

Izabela SÓWKA<sup>1</sup>

## OKREŚLENIE ZAPACHOWEGO ODDZIAŁYWANIA WYBRANEGO ZAKŁADU PRZETWÓRSTWA ROLNO-SPOŻYWCZEGO PRZY ZASTOSOWANIU OLFAKTOMETRII DYNAMICZNEJ ORAZ METOD OBLICZENIOWYCH

### OLFACTORY IMPACT ASSESSMENT OF THE SELECTED AGRI-FOOD PROCESSING PLANT BY DYNAMIC OLFACTOMETRY AND COMPUTATIONAL METHODS

**Abstrakt:** Pomiary stężenia zapachowego przeprowadzono w okresie jesiennym 2010 roku. Próbkę wonnych gazów zostały pobrane podczas kampanii buraczanej z sześciu źródeł emisji zlokalizowanych na terenie wybranej cukrowni. Przy zastosowaniu olfaktometrii dynamicznej (zgodnie z normą PN-EN 13725) i metod obliczeniowych (model wskaźnikowy i model smugi korzystający z równania Pasquilla) określono zakres zapachowego oddziaływania rozpatrywanego obiektu. Stwierdzono, że ponad 99% całkowitej emisji zapachu stanowiła emisja ze źródeł punktowych (procesy saturacji i defekacji). Obliczenia wykonane za pomocą modelu wskaźnikowego wykazały, że obszarem narażonym na wpływ odorów (dla różnych prędkości wiatru) może być obszar znajdujący się do 1050 metrów od badanego obiektu. Według obliczeń przeprowadzonych z zastosowaniem modelu Pasquilla, najwyższe średnie roczne stężenie zapachu uzyskano w punkcie o współrzędnych  $X = 850$  i  $Y = 950$  m, i wyniosło  $3,34 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ . Zgodnie z polskim projektem ustawy o „przeciwdziałaniu uciążliwości zapachowej” jako poziom odniesienia zostało ustalone stężenie zapachu równe  $1 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ . W związku z tym, że na podstawie obliczeń ww. wartość została przekroczona, powinny zostać podjęte działania mające na celu ograniczenie emisji zapachów z badanej cukrowni.

**Słowa kluczowe:** PN-EN 13725, emisja, stężenie zapachowe, modelowanie, uciążliwość zapachowa

Ocena skali zapachowego oddziaływania wybranego źródła emisji powinna być poprzedzona inwentaryzacją źródeł emisji zapachu na obszarze wybranego zakładu, określeniem sposobu pobierania próbek złowonnych gazów, określeniem stężenia zapachowego oraz ostatecznie oszacowaniem stężenia emisji odorów. Na podstawie wyznaczonej wartości, przy zastosowaniu wybranych narzędzi matematycznych, możliwe jest oszacowanie zakresu oddziaływania zapachów emitowanych z wybranego obiektu przemysłowego.

W pracy przedstawiono wyniki pomiarów olfaktometrycznych z wyselekcjonowanych źródeł emisji zapachów na terenie wybranej cukrowni. Uzyskana emisja zapachu oraz wykonanie obliczeń z zastosowaniem modelu wskaźnikowego oraz Pasquilla pozwolą na oszacowanie zasięgu oddziaływania zapachowego wybranego zakładu.

#### Metodyka badań

Obiektem badań była cukrownia położona na terenie województwa śląskiego. Po przeglądzie technologii produkcji, konsultacjach z technologiem oraz rekonesansie terenowym i ocenie sensorycznej przeprowadzonej na terenie zakładu (podczas kampanii

<sup>1</sup> Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska, Wydział Inżynierii Środowiska, ul. Wyb. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, email: izabela.sowka@pwr.wroc.pl

buraczanej) wyselekcjonowano sześć źródeł emisji. Trzy spośród wybranych źródeł były źródłami punktowymi, trzy pozostałe źródłami powierzchniowymi. Z każdego źródła pobrano trzy próbki wonnych gazów w celu określenia stężenia zapachowego. Pobranie próbek wykonano z zastosowaniem próbniaka standardowego (źródła punktowe) oraz pokrywy (źródło powierzchniowe) zgodnie z metodyką zawartą oraz opisaną w [1-4].

