

METODY BADAŃ EMISJI LOTNYCH ZWIĄZKÓW ORGANICZNYCH Z MATERIAŁÓW WYKORZYSTYWANYCH W MOTORYZACJI

Zalety tworzyw sztucznych takie jak m.in. właściwości mechaniczne, ciężar, koszt uzyskania czy łatwość formowania, sprawiły, że są one podstawowymi materiałami wykorzystywanymi do budowy wnętrza pojazdów. W trakcie procesów produkcyjnych i przetwórczych tworzyw sztucznych powstają substancje lotne, które w trakcie eksploatacji są z nich uwalniane. W rezultacie emisji substancji lotnych w przestrzeniach zamkniętych może istotnie zwiększyć się stężenie związków toksycznych lub niepożądanych, powodując m.in. nieprzyjemny zapach. W artykule omówione zostały metody badań emisji lotnych związków organicznych z materiałów wykorzystywanych w motoryzacji.

WSTĘP

W trakcie procesów produkcyjnych i przetwórczych tworzyw sztucznych powstają substancje lotne, które mogą być uwalniane ze struktury materiałów. W przypadku materiału bazowego ilość, liczba i rodzaj lotnych związków organicznych (*j.ang.* Volatile Organic Compounds – VOC), uwalnianych ze struktury materiałów polimerowych, świadczy o jakości surowca – im mniej tych substancji, tym lepsza jakość. Zminimalizowanie ilości wydzielanych związków lotnych wymaga świadomego sterowania procesami technologicznymi. Na wielkość emisji, oprócz jakości surowca, mogą mieć wpływ takie parametry, jak np.:

- temperatura procesu – zbyt wysoka temperatura może powodować degradację tworzywa i następującą po niej emisję jej produktów będących zazwyczaj stosunkowo ciężkimi związkami o niezbyt dużej lotności (*j.ang.* Semi-Volatile Organic Compounds – SVOC). Zbyt niska temperatura procesu, może z kolei skutkować tym, że część stosunkowo lekkich związków obecnych w surowcu nie zdąży wydostać się z materiału, co będzie skutkowało emisją tych lekkich substancji również z produktu końcowego.
- szybkość tłoczenia – zapewnienie odpowiednich warunków środowiskowych, takich jak ciśnienie czy temperatura, nie zapewnia minimalizacji emisji substancji lotnych jeżeli transport materiału jest zbyt szybki. Możliwe jest w takiej sytuacji to, że uwięzione w nim związki lotne nie będą w stanie opuścić materiału przed trafieniem do następnego etapu przetwórstwa.
- obecność stref odgazowania – nieodpowiedni projekt stref odgazowania lub za mała ich liczba może skutkować tym, że wydzielone związki lotne nie będą w stanie opuścić układu, co w rezultacie może prowadzić do zamknięcia ich w strukturze porowatej produktu końcowego.

W rezultacie produkty wykonane z tworzyw sztucznych emitują lotne związki organiczne mogące mieć negatywny wpływ na komfort i/lub zdrowie osób znajdujących się w ich otoczeniu. Jest to szczególnie istotne w motoryzacji, gdzie ilość lekkich, trwałych i wytrzymałych tworzyw sztucznych stale rośnie [1]. Wraz ze wzrostem świadomości użytkowników dotyczącej zagrożeń związanych z zanieczyszczeniem powietrza coraz bardziej istotne staje się zapewnienie odpowiedniej jakości materiałów wykorzystywanych do wyposażenia wnętrza kabiny samochodu. Znaczenie tego zagad-

nienia znajduje również wydzwięk w coraz większej ilości publikacji naukowych dotyczących tej problematyki [2-4]. Kabina samochodu jest specyficznym pomieszczeniem, gdzie zanieczyszczenie powietrza może pochodzić z różnych źródeł [5], takich jak: emisja materiałów wyposażenia kabiny, zanieczyszczenia związane ze spalinami czy zanieczyszczenia powietrza związane z przedostawaniem się do wnętrza par paliwa. Rosnące zainteresowanie kwestiami jakości powietrza w kabinach samochodów doprowadziło również do stworzenia międzynarodowych norm badawczych pozwalających na niezależną i obiektywną ocenę jakości komponentów i całego pojazdu pod kątem emisji substancji lotnych [6-9]. Oznacza to, że problematyka wydzielania lotnych związków organicznych, w niedalekiej przyszłości, może być normalizowana na poziomie krajowym lub europejskim podobnie, jak ma to aktualnie miejsce w niektórych krajach azjatyckich (Tablica 1). Przystanie być zatem regulowana jedynie wewnętrznymi wymaganiami koncernów motoryzacyjnych, jak ma to miejsce aktualnie.

