

# Wyniki monitoringu jakości powietrza w warunkach porannego i popołudniowego szczytu komunikacyjnego dla obszaru miasta Bielsko-Biała

Krzysztof Brzozowski, Andrzej Maczyński, Artur Ryguła

Jednym z najważniejszych kierunków działań związanych z transportem drogowym, szczególnie miejskim, jest poszukiwanie rozwiązań technicznych i organizacyjnych minimalizujących obciążenie środowiska powodowane ruchem pojazdów. Istotne jest tu między innymi ograniczenie zanieczyszczenia powietrza. Rozwój technologii ITS stwarza w tym zakresie nowe, szerokie możliwości. W artykule zaprezentowano wyniki pierwszego etapu realizacji koncepcji rozbudowy nieinwazyjnego systemu monitoringu ruchu drogowego OnDynamic o moduł oceny jakości powietrza. Etap ten obejmował mobilny monitoring jakości powietrza w warunkach szczytów komunikacyjnych. Badania przeprowadzono w Bielsku-Białej, a ich wyniki będą wykorzystane w dalszych pracach mających na celu ustalenie lokalizacji dla stacji systemu OnDynamic rozszerzonego o moduł oceny jakości powietrza.

**Słowa kluczowe:** zanieczyszczenie powietrza, ITS, monitoring

## Wstęp

Zanieczyszczenie powietrza wywołane transportem drogowym jest jednym z najistotniejszych negatywnych czynników wpływających na jakość życia mieszkańców współczesnych miast. W związku z tym władze lokalne poszukują skutecznych metod organizacji i zarządzania ruchem oraz infrastrukturą drogową, których celem jest minimalizacja tego niekorzystnego zjawiska. Doskonałym narzędziem do tych działań są systemy ITS. Systemy te mogą być rozbudowywane o różne, nowe funkcjonalności, w tym związane z pomiarem jakości powietrza. Co istotne, dostarczają informacje w czasie rzeczywistym, dzięki czemu mogą być wykorzystywane zarówno do przeprowadzania analiz i obliczeń prognostycznych, ale także do bieżącego sterownia ruchem ulicznym. Autorzy artykułu opracowali koncepcję rozbudowy, funkcjonującego między innymi w Bielsku-Białej, nieinwazyjnego systemu monitoringu ruchu drogowego OnDynamic o moduł oceny jakości powietrza. Moduł ten bazuje na czujnikach niskokosztowych. Obecnie trwają prace wdrożeniowe. Jednym z pierwszych etapów tych prac było przeprowadzenie mobilnego

monitoringu jakości powietrza w warunkach szczytów komunikacyjnych w Bielsku-Białej.

W dalszej części artykułu zaprezentowane zostaną:

- budowa i funkcjonalności nieinwazyjnego systemu monitoringu ruchu drogowego OnDynamic,
- skrócona koncepcja rozbudowy systemu o moduł oceny jakości powietrza,
- charakterystyka układu komunikacyjnego miasta Bielsko-Biała oraz rozmieszczenie istniejących stacji pomiarowych systemu OnDynamic,
- omówienie realizacji mobilnego monitoringu stężeń zanieczyszczeń powietrza przeprowadzonego w warunkach porannego i popołudniowego szczytu komunikacyjnego w Bielsku-Białej,
- wyniki mobilnego monitoringu stężeń zanieczyszczeń.

## 1. Charakterystyka systemu OnDynamic

Trudno wyobrazić sobie współczesne zarządzanie i sterownię ruchem drogowym w miastach bez systemów jego monitorowania. W wielu przypadkach systemy te bazują na klasycznych pętach indukcyjnych bądź technikach video. Pierwsze rozwiązanie wymaga ingerencji w nawierzchnię jezdni, drugie jest zawodne w warunkach ograniczonej widzialności. Istotne są także dość znaczne koszty takich instalacji. Stąd poszukuje się systemów niekonwencjonalnych, o mniejszej ingerencji w infrastrukturę drogową i niskich kosztach. Niektóre z nich wykorzystują społecznościowe aplikacje nawigacyjne, inne opierają się na wykorzystaniu urządzeń instalowanych we współczesnych pojazdach. Mogą to być np. czujniki ciśnienia powietrza w oponach lub urządzenia Bluetooth.

Jednym z systemów bazujących na technologii Bluetooth jest system OnDynamic oferowany przez firmę APM Pro [10]. W jego skład wchodzi różnorodny zestaw czujników i specjalistyczne oprogramowanie umożliwiające zbieranie i przetwarzanie dużej liczby rozproszonych danych dotyczących ruchu drogowego. Istota systemu polega na wykrywaniu wszystkich aktywnych

urządzeń Bluetooth znajdujących się wewnątrz pojazdów (zestawy słuchawkowe, telefony komórkowe, zestawy głośnomówiące). System detekcji rozpoznaje adres sieciowy MAC, który jest unikatowy i pozwala jednoznacznie zidentyfikować dane urządzenie. Oczywiście istnieje algorytm filtrujący, pozwalający na wyeliminowanie dublujących się w pojeździe urządzeń Bluetooth lub należących np. do pieszych. W efekcie możliwe jest odtworzenie trasy i czasu przejazdu pojazdu zawierającego wykrywalny moduł komunikacyjny Bluetooth i dostarczanie użytkownikowi danych w czasie rzeczywistym w zakresie:

- czasu przejazdu,
- średniej prędkości,
- natężenia ruchu,
- aktualnych utrudnień w ruchu.

Ponieważ nie każdy pojazd poruszający się w zasięgu systemu posiada aktywne urządzenie Bluetooth, system wymaga okresowej kalibracji za pomocą tradycyjnych urządzeń pomiarowych takich jak: pętle indukcyjne, kamery ANPR, czujniki radarowe. W zależności od obszaru objętego działaniem skuteczność detekcji pojazdów wynosi obecnie od 10 do 35% [4]. Ideę działania systemu przedstawia rysunek 1. Można w niej wyodrębnić trzy podstawowe poziomy:

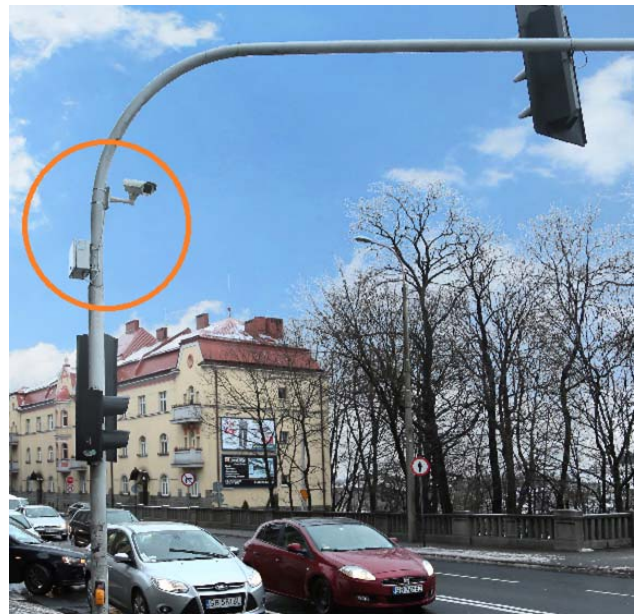
- akwizycji danych,
- przetwarzania informacji,
- wizualizacji wyników.



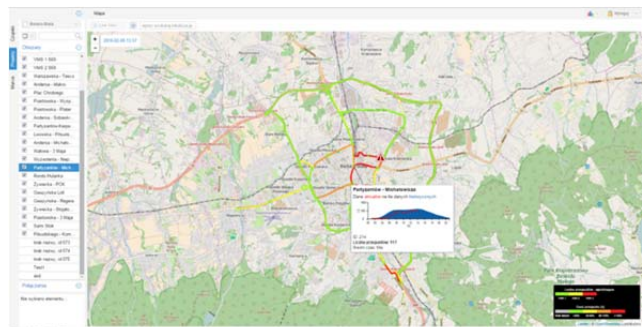
**Rys. 1.** Schemat ideowy systemu OnDynamic

Stacje pomiarowe, odpowiadające za akwizycję danych, tworzące system OnDynamic w wersji podstawowej składają się z detektora urządzeń Bluetooth, bezprzewodowego modemu 3G, modułu GPS oraz baterii zamkniętych we wspólnej obudowie umieszczonej na konstrukcji wsporczej np. na maszcie sygnalizacji świetlnej – rysunek 2. Przesyłają one do centralnego systemu bazodanowego dane na temat wykrytych obiektów oraz ich aktualnej geolokalizacji.

Przetwarzanie informacji realizowane jest przez system na poziomie serwerów centralnych. W pierwszym kroku zgromadzone dane są grupowane z uwzględnieniem lokalizacji (GPS) stacji pomiarowych i ich przynależności do zadanych przez użytkownika obszarów pomiarowych. Informacje ze wszystkich stacji zostają wykorzystane do obliczenia czasów przejazdów, natężenia ruchu oraz innych parametrów.



**Rys. 2.** Stacja pomiarowa systemu OnDynamic z dodatkowym urządzeniem referencyjnym



**Rys. 3.** Interfejs wizualizacyjny systemu OnDynamic - prezentacja danych na podkładzie mapowym

Wizualizacja danych realizowana jest w formie platformy internetowej dostępnej z poziomu urządzeń stacjonarnych oraz mobilnych. Obejmuje dwa zasadnicze rodzaje prezentacji danych: prezentację na podkładzie mapowym oraz w postaci wykresów. Prezentacja danych na podkładzie mapowym umożliwia wizualizację chwilowych parametrów ruchu na wybranych odcinkach dróg (rysunek 3). Istotną rolę w ocenie warunków ruchu ogrywają mechanizmy porównawcze aktualnych parametrów z danymi historycznymi. Na tej podstawie, w systemie OnDynamic generowanie są między innymi informacje o zmianach poziomu swobody ruchu oraz realizowane jest wykrywanie utrudnień i zdarzeń drogowych.

Istotną cechą systemu OnDynamic jest jego otwartość, czyli możliwość rozbudowy o nowe czujniki, a zatem także nowe funkcjonalności. System OnDynamic jest ponadto:

- elastyczny,
- łatwy w instalacji,
- tani w utrzymaniu,
- efektywny ekonomicznie,
- prosty do dalszej rozbudowy obszarowej.

## 2. Koncepcja rozbudowy systemu o moduł oceny jakości powietrza

W wyniku dyskusji autorów artykułu z przedstawicielami firmy APM Pro, pojawiła się w 2015 roku koncepcja rozbudowy systemu OnDynamic o moduł oceny jakości powietrza. Ta nowa funkcjonalność systemu powinna przede wszystkim umożliwić władzom lokalnym bieżące zarządzanie organizacją ruchu drogowego w mieście przy uwzględnieniu aktualnego i prognozowanego stężenia zanieczyszczeń powietrza pochodzenia komunikacyjnego [5]. Mogłaby być także źródłem informacji dla wszystkich mieszkańców. Aby właściwie spełniała ona postawione przed nią zadania powinna między innymi [7]:

- zapewniać powszechny dostęp do danych o stanie jakości powietrza w czasie rzeczywistym (Internet, serwisy GSM),
- być wyposażona w odpowiednie narzędzia wizualizacyjne przeznaczone dla różnych mediów umożliwiające prezentację wyników, zarówno dla użytkowników systemu, jak i mieszkańców miasta,
- wspomagać krótkookresowe działania i strategie zarządzania transportem mające na celu ograniczenia poziomu stężeń zanieczyszczeń,
- przeprowadzać ocenę stanu aktualnego i udostępniać możliwość oceny i analizy zmian czasowo-przestrzennych dla danych archiwizowanych w systemie,
- prognozować krótkookresowe zmiany jakości powietrza i je upubliczniać.



Rys. 4. Prototyp dodatkowego wyposażenia stacji pomiarowej

Przyjęto, że nowy moduł powinien opierać na coraz powszechniej dostępnych i stosowanych w praktyce czujnikach niskokosztowych. Będą one instalowane w wybranych stacjach pomiarowych systemu OnDynamic. Wybór tych stacji musi poprzedzać przeprowadzenie wcześniejszych badań i analiz. Przykład badań dla miasta Bielsko-Biała zostanie omówiony w rozdziale 4, a analizy i ich wyniki w rozdziale 5. Założono, że stosowane będą czujniki stężeń tlenków węgla (ze względu na niskie naturalne tło i chemiczną obojętność w atmosferze CO) oraz cząstek stałych PM (powstałych nie tylko w wyniku spalania, ale również w wyniku ścierania opon, nawierzchni jezdni i elementów ciernych układów hamulcowych pojazdów). Uzyskanie pełnej funkcjonalności modułu wymagać będzie także zainstalowania dodatkowych stacji meteorologicznych w obszarze objętym systemem. Pozwoli to na prognozowanie rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń. Aktualnie testowany prototyp modułu wyposażony w oba wspomniane wyżej czujniki

przeznaczony do instalacji w wybranych stacjach pomiarowych systemu OnDynamic przedstawia rysunek 4.

## 3. Układ komunikacyjny miasta Bielsko-Biała oraz rozmieszczenie stacji pomiarowych systemu OnDynamic

Stacje pomiarowe systemu OnDynamic zainstalowane są dotychczas między innymi w Krakowie, Szczyrku oraz Bielsku-Białej. Zdecydowano, że prace wdrożeniowe nowego modułu przeprowadzone zostaną w Bielsku-Białej, między innymi z uwagi na fakt objęcia systemem OnDynamic praktycznie całego centrum miasta.

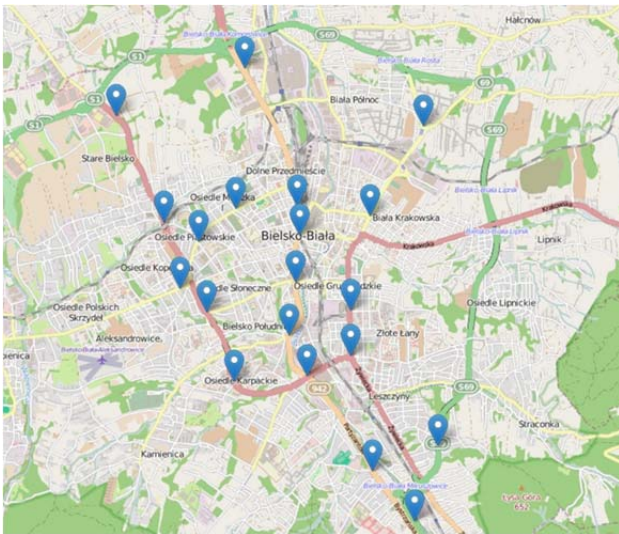
Jak wykazują pomiary monitoringu prowadzonego przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska [9], Bielsko-Biała należy do tych europejskich miast, które mają największe kłopoty z zanieczyszczeniem powietrza. Sytuacja ta sprawia, że władze lokalne są zainteresowane poszukiwaniem różnych narzędzi pozwalających na polepszenie jakości powietrza w mieście. Bielsko-Biała położone jest na południu Polski, na Pogórzu Śląskim, u podnóża Beskidów. Jego powierzchnia wynosi 125 km<sup>2</sup>. Rozłożone jest na kilkunastu wzgórzach – centrum położone jest na wysokości 310 m n.p.m., najniższej położone terenu to Stawy Komorowickie – 262 m n.p.m., najwyższej – szczyt Klimczoka – 1117 m n.p.m. [8]. To właśnie takie ukształtowanie terenu powoduje, że w bezwietrzne dni znacznie pogarsza się stan powietrza atmosferycznego, w szczególności w niższej położonym centrum. Miasto leży na skrzyżowaniu międzynarodowych kanałów transportowych – krzyżują się tu europejskie drogi: E75 biegnąca z Norwegii do Grecji oraz E462 łącząca wschodnie Czechy z południową Polską. Stanowi ważny węzeł drogowy, przez który przebiegają:

- droga krajowa nr 1 (Gdańsk – Zwardoń), częściowo na odcinku Bielsko-Biała – Zwardoń jako droga ekspresowa S1,
- droga krajowa nr 52 (Cieszyn – Kraków), na odcinku Bielsko-Biała – Cieszyn jako droga ekspresowa S52
- droga wojewódzka nr 942 (Bielsko-Biała – Wisła).

Do podstawowych połączeń drogowych w obrębie miasta należą:

- fragment ul. Warszawskiej oraz Bohaterów Monte Cassino – ruch tranzytowy: Katowice – Cieszyn,
- ul. Niepodległości, Wyzwolenia, Lwowska, Krakowska – ruch w kierunku Krakowa,
- ul. Żywiecka – ruch w kierunku Żywca,
- ul. Warszawska, 3 Maja, Zamkowa, Partyzantów, Bystrańska – ruch w kierunku Szczyrku.

Obecnie system monitoringu parametrów ruchu drogowego OnDynamic zainstalowany w Bielsku-Białej obejmuje 20 stacji pomiarowych zlokalizowanych na głównych ciągach podstawowego układu komunikacyjnego miasta. Lokalizację poszczególnych stacji pomiarowych systemu OnDynamic oraz sieć drogową na terenie miasta zaprezentowano na rysunku 5.



**Rys. 5.** Sieć drogowa na terenie Bielska-Białej z rozmieszczeniem stacji pomiarowych systemu OnDynamic

#### 4. Realizacja mobilnego monitoringu stężeń zanieczyszczeń powietrza w Bielsku-Białej

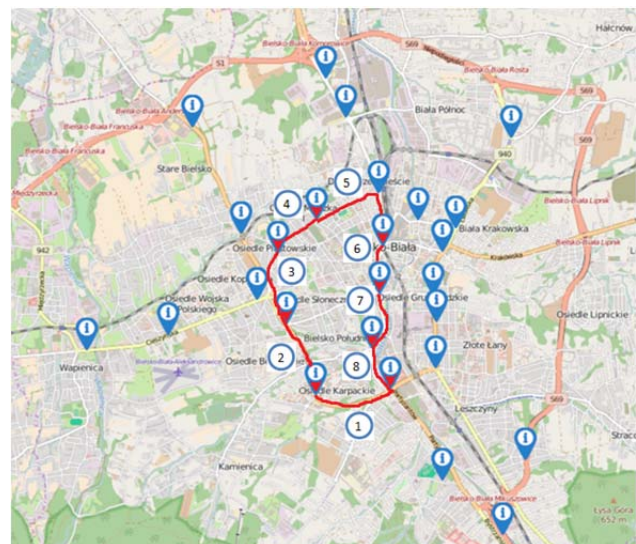
Jak stwierdzono wcześniej, przy rozbudowie systemu OnDynamic założono, że dodatkowe czujniki związane z oceną jakości powietrza, będą umieszczone w wybranych stacjach pomiarowych. Właściwy wybór tych stacji jest niezwykle istotny dla poprawności funkcjonowania nowego modułu. Dlatego też wybór ten musi zostać poprzedzony stosownymi badaniami oraz analizami.

Badania stężeń zanieczyszczeń powietrza przeprowadzono przy użyciu mobilnej stacji jakości powietrza AEROQUAL AQM 10 – rysunek 6. Stacja umożliwia pomiar między innymi stężeń ozonu (zakres pomiarowy 0-0,5 ppm, rozdzielczość 0,002 ppm), tlenku węgla (zakres pomiarowy 0-25 ppm, rozdzielczość 0,2 ppm) i tlenków azotu (zakres pomiarowy 0-0,5 ppm, rozdzielczość 0,005 ppm) z rozdzielczością czasową 30 s. Wyposażona jest w moduł GPS pozwalający na zlokalizowanie aktualnej pozycji stacji.

Istotnym etapem w przygotowaniu badań było wyznaczenie trasy przejazdów oraz pory dnia, w której będą one realizowane. Zdecydowano, że przejazdy będą odbywać się po pętli: Al. Andrzeja, ul. Piastowska, ul. 3-go Maja i ul. Partyzantów. Trasa ta (rysunek 7) stanowi obrys obszaru charakteryzującego się ścisłą zabudową i rozbudowanym układem drogowym obsługującym poszczególne osiedla. Wzdłuż trasy zlokalizowanych jest 8 stacji pomiarowych systemu OnDynamic. Usytuowanie stacji posłużyło do wyznaczenia podziału układu drogowego wzdłuż trasy przejazdu na 8 wirtualnych odcinków pomiarowych.

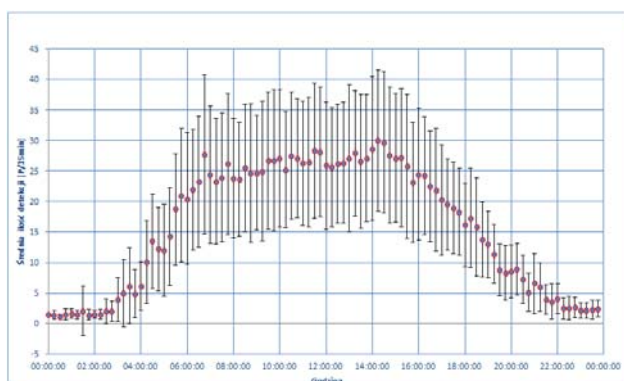


**Rys. 6.** Wnętrze mobilnej stacji jakości powietrza AEROQUAL



**Rys. 7.** Trasa przejazdów monitoringu mobilnego

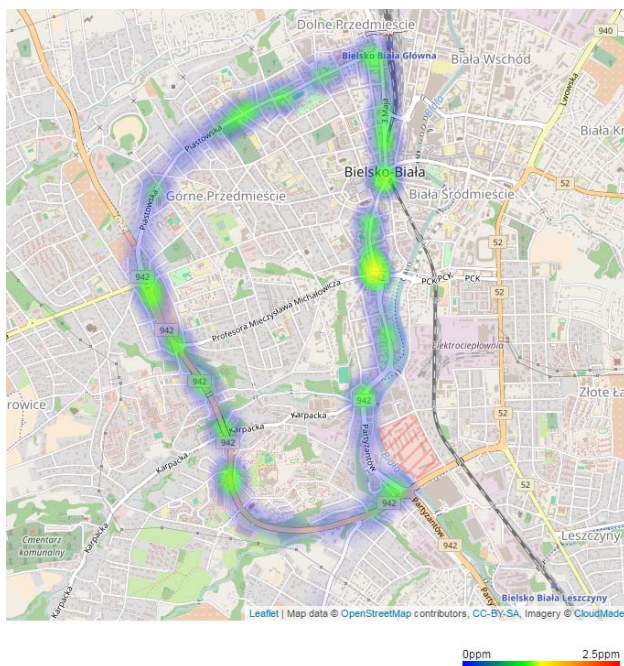
Dzień i godziny przejazdów wybrano tak, aby były one realizowane w dni robocze podczas szczytów komunikacyjnych, porannego i popołudniowego. Jako dzień pomiarowy, zgodnie z wytycznymi do przeprowadzania pomiarów ruchu drogowego [11], wybrano czwartek. Godziny szczytów wyznaczono na podstawie analizy danych o natężeniu ruchu zarejestrowanych przez system OnDynamic w okresie od 03.03.2016 do 07.04.2016 – rysunek 8. Wyniki przeprowadzonych analiz wykazały wzmożone natężenie ruchu od godziny 6:30 do godziny 17:00 z wyraźnym szczytem w okresie od 14:30 do 15:30.



**Rys. 8.** Wykres średniej liczby detekcji w kolejne czwartki w okresie od 03.03.2016 do 07.04.2016

Na podstawie przeprowadzonej analizy mobilny monitoring stężeń zanieczyszczeń przeprowadzono w godzinach przejętego porannego szczytu komunikacyjnego (okres od 6:30 do 8:30) oraz szczytu popołudniowego (okres od 14:00 do 16:00).

Przejazdy po wyznaczonej trasie realizowano wielokrotnie w wyznaczonych okresach czasu. Przykład chwilowych stężeń tlenu węgla i tlenków azotu zarejestrowanych w ramach pojedynczego przejazdu przedstawiono odpowiednio na rysunku 9 oraz na rysunku 10.



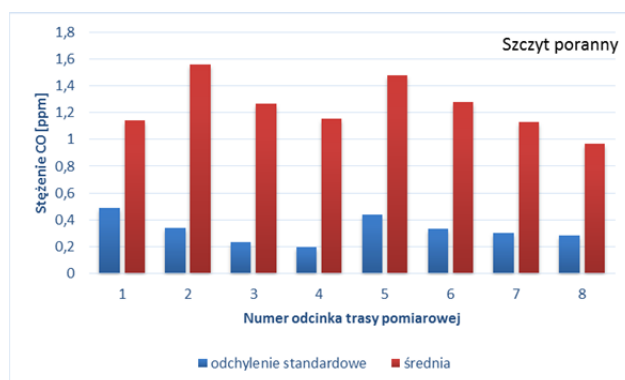
**Rys. 9.** Stężenie tlenków azotu zarejestrowane w trakcie pojedynczego przejazdu



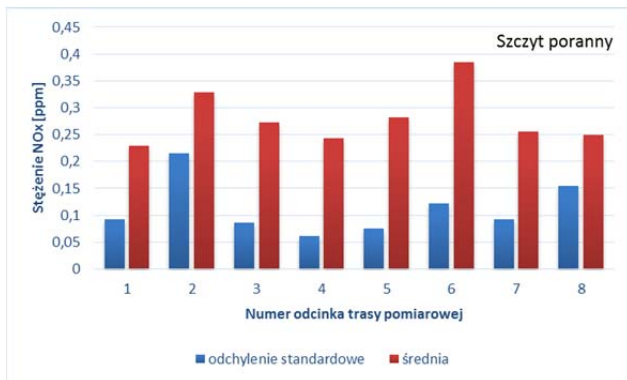
**Rys. 10.** Stężenie tlenu węgla zarejestrowane w trakcie pojedynczego przejazdu

## 5. Analiza wyników mobilnego monitoringu

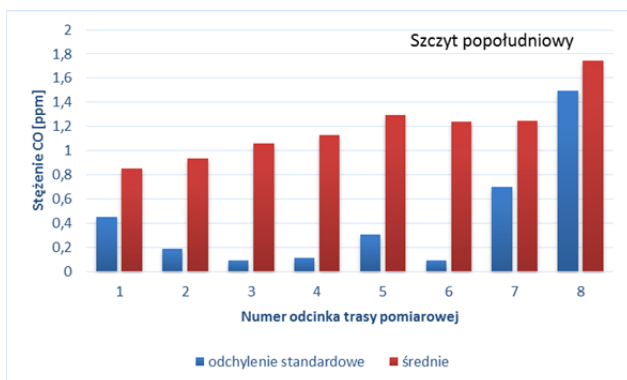
Przeprowadzone badania wskazują na istotną zmienność jakości powietrza wzdłuż dróg objętych mobilnym monitoringiem. Zestawienie wartości średnich stężeń zarejestrowanych na poszczególnych odcinkach trasy pomiarowej dla rejestrowanych zanieczyszczeń pierwotnych (spośród rejestrowanych zanieczyszczeń ozon jest zanieczyszczeniem wyłącznie wtórnym) przedstawiono na rysunkach 11 oraz 12 w przypadku porannego szczytu komunikacyjnego oraz 13 i 14 dla szczytu popołudniowego.



