

**ZAPACHOWA UCIAŹLIWOŚĆ EMITORÓW  
ZANIECZYSZCZEŃ POWIETRZA.  
PROGNOZOWANIE ZASIĘGU I METODY WERYFIKACJI PROGNOZ**

**Joanna Kośmider**

*Politechnika Szczecińska, Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej*

**Wprowadzenie**

Ustawa „Prawo ochrony środowiska” z r. 2001 (kilkakrotnie nowelizowana) stanowi, że pozwolenia zintegrowanego wymaga eksploatacja tych instalacji, których prowadzenie, ze względu na rodzaj i skalę prowadzonej w niej działalności, może powodować znaczne zanieczyszczenie poszczególnych elementów przyrodniczych, albo środowiska jako całości.

Zgodnie z „Prawem ochrony środowiska” (POŚ) za typowe oddziaływania na środowisko, jakie mogą występować w związku z eksploatacją instalacji, uważa się wprowadzanie gazów lub pyłów do powietrza, wprowadzanie ścieków do wód lub do ziemi, wytwarzanie odpadów, emitowanie hałasu i emitowanie pól elektromagnetycznych. Dla poszczególnych rodzajów oddziaływań Minister Środowiska określa odpowiednie ograniczenia, wydając rozporządzenia wykonawcze do ustawy.

Ograniczenia dotyczące zanieczyszczania powietrza emitowanymi gazami określono m.in. w rozporządzeniach z dnia 6 czerwca 2002 r. (Dz.U. Nr 87, poz. 796) i z dnia 5 grudnia 2002 r. w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. Nr 1 z 2003 r., poz. 12). Zgodność parametrów jakości powietrza ze standardami kontroluje Państwowy Monitoring Środowiska, wykorzystując coraz liczniejsze stacje pomiarów ciągłych i laboratoria mobilne. Pozwolenia na uruchomienie nowych obiektów są wydawane po wykazaniu, że dodatkowa emisja zanieczyszczenia powietrza nie spowoduje przekroczenia standardów. Umożliwia to referencyjna metoda modelowania dyspersji w atmosferze, wskazana w rozporządzeniu ministra.

Przedstawiony system ochrony jakości powietrza nie obejmuje „problemu odorów”. Dotychczas nie zostało wydane rozporządzenie w sprawie wartości odniesienia dla substancji zapachowych w powietrzu i metod oceny zapachowej jakości powietrza, o którym mowa w artykule 222 POŚ (do r. 2005 w art. 86). Jest ono wciąż niecierpliwie oczekiwane przez mieszkańców otoczenia uciążliwych źródeł zanieczyszczeń powietrza. Czekają na nie również ci przedstawiciele

administracji państwowej, którzy zgodę na uruchomienie zapachowo uciążliwych obiektów chcieliby uzależniać od dotrzymania konkretnego standardu.

W latach 2001-2004 przewidywano zaadaptowanie do warunków Polski zasad ochrony zapachowej jakości powietrza, które od wielu lat obowiązują w innych w Niemczech i Holandii (tab. 1) oraz wielu innych krajach [...]. Podstawą tych procedur są wyniki analiz sensorycznych – wartości stężeń zapachowych ( $c_{od}$  [ou/m<sup>3</sup>]; pojęcie zdefiniowane poniżej). W końcu roku 2004 ogłoszono, że projekt polskiego „rozporządzenia przeciwodorowego” jest przedmiotem uzgodnień międzyresortowych i planowane są badania pilotażowe. Do realizacji zapowiadanych badań dotychczas nie doszło, jednak można przypuszczać, że koncepcja nie została całkowicie zarzucona i celowe jest jej upowszechnianie.

Tabela 1

Standardy zapachowej jakości powietrza w Niemczech określone przez niemiecki resort rolnictwa) i Holandii (według danych z roku 1993 [...]); objaśnienia:  $D_{30}$  [ou/m<sup>3</sup>] – dopuszczalny poziom substancji zapachowych w powietrzu, wartość średnia odniesiona do 30 minut; T% – dopuszczalna częstość przekraczania  $D_{30}$  [% godzin roku]

Kraj	Rodzaj obszaru/zakładu	$D_{30}$ [ou/m <sup>3</sup> ]	T%
Niemcy	Obszary mieszkalne	1	3
	Obszary mieszane	1	5
	Obszary wiejskie	1	8
		3	3
	Obszary przemysłowe	1	10
		3	5
Holandia	Zakłady istniejące	1	2
	Zakłady nowe	1	0,5
	Źródła okresowe i zmienne	10	0,01

