

# SYSTEM I URZĄDZENIE DO POMIARÓW W RUCHU ZANIECZYSZCZEŃ GAZOWYCH POWIETRZA ATMOSFERYCZNEGO

Ryszard J. KATULSKI<sup>1)</sup>, Jacek NAMIEŚNIK<sup>1)</sup>, Jarosław SADOWSKI<sup>1)</sup>,  
Jacek STEFAŃSKI<sup>1)</sup>, Krystyna SZYMAŃSKA<sup>2)</sup>, Waldemar WARDENCKI<sup>1)</sup>



<sup>1)</sup> Politechnika Gdańska



<sup>2)</sup> Fundacja ARMAAG

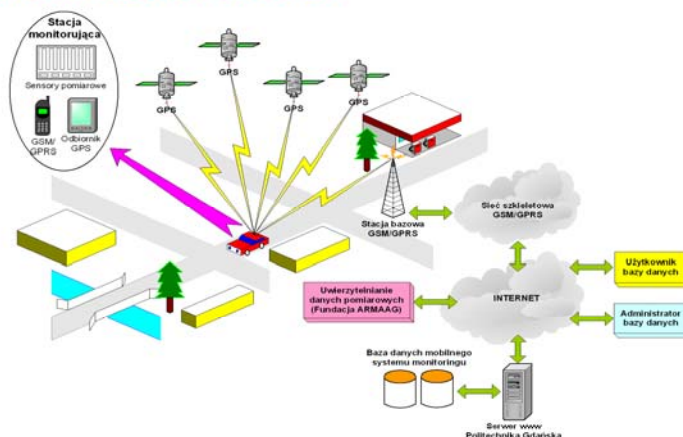
## WPROWADZENIE

Dotychczasowe systemy monitorowania zanieczyszczeń gazowych powietrza atmosferycznego, zarówno automatyczne jak i manualne, dotyczą pomiarów stacjonarnych, czyli związane są ściśle z określonym punktem lub przestrzenią w otoczeniu tego punktu. Natomiast w prezentowanym systemie pomiar zanieczyszczeń odbywa się w strumieniu pojazdów i dotyczy gazowych zanieczyszczeń komunikacyjnych.

W skład systemu wchodzi oryginalne urządzenie do pomiarów w ruchu zanieczyszczeń gazowych powietrza atmosferycznego, dalej zwane ARPOL (akronim pochodzi od słów ARMAAG i POLitechnika Gdańska) i które jest przeznaczone do badania stanu zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego następującymi związkami chemicznymi:  $C_6H_6$ ,  $NO_2$ ,  $NO_x$ , CO oraz  $CO_2$ . Urządzenie może być zainstalowane na dowolnym pojeździe ruchomym, typu autobus lub taksówka, stąd przekazuje do serwera, pełniącego rolę bazy danych, wyniki pomiarów stężeń w/w substancji w powietrzu wraz z informacją o położeniu i prędkości pojazdu, a także temperaturze i wilgotności powietrza w miejscu pomiaru. Transmisja danych pomiędzy urządzeniem a serwerem odbywa się przy wykorzystaniu modemu radiowego pracującego w systemie GSM/GPRS.

## MOBILNY SYSTEM MONITORINGU

Schematyczny opis działania mobilnego systemu monitoringu (MSM) przedstawiono na rys. 1. System ten składa się z ARPOL-u, umieszczanego na pojeździe oraz serwera WWW, na którym została zorganizowana baza danych do gromadzenia i obróbki danych pomiarowych. Pomierzone przez ARPOL wartości stężeń związków chemicznych zostają przesyłane drogą radiową, poprzez infrastrukturę sieci komórkowej GSM/GPRS oraz sieć Internet, do serwera WWW zlokalizowanego w dowolnym miejscu, np. w Politechnice Gdańskiej. Tam zostają przetworzone i podlegają weryfikacji pod kątem ich wiarygodności. Następnie są sortowane według daty pomiaru i na zapotrzebowanie wyświetlane na monitorze uprawnionego użytkownika, za pomocą zwykłej przeglądarki stron WWW.