Pomiaru stężenia zapachowego dokonano z zastosowaniem metody olfaktometrii dynamicznej, zgodnie z procedurami opisanymi w PN-EN: 13725 „Jakość powietrza. Oznaczanie stężenia zapachowego metodą olfaktometrii dynamicznej” [1]. Urządzeniem pomiarowym był czterostanowiskowy olfaktometr TO8. Zespół pomiarowy złożony był z czterech probantów oraz jednego operatora. Probandci wyselekcjonowani byli zgodnie z wytycznymi zawartymi w normie przy użyciu substancji odniesienia, jaką był *n*-butanol w azocie. We wstępnym rozeznaniu nie stwierdzono, że stężenie zapachu w pobranych próbkach nie wykracza poza zakres pomiarowy olfaktometru. Podczas pomiaru próbka zanieczyszczonego powietrza podłączona była do olfaktometru, a zadaniem probantów było sygnalizowanie, czy wyczuwają zapach w badanym strumieniu gazów. Gazy rozcieńczane były bezwonnym powietrzem w sposób dynamiczny. Początkowe rozcieńczenie zostało dobrane tak, aby nie było możliwe stwierdzenie obecności zapachu. Badane rozcieńczenia były malejące. Wśród prezentowanych próbek znajdowały się „ślepe próby” lub „próby zerowe”, w których zamiast zapachu było prezentowane czyste, bezwonne powietrze. Jeden pomiar składał się z czterech serii. Zebrane w komputerze wyniki zostały obliczone jako wynik pomiaru zespołowego - średnia geometryczna ze wszystkich pomiarów indywidualnych. Była to jednocześnie wartość stężenia odorów w danej próbce wyrażona w europejskich jednostkach zapachowych w metrze sześciennym ( $ou_E/m^3$ ). Poziom emisji zapachów podawany w europejskich jednostkach zapachowych na sekundę ( $ou_E/s$ ) ze źródeł punktowych wyznaczono na podstawie znajomości stężenia zapachowego oraz strumienia objętościowego gazów odlotowych, podobnie jak dla standardowych zanieczyszczeń powietrza. Jedno z wybranych źródeł punktowych miało wentylację grawitacyjną, dlatego do oszacowania natężenia strumienia wykorzystano różnice temperatur (oraz gęstości) gazów odlotowych i otoczenia (Emitor 3). W przypadku źródła powierzchniowego emisję wyznaczono zgodnie z [2].

W celach obliczeniowych zastosowano model wskaźnikowy oraz model korzystający z formuły Pasquilla. W przypadku szacowania zasięgu z zastosowaniem modelu wskaźnikowego stężenie zapachu ( $S_r$ ) w danej odległości od źródła ( $x$ ) przy różnych prędkościach wiatru ( $u$ ) obliczono zgodnie z formułą [5]:

$$S_r = 7E/ux^2 [ou_E/m^3]$$

gdzie:  $S_r$  - przygruntowe stężenie zanieczyszczenia w punkcie recepcji [ $ou_E/m^3$ ],  $E$  - emisja zapachu z danego źródła emisji [ $ou_E/s$ ],  $u$  - prędkość wiatru [ $m/s$ ],  $x$  - odległość od emitora [ $m$ ].

