

MODEL ANALIZATORA INTENSYWNOŚCI ZAPACHU¹

JOANNA KOŚMIDER

Politechnika Szczecińska, Instytut Inżynierii Chemicznej i Procesów Ochrony Środowiska, Al. Piastów 42, 71-065 Szczecin

Keywords: olfaction, odour intensity, odour interaction, psychophysical models

MODEL OF ODOUR-INTENSITY ANALYZER

The model of odour intensity analyzer in form of two layers of neurons, was proposed. The first layer consist of specific receptors of odorants, which are random distributed. The odorant dependence on odour intensity of mixtures is relative to numbers of suitable receptors and numbers of their connections with second layer neurons (the degree of divergence). The second layer neuron is stimulated with the same power after receiving the signal from any one receptor or any several receptors. It was assumed that the odour intensity is directly proportional to the number of stimulated neurons in second layer.

Investigated model contained 1000 of neurons in the first layer and 1446 of neurons in the second layer. The first layer contained receptors A and B (RA and RB) in quantities 15% RA, 15% RB and 30% RA, 10% RB. Receptors A characterized the divergence 1:9, receptors B – 1:25. The stimulus were mixtures containing 5–100 of molecules A and B on hundred ($x_A = 0, 0,2, 0,5, 0,8$ and 1,0). The general similarity of the model reaction with the of the human smell reaction, was found.

Streszczenie

Zaproponowano model analizatora intensywności zapachu w postaci dwóch warstw neuronów. Pierwsza warstwa zawiera chaotycznie rozmieszczone selektywne receptory poszczególnych odorantów. Wpływ odoranta na intensywność zapachu mieszanin zależy od liczby odpowiednich receptorów oraz liczby jego połączeń z neuronami warstwy drugiej (stopień dywergencji). Neuron drugiej warstwy zostaje pobudzony jednakowo po odebraniu sygnału z dowolnego receptora lub z kilku receptorów. Założono, że intensywność zapachu jest wprost proporcjonalna do liczby pobudzonych neuronów warstwy drugiej.

Badany model zawierał 1000 neuronów w warstwie pierwszej i 1446 neuronów w warstwie drugiej. Warstwa pierwsza zawierała receptory A i B (RA i RB) w ilościach 15% RA, 15% RB oraz 30% RA 10% RB. Receptory A cechowała dywergencja 1:9, receptory B – 1:25. Bodźcem były mieszaniny zawierające 5–100 cząsteczek A i B na sto ($x_A = 0, 0,2, 0,5, 0,8$ and 1,0). Potwierdzono ogólne podobieństwo reakcji modelu analizatora do reakcji ludzkiego węchu.

¹ W treści artykułu stosowane są symbole niezgodne z PN-EN 13725; załącznik - zestawienie symboli starych i nowych.

WPROWADZENIE

Podczas kilkuletnich sensorycznych badań zapachu powietrza zanieczyszczonego mieszaninami odorantów zgromadzono zbiory doświadczalnych zależności intensywności zapachu od stężenia zanieczyszczeń [4, 5, 10]. Potwierdzono w przybliżeniu liniową zależność intensywności od logarytmu z sumy stężeń (prawo Webera-Fechnera):

$$I = m + k \log S \quad (1)$$

$$(S = S_{PWW} \rightarrow I = 0)$$

$$I = k \log (S/S_{PWW}) \quad (2)$$

gdzie: I – intensywność zapachu, S – stężenie odorantów [ppm], S_{PWW} – próg węchowej wyczuwalności [ppm], k – współczynnik Webera-Fechnera, $m = k \log S_{PWW}$.

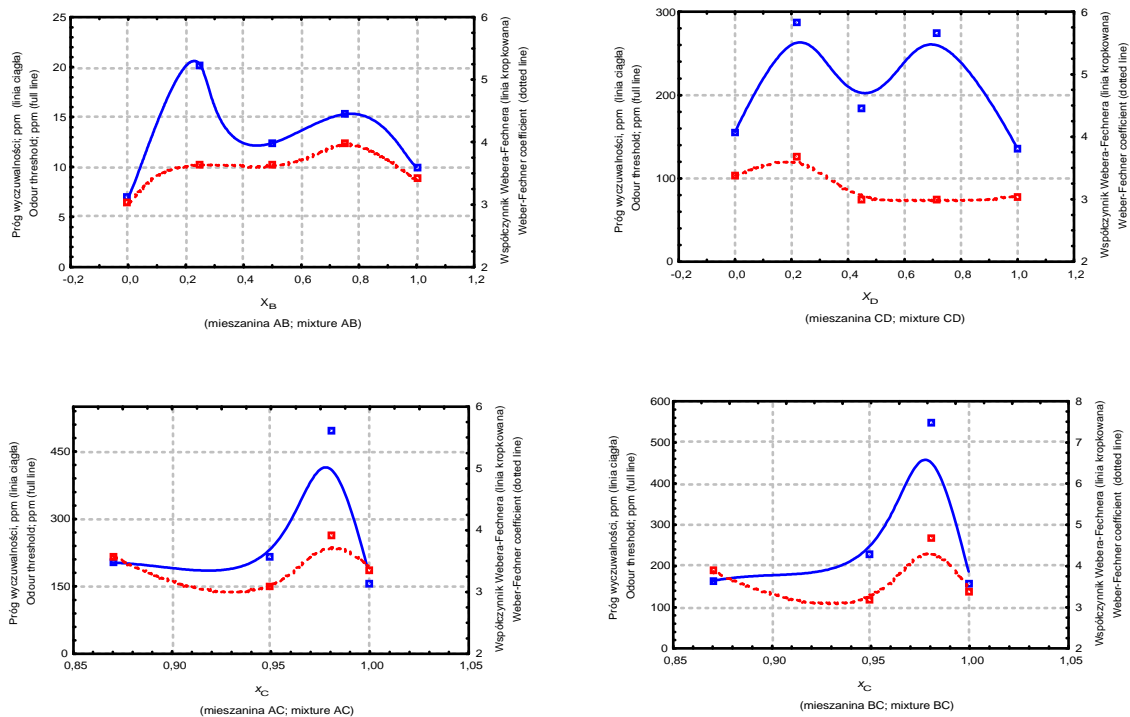
Podobne wyniki uzyskuje się stosując potęgowe prawo Stevensa (w jednej z dwóch znanych postaci):

$$I = a * S^n \quad (3)$$

$$I = a * (S - S_{PWW})^n \quad (4)$$

gdzie: a , n – stałe empiryczne. Podobieństwo obu zależności dotyczy przede wszystkim zakresu średnich intensywności zapachu.

Wybrane wyniki oznaczeń intensywności zapachu powietrza zawierającego dwa odoranty przedstawiono na rysunku 1. Świadczą one o występowaniu odchyień wyznaczonych wartości progu wyczuwalności zapachu i współczynnika Webera-Fechnera od wartości przewidywanych przy założeniu addytywności. Zagadkowego charakteru zależności nie wyjaśniają dotychczas publikowane równania psychofizyczne i modele węchowych interakcji [1 – 3, 8, 9], takie jak model wektorowy, ERM (*Equiratio Mixture Model*) i inne. Stwierdzono celowość zastosowania modeli specyficznych. Należą do nich modele tworzone z zastosowaniem sztucznych sieci neuronowych. Są przygotowywane do ocen intensywności zapachu w czasie treningu – wielokrotnego prezentowania zbiorów wielu wcześniej wykonanych sensorycznych ocen intensywności zapachu mieszanin o różnym składzie [3, 5, 6]. Modele nie wymagające wprowadzania informacji o opiniach ludzi są wciąż poszukiwane. Praktycznym efektem rozwiązania tego problemu powinna być konstrukcja instrumentalnych analizatorów intensywności zapachu.



Rys. 1

Typowe zależności progu wyczuwalności zapachu i współczynnika Webera-Fechnera od proporcji odorantów w mieszaninach dwuskładnikowych: A – cykloheksanol, B – cykloheksanon, C – cykloheksan, D – heksan

Typical dependences of odour detection threshold and Weber-Fechner coefficient values on odorants proportions in two compounds mixtures: A – cyclohexanol, B – cyclohexanone, C – cyclohexane, D – hexane

W ramach pracy zaproponowano prosty model analizatora intensywności, zbudowany na zasadach przypominających działanie węchu biologicznego: nabłonka węchowego i sieci neuronowej.

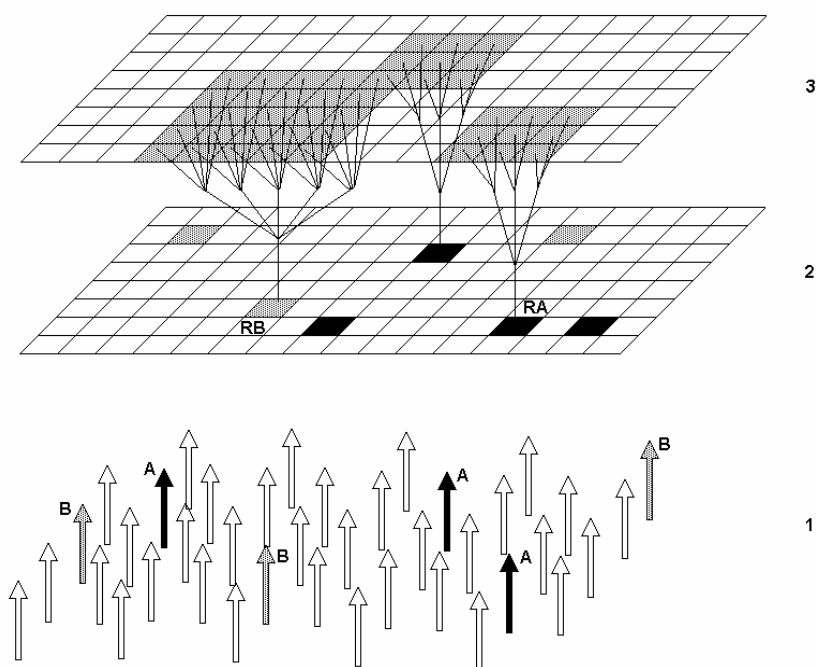
Nabłonek jest zbudowany z około 10^{10} – 10^{11} komórek węchowych zawierających specyficzne dla różnych grup odorantów białkowe receptory (około 1000 rodzajów).. Powietrze, które dociera do nabłonka podczas jednego wdechu, zawiera podobną liczbę cząsteczek odorantów (stężenia wyrażane w ppm, ppb lub ppt). Niewiele spośród tych cząsteczek dociera do właściwych receptorów, po pokonaniu granicy gaz-ciecz i dyfuzji przez warstwę śluzu. Określenie liczby pobudzeń receptorów nabłonka wymaga w takich warunkach odwołania się do kombinatoryki. Możliwość percepcji wrażenia i jego intensywność zależą również od dywergencji powstającego sygnału w kolejnych warstwach analizatora węchowego (informacja o pobudzeniu receptora jest

przekazywana do około 1000 komórek kolejnej warstwy sieci neuronowej - opuszka węchowa).

Zaproponowany model analizatora intensywności zapachu jest skrajnym uproszczeniem opisanego układu.

CEL I ZAKRES PRACY

Postanowiono sprawdzić, w jakim stopniu doświadczalnie stwierdzone efekty (Rys. 1) można wyjaśnić opierając się na założeniach schematycznie przedstawionych na rysunku 2. Założenia dotyczą percepcji intensywności zapachu powietrza zanieczyszczonego odorantami A i B.



Rys. 2

Schemat proponowanego modelu analizatora intensywności zapachu: 1 – falanga cząsteczek gazu, 2 – recepcyjna warstwa neuronów (warstwa I), 3 – percepcyjna warstwa neuronów (warstwa II), A, B – symbole cząsteczek odorantów, występujących wśród licznych cząsteczek bezwonnych; RA, RB – specyficzne receptory cząsteczek A i B, połączone z neuronami warstwy 2 w różnym stopniu rozgałęzionymi „aksonami” (dywergencja sygnałów A i B, odpowiednio: 9 i 25)

Example of diagram of odour intensity analyzer model: 1 – crowd of gases molecules, 2 – reception neurons layer (layer I), 3 – perception neurons layer (layer II), A, B – symbols of odorants molecules, which occur between numerous odourless molecules; RA, RB – specific receptors of A and B molecules, which are connected with second layer neurons by different branch of “axons” (the divergence of A and B signals, suitably: 9 and 25)

Sprowadzają się do następujących stwierdzeń:

1. modelem węchowego analizatora intensywności zapachu są dwie warstwy neuronów: recepcyjna (warstwa I) i percepcyjna (warstwa II);
2. odczuwana intensywność zapachu (I) jest proporcjonalna do liczby pobudzonych neuronów warstwy II, a pobudzeniu tysiąca neuronów warstwy II można umownie przypisać wartość $I = 10$;
3. neurony warstwy I są specyficznymi, receptorami różnych odorantów, rozmieszczonymi chaotycznie;
4. różne rodzaje receptorów występują w różnych ilościach;
5. receptory jednego typu charakteryzują się specyficzną dla nich liczbą połączeń z neuronami warstwy II (charakterystyczny stopień dywergencji);
6. w wypadku powietrza zanieczyszczonego dwoma odorantami (A i B) pobudzenie receptorów wywołuje falanga cząsteczek zanieczyszczonego powietrza, w której losowo rozmieszczone są cząsteczki A i B, a udziały obu rodzajów cząsteczek w falandze są proporcjonalne do ich udziałów w fazie gazowej.