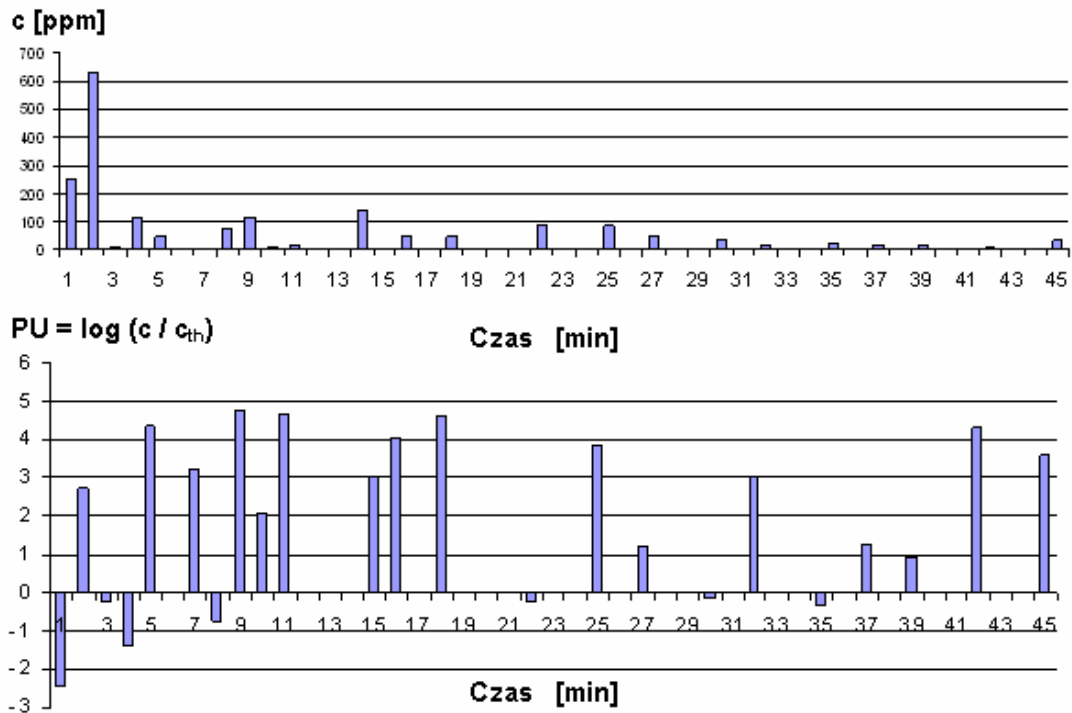
### Ograniczenia przydatności klasycznych metod analizy

Propozycja wykonywania analiz metodami sensorycznymi budzi wątpliwości lub zdecydowany sprzeciw. Pojawiają się sugestie, że należy zastosować rozwiązanie „klasyczne”, czyli odpowiednio rozszerzyć listę związków o określonych standardach o kolejne pozycje – o pewną liczbę związków o najbardziej nieprzyjemnym zapachu. Umożliwiłoby to monitorowanie emisji i imisji z użyciem mniej kłopotliwych i bardziej precyzyjnych technik analitycznych.

Proponowane rozwiązanie jest proste tylko pozornie. W praktyce warunkiem skuteczności tak zorganizowanej ochrony zapachowej jakości powietrza byłoby umieszczenie na liście bardzo dużej liczby związków, których stężenia powinny być kontrolowane. Realizacja tego zadania byłaby trudna i

kosztowna, a równocześnie mało efektywna. Wyniki oznaczeń stężenia wielu związków zapachowych – składników rzeczywistych mieszanin o nieprzyjemnym zapachu – rzadko informują o zapachu mieszaniny.

Rodzaj trudności, jakie pojawiają się podczas prób określenia rodzaju związków odpowiedzialnych za zapach rzeczywistych gazów odlotowych, ilustruje przykład dotyczący zapachu gazów odlotowych z wytwórni kwasu fosforowego metodą ekstrakcyjną. Badania uciążliwości wytwórni zespół Pracowni wykonywał w latach 1995-2000 [.....]. Rysunek 1 sporządzono na podstawie wyników analizy jednej z pobranych próbek gazu. Stężenia kilkudziesięciu zidentyfikowanych składników próbki ( $c$ ) porównano z wartościami ich „potencjalnej uciążliwości” zapachowej (PU). Za miarę tej uciążliwości uznano wartości logarytmu ilorazu stężenia przez odpowiedni próg węchowej wyczuwalności ( $c_{th}$ ).



