniem w roku 1993 norm zapachowej jakości powietrza przeprowadzono porównania rezultatów komputerowych symulacji dyspersji odorów z wynikami terenowych ocen zasięgu wyczuwalności zapachu (ekspertyzy i socjologiczne badania opinii ludności) [11]. Stwierdzono, że zapach emitowanych gazów jest wyczuwalny już wówczas, gdy obliczone stężenia trzydziestominutowe są dziesięciokrotnie mniejsze od stężenia progowego. Zalecono stosowanie mnożnika 10 podczas interpretacji wyników komputerowych symulacji rozprzestrzeniania się odorów w otoczeniu projektowanych obiektów. Zdefiniowano pojęcie „godziny odorowej”, wykorzystywane podczas ocen rzeczywistej uciążliwości pracujących zakładów. Udział „godzin odorowych” w skali roku jest obliczany na podstawie wyników 52 lub 104 dziesięciominutowych terenowych kontroli, wykonywanych przez ekspertów w wyznaczonych punktach ocenianego obszaru. Wystąpienie „godziny odorowej” stwierdza się, jeżeli zapach jest wyczuwany przez 10% czasu kontroli (1 min/10 min). W osiedlach mieszkaniowych udział „godzin odorowych” w skali roku nie może przekraczać 10% [10].

Mnożnik 10 jest od wielu lat stosowany przez zespół Politechniki Szczecińskiej [5–8]. Wielokrotnie przeprowadzano również terenową weryfikację wyników obliczeń. Podczas pięciominutowych kontroli, wykonywanych w różnych sytuacjach meteorologicznych w smudze zanieczyszczeń, oceniano intensywność zapachu ( $I$ ). Korzystając z prawa Webera-Fechnera obliczano stężenia odorów (liczba jednostek zapachowych, LJZ [ $\text{jz}/\text{m}^3$ ]): maksymalne chwilowe ( $\text{LJZ}_{\text{max}}$ ) i średnie ( $\text{LJZ}_{\text{sr}}$ ). W większości wypadków uzyskiwano potwierdzenie prognoz. Stwierdzono, że zapach może się sporadycznie pojawiać na obszarze ograniczonym izolinia percentyla 99,8  $\text{LJZ}_{30\text{-min}} = 0,1 \text{ jz}/\text{m}^3$ . Odpowiednio izolinia  $\text{LJZ}_{30\text{-min}} = 1 \text{ jz}/\text{m}^3$  otacza obszar, na którym stężenie odorów może chwilowo osiągać wartość  $10 \text{ jz}/\text{m}^3$ .

W czasie kilku lat zgromadzono bogaty zbiór wyników oznaczeń średnich i chwilowych stężeń odorów w smudze zanieczyszczeń. Umożliwia on doświadczalną weryfikację zależności (2), sformułowanej na podstawie analizy wahań wektora kierunku wiatru. Pozwala też określić właściwą dla prognozowania zapachowej uciążliwości emitatorów wartość stosunku czasów uśredniania  $t_2/t_1 = 30/t$  [min].

## ZAKRES I METODYKA BADAŃ

Na podstawie wyników terenowych pomiarów stężenia odorów LJZ [ $\text{jz}/\text{m}^3$ ] wyznaczono doświadczalne wartości wykładnika potęgowego  $\alpha$  w równaniu (1).

Pomiary stężeń wykonano w otoczeniu trzech typowych źródeł uciążliwych zanieczyszczeń powietrza: fabryki kabli, cukrowni i zakładów mięsnych (ubojnia, wędzarnia, wytwórnia mączki mięsno-kostnej, kompostownia). Przeanalizowano statystyczne rozkłady w zbiorze 99 wyników oznaczeń (52 kontrole w warunkach letnich i 47 kontroli w warunkach zimowych):

fabryka kabli (zima 1997):  $2 \div 8^\circ\text{C}$ , wiatr  $1 \div 7$  m/s, zachmurzenie:  $3/8 \div 8/8$ ;  
 cukrownia (zima 1998):  $4 \div 10^\circ\text{C}$ , wiatr  $2 \div 4$  m/s, zachmurzenie:  $4/8 \div 6/8$ ;  
 zakłady mięsne (lato 1998):  $18 \div 20^\circ\text{C}$ , wiatr  $1 \div 3$  m/s, zachmurzenie:  $3/8 \div 4/8$ .

Charakter obiektów pozwalał przyjąć, że rejestrowane w ich otoczeniu wahania stężenia odorów były spowodowane wyłącznie czynnikami decydującymi o ich transporcie w powietrzu (w czasie każdej serii pomiarów stężeń przygruntowych emisja odorów utrzymywała się na praktycznie niezmiennym poziomie).