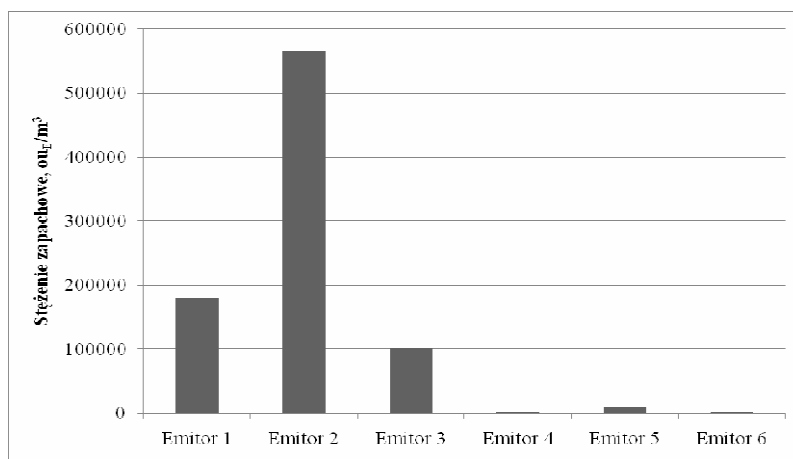
Obliczenia z zastosowaniem modelu wskaźnikowego wykonano dla prędkości wiatru  $u$  z wybranych przedziałów z zakresu od 1 do 20  $m/s$  oraz w odległościach  $x$  od zakładu do zabudowy mieszkalnej równych: 125, 300, 650 oraz 1050  $m$ .

Do prognozowania w skali lokalnej stężeń substancji w powietrzu zastosowano model smugi korzystający z formuły Pasquilla [6]. Do wykonania obliczeń rozkładów przestrzennych stężeń maksymalnych zaprojektowano siatkę obliczeniową o wymiarach:

1400 x 1400 m. Na podstawie rozmiarów siatki przyjęto liczbę i długość kroków obliczeniowych. Zasięg siatki równy był 28 kroków obliczeniowych (25 m każdy krok).

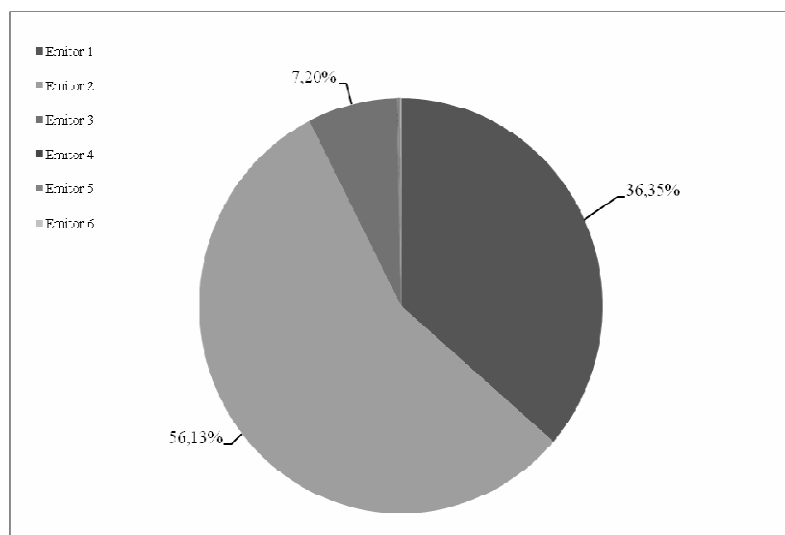
### Wyniki badań, ich omówienie i analiza

Zmierzone oraz wyznaczone zgodnie z [1, 2] wartości średnie stężeń zapachowych w pobranych próbkach gazów oraz udziały poszczególnych źródeł emisji w oszacowanej całkowitej emisji zapachu z zakładu przedstawiono na rysunkach 1 oraz 2.



Rys. 1. Średnie stężenia zapachowe określone dla wyselekcjonowanych emitorów

Fig. 1. The average odour concentrations for selected emitters



Rys. 2. Udział poszczególnych źródeł emisji w oszacowanej całkowitej emisji zapachu z zakładu

Fig. 2. The contribution of individual emission sources in the estimated total odour emission from the plant

Z przeprowadzonych pomiarów wynika, że najwyższe stężenia zapachowe zostały zmierzone w źródle emisji nr 2 (Emitor 2), zaś dość duże w źródle nr 1 (Emitor 1). Obliczenia poziomu emisji natomiast wskazują, że za najwyższą emisję zapachów odpowiedzialny jest Emitor 2 (udział w całkowitej emisji zapachu ok. 56%). Następnie, ok. 36% i 7% całkowitej emisji stanowiły kolejno: emisja ze źródła nr 1 oraz nr 3. Ze względu na to, że emisje ze źródeł punktowych (nr 1-3) stanowią ponad 99% całkowitej emisji wonnych gazów, w dalszych rozważaniach uwzględniono właśnie wpływ wybranych źródeł punktowych na jakość zapachową powietrza na obszarach położonych w otoczeniu wybranego zakładu.

