



**STOWARZYSZENIE**

[www.klir.pl](http://www.klir.pl)

[tborowski@onet.pl](mailto:tborowski@onet.pl)

**KLUB INŻYNIERII RUCHU**

**Biuro Zarządu** - ul. Leśna 40

62-081 Przeźmierowo k/Poznania

skr. poczt. nr 20 - tel./fax 061-814 25 25

# INFORMACJA

NR

**67**

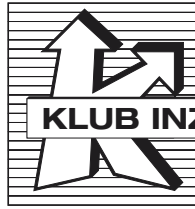
Poznań - Kiekrz • czerwiec 2009



*Opera w Poznaniu.*



*Pl. Mickiewicza „Poznańskie Krzyże”.*



STOWARZYSZENIE

[www.klir.pl](http://www.klir.pl)

[tborowski@onet.pl](mailto:tborowski@onet.pl)

**KLUB INŻYNIERII RUCHU**

**Biuro Zarządu** - ul. Leśna 40

62-081 Przeźmierowo k/Poznań

skr. poczt. nr 20 - tel./fax 061-814 25 25

# INFORMACJA

NR 67

Poznań - Kiekrz • czerwiec 2009





## Poznań

To jedno z najstarszych i największych polskich miast (piąte pod względem ludności, szóste pod względem powierzchni), położone nad rzeką Wartą. Stolica Wielkopolski, województwa wielkopolskiego i archidiecezji poznańskiej. Poznań znajduje się pomiędzy Berlinem a Warszawą i jest ważnym węzłem drogowym i kolejowym w kraju, posiada także międzynarodowy port lotniczy.

Poznań uznawany jest za kolebkę narodzin państwa polskiego. Poznań to dynamiczny ośrodek gospodarczy, akademicki, naukowy i kulturalny. Duży ośrodek przemysłu i usług, miejsce corocznych Międzynarodowych Targów Poznańskich. Według zewnętrznych ocen przeprowadzonych przez agencję ratingową Moody's Investors Service, pod względem wiarygodności dla inwestorów nieznacznie ustępuje znacznie większej Warszawie.

W Poznaniu działa osiem państwowych szkół wyższych (w tym 4 uniwersytety) i siedemnaście uczelni prywatnych, kształcących łącznie blisko 142 tys. studentów. Na 1000 mieszkańców przypada 254 studentów – wśród dużych polskich miast Poznań zajmuje pod tym względem pierwsze miejsce.

Miasto nazywane jest również w przewodnikach turystycznych „muzyczną stolicą Polski” z powodu działających tutaj chórów chłopięcych i męskich, organizowanym co 5 lat konkursom skrzypcowym oraz lutniczym im. Henryka Wieniawskiego, a także dzięki działalności orkiestry kameralnej pod dyktando Agnieszki Duczmal, opery i Polskiego Teatru Tańca.

Miasto jest silnie powiązane komunikacyjnie i ekonomicznie z otaczającymi je gminami powiatu poznańskiego tworzącymi aglomerację poznańską (ze wspólną infrastrukturą np. wodociągami).

## Atrakcje turystyczne Poznania



Na Starym Rynku można znaleźć perłę renesansowej architektury, zabytek klasy zerowej, ratusz. Drugim zabytkiem tej samej klasy jest poznańska fara i pozostałe obiekty dawnego kompleksu jezuickiego. Na wzgórzu nad Starym Rynkiem góruje Zamek Królewski wraz z fragmentem murów obronnych. Innym ważnym miejscem jest Ostrów Tumski będący najstarszą częścią miasta – kolebką polskiej państwowości na którym znajduje się najstarsza w kraju katedra będąca miejscem pochówku pierwszych władców Polski oraz domniemanym miejscem chrztu Polski, pozostałości książęcego palatium z X wieku wraz z odkrytą przez archeologów wiosną 2006 r. rotundą Dąbrówki.

Atrakcji dopełniają liczne kościoły, pałace i zamki a także monumentalne budowle „dzielnicy cesarskiej”, w tym najważniejszy Zamek Cesarski. Dla osób spragnionych obcowania z przyrodą swoje podwoje otwierają dwa ogrody zoologiczne, ogród botaniczny, palmiarnia oraz zabytkowe parki.

Na listę ciekawych obiektów należy również wpisać zabytki architektury przemysłowej, obiekty sportowe oraz stanowiące centrum wystawiennicze naszego kraju Międzynarodowe Targi Poznańskie.

Ciekawym miejscem często odwiedzanym przez turystów jest ulica Półwiejska z dużą ilością restauracji i sklepów przy której znajduje się Stary Browar oficjalnie uznany za najpiękniejsze centrum handlowe na świecie przez międzynarodową fundację ICSC.

W Poznaniu wdrażany jest markowy produkt turystyki kulturowej – Trakt Królewsko-Cesarski wiodący przez miejsca w związane z osobami władców – królów i cesarzy, z którymi związane jest miasto. Trasa Traktu Królewsko-Cesarskiego jest poprowadzona w ten sposób, aby pokazać zmiany w architekturze i rozwoju miasta na przestrzeni wieków.

Przez Poznań przebiegają trasy turystyczne: europejski Szlak Romański, Szlak Piastowski, Trasa Kórnicka oraz Droga św. Jakuba – wielkopolski odcinek szlaku pielgrzymkowego do katedry w Santiago de Compostela w Galicji w północno-zachodniej Hiszpanii. Wokół miasta wytyczono rowerowy „Pierścień Poznański” połączony z centrum siedmioma szlakami dojazdowymi.



/Wikipedia/



## ITS W ZARZĄDZANIU RUCHEM W ZATŁACZANYCH SIĘCIACH TRANSPORTOWYCH

*Referat wygłoszony na Polskim Kongresie ITS w 2008 r.*

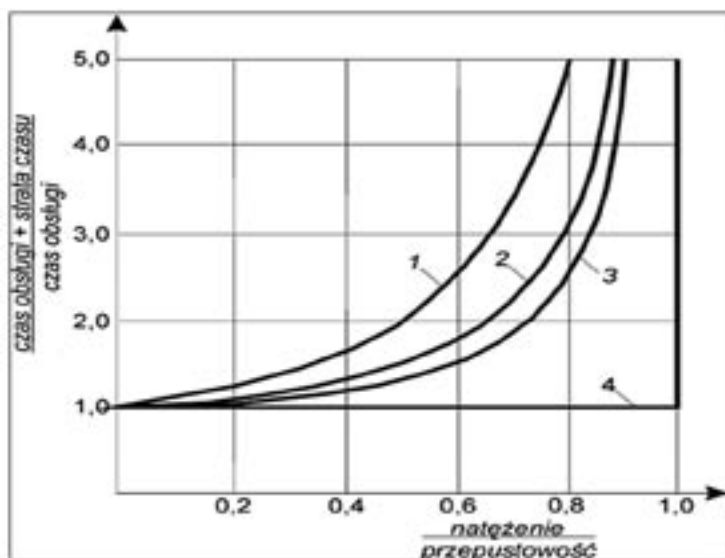
### I. STAN ZATŁOCZENIA – TEZY

Najbardziej ogólną definicją zatłoczenia może być stan, w którym średni czas obsługi zależny od natężenia ruchu wpływa na wybór dróg o dłuższym dystansie. Blunden na podstawie teorii kolejek ilustrował wpływ regulacji na zależność średniego czasu obsługi od natężenia, która w istocie stanowi klasyczną interpretację sensu i przyszłego rozwoju instrumentów ITS w zarządzaniu ruchem w sieci drogowej zatłoczonej (rys. 1, Buckley, Blunden, 1963 [1])

W podobieństwie do formuły Davidsona (1966, [2] minimalizowanego parametru  $j$  oceny jakości warunków ruchu) potraktujmy funkcje 1 do 4 jako ilustrację procesu regulacji ( $f_{\max}$ ) zmierzającego do optymalnego wykorzystania przepustowości zespołu obiektów. W takim zespole charakterystyka strumienia dopływu do poszczególnych obiektów jest pochodną sposobu sterowania w obiektach sąsiednich, w których kontrolowane są poziomy akumulacji i długość kolejek. Jednak w opozycji do formuły Davidsona rozwinięcie logiki ( $f_{\max}$ ) z pojedynczego obiektu do zespołu obiektów wymaga albo wyrażenia odmiennych od natężenia ruchu miar popytu i podaży albo dla podobnych miar wyrażenia odmiennej logiki.

---

<sup>1</sup> Instytut inżynierii Lądowej Politechniki Poznańskiej; st. wykładowca



Rys. 1 Zależność czasu obsługi od regulacji strumienia zgłoszeń wg modelu masowej obsługi. Funkcje: 1 – potok losowy, obsługa stała; 2 – potok losowy, obsługa adaptacyjna; 3 – potok regulowany, obsługa stała; 4 – potok regulowany, obsługa adaptacyjna [1]

Prosta definicja zatłoczenia w istocie zachowuje wdzięk właściwy każdej dobrej teorii objaśniającej – jeżeli więc funkcje na rys. 1 odnieść do sieci jako zespołu obiektów obsługi, to średnia strata czasu w sieci, średni czas obsługi ( $t_s$ ), średnia prędkość przejazdu stanowią powszechnie akceptowane i wystarczająco jednoznaczne miary poziomu zatłoczenia. W podejściu do zespołu obiektów konieczne jest zatem wyrażenie adekwatnych miar popytu i podaży – zważywszy, że w sieci natężenie ruchu (strumień  $x$ ) jest jedynie efektem globalnej struktury popytu i podaży w sieci a przepustowość ( $x_{\max}$ ) w ograniczonym stopniu kształtuje strukturę podaży sieci, zwłaszcza, że także zależna jest od struktury popytu. W dalszym rozwinięciu tego zagadnienia w stosunku do sieci zastosujemy miary pracy transportowej (jako miary popytu  $X$ ) i pojemności komunikacyjnej sieci (jako miary podaży  $X_{\max}$ ).

Na poziom zatłoczenia sieci wpływają wzajemne oddziaływania pięciu atraktorów istotnych z punktu widzenia systemowego ujęcia problemu (rys. 2, autor, [3]). Zastosowanie ujęcia systemowego jest niezbędne m.in. dla skutecznego oddziaływania na poziom zatłoczenia przez zarządzanie ruchem dryfujące



w kierunku funkcji  $f_{\max}$  z oddziaływaniem na obie składowe ilorazu  $x$  (jako efektu popytowego  $X$ ) i  $x_{\max}$  (jako elementu podażowego sieci  $X_{\max}$ ).



Rys. 2 Atraktory stanu zatłoczenia w sieci drogowej [3]

Brak podejścia systemowego i działanie w kategoriach związku przyczynowo – skutkowego (popyt – podaż) poprzez zwiększenie efektu podażowego w strukturze sieci wbrew intencji zmniejszania średniego kosztu prowadzi do wzrostu popytu motoryzacyjnego na jego stabilnym poziomie, co zamyka się spiralą wzajemnych sprzężeń obu tych atraktorów z rosnącym kosztem globalnym (Tolley – Tourton, 1995 [4]). W ujęciu mikro-ekonomicznym maksymalizowana przez użytkowników samochodu różnica korzyści z podróży (B) i jej kosztu (C) wraz z obniżeniem kosztu prowadzi do zaakceptowania korzyści dotąd zaniechanych. W ekonomii mówi się o popycie potencjalnym (gdy obniży się cenę na dany „towar”) w stosunku do efektywnego (występującego przy rzeczywistej cenie rynkowej).

Presja popytu potencjalnego jest tym silniejsza, im iloraz  $x/x_{\max}$  kreowany w znaczącej liczbie elementów sieci na bazie popytu efektywnego pozostaje bliżej asymptoty funkcji ( $f$ ) dla stanu  $x = x_{\max}$  (rys. 1). Rodzi to wątpliwości do konwencjonalnego pojmowania efektywności inwestycji drogowych i każe szukać rozwiązań optymalnych w strukturze korzyści innych jak koszty ruchu

(por. autor, 1999-2005 [5, 6]). Poza tym warto zauważyć, że ekonomiczne pojęcie efektywnego popytu nie jest równoważne efektywnej relacji popytu i podaży w sieci zatłaczanej, z uwagi na brak informacyjnej struktury ceny i cenowej substytucji informacji w decyzjach mikroekonomicznych. Popyt efektywny w sieci zatłaczanej nie jest popytem racjonalnym w kategoriach mikroekonomicznych i normatywnym (w ujęciu Steenbrinca, por. 1983 [7]) w kategoriach makroekonomicznych. Zatem popyt, który byłby efektywny z punktu widzenia dopuszczalnych kryteriów wykorzystania sieci transportowej określać będziemy jako popyt zrównoważony.

Charakter funkcji na rys. 1 wskazuje, że przy stosunkowo wysokich stanach zatłoczenia niewielkie zmiany w popycie (lub podaży) wywierają znaczący wpływ na koszty ruchu, stąd decyzje mikroekonomiczne użytkowników samochodu mają znaczenie podstawowe dla trzech tendencji sieci o wysokich stanach zatłaczania:

- do względnej stabilizacji (Suchorzewski, 1973 [8]) – przy wysokich kosztach w sieci zatłaczanej występujący poziom kosztów w normalnych okolicznościach nie jest przez nią dostatecznie akceptowany),
- do destabilizacji – co wynika z braku możliwości realnej oceny kosztu ruchu przez użytkowników (w sytuacji incydentalnej zmiany w podażowej ofercie sieci i czynnika braku informacji) lub fluktuacji struktury pożądanych korzyści popytu (np. w dniach poprzedzających dni wolne akceptowane mogą być wyższe koszty w imię podwyższonej kwalifikacji korzyści),
- do fluktuacji – ze względu na zmiany oddziałujących na poziom zatłoczenia atraktorów.

Tak więc istotą zatłoczenia jest proces zatłaczania sieci, nigdy bowiem przy odpowiednio rozległej skali sieć nie jest zatłoczona totalnie, tak jak z zasady nie jest zatłoczona tak samo a czasami w ogóle nie jest zatłoczona. Powyższe tendencje mają ważne znaczenie dla zastosowań systemowych ITS, bowiem efektywne zarządzanie ruchem w sieci wiąże się nierozłącznie z problemem zatłaczania, problem zatłaczania zaś wymaga kontrolowania nadwyżek popytu efektywnego nad popytem zrównoważonym jak również popytu potencjalnego nad efektywnym – czego się nie da uzyskać w samych tylko segmentach zatłoczonych poprzestając na regulacjach o logice ( $f_{max}$ ), prowadzącej co najwyżej do obsługi popytu zrównoważonego w obszarze regulacji. ITS oferuje nowe instrumenty kontrolowania zmiennych stanów zatłaczania na poziomie systemowym niezbędnym dla kształtowania racjonalnych decyzji mikroekonomicznych.

## 2. ZARZĄDZANIE POPYTEM

Wskazując na cztery atraktory kształtowania popytu motoryzacyjnego (rys. 2) podkreślić należy ich zróżnicowaną funkcję instrumentalną. W podejściu systemowym wiele możliwości instrumentalnej kreacji stanów pozostaje w otoczeniu systemu z ograniczoną funkcją instrumentalną. Z wymienionych co najmniej dwa (proces metropolizacji oraz system opłat i przepływów finansowych) w krajowej polityce i praktyce transportowej generalnie pozostają poza sferą instrumentacji.. Niemcy poprzez pięciofenigową dopłatę do litra benzyny z jej uregulowaną dystrybucją w ciągu 30 lat zbudowali nowoczesny transport publiczny w całym państwie. W niemieckim systemie akcyzy wzrost ruchu samochodowego, zatłoczenia i zużycia paliw stymulował rozwój transportu publicznego spowalniając tym samym tempo wzrostu popytu motoryzacyjnego i związanych z tym kosztów. W termodynamice nieliniowej takie czynniki wzajemnej stymulacji określane są pojęciem atraktorów. W praktyce krajowej system opłat i stan innych ustawowych regulacji stymulują procesy odwrotne.

Podnosząc kwestionowaną przez społeczeństwo i polityków „ekonomizację” czy „urynkowanie” zachowań transportowych kierujemy się w istocie osiągnięciami współczesnej myśli i teorii (np Nash, 1950, na gruncie rozwiniętej teorii gier [9], Steenbrinc w optymalizacji sieci transportowych – op.cit [7]). Steenbrinc poprzez rozróżnienie rozkładu opisowego ruchu (rzeczywistego rozkładu wynikającego z cytowanych decyzji podmiotów mikroekonomicznych) od rozkładu normatywnego (wynikającego z takich decyzji tych podmiotów, które respektowały by rzeczywiste koszty) wnosi w istocie na grunt teorii transportu idee nominowanego 10 lat później do nagrody Nobla rozprawy Nasha – w szczególności o większej sumie zysku w warunkach informacji i regulacji zastosowanych na wolnym rynku gry podmiotów mikroekonomicznych od rynku pozbawionego kooperacji i przepływu informacji. W sfabularyzowanej biografii Nasha (film „Piękny umysł”) inspirację dla tej teorii obrazują drużyny piłkarskie rozgrywające mecz na tle stada gołębi karmionego przez studentkę.

Dążenie do rozkładu normatywnego w zarządzaniu ruchem i popytem znaleźć może istotne wsparcie w ITS, poprzez monitorowanie popytu, kreowanie informacji i jej przepływu oraz implementowania regulacji opłatami. Wprowadzając do formuły kosztu (C) opłaty i informacje spójne ze stanem sieci wpływamy na zwiększenie sumy zysków ( $B - C$ ) podmiotów mikroekonomicznych nad sumę zysków pozyskiwanych w procesie deregulacji.

Stosując miary lub cytując modele ekonomiczne winniśmy przede wszystkim podkreślić, że podaż i popyt motoryzacyjny w bardzo niewielkim

stopniu kształtowany jest pod wpływem informacyjnej funkcji ceny. W momencie podejmowania decyzji większość wydatków związanych z potencjalną podróżą została poniesiona a koszty związane z czasem przejazdu są przewidywalne w ograniczonym stopniu. Do rzeczywistych a nie respektowanych kosztów osób zmotoryzowanych należy ponadto dodać koszty zewnętrzne – z definicji pozostające poza polem ich decyzji. Innymi słowy koszty podróży w decyzjach osób zmotoryzowanych nie są uwzględniane w sposób racjonalny. Ten brak rynkowej i kooperacyjnej podatności popytu motoryzacyjnego na ograniczenia podażowe w ostatecznym rezultacie prowadzi do nieracjonalnego zatłoczenia w kolejce do reglamentowanego dobra. W rezultacie stan taki jest bardziej zbliżony do „zderzanej” sytuacji gołębi, których koszt czasu i energii na zdobycie ziarna jest niewspółmierny do możliwości regulowanego wysiłku zdobycia bramki przez lepiej zorganizowaną drużynę piłkarską.

Nie można mieć złudzeń, że informacja w pełni zastąpi funkcję ceny w kształtowaniu poziomu równowagi utrzymując popyt na poziomie racjonalnym. Tym bardziej regulacja przez państwo systemu opłat oraz ograniczenia instrumentalne tego systemu dla poziomów lokalnych zwiększają w istocie rozmiar nadwyżki popytu efektywnego i potencjalnego nad popytem racjonalnie zrównoważonym, przyspieszają proces metropolizacji, spowalniają rozwój transportu publicznego oraz zwiększają koszty transportu użytkowników i społeczeństwa.

### **3. ODDZIAŁYWANIE NA PODAŻ W SEGMENTACH REGULOWANYCH LOKALNIE**

Regulacja dopływu strumienia zgłoszeń z jednoczesnym sterowaniem adaptacyjnym w obiekcie (zbliżenie funkcji  $f_{\max}$  do kształtu funkcji 4 na rys. 1) wymaga rozszerzania sterowania w zespoły obiektów w układach liniowych i obszarowych. Jednak w miarę rozszerzania lokalnego obszaru sterowania zależnego od ruchu w konstrukcji większości algorytmów sterowania liniowego i obszarowego ujawniają się problemy o znaczeniu globalnym, z jednej strony nie dające się rozstrzygnąć w działaniach lokalnych, z drugiej wymagające stosownej ich implementacji. Między innymi zawiązują się one w obrębie wyboru i aplikacji kryteriów (wskażemy przykład najszerszego rozwinięcia tego zagadnienia w wielokryterialnej aplikacji Piacon [10]- por. Adamski, 2003 [10]) oraz problemu oddziaływań na strukturę popytu i pojemność komunikacyjną całej sieci.

Problemy te są ściśle związane i występują w istocie we wszystkich znanych metodach i systemach. Cytowany Piacon realizując zadania wielokryterialne z priorytetem dla transportu publicznego kompensuje straty czasu pojazdów w zespole kolejnych obiektów korytarza w granicach zadanego trasowego rozkładu jazdy. Gdyby kryterium minimalizacji strat czasu aplikować w rozkładzie jazdy w istocie nie było by czego kompensować kosztem innych kryteriów. Algorytmy sterownia grupowego platoonami pojazdów, z maksymalizacją przepustowości akomodowanymi oknami światła zielonego i regulacją offsetową optymalnych prędkości komunikacyjnych (Kaczmarek, [11, 12]). zakładają kompromis w realizacji priorytetu dla transportu publicznego.

W konsekwencji problem w zastosowaniu tych metod, tak zresztą jak i pozostałych, sprowadza się do aplikacji priorytetu „na miarę możliwości lub oczekiwań” – czyli w założonych aposteriori ograniczeniach – np. w drugim z cytowanych podejściu wynikających z satysfakcjonującego zwiększenia przepustowości połączonego z satysfakcjonującym priorytetem. Piacon gwarantuje dyspeczerską regularność obsługi transportem publicznym a nawet kontrolę parametrów środowiska, zaś sterowanie grupami zwiększa przepustowość aż do 2300 pojazdów na godzinę zielonego światła na pas (w związku z czym ma z czego „satysfakcjonować” każdą z obu grup użytkowników). Jeżeli jednak uwzględnić reakcję popytu na potencjalne obniżenie średniego kosztu ruchu w ujęciu systemowym maksymalizacja jakości alternatyw jako ograniczenie a’priori może być bardziej efektywna i skuteczna od maksymalizacji podaży i/lub obniżania lokalnych kosztów ruchu w elementach sieci zatłoczonej. W obu cytowanych przykładach zastosowane metody, algorytmy i urządzenia są w stanie generować ograniczenia a’priori podczas gdy ich praktyczne aplikacje poprzestają na rozwiązaniach aposteriori. W istocie odpowiednia kontrola dopływów do segmentów z transportem szynowym dopuszcza możliwości daleko idącego kompromisu z korzyścią dla ruchu pojazdów transportu publicznego.

Bez kreatywnego oddziaływania na strukturę popytu wykorzystanie maksymalizowanej przepustowości zawsze oznaczać będzie przełożenie strat na otoczenie regulowanego systemu sterowania do poziomu globalnie ustabilizowanego średniego kosztu. Proces lokalnego regulowania ( $f_{\max}$ ) jest więc w istocie procesem dyslokacji nadwyżek popytu nad dyspozycyjną przepustowość (czyli pojemność) sieci i generalnie wyznacza on poziom dostępu do regulowanej sieci, niezależnie zresztą od tego, czy jest to popyt dodatkowo wzbudzony czy tylko powstrzymany w dostępie do obszaru regulacji ( $f_{\max}$ ). Na gruncie cytowanej teorii kolejek oznacza to pozostawianie systemu w stanie wewnętrznie regu-

lowanym na poziomie  $f_{\max}$  a zewnętrznym – na poziomie odpowiednio niższym kompensującym stan globalny do poziomu średniego kosztu.

Rozszerzanie terytorialnego zasięgu systemu regulacji spowoduje większe rozproszenie nadwyżek popytu na zewnątrz terytorium jego funkcjonowania (co jest korzystne z punktu widzenia niezbędnych powierzchni akumulacji i długości kolejek), ale generuje wzrost nadwyżek popytu w obszarze wewnętrznym regulowanego systemu – zatem i tak obok regulowanego procesu obsługi w korytarzach sieci na poziomie  $f_{\max}$  pozostaje problem obsługi nadwyżek popytu w dostępie do sieci regulowanej wewnątrz terytorium regulacji. Problemem zatem nie tyle leży w zasięgu obszaru regulacji ile w regulacji dostępu do obszaru regulacji wobec nadwyżek popytu nad popytem zrównoważonym. Pomijanie problemu akumulacji nadwyżek popytu w stosunku do podaży wraz z rozwijaniem zasięgu systemu regulacji prowadzi do entropii korzyści z regulacji.

Warto podkreślić, że w istocie wszelkie symulacje oraz pomiary zastosowanych nowoczesnych regulacji ruchu poprzez system sterowania ruchem wykazują pozytywne wyniki w obszarze aplikacji systemu. Te spośród nich, które oparto na pomiarach są prowadzone w krótkim okresie po aplikacji, rzadko jednak z monitorowaniem i ewaluacją procesu adaptacji zachowań do nowej sytuacji w stosownie dłuższych okresach czasu. Zdecydowana większość cytowanych rezultatów z reguły dotyczy zastosowań o ograniczonym zasięgu. Nawet w projekcie COSMOS (2004 [13]) o zunifikowanych z założenia rygorach pomiaru korzystne wyniki (m.in. skrócenie czasu przejazdu w granicach 7 do 22%) dla Londynu (SCOOT), Pireusu (MOTION) i Turynu (UTOPIA) wykazano w badaniach obejmujących 20 do 26 obiektów sterowania, pomijając ich wpływ na obiekty kreujące dostęp do sieci w bardziej rozległej skali lub nie uwzględniając wpływu wewnętrznej kontroli dostępu do sieci regulowanej na niższy łącznie sukces regulacji lokalnej. Oceniono zarazem, że największa korzyść na czasie przejazdu (Londyn – 22%) osiągnięta została dzięki ograniczeniom dostępu do elementów zatłaczanych oraz, że ukierunkowana systemem zmiana tras przejazdu dotyczyła 13% pojazdów korzystających dotąd z obszaru (w Pireusie dotyczyło to 19% uczestników ruchu).

#### 4. MIARY PODAŻY I POPYTU

Problem miar dla planowania, projektowania i regulacji w zarządzaniu ruchem jest niezwykle ważny dla praktyki. Znane są liczne przypadki kwestionowania rozwiązań inteligentnego sterowania ruchem przez służby inżynierii ruchu ze względu na nie zastosowane kryteria doboru splitu do natężenia ruchu pomierzonego przed projektem, za to nieliczne, i to okazjonalnie – wprowadzenia wymogu symulacyjnej ilustracji jakości rozwiązania (Gdańsk, Kraków, Poznań, Warszawa). Innym istotnym problemem jest operowanie miarami popytu i podaży w sposób spójny z opisem struktury popytu i możliwościami jego monitorowania. W implementacjach regulacji typu ( $f_{max}$ ) analizowane są natężenia strumienia lub np. gęstość platoonu (grupy, paczki), które stanowią odcinkowy efekt popytowo – podażowej struktury systemu transportowego.

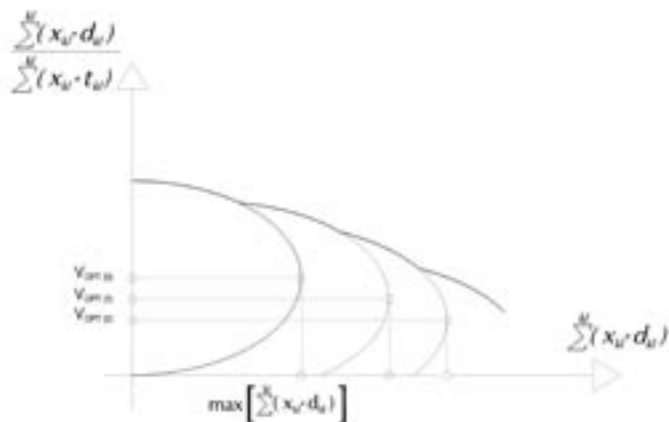
Jednym z podstawowych komponentów ujęcia systemowego w podejściu do sieci zatłaczanej jest podaź sieci transportowej. W sieci zatłoczonej wykorzystanie przepustowości odcinka zależne jest od przepustowości wlotu skrzyżowania i jego pasów a przepustowość wlotu skrzyżowania zależy zarówno od formuły ( $f$ ) sterowania jak i od popytu w pozostałych relacjach ruchowych na tym skrzyżowaniu. Warto zatem podsumować, że w gęstych sieciach typowych dla obszarów zurbanizowanych przepustowość sieci zależy zarówno od przepustowości skrzyżowań jak i popytu. Zarazem przepustowość sieci nie jest addytywną sumą przepustowości skrzyżowań, ani ich sumy ważonej długościami odcinka, co łatwo udowodnić wyłączając niektóre czynne skrzyżowania, relacje i odcinki z pracy sieci. Ponadto definicja przepustowości winna zawierać taką jednostkę miary jaka przypisana może zostać popytowi a natężenie ruchu nie jest dobrą i wystarczającą miarą popytu w sieci zatłaczanej, chociażby dlatego, że natężenie odcinkowe na wlocie skrzyżowania jest w istocie także funkcją przepustowości innych skrzyżowań.

Najbardziej praktyczną miarą przepustowości sieci wydaje się pozostawać pojemność komunikacyjna (Suchorzewski 1961, 1983 wg [14]) definiowana jako maksymalna godzinowa praca transportowa dystansowa (poj. km/h) możliwa do wykonania w sieci. Miara ta spełnia większość oczekiwań, w tym odniesienie do pracy transportowej jako miary popytu (sumy prac transportowych – iloczynów natężeń i długości odcinków – po wszystkich odcinkach sieci). Monitorowanie natężeń ruchu i prędkości w stosownie gęstych punktach umożliwia identyfikację pracy transportowej dystansowej i czasowej.

Ale podobnie jak natężenie w stanach ruchu wymuszonego i swobodnego – praca dystansowa również nie jest wystarczającą miarą dla oceny popy-

tu (podobnie jak w przypadku natężenia z rosnącym stanem zatłoczenia praca transportowa maleje). Zatem czynnikiem identyfikującym relacje pomiędzy popytem i podażą, podobnie jak w przypadku natężenia ruchu pozostaje średnia prędkość z jaką realizowana jest dystansowa praca transportowa w rozpatrywanym czasie. Średnia prędkość w sieci jest ilorazem wykonanej pracy dystansowej i czasowej. Obie te miary w szczególny sposób wiążą się ze strukturą popytu opisanego macierzą przemieszczeń międzyrejonowych (zatem z produkcją ruchu) i rozkładem ruchu w sieci (zatem parametrami wyboru drogi). Związek ten wyraża tożsamość pracy transportowej wyznaczonej na bazie macierzy podróży i jej atrybutów (macierze kosztów podróży międzyrejonowych na bazie macierzy czasu i dystansu) z pracą transportową wykonaną w sieci (jako sumy iloczynów natężeń oraz długości oraz czasu przebywania na odcinku).

W istocie sieć drogowa zatłaczana wobec zróżnicowanej przestrzennej struktury potencjałów produkcji i atrakcji zawsze zachowuje rezerwy niewykorzystanej przepustowości w różnych swoich segmentach. Powoduje to, że funkcja zależności prędkości (średniego czasu podróży) od popytu efektywnego (tu pracy transportowej dystansowej) w sieci zatłaczanej – w przeciwieństwie do tejże zależności w sieci zatłoczonej – nie zawiera ekstremum (Cudziło, Krych, Thiem, 1999 – por. opis eksperymentów [15], rys. 3 demonstruje poszukiwanie hipotetycznej prędkości optymalnej dla wyznaczenia pojemności sieci częściowo zatłoczonej wraz z symulowanym wzrostem pracy transportowej).



Rys. 3 Zależność prędkości od pracy transportowej w sieci zatłoczonej  
( $k, l$  – konotacja węzłów w grafie zorientowanym o długości łuków  $d$  (długość)  
i  $t$  (czas przejazdu))



W nawiązaniu zatem do problemu optymalizacji sieci zatłaczanych postuluje się operowaniem pojemnością komunikacyjną zestandaryzowaną (znormalizowaną) poprzez formułę standardu prędkości normatywnej i deklarowanej macierzy przemieszczeń międzyobszarowych (O-D, rozwinięcie tego tematu por. autor, 2007 [16]). Macierz O-D może być deklarowana jako macierz dla stanów z projektem lub bez projektu, jako macierz prognostyczna o horyzoncie planistycznym lub macierz aktualizowana – podlegającą krótkoterminowej predykcji (on-line).

W praktyce, wobec doświadczeń symulacyjnych oraz eksperymentów w sieciach zatłaczanych normatywna prędkość może być konstruowana elastycznie, jednak biorąc pod uwagę optymalną prędkość potoków w wykorzystaniu przepustowości skrzyżowań (Kaczmarek, 1999, por. 17]) można założyć, że w segmentach zatłoczonych sieci zatłaczanej jest to prędkość odpowiadająca natężeniom nasycenia (około 30 km/h – przy mniejszych prędkościach praca wykonywana jest w warunkach ruchu wymuszonego to znaczy nieefektywnej pracy sieci ze zmniejszoną pracą transportową). W sieci zatłaczanej (rozpatrywanej globalnie a zatłoczonej lokalnie) winna to być zatem stosownie większa prędkość, co implikuje wpływ zatłoczenia lokalnego na globalną prędkość średnią.

Generalnie użyteczność powyższej formuły wiązać można ze stosowaniem eksperymentów symulacyjnych planistycznych lub konfrontowanych ze stanem sieci i ruchu w sieci monitorowanej w procesie zarządzania ruchem. Monitorowanie natężeń ruchu i prędkości w odpowiednio licznych przekrojach jego detekcji pozwala stosunkowo łatwo formować oceny pracy transportowej i jej związku z prędkością. Umożliwia to nie tylko definiowanie prędkości normatywnej jako standardu ale także korygowanie macierzy podróży przez formułę średniego kosztu jako ograniczenia maksimum entropii optymalnego rozwiązania grawitacyjnego rozkładu ruchu w macierzy O-D (Wilson A.G., 1970, za Erlander i Stewart, 1990 [18]), to zaś jest związane z predykcją stanów ruchu dokonywanych dynamicznie i budowania oraz przekazania danych do systemów informacji o ruchu.

Praktyce inżynierii ruchu w miastach, ograniczającej się przeważnie do identyfikacji natężeń ruchu w sieci (zatem oceny wtórnego efektu popytowego) i oceny przepustowości wlotów, przeciwstawić należy w imię zaawansowanego zarządzania ruchem konieczność wzbogacenia tej praktyki nie tylko o aplikacje modelu ruchu (popytu) i procedur symulacyjnych ale także o mentalne przewartościowanie podejścia do miar kontrolujących relacje pomiędzy popytem i podażą z monitorowaniem podstawowych parametrów pracy transportowej w całej sieci transportowej i jej segmentach włącznie.

## 5. ODDZIAŁYWANIE NA PODAŻ SIECI W UJĘCIU GLOBALNYM

Wprowadzimy pojęcie sieci buchananowskiej w konsekwencji do fundamentalnej zasady sieci optymalnej historycznego raportu (Buchanan, 1963 [19]) – sieci hierarchicznej o optymalnej gęstości). Z punktu widzenia tej zasady w obszarach silnie zurbanizowanych sieć, biorąc pod uwagę zarówno jej strukturę hierarchiczną jak i topologiczną, jest zwykle przegęszczona co oznacza, że tylko niektóre jej segmenty decydują o jej pojemności. Łącząc zasady buchananowskiej sieci optymalnej z korzyściami oraz obszarami regulacji ( $f_{\max}$ ) kształtującymi wewnętrzną oraz zewnętrzną akumulacją nadwyżek popytu konieczne jest identyfikowanie tych nadwyżek i poprzez lokalizację powierzchni akumulacji zapobieganie zatłoczenia elementów sieci buchananowskiej.

W rozumieniu tej zasady zatłoczenie Mostu Grota – Roweckiego ma decydujące znaczenie dla pojemności komunikacyjnej sieci w przeciwieństwie np. do zatłoczenia Mostu Syreny. Jeżeli akumulacja nadwyżek popytu obejmuje obiekty istotne z punktu widzenia pojemności komunikacyjnej sieci dyspozycyjna pojemność komunikacyjna całej sieci się zmniejsza prowadząc wraz z wzrostem popytu do szybszej ekspansji zatorów na inne segmenty sieci. Usprawnienie ruchu na skrzyżowaniu może mieć dodatni wpływ na prędkość średnią tylko wtedy, gdy nie spowoduje zmniejszenia średniej prędkości w elementach sieci buchananowskiej (poniżej efektywnej prędkości ca 30 km/h). Nie spełnienie tego warunku oznacza w istocie dyslokację nadwyżek popytu i powierzchni akumulacji a w niejednym przypadku mniej efektywną pracę sieci.

Powyższe skutki dyslokacji nadwyżek popytu można przypisywać rozpatrywanym w rozdziale 3 lokalnym zespołom obiektów (korytarzom lub obszarom) z wysoką jakością sterowania ( $f_{\max}$ ). Istotną okolicznością jest jedynie to, jak powierzchnie akumulacji mieszczą się w stosunku do sieci buchananowskiej a także w jakim stopniu i na jakim poziomie mieszczą się w stosunku do obszarów chronionego środowiska czy korytarzy transportu publicznego.

Można zaryzykować twierdzenie, że planowanie i skuteczna implementacja powierzchni akumulacji w sieciach zatłaczanych w sposób zintegrowany z wykorzystaniem instrumentów przypisanych pozostałym atryktorom poziomu zatłoczenia winny stanowić warunek efektywności wszelkich inwestycji w takiej sieci, w tym implementowanych instrumentów zarządzania ruchem. Co więcej – budowa tras i obiektów znaczących dla pojemności komunikacyjnej sieci (takich, jak cytowany Most Grota Roweckiego) bez zapewnienia odpowiednich regulacji w zarządzaniu ruchem pozostanie jedynie sukcesem spektakularnym i to w krótkim okresie od chwili przecięcia stosownej wstęgi w chwili jego otwarcia.

## 6. UWAGI I WNIOSKI

1. Mówimy o sieciach zatłaczanych, zatem nie odnosimy się do działania regulacji ( $f_{\max}$ ) w obszarach oraz okresach gdy zatłoczenie nie występuje.
2. Nie kwestionuje się także jakichkolwiek regulacji ( $f_{\max}$ ) zwracając uwagę na związek efektywności regulacji w obszarach zatłoczenia z systemową ewaluacją korzyści i procesu optymalizacji poza obszarem regulacji a także i na to, że aplikowane inteligentne urządzenia sterowania ruchem stanowią podstawę i bazę rozwoju systemowej architektury ITS o skali ponad lokalnej.
3. W sieciach zatłaczanych podlegających presji popytu przewyższającego dyspozycyjną pojemność sieci zastosowane skutecznie regulacje w znacznym stopniu wiążą się z dyslokacją nadwyżek popytu lub/i z jego wzrostem. Planowanie sieci i efektywne zastosowania regulacji ( $f_{\max}$ ) wiązać należy zatem z obsługą i lokalizacją nadwyżek popytu w przestrzeniach akumulacji poza siecią buchananowską i kontrola dopływów do segmentu zarówno z sieci zewnętrznej jak i wewnątrz obszaru.
4. Korzyści z zastosowania regulacji w korytarzach i obszarach sieci zatłaczanej odnoszące się do segmentu poddanego regulacji mają charakter lokalny i winny być bilansowane ze stratami w układzie globalnym. Podobnie jak dla nowych obiektów i tras korzyści użytkowników pojazdów w układzie globalnym zatłaczanym kompensowane są wzrostem popytu, jeżeli zastosowane środki i metody nie oddziałują korzystnie na zmniejszenie popytu potencjalnego. Zalecane ujęcie systemowe w podejściu do zatłoczenia także poszukiwać rozwiązań o zdecydowanych (jeżeli nie o maksymalnych) preferencjach dla transportu publicznego oraz doskonalenia przepływów informacji oraz systemów opłat z pełnym uwzględnieniem jakości alternatyw (także wyboru drogi przez użytkowników sieci).
5. Wszystkie powyższe kwestie wymagają w procesie zaawansowanej regulacji identyfikacji oraz monitorowania popytu w pełnej jego strukturze (oprócz konwencjonalnego efektu popytowego jakim jest rozkład ruchu w sieci, także produkcji ruchu, rozkładu przestrzennego i podziału modalnego).

6. Podstawowe miary i kryteria regulacji w procesie badania i aplikacji w praktyce powinny być spójne z teorią optymalizacji sieci i uwzględniać zarówno jej buchananowską strukturę jak i relacje pomiędzy popytem i podażą. Zaproponowane formuły pracy transportowej (czasowej i dystansowej) oraz pojemności komunikacyjnej sieci (dla znormalizowanej prędkości i deklarowanej struktury popytu w macierzy O-D) wydają się być najbardziej właściwe i trafne z powyższego punktu widzenia.
7. Podstawowe kryteria efektywności wiązać należy z wpływem zarówno systemów regulacji jak inwestycji sieciowych (budowlanych) na pojemność komunikacyjną. Inwestycje budowlane w sieci zatłaczanej bez stosownych aplikacji systemów regulacji zarządzania ruchem i popytem oceniać należy z bardzo dużym prawdopodobieństwem jako nieefektywne.
8. Zarówno istniejące w Polsce uregulowania ustawowe, jak brak szeregu uregulowań krajowych nie tylko utrudnia korzystanie z szerokich możliwości ITS w zarządzaniu ruchem i popytem ale w znaczącym stopniu wpływa na poziom kongestii motoryzacyjnej w obszarach zatłoczenia. Do znaczących w tym względzie zaliczyć można ograniczenia dotyczące opłat za parkowanie i wjazd do obszaru, brak przejrzystych przepływów finansowych związanych z akcyzą paliwową, brak ustawy metropolitalnej, wadliwe regulacje w zakresie transportu publicznego, w tym jego ustawowe obciążenie przewozami ulgowymi i bezpłatnymi bez finansowej rekompensaty, brak dostosowań instrukcji o znakach i sygnałach na drodze do możliwości ITS, brak uregulowań normatywnych niezbędnych dla budowania spójnej architektury ITS.

## Literatura

- [1] Buckley D.J., Blunden W.R., Some delay-flow characteristic for conflicting traffic streams. Proc. 2<sup>nd</sup> International Symposium on Theory of Traffic Flow, London, 1963
- [2] Davidson K.B., A flow travel time relationship for use in transportation planning. Proc. A.R.R.B., Conf. 3, 1966
- [3] Krych A., Poziom urbanizacji a poziom zatłoczenia motoryzacyjnego, W: Mat. II Konf. N.T. Problemy komunikacyjne miast w warunkach zatłoczenia motoryzacyjnego, SITK, Poznań, 1999
- [4] Tolley R.S., Tourton B.J., Transport Systems, Policy and Planning: a geographical approach, Harlow, 1995
- [5] Krych A., Efektywność inwestycji drogowych w sieciach przesyconych, W: Mat. II op. Cit. [3]
- [6] Krych A., Efektywność inwestycji drogowych w obszarach węzłowych europejskich korytarzy transportowych, W: Mat. V Konf. N.T. Problemy komunikacyjne miast w warunkach zatłoczenia motoryzacyjnego, SITK, Poznań, 2005
- [7] Steenbrinc P.A., Optymalizacja sieci transportowych (tłum), Wkił, Warszawa, 1986
- [8] Suchorzewski W., Principles and applicability of the integrated transportation System. Basic paper on topic D. Proc UN ECE Seminar on the Role on Transportation in Urban Planning, Development end Environment, Munich, 1973
- [9] Nash J., F., Non-Cooperativ Games, W: Annals of Mathematics No 54, 1951
- [10] Adamski A., Miśkiewicz M., Optymalizacja obszarowa optiflex – struktura systemu, W: Mat. IV Konf. N.T. Problemy komunikacyjne miast w warunkach zatłoczenia motoryzacyjnego, SITK, Poznań, 2003
- [11] Kaczmarek M., Symulacyjna ocena efektywności okien czasowych, W: Mat. op. Cit. [6]
- [12] Kaczmarek M., Pulikowski A., Porównanie sterowania grupowego i fazowego na złożonym węźle komunikacyjnym, W: Mat. III Konf. N.T. Problemy komunikacyjne miast w warunkach zatłoczenia motoryzacyjnego, SITK, Poznań, 2001
- [13] Projekt COSMOS, Transport Miejski i Regionalny, Nr 3/2004
- [14] Olszewski P., Suchorzewski W., Samochód w śródmieściu, WKiŁ, 1983
- [15] Cudziło J., Krych A., Thiem J., Network optimization using simulating SATURN procedure, W: Conf. Modelling and Management in Transportation, EURO Working Group on Transportation, Poznań-Kraków, 1999.
- [16] Krych A., Optymalizacja sieci drogowej zatłoczonej, W: Mat. VI Konf. N.T. Problemy komunikacyjne miast w warunkach zatłoczenia motoryzacyjnego, SITK, Poznań, 2007

- [17] Kaczmarek M., Systemy zarządzania ruchem – stan zaawansowania w miastach polskich, W: Mat. Konf. Polski Kongres ITS, ITS – Polska, Warszawa, 2008
- [18] Erlander S., Stewart N., F., The Gravity Model in Transportation Analysis. Theory and Extensions, VSB BV, Utrecht, 1990
- [19] Buchanan C.D. Traffic in Towns, HMSO, London, 1963



<sup>1</sup>Piotr KRUKOWSKI



<sup>2</sup>Marek LITWIN



<sup>3</sup>Michał MAJEWSKI

## CO NOWEGO W ARCHITEKTURZE ITS

Zastosowanie technik zwanych Inteligentnymi Systemami Transportowymi (ITS) jako uzupełnienie długofalowej polityki transportowej rokuje nadzieję na przynajmniej częściowe rozwiązanie problemów istniejącego systemu transportowego. W niniejszej publikacji autorzy przedstawiają najważniejsze punkty z dokumentów strategicznych Ministerstwa Infrastruktury oraz Komisji Wspólnot Europejskich wytyczających kierunki rozwoju transportu w zakresie związanym z ITS.

W najbliższym czasie Ministerstwo Infrastruktury podpisze umowę z wybranym w konkursie konsultantem na opracowanie strategii rozwoju Inteligentnych Systemów Transportowych w Polsce. Strategia ta, będzie zawierała między innymi propozycję stworzenia Krajowej Architektury ITS (KAITS). Powstanie tego ważnego dokumentu ułatwi i przyspieszy proces rozwoju systemów ITS w Polsce.

---

<sup>1</sup> Urząd m.st.Warszawy, Biuro Drogownictwa i Komunikacji, ul. Solec 48, 00-382 Warszawa, [pkrukowski@warszawa.um.gov.pl](mailto:pkrukowski@warszawa.um.gov.pl)

<sup>2</sup> Instytut Transportu Samochodowego, ul. Jagiellońska 80, 03-301 Warszawa,  
E-mail: [marek.litwin@its.waw.pl](mailto:marek.litwin@its.waw.pl)

<sup>3</sup> EGIS Poland, ul. Puławska 182, 02-670 Warszawa, E-mail: [michal.majewski@egis-poland.com](mailto:michal.majewski@egis-poland.com)

## **1. WPROWADZENIE**

Zmiany technologiczne w XX wieku wywarły olbrzymi wpływ na społeczeństwo, które w coraz większej mierze zaczęło uzależniać się od systemu transportu, przyjmując niemal za pewnik łatwą jego dostępność zawsze, wszędzie i tanio. Jednak zachodzące drastyczne zmiany popytu i trendów budzą wątpliwości czy bezpieczny, punktualny i tani system transportowy będzie zawsze powszechnie dostępny dla każdego. Już dziś wiadomo, że zmiany dotyczące funkcjonowania transportu są niezbędne, aby rozwiązać palące problemy dnia dzisiejszego. Zastosowanie rozwiązań zwanych Inteligentnymi Systemami Transportowymi (ITS) jako uzupełnienie długofalowej polityki transportowej stwarza szansę na przynajmniej częściowe rozwiązanie problemów istniejącego systemu transportowego poprzez wzmocnienie jego pozytywnych cech takich jak dostępność, bezpieczeństwo i zarządzanie mobilnością wraz z równoczesnym osłabianiem jego cech negatywnych, jak koszty budowy lub przebudowy infrastruktury, zatłoczenie motoryzacyjne, zdarzenia drogowe i wpływ na środowisko naturalne.

## **2. DOKUMENTY STRATEGICZNE**

Ministerstwo Infrastruktury RP wpisało Inteligentne Systemy Transportu ITS jako jeden ze strategicznych kierunków rozwoju transportu w Polsce. Istnieją trzy podstawowe dokumenty strategiczne opracowane w Departamencie Planowania Strategicznego i Polityki Transportowej Ministerstwa: „Polityka Transportowa Państwa do roku 2020”, „Strategia Rozwoju Transportu na lata 2007-2013” i „Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko 2007-2013”. Pod koniec 2008 roku Komisja Wspólnot Europejskich opublikowała, ważny z punktu widzenia rozwoju ITS, dokument o roboczej nazwie „Plan działania na rzecz wdrażania inteligentnych systemów transportowych w Europie” (Action plan). Poniżej podsumowano zapisy w wymienionych dokumentach.

### **Polityka Transportowa Państwa do roku 2020 [1].**

W dokumencie tym zwraca się uwagę na fakt, że zastosowanie nowoczesnych technologii w transporcie prowadzi do integracji gałęziowej pomiędzy sektorami transportu, zwiększenia atrakcyjności komunikacji publicznej oraz znacznego ożywienia gospodarczego wynikającego z tworzących się nowych rynków na technologie i usługi inteligentnych systemów transportowych. Podkreśla się, że przyszłe działania zmierzające do wdrożenia systemów ITS powinny skupić się na zniesieniu barier i opracowaniu standardów implementacyjnych



oraz na wspieraniu rozwoju rynków ITS w regionach. Do najpilniejszych działań zaliczono:

- powołanie odpowiednich państwowych, ponadgałęziowych struktur organizacyjnych zajmujących się strategią rozwoju i planowaniem implementacji systemów ITS,
- stworzenie krajowej architektury ITS dla zapewnienia kompatybilności poszczególnych podsystemów i wspierania innowacyjności krajowego przemysłu,
- wyodrębnienie funkcji projektanta rozwiązań systemowych od dostawcy urządzeń i instalatora sprzętu w celu podniesienia konkurencyjności,
- wspieranie działań naukowo-badawczych w zakresie ITS,
- wspieranie działań edukacyjnych prowadzących do przygotowania przyszłych kadr odpowiedzialnych za wdrożenie i utrzymanie systemów ITS,
- realizację projektów pilotażowych ITS,
- wspieranie projektów ITS dla komunikacji zbiorowej i sterowania ruchem pojazdów w aglomeracjach miejskich,
- wspieranie rozwoju systemów ITS dla transportu intermodalnego,
- wspieranie wdrażania systemów służących zarządzaniu infrastrukturą,
- wspieranie rozwoju systemów ITS służących poprawie bezpieczeństwa w ruchu pozamiejskim.

### **Strategia Rozwoju Transportu na lata 2007-2013 [2].**

W dokumencie tym zapis dotyczący zastosowań technologii ITS znalazł się jako działanie zmierzające do szerszego wykorzystania nowoczesnych technik informatycznych w transporcie w celu strategicznym „Stworzenie nowoczesnego rynku transportowego”. Szczegółowe cele przedstawiają się następująco:

- stworzenie krajowej architektury Inteligentnych Systemów Transportowych, zapewniającej kompatybilności poszczególnych systemów składowych,
- realizacja projektów pilotażowych w zakresie ITS,
- wspieranie projektów zarządzania ruchem drogowym w miastach i na sieci zamiejskiej,
- realizacja innych projektów w zakresie ITS,
- stworzenie w Ministerstwie Transportu jednostki organizacyjnej zajmującej się sprawami ITS,
- wspieranie inicjatyw badawczych w dziedzinie ITS.

### **Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko na lata 2007 2013 [3].**

W treści tego dokumentu pojawia się priorytet „Bezpieczeństwo transportu i krajowe sieci transportowe”, działanie „Rozwój inteligentnych systemów transportowych”. Jednym z celów działania jest wdrażanie Inteligentnych Systemów Transportowych w transporcie drogowym, morskim i miejskim oraz w transporcie intermodalnym i logistyce. W szczególności preferowane są projekty związane z:

- zarządzaniem i monitorowaniem ruchu,
- obsługą podróżnych,
- zarządzaniem transportem publicznym,
- elektronicznym poborem opłat,
- zarządzaniem flotą pojazdów,
- zarządzaniem kryzysowym w transporcie,
- bezpieczeństwem ruchu,
- informacją dla podróżnych,
- logistyką,
- zbieraniem i przetwarzaniem danych.

Wspomniane działanie 8.3 „Rozwój inteligentnych systemów transportowych” nie jest jedynym, w którym zapisano kierunki rozwoju ITS. Podobne zapisy wystąpiły w działaniu 7.2 „Rozwój transportu morskiego” dotyczącym utworzenia systemu łączności operacyjnej i śledzenia jednostek ratowniczych. W ten sposób podkreślono wielogłęziowość rozwiązań ITS w transporcie. Innym przykładem jest działanie 7.3 „Transport miejski w obszarach metropolitalnych” promujące projekty z zakresu telematiki poprawiające funkcjonowanie transportu publicznego, w obszarach takich jak: priorytety w ruchu miejskim, systemy dystrybucji biletów, systemy nawigacji satelitarnej, informacji dla podróżujących oraz monitorowanie bezpieczeństwa w pojazdach i na stacjach czy przystankach.

### **Plan działania na rzecz wdrażania inteligentnych systemów transportowych w Europie [3]**

W dokumencie tym znalazły się zapisy przedstawiające główne cele polityki europejskiej w zakresie transportu i podróży. Mają one pomóc znaleźć rozwiązanie wielu istotnych problemów systemu transportowego Europy, tak by mógł on spełnić swoje zadania zaspokajając związane z mobilnością potrzeby gospodarki europejskiej i społeczeństwa przyczyniając się jednocześnie do stworzenia oraz osiągnięcia wspólnotowych celów w zakresie rynku wewnętrznego i konkurencyjności.

Do celów tych należą:

- zmniejszenie ilości emitowanych do atmosfery zanieczyszczeń,
- zwiększenie wydajności, w tym poprawa energooszczędności,
- większe bezpieczeństwo i ochrona.

Uznano, że do realizacji celów niezbędne jest zastosowanie technologii informacyjnych i komunikacyjnych (ICT) w sektorze transportu, co innymi słowy oznacza po prostu wdrożenie systemów ITS. W planie działania wyróżniono sześć głównych obszarów operacyjnych o najwyższym priorytecie a dla każdego z obszarów określono szczegółowo zestaw zadań i jasny harmonogram ich wdrożenia.

Obszar działania nr 1 to optymalne wykorzystanie danych dotyczących dróg, ruchu drogowego i informacji o podróżach w tym także wspieranie opracowania koncepcji krajowych systemów planowania podróży multimodalnych „od drzwi do drzwi”, uwzględniających należyte alternatywne środki transportu publicznego i ich wzajemne połączenia w całej Europie. Obszar działania nr 2 to zapewnienie ciągłość usług ITS w zakresie zarządzania ruchem drogowym i transportem towarowym w europejskich korytarzach transportowych i aglomeracjach miejskich,

Obszar działania nr 3 dotyczy bezpieczeństwa ruchu drogowego w tym zapewnienie ochrony szczególnie zagrożonych uczestników ruchu drogowego oraz wspieranie wprowadzenia ujednoliconego systemu eCall na poziomie państwowym.

Obszar działania nr 4 dotyczy integracji pojazdów z infrastrukturą transportową w tym określenia architektury otwartej platformy urządzeń pokładowych tak, by umożliwić stosowanie różnych aplikacji ITS oraz zapewnić ich interoperacyjność i możliwość komunikacji urządzeń instalowanych w pojazdach z systemami i elementami po stronie infrastruktury.

Obszar działania nr 5 porusza bardzo ważne kwestie związane z bezpieczeństwem i ochroną danych osobowych i finansowych związanych z ich przetwarzaniem w ramach aplikacji i usług ITS. Wskazuje też na rozwiązanie problemu odpowiedzialności za skutki związane z wykorzystaniem aplikacji ITS, w szczególności w pokładowych systemach bezpieczeństwa.

Ostatni obszar działania – nr 6 dotyczy współpracy i koordynacji europejskich systemów ITS, w celu zapewnienia ścisłej i skutecznej współpracy wszystkich zainteresowanych stron na szczeblu europejskim. Wskazuje on także na opracowanie wytycznych dotyczących finansowania publicznego ze środków krajowych i europejskich funduszy strukturalnych wdrożeń i usług ITS.

### 3. ARCHITEKTURA ITS

Z lektury dokumentów strategicznych wynika, że stworzenie krajowej architektury ITS (w skrócie KA ITS) należy do działań priorytetowych. Krajowa architektura ITS określa interakcję pomiędzy podstawowymi elementami ITS, którymi są człowiek, pojazd, stała infrastruktura ITS, systemy informatyczne, systemy łączności oraz centra kontroli i zarządzania. Architektura określa standardy przesyłania danych i dostępu do informacji za pomocą warstwy logicznej (funkcji) i fizycznej (urządzeń). W publikacji [5] przedstawiono ideę krajowej architektury ITS na przykładzie architektury kanadyjskiej. Należy pamiętać, że w Polsce w połowie lat 90-tych rozpoczęły się wdrożenia systemów ITS, a krajowa branża ITS ma już obecnie całkiem dużą paletę gotowych rozwiązań, szczególnie w takich dziedzinach jak pogodowa informacja drogowa, rozpoznawanie tablic rejestracyjnych, systemy informacji pasażerskiej w pojazdach, elektroniczne systemy pobierania opłat za przejazdy i parkowanie, komputery pokładowe i systemy zarządzania flotą pojazdów komercyjnych. KA ITS powinna uwzględnić ten dorobek, bowiem w wielu przypadkach mamy do czynienia ze standardami de facto. Co więcej – w Polsce powstała już pierwsza regionalna architektura ITS (trójmiejski TRISTAR), powstają też kolejne.

Już obecnie w kraju występują przesłanki, by stosować architekturę ITS. Poniżej wymieniono kilka z nich.

- Wykonane w ubiegłych latach wdrożenia systemów w dużych miastach unaoczniają konsekwencje braku obowiązującej wszyskich architektury. Jest to szczególnie widoczne w momencie konieczności rozbudowy i „otwarcia” na nowe funkcje „zamkniętych”, dedykowanych systemów.
- Wiele samorządów staje przed problemem zapewnienia dostępu i przetwarzania danych pochodzących z już działających systemów (problem integracji i konsolidacji danych).
- Procesy formułowania wymagań, nawet w przypadku typowych systemów ITS, które mają zostać zakupione, trwają miesiącami.

W procesie tworzenia KA ITS będzie trzeba także uwzględnić cele specyficzne dla Polski, tworzące nieco inny kontekst dla ITS niż w innych krajach.

Te cele to:

- wzmocnienie kompetencji jednostek samorządu terytorialnego i innych podmiotów publicznych w dziedzinie ITS. Często podmioty te nie dysponują odpowiednią wiedzą oraz specjalistami, by móc poradzić sobie choćby z formułowaniem oczekiwań wobec systemów ITS, które postanowiły sfinansować,

- unikanie tam, gdzie to możliwe realizacji systemów ITS w trybie „zaprojektuj i wybuduj”. W większości przypadków tryb „zaprojektuj i wybuduj” oznacza faktyczne uzależnienie się zamawiającego od dostawcy takiego systemu, skutkujące m.in. brakiem możliwości swobodnego doboru wykonawców kolejnych elementów i wersji systemu. Istnienie KA ITS pozwoli zamawiać systemy ITS w trybie „wybuduj system ITS zgodny z Krajową Architekturą ITS”;
- unikanie tworzenia systemów ITS o charakterze „wyspowym” czyli takich, które nie są zintegrowane z już istniejącymi albo których integracja z innymi systemami będzie bardzo trudna i kosztowna. Jest to najczęściej dodatkowa wada systemów realizowanych w trybie „zaprojektuj i wybuduj”.

#### **4. ZAŁOŻENIA DLA KRAJOWEJ ARCHITEKTURY ITS**

W najbliższym czasie na zlecenie Ministerstwa Infrastruktury, wybrany w konkursie konsultant opracuje dokument pod nazwą „Strategia rozwoju inteligentnych systemów transportowych w Polsce”. Struktura i zakres tego dokumentu muszą być zgodne z przygotowanym przez Ministerstwo Infrastruktury wykazem pięciu zadań do przygotowania w etapach oznaczonych jako: I, II oraz III.

Etap I obejmuje swoim zakresem Zadanie 1 – analizę i ocenę aktualnego stanu stosowania aplikacji należących do Inteligentnych Systemów Transportowych w Polsce i wiodących w tym zakresie krajach europejskich, możliwość ich rozwoju, wstępną analizę skutków oddziaływania na środowisko oraz przeprowadzenie analizy SWOT.

Raport z realizacji Zadania 1 powinien wskazać celowość stworzenia architektury krajowej i już w tym momencie wiadomo, że na potrzeby raportu wykonawca jest zobowiązany do opracowania dokumentów o charakterze analitycznym. W szczególności do dokumentów tych należeć będą:

- Polski słownik ITS, w którym zostaną przedstawione definicje wszystkich pojęć, występujących w KA ITS, wraz z obcojęzycznymi odpowiednikami, zależności pomiędzy poszczególnymi pojęciami oraz ilustracje i schematy,
- Raport z identyfikacji potrzeb w dziedzinie ITS w Polsce,
- Przegląd dostępnych rozwiązań (technologii, systemów, produktów, sprzętu) i kierunków rozwoju ITS w Polsce i na świecie,

- Przegląd architektur ITS obowiązujących w innych krajach.

Dokumenty te wraz z właściwym opisem architektury będą dostępne dla wszystkich zainteresowanych. Zakłada się, że ich upowszechnianiem zajmie się specjalny podmiot, o którym mowa w dalszej części artykułu.

Pomimo, że opracowanie strategii rozwoju systemów ITS zostało zaplanowane do przeprowadzenia w trzech etapach, Ministerstwo Infrastruktury wyraźnie zastrzega sobie, że umowa z konsultantem zostanie podpisana na wykonanie wyłącznie etapu I-go. Realizacja etapów II oraz III wynikać będzie z aneksu do umowy podpisanego przez strony, jeśli Ministerstwo Infrastruktury (MI), po wykonaniu etapu I podejmie decyzję o ich realizacji. Nastąpi to dopiero po sprawdzeniu i akceptacji przez Komitet sterujący w MI raportu z etapu I-go.

Etap II strategii rozwoju systemów ITS obejmuje swoim zakresem kolejne dwa zadania:

- Zadanie 2 to zaproponowanie strategii rozwoju inteligentnych systemów transportowych w Polsce,
- Zadanie 3 to właściwa propozycja budowy Krajowej Architektury ITS z podziałem na etapy.

Etap III opracowania strategii rozwoju systemów ITS składa się także z dwóch zadań:

- Zadanie 4 to plan wdrażania systemów ITS i Krajowej Architektury ITS w Polsce,
- Zadanie 5 polega na sporządzeniu trzech załączników zawierających:
  - I – propozycje założeń do rozwiązań legislacyjnych ustanawiających KA ITS i wspierających strategię rozwoju systemów ITS w Polsce,
  - II – wytyczne dla projektowania poszczególnych elementów KA ITS,
  - III – uzasadnienie wyboru zastosowania konkretnych rozwiązań technologicznych w przypadku rozwiązań niestandardowych.

Częściami składowymi krajowej architektury ITS będą opisy:

- struktur danych,
- usług (procesów, funkcjonalności),
- interfejsów,
- protokołów,
- standardów,

- systemów ITS objętych KA ITS i powiązań pomiędzy nimi wykonane przy pomocy wybranego narzędzia. Do schematów będą dołączone wyczerpujące opisy ułatwiające ich zrozumienie.

Opis architektury powinien zostać wykonany przy użyciu popularnych narzędzi służących do modelowania systemów informatycznych. W przypadku architektur ITS powstałych w innych krajach do tego celu najczęściej używane były metody procesowe (*Process Oriented Approach*), wykorzystujące takie pojęcia jak dekompozycja funkcjonalna i przepływy danych. Metodę tę stosowano w wielu dziedzinach związanych z projektowaniem inżynierskim a dopiero później zastosowano w informatyce. Stąd też, w powszechnej opinii, schematy wykonane zgodnie z metodą procesową są stosunkowo łatwo zrozumiałe dla większości inżynierów różnych branż, pracujących w realizacji projektów ITS. Z kolei to dzięki informatyce metody procesowe zostały „wzbogacone” o analizę strukturalną (*Structured Analysis*) [6]. Przy pomocy analizy strukturalnej wykonano opisy wielu architektur ITS. Tym niemniej w literaturze często wskazuje się także na wady tej metody polegające m.in. na trudnościach w dokonywaniu zmian w opisach dużych systemów.

Rzadziej do opisu architektur ITS stosowano metody obiektowe (*Object Oriented Approach*), bardziej użyteczne w projektowaniu systemów informatycznych, w których podobne do siebie procesy wykonywane są na różnych typach danych. Korzystanie z tych metod wymaga wcześniejszego, fachowego przygotowania i nie jest tak naturalne, jak w przypadku metod procesowych. Pierwsze zastosowania metod obiektowych w opisie systemów ITS miały miejsce w latach 60-tych ubiegłego wieku, m.in. do symulowania zachowania samochodów w ruchu i działania sterowników świateł. Metody obiektowe są szeroko stosowane we współczesnej informatyce i wspierane m.in. przez bardzo popularny język UML (*Universal Modelling Language*) [7].

KA ITS powinna opisywać także mechanizm konsolidujący i prezentujący dane (np. poprzez portale internetowe), pobierane z różnych autonomicznych systemów ITS. Uwzględniony zostanie fakt, że konsolidacja danych będzie dotyczyła również systemów powstałych przed zatwierdzeniem KA ITS.

W zależności od tego czy systemy ITS są stosowane na terenie:

- aglomeracji,
- miasta,
- obszaru wiejskiego

mają one różną efektywność finansową i skalę skomplikowania. Z tego względu w opisie KA ITS zostanie uwzględniony podział na te 3 obszary stosowania a także zostaną podane kryteria, które pozwolą na jednoznaczne zakwalifikowanie każdego obszaru, na którym będą stosowane systemy ITS do jednej z w/w grup.

Proponuje się, by opis Krajowej Architektury ITS został uzupełniony o dodatkowe dokumenty ułatwiające korzystanie z niej:

- oszacowania złożoności technicznej i pracochłonności poszczególnych systemów ITS, opisywanych przez KA ITS. (np. metodami COSMIC – FPP, COCOMO) [8],
- wzorcowa (przykładowa) specyfikacja istotnych warunków zamówienia (SIWZ), zgodna z Prawem zamówień publicznych, na system objęty KA ITS (np. system informacji pasażerskiej),
- analiza przepisów tworzących otoczenie prawne dla KA ITS,
- analiza zgodności opracowanej architektury z normami UE i polskimi.

Jedną z bardziej istotnych kwestii w pracach nad KA ITS będzie ustalenie, jaki ma być status tej architektury. Pod uwagę można wziąć następujące:

- „Opis dobrych praktyk”,
- rekomendacja,
- rozporządzenie Ministerstwa Infrastruktury,
- norma.

Należy zapewne przewidzieć rozciągniętą w czasie ewolucję statusu architektury, od sugestii („Opis dobrych praktyk”) do obligatoryjnych norm. Warto pamiętać, że pierwsza krajowa (*national*) architektura ITS powstała na początku lat 90-tych ubiegłego stulecia w USA i została wsparta odpowiednim ustawodawstwem (*Transportation Equity Act, 1997*) stwarzającym podstawy do jej dalszego rozwoju i stosowania.

Mając świadomość niebezpieczeństwa powstania niedoskonałej, pierwszej wersji krajowej architektury ITS w Polsce warto założyć, iż jej doskonaleniem zajmie się jednostka monitorująca funkcjonowanie i udostępniająca KA ITS. Zadania tej jednostki przedstawiono poniżej:

- udostępnianie, poprzez portal internetowy –
  - kompletnego opisu KA ITS,
  - aktualizowanych wersji dokumentów, opracowanych w związku z projektem KA ITS (lista producentów i integratorów, lista produktów etc.),
- ocenianie produktów i systemów ITS (oprogramowania i sprzętu) pod kątem zgodności z obowiązującą KA ITS,



- monitorowanie –
  - stałe badanie aktualności KA ITS na zmieniającym się rynku ITS (w szczególności powstawanie nowych standardów *de facto*),
  - benchmarking finansowy i funkcjonalny instalowanych w Polsce systemów (np. przeciętny koszt jednego punktu w systemach informacji pasażerskiej). Pozyskiwanie tych danych nie powinno nastręczać specjalnych problemów prawnych m.in. dzięki ustawie o dostępie do informacji publicznej. Nie ma wątpliwości, że dane tego typu wsparte powykonawczym opisem uruchomionego systemu mogą być bardzo przydatne dla innych zamawiających. Na mocy Prawa zamówień publicznych zamawiający są zobowiązani do oszacowania wartości przedmiotu zamówienia.

Architektura wsparta działaniem jednostki monitorującej i udostępniającej powinna być użyteczna dla wszystkich podmiotów publicznych zainteresowanych instalacją systemów ITS. Proces kupowania takich systemów powinien przebiegać szybciej i sprawniej. Istnienie Krajowej Architektury ITS powinno także stymulować tworzenie architektur regionalnych, uwzględniających lokalną specyfikę i szczególne wdrożenia.

Ważne są tu także korzyści dla nowych, innowacyjnych firm z branży producentów elementów i całych systemów ITS. Firmy te, tworząc nowe rozwiązania będą mogły zapoznać się z aktualnym i pełnym stanem wiedzy na temat ITS a także zapewnić swoim rozwiązaniom kompatybilność i interoperacyjność z innymi systemami. Możliwość uzyskania dla nowych produktów certyfikatu zgodności z KA ITS powinna otworzyć tym firmom dostęp do kontraktów finansowanych ze środków publicznych a także ułatwić konkurencję na krajowym rynku z produktami i usługami firm zagranicznych. Tym niemniej osoby animujące powstanie KA ITS mają świadomość istnienia głosów sceptycznych, kwestionujących potrzebę powstania KA ITS.

W rozważaniach „warto czy nie warto mieć architekturę ITS” należy wziąć pod uwagę głosy ekspertów z krajów, które mają już tę architekturę [9]. Możliwe konsekwencje braku KA ITS wymieniono poniżej:

- trudności w rozbudowie i modyfikacji systemów,
- brak możliwości adaptacji nowych technologii,
- droga/nieopłacalna/niemożliwa integracja systemów.

W rezultacie koszty realizacji projektów są wyższe, pojawiają się ograniczenia w dostępie do usług serwisowych i niepowodzenia w osiąganiu pełnej wydajności ITS.

KA ITS nie jest typowym projektem informatycznym, bowiem w jej ramach nie powstanie żadne oprogramowanie. Jednak tworzenie tej architektury niesie ze sobą niebezpieczeństwa, typowe dla projektów informatycznych. Według raportu firmy konsultingowej Standish Group, obejmującego lata 1996 – 2003 tylko 16% – 20% projektów informatycznych kończy się w terminie, w ramach budżetu i spełnia oczekiwania klienta (użytkownika). Wobec tego proces tworzenia architektury powinien być prowadzony w taki sposób, by niebezpieczeństwo te zminimalizować.

Krajowa Architektura ITS ma także cechy typowego projektu informatycznego. Są to:

- złożoność,
- interdyscyplinarność czyli konieczność współpracy ekspertów z wielu dziedzin,
- konieczność uwzględnienia zmienności technologii w całym okresie życia KA ITS,
- niematerialny charakter architektury – trudności w szacowaniu kosztów i produktów oraz w kontrolowaniu końcowego rezultatu prac,
- konieczność opisanie współdziałania różnych systemów i technologii (problemy integracji), w tym także sprzętu pochodzącego do różnych producentów,
- duża zmienność wymagań i uwarunkowań w trakcie powstawania a także później, w okresie obowiązywania.

Wybór wykonawcy opracowania został przeprowadzony na przełomie 2008 i 2009 roku zgodnie z procedurami Banku Światowego, bowiem Bank finansuje ten projekt. Zamawiającym jest w tym przypadku Ministerstwo Infrastruktury RP. Sposób prowadzenia postępowania był zgodny z procedurami wyboru uznawanymi przez Bank czyli był to wybór oparty na jakości i cenie (QCBS – *Quality- and Cost-Based Selection*) zgodnie z procedurami określonymi w Wytycznych Banku Światowego dotyczącymi wyboru i zatrudniania Konsultantów przez Pożyczkobiorców Banku Światowego. Jest to procedura prowadzona na zasadach konkurencji wśród firm z krótkiej listy. Krótka lista może się składać całkowicie z krajowych oferentów należących do tej samej kategorii, o podobnych możliwościach, doświadczeniu i celach działalności. Niestety, gdyby w Polsce

w chwili obecnej szukać zespołów mających doświadczenie w tworzeniu architektur ITS to byłyby w tej chwili tylko dwa, które opracowały:

1. Regionalną architekturę ITS dla Trójmiasta „TRISTAR”;
2. Studium wykonalności Inteligentnych Systemów Transportowych dla Bydgoszczy.

Wobec tego w przyszłości konieczne może być takie sformułowanie kryteriów dopuszczających do udziału w procedurze wyboru by udział w niej mogły wziąć podmioty, które nie mają bezpośrednich doświadczeń w tworzeniu architektur ITS. Dopuszczono także możliwość stworzenia konsorcjum w celu podniesienia kwalifikacji konsultantów. Kryteria oceny oferty dopuszczają, w odróżnieniu od polskiego Prawa zamówień publicznych, by cena oferty otrzymała wagę 20% a jakość oferty – 80%. Ministerstwo wyłoniło w maju 2009 roku zwycięzcę ogłoszonego konkursu, jednakże w chwili pisania niniejszego artykułu nie została podpisana jeszcze stosowna umowa na opracowanie strategii rozwoju systemów ITS w Polsce. W skład zwycięskiego konsorcjum wchodzi trzy firmy: Egis Poland, francuska Egis Mobilité, oraz międzynarodowa IBI Group.

## **5. PODSUMOWANIE**

W Polsce w najbliższym czasie rozpoczną się prace, których końcowym choć odległym efektem ma być Krajowa Architektura ITS. Konieczność podjęcia tych prac wynika z obowiązujących dokumentów strategicznych państwa. Zapewnione jest finansowanie tych prac. Ministerstwo Infrastruktury wybierze wykonawcę KA ITS.

Proces tworzenia KA ITS jest niemal tak samo ważny jak architektura, która jest wynikiem tego procesu. Proces ten będzie wymagał od twórców architektury dokładnego i systematycznego myślenia o podmiotach, które będą jej beneficjentami a także współpracy z nimi.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] MINISTERSTWO TRANSPORTU, „Polityka Transportowa Państwa do roku 2020” (projekt)
- [2] MINISTERSTWO TRANSPORTU, „Strategia Rozwoju Transportu na lata 2007-2013”
- [3] MINISTERSTWO TRANSPORTU, „Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko na lata 2007-2013”
- [4] KOMISJA WSPÓLNOT EUROPEJSKICH, „Plan działania na rzecz wdrażania inteligentnych systemów transportowych w Europie”, grudzień 2008
- [5] LITWIN M., „The Role of ITS National Architecture and Standards; The Canadian Experience”, IV Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna, Poznań, maj 2003.
- [6] Por. Roszkowski J., „Analiza i projektowanie strukturalne”, Wyd.Helion, 2004
- [7] Por. Wrycza St., Marcinkowski B., Wyrzykowski K., „Język UML 2.0 w modelowaniu systemów informatycznych”, Wyd.Helion, 2006
- [8] Por. Yourdon Ed, „Just Enough Structured Analysis” ([www.yourdon.com](http://www.yourdon.com)), Czarnacka-Chrobot B., „Pomiar rozmiaru funkcjonalnego systemu informatycznego”, materiały na Konferencję PTI, Mrągowo, listopad 2004
- [9] Por. np. Jesty P.H., Bossom R.A.P., „To Use, or Not to Use an ITS Architecture” ([www.frame-online.net](http://www.frame-online.net))



## **Czy mamy „PRAWO” do wdrażania ITS w Polsce ?**

Stały postęp w dziedzinie zarządzania ruchem drogowym w krajach o rozwiniętej motoryzacji i systemie dróg coraz częściej wymaga od służb zarządzających ruchem sięgania po najnowocześniejsze technologie, w tym także w Polsce. Wprawdzie daleko nam jeszcze do eksploatacji nowoczesnych autostrad i dróg ekspresowych, ale ciągle słyszymy, że kiedyś będą, więc pora także zastanowić się jak w efektywny sposób zarządzać w przyszłości potokiem poruszających się po nich pojazdów.

Moje dotychczasowe doświadczenia zawodowe wynikające m.in. z opiniowania dokumentacji projektowych i założeń dla systemów sterowania ruchem na projektowanych odcinkach autostrad w Polsce nie napawają optymizmem. Pomijam fakt etapowania inwestycji realizowanych przez różne podmioty, ostatnio również w systemie „zaprojektuj i buduj”, gdzie np. nie doszukałem się spójnego systemu poboru opłat na całym przebiegu autostrady A-4 (KAŻDY ZAJMUJE SIĘ SWOIM I TYLKO SWOIM ODCINKIEM!!!), ale kuriozalnym rozwiązaniem jest np. projektowanie znaków i tablic o zmiennej treści na .... łącznicach dojazdowych do autostrady, z pominięciem lokalizacji jakichkolwiek informacji na dojazdach do nich!

Wynika to z faktu, że projekty budowlane obejmują odcinki autostrad, wraz z węzłami oraz ich wyposażeniem, a nie obejmują dojazdów (w tym także skrzyżowań sąsiednich), nawet w zakresie oznakowania (organizacja ruchu) . W efekcie pierwszą informację o zablokowanej autostradzie (np. w wyniku zdarzenia drogowego) kierujący pojazdem otrzyma będąc już na łącznicy, a nie na dojeździe do niej. Informacja taka będzie wówczas całkowicie nieprzydatna, bo i tak będzie już stał w korku, bez możliwości wykonania jakiegokolwiek manewru. Może taka konstrukcja „logiczna” systemu z góry zakłada, że na dojazdach „szybko” pojawią się ... służby policyjne, aby kierować na objazdy z pominięciem najbliższych łącznic ? Jeśli tak, to po co w ogóle ITS na polskich autostradach ?

Mając na uwadze przyszły komfort użytkownika polskich autostrad, oceniany z pozycji przeciętnego użytkownika, zadałem sobie trud prześledzenia stosownych zapisów prawnych, dotyczących wdrażania systemów ITS w Polsce, obowiązujących zarówno projektantów, jak i „decydentów”, zwłaszcza, że w gestii „decydentów” (GDDKiA) leży zarówno zlecanie dokumentacji projektowych (w tym tworzenie specyfikacji technicznych), ich zatwierdzanie i wdrażanie (nadzór nad inwestycją, dopuszczenie do eksploatacji) . Nie wiem dlaczego, ale mam w tym miejscu dziwne, daleko idące skojarzenie ze sloganem – hasłem wygłoszonym w jednym z polskich kultowych filmów, jakim jest ....„Seksmisja”: „LIGA RZĄDZI, LIGA RADZI, LIGA NIGDY NAS NIE ZDRADZI”. Nie doszukuję się tu oczywiście żadnej analogii, bo film jest abstrakcyjną komedią, a autostrady w Polsce staną się kiedyś w końcu rzeczywistością, choć na dzień dzisiejszy brzmi to też nieco abstrakcyjnie.

Ale teraz poważnie – ustawa „Prawo o ruchu drogowym” z dnia 20 czerwca 1997 r. (Dz.U. nr 108/2005, poz. 908 – tekst jednolity) zobowiązuje:

- ministrów właściwych do spraw transportu oraz do spraw wewnętrznych, w porozumieniu z Ministrem Obrony Narodowej, do określenia, w drodze rozporządzenia, znaków i sygnałów obowiązujących w ruchu drogowym, ich znaczenie i zakresu obowiązywania z uwzględnieniem w szczególności konieczności dostosowania sygnałów drogowych do postanowień umów międzynarodowych (art. 7. ust. 2),
- ministra właściwego do spraw transportu do określenia, w porozumieniu z ministrem właściwym do spraw wewnętrznych, w drodze rozporządzenia, szczegółowych warunków technicznych dla znaków

i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego, a także warunków ich umieszczania na drogach, uwzględniając konieczność zapewnienia czytelności i zrozumiałości znaków i sygnałów drogowych dla uczestników ruchu drogowego (art.7. ust.3),

- ministra właściwego do spraw transportu do określenia w drodze rozporządzenia, w porozumieniu z ministrem właściwym do spraw wewnętrznych i Ministrem Obrony Narodowej, szczegółowych warunków zarządzania ruchem na drogach oraz wykonywania nadzoru nad tym zarządzaniem (art. 10) .

Powyższe delegacje ustawowe „zaowocowały” następującymi aktami wykonawczymi:

- ROZPORZĄDZENIEM MINISTRÓW INFRASTRUKTURY ORAZ SPRAW WEWNĘTRZNYCH I ADMINISTRACJI z dnia 31 lipca 2002 r. w sprawie znaków i sygnałów drogowych obowiązujących w ruchu drogowym (Dz. U. nr 170 z dnia 12 października 2002 r. poz.1393) – rozporządzenie to nie określa możliwych do stosowania wzorów SYMBOLI znaków o zmiennej treści, OBOWIĄZUJĄCYCH W RUCHU DROGOWYM. Jedynie w § 1 ust. 3. w punkcie 1 ogólnie zapisano, że na drogach stosuje się znaki pionowe w postaci tarcz, tablic z napisami lub symbolami, które występują również w postaci znaków świetlnych – *rozporządzenie nie wskazuje zatem użytkownikom dróg odniesienia wprost do możliwości wystąpienia na drodze znaków o zmiennej treści (jest jedynie mowa o znakach pionowych świetlnych), nie wskazuje też wprost możliwości ich stosowania przez służby zarządzające ruchem. EFEKT: użytkownik drogi może jedynie... kojarzyć znaczenie wyświetlanych przez takie znaki symboli z symbolami znaków tradycyjnych, a brak zapisów odnośnie ich znaczenia (nadrzędne w stosunku do tradycyjnych, równoznaczne, czy tylko „zalecane”) może powodować ich ignorowanie.*
- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA INFRASTRUKTURY z dnia 3 lipca 2003 r. w sprawie szczegółowych warunków technicznych dla znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunków ich umieszczania na drogach (Dz. U. nr 220 z dnia 23 grudnia 2003 r. poz. 2181) – rozporządzenie o warunkach technicznych powinno uszczegółowić zakres stosowania (cyt.) ... „znaków pionowych świetlnych” dopuszczonych do stosowania na drogach, ale oprócz innego nazewnictwa wprowadza dalsze niespójności:

- załącznik nr 1 p. 1.6.: (cyt.) ... „Znaki o zmiennej treści są uzupełnieniem znaków stałych o nieziennej treści i formie”. Mogą występować w dwóch odmianach:
  - o rysunku ciągłym (możliwość wyświetlania 3-5 symboli o barwie i wymiarach zgodnych ze znakami stałymi),
  - w postaci nieciągłej (możliwe są symbole lub napisy, przy czym barwy są „... odwrotnością barw znaków stałych”).

Powyższe sformułowania ogólne są niezrozumiałe w praktyce (np. jaki kolor jest „odwrotnością” czerwonego, bądź żółtego, czy niebieskiego ?)

Niezrozumiałe są też dalsze zapisy:

- Znaki o rysunku ciągłym: mogą być odblaskowe lub ... odblaskowe podświetlane, przy czym dla odblaskowych podświetlanych należy zapewnić równomierność luminancji – *rozporządzenie nie precyzuje czego dotyczą zasadnicze różnice, można jedynie domyślać się, że znaki odblaskowe podświetlane są dodatkowo ... oświetlane, ale jakim źródłem światła i po co, tego „prawo” nie precyzuje,*
- Znaki świetlne o rysunku nieciągłym: mogą odpowiadać barwą i kształtem odpowiednim znakom pionowym, ale mogą też .... im nie odpowiadać! Możliwe jest zastosowanie form uproszczonych (*cokolwiek to oznacza*) i zmiana barw: tła z białego lub żółtego na czarny i symboli z czarnego na biały lub żółty. Ponadto obrzeża znaków zakazu i ostrzegawczych są czerwone, pozostałych mogą być barwy niebieskiej w połączeniu z dowolną inną barwą stosowana na znakach drogowych – *rozporządzenie dopuszcza więc daleko idącą dowolność w tym zakresie, co w praktyce oznacza możliwość zastosowania różnorodnych rozwiązań dla jednej drogi.*
- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA INFRASTRUKTURY z dnia 23 września 2003 r. w sprawie szczegółowych warunków zarządzania ruchem na drogach oraz wykonywania nadzoru nad tym zarządzaniem (Dz. U. nr 177 z dnia 14 października 2003 r. poz.1729) -rozporządzenie w sprawie zarządzania ruchem umożliwia zarządzanie ruchem z wykorzystaniem znaków o zmiennej treści (§ 2, ust. 1, pkt.2), jednak narzędzia użyte w tym celu przez organ zarządzający ruchem (znaki i tablice tekstowe) mogą być nie w pełni zrozumiałe przez użytkowników dróg (treść obowiązująca, czy zalecana ?) . Zamierzony efekt może zatem być trudny do osiągnięcia.



## WNIOSKI:

**Aby skutecznie zarządzać ruchem na polskich drogach za pomocą nowoczesnych technologii niezbędne są daleko idące zmiany prawne wprowadzające m.in. definicję znaków o zmiennej treści (Prawo o ruchu drogowym), możliwe barwy tych znaków i ich konfiguracje (rozporządzenie w sprawie znaków i sygnałów obowiązujących w ruchu drogowym) oraz doprecyzowujące warunki techniczne w odniesieniu do norm obowiązujących w UE.**

Ponadto wskazane są zapisy umożliwiające stosowanie zaawansowanych rozwiązań ITS, które aktualnie są już w Polsce coraz częściej stosowane, bo .... **nie są zabronione!** Odbywa się to z dużą dowolnością w zakresie zarówno założeń systemu, jak i materiałów (technologii) stosowanych do jego obsługi.

Przysłowiowym „światłem w tunelu” jest aktualnie opracowywana i dalece zaawansowana DYREKTYWA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY EUROPEJ w sprawie wdrażania inteligentnych systemów transportowych w dziedzinie transportu drogowego oraz ich interfejsów z innymi rodzajami transportu, która zobowiąże m.in. kraje członkowskie do wdrażania jednolitych procedur w zakresie ITS i tworzenia baz danych w sposób umożliwiający ich wykorzystanie przez system uniwersalny.

Oby powyższe uwarunkowania zewnętrzne nie okazały się dalece odbiegające od tworzonych w moim odczuciu często „na prędkę” pseudo systemów, bo chyba nie stać nas na taką podwójną robotę. Nie jestem pesymistą, ale jeśli już wybudujemy sieć autostrad, z .... archaicznym systemem poboