

# OCENA PRACY INSTALACJI DO ADSORPCJI ZANIECZYSZCZEŃ ORGANICZNYCH EMITOWANYCH W ZAKŁADZIE PRODUKCJI PAPY W ASPEKCIE OGRANICZENIA UCIAŹLIWOŚCI ZAPACHOWEJ

Krystyna LECH-BRZYK i Adam SIKORA

Politechnika Wrocławska, Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska, Zakład Ekologii i Wybrzeże S. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, krystyna.lech-brzyk@pwr.wroc.pl

## STRESZCZENIE

Scharakteryzowano źródła emisji w zakładzie produkcji papy oraz urządzenia do ograniczenia emisji zanieczyszczeń. Przedstawiono wyniki badań unosu i emisji zanieczyszczeń organicznych z gniazda nanoszenia mas bitumicznych oraz obliczono skuteczności adsorpcji 2 układów technologicznych instalacji oczyszczania gazów. Z obliczeń wynika, że dla zmierzonych emisji, w powietrzu wokół Zakładu na terenie istniejącej zabudowy mieszkalnej stężenia merkaptanów są o 2 rzędy mniejsze, niż środowiskowy próg wyczuwalności. Potwierdzają to pomiary emisji zanieczyszczeń oraz badania oceny stężenia zapachowego w punktach pomiarowych na terenie i wokół Zakładu. Mimo to wyczuwalne są okresowo występujące epizody uciążliwości odorowej, zwłaszcza w porze nocnej. Przyczyn należy szukać w specyficznym położeniu Zakładu i ukształtowaniu terenu wokół niego.

### 1. Wprowadzenie

W procesie produkcji papy emitowane są do powietrza zanieczyszczenia gazowe i pyłowe. Źródłami zorganizowanej emisji zanieczyszczeń gazowych i pyłu są:

- linia technologiczna produkcji papy, a w niej:
  - gniazdo nanoszenia mas bitumicznych (związki organiczne, mogące powodować uciążliwość zapachową),
  - gniazdo nanoszenia posypek (pył zawieszony PM 10),
- kotłownia technologiczna (związki nieorganiczne i pył).

Mogą występować też okresowa, niezorganizowana emisja zanieczyszczeń gazowych, podczas rozładunku cystern z bitumem oraz emisja z hali produkcyjnej, wydostająca się na zewnątrz z wentylacji grawitacyjnej hali produkcyjnej, czy np. podczas otwierania drzwi funkcyjnych w trakcie prac obsługowych linii.

Miejsce magazynowania wyrobów gotowych nie stanowi źródła emisji, bowiem są one szczelnie opakowane w obkurczony na wyrobie kaptur foliowy.

Również odpady papy są magazynowane na paletach szczelnie okapturowanych folią (około 95%), bądź przechowywane w big-bagach (pozostałe 5%). Mogą one być źródłem niewielkiej emisji niezorganizowanej.

Emisja ze źródeł niezorganizowanych występuje na poziomie stężeń mierzalnych – masowych w  $\text{mg}/\text{m}^3$  oraz w jednostkach zapachowych.

### 2. Charakterystyka analizowanego obiektu

Analizowany obiekt jest polskim producentem modyfikowanych i oksydowanych pap termozgrzewalnych. Poszczególne papy różnią się sposobem modyfikowania bitumu, rodzajem wkładki nośnej, ilością wypełniacza oraz rodzajem posypki, a w efekcie właściwościami wyrobu finalnego, grubością i ilością masy bitumicznej na papie, a więc

przeznaczeniem. Produkcja papy odbywa się na linii technologicznej o działaniu ciągłym, automatycznym. Przy wytwarzaniu pap wyróżnić można część gorącą i zimną procesu produkcyjnego. Pierwsza obejmuje wszystkie czynności związane z nałożeniem masy bitumicznej i posypki, druga to chłodzenie gotowego materiału.

#### **Gniazdo nanoszenia mas bitumicznych.**

Nad gniazdem nanoszenia mas bitumicznych zainstalowany jest okap połączony z instalacją oczyszczania gazów z zanieczyszczeń gazowych. Instalacja składa się z okapu, przewodów rurowych, filtrów z adsorbentem I lub I i II stopnia (połączonych szeregowo) i wyrzutni gazów. Emitorem wyrzucane jest powietrze zanieczyszczone związkami organicznymi, mogącymi powodować uciążliwość zapachową. To źródło emisji zostało poddane badaniom i analizie w części badawczej.

#### **Gniazdo nanoszenia posypek.**

Posypki ze zbiornika transportowane są do gniazda nanoszenia systemem podajników. Nad gniazdem nanoszenia posypek zainstalowany jest okap, połączony przewodami rurowymi z instalacją odpylającą (cyklon i filtr tkaninowy) oraz wyrzutnią gazów. Emitorem wyrzucane jest powietrze zanieczyszczone pyłem zawieszonym PM 10.

#### **Kotłownia technologiczna.**

W kotłowni zainstalowany jest agregat z kotłem gazowym opalanym gazem. Medium grzewczym w instalacji jest olej. Emitorem wyrzucane jest powietrze zanieczyszczone związkami nieorganicznymi i pyłem.

Analizowany Zakład w procesie produkcyjnym stosuje działania, mające na celu minimalizację emisji, a więc:

- metodę zanurzeniową, a nie natryskową, przy nakładaniu mas bitumicznych,
- bitumy niskoemisyjne,
- redukcję temperatur w wannach nakładania bitumu,
- redukcję temperatur magazynowania bitumu.

W opracowaniu EMEP/CORINAIR Emission Inventory GUIDEBOOK 2007, wydanym przez EEA (*European Environment Agency*), część 4 – Production Processes [1], właśnie te działania wskazano, jako minimalizujące emisję przy produkcji asfaltowych pokryć dachowych. W opracowaniu tym zamieszczono również wskaźniki emisji dla dużych zakładów produkujących asfaltowe pokrycia dachowe (z różnymi sposobami nakładania bitumu) dla cząstek stałych, tlenku węgla i związków organicznych, wyrażonych jako TOC. Wskaźnik ten wynosi, dla technologii zanurzeniowej nakładania bitumu, 0,046-0,049 kg TOC/Mg produktu. Analizowany zakład produkcji papy nie przekracza tych wskaźników.

Oczyszczanie gazów technologicznych z zanieczyszczeń gazowych w Zakładzie zgodne jest z wymaganiami najlepszych dostępnych technik (BAT), w zakresie ograniczania ilości zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery, dla sektora chemicznego [2]. BAT dla gazów odpadowych z procesów produkcyjnych, magazynowych i postępowania z produktami dla lotnych związków organicznych (LZO) jest odpowiednią kombinacją technik przytoczonych w [2]. Przy czym dla procesów, z których nie jest możliwy odzysk LZO, a emitowane są odory, właśnie adsorpcja jest zalecana do jednoczesnego usuwania LZO, odorów i H<sub>2</sub>S.

### **3. Część badawcza**

Badania dotyczyły pomiarów unosu zanieczyszczeń z gniazda nanoszenia bitumu i emisji zanieczyszczeń z emitora, wykonanych dla dwóch adsorbentów węglowych, pomiarów imisji tych zanieczyszczeń oraz stężeń zapachowych w 4 punktach pomiarowych. Wszystkie pobory próbek i oznaczenia wykonane zostały przez laboratoria akredytowane w Polskim Centrum Akredytacyjnym.

Pomiary unosu i emisji substancji organicznych z nad gniazda nanoszenia bitumów zostały wykonane przez akredytowaną firmę „SEPO” z Knuruwa [3] dla dwóch układów oczyszczających gazy:

UKŁAD 1: Zastosowano adsorber I stopnia ze złożem nieruchomym o parametrach:

- wysokość złoża: około 1,0 m,
- prędkość przepływu gazu: około 0,50 i 0,61 m/s (w 2 sesjach pomiarowych odpowiednio),
- adsorbent: koks węglowy, asortyment orzech o granulacji 20-40 mm; producent: Zakłady Koksownicze „Zdzieszowice” Sp. z o.o.

UKŁAD 2: Zastosowano 2 adsorbery, I i II stopnia, ze złożem nieruchomym o parametrach:

- wysokość złoża w obu adsorberach: po około 0,5 m,
- prędkość przepływu gazu: około 0,22 i 0,38 m/s (dla obu adsorberów odpowiednio),
- adsorbent: węgiel aktywowany BA11; producent: firma Carbon w Raciborzu.

Badania emisji zanieczyszczeń wykonało akredytowane laboratorium „EKO-LAB” Sp. z o.o. w Wałbrzychu [4], w 4 punktach pomiarowych.

Badania stężeń zapachowych, w tych samych punktach, przeprowadziło akredytowane laboratorium IBMER w Poznaniu [5].

### 3.1. Metodyka pomiarowa

Pomiary unosu i emisji substancji organicznych wykonano w trzech przekrojach pomiarowych: – przed adsorberami,  
– w kanale łączącym adsorbery I i II stopnia,  
– za adsorberami.

Zakres pomiarów obejmował następujące związki: merkaptany, benzen, etylobenzen, toluen, ksylen, węglowodory alifatyczne.

Parametry fizykochemiczne gazów zmierzono przy pomocy automatycznego pyłomierza grawimetrycznego EMIOTEST 2598 firmy EMIO. Pomiary prędkości gazu wykonano przy pomocy rurek spiętrzających połączonych z komputerową jednostką pyłomierza.

Oznaczenie tlenu i ditlenku węgla wykonano metodą NDIR, przy pomocy przenośnego analizatora spalin PHOTON firmy MADUR Electronics, w oparciu o normę PN-ISO 10396:2001.

Próby gazu do analizy związków organicznych pobierano metodą sorpcji na węglu aktywnym. Objętość przepuszczanego gazu mierzono przy pomocy centralnej jednostki pyłomierza, który posiadał wbudowaną zwężkę pomiarową.

Oznaczanie związków organicznych zaadsorbowanych na węglu aktywnym wykonano metodą analizy chromatograficznej.

Badania próbek zapachowych przeprowadzono wg normy PN-EN 13725:2007. Jakość powietrza. Oznaczanie stężenia zapachowego metoda olfaktometrii dynamicznej.

Badania oceny stężenia zapachowego obejmowały:

- pomiar warunków poboru próbek,
- pobór próbek w 4 punktach pomiarowych,
- wyznaczenie stężenia zapachowego na stanowisku badawczym.

Punkty pomiarowe zaznaczono na rys. 1. Są to:

- punkt **Z** – na terenie Zakładu przy punkcie rozładunku masy bitumicznej, od strony zawiętrzanej cysterny,
- punkt **D** – na granicy działki Zakładu od strony wschodniej, przy punkcie składowania odpadów papy,

- punkt **P** – na granicy działki Zakładu od strony zachodniej, przy pawilonie biurowym,
- punkt **O** – na terenie osiedla mieszkaniowego, przy ścianie szczytowej najbliższej położonego budynku od strony wschodniej.

Wszystkie próbki pobrano w czasie przeładunku masy bitumicznej z cysterny do zbiornika, zlokalizowanego na terenie Zakładu. W tym czasie Zakład prowadził swoją standardową działalność produkcyjną. W każdym punkcie pobrano trzy próbki powietrza. Poboru próbek powietrza dokonano przy pomocy próbnika CSD 30 (ZPE-P-93).

Oceny stężenia zapachowego próbek dokonano w siedzibie IBMER na stanowisku badawczym ZPE/106, wyposażonym w olfaktometr T08 (ZPE-U-92), z komputerem i specjalistycznym oprogramowaniem. W ocenie stężenia zapachowego udział brało czterech probierców (tzw wachaczy).

Do określenia warunków atmosferycznych podczas poboru próbek powietrza posługiwano się miernikami TESTO 110 (ZPE-U-54) i TESTO 435.

Pomiary imisji zanieczyszczeń wykonano w tych samych punktach, w których pobrano próbki do badań stężeń zapachowych. Podczas pomiarów występował wiatr zachodni. Próby gazu do analizy związków organicznych pobierano metodą sorpcji na węglu aktywnym, a ich oznaczanie wykonano metodą analizy chromatograficznej.