W niniejszej pracy zbadano reakcje tak skonstruowanego analizatora zakładając, że:

- warstwa I zawiera 1000 neuronów w regularnej sieci o wymiarach 10×100 węzłów, a warstwa II - 1456 neuronów w sieci o wymiarach 14×104 ;
- w każdym z dziesięciu szeregów warstwy I znajduje się:
 - przykład 1: 15 receptorów A (RA) i 15 receptorów B (RB),
 - przykład 2: 30 receptorów A (RA) i 15 receptorów B (RB);
- pobudzenie receptora A wywołuje pobudzenie dziewięciu neuronów warstwy II, położonych bezpośrednio nad nim (stopień dywergencji A: 1:9);
- pobudzenie receptora B wywołuje pobudzenie dwudziestu pięciu neuronów warstwy II, położonych bezpośrednio nad nim (stopień dywergencji B: 1:25).

Udziały cząsteczek A w mieszaninach AB ustalono na poziomach: $x_A = 0, 0,2, 0,5, 0,8$ i $1,0$, a ich łączna liczba w falandze tysiąca cząsteczek atakujących warstwę I wynosiła co najmniej 50 (po co najmniej 5 w każdym z dziesięciu szeregów).

METODYKA BADAŃ

Badania wykonano korzystając z programu *Excel*. W arkuszu kalkulacyjnym zestawiano kolejne kolumny odpowiadające kolejnym szeregom pierwszej warstwy neuronów i szeregom falangi cząsteczek (Tab. 1). Każda z kolumn zawierała po sto wartości liczbowych, w tym odpowiednie ilości liczb przypisanych receptorom i cząsteczkom odorantów.

Receptorom i cząsteczkom A przypisano wartość liczbową 1, receptorom i cząsteczkom B – wartość ujemną: -2, pozostałym receptorom i cząsteczkom falangi – wartość zero. Założenie to umożliwiło szybkie określenie miejsc „trafień” cząsteczek odorantów we właściwe dla nich receptory i obliczenie liczby odpowiednich pobudzeń. Wykorzystano iloczyny wartości z odpowiadających sobie komórek pola receptorów i falangi cząsteczek. Wartości 0 i -2 oznaczały brak pobudzenia receptora (iloczyn $-2*0$, $1*0$ i $-2*1$), wartości 1 – pobudzenie receptora A (iloczyn $1*1$), wartości 4 – pobudzenie receptora B ($-2*-2$).

Tabela 1

Fragment arkusza kalkulacyjnego wykorzystywanego do kompletowania danych o stanie pobudzenia modelu analizatora węchowego (warstwa I):

część lewa – rozmieszczenie receptorów A ($x = 1$) i B ($x = -2$), część prawa – rozmieszczenie cząsteczek A ($y = 1$) i B (liczba ($y = -2$) w falandze, część prawa – rozmieszczenie pobudzonych receptorów A ($xy = 1$) i B ($xy = 4$).

The part of spreadsheet used for complete the data set of the model of odour intensity analyzer stimulate (I layer):

the left part – the distribution of receptors A ($x = 1$) and B ($x = -2$), the central part – the distribution A ($x = 1$) and B ($x = -2$) in the advance party of the molecules crowd, the right part – the distribution of stimulated receptors A ($xy = 1$) and B ($xy = 4$).

Receptory Receptors (x)										Cząsteczki Molecules (y)										Pobudzenia Stimulations (xy)											
0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	-2	0	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2	0
1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	-2	0	0	0	1	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	-2	0	0	0	0	0	0	-2	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	1	-2	0	0	0	0	-2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-2	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	-2	0	-2	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	-2	0	1	1	-2	-2	0	0	0	0	-2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1	0	0	0	
0	0	0	0	0	-2	1	1	0	0	-2	0	0	0	-2	0	0	0	-2	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
0	1	1	0	-2	0	0	0	0	0	-2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

WYNIKI BADAŃ

Dla obu wybranych modeli recepcyjnej warstwy neuronów (przykład 1: 15%RA, 15% RB; przykład 2: 30%RA, 10%RB) wykonano po pięć serii prób, w których udziały cząsteczek A w mieszaninach AB wynosiły: $x_A = 0, 0,2, 0,5, 0,8$ i $1,0$.

Wyniki jednej z serii zestawiono dla przykładu w tabeli 3. Serię wykonano zakładając, że warstwa I zawiera 30%RA i 10%RB, udział związków A i B w falandze cząsteczek zmienia się od 5/100 do 100/100, a stosunek stężeń A:B wynosi 1:4.

Tab. 3

Wyniki badań reakcji modelu analizatora intensywności zapachu (przykład).

Założenia: $N_A : N_B = 1 : 4$; 30% receptorów A i 10% receptorów B w warstwie I. Oznaczenia: N_A, N_B – liczba cząsteczek A i B wśród 100 cząsteczek jednego szeregu falangi, N – suma N_A i N_B , SIA, SIB, SI – liczba pobudzonych receptorów warstwy I (RA, RB i suma), $S2$ – liczba pobudzonych receptorów warstwy II, I – intensywność zapachu: $I = S2/100$

The results of odour intensity analyzer model working (the example).

Foundations: $N_A : N_B = 1 : 4$; 30% RA i 10% RB in I layer. Symbols: N_A, N_B – A and B molecules number among 100 molecules in one row of crowd, N – the sum of N_A and N_B , SIA, SIB, SI – the number of stimulated receptors of I layer (RA, RB and sum), $S2$ – the number of stimulated receptors of II layer, I – odour intensity: $I = S2/100$

L.p.	N_A	N_B	N	$\log N$	SIA	SIB	SI	$S2$	$S2/100$
1.	1	4	5	0,69 9	2	2	4	62	0,62
2.					3	4	7	121	1,21
3.					2	3	5	93	0,93
4.					2	4	6	103	1,03
5.					1	4	5	50	0,50
6.	2	8	10	1,00	7	10	17	280	2,80
7.					6	8	14	232	2,32
8.					10	6	16	231	2,31
9.					3	6	9	171	1,71
10.					6	12	18	205	2,05
11.	3	12	15	1,18	9	14	23	363	3,63
12.					8	14	22	359	3,59
13.					9	10	19	274	2,74
14.					10	12	22	336	3,36
15.					7	13	20	317	3,17
16.	4	16	20	1,30	12	13	25	365	3,65
17.					17	15	32	438	4,38
18.					12	16	28	397	3,97
19.					16	14	30	428	4,28
20.					18	17	35	453	4,53
21.	5	20	25	1,40	12	20	32	489	4,89
22.					13	23	36	520	5,20
23.					19	21	40	506	5,06