Rys. 1. Uproszczony chromatogram (górną) i olfaktogram (dół) próbki gazów odlotowych z wytwórni kwasu fosforowego [...]

Iloraz stężenia przez próg wyczuwalności jest – w wypadku pojedynczych zanieczyszczeń – miarą stężenia zapachowego ( $c/c_{th} = c_{od} [ou/m^3]$ ), a intensywność zapachu jest wprost proporcjonalna do logarytmu tego stężenia (psychofizyczne prawo Webera-Fechnera). Na tej podstawie można sądzić, że odoranty o największych wartościach PU wpływają w największym stopniu na zapach mieszaniny, nie jest to jednak pewne. Rola każdego ze składników mieszaniny zależy dodatkowo od wartości współczynnika proporcjonalności w

równaniu Webera-Fechnera i od rodzaju węchowych interakcji z innymi odorantami, w jakie wchodzi w procesie percepcji zapachu. Mimo znacznych postępów w dziedzinie badań tego procesu (medycyna/fizjologia, Nagroda Nobla z r. 2004), wymienione złożone problemy psychofizyczne nadal oczekują na rozwiązanie. Dopóki to nie nastąpi egzekwowanie prawnych ograniczeń uciążliwości zapachowej musi się wiązać ze stosowaniem sensorycznych technik pomiarowo-kontrolnych.

### **Pomiary stężenia zapachowego**

Podstawą odorymetrii (olfaktometrii) jest definicja „jednostki zapachowej” (odour unit, ou). Jest to taka ilość zanieczyszczenia/zanieczyszczeń, którą trzeba wprowadzić do 1 m<sup>3</sup> czystego powietrza, aby prawdopodobieństwo wycucia zapachu przez grupę osób oceniających próbkę było równe 0,5. Zgodnie z definicją klasyczną prawdopodobieństwo dotyczy wycucia zapachu przez grupę reprezentatywną dla populacji ogólnej. Norma europejska EN 13725 z r. 2003 (uznana w r. 2005 za normę polską PN-EN 13725) przewiduje wykonywanie ocen przez „zespół oceniających” – wyselekcjonowaną, odpowiednio liczną grupę osób o określonej węchowej wrażliwości na zapach n-butanolu (populacja standardowa). Prawdopodobieństwo wycucia zapachu przez zespół wynosi 0,5, gdy stężenie zanieczyszczenia/zanieczyszczeń jest równe jednej europejskiej jednostce zapachowej (ou<sub>E</sub>) [.....].

Według EN 13725 sensoryczne oznaczenia stężenia zapachowego (c<sub>od</sub> [ou<sub>E</sub>/m<sup>3</sup>]) polegają na określaniu, w jakim stopniu trzeba rozcieńczyć badaną próbkę czystym powietrzem, aby osiągnąć próg wyczuwalności: c<sub>od</sub> = c<sub>od,th</sub> = 1 ou<sub>E</sub>/m<sup>3</sup>. Tak zdefiniowane stężenie zapachowe jest liczbowo równe wartości określonego stopnia rozcieńczenia (Z<sub>0,5</sub> = c<sub>od</sub> [ou<sub>E</sub>/m<sup>3</sup>]).

Rozcieńczenia badanej próbki są wykonywane metodą dynamiczną (rys. 2). Oceniający wachają strumienie gazu o stopniowo malejącym stopniu rozcieńczenia. Zapach ocenianej próbki jest porównywany z zapachem czystego powietrza odniesienia (metoda TAK-NIE lub metody różnicowe: testy parzyste lub trójkątowe).

Jeden pomiar stężenia zapachowego obejmuje trzy cykle prezentacji serii próbek. W każdym z nich oceniający wskazują stopień rozcieńczenia, przy którym zapach staje się wyczuwalny (Z<sub>ITE</sub>, rozcieńczenie do indywidualnie oszacowanego progu). Zbór wartości Z<sub>ITE</sub> jest poddawany wstecznej weryfikacji (kolejne odrzucanie wartości odstających), po czym oblicza się stężenia zapachowe c<sub>od</sub> [ou<sub>E</sub>/m<sup>3</sup>] jest jako średnia geometryczną z wartości Z<sub>ITE</sub> wskazanych przez co najmniej czterech oceniających.



