

# OCENA EKSPOZYCJI BUDYNKU WIELORODZINNEGO NA ZANIECZYSZCZENIA POWIETRZA POCHODZĄCE Z KOMUNIKACJI I STACJI PALIWOWEJ NA PRZYKŁADZIE BENZENU

Marek BOGACKI

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska  
Katedra Kształtowania i Ochrony Środowiska  
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków  
[bogacki@agh.edu.pl](mailto:bogacki@agh.edu.pl)

## STRESZCZENIE

Poziom stężenia benzenu w powietrzu miejskim kształtowany jest głównie (za wyjątkiem obszarów uprzemysłowionych) przez komunikację oraz związaną z nią ściśle sieć dystrybucji paliw. Celem badań było oszacowanie metodą modelowania matematycznego wpływu emisji benzenu pochodzącej z komunikacji oraz ze stacji paliw na jego poziom stężeń w powietrzu przy elewacji budynku wielorodzinnego, zlokalizowanego w centrum Krakowa. W ramach badań dokonano inwentaryzacji emisji benzenu ze stacji paliw zlokalizowanej w bezpośrednim sąsiedztwie budynku oraz z pojazdów samochodowych poruszających się po obszarze obliczeniowym o wymiarach 1200 m x 1700 m. Uzyskane wyniki obliczeń wskazują, że poziom stężenia benzenu w powietrzu wokół budynku kształtowany jest przede wszystkim przez komunikację i jedynie w kilku procentach przez stację paliw.

### 1. Wstęp

Benzen ( $C_6H_6$ ) to najprostszy węglowodór aromatyczny. Jest to ciecz bezbarwna, lotna, wonna, lżejsza od wody i nie rozpuszczająca się w niej. Pary benzenu są cięższe od powietrza i gromadzą się przy powierzchni ziemi. Emitowany jest przede wszystkim z procesów spalania paliw, przemysłu koksowniczego, hutniczego, chemicznego i rafineryjnego, stacji paliw, wytwórni mas bitumicznych, pralni chemicznych, drukarni, fabryk: opon, farb i lakierów, mebli oraz obuwia. Najistotniejszym jednak źródłem emisji benzenu i jego alkilopochodnych jest motoryzacja (silniki o zapłonie iskrowym), gdyż benzen stanowi wysokoenergetyczny składnik benzyny silnikowej. Jest on również składnikiem spalin samochodowych.

Wyniki badań poziomu stężeń benzenu w powietrzu prowadzone od roku 2005 przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska (WIOŚ) w Krakowie wskazują, że poziom stężenia średniorocznego tego zanieczyszczenia w powietrzu w Krakowie (stanowisko – Nowa Huta, ul. Bulwarowa) w latach 2005-2010 nie przekroczył nigdy wartości stężenia dopuszczalnego wraz z odpowiednim marginesem tolerancji. Wartości zmierzonych metodą pasywną stężeń średniorocznych w poszczególnych latach kształtowały się odpowiednio na poziomie: 2005 r. –  $5,50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 2006 r. –  $5,91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 2007 r. –  $4,46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 2008 r. –  $4,38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 2009 r. –  $3,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i w 2010 r. –  $3,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , przy czym zmierzone w analizowanych latach stężenia benzenu w powietrzu cechowała duża zmienność sezonowa. Przykładowo stężenie maksymalne w okresie zimowym w Krakowie w 2010 r. wynosiło  $7,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , natomiast stężenie minimalne w tym samym roku w okresie letnim wynosiło  $1,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  [1].

Można przypuszczać, że mierzone przez WIOŚ w Krakowie wartości stężeń benzenu w powietrzu na stacji monitoringu jakości powietrza w Nowej Hucie nie odzwierciedlają w pełni poziomów stężeń tego zanieczyszczenia w obszarach będących pod dużą antropopresją

zanieczyszczeń komunikacyjnych z jaką mamy do czynienia np. w centrum Krakowa, które cechuje duża gęstość dróg, duże natężenie ruchu pojazdów, tendencje do powstawania korków w godzinach szczytu komunikacyjnego oraz ze względu na gęstą zabudowę utrudnione rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń. Fakt ten stał się przesłanką do podjęcia badań w zakresie oceny poziomu stężenia benzenu w powietrzu w obszarze o podwyższonym poziomie emisji komunikacyjnej oraz dodatkowo obciążonym emisją par benzenu pochodzących z dystrybucji paliw na stacji paliwowej. Głównym celem badań była ocena ekspozycji budynku wielorodzinnego, pięciokondygnacyjnego zlokalizowanego w bezpośrednim sąsiedztwie ruchliwej drogi oraz stacji paliw na wpływy wynikające z emisji benzenu z komunikacji i stacji paliw.

## **2. Obszar badań**

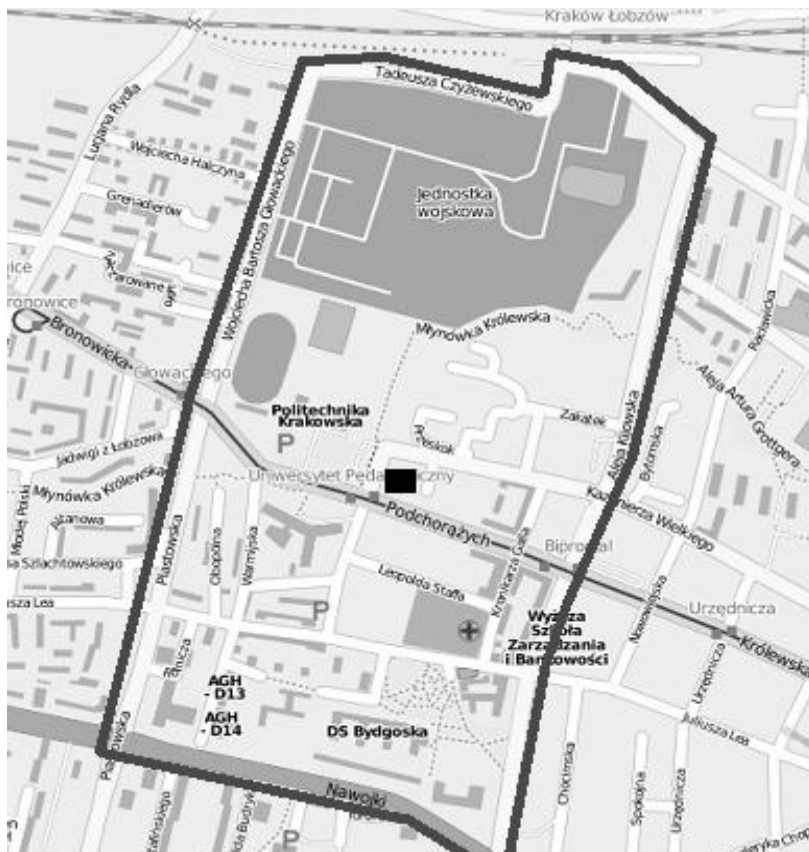
Obszar badań lokalizowany jest w dzielnicy Kraków – Krowodrza i ograniczony jest od zachodu ulicami: Piastowską, Głowackiego i Czyżewskiego, od południa ulicą Nawojki, od północy ulicą Wrocławską i Czyżewskiego, natomiast od wschodu aleją Kijowską. Wewnątrz badanego obszaru znajdują się ulice Lea, Podchorążych, Kazimierza Wielkiego, Królewska, Leopolda Stafa, Rolnicza, Gramatyka, Mariana Smoluchowskiego, Zakątek, Przeskok, Obopólna, Chmielna. W badanym obszarze występuje zabudowa mieszkalna, będąca typowym przykładem zabudowy charakterystycznej dla centrum Krakowa. Zlokalizowane są tu liczne budynki użyteczności publicznej, w tym budynki dydaktyczne czterech uczelni: Politechniki Krakowskiej, Uniwersytetu Pedagogicznego, Akademii Górniczo-Hutniczej oraz Wyższej Szkoły Zarządzania i Bankowości. W obrębie badanego obszaru zlokalizowana jest jednostka wojskowa. Przestrzeń pomiędzy zabudowaniami pokryte są roślinnością drzewiastą. Stacja paliw, której oddziaływanie badano oraz budynek wielorodzinny, którego ekspozycja na działanie zanieczyszczeń powietrza była przedmiotem badań zlokalizowane są przy skrzyżowaniu ulic: Królewskiej, Podchorążych i Kazimierza Wielkiego. Na rysunku 1 zaznaczono czarną obwódką obszar, wewnątrz którego przeprowadzono inwentaryzację emisji z komunikacji. Czarnym prostokątem oznaczony został analizowany budynek. W odległości 25 metrów od niego (po przeciwnej stronie ul. Kazimierza Wielkiego) zlokalizowana jest stacja paliw. Na rysunku 2 zamieszczono zdjęcie satelitarne przedstawiające wzajemne położenie analizowanego budynku, stacji benzynowej oraz dróg go otaczających.

## **3. Metodyka inwentaryzacji emisji**

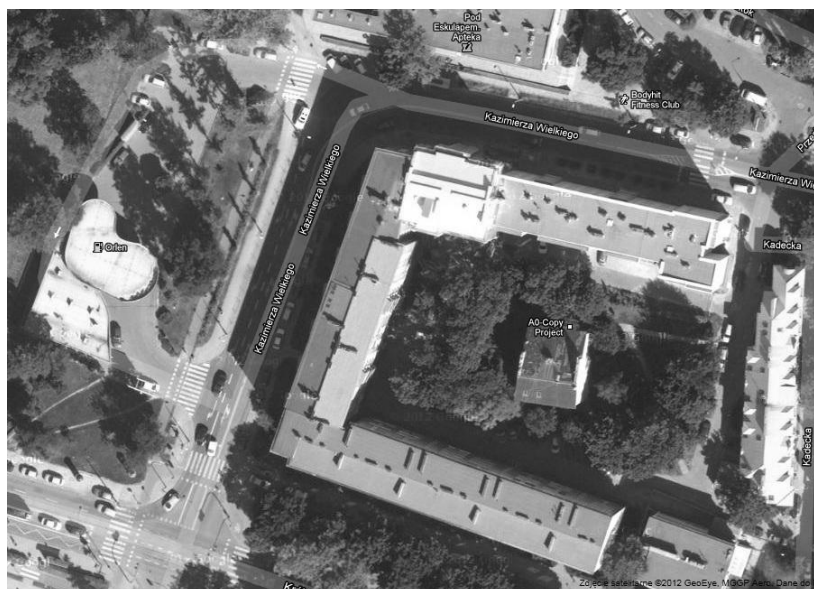
Inwentaryzacją emisji objęto dwa typy źródeł: pojazdy samochodowe poruszające się po drogach w analizowanym obszarze (komunikacja) oraz stację paliwową. Inwentaryzację emisji przeprowadzono w 2010 r.

### **3.1. Inwentaryzacja emisji z komunikacji**

Emisję zanieczyszczeń komunikacyjnych oszacowano w oparciu o najbardziej aktualną metodykę CORINAIR (obszar: transport drogowy) [2]. Metodyka ta wymagała przeprowadzenia inwentaryzacji natężenia oraz struktury ruchu pojazdów na wszystkich analizowanych ulicach zlokalizowanych w obszarze obliczeniowym. W tym celu wykonano 24-godzinne pomiary strumienia i struktury ruchu pojazdów na każdej ulicy pozyskując profile natężenia i struktury ruchu charakterystyczne dla dnia roboczego, soboty oraz niedzieli.



Rys. 1. Plan sytuacyjny obszaru badań  
(źródło: <http://maps.google.pl>)



Rys. 2. Zdjęcie satelitarne przedmiotowego budynku oraz stacji paliwowej  
(źródło: <http://maps.google.pl>)

Rozdzielczość czasowa uzyskanych profili ruchu wynosiła 1 godzinę. Profile te wykorzystane zostały następnie do obliczeń emisji z komunikacji. W trakcie prowadzonej inwentaryzacji pojazdy samochodowe klasyfikowano wg: kategorii pojazdu (samochody osobowe z silnikami 4-suwowymi i 2-suwowymi, lekkie samochody ciężarowe, ciężkie samochody ciężarowe, autobusy, motorowery, motocykle z silnikami 4 i 2-suwowymi), pojemności silnika, rodzaju paliwa, nośności (dotyczy ciężkich samochodów ciężarowych), spełnianej normy emisji spalin. Obliczenia wielkości emisji prowadzono w oparciu o rozszerzoną metodykę szacowania emisji z pojazdów, w której uwzględniono zarówno charakter drogi (droga miejska), jak i średnią prędkość poruszania się pojazdów po drodze w różnych okresach doby. Obliczana emisja uwzględniała zarówno pracę silnika w optymalnych warunkach cieplnych (emisja gorąca) jak również tzw. zimny start, opisujący emisję w sytuacji, gdy zarówno katalizator jak i sam silnik nie osiągnęły jeszcze optymalnej temperatury pracy. Ponieważ w metodyce CORINAIR nie występują wskaźniki emisji benzenu z pojazdów samochodowych a jedynie wskaźniki emisji niemetanowych lotnych związków organicznych (NMLZO) z tego względu aby można było oszacować emisje benzenu należało pomnożyć uzyskaną dla każdego typu pojazdu emisję godzinową NMLZO przez liczbę opisującą udział benzenu w NMLZO emitowanych ze spalinami. Informację o przeciętnej zawartości benzenu w NMLZO emitowanych ze spalinami zaczerpnięto z tabeli 9.1.cytowanej metodyki CORINAIR. Zgodnie z nią zawartość benzenu w emitowanych NMLZO wynosi:

- dla samochodów napędzanych silnikami benzynowymi 4-suwowymi niespełniających żadnej normy ograniczenia emisji (pojazdy konwencjonalne): 6,83%,
- dla samochodów napędzanych silnikami benzynowymi 4-suwowymi spełniających normy ograniczenia emisji począwszy od EURO I: 5,61%,
- dla wszystkich samochodów napędzanych silnikami diesla za wyjątkiem ciężkich samochodów ciężarowych: 1,98%,
- dla ciężkich samochodów ciężarowych napędzanych silnikami diesla: 0,07%,
- dla wszystkich typów samochodów napędzanych LPG: 0,63%.

W oparciu o ww. założenia obliczono emisję benzenu wynikającą ze spalania paliwa w silniku pojazdu dla każdego analizowanego odcinka inwentaryzowanych ulic. W sumie w ten sposób zinwentaryzowano w obszarze obliczeniowym 15 odcinków ulic.

Oprócz emisji benzenu wraz ze spalinami zanieczyszczenie to może trafić do otoczenia na drodze parowania paliwa (głównie benzyny) z pojazdu samochodowego zarówno poruszającego się jak i zaparkowanego. Emisję tę wyznaczono w oparciu o cytowaną wcześniej metodykę CORINAIR [2].

### 3.1. Inwentaryzacja emisji ze stacji benzynowej

Na emisję węglowodorów, w tym benzenu z dystrybucji detalicznej paliw składają się następujące procesy:

- proces emisji ze zbiorników podziemnych związany z napełnianiem zbiorników oraz zmianami temperatury paliwa (dobowymi, sezonowymi),
- proces emisji ze zbiorników samochodowych podczas ich napełniania,
- proces emisji związanej z odparowaniem rozlanego paliwa przy napełnianiu zbiorników samochodowych.

Analizowana stacja pełniona jest z autocystern z zastosowaniem wahadła gazowego o stopniu hermetyzacji przekraczającym 99%, nie jest natomiast wyposażona w system odciążu par wydobywających się ze zbiorników samochodowych podczas ich napełniania.

Istnieje wiele metodyk, które pozwalają na oszacowanie poziomu emisji nieorganizowanej węglowodorów z ww procesów. Większość tych metodyk została opisana w pracach [3-7]. Na potrzeby niniejszej analizy zastosowano najprostszą, i zarazem najczęściej stosowaną metodę, opartą na wskaźnikach emisji wypracowanych przez przemysł rafineryjny, dystrybutorów paliw oraz Ministerstwo Skarbu RP, a stosowanych do określania realnych ubytków paliw na stacjach paliw w Polsce dla celów związanych z nakładaniem akcyzy na te paliwa. Zgodnie z tą metodyką maksymalne ubytki objętości paliw w odniesieniu do ich obrotu na stacji paliw wynoszą odpowiednio [7]:

- dla benzyn: 0,05% w okresie zimowym i 0,1% w okresie letnim,
- dla olei napędowych: 0,02% w okresie zimowym i 0,03% w okresie letnim.

Emisję roczną węglowodorów z analizowanej stacji paliw oszacowano jako sumę iloczynów obrotu sezonowego poszczególnych, sprzedawanych na stacji paliw, odpowiedniego, sezonowego wskaźnika emisji węglowodorów oraz udziału benzenu w poszczególnych rodzajach paliw. Informacja o obrocie rocznym poszczególnymi asortymentami paliwa pochodziła od właściciela stacji paliw. Dane dotyczące średniej zawartości benzenu w poszczególnych rodzajach paliwa pozyskano z kart produktów sprzedawanych na stacji.

Przyjęta do obliczeń emisji średnia zawartość benzenu w poszczególnych asortymentach paliwa wynosiła:

- w benzynie E98: 0,52%,
- w benzynie E95: 0,65%,
- w olejach napędowych: 0,05%.

#### **4. Założenia do modelowania**

Obliczona w oparciu o metodykę opisaną w rozdziale 3.1 emisja benzenu z komunikacji przypisana została odpowiednio 15 emitorem liniowym odwzorowującym odcinki składowe analizowanych ulic, natomiast emisja ze stacji benzynowej przypisana została emitorowi powierzchniowemu. Dobową zmienność emisji z emitatorów liniowych zgodną z uzyskanymi w czasie pomiarów profilami ruchu opisano w formie wariantów oraz podokresów emisji, w taki sposób aby jak najlepiej odzwierciedlić rzeczywiste pole emisji. Ze względu na obszerność danych emisyjnych nie zostaną one zamieszone w niniejszej publikacji.

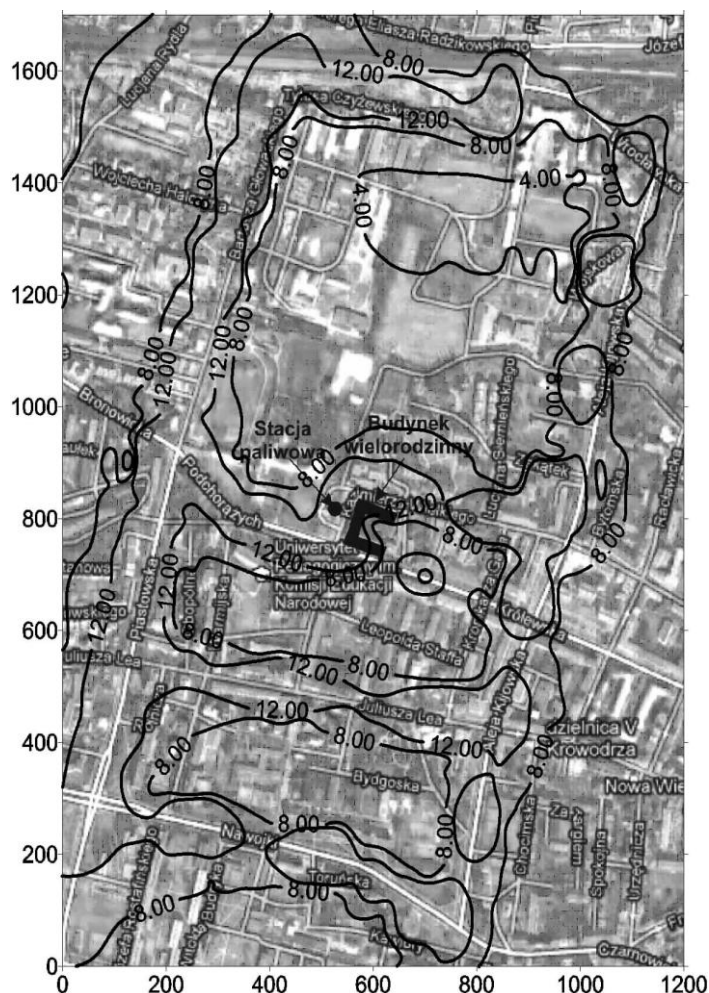
W przypadku emisji ze stacji paliw, założono, że emisja ta rozkłada się równomiernie w ciągu roku. Przypisana emitorowi powierzchniowemu emisja godzinowa benzenu wynosi 0,0016 kg/h.

Obliczenia rozprzestrzeniania się benzenu z komunikacji oraz stacji paliw wykonano przy pomocy modelu gaussowskiego opartego na formule Pasquilla. Obliczenia prowadzono dla rzędnej wysokościowej  $z = 0$ , w siatce receptorów o wymiarach 1200 m x 1700 m i rozdzielczości 100 m x 100 m. Dodatkowo wykonano obliczenia w 18 receptorach zlokalizowanych na elewacji zachodniej budynku (od strony stacji benzynowej) w punkcie o współrzędnych  $x = 515$  m,  $y = 782$  m oraz  $z = 1-18$  m, z rozdzielczością 1 m. Obliczenia prowadzono przy założeniu, że tło benzenu jest na poziomie zerowym. W obliczeniach wykorzystano statystyki meteorologiczne z 10 lat pochodzące ze stacji meteorologicznej w Krakowie-Balicach.

## 5. Analiza wyników obliczeń

Przeprowadzone obliczenia pozwoliły na wyciągnięcie szeregu wniosków związanych z wpływem emisji benzenu z komunikacji oraz ze stacji benzynowej na analizowany budynek wielorodzinny.

Na rys. 3 przedstawiono rozkład przestrzenny stężeń średniorocznych benzenu w obszarze obliczeniowym kształtowany przez oba analizowane źródła emisji.



Rys. 3. Rozkład przestrzenno-czasowy stężeń średniorocznych benzenu w powietrzu powodowany łączną emisją z komunikacji i stacji benzynowej

Jak łatwo zauważyć maksymalne stężenia benzenu lokalizują się wzdłuż tras komunikacyjnych. Tam też zwykle występuje przekroczenie dopuszczalnego stężenia średniorocznego benzenu wynoszące  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Średnio dopiero w odległości powyżej ok. 50 m od osi jezdni poziom stężenia benzenu nie przekracza wartości dopuszczalnej, przy czym granica występowania przekroczeń jest zdeterminowana w dużej mierze lokalnymi warunkami propagacji np. polem wiatru i charakterem zabudowy.

W tabeli 1 zestawiono obliczone wartości stężeń maksymalnych 1-godzinnych, 99,8 percentyla ze stężeń maksymalnych, częstości ich przekroczeń oraz stężenia średniorocznego benzenu przy powierzchni ziemi przy elewacji budynku, wynikających z oddziaływania emisji z komunikacji i stacji paliw.

Tabela 1. Zestawienie wyników obliczeń stężeń maksymalnych 1-godzinnych, 99,8 percentyla ze stężeń maksymalnych oraz stężenia średniorocznego benzenu przy elewacji analizowanego budynku

Źródło emisji	Współrzędne lokalizacji receptora obliczeniowego			Stężenie maksymalne 1-godzinne	Percentyl 99,8	Stężenie średnioroczne	Częstość przekroczeń
	Z m	X m	Y m	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	%
Komunikacja	0	515	782	61,4	58,6	6,50	4,4
Stacja paliw				4,5	4,4	0,25	0,0
Komunikacja + stacja paliw				65,4	61,5	6,75	4,5
Kryteria oceny				30*		5**	0,2

\* Wartość odniesienia stężenia 1-godzinnego [8]

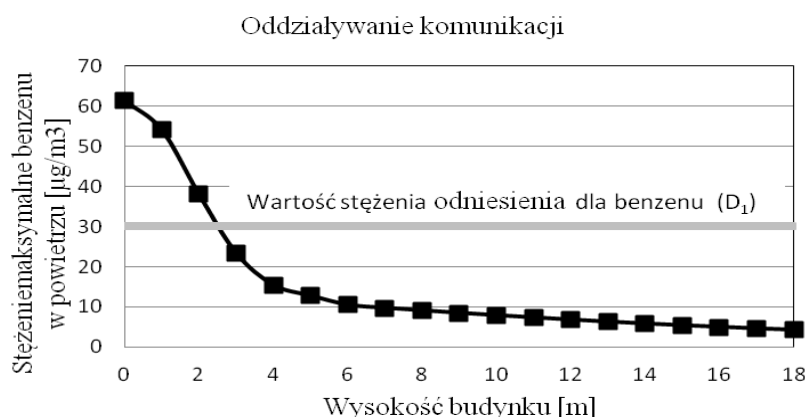
\*\* Wartość dopuszczalna stężenia średniorocznego [9]

Jak wynika z zestawionych w tabeli 1 wyników obliczeń poziom stężeń maksymalnych 1-godzinnych i średniorocznych przy elewacji analizowanego budynku jest zdeterminowany oddziaływaniem emisji z komunikacji. Udział stacji paliw w kształtowaniu stężeń maksymalnych nie przekracza 6,9% natomiast w kształtowaniu stężeń średniorocznych - 3,7%.

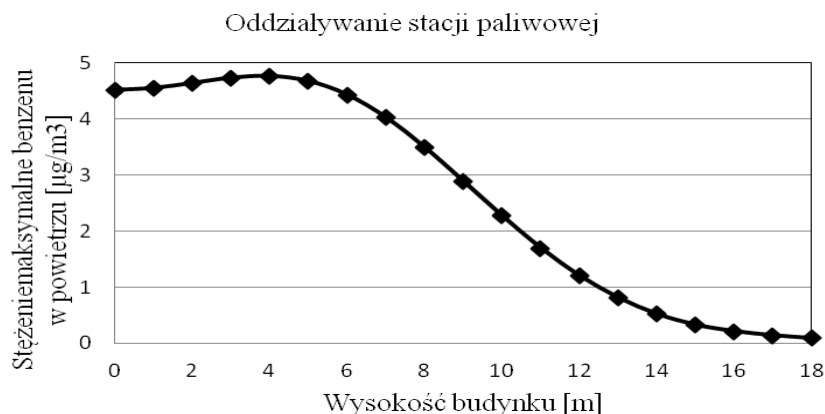
Sumaryczne oddziaływanie komunikacji i stacji paliw powoduje przekroczenia:

- wartości stężenia odniesienia ( $D_1$ ) benzenu w powietrzu o 118% w przypadku stężenia maksymalnego 1-godzinnego oraz o 105% w przypadku 99,8 percentyla ze stężeń maksymalnych,
- wartości dopuszczalnej stężenia średniorocznego benzenu w powietrzu o 35% w przypadku stężenia średniorocznego.

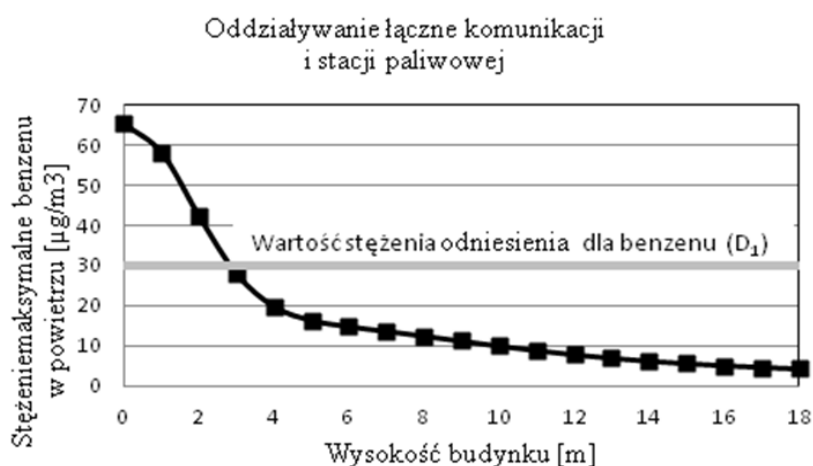
Na rysunkach 4-6 przedstawiono zmienność stężenia maksymalnego 1-godzinnego benzenu w powietrzu przy elewacji budynku w funkcji wysokości npt.



Rys. 3. Rozkład pionowy stężenia benzenu w powietrzu przy elewacji budynku w funkcji jego wysokości wynikający z oddziaływania emisji z komunikacji



Rys. 4. Rozkład pionowy stężenia benzenu w powietrzu przy elewacji budynku w funkcji jego wysokości wynikający z oddziaływania emisji ze stacji paliwowej



Rys. 5. Rozkład pionowy stężenia benzenu w powietrzu przy elewacji budynku w funkcji jego wysokości wynikający z łącznego oddziaływania emisji z komunikacji i stacji paliwowej

Z rysunków tych wynika, że maksymalne wartości stężeń 1-godzinnych obliczone przy elewacji analizowanego budynku lokują się:

- w przypadku oddziaływania jedynie komunikacji – na poziomie terenu,
- w przypadku oddziaływania jedynie stacji paliw – na wysokości 4 m npt.

Łączne oddziaływanie komunikacji i stacji benzynowej wywołuje stężenia w powietrzu będące superpozycją stężeń składowych opisanych powyżej. Dopuszczalna wartość odniesienia dla stężeń 1-godzinnych przekroczona jest w przypadku łącznego oddziaływania komunikacji i stacji paliw (rys. 6) w warstwie powietrza zlokalizowanej pomiędzy 0-3 m npt.

## 6. Podsumowanie

Przedstawione w artykule wyniki badań stanowią próbę oceny ekspozycji budynku wielorodzinnego, pięciokondygnacyjnego na oddziaływanie emisji pochodzącej z komunikacji oraz ze stacji benzynowej. Ocenę tę oparto na analizie stężenia benzenu w



powietrzu, jako substancji emitowanej zarówno z pojazdów samochodowych jak również ze stacji paliw. Dla lepszego odzwierciedlenia poziomu tego zanieczyszczenia w miejscu lokalizacji analizowanego budynku zamodelowano emisję tej substancji z obszaru kilku sąsiednich ulic. Obliczenia oparto na realnych wartościach emisji zarówno z pojazdów samochodowych poruszających się w obszarze obliczeniowym, jak również realnej emisji ze stacji paliw. Podczas przygotowywania danych emisyjnych dużą wagę przywiązywano do możliwie rzetelnego opisu pola emisji z analizowanych źródeł. Oszacowane wielkości emisji z poszczególnych emitorów zamodelowano przy pomocy prostego modelu gaussowskiego opartego na formule Pasquilla, mając świadomość, że model ten nie jest optymalny do tego typu obliczeń. Zaletą tego modelu jest jednak jego prostota i łatwość w przygotowaniu danych wejściowych, szczególnie danych meteorologicznych i związanych z orografią.

Uzyskane wyniki obliczeń chociaż obarczone dużą niepewnością, która przy tego typu badaniach jest rzeczą oczywistą pozwoliły na:

- 1) oszacowanie poziomu indywidualnego wpływu odpowiednio komunikacji i stacji paliw na analizowany budynek,
- 2) ocenę zasięgu oddziaływania analizowanych źródeł emisji,
- 3) ocenę zmienności stężeń benzenu w powietrzu przy elewacji zachodniej budynku w funkcji wysokości budynku,
- 4) wskazanie maksimów stężeń chwilowych i średniorocznych benzenu jakie mogą się pojawić w związku z emisją z analizowanych źródeł,
- 5) odniesienie wartości zamodelowanych poziomów stężeń do wyników pomiarów prowadzonych na terenie Krakowa przez WIOŚ oraz do obowiązujących w Polsce w tym zakresie kryteriów oceny jakości powietrza.

Z przeprowadzonych badań wynikają następujące wnioski:

- 1) poziom oszacowanych stężeń 1-godzinnych i średniorocznych benzenu przy elewacji budynku przekracza odpowiednie wartości dopuszczalne stężeń,
- 2) granica występowania przekroczeń wartości stężeń maksymalnych 1-godzinnych i stężeń średniorocznych wynikających z emisji benzenu z pojazdów samochodowych sięga do ok. 50 m od osi jezdni,
- 3) udział stacji paliw w kształtowaniu poziomu stężenia benzenu przy elewacji analizowanego budynku nie przekracza kilku procent,
- 4) budynki mieszkalne zlokalizowane w pobliżu ruchliwych ciągów komunikacyjnych w zwartej zabudowie miejskiej jaka występuje w centrum Krakowa narażone są na ponadnormatywne poziomy stężeń benzenu wynikającego z emisji z pojazdów samochodowych.

Uzyskane wyniki badań modelowych będą w następnym etapie badań weryfikowane metodą pomiarową. Planuje się przeprowadzenie tego typu badań w pobliżu przedmiotowego budynku jesienią 2012 r.

*Praca została wykonana w ramach badań statutowych AGH nr 11.11.150.008.*

## **Literatura**

1. WIOŚ w Krakowie, Delegatura w Tarnowie: Sprawozdanie z badań zanieczyszczeń powietrza benzenem na obszarze województwa małopolskiego w 2010 r. Tarnów, marzec 2011 (<http://www.krakow.pios.gov.pl/publikacje/2011/benzen2010.pdf> - dzień odczytu: 22.04.2012)

2. EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook. 2007 r. European Environment Agency ([http://reports.eea.europa.eu/EMEP\\_CORINAIR4/en/B710vs6.0.pdf](http://reports.eea.europa.eu/EMEP_CORINAIR4/en/B710vs6.0.pdf) - dzień odczytu: 22.04.2012)
3. Mazur M., Oleniacz R., Bogacki M.: Obliczanie emisji par węglowodorów z przemysłu rafineryjnego. Inżynieria Środowiska, tom 1, Wydawnictwa AGH, 1996
4. CONCAWE: Hydrocarbon Emissions From Gasoline Storage and Distribution Systems. Report No 54/85, Den Haag 1986
5. Zieńko J.: Oceny oddziaływania na środowisko terminali i stacji paliw – problemy oszacowania emisji zanieczyszczeń. Biuletyn Komisji ds. Ocen Oddziaływania na Środowisko nr 12, 1993
6. Zieńko J.: Zjawiska występujące podczas procesów manipulacji paliwami ropopochodnymi. Ekologia i Technika nr 2 (14) 1995
7. Sygnity. S.A. Efekty Realizacji Projektu nr WKP\_1/1.4.1/1/2006/102/102/657 Prototyp systemu wsparcia sprzedaży PetroStation.CL (<http://www.ppt2txt.com/r/29e3c5aa/>- dzień odczytu: 22.04.2012)
8. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 26 stycznia 2010 r. w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu, Dz. U. 2010 nr 16 poz. 87 z dnia 3.02.2010 r.
9. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 3 marca 2008 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu, Dz. U. 2008 nr 47 poz. 281 z dnia 19.03.2008 r.