W pomiarach uczestniczyli studenci Politechniki Szczecińskiej (około 90 osób). Członkowie czteroosobowych zespołów zajmowali naroża obszarów kontrolnych ( $10 \text{ m} \cdot 10 \text{ m}$ ), wyznaczonych w zasięgu smugi zanieczyszczeń w różnych odległościach od źródła zanieczyszczeń. Przez pięć minut co piętnaście sekund równocześnie rejestrowano indywidualne oceny intensywności zapachu. Korzystano ze skali intensywności: 0 – brak zapachu, 1 – zapach słaby/bardzo słaby, 2 – wyraźny, 3 – mocny/bardzo mocny. W czasie jednej kontroli każdy z uczestników notował opinie dotyczące najsilniejszego wrażenia odebranego w kolejnych dwudziestu okresach 15-sekundowych. Na podstawie czterech wypełnionych indywidualnych kart pomiaru sporządzano kartę zbiorczą (Rys. 1). Każda karta zbiorcza umożliwiała wyznaczenie dwóch wartości intensywności zapachu, charakteryzujących okres kontroli:

– średniej – obliczanej z uwzględnieniem wszystkich osiemdziesięciu ocen, zanotowanych przez cztery osoby w pięciominutowym okresie kontroli:

$$I_{\text{sr}} = (n_1 \cdot „1” + n_2 \cdot „2” + n_3 \cdot „3”)/80, \quad (3)$$

gdzie:  $n_1, n_2, n_3$  – liczba ocen: słaby („1”), wyraźny („2”), mocny („3”),

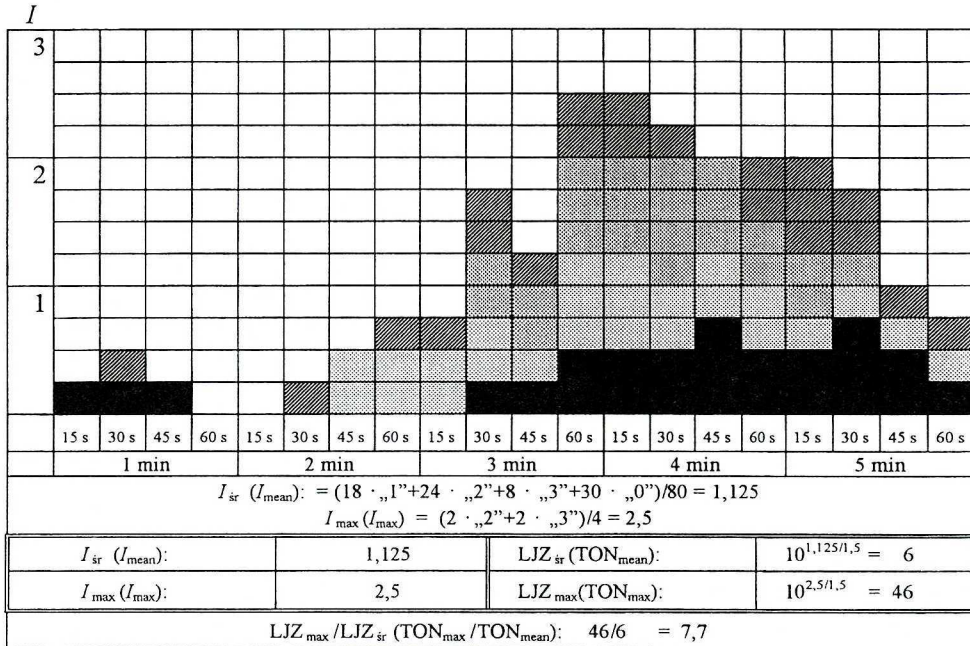
– maksymalnej chwilowej – najwyższej ze średnich arytmetycznych obliczonych ze wskazań czterech oceniających ( $I_a, I_b, I_c, I_d$ ) w kolejnych okresach piętnastosekundowych:

$$I_{\text{max}} = (I_a + I_b + I_c + I_d)_{\text{max}}/4. \quad (4)$$

Wyniki ocen intensywności zapachu wykorzystywano do obliczania stężeń odorów ( $\text{LJZ}_{\text{sr}}$  i  $\text{LJZ}_{\text{max}}$ ) na podstawie prawa Webera-Fechnera:

$$I = k \cdot \log \text{LJZ}. \quad (5)$$

Stosowane podczas obliczeń wartości współczynnika Webera-Fechnera ( $k$ ) wyznaczono doświadczalnie w warunkach laboratoryjnych. Próbkę powietrza zawierającego emitowane zanieczyszczenia, pobrane w bezpośrednim sąsiedztwie punktu emisji (intensywność zapachu:  $I_0$ ), rozcieńczano  $R$ -krotnie czystym powie-



Rys. 1. Sposób opracowania 80 indywidualnych ocen intensywności zapachu, zarejestrowanych przez czterech ekspertów w czasie 5 minut kontroli (przykład)