Tab. 1. Wymagania dotyczące jakości powietrza w kabinie samochodu

Wymagania max. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Japonia	Chiny	Korea
Benzen	-	60	30
Toluen	260	1 000	1 000
Ksyleny	870	1 000	870
Etylobenzen	3 800	1 000	1 600
Styren	220	260	300

1. EMISJA ZWIĄZKÓW LOTNYCH W MOTORYZACJI

1.1. Charakterystyka emisji lotnych związków organicznych

W motoryzacji emisję lotnych związków organicznych charakteryzuje się poprzez trzy podstawowe charakterystyki:

- emisja VOC – najczęściej jest to informacja o rodzaju (składzie jakościowym) i ilości (składzie ilościowym) poszczególnych lotnych związków organicznych emitowanych z danego materiału w odpowiednich warunkach badania. Najczęściej parametr ten dotyczy związków o temperaturach wrzenia odpowiadającym zakresowi od heksanu (C_6) do heksadekanu (C_{16}), czyli od 69 do 287 °C.
- mgławienie (*j.ang.* fogging) – jest to parametr związany z ilością stosunkowo ciężkich związków organicznych, o temperaturach wrzenia powyżej C_{16} (SVOC), emitowanych przez materiał.

Substancje te mają tendencję do kondensacji na powierzchni, co może powodować efekt zamglonej szyby, stąd mgławienie.

- zapach – najbardziej subiektywny parametr świadczący o emitowaniu przez materiał substancji zapachowych w ilości wystarczającej do pobudzenia receptorów odpowiedzialnych za węch.

1.2. Mgławienie

Badania mgławienia realizuje się w komorach środowiskowych [10-13] lub techniką bezpośredniej desorpcji. W pierwszym przypadku materiał poddaje się kondycjonowaniu najczęściej w temperaturze 100 lub 120 °C. Wydzielone w tej temperaturze substancje lotne ulegają kondensacji na powierzchni szkła (metoda refraktometryczna) lub folii aluminiowej (metoda grawimetryczna), utrzymywanej w stałej temperaturze 21 °C. W przypadku metody refraktometrycznej porównywane są wyniki uzyskane dla płytek szklanych przed i po teście, w przypadku metody grawimetrycznej porównywana jest masa folii przed i po badaniu.

Alternatywna do wyżej opisanych metod jest bezpośrednia desorpcja temperaturowa [14], pozwalająca na zautomatyzowanie badań. W tym przypadku niewielka ilość materiału ogrzewana jest w rurce kwarcowej, wszystkie emitowanego z niego substancje porywane są strumieniem gazu obojętnego i zatrzymywane na złożu sorbentu chłodzonego do min. -30 °C (tzw. zimna pułapka, *lang. cold trap*). Następującą po tym analizę chromatograficzną poprzedza gwałtowne ogrzanie pułapki zapewniające uwolnienie wszystkich zaadsorbowanych związków. W zależności od parametrów kondycjonowania materiału technika ta pozwala na analizę lotnych związków organicznych (VOC) – np. próbka wygrzewana w 90 °C przez 30 min, lub analizę średnio lotnych związków organicznych (SVOC, FOG) – np. próbka wygrzewana w 120 °C przez 60 min. Oprócz możliwości zautomatyzowania badań metoda ta, oprócz podstawowej analizy ilościowej, pozwala również, dzięki zastosowaniu spektrometru masowego, na analizę jakościową substancji emitowanych podczas badania.

1.3. Zapach

Jak wspomniano wcześniej, badania emisji substancji lotnych emitowanych z materiałów oprócz technik instrumentalnych wykorzystują również techniki sensoryczne [15-17]. Pomimo tego, że badania zapachu są z założenia subiektywne pozostają jednym z bardzo istotnych elementów składowych oceny jakości materiałów. Badaniom zapachu poddawana są granulaty i produkty gotowe, zarówno jedno- jak i wieloskładnikowe. Ocena zapachu emitowanego z badanego obiektu wymaga odpowiednich predyspozycji i doświadczenia osób oceniających. Zapach badany jest zawsze przez grupę liczącą co najmniej trzy osoby, tzw. panel oceniający, a osoby wchodzące w jego skład muszą posiadać udokumentowane zdolności do rozpoznawania rodzaju i intensywności zapachu. Metody badań sensorycznych, wykorzystywanych w motoryzacji, różnią się w sposób istotny od badań zapachu związanych z jakością powietrza zewnętrznego, gdzie duży nacisk położony jest kwestie intensywności zapachu [18]. W praktyce, w przemyśle motoryzacyjnym, oprócz intensywności zapachu emitowanego z badanego materiału bardzo istotny jest jego rodzaj. Najbardziej rozpowszechniona skala ocen pochodząca z normy VDA 270 [19] opiera się na następujących ocenach zapachu: 1 – niewyczuwalny; 2 – wyczuwalny, ale niedrażniący; 3 – wyraźnie wyczuwalny, ale niedrażniący; 4 – drażniący, 5 – silnie drażniący, 6 – nie do zniesienia. Metoda ta koncentruje się przede wszystkim na rodzaju zapachu, ocena intensywności ukryta jest w zakresie ocen 1-3: rosnąca intensywność zapachu, który nie jest określony jako nieprzyjemny. Dodatkowo możliwe jest stosowanie ocen półkwokowych, i tak najczęściej ocena 3,5 jest

wartością graniczną dopuszczającą produkt do stosowania w kabinie samochodu. Pomysłodawcy tej normy koncentrują się, jak wspomniano powyżej, na rodzaju zapachu. W związku z tym zapach nieprzyjemny, za który uważa się m.in. spalony, kwaśny, dymu, czy stęchły, nawet jeżeli jest bardzo mało intensywny uważa się za niedopuszczalny. Każdorazowo osoba oceniająca otwierając naczynie, w którym kondycjonowany jest badany element ma oceniać zapach w ten sposób jakby otwarte zostały drzwi samochodu. W kwestiach wątpliwych decyduje subiektywna ocena będąca odpowiedzią na pytanie „czy chciałbyś/chciałabyś przebywać w takim samochodzie”. Oprócz normy VDA 270 i jej pochodnych najbardziej powszechnych wśród niemieckich koncernów motoryzacyjnych, w użytku znajdują się również znormalizowane metody oparte na nieco innej filozofii. Przykładem może służyć norma MS 300-35 [20], której autorzy starali się zmniejszyć subiektywność oceny. W tym przypadku nacisk położony jest na określenie intensywności zapachu, a przed badaniami panel oceniający musi przejść pozytywnie szkolenie, w trakcie którego wacha roztwory n-butanolu o różnym stężeniu i przypisanej intensywności. Ponadto istnieją metody łączące obydwa podejścia [21], gdzie określana jest intensywność zapachu np. w skali od 0 – bezwonny do 5 – przytłaczający, i wrażenia hedoniczne od -3 – bardzo nieprzyjemny do 3 – bardzo przyjemny. Pomimo swojej subiektywnej natury badania zapachu są bardzo istotnym elementem oceny jakości materiału, będąc badaniami, które w sposób bezpośredni i najbardziej zbliżony do rzeczywistości odpowiadają na pytanie jak dany element będzie wpływał na poczucie komfortu użytkownika. Najczęściej bada się zapach próbek materiałów umieszczonych w szklanych słojach o różnej pojemności, najczęściej 1 L, szczelnie zamkniętych na czas kondycjonowania. W zależności od lokalizacji elementu w kabinie badania prowadzone mogą być w różnej temperaturze: 23, 40 i 80 °C, w obecności wody lub bez niej.

1.4. Emisja lotnych związków organicznych (VOC)

Zarówno badania emisji ciężkich substancji lotnych (SVOC), czyli zjawiska mgławienia, jak i emisji substancji zapachowych, może być realizowane w komorach środowiskowych tradycyjnie stosowanych do badań emisji lotnych związków organicznych z gotowych elementów wyposażenia, w tym wieloskładnikowych takich jak np.: koło kierownicy, daszki przeciwsłoneczne, wykładziny, tapicerki, pianki siedzeń itd. Podstawą analizy VOC są metody chromatograficzne zapewniające analizę ilościową i jakościową poszczególnych związków. W motoryzacji funkcjonuje szereg norm dotyczących określania emisji lotnych związków organicznych, ale podstawowe różnice dotyczą sposobu uzyskiwania próbki mieszaniny substancji lotnych emitowanych z materiału, gdzie rozróżnia się m.in.:

- Metodę analizy fazy nadpowierzchniowej, gdzie niewielka ilość substancji ogrzewana jest w szklanej fiolce i poddawana jest analizie metodą chromatografii gazowej z detekcją płomieniowo-jonizacyjną i masową (GC-FID/MS) (badaniom poddawana jest próbka powietrza pobrana z tej fiolki po zadanym czasie kondycjonowania),
- Metodę bezpośredniej desorpcji temperaturowej, gdzie emitowane związki są adsorbowane na zimnej pułapce (złożu chłodzonego adsorbentu), a następnie w wyniku gwałtownego ogrzewania trafiają do kolumny chromatograficznej chromatografu,
- Mikrokomory, podobne do metody headspace, o większej objętości, zazwyczaj ok 50 cm³. Szczelne naczynia pozwalające na prowadzenie badań dla kompletnych, niewielkich elementów z wykorzystaniem przepływu gazu obojętnego lub bez niego,
- Komory środowiskowe opisane poniżej,

– Wielkogabarytowe komory *drive-in*, gdzie kondycjonowaniu przed pobieraniem próbek poddawany jest cały pojazd.

Idealna komora do badań emisji powinna być całkowicie szczelna, wykonana z materiałów minimalizujących możliwość adsorpcji emitowanych substancji, zapewniać jednorodną temperaturę oraz maksymalizować stopień jednorodności powietrza. Specyficzne testy mogą ponadto wymagać możliwości doprowadzania odpowiedniej ilości świeżego, oczyszczonego powietrza oraz zapewniania utrzymania wymaganej wilgotności. W praktyce stosuje się rozwiązania typu komora w komorze z ogrzewaniem na zasadzie płaszcza powietrznego, przy czym komora badawcza wykonana jest ze stali elektropolerowanej (Rys. 1).



Rys. 1. Komora Weiss WKE1000 do badania emisji z materiałów



Rys. 2. Detektor FID połączony z wnętrzem komory ogrzewaną linią transferową

Próbki powietrza pobierane są z komory za pośrednictwem ogrzewanego drzewa probierczego. Zamontowanie we wnętrzu komory płyty chłodzonej zewnętrznym układem chłodzenia pozwala również na określenie ilości SVOC emitowanej w trakcie badań. Możliwe jest również pobieranie próbek powietrza do worków wykonanych z materiałów zapachowo obojętnych i poddanie ich późniejszej analizie sensorycznej. W trakcie badań emisji w komorach środowiskowych możliwe jest analizowanie stężenia emitowanych substancji w czasie rzeczywistym za pomocą detektora płomieniowo-jonizacyjnego (FID, j. ang. *Flame-Ionization Detector*), poprzez ogrzewaną linię transferową, jego konstrukcja musi zapewniać minimalny przepływ powietrza z komory, tak aby w trakcie badań prowadzonych w warunkach statycznych, tzn. bez wymiany powietrza, nie następowało istotne zmniejszenie ciśnienia wewnątrz komory (Rys. 2).

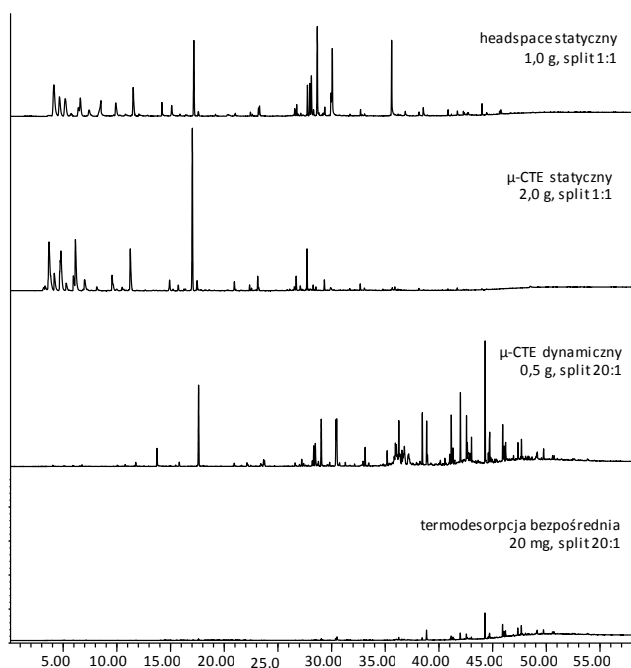
Zastosowanie detektora FID pozwala na określenie całkowitego stężenia VOC wewnątrz komory badawczej. W celu zidentyfikowania poszczególnych emitowanych składników konieczne jest przeprowadzenie analiz chemicznych w oparciu o metody chromatograficzne. W tym celu powietrze z komory przepuszczane jest przez złoża adsorbentów, na których następuje zateżnienie substancji, następnie tak pobrane próbki poddawane są ekstrakcji lub desorpcji temperaturowej i analizowane różnymi technikami. Najbardziej popularna jest technika desorpcji temperaturowej sprzężonej z analizą metodą chromatografii gazowej (GC) z detekcją płomieniowo-jonizacyjną (FID) i masową (MS). W trakcie analizy zachodzi rozdział składników mieszaniny a ich identyfikacja jest możliwa dzięki zastosowaniu spektrometru mas. Uzyskiwane wyniki, spektrogramy masowe, są charakterystyczne dla poszczególnych związków. Przykładowy układ chromatograficzny przedstawiono na Rys. 3. W specyficznych przypadkach, gdy wymagana jest również analiza związków ulegających rozkładowi w termodesorberze stosowane są inne techniki jak np. wysokosprawna chromatografia cieczowa.



Rys. 3. Układ chromatografu gazowego GC-FID/MS wraz z termodesorberem, pierwszy z prawej – zestaw mikrokomór badawczych

2. WPŁYW CZYNNIKÓW ZEWNĘTRZNYCH NA WIELKOŚĆ EMISJI SUBSTANCJI LOTNYCH Z MATERIAŁÓW

Praktyka wskazuje, że wybór techniki analizy emisji związków lotnych determinuje uzyskiwane wyniki. Zarówno same zjawisko emisji, jak i późniejszy proces analityczny, mający na celu określenie ilości i rodzaju wydzielających się związków, są bardzo skomplikowane i zależne od bardzo wielu czynników. Można stwierdzić, że techniki dynamiczne – takie gdzie badania prowadzi się z wymianą powietrza w komorze badawczej, pozwalają na pozyskiwanie większych objętości próbek co następuje jednak kosztem ich zubożenia o bardzo lotne substancje. Porównanie chromatogramów substancji lotnych wyemitowanych z tego samego materiału przedstawiono na Rys. 4 [22]. Widoczne jest istotne zwiększenie liczby i intensywności sygnałów przy dłuższych czasach retencji odpowiadających substancjom cięższym w przypadku metod dynamicznych, z przepływem gazu przez próbkę – mikrokomora dynamiczna i bezpośrednia termodesorpcja. Jednak odpowiedni dobór techniki oraz parametrów analizy pozwala na porównywanie wyników uzyskiwanych różnymi technikami (np. mikrokomora – komora środowiskowa). Odpowiednio dobrane parametry badań materiałów składowych i kompletnych, wieloskładnikowych produktów pozwalają również wskazać, który materiał odpowiada za emisję poszczególnych związków z gotowego elementu wyposażenia kabiny.



Rys. 4. Porównanie chromatogramów VOC wyemitowanych z tego samego materiału w różnych warunkach [22]

Opisane powyżej techniki badania emisji substancji lotnych są przede wszystkim wykorzystywane do kontroli jakości materiałów lub gotowych wyrobów mających zastosowanie w motoryzacji. Te same metody lub ich modyfikacje mogą służyć również w celu określenia przyczyn obecności substancji niepożądanych czy nieprzyjemnego zapachu w specyficznym środowisku wewnętrznym, jakim jest kabina samochodu. W przypadku rozwiązywania tego typu problemów konieczne jest kompleksowe podejście do analizowanej kwestii, wymagające m.in. wiedzy o wpływie czynników zewnętrznych na emisję substancji lotnych. Wśród najważniejszych czynników zewnętrznych wpływających na emisję VOC wymienić należy przede wszystkim temperaturę i czas.

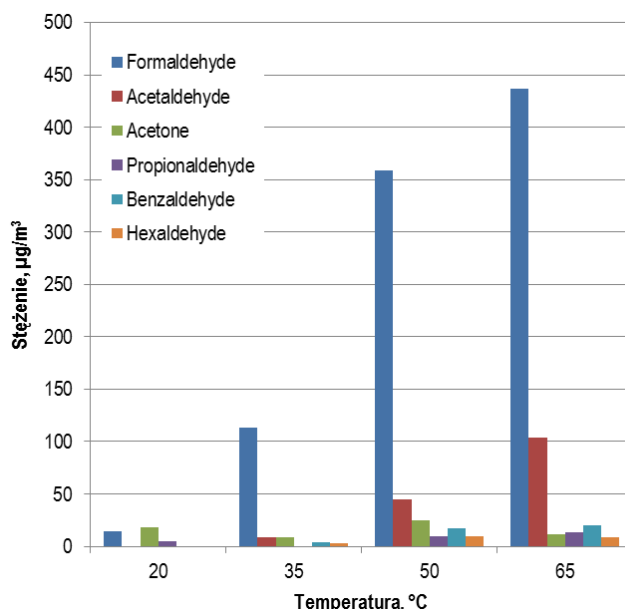
2.1. Wpływ temperatury

Najbardziej istotny wpływ na ilość lotnych związków organicznych ma temperatura. Widoczne jest to zarówno w przypadku eksploatacji pojazdów, gdzie stwierdzono, że stężenie VOC w kabinie pojazdu ulega istotnym zmianom wraz ze zmianami temperatury [4]. Zmiany temperatury mają wpływ nie tylko na ilość emitowanych substancji, ale również na ich rodzaj. Efekt ten jest oczywiście obserwowany również w przypadku badań gotowych elementów wyposażenia kabiny samochodu czy materiałów składowych. Najbardziej jednoznacznym przykładem może służyć w tym przypadku sama procedura badawcza, np. VDA 278 [14] wspomniana powyżej, gdzie w zależności od temperatury wygrzewania próbki (90 lub 120 °C) analizie poddawane mogą być istotnie różniące się substancje – bardziej i w mniej lotne. Badania wpływu tego czynnika na ilość i rodzaj emitowanych substancji z różnych elementów wyposażenia został opisany między innymi w [23], gdzie wykazano, że sumaryczne stężenie substancji lotnych rośnie w większym stopniu, niż wywołująca te zmiany temperatura. Na Rys. 5 przedstawiono przykład zmiany stężenia związków karbonylowych emitowanych z poszycia sufitu kabiny samochodu osobowego.

2.2. Wpływ czasu

Czas ma bardzo istotny wpływ na wielkość i rodzaj emisji substancji lotnych. Stężenie lotnych związków organicznych pochodzących z materiałów w kabinie samochodu osobowego maleje w trakcie eksploatacji [2,5]. Te zmiany są widoczne już w trakcie

badan laboratoryjnych, gdzie w przypadku zastosowania temperatury 65 °C maksymalna wartość stężenia VOC w komorze badawczej jest obserwowana zazwyczaj w ciągu dwóch pierwszych godzin badania [24]. Wydłużenie czasu badania powoduje zmniejszenie stężenia oraz jego względnej stabilizacji, pomiędzy 3 a 5 godziną badania zmiany są niewielkie. Oznacza to, że w przypadku kabiny samochodu użytkownicy są najbardziej narażeni na obecność substancji lotnych w pierwszym okresie eksploatacji pojazdu szczególnie, gdy ma on miejsce latem kiedy temperatura jest najwyższa.



Rys. 5. Zmiany stężenia poszczególnych związków karbonylowych w funkcji temperatury badania poszycia sufitu kabiny [23]

W trakcie eksploatacji pojazdu, jak stwierdzono powyżej, zmniejsza się stężenie substancji lotnych pochodzących z materiałów w wyniku takich czynników, jak m.in.: zmniejszenie wielkości emisji VOC z materiałów na skutek zubożenia materiału wyjściowego w substancje lotne czy wietrzenie kabiny pojazdu. Ten sam efekt jest widoczny w przypadku długotrwałego magazynowania elementów w kontrolowanych warunkach bez wymuszonego obiegu powietrza [25], jednak często nawet sześciomiesięczne magazynowanie prowadzi do zmniejszenia ilości emitowanych substancji o około połowę.

2.3. Wpływ innych źródeł VOC

Dyskusja wpływu czynników zewnętrznych na wielkość emisji lotnych związków organicznych nie może pominąć bardzo istotnego, choć nieoczywistego, czynnika jakim jest obecność różnych źródeł emisji w ograniczonej przestrzeni. W rzeczywistości obecność różnych rodzajów materiałów, które charakteryzują się różnicami zarówno w składzie jak i ilości emitowanych związków znacząco utrudnia przewidywanie jakości powietrza w kabinie czy wskazanie źródła substancji niepożądanych. Badania prowadzone w szczelnej komorze środowiskowej dla trzech elementów wyposażenia jednocześnie i dla każdego z nich oddzielnie wykazały, że w przypadku obecności więcej niż jednego rodzaju materiału możliwa jest adsorpcja związków lotnych emitowanych z jednego elementu przez inny. Te same badania wskazują jednak, że wszystkie substancje emitowane w znaczących ilościach z poszczególnych materiałów będą obecne w powietrzu wewnątrz kabiny [26]. Oznacza to, że jednoznaczne wytypowanie źródła niepożądanych substancji nie może opierać się, w większości przypadków, jedynie na dostępnych informacjach dotyczących poszczególnych materiałów. Szczególnie

weryfikacja trafności wytypowanego źródła wymaga badań prowadzonych w rzeczywistym środowisku, kabinie samochodu, gdzie zachodzą wszystkie interakcje pomiędzy emitowanymi związkami a obecnymi w kabinie materiałami.

PODSUMOWANIE

Emisja lotnych związków organicznych z materiałów i elementów wyposażenia kabiny pojazdu jest bardzo istotna ze względu na potencjalny wpływ tych substancji na zdrowie użytkowników oraz ich komfort. Przedstawione metody badań koncentrujące się na istotnie różniących się efektach oddziaływania różnych grup emitowanych związków tj. mgławienie, zapach i obecność lotnych substancji organicznych, pozwalają na kontrolę jakości materiałów oraz na rozwiązywanie problemów związanych z jakością powietrza wewnątrz kabiny samochodu. Należy jednak podkreślić, że informacje dotyczące wielkości emisji z poszczególnych materiałów, ze względu na duży wpływ czynników zewnętrznych i interakcje pomiędzy materiałami, nie są wystarczające do opisu jakości powietrza wewnątrz kabiny pojazdu wyposażonego w te materiały.