Przykład wyników obliczeń z zastosowaniem modelu wskaźnikowego dla źródła emisji nr 2 przedstawiono w tabeli 1. Zgodnie z projektem ustawy o przeciwdziałaniu uciążliwości zapachowej nr 2009/02/27, jako poziom porównawczy dla ocen jakości zapachowej powietrza terenów zabudowy mieszkaniowej, usługowej, terenów zieleni i wody oraz terenów użytkowanych rolniczo ustalono  $1 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ . Na podstawie przeprowadzonych obliczeń z wykorzystaniem prostych zależności empirycznych uzyskane wartości stężeń zapachowych dla źródła emisji nr 2 wskazują, że wartość większa od  $1 \text{ ou}_E/\text{m}^3$  zostanie przekroczona dla całego badanego obszaru (zasięg 1050 m od rozpatrywanego źródła) podczas ciszy. Dla budynków oddalonych do ok. 300 m od źródła emisji oraz do ok. 650 m stężenie  $1 \text{ ou}_E/\text{m}^3$  może zostać przekroczone, kolejno, przy prędkościach wiatru z zakresu  $1 \div 20$  oraz  $1 \div 3,0$  m/s.

Stężenia zapachowe w określonych odległościach od Emitora nr 2

Tabela 1

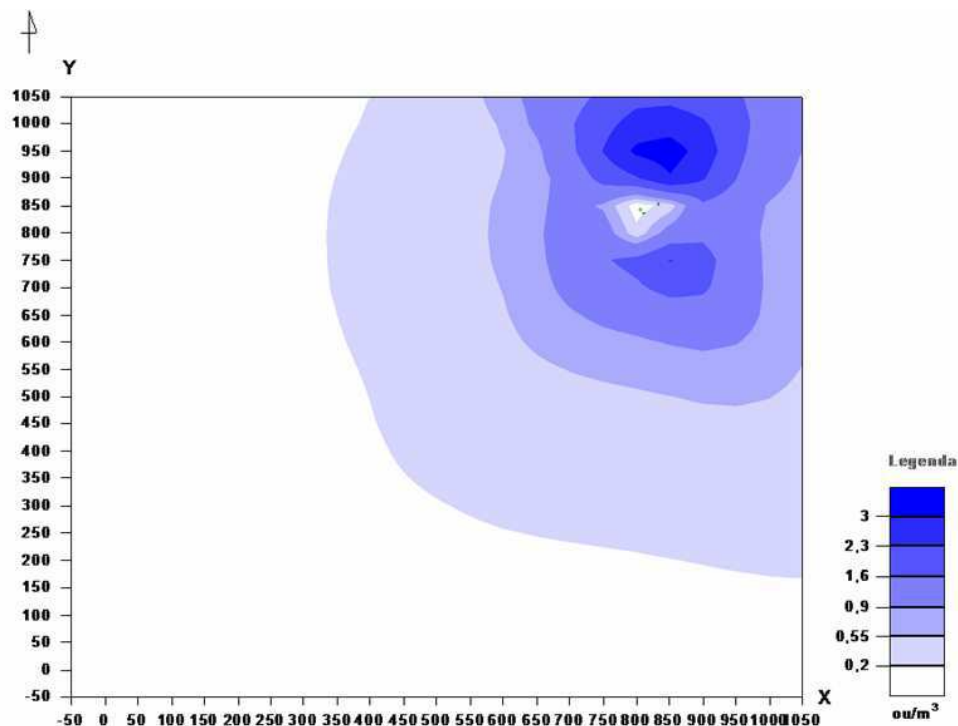
The odour concentrations in certain distances from the Emitter No. 2