Objaśnienie: Opinie każdego z ekspertów zostały zanotowane z użyciem innego wypełnienia pól karty zbiorczej. Pole nie wypełnione w danym okresie 15-sekundowym oznacza udzielenie odpowiedzi: brak zapachu (intensywność  $I = 0$ ). Wypełnienie jednego pola oznacza odpowiedź – zapach słaby/bardzo słaby, dwóch pól – zapach wyraźny, trzech pól – zapach mocny lub bardzo mocny

Processing method for 80 individual odour intensity evaluations registered by four sniffers during 5-minute control period (example)

Explanation: Each sniffer opinion was marked with different colour filling of collective card. Fields not filled mean: no odours (odour intensity:  $I = 0$ ), one field filled – detectable odour/faint odour, two fields – distinct odour, three fields – strong/very strong odour

trzem. W każdej serii pomiarów otrzymywano co najmniej cztery mieszaniny, charakteryzujące się zapachem o różnej intensywności (od  $I_0 \approx 3$  do  $I < 1$ ). Intensywność zapachu mieszanin oceniał zespół co najmniej ośmiu osób. Współczynnik Webera-Fechnera wyznaczano na podstawie zależności mediany ocen indywidualnych ( $I$ ) od stopnia rozcieńczenia próbki podstawowej ( $R$ ):

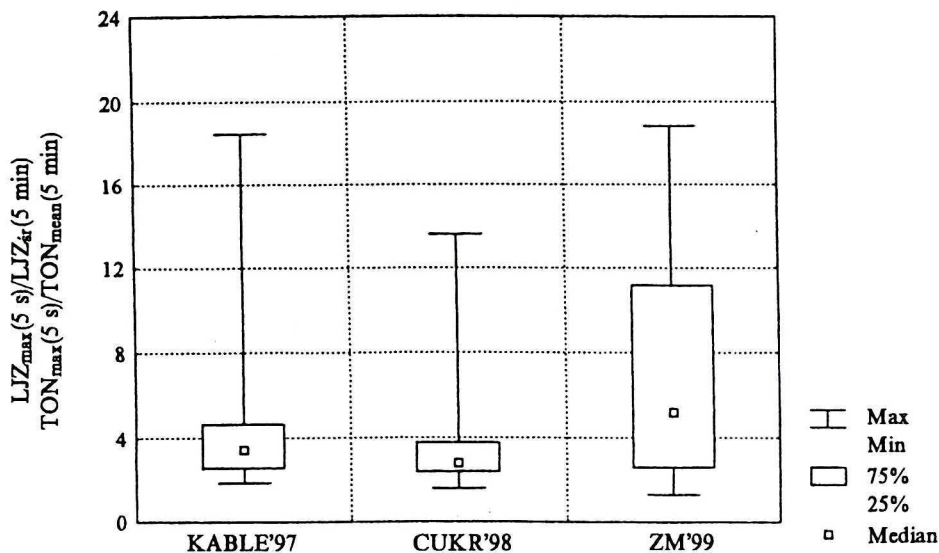
$$I = I_0 - k \cdot \log R. \quad (6)$$

W wyniku przeprowadzonych aproksymacji stwierdzono, że charakterystyczne dla badanych obiektów wartości współczynnika  $k$  wynoszą:

fabryka kabli (dominujący zapach – krezole):	$k = 1,4$ ;
cukrownia (dominujący zapach – wysłodki):	$k = 1,5$ ;
zakłady mięsne (dominujący zapach – gnilny, kompostownia):	$k = 1,5$ .

## WYNIKI POMIARÓW

Porównanie wyników ocen zapachu w otoczeniu trzech wymienionych wcześniej obiektów przedstawiono na rysunku 2. Zilustrowano główne parametry rozkładów oznaczonych stosunków stężenia maksymalnego w okresie kontroli do stężenia średniego ( $LJZ_{max}/LJZ_{sr}$ ). Największy rozrzut wyników wystąpił w wypadku zakładów mięsnych. Tutaj najwyższa była również mediana zbioru. Najniższe wartości  $LJZ_{max}/LJZ_{sr}$  i najmniejszy rozrzut wyników stwierdzono podczas badań zapachu cukrowni.



Rys. 2. Zmienność stężeń odorów w smudze zanieczyszczeń powietrza z fabryki kabli (KABLE'97, 17 oznaczeń), cukrowni w okresie kampanii (CUKR'98, 30 oznaczeń) i zakładów mięsnych (ZM'99, 52 oznaczenia)

Objaśnienie:  $LJZ_{max}$  (5 s)/ $LJZ_{sr}$  (5 min) – stosunek liczby jednostek zapachowych LJZ [ $jz/m^3$ ] maksymalnej w pięciominutowym okresie kontroli do wartości średniej w tym okresie

Odour concentration variability in plume from cable factory (KABLE'97, 17 measurements), sugar factory during sugar campaign (CUKR'98, 30 measurements) and meat plant (ZM'99, 52 measurements)