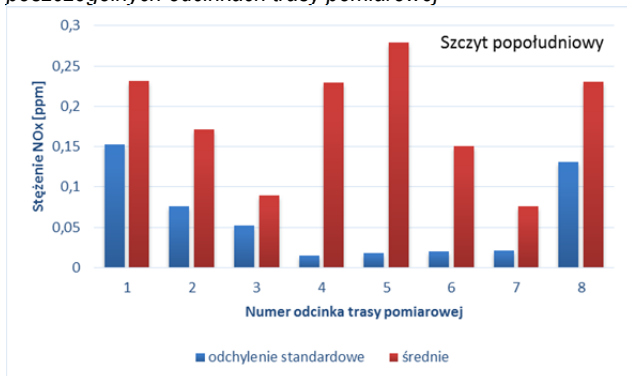
**Rys. 11.** Średnie stężenie tlenu węgla zarejestrowane w trakcie porannego szczytu komunikacyjnego na poszczególnych odcinkach trasy pomiarowej



**Rys. 12.** Średnie stężenie tlenków azotu zarejestrowane w trakcie porannego szczytu komunikacyjnego na poszczególnych odcinkach trasy pomiarowej



**Rys. 13.** Średnie stężenie tlenku węgla zarejestrowane w trakcie popołudniowego szczytu komunikacyjnego na poszczególnych odcinkach trasy pomiarowej



**Rys. 14.** Średnie stężenie tlenków azotu zarejestrowane w trakcie popołudniowego szczytu komunikacyjnego na poszczególnych odcinkach trasy pomiarowej

Analizując wyniki mobilnego monitoringu w zakresie średnich poziomów stężeń zanieczyszczeń można skonstatować, że wyniki badań nie umożliwiają bezpośredniego wskazania odcinków, dla których można spodziewać się podwyższonego ryzyka przekroczeń dopuszczalnych poziomów stężeń. Przykładowo, analiza wyników dla warunków szczytu porannego wskazuje na odcinek 2 jako ten, na którym odnotowano najwyższe średnie stężenie tlenku węgla i drugi w kolejności w odniesieniu do poziomu zarejestrowanego stężenia tlenków azotu. Z kolei analiza wyników uzyskanych dla szczytu popołudniowego wskazuje na odcinek 5. Tym samym

zestawienie średnich wartości stężeń zarejestrowanych na poszczególnych odcinkach trasy pomiarowej jest niewystarczające do zaplanowania rozmieszczenia stacji pomiarowych jakości powietrza. Odnosząc się w następnej kolejności do możliwości występowania wysokich chwilowych stężeń, przydatna jest analiza wartości średnich w połączeniu z rejestrowaną zmiennością stężeń chwilowych na monitorowanych odcinkach, kwantyfikowaną poprzez wartość odchylenia standardowego. Łatwo wówczas zauważyć, że w kilku przypadkach wartość obliczonego odchylenia standardowego wynosi ponad 50% wartości średniej z rejestrowanych stężeń. Oznacza to dużą zmienność jakości powietrza zarówno w czasie jak i na długości danego odcinka pomiarowego. W szczególności sytuacja taka zachodzi wyraźnie w przypadku odcinka 1 oraz 8 w warunkach szczytu popołudniowego.

Ponieważ wysokie stężenia zanieczyszczeń powietrza mogą wystąpić w dowolnym punkcie sieci, przy jednoczesnym braku wyraźnej korelacji pomiędzy chwilowym stężeniem obu rodzajów zanieczyszczenia a parametrami strumienia ruchu, realizacja zadania obejmującego wytypowanie lokalizacji stacji bazowych do stacjonarnego monitoringu jakości powietrza wciąż pozostaje zagadnieniem otwartym. Należy przy tym pamiętać, że poziom stężeń danego zanieczyszczenia jest wynikiem wzajemnego oddziaływania szeregu czynników, w tym także tych wpływających na początkowe warunki rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń, wśród których znaczenie ma zarówno charakter zabudowy otoczenia jak i dynamika ruchu potoku pojazdów determinująca proces turbulentnego wyrównywania stężeń [1].

Z punktu widzenia wymagań wobec implementacji nowej funkcjonalności, w tym przede wszystkim pozyskiwania informacji użytecznej w procesie zarządzania ruchem drogowym, dalszy monitoring jakości powietrza powinien być realizowany w pierwszej kolejności w sąsiedztwie tych segmentów układu komunikacyjnego, na których zmiany parametrów strumienia ruchu mają znaczący wpływ na rejestrowane wskaźniki jakości powietrza. Tym samym w kolejnym etapie prac, po rozszerzeniu monitoringu poza godziny szczytu komunikacyjnego, niezbędne będzie przyjęcie odpowiednich miar do oceny tej zależności.

## Wnioski

Przedstawione w pracy rozważania opisują pierwszy etap badań realizowanych w ramach podjętej rozbudowy systemu monitoringu ruchu drogowego OnDynamic o moduł umożliwiający ocenę jakości powietrza. W kolejnym etapie planowane jest przeprowadzenie stacjonarnych badań jakości powietrza, realizowanych w wybranych lokalizacjach. Celem tych badań będzie weryfikacja zakresu zmienności stężeń zanieczyszczeń w odniesieniu do wybranego parametru charakteryzującego ruch potoku pojazdów. Poszerzona analiza zmienności parametrów opisujących jakość powietrza w odniesieniu do zmienności warunków ruchowych umożliwi wskazanie lokalizacji dla stacji systemu wyposażonych w moduł jakości powietrza, a także powinna być przydatna w zadaniu sformułowania ogólnych wytycznych dla modułu monitoringu w zakresie częstotliwości próbkowania i czasów uśredniania rejestrowanych wielkości.

Jednocześnie warto podkreślić, że rozważana jest także rozbudowa systemu OnDynamic o moduł analizy hałasu komunikacyjnego. Także ta opcja bazowałaby na czujnikach niskokosztowych, stanowiących dodatkowe wyposażenie wybranych stacji pomiarowych systemu OnDynamic.

## Bibliografia

1. Brzozowski K., Mikroskalowe modele emisji i dyspersji zanieczyszczeń samochodowych. Wydawnictwo Naukowe Akademii Techniczno-Humanistycznej, Rozprawy Naukowe nr 18, Bielsko-Biała 2006.
2. Bylinko L., Uwarunkowania i perspektywy rozwoju miejskiej infrastruktury transportowej. AUTOBUSY – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe 2013, nr 3.
3. Dyr T., Europejska polityka transportowa na pierwszą połowę XXI wieku. AUTOBUSY – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe 2011, nr 10.
4. Grabara A., Płosa J., Ryguła A.: The evaluation of the efficiency of determining traffic volume using Bluetooth systems. Transport Problems'2015: VII International Scientific Conference, IV International Symposium of young researchers: proceedings. Katowice, 2015.
5. Konior A., Brzozowski K., Maczyński A., Ryguła A.: A concept of extension of the OnDynamic system with module for monitoring road traffic impact on the urban environment, Archives of Transport System Telematics, Vol. 9, Issue 2, 2016.
6. Mysłowski J., Wpływ transportu drogowego na stan zapylenia powietrza atmosferycznego. AUTOBUSY – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe 2013, nr 10.
7. Project SATURN. Studying atmospheric pollution in urban areas. Final Report (ed. Moussiopoulos N.), Thessaloniki, 2003.
8. Raport o stanie miasta Bielska-Białej za rok 2010, Urząd Miejski w Bielsku-Białej, październik 2011 r.
9. Stan środowiska w województwie śląskim w 2014 r. Wojewoda Śląski, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Katowicach, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Katowice 2015, ISSN 1731-9188.
10. System OnDynamic: <http://apm.pl/systemy/ondynamic/> [28.05.2016].
11. Wytyczne projektowania skrzyżowań drogowych, cz. I: Skrzyżowania zwykłe i skanalizowane, GDDP, Warszawa 2001.

## Autorzy:

Dr hab. inż. **Krzysztof Brzozowski**, prof. ATH – Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej.

Dr hab. inż. **Andrzej Maczyński**, prof. ATH – Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej.

Dr inż. **Artur Ryguła** – Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej.

## The results of air quality monitoring in the conditions of the morning and afternoon traffic peak for the area of Bielsko-Biała

*One of the most important directions of activities relating to road transport, particularly in urban areas, is seeking technical and organizational solutions to minimize the environmental impact caused by road traffic. Highly important, among other things, is to reduce air pollution. Development of ITS technology creates in this field new possibilities. The article presents the results of the first phase of the extension of OnDynamic (non-invasive traffic monitoring system) with an air quality assessment module. This stage included a mobile air quality monitoring during transport peaks. The study was conducted in Bielsko-Biała, and their results will be used in further work to determine a location for the OnDynamic station equipped with a module of air quality assessment.*

**Key words:** air pollution, ITS, traffic monitoring.