24.					19	19	38	507	5,07
25.					18	25	43	529	5,29
26.	8	32	40	1,60	27	30	57	683	6,83
27.					26	30	56	705	7,05
28.					28	33	61	754	7,54
29.					20	37	57	738	7,38
30.	10	40	50	1,70	29	36	65	794	7,94
31.					22	35	57	744	7,44
32.					31	44	75	830	8,30
33.					21	38	59	721	7,21
34.	15	60	75	1,88	47	60	107	1011	10,1
35.					56	63	119	1082	10,8
36.					37	57	94	874	8,74
37.					45	55	100	881	8,81
38.					41	62	103	996	9,96
39.	20	80	100	2,00	59	77	136	1057	10,6
40.					59	82	141	1106	11,1
41.					57	87	144	1138	11,4
42.					57	82	139	1143	11,4
43.					52	83	135	1154	11,5

Na rysunku 3 przedstawiono reakcje obu modeli warstwy I na działanie falangi cząsteczek zawierającej pojedyncze odoranty. W wypadku, gdy udziały RA i RB w warstwie I były jednakowe, liczba pobudzonych neuronów warstwy II była około dwukrotnie większa w wypadku związku B, któremu przypisano niemal trzykrotnie większy stopień dywergencji (25 : 9). W drugim wypadku oba odoranty wywoływały podobne pobudzenie warstwy II. Jest to konsekwencją założenia, że receptory o około trzykrotnie większym stopniu dywergencji są trzykrotnie mniej liczne.

Rysunki 4 i 5 ilustrują kilka spośród wykonanych prób określenia funkcji wiążącej intensywność zapachu ($I = S/100$) ze „stężeniem” odorantów (N – liczba cząsteczek 100).

Wyniki czterech serii obliczeń omówionych powyżej (Rys. 3) przedstawiono na rysunku 4 w układzie współrzędnych $I - \log N$. Tylko jedna z tych serii potwierdza prawo Webera-Fechnera. Dotyczy reakcji modelu zawierającego w warstwie I 15% RA i 15% RB na działanie związku B. Pozostałe serie charakteryzuje wyraźne dodatnie odchylenie od prostej w zakresie małych stężeń.

Efekty oddziaływania związku B na warstwę I zawierającą 30% RA i 10% RB przedstawiono na rysunku 5 w układzie współrzędnych $I - N$. Rysunek pozwala stwierdzić, że precyzyjnego przewidywania reakcji analizatora w całym zakresie

wartości N nie umożliwia ani logarytmiczne prawo Webera-Fechnera (Rys. 5a), ani potęgowe prawo Stevensa (Rys. 5b). Lepsze efekty można osiągnąć korzystając z wielomianu drugiego stopnia (Rys. 5c). Przypomina to niektóre wyniki sensorycznych badań zależności intensywności zapachu rzeczywistych próbek powietrza od stężenia odorantów. Statystyczne potwierdzenie tego podobieństwa nie jest dotychczas możliwe.

Brak jednoznacznych rozstrzygnięć, dotyczących charakteru funkcji $I = f(N)$ w całym zakresie parametrów, utrudnia próby modelowania interakcji węchowych w mieszaninach odorantów, ale nie oznacza konieczności ich zaniechania. Interpretację wyników badań reakcji modelu analizatora na działanie mieszanin A–B postanowiono ograniczyć do zakresu średnich intensywności zapachu, w którym możliwe jest zastosowanie równania logarytmicznego.

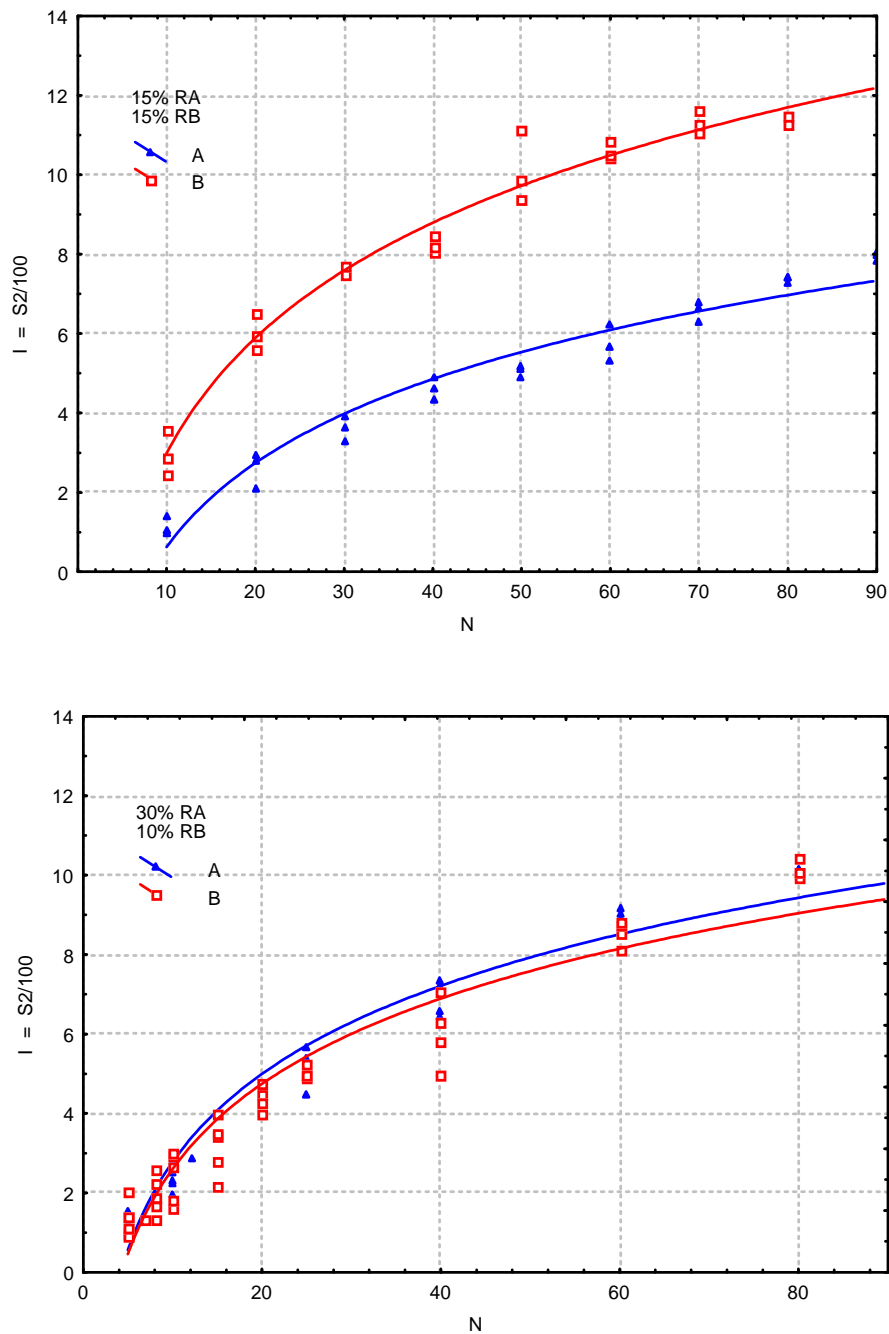
Wykorzystano te spośród wykonanych obliczeń, których wyniki mieściły się w zakresie $I = 2 \div 7$. Korzystając z tych danych wyznaczono parametry m i k równania 1, w którym symbol stężenia S zastąpiono symbolem N . Progi wyczuwalności zapachu obliczono jako wynik ekstrapolacji do $I = 0$:

$$N_0 = 10^{-m/k}. \quad (4)$$

Tak obliczane progi nie są identyczne z ich wartościami bezwzględными, mają jednak dużą wartość jako dobrze zdefiniowane parametry zapachowe [4].

Podsumowanie wyników badań przedstawiono na rysunku 6. Rysunek ilustruje zmiany progu wyczuwalności zapachu (N_0) i współczynnika Webera-Fechnera (k) spowodowane wzrostem udziału A w modelowej mieszaninie AB. Stwierdzono, że zależności wyraźnie przypominają wyniki wcześniejszych sensorycznych badań intensywności zapachu rzeczywistych próbek powietrza zanieczyszczonego dwoma odorantami (Rys. 1).

Można oczekiwać, że kontynuacja badań pozwoli wyjaśnić mechanizmy takich zjawisk jak maskowanie i synergizm węchowy. Pozwoliłoby to opracować teoretyczny model węchowych interakcji, umożliwiający przewidywanie intensywności zapachu mieszanin odorantów na podstawie informacji o stężeniach poszczególnych składników i parametrach ich równań psychofizycznych.



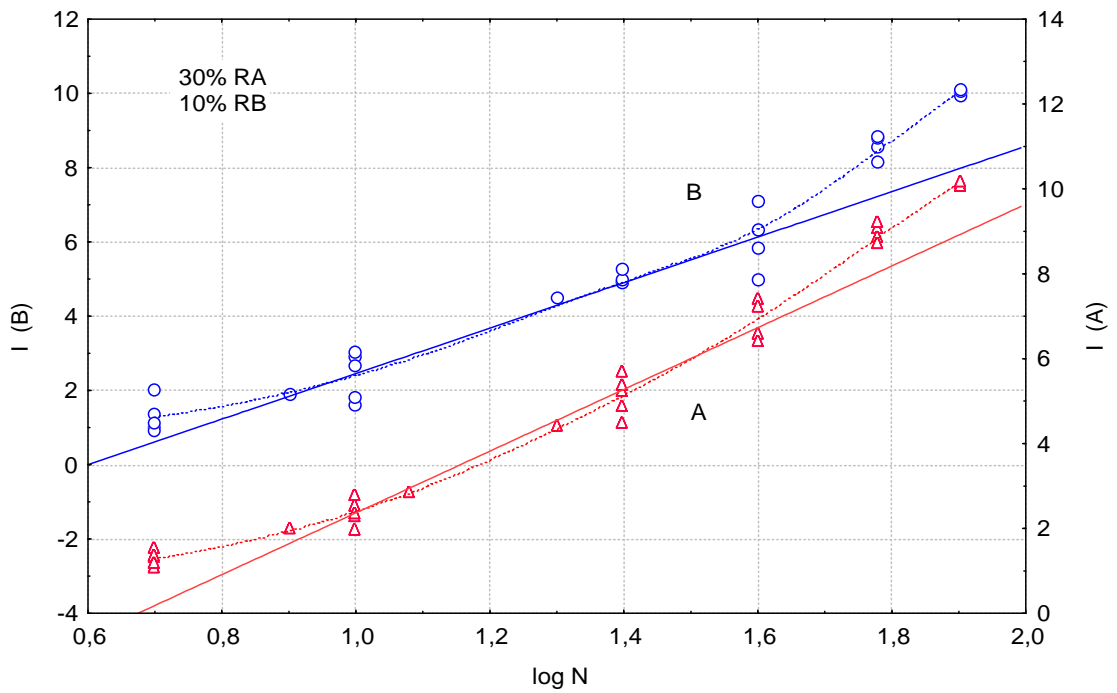
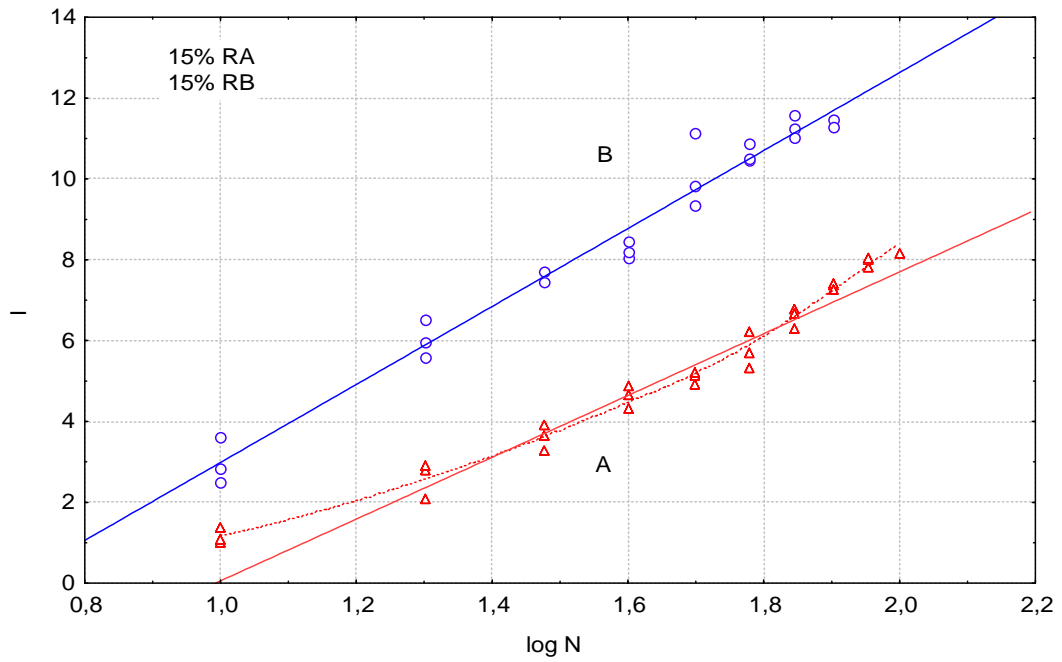
Rys. 3

Intensywność zapachu (I) jako funkcja stężenia odorantów A i B (N).

Założenia: udziały receptorów (R) w warstwie pierwszej: 15% RA, 15% RB i 30% RA, 10% RB, dywergencja sygnałów A i B, odpowiednio: 9 i 25. Oznaczenia: I – liczba z zakresu 0÷14, proporcjonalna do liczby pobudzonych neuronów warstwy II: $I = S2/100$, N – liczba cząsteczek odorantów A i B wśród 100 cząsteczek jednego szeregu falangi

Odour intensity as a function of odorants A and B concentrations (N).

Foundations: participations of receptors (R) in the first layer: 15% RA, 15% RB i 30% RA, 10% RB, the divergence of A and B signals, suitably: 9 and 25. Symbols: I – value from range 0÷14, which is proportional to the number of stimulated neurons in the second layer: $I = S2/100$, N – the number of A and B odorants molecules among 100 molecules in one row of crowd

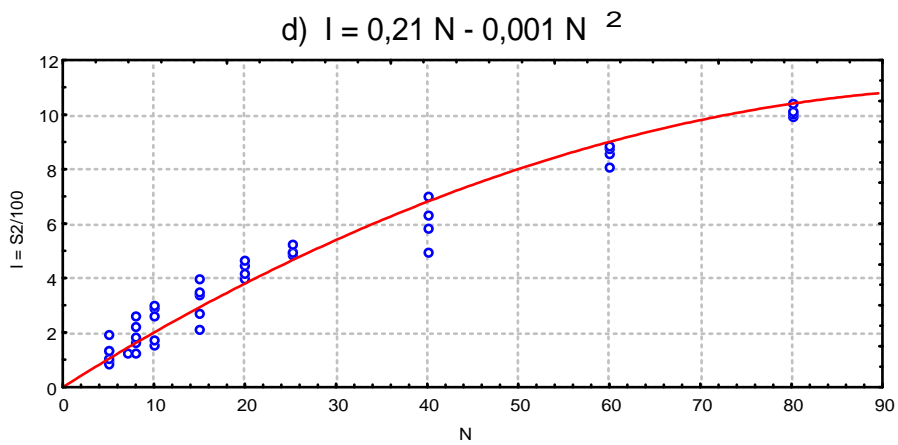
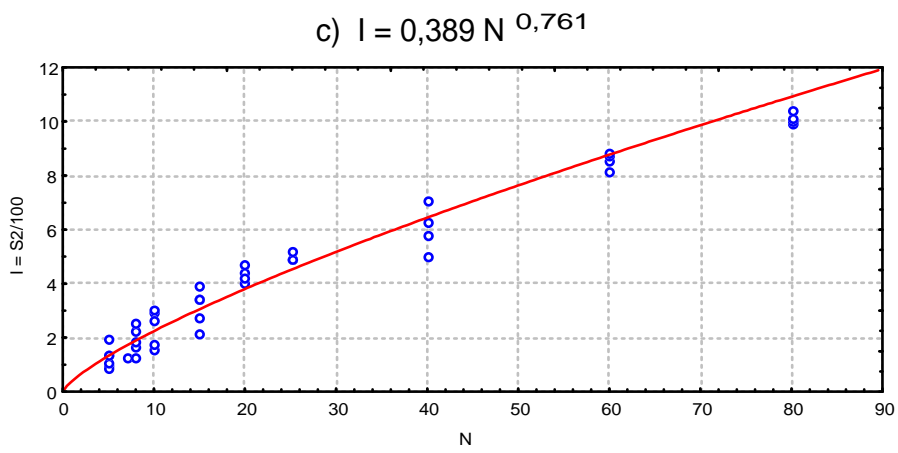
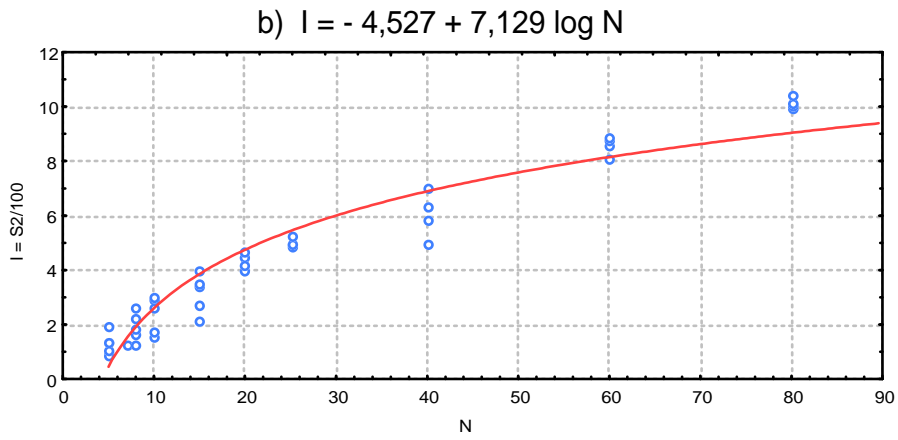


Rys. 4

Intensywność zapachu (I) jako funkcja logarytmu stężenia odorantów A i B ($\log N$).

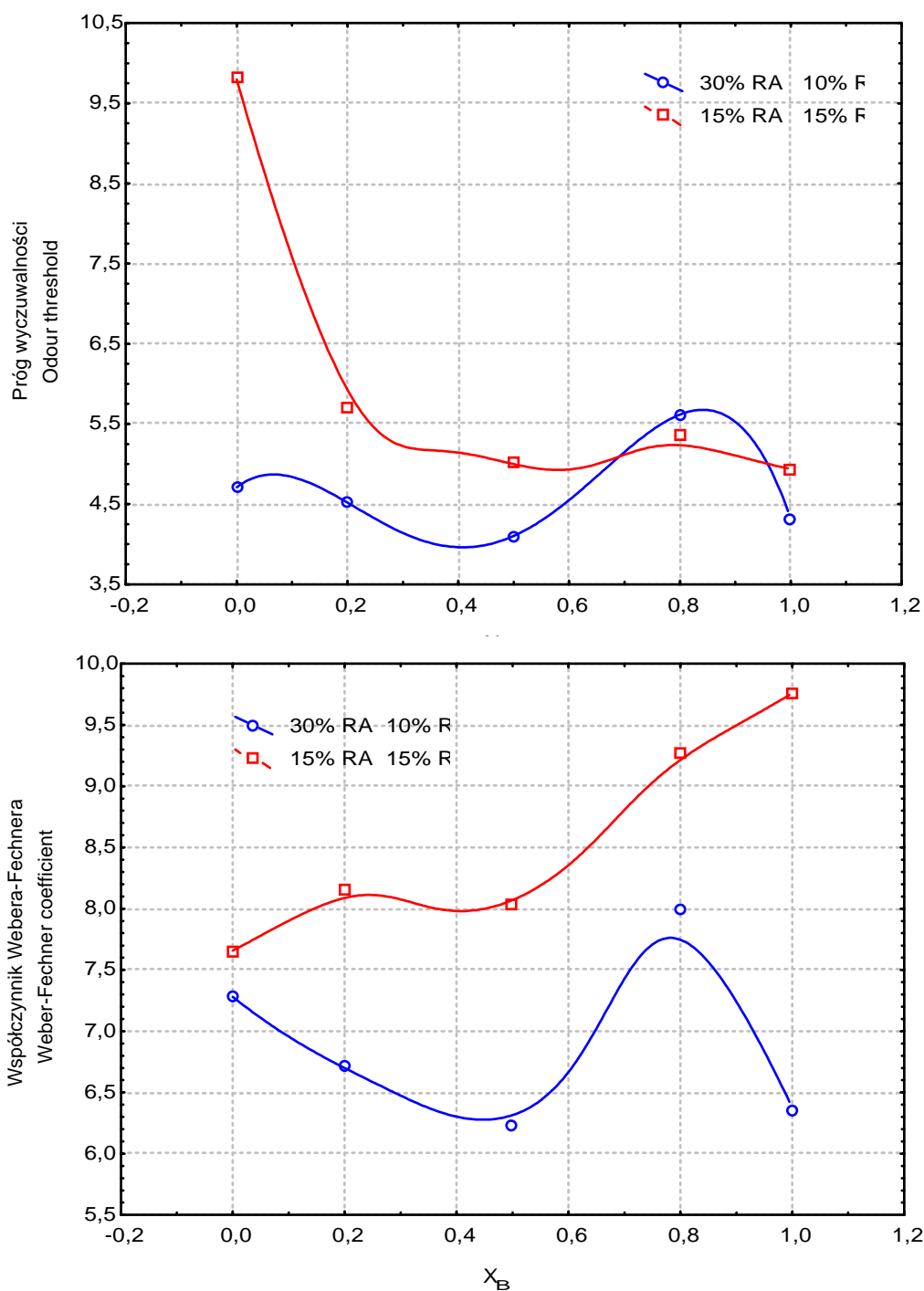
Założenia i oznaczenia – patrz Rys. 3

Odour intensity as a function of the logarithm of the odorants A and B concentration ($\log N$). Foundations and symbols - see Fig. 3



Rys. 5

Intensywność zapachu (I) jako funkcja stężenia związku B ($\log N$). Porównanie funkcji logarytmicznej, wykładniczej i wielomianu drugiego stopnia. Założenia: 10% RB w warstwie I, dywergencja: 1:25
 Odour intensity as a function of the logarithm of the odorant B concentration ($\log N$). The comparison of the logarithmic function, power and of the second degree polynomial
 Foundations: 10% RB in the first layer, divergence: 1:25



Rys. 6

Parametry równania Webera-Fechnera (charakteryzującego model analizatora) jako funkcja udziału odorantów w mieszaninie AB: k – współczynnik Webera-Fechnera, N_0 – próg wyczuwalności zapachu (liczba cząsteczek A i B na 100).

The parameters of Weber-Fechner law (the law which describe the model of odour intensity analyzer) as a function of the components participation in AB mixture: k – the Weber-Fechner coefficient, N_0 – odour detection threshold (number of A and B molecules among 100 molecules)

WNIOSKI

1. Prosty model dwuwarstwowego analizatora intensywności zapachu wykazuje reakcje przypominające wyniki oznaczeń sensorycznych. Poza zakresem najmniejszych rejestrowanych bodźców reakcje te są przybliżeniu zgodne z ogólnym psychofizycznym prawem Webera-Fechnera: liczba pobudzonych neuronów warstwy percepcyjnej (odpowiednik intensywności zapachu) jest logarytmiczną funkcją udziału odoranta w falandze cząsteczek atakujących warstwę recepcyjną (odpowiednik stężenia w powietrzu).
2. Reakcje zaproponowanego modelu na działanie mieszanin dwóch odorantów są jakościowo podobne do złożonych reakcji węchu.
3. Celem dalszych badań powinno być określenie sposobów przewidywania rodzaju węchowych interakcji w mieszaninach odorantów na podstawie psychofizycznych cech składników (np. informacji o stężeniach, progach wyczuwalności, i współczynnikach Webera-Fechnera).
4. Kontynuacja badań może doprowadzić do opracowania projektu nowego typu elektronicznego nosa – aparatu równocześnie określającego rodzaj zapachu i jego intensywność.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Baird J.C, B. Berglund, M.J. Olsson: *Magnitude estimation of perceived odor intensity: Empirical and theoretical properties*, Journal of Experimental Psychology; Human Perception and Performance, **22** (1), 244–255 (1996).
- [2] Berglund B., M.J. Olsson: *A Theoretical and empirical evaluation of perceptual and psychophysical models for odor-intensity interaction*, Reports from the Department of Psychology, Stockholm University, No 764 (1993).
- [3] Boccorh R,K., A. Paterson: *An artificial neural network model for predicting flavour intensity in blackcurrant concentrates*, Food Quality and Preference, **13**, 117–128 (2002).
- [4] Kośmider J., B. Wszyński: *Relationship between odour intensity and odorant concentration: logarithmic or power equation*, Archiwum Ochrony Środowiska, **1**, 29–41 (2002).

- [5] Kośmider J., M. Zamelczyk-Pajewska, B. Wyszyński: *Odour of mixtures of cyclohexane and cyclohexanone*, *Archiwum Ochrony Środowiska*, **2**, 29–43 (2002).
- [6] Kośmider J., M. Zamelczyk-Pajewska: *Trening sieci neuronowej określającej intensywność zapachu*, *Inżynieria Chemiczna i Procesowa*, **22**, 645–660 (2001).
- [7] Kośmider J., M. Zamelczyk-Pajewska: *Sieć neuronowa oceniająca zapach mieszanin cykloheksanu i heksanu*, *Inżynieria Chemiczna i Procesowa*, **23**, 207–218 (2002).
- [8] Laing D.G., M.E. Willcox: *Perception of components in binary odour mixtures*, *Chemical Senses*, **7** (3/4), 249–264 (1983).
- [9] Olsson M.J.: *An interaction model for odor quality and intensity*. Reports from the Department of Psychology, Stockholm University, No 763 (1993).
- [10] Wyszyński B.: *Metody oceny skuteczności dezodoryzacji*, praca doktorska, Instytut Inżynierii Chemicznej i Procesów Ochrony Środowiska, Politechnika Szczecińska, Szczecin 2001.