Rys. 1. Schemat działania mobilnego systemu monitoringu do badania i analizy zanieczyszczeń gazowych powietrza atmosferycznego wzdłuż ciągów komunikacyjnych

## BUDOWA ARPOL-u



Rys. 2. Widok ARPOL-u w obudowie

Konstrukcja ARPOL-u opiera się na czujnikach półprzewodnikowych (grubowarstwowych) najnowszej generacji, wykonanych z nanostruktur o uziarnieniu od 30 do 50 nm. Czujniki są utrzymywane w temperaturze od 200 °C do 400 °C. Elektryczna odpowiedź czujnika jest proporcjonalna do stężenia określonego gazu w badanym powietrzu. Wysoką czułość i dużą dokładność pomiarów zapewnia zastosowanie specjalistycznych układów elektronicznych.

Do konstrukcji ARPOL-u zastosowano mikrokontroler z wbudowanymi przetwornikami analogowo-cyfrowymi, z serii AtMega. Układ mikrokontrolera został uzupełniony płytką modemu GSM/GPRS oraz odbiornikiem sygnałów GPS, a także układem interfejsu szeregowego RS232 i wymaganymi pomocniczymi obwodami zasilania. Na płycie głównej przewidziano także złącze do podłączenia płytki z ewentualnymi dodatkowymi czujnikami (nie przewidzianymi w pierwotnym projekcie), oraz układy transoptorów i elementów wykonawczych pozwalających na podłączenie sygnałów sterujących w przypadku potrzeby rozbudowy urządzenia.

# SYSTEM I URZĄDZENIE DO POMIARÓW W RUCHU ZANIECZYSZCZEŃ GAZOWYCH POWIETRZA ATMOSFERYCZNEGO

Ryszard J. KATULSKI<sup>1)</sup>, Jacek NAMIEŚNIK<sup>1)</sup>, Jarosław SADOWSKI<sup>1)</sup>, Jacek STEFAŃSKI<sup>1)</sup>, Krystyna SZYMAŃSKA<sup>2)</sup>, Waldemar WARDENCKI<sup>1)</sup>



<sup>1)</sup>Politechnika Gdańska



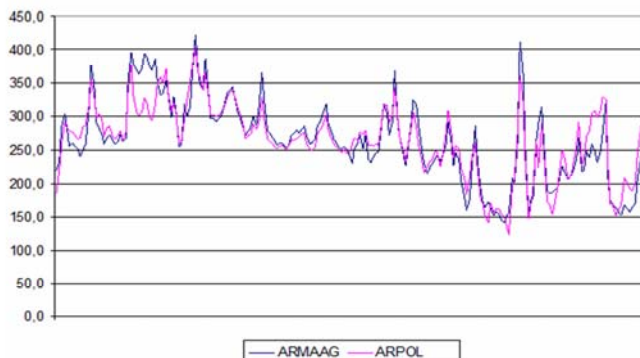
<sup>2)</sup>Fundacja ARMAAG

## TESTY FUNKCJONALNE

Po zbudowaniu ARPOL-u w pierwszej kolejności zostały przeprowadzone badania ekwiwalentności zastosowanej metody pomiarowej z wynikami referencyjnych analizatorów pochodzących ze stacji automatycznego monitoringu, będących częścią sieci Fundacji ARMAAG.

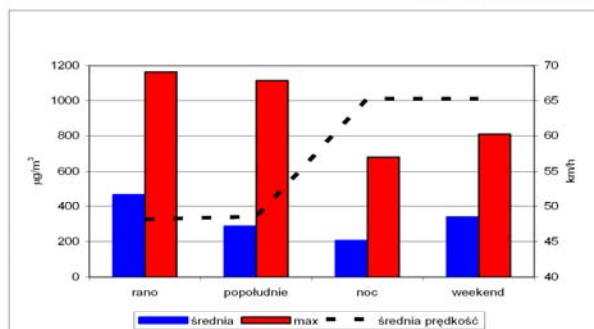
Analiza wyników pomiarów wykonanych przez ARPOL w czasie kilkunastu dni testowych z wynikami odniesienia, pochodzącymi z urządzeń Fundacji ARMAAG pozwoliło na ustalenie postaci zależności skalujących dla zastosowanych czujników pomiarowych.

Po wprowadzeniu współczynników korekcyjnych dopasowanie otrzymanych wyników pomiarowych za pomocą ARPOL-u do wyników ze stacji referencyjnych można uznać za zadowalające (błąd średni na poziomie zera). Przykładowe porównanie przebiegów stężeń tlenu węgla po korekcie dla serii pomiarowych ARPOL-u i analizatora referencyjnego sieci Fundacji ARMAAG przedstawia rys. 3.