Table 1

Prędkość wiatru [m/s]	Odległość od zakładu [m]			
	125	300	650	1050
Obliczone wartości stężeń [ $\text{ou}_E/\text{m}^3$ ]				
1	117,08	20,33	4,33	1,66
3	39,03	6,77	1,44	0,55
5	23,42	4,06	0,87	0,33
9	13,01	2,26	0,48	0,18
10	11,71	2,03	0,43	0,17
20	5,85	1,02	0,21	0,083

Wyznaczone rozkłady stężeń zapachowych (stężenia średnioroczne) przedstawiono na rysunku 3. Z przeprowadzonych obliczeń wynika, iż największą wartość odnotowano w punkcie o współrzędnych  $X = 850 \text{ m}$ ,  $Y = 950 \text{ m}$  i wyniosła ona  $3,34 \text{ ou}_E/\text{m}^3$  (przy prędkości wiatru  $1 \text{ m/s}$ , SSW, w stanie równowagi obojętnej). Wartość stężeń średniorocznych przekroczyła granicę  $3 \text{ ou}_E/\text{m}^3$  również w punkcie o współrzędnych  $X = 800 \text{ m}$ ,  $Y = 950 \text{ m}$  i wyniosła  $3,15 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ .

Wyniki obliczeń uzyskane przy zastosowaniu modelu wskaźnikowego oraz modelu smugowego wskazywać mogą na potencjalne zapachowe oddziaływanie wybranej cukrowni w odległości do ok. 1000 m. W sytuacji kiedy najbliższe budynki mieszkalne na badanym terenie znajdują się w odległości ok. 300 m od granic zakładu, wyniki obliczeń wskazują, że dany obiekt może oddziaływać zapachowo na otoczenie.



Rys. 3. Wyznaczone rozkłady średniorocznych stężeń zapachowych

Fig. 3. Designated distributions of annual average odour concentrations

Dokonanie trafnej oceny zjawiska uciążliwości zapachowej, której przyczyną jest emisja odorów przez zakład przemysłowy, wymaga zastosowania kilku metod badawczych. Wyniki obliczeń modelowych, gdzie wartości stężeń są wartościami uśrednionymi, odniesionymi m.in. do założonych prędkości wiatru czy wieloletniej róży wiatrów, mogą bowiem w niepełny sposób wpływać na ocenę uciążliwości zapachowej wybranego obiektu przemysłowego. W takich przypadkach zaleca się weryfikację uzyskanych wyników poprzez przeprowadzanie badań terenowych. Niemniej, uzyskane wartości na drodze obliczeniowej pozwalają w przybliżony sposób oszacować zasięg terytorialny zapachowego oddziaływania źródła emisji odorów.

### Podsumowanie

Zmierzone w wybranych reprezentatywnych punktach technologii stężenia zapachowe mieściły się w zakresie  $250 \div 261335$   $ou_E/m^3$ . Najwyższe stężenie zapachowe oraz emisję zapachu odnotowano dla Emitora nr 2, którego udział w całkowitej emisji zapachu z zakładu stanowił ok. 56%.

Z przeprowadzonych szacunków przy zastosowaniu modelu wskaźnikowego wynika, że obszarem narażonym na oddziaływanie emitowanych zapachów z Emitora nr 2 (przy różnym zakresie prędkości wiatru) jest strefa do ponad 1000 m od zakładu. Według

obliczeń przeprowadzonych z zastosowaniem modelu Pasquilla, najwyższe średnie roczne stężenie zapachu uzyskano w punkcie o współrzędnych  $X = 850$  m i  $Y = 950$  m.

W przypadku licznych skarg na uciążliwość zapachową z danego zakładu wyniki obliczeń powinno zweryfikować się na drodze inspekcji terenowych oraz badań ankietowych zgodnie z metodykami stosowanymi w krajach europejskich i opracowywanymi obecnie w kraju [7-13].

### Podziękowania

Praca wykonana w ramach projektu badawczego zamawianego PBZ-MEiN-5/2/2006 pt. Nowe metody i technologie dezodoryzacji w produkcji przemysłowej, rolnej i gospodarce komunalnej.