BIBLIOGRAFIA

1. Goeldenitz J., Schwarzer P., Emission testing in automobile industry – new requirements due to legal regulations, 16th Workshop Odour and Emissions of Plastic Materials, Kassel 24-25.03.2014
2. Faber J., Brodzik K., *Air quality inside passenger cars*, "AIMS Environmental Science" 2017, vol.4 nr 1
3. Faber J., Brodzik K., Gołda-Kopek A., Łomankiewicz D., Nowak J., Świątek A., *Comparison of air pollution by VOCs inside the cabin of new vehicles*, "Environmental and Natural resources Research", 2014, vol. 4 nr 3
4. Brodzik K., Faber J., Łomankiewicz D., Gołda-Kopek A., *In-vehicle VOCs composition of unconditioned, newly produced cars*, "Journal of Environmental Sciences – China", 2014, vol. 26 nr 5
5. Faber J., Brodzik K., Gołda-Kopek A., Łomankiewicz D., *Benzene, toluene and xylenes levels in new and used vehicles of the same model*, "Journal of Environmental Sciences – China", 2013, vol. 25 nr 11
6. ISO 12219-1:2012 *Interior air of road vehicles -- Part 1: Whole vehicle test chamber -- Specification and method for the determination of volatile organic compounds in cabin interiors*
7. ISO 12219-3:2012 *Interior air of road vehicles -- Part 3: Screening method for the determination of the emissions of volatile organic compounds from vehicle interior parts and materials -- Micro-scale chamber method*
8. ISO 12219:2013 *Interior air of road vehicles -- Part 4: Method for the determination of the emissions of volatile organic compounds from vehicle interior parts and materials -- Small chamber method*
9. ISO 12219-7:2017 *Interior air of road vehicles -- Part 7: Odour determination in interior air of road vehicles and test chamber air of trim components by olfactory measurements*
10. PV 3015:1994 *Non-Metallic Materials for Interior Trim - Determining Condensable Constituents*
11. GME 60326:2005 *Test method for evaluation fogging characteristics of trim materials*
12. DIN 75201:2011 *Determination of the fogging characteristics of trim materials in the interior of automobiles*
13. ISO 6452:2007 *Rubber- or plastics-coated fabrics -- Determination of fogging characteristics of trim materials in the interior of automobiles*
14. VDA 278:2011 *Thermal Desorption Analysis of Organic Emissions for the Characterization of Non-Metallic Materials for Automobiles*
15. Faber J., Brodzik K., *W jaki sposób oceniać jakość powietrza w kabinie samochodu*, „Analityka: nauka i praktyka” 2015, nr 4
16. Faber J., Brodzik K., *Wykorzystanie bezpośredniej metody sensorycznej w ocenie materiałów stosowanych we wnętrzach pojazdów*, „Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2016, nr 12
17. Brodzik K., Faber J., Gołda-Kopek A., Zarębska K., Łomankiewicz D., *Źródła nieprzyjemnego zapachu wewnątrz samochodu – studium przypadku*, „Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2016, nr 12
18. PN-EN 13725:2007 *Jakość powietrza -- Oznaczanie stężenia zapachowego metodą olfaktometrii dynamicznej*
19. VDA 270:1992 *Determination of the Odour Characteristics of Trim Materials In Motor Vehicles*
20. MS 300-34:2010 *Test Method of Odor for Interior Materials*
21. SES N 2405:2014 *Odor Sensory Evaluation*
22. Łomankiewicz D., Gołda-Kopek A., Faber J., Brodzik K., *Study of Volatile Organic Compounds emission from car interior materials by dynamic thermal desorption method*, 29th International Symposium on Chromatography, 9-13 Wrzesień 2012, Toruń
23. Brodzik K., Faber J., Gołda-Kopek A., Łomankiewicz D., Nowak J., Świątek A., *Wpływ temperatury na emisję lotnych związków organicznych z elementów wyposażenia kabiny samochodu osobowego*, „TTS Technika Transportu Szynowego”, 2015, 12
24. Brodzik K., Faber J., Gołda-Kopek A., Łomankiewicz D., Nowak J., Świątek A., *Wpływ czasu kondycjonowania na emisję lotnych związków organicznych z elementów wyposażenia kabiny samochodu osobowego*, „Logistyka”, 2015, nr 3
25. Brodzik K., Faber J., Gołda-Kopek A., Łomankiewicz D., Nowak J., Świątek A., *Wpływ czasu magazynowania na emisję LZO z wybranych elementów wyposażenia kabiny samochodu osobowego*, „Logistyka”, 2015, nr 3
26. Brodzik K., Faber J., Gołda-Kopek A., Łomankiewicz D., *Impact of multisource VOC emission on in-vehicle air quality: test chamber simulation*, "IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering", 2016, vol. 148

Testing methods of Volatile Organic Compounds emission from materials used in automotive industry

Advantages of plastics such as among others: mechanical properties, weight, production costs and ease of molding, causes them to be basic materials of vehicles interior. In the course of plastics manufacturing and processing volatile substances are produced which later, during the use of vehicle, are released from them. As a result of volatile substances emissions in enclosed spaces, the concentration of toxic and undesirable compounds can significantly increase what may lead to, among others, unpleasant smell. This article discuss methods of testing volatile organic compounds emission from materials used in automotive industry.

Autorzy:

dr inż. **Krzysztof Brodzik** – Instytut Badań i Rozwoju Motoryzacji BOSMAL Sp. z o.o. w Bielsku-Białej, Zakład Materiałoznawstwa, e-mail: krzysztof.brodzik@bosmal.com.pl

dr inż. **Joanna Faber** – Instytut Badań i Rozwoju Motoryzacji BOSMAL Sp. z o.o. w Bielsku-Białej, Zakład Materiałoznawstwa