#### 4. Wyniki badań

Pomiary unosu i emisji zanieczyszczeń gazowych dla układu I wykonano w trakcie pracy instalacji produkcji papy z nominalnym obciążeniem (zużycie bitumu około 15 Mg/h), dwukrotnie – po dwóch różnych okresach pracy adsorbenta I stopnia wypełnionego koksem węglowym. Wyniki pomiarów oraz obliczoną skuteczność adsorpcji zamieszczono w tabeli 1.

Tabela 1. Skuteczności adsorpcji układu I oczyszczania gazów

Lp	Zanieczyszczenie	Unos kg/h	Emisja kg/h	Skuteczność adsorpcji %
Czas pracy adsorbenta (koks węglowy) – 100 h				
1	Merkaptany	<0,00006	<0,00005	nie określono*
2	Benzen	<0,0006	<0,0005	nie określono*
3	Etylobenzen	0,0063	0,0036	42,9
4	Toluen	0,0271	0,0093	65,7
5	Ksylen	0,0179	0,0054	69,8
6	Węglowodory alifatyczne	0,2692	0,0788	70,7
Czas pracy adsorbenta (koks węglowy) – 494 h				
7	Merkaptany	0,0015	0,00089	40,7
8	Benzen	0,0011	0,00072	34,5
9	Etylobenzen	0,00982	0,00593	39,6
10	Toluen	0,011821	0,00749	36,6
11	Ksylen	0,01941	0,01280	34,1
12	Węglowodory alifatyczne	0,07998	0,05281	34,0

\*Nie określono skuteczności adsorpcji, w przypadku gdy wszystkie wyniki dla konkretnej substancji były poniżej poziomu oznaczalności.

Pomiary unosu i emisji zanieczyszczeń gazowych dla układu II wykonano w trakcie pracy instalacji produkcji papy z obciążeniem około 65%, przy zużyciu bitumu około 9,5

Mg/h. Oba adsorbery, I i II stopnia, wypełnione były węglem aktywowanym formowanym. Wyniki pomiarów oraz obliczoną skuteczność adsorpcji I i II stopnia oczyszczania gazów ( po 338 h pracy adsorbera) zamieszczono w tabeli 2.

Tabela 2. Skuteczność adsorpcji w układzie II oczyszczania gazów

Lp	Zanieczyszczenie	Unos [kg/h]	Emisja I [kg/h]	Emisja II [kg/h]	Skuteczność adsorpcji [%]		
					I stopień	II stopień	I i II stopień
1	Merkaptany	0,00028	0,00027	0,00021	3,6	22,2	25,0
2	Benzen	<0,0003	<0,00034	<0,00036	–*	–*	–*
3	Etylobenzen	0,00195	0,00136	<0,00036	3,0	73,5**	81,5**
4	Toluen	0,00472	0,00371	<0,00036	21,4	90,3**	92,4**
5	Ksylen	0,00386	0,00219	<0,00036	43,3	83,6**	90,7**
6	Węglowodory alifatyczne	0,2643	0,05064	<0,00361	80,8	92,9**	98,6**

\*Nie określono skuteczności adsorpcji, w przypadku gdy wszystkie wyniki dla konkretnej substancji były poniżej poziomu oznaczalności.

\*\* W przypadku, gdy jeden z wyników był poniżej poziomu oznaczalności, a pozostałe dawały znaczące wartości, do obliczeń przyjęto poziom oznaczalności.

Wyniki pomiarów stężenia zapachowego próbek w poszczególnych punktach pomiarowych zawiera tabela 3. Pomiary wykonano w układzie II oczyszczania gazów, przy przeważającym wietrze zachodnim.

Tabela 3. Wyniki pomiarów stężenia zapachowego próbek

Oznaczenie punktu pomiarowego	Oznaczenie próbki	Wynik pomiaru ou/m <sup>3</sup>	Średnia ou/m <sup>3</sup>	Odchylenie standardowe ou/m <sup>3</sup>
Z	Z1	17	22	4,2
	Z2	25		
	Z3	23		
D	D1	15	20	4,7
	D2	22		
	D3	24		
O	O1	0	0	-
	O2	0		
	O3	0		
P	O1	0	0	-
	O2	0		
	O3	0		

W próbkach z punktów O i P stężenie zapachowe było poza progiem wyczuwalności.

## 5. Omówienie wyników badań

W badanych układach I i II oczyszczania gazów zastosowano adsorbenty o odmiennych właściwościach, wyrażonych m.in. ich powierzchnią właściwą, przy czym węgiel aktywowany BA11 posiada powierzchnię właściwą około 1000 m<sup>2</sup>/g i przewagę mikroporów, a koks węglowy niewielką – rzędu kilkunastu m<sup>2</sup>/g oraz przewagę makroporów [4].

Skutkowało to uzyskanymi odmiennymi sprawnościami adsorpcji w poszczególnych stopniach oczyszczania, przedstawionymi w tabelach 1 i 2.

W tej sytuacji, zgodnie z zasadą racjonalnej gospodarki należy rozważyć możliwość zastosowania adsorbentu tańszego, jeśli tylko jego zdolności adsorpcyjne zapewnią osiągnięcie ograniczenia emisji zanieczyszczeń do poziomu nie zagrażającemu środowisku, a sprecyzowanego w Decyzjach, posiadanych przez Zakład.

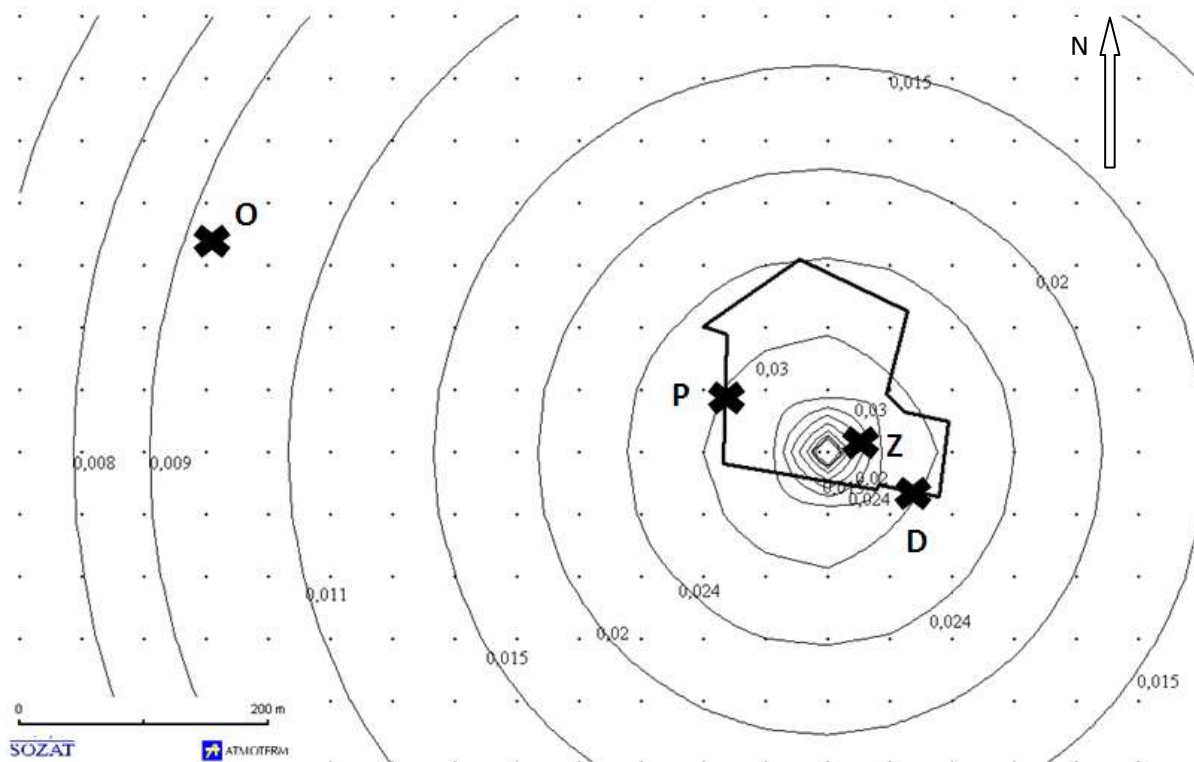
Istotną sprawą są też problemy eksploatacyjne występujące w układach oczyszczania gazów I i II, wyrażające się stopniowym zmniejszaniem zdolności adsorpcyjnych obu adsorbentów. W układzie I oczyszczania gazów następowało to powoli i po około 500 h pracy skuteczność adsorpcji poszczególnych zanieczyszczeń była niższa o 3-37%. Niemniej wartości emisji kształtowały się poniżej wartości dopuszczalnych, narzuconych Zakładowi.

W przypadku układu II oczyszczania gazów uzyskano wysokie skuteczności adsorpcji całego układu – po około 350 h pracy instalacji skuteczność adsorpcji merkaptanów wyniosła 25%, etylobenzenu około 81%, a pozostałych związków – ponad 90%. Jednak układ ten był niewydolny eksploatacyjnie. Po około 1200 h pracy powierzchnia adsorbenta pokryła się cząstkami bitumu, zostały zaklejone jego pory oraz zablokowany przepływ gazu przez złożę. Adsorbent kwalifikował się więc do natychmiastowej wymiany.

Innym problemem jest kwestia odorotwórczego oddziaływania emitowanych zanieczyszczeń. Obowiązujące ustawodawstwo w Polsce nie normuje zagadnień zapachowych. Zakład emituje zanieczyszczenia uciążliwe zapachowo, a z nich najniższy próg wyczuwalności mają merkaptany. Wg [7] próg wyczuwalności merkaptanu etylowego wynosi około  $3,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (wg innego źródła  $1,96 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), a n-butyloвого – około  $3,90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Jednocześnie [7] proponuje za progi wyczuwalności przyjmować wartości dziesięciokrotnie mniejsze (tzw. środowiskowy pozorny próg wyczuwalności) od progów wyczuwalności, oznaczanych w warunkach laboratoryjnych, czyli  $0,301$  i  $0,390 \mu\text{g}/\text{m}^3$  odpowiednio. Uzasadnia to zmiennością sytuacji meteorologicznych, powodującą znaczne wahania stężeń odorantów.

Przeprowadzono obliczenia rozprzestrzeniania zanieczyszczeń programem EK100W zgodnie z metodyką [8], na poziomie terenu w siatce obliczeniowej, obejmującej teren zabudowy mieszkalnej. Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że dla emisji uzyskanych podczas pracy układu II instalacji oczyszczania gazów stężenia maksymalne wszystkich zanieczyszczeń organicznych, na poziomie terenu w przyjętej siatce obliczeniowej, są niższe od 10% wartości odniesienia w powietrzu. Natomiast stężenia merkaptanów w powietrzu wokół Zakładu na terenie istniejącej zabudowy mieszkalnej (punkt O na rysunku 1) są o 2 rzędy niższe niż środowiskowy próg wyczuwalności. Maksymalne wartości stężeń merkaptanów, o rząd mniejsze niż próg wyczuwalności, występują na terenie Zakładu oraz w kierunku południowym od jego granicy. Uwidocznione jest to na rys. 1. Mimo to okresowo występują epizody uciążliwości odorowej, zwłaszcza w porze nocnej. Nie potwierdzają tego badania terenowe przeprowadzone na terenie i wokół Zakładu w trakcie pracy układu II instalacji oczyszczania gazów.

Pomiary emisji zanieczyszczeń wykonane przez akredytowane laboratorium „EKO-LAB” Sp. z o.o. w Wałbrzychu w punktach pomiarowych D, Z, P i O, wyszczególnionych na rys. 1 na terenie i wokół Zakładu, wykazały obecność związków organicznych w ilościach wielokrotnie niższych od 10% wartości odniesienia [4].



Rys. 1. Stężenia maksymalne merkaptanów [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]; D, Z, P, O – oznaczenie punktów pomiarowych

Badania oceny stężenia zapachowego przez akredytowane laboratorium IBMER w Poznaniu wykazały, w punktach na terenie Zakładu w pobliżu cystern rozładujących bitum (punkt D i Z na rysunku 1), występowanie stężenia zapachowego rzędu 20-22 ou/ $\text{m}^3$ , a na terenie zabudowy mieszkalnej (punkt O na rysunku 1) – poniżej progu wyczuwalności [5]. Wartości te, wobec braku w Polsce standardów zapachowej jakości powietrza, nie są możliwe do oceny.