### Literatura

- [1] PN-EN 13725: Jakość powietrza. Oznaczanie stężenia zapachowego metodą olfaktometrii dynamicznej, 2007.
- [2] VDI 3880- Draft: Olfactometry - Static sampling. Beuth Verlag, Berlin 2009.
- [3] Richter C.J. i Frechen F.B.: Sampling for olfactometric measurement: The New VDI guideline 3880. IWA Conference on Odour and VOC's, Barcelona 2008.
- [4] Sówka I., Szklarczyk M., Zwoździak J., Zwoździak P. i Nych A.: *Charakterystyka metod poboru gazów odorotwórczych w świetle przepisów europejskich*. Przem. Chem., 2009, **88**(5), 571-573.
- [5] Kośmider J., Mazur-Chrzanowska B. i Wyszyński B.: *Odory*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 2002.
- [6] Neumann M.: *Modelowanie jakości zapachowej powietrza atmosferycznego*. Przegl. Komunal., 2005, **11**(170), 114-118.
- [7] VDI 3883, part II: Effects and assessment of odours. Determination of annoyance parameters by questioning. Repeated brief questioning of neighbor panelists. Verein Deutscher Ingenieure, Beuth Verlag, Berlin 1993.
- [8] VDI 3940 B.1: Measurement of odour impact by field inspection - Measurement of the impact frequency of recognizable odours - Grid measurement. Verein Deutscher Ingenieure, Beuth Verlag, Berlin 2006.
- [9] VDI 3940 B.2: Measurement of odour impact by field inspection - Measurement of the impact frequency of recognizable odours - Plume measurement. Verein Deutscher Ingenieure, Beuth Verlag, Berlin 2006.
- [10] VDI 3940 B.3 (Draft): Measurement of odour in ambient air by field inspections - Determination of odour intensity and hedonic odour tone. Verein Deutscher Ingenieure, Beuth Verlag, Berlin 2008.
- [11] VDI 3940 B.4 (Draft): Determination of the hedonic odour tone - Polarity profiles. Verein Deutscher Ingenieure, Beuth Verlag, Berlin 2008.
- [12] Sówka I., Zwoździak J., Nych A., Szklarczyk M., Skrętowicz M. i Zwoździak P.: *Zastosowanie badań ankietowych do określenia uciążliwości zapachowej na terenach przyległych do przemysłowych źródeł emisji odorów*. Przem. Chem., 2010, **89**(4), 546- 549.
- [13] Kulig A., Lelicińska-Serafin K., Przedworna J., Sinicyn G., Heidrich Z. i Czyżkowski B.: *Charakterystyka i ocena oddziaływania zapachowego źródeł odorantów w gospodarce ściekowej i odpadowej w Polsce na podstawie badań ankietowych*. Chemik, 2009, **11**, 414-420.

## OLFACTORY IMPACT ASSESSMENT OF THE SELECTED AGRI-FOOD PROCESSING PLANT BY DYNAMIC OLFACTOMETRY AND COMPUTATIONAL METHODS

Institute of Environmental Protection Engineering, Wrocław University of Technology

**Abstract:** The measurements of odour concentrations have been conducted during the autumn season of 2010. The samples of odour gasses were collected during the beet campaign from six emission sources localised in area of the selected sugar factory. By use of dynamic olfactometry (according to the PN-EN 13725 standard) and computational methods (a indicator and plume model using the Pasquill equation) the odour range was determined. It was found that over 99% of total odour emission was the emission from the point sources

(saturation and defecation processes). Performed calculations by use of the indicator model showed that the area exposed to the influence of odours (with varying wind speed values) could be area located up to 1050 meters from the investigated object. According to calculations carried out within plume model, the highest annual average odour concentration of odour were obtained at the point with coordinates  $X = 850$  and  $Y = 950$  m, and was amounted to  $3.34 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ . According to a Polish draft of law on 'anti-odour nuisance' as reference levels was set odour concentration equal to  $1 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ . Therefore, a project aimed at reducing emissions of odours from the investigated factory should be considered.

**Keywords:** PN-EN 13725, emission, odour concentration, modelling, odour nuisance