Pracę wykonano w ramach projektu badawczego finansowanego przez Komitet Badań Naukowych. Numer projektu: 7 T0 9C 050 21.

Zestawienie symboli z dziedziny olfaktometrii
stosowanych do chwili wejścia w życie normy E 13725:2003
ze stosowanymi, zgodnymi z PN-EN 13725:2007

S	c	- stężenie zanieczyszczeń powietrza; zwykle w $[\text{mg}/\text{m}^3]$ lub $[\text{ppm}]$
S_{PWW}	c_{th}	- próg węchowej wyczuwalności, stężenie progowe węchowej wyczuwalności; $c_{th} = c$ $[\text{mg}/\text{m}^3]$ w sytuacji, gdy zapach wyczuwa 50% zespołu reprezentatywnego dla populacji; $c_{th} = 1$ ou/m^3
1 jz	1 ou	- jednostka zapachowa; ilość zanieczyszczenia zawarta w 1 m^3 powietrza w sytuacji, gdy $c = c_{th}$
LJZ	c_{od}	- stężenie zapachowe; stężenie odorantów wyrażone w jednostkach zapachowych w metrze sześciennym $[\text{ou}/\text{m}^3]$ (inaczej: <i>TON- Threshold Odour Number</i> , LJZ - Liczba Jednostek Zapachowych)
TFN	TFN	- <i>Threshold Flavour Number</i> (liczba progowa smaku - „smakowitości”)
R	Z	- stopień rozcieńczenia badanego gazu czystym powietrzem: $Z = (V_{\text{gazu}} + V_{\text{pow}}) : V_{\text{gazu}}$ (gdzie: V - objętość lub natężenie przepływu)
$R_{50\%}$	$Z_{50\%}$	- stopień rozcieńczenia prowadzący do osiągnięcia progu wyczuwalności zapachu, liczbowo równy wartości c_{th} $[\text{ou}/\text{m}^3]$ (z definicji)
I (I_A I_B)	S (S_A S_B)	- intensywność zapachu (<i>sensation intensity</i>); symbol w niektórych wypadkach zawiera indeks A lub B - dodatkową informację o rodzaju zastosowanej skali intensywności: S_A - użycie skali punktowej: 0, 1, 2, 3; S_B - użycie wzorcowych roztworów n-butanolu („krok” rozcieńczeń - 20/7)
I_0 I_R	S_0 S_Z	- intensywność zapachu próbki gazu nie rozcieńczonego (S_0) i po jej rozcieńczeniu Z razy czystym powietrzem (S_Z)
k ($k_{W.F}$)	k (k_W)	- współczynnik proporcjonalności w równaniu Webera-Fechnera, wiążącym intensywność zapachu ze stężeniem odorantów lub rozcieńczeniem próbki: $S = k \cdot \log c_{od}$ lub $S = k \cdot \log \frac{c}{c_{th}}$ lub $S_Z = S_0 - k \cdot \log Z$
k_S	k_S	- współczynnik proporcjonalności w równaniu Stevensa, wiążącym intensywność zapachu z logarytmem stężenia: $S = k_S \cdot c^n$ lub $S = k_S \cdot (c - c_{th})^n$ (n - stała empiryczna, wykładnik Stevensa)

LJZ_{30}	$c_{od\ 30}$	- średnia wartość c_{od} w powietrzu otoczenia emitora, odniesiona do 30 minut,
LJZ_{30}^{max}	$c_{od\ 30}^{max}$	- maksymalna w skali roku (lub sezonu) wartość $c_{od\ 30}$,
$LJZ_{30}^{99,8}$	$c_{od\ 30}^{99,8}$	- percentyl 99,8 $c_{od\ 30}$ – stężenie obliczane na podstawie statystycznego rozkładu wielu wyników pomiarów; prawdopodobieństwo wystąpienia w ciągu roku lub sezonu wartości większych od $c_{od\ 30}^{99,8}$ jest mniejsze od 0,2%
LJZ_{30}^{98}	$c_{od\ 30}^{98}$	- percentyl 98 $c_{od\ 30}$ – stężenie obliczane na podstawie statystycznego rozkładu wielu wyników pomiarów; prawdopodobieństwo wystąpienia w ciągu roku lub sezonu wartości większych od $c_{od\ 30}^{98}$ jest mniejsze od 2%
LJZ_5	$c_{od\ 5}$	- średnia wartość c_{od} w powietrzu otoczenia emitora, odniesiona do 5 minut kontroli terenowej,
LJZ_p	$c_{od\ p}$	- chwilowe stężenie zapachowe, odniesione do najkrótszego czasu potrzebnego do percepcji zapachu (około 5 sekund)
$LJZ_{p/t}^{max}$	$c_{od\ p/t}^{max}$	- maksymalna wartość $c_{od\ p}$ występująca w czasie t minut
$LJZ_{p/0,25}^{max}$	$c_{od\ p/0,25}^{max}$	- maksymalna wartość $c_{od\ p}$ występująca w czasie piętnastu sekund (0,25 minuty), decydująca o ocenach intensywności zapachu notowanych co 15 sekund,
$LJZ_{p/5}^{max}$	$c_{od\ p/5}^{max}$	- maksymalna z kolejnych wartości $c_{od\ p/0,25}^{max}$ występujących w czasie pięciu minut terenowej kontroli zapachowej jakości powietrza
I_5	S_5	- średnia intensywność zapachu powietrza odniesiona do 5 minut kontroli terenowej
I_p	S_p	- chwilowa intensywność zapachu, obserwowana w najkrótszym czasie umożliwiającym percepcję – około 5 sekund ($S_p \approx S_5$ sekund)
$I_{p/t}^{max}$	$S_{p/t}^{max}$	- maksymalna wartość S_p obserwowana w czasie t minut
$I_{p/0,25}^{max}$	$S_{p/0,25}^{max}$	- maksymalna wartość S_p obserwowana w czasie piętnastu sekund (0,25 minuty), decydująca o ocenach intensywności zapachu notowanych co 15 sekund
$I_{p/5}^{max}$	$S_{p/5}^{max}$	- maksymalna z kolejnych wartości $S_{p/0,25}^{max}$ występujących w czasie pięciu minut terenowej kontroli zapachowej jakości powietrza
E	q	- emisja zanieczyszczeń powietrza, objętościowe lub masowe natężenie przepływu emitowanych zanieczyszczeń, np. c [mg/m ³] · V [m ³ /s]
EO	q_{od}	- emisja odorantów, zapachowe natężenie przepływu emitowanych odorantów, np. c_{od} [ou/m ³] · V [m ³ /s]
WE	Fq, Fq_{od}	- wskaźnik emisji, natężenie przepływu emitowanych zanieczyszczeń ([mg/s] lub [ou/s]) odniesiony do jednostki masy produktu lub substratu