Występujące epizody uciążliwości zapachowej mogą być spowodowane specyficznym ukształtowaniem terenu wokół Zakładu. Zabudowa mieszkalna znajduje się bowiem ok. 6 m wyżej nad poziomem morza niż teren Zakładu, a między terenem Zakładu położonym w niecce, a zabudową mieszkalną znajduje się pasmo gęstego lasu. Wylot emitora znajduje się poniżej górnej granicy lasu, może więc na granicy lasu występować w pewnych sytuacjach meteorologicznych strefa spiętrzenia, a za nim – strefa aerodynamicznego cienia. Strefy te mają istotny wpływ na rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń na poziomie terenu [9].

## 6. Wnioski

Zastosowanie dwustopniowego układu oczyszczania gazów znad gniazda nanoszenia mas bitumicznych spowodowało zwiększenie stopnia adsorpcji zanieczyszczeń, w porównaniu z układem jednostopniowym (adsorbent – koks węglowy), ale układ był niewydolny eksploatacyjnie z powodu szybkiego (po około 1200 h pracy) pokrycia powierzchni adsorbenta – węgla aktywowanego, cząstkami bitumu, zaklejenia jego porów i w

następstwie zablokowania przepływu gazu przez złożę. Oba układy I i II oczyszczania gazów gwarantowały dotrzymanie wartości dopuszczalnych emisji, narzuconych Zakładowi.

Optymalnym układem oczyszczania gazów z nadmiernej ilości bitumu byłby więc układ, w którym adsorber I stopnia byłby wypełniony makroporowatym koksem (odpornym na zaklejenie bitumem), a adsorber II stopnia – mikroporowatym węglem aktywowanym. Zakład jest w trakcie testowania takiego układu.

Z przeprowadzonych obliczeń rozprzestrzeniania zanieczyszczeń wynika, że dla zmierzonych wielkości emisji, w powietrzu wokół Zakładu na terenie istniejącej zabudowy mieszkalnej, stężenia merkaptanów są o 2 rzędy niższe, niż środowiskowy próg wyczuwalności. Potwierdzają to pomiary emisji zanieczyszczeń oraz badania oceny stężenia zapachowego w punktach pomiarowych na terenie i wokół Zakładu.

Występujące epizody uciążliwości zapachowej mogą być spowodowane specyficznym położeniem Zakładu i ukształtowaniem terenu wokół niego. Zastosowany program obliczeniowy, oparty na referencyjnej metodycie [8], nie uwzględnia wpływu warunków topograficznych na analizowanym terenie na rozprzestrzenianie zanieczyszczeń.

#### **Literatura:**

1. EMEP/CORINAIR Emission Inventory GUIDEBOOK 2007, część 4 – Production Processes, EEA – European Environment Agency, 2007
2. Systemy Obróbki/Zarządzania Wodami i Gazami Odpadowymi w Sektorze Chemicznym, MŚ, Warszawa 06.2005
3. Przedsiębiorstwo Badań i Ekspertyz Środowiska SEPO Sp. z o.o.: Sprawozdanie z badań emisji substancji zanieczyszczających do powietrza, Nr RPW: W1103/2009, Knurów 2009
4. „EKO-LAB” Sp. z o.o.: Sprawozdanie z pomiarów emisji związków organicznych w powietrzu atmosferycznym na terenie zakładu, Nr EL/283/09/OŚ/P, Wałbrzych 2009
5. Instytut Budownictwa Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa IBMER: Sprawozdanie z badań stężenia zapachowego próbek powietrza z Zakładu Produkcyjnego, Nr NCR/77.09.02, Poznań 2009
6. [www.iupac.org](http://www.iupac.org)
7. Kośmider J. i in.: *Odory*. PWN, Warszawa 2002
8. Rozporządzenie MŚ z dnia 26.01.2010 r w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu, Dz. U. Nr 16, poz. 87
9. Głowiak B. i in.: *Inżynieria ochrony atmosfery*. Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1973