Rys. 2. Studenci Politechniki Szczecińskiej podczas testów węchowej wrażliwości na zapach n-butanolu (po lewej) i pomiaru stężenia zapachowego z użyciem olfaktometru dynamicznego TO7 (po prawej).

Norma EN 13725 dotyczy pomiarów stężenia zapachowego w próbkach pobieranych ze źródeł emisji zorganizowanej. Ponadto jest niezbędne, aby stężenia odorantów były na tyle duże, aby zapach próbki rozcieńczonej w najmniejszym stopniu ( $Z_{\min}$  gwarantowane przez producenta olfaktometru), był wyczuwalny przez wszystkich członków zespołu oceniających. W wypadkach nie objętych normą stosowane są alternatywne metody pomiarów stężenia zapachowego, takie jak japońska metoda „triangle odour bag method” (rys. 3) [...] lub metody pośrednie, w których jest wykorzystywane psychofizyczne prawo Webera-Fechnera [.....].



Rys. 3. Pomiar stężenia zapachowego metodą zalecaną przez japońskie Ministerstwo Środowiska (po lewej - przygotowanie próbek do testu sensorycznej wrażliwości, po prawej – studenci Politechniki Szczecińskiej podczas ocen zapachu japońską metodą trójkątową)

### Zasięg ponadnormatywnej uciążliwości

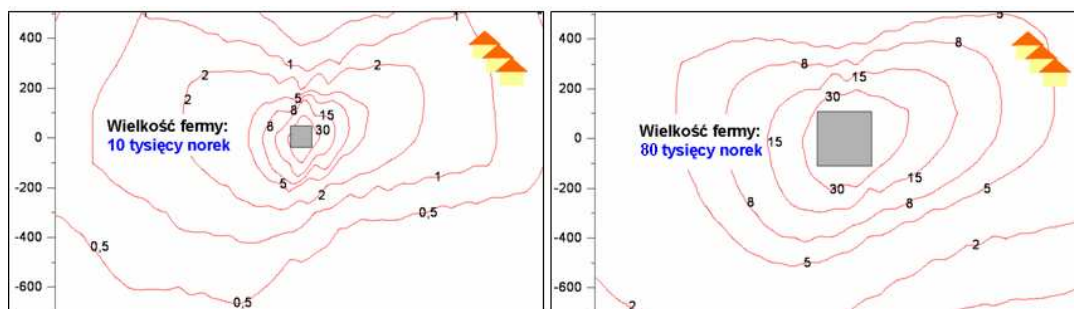
Oznaczenie zapachowego stężenia zanieczyszczeń w emitowanych gazach pozwala obliczyć emisję zapachową ( $q_{od}$  [ou/s]) jako iloczyn wielkości tego stężenia ( $c_{od}$  [ou/m<sup>3</sup>]) i strumienia gazów ( $V$  [m<sup>3</sup>/s]).

Model dyspersji pozwala obliczyć prawdopodobieństwo (%) przekraczania progu wyczuwalności, progu rozpoznania zapachu lub poziomów odpowiadających  $S = 1, 2, 3, \dots$

**Przykład: prognozowanie zasięgu uciążliwości fermy norek**  
**MOŻLIWOŚCI TERENOWEJ WERYFIKACJI**  
**WYNIKÓW MODELOWANIA**

- japońskie testy trójkątowe (Triangle Odor Bag Method)
- wytyczne niemieckie (VDI): ankietyzacja, „godziny odorowe”
- olfaktometr terenowy Nasal Ranger (USA, Francja)
- metoda oparta na oznaczeniach intensywności zapachu (PS)

Wyniki badań całorocznych są porównane z rozkładem stężeń przewidywanym na podstawie róży wiatrów. W wypadku, gdy badania i obliczenia dotyczą tylko kilku wybranych sytuacji meteorologicznych konieczne jest bardzo dokładne określenie sytuacji meteorologicznej.



## PODSUMOWANIE

Istnieją sprawdzone metody pomiarów stężenia zapachowego i obliczeń zasięgu potencjalnej zapachowej uciążliwości emitorów zanieczyszczeń powietrza, które umożliwiają sformułowanie rozporządzenia Ministra Środowiska, o którym mowa w artykule 222 ustawy „Prawo ochrony środowiska”.

## Piśmiennictwo