Explanation:  $TON_{max}$  (5 s)/ $TON_{mean}$  (5 min) – relation of maximum odour units number TON [ $ou/m^3$ ] during 5-minute control period to average value during the period

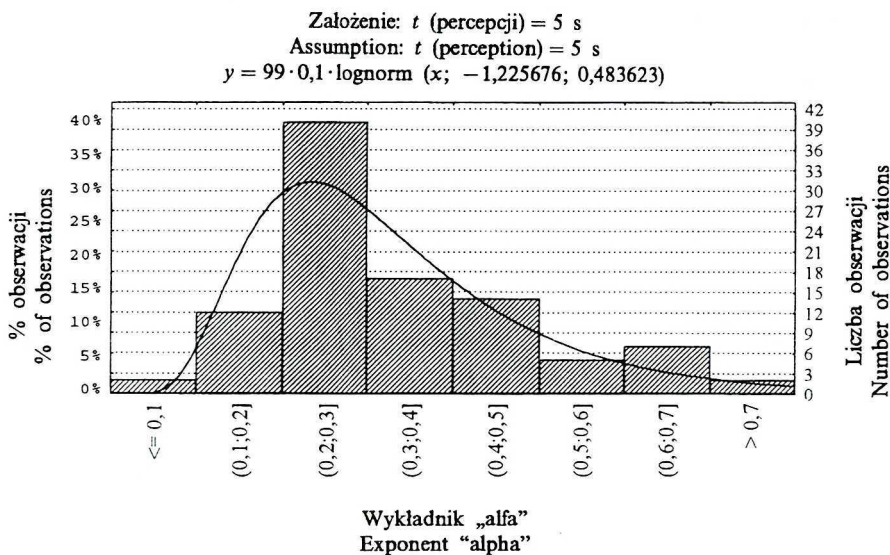
Różnice między parametrami rozkładów wyników pomiarów  $LJZ_{max}/LJZ_{sr}$  były konsekwencją zróżnicowania sytuacji meteorologicznych i topograficznych, parametrów emitorów zanieczyszczeń oraz charakteru zapachu (głównie jakości hedonicznej). Wydaje się prawdopodobne, że najbardziej istotną rolę odegrała wysokość punktu emisji i odległość obszarów kontrolnych od emitorów (większe zmiany intensywności zapachu w najbliższym otoczeniu niskich emitorów) oraz hedoniczna jakość zapachu (oceniający są skłonni przypisywać wrażeniom najbardziej nieprzyjemnym wyższą intensywność).

Określenie charakteru zależności  $LJZ_{\max}/LJZ_{5s}$  od wymienionych parametrów wymaga przeanalizowania większego zbioru wyników. W ramach niniejszej pracy wszystkie przeprowadzone oceny potraktowano jako jedną próbę – reprezentatywną dla różnych obiektów i różnych sytuacji meteorologicznych. Na podstawie wszystkich 99 wyników oznaczeń  $LJZ_{\max}/LJZ_{5s}$  obliczono wartość wykładnika  $\alpha$  w równaniu (1). Podczas obliczeń wykorzystano spostrzeżenie, że opinia o sile zapachu, pojawiającego się w kolejnych okresach piętnastosekundowych, jest formułowana na podstawie wrażeń odbieranych w czasie nie dłuższym niż 5 sekund, a stąd:

$$LJZ_{\max}/LJZ_{5s} = (300s/5s)^\alpha = 60^\alpha; \tag{7}$$

$$\alpha = \log(LJZ_{\max}/LJZ_{5s})/1,778. \tag{8}$$

Stwierdzono, że rozkład obliczonych wartości  $\alpha$  ma charakter logarytmiczno-normalny (Rys. 3). Połowa zbioru mieści się między  $\alpha_{0,25} = 0,21$  i  $\alpha_{0,75} = 0,41$ , czyli w tym samym zakresie, w którym leżą wartości przedstawiane w literaturze, które uzyskane zostały innymi metodami [2–3, 9].



Rys. 3. Rozkład wyników 99 oznaczeń wykładnika potęgowego  $\alpha$  w równaniu:

$$LJZ_{\max}/LJZ_{5s} = (300 \text{ s}/5 \text{ s})^\alpha$$

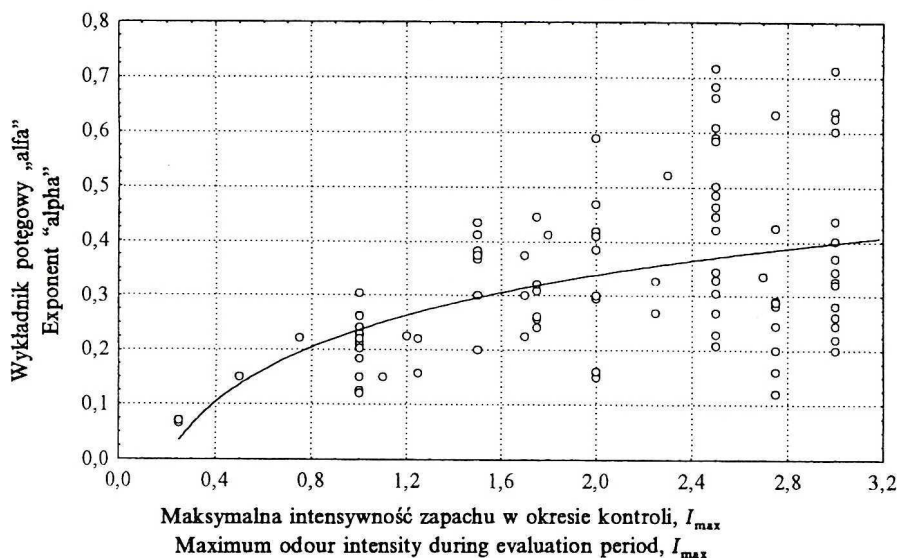
Distribution of 99 exponent  $\alpha$  calculation results in equation:  $TON_{\max}/TON_{\text{mean}} = (300 \text{ s}/5 \text{ s})^\alpha$

Równocześnie stwierdzono, że wskazana jest kontynuacja badań w kierunku określenia zależności wykładnika  $\alpha$  od warunków meteorologicznych i topograficznych, parametrów emitorów, odległości obszaru kontrolnego od źródła odorów itp. Rolę tych czynników ilustruje zaobserwowana korelacja między wyznaczonymi wartościami wykładnika potęgowego  $\alpha$  a maksymalną in-

tensywnością zapachu, obserwowaną w okresie kontroli (Rys. 4). Różnica między dwoma wyodrębnionymi zbiorami wyników pomiarów, wykonanych w warunkach niewielkiej uciążliwości ( $I_{\max} \leq 1,75$ ) i dużej uciążliwości ( $I_{\max} > 1,75$ ), jest wysoce istotna. Histogramy obu zbiorów przedstawiono na rysunku 5. Połowa każdego z nich mieści się w zakresie:

od  $\alpha_{0,25} = 0,17$  do  $\alpha_{0,75} = 0,31$ , jeżeli  $I_{\max} \leq 1,75$ ,

od  $\alpha_{0,25} = 0,26$  do  $\alpha_{0,75} = 0,47$ , jeżeli  $I_{\max} > 1,75$ .



Rys. 4. Ilustracja zależności zmienności stężenia odorów w smudze zanieczyszczeń od maksymalnej chwilowej intensywności zapachu

Uwaga: wartość  $I_{\max}$  charakteryzuje warunki pomiaru (zależne od: położenia obszaru kontrolnego względem źródła zanieczyszczeń, parametrów źródła, sytuacji meteorologicznej itp.)

Illustration of odour concentration changeability in plume in relation to maximum temporary odour intensity

Note: value  $I_{\max}$  describes measurement conditions (depending on: control area location relatively to source of pollutions, source parameters, meteorological situation etc.)

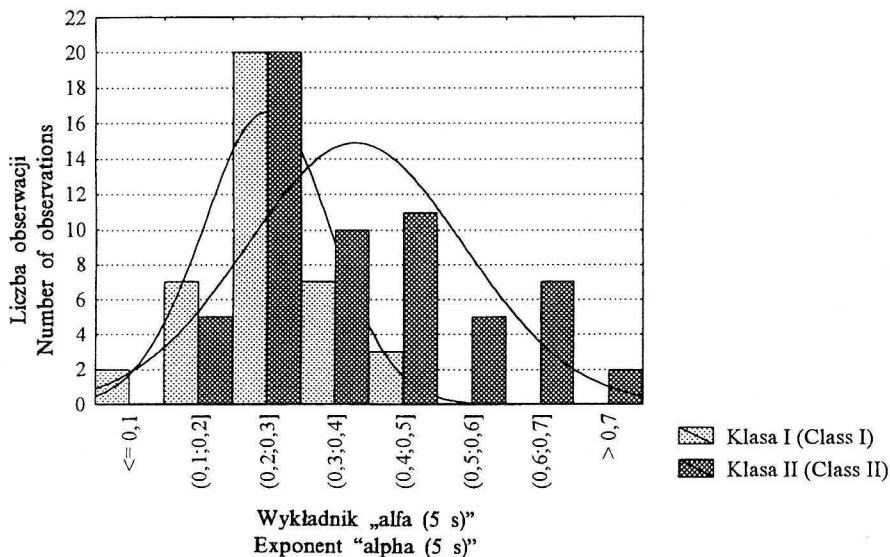
Doświadczalnie określone wartości wykładnika  $\alpha$  mogą być wykorzystane podczas interpretacji wyników komputerowych symulacji rozprzestrzeniania się odorów. Poszukując użytecznych reguł postępowania równanie (2) zapisano w formie:

$$LJZ_{30\text{-min}}/LJZ_t = (t/30)^\alpha, \quad (9)$$

gdzie:  $LJZ_{30\text{-min}}$  – maksymalne „trzydziestominutowe” stężenie odorów (wynik symulacji dyspersji),  $LJZ_t$  – maksymalne „ $t$ -minutowe” stężenie odorów,  $t$  [min] – czas uśredniania ( $t \ll 30$  min).

Dodatkowo przyjęto, że w równaniu (9) mogą być zastosowane wartości wykładnika  $\alpha$  obliczone z równania (7) z wykorzystaniem wyników terenowych





Rys. 5. Rozkład wyników oznaczeń wykładnika  $\alpha$  w równaniu:  $LJZ_{\max}/LJZ_{5r} = (300 \text{ s/5 s})^\alpha$

Klasa I: pomiary wykonane w warunkach małej uciążliwości:

$I_{\max} \leq 1,75$  ( $N_I = 30$  obserwacji)

Klasa II: pomiary wykonane w warunkach dużej uciążliwości:

$I_{\max} > 1,75$  ( $N_{II} = 69$  obserwacji)

Distribution of exponent  $\alpha$  calculation results in equation:  $TON_{\max}/TON_{\text{mean}} = (300 \text{ s/5 s})^\alpha$

Class I: measurements made in small nuisance conditions:

$I_{\max} \leq 1,75$  ( $N_I = 30$  observations)

Class II: measurements made in high nuisance conditions:

$I_{\max} > 1,75$  ( $N_{II} = 69$  observations)

oznaczeń stosunku  $LJZ_{5-s}/LJZ_{300-s}$ . Pozwoliło to obliczyć mnożnik  $A(t)$ , który może być wykorzystywany podczas przewidywania maksymalnych stężeń chwilowych na podstawie oczekiwanych wartości  $LJZ_{30-\text{min}}$ :

$$LJZ_t = A(t) \cdot LJZ_{30-\text{min}} \quad (10)$$

Charakterystyczne wyniki obliczeń zestawiono w tabeli 1. Tabela zawiera wartości mnożnika  $A(t)$  obliczone z wykorzystaniem  $\alpha_{0,5}$ ,  $\alpha_{0,25}$  i  $\alpha_{0,75}$  wyznaczonych dla całego zbioru wyników oznaczeń ( $N = 99$ ) oraz dla dwóch wyodrębnionych klas:  $I_{\max} \leq 1,75$  ( $N = 39$ ) i  $I_{\max} > 1,75$  ( $N = 60$ ).

Opierając się na wartościach mediany rozkładu wszystkich zmierzonych wartości  $\alpha$  można stwierdzić, że stężenia maksymalne definiowane jako „średnie 5-minutowe” i jako „średnie 5-sekundowe” wynoszą odpowiednio:

$$LJZ_{5-\text{min}} = 1,7 \cdot LJZ_{30-\text{min}}; \quad (11)$$

$$LJZ_{5-s} = 5,6 \cdot LJZ_{30-\text{min}} \quad (12)$$

Obliczanie  $LJZ_{5-s}$  wydaje się bardziej uzasadnione, jeżeli celem obliczeń jest przewidywanie chwilowych wrażeń węchowych – opinia o zapachu powietrza

Tabela 1. Wybrane wartości mnożnika  $A(t)$  w równaniu:  $LJZ_{t_{\max}} = A(t) \cdot LJZ_{30\text{-min}}$  wyznaczone przy założeniu:  $LJZ_t/LJZ_{30\text{-min}} = (30 \text{ min}/t[\text{min}])^\alpha$  (z użyciem doświadczalnych wartości wykładnika  $\alpha$ )  
 Selected values of multiplier  $A(t)$  in equation:  $TON_{t_{\max}} = A(t) \cdot TON_{30\text{-min}}$  calculated with assumption:  $TON_t/TON_{30\text{-min}} = (30 \text{ min}/t [\text{min}])^\alpha$  (using experimental values of exponent  $\alpha$ )

Źródło danych doświadczalnych Source of experimental data		Wynik oznaczeń Result of evaluations	Mnożnik $A(t)$ w równaniu: $LJZ_t = A(t) \cdot LJZ_{30\text{-min}}$ dla wybranych czasów uśredniania $t$ Multiplier $A(t)$ in equation: $TON_t = A(t) \cdot TON_{30\text{-min}}$ for selected averaging times $t$					
Zbiór danych Set of data	Kwantyl Quantil	$\alpha$	$t = 5 \text{ min}$	$t = 3 \text{ min}$	$t = 1 \text{ min}$	$t = 30 \text{ s}$	$t = 15 \text{ s}$	$t = 5 \text{ s}$
Wszystkie pomiary All measurements ( $N = 99$ )	25	0,2119	1,5	1,6	2,1	2,4	2,8	3,5
	50	0,2936	1,7	2,0	2,7	3,3	4,1	5,6
	75	0,4068	2,1	2,6	4,0	5,3	7,0	11,0
$I_{\max} \leq 1,75$ ( $N_I = 30$ )	25	0,171	1,4	1,5	1,8	2,0	2,3	2,7
	50	0,229	1,5	1,7	2,2	2,6	3,0	3,8
	75	0,307	1,7	2,0	2,8	3,5	4,3	6,1
$I_{\max} > 1,75$ ( $N_{II} = 69$ )	25	0,255	1,6	1,8	2,4	2,8	3,4	4,5
	50	0,345	1,9	2,2	3,2	4,1	5,2	7,6
	75	0,466	2,3	2,9	4,9	6,7	9,3	15,5

jest formułowana na podstawie wrażeń odbieranych w czasie nie dłuższym niż 5 sekund (jeden – dwa wdechy). Częstość przekroczeń odpowiednich progowych  $LJZ_{5\text{-s}}$  odpowiada częstości pojawiania się zapachu ledwo wyczuwalnego, wyraźnego lub mocnego.

Stwierdzenie, że w określonej odległości od emitora spełniona jest nierówność:

$$LJZ_{5\text{-s}} = 5,6 \cdot LJZ_{30\text{-min}} < 1 \text{ jz/m}^3 \text{ (próg wyczuwalności)} \quad (13)$$

można interpretować jako gwarancję pełnego zapachowego komfortu w 50% sytuacji. Z punktu widzenia mieszkańców otoczenia uciążliwego obiektu konieczne wydaje się zwiększenie prawdopodobieństwa wystąpienia sytuacji korzystnych co najmniej do 75%. Stężenia progowe należy więc porównywać ze stężeniami chwilowymi obliczonymi jako:

$$LJZ_{5\text{-s}} = 11 \cdot LJZ_{30\text{-min}} \quad (14)$$

Różnice między wartościami  $\alpha$  odnoszącymi się do sytuacji mniej i bardziej uciążliwych mogą sprawić, że:

$$LJZ_{5-s} = 6,1 \cdot LJZ_{30-min}, \quad \text{gdy} \quad I_{max} \leq 1,75; \quad (15)$$

$$LJZ_{5-s} = 15,5 \cdot LJZ_{30-min}, \quad \text{gdy} \quad I_{max} > 1,75. \quad (16)$$

Zdarzeń  $I_{max} \leq 1,75$  można oczekiwać, jeżeli symulacja dyspersji odorów wskazuje na bardzo małe prawdopodobieństwo przekroczeń stężenia granicznego  $LJZ_{30-min} = 1 \div 2 \text{ jz/m}^3$ . Interpretację takich wyników symulacji ilustruje przykład 1.

### Przykład 1

Przewidywany percentyl 99,8 $LJZ_{30-min}$ :	1,8 $\text{jz/m}^3$
Mnożnik $LJZ_{5-s}/LJZ_{30-min}$ :	6,1
Przewidywane maksymalne stężenie chwilowe $LJZ_{5-s}$ :	10,98 $\text{jz/m}^3$
Współczynnik Webera-Fechnera, $k$ :	1,5
Maksymalna intensywność zapachu:	$I_{max} \approx 1,56$

Zastosowanie w tym samym wypadku mnożnika  $LJZ_{5-s}/LJZ_{30-min} = 11$  doprowadziłoby do wartości:  $LJZ_{5-s} = 19,8 \text{ jz/m}^3$  i  $I_{max} \approx 1,94$  (zapach wyraźny).

Zdarzenia  $I_{max} > 1,75$  mogą występować przede wszystkim w bezpośrednim otoczeniu niskich emitorów. Mogą być oczekiwane, jeżeli prognozowane maksymalne stężenie trzydziestominutowe przekracza wartości graniczne  $LJZ_{30-min} = 1 \div 2 \text{ jz/m}^3$ . Sytuację taką ilustruje przykład 2.

### Przykład 2

Przewidywany percentyl 99,8 $LJZ_{30-min}$ :	3 $\text{jz/m}^3$
Mnożnik $LJZ_{5-s}/LJZ_{30-min}$ :	15,5
Przewidywane maksymalne stężenie chwilowe $LJZ_{5-s}$ :	46,5 $\text{jz/m}^3$
Współczynnik Webera-Fechnera, $k$ :	1,5
Maksymalna intensywność zapachu:	$I_{max} \approx 2,5$

Zastosowanie w tym samym wypadku mnożnika  $LJZ_{5-s}/LJZ_{30-min} = 11$  doprowadziłoby do wartości:  $LJZ_{5-s} = 33 \text{ jz/m}^3$  i  $I_{max} \approx 2,27$  (zapach wyraźny).

Spostrzeżenia dotyczące różnic między wartościami  $\alpha$  w obu przedstawionych sytuacjach wymagają potwierdzenia w toku dalszych badań, prowadzonych w kierunku wyjaśnienia charakteru zależności ilorazu  $LJZ_{5-s}/LJZ_{30-min}$  od warunków emisji i rozprzestrzeniania się odorów. Do czasu ich zakończenia zapachową uciążliwość emitorów można przewidywać wykorzystując zależność (14) lub zgodnie z zaleceniami niemieckimi:

$$LJZ_{percepcji} = LJZ_{5-s} = 10 \cdot LJZ_{30-min}. \quad (17)$$

## WNIOSKI

1. Średnie trzydziestominutowe przygruntowe stężenia odorów, przewidywane metodą rutynowych komputerowych symulacji rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń powietrza, nie powinny być wprost wykorzystywane podczas prognozowania zasięgu wyczuwalności zapachu lub jego intensywności.

2. Opinia ludzi o zapachu powietrza jest kształtowana na podstawie wrażeń, których percepcja wymaga 1 ÷ 3 wdechów (nie więcej niż 5 sekund).

3. Do czasu wyjaśnienia charakteru zależności ilorazu  $LJZ_{5-s}/LJZ_{30-min}$  od warunków emisji i rozprzestrzeniania się odorów najbardziej uzasadnione jest stosowanie mnożnika:  $LJZ_{percepcji} = LJZ_{5-s} = 10 \cdot LJZ_{30-min}$ .

## LITERATURA

- [1] Fortak H.: *Vergleich von berechneten und gemessenen maximalen Bodenimmissionen und deren Entfernungen von der Quelle für den Fall von Grossemittelten*, Staub-Reinhalt. Luft, **29**, 493–498 (1969).
- [2] Hławiczka S.: *Analiza zmienności parametrów wiatru w celu modelowania szybkozmiennych stanów jakości powietrza*, Arch. Ochr. Środ., **3–4**, 45–58 (1996).
- [3] Hławiczka S., C. Kliś: *Wpływ parametru czasu na postrzeganie zjawiska rozwoju smugi zanieczyszczeń w powietrzu*, Arch. Ochr. Środ., **3–4**, 59–72 (1996).
- [4] Knauer W.: *Experiences with the odour control policy in Germany*, [w:] *Materiały Seminarium: Odours-Control, Measurement, Regulations*, Świnoujście 1993, 54–62.
- [5] Kośmider J.: *Uciążliwość zapachowa. Metodyka terenowych oznaczeń stężenia odorów w powietrzu na przykładzie fermy norek*, Arch. Ochr. Środ., **2**, 19–32 (1998).
- [6] Kośmider J., B. Mazur-Chrzanowska: *Uciążliwość zapachowa. Terenowa weryfikacja wyników obliczeń komputerowych*, Arch. Ochr. Środ., **3**, 7–21 (1998).
- [7] Kośmider J., A. Nowak, B. Mazur-Chrzanowska: *Jakość powietrza w otoczeniu wysypisk*, [w:] *Materiały Seminarium: Odours-Control, Measurement, Regulations*, Świnoujście 1993, 229–236.
- [8] Kośmider J., B. Wyszyński: *Odory ze składowisk odpadów komunalnych*, [w:] *Materiały Konferencji: Kompleksowe i szczegółowe problemy inżynierii środowiska*, Koszalin-Ustronie Morskie 1999.
- [9] McElroy J.L., J.K. Eckert, C.J. Hager: *Airborne downlooking lidar measurements during state 78*, Atmos. Environ., **10–11**, 2234–2230 (1981).
- [10] Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen: *Ferstellung und Beurteilung von Geruchsimmission (Geruchsimmissions Richtlinie)*, 1993.
- [11] Prinz B.: *Odours. Regulations in Germany*, [w:] *Materiały Seminarium: Odours-Control, Measurement, Regulations*, Świnoujście 1993, 42–53.
- [12] *Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 14 lipca 1998 w sprawie określenia rodzajów inwestycji szczególnie szkodliwych dla środowiska i zdrowia ludzi albo mogących pogorszyć stan środowiska oraz wymagań, jakim powinny odpowiadać oceny oddziaływania na środowisko tych inwestycji*, Dz. Ust. Nr 93/1998, poz. 589.
- [13] *Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 14 lipca 1998 w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać oceny oddziaływania na środowisko inwestycji nie zaliczonych do inwestycji szczególnie szkodliwych dla środowiska i zdrowia ludzi albo mogących pogorszyć stan środowiska, obiektów oraz robót zmieniających stosunki wodne*, Dz. Ust. Nr 93/1998, poz. 590.
- [14] *Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 3 września 1998 w sprawie obliczania stanu zanieczyszczenia powietrza dla źródeł istniejących i projektowanych*, Dz. Ust. Nr 122/1998, poz. 805.