Rys. 3. Porównanie stężeń tlenu węgla [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] po wprowadzeniu równania korekcyjnego.

## ZGROMADZENIE DANYCH POMIAROWYCH WZDŁUŻ WYBRANYCH TRAS KOMUNIKACYJNYCH



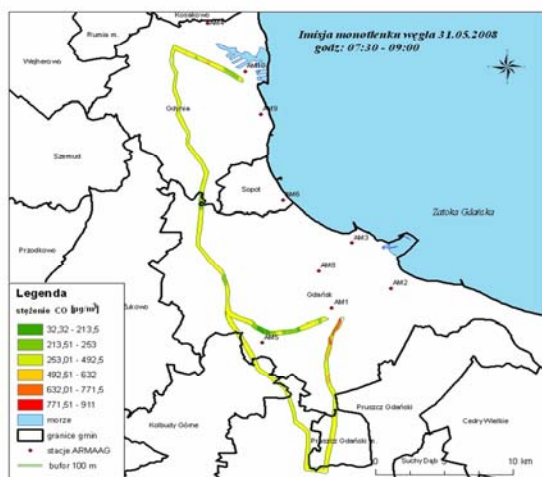
Rys. 4. Stężenia tlenu węgla w zależności od pory dnia i tygodnia oraz prędkości poruszania się pojazdu wzdłuż wybranego odcinka Obwodnicy Trójmiasta.

Badanie emisji substancji emitowanych z pojazdów poruszających się wzdłuż wyznaczonych tras wykonane zostało przy zastosowaniu stacji monitorującej ARPOL zamontowanej na dachu samochodu osobowego. Program przeprowadzonych badań obejmował:

- pomiary stężeń: tlenu węgla, tlenków azotu, ditlenku azotu, benzenu oraz ditlenku węgla;
- pozycjonowanie samochodu przy użyciu systemu GPS,
- pomiar prędkości samochodu,
- pomiar temperatury i wilgotności zewnętrznej.

Pomiary zostały przeprowadzone na wybranym odcinku Obwodnicy Trójmiasta oraz drogi krajowej i autostrady A1 na odcinku pomiędzy Gdańskiem a Tczewem. Przykładowe wartości stężenia tlenu węgla w zależności od pory dnia i tygodnia oraz prędkości poruszania się pojazdu na wybranym odcinku Obwodnicy Trójmiasta przedstawiono na rys. 4.

## WIZUALIZACJA PRZESTRZENNA WYNIKÓW POMIAROWYCH



Rys. 5. Przykładowa Imisja tlenu węgla wzdłuż Obwodnicy Trójmiasta.

Pomiary zanieczyszczeń najczęściej wykonywane są w sposób stacjonarny w wybranych punktach miast reprezentatywnych dla większego obszaru, część stacji to stacje tła (wśród zabudowy oddalone nieznacznie od większych arterii komunikacyjnych), a część to stacje komunikacyjne w pobliżu arterii komunikacyjnych. Na podstawie kilku stacji trudno jest określić wartości stężeń dla całego obszaru miasta. Opracowany system wykonujący pomiary emisji w ruchu pozwala zbadać imisję w dowolnych miejscach wzdłuż arterii komunikacyjnych. Wyniki analiz zostały zaprezentowane przy pomocy oprogramowania typu GIS (*Geographic Information Systems*).

Do kolejnych analiz zgromadzonych danych pomiarowych została wykorzystana interpolacja przestrzenna, jako jedna z ważniejszych metod obliczeniowych w systemach geoinformacyjnych. Do opracowania danych pomiarowych wybrano metodę odwrotnych odległości IDW (*Inverse Distance Weighting*). W przypadku tego podejścia wartość zmiennej w punkcie interpolacji jest wyznaczana jako średnia wagowa z wartości otaczających punktów pomiarowych. Obliczając średnią wagową zakłada się, że wartość wagi jest odwrotnie proporcjonalna do odległości między punktem interpolowanym a punktem o danej wartości.

Mając na uwadze wyżej opisany sposób wizualizacji przestrzennej zgromadzonych wyników pomiarowych, na rys. 5 przedstawiono przykładowe rozkłady stężeń CO wzdłuż Obwodnicy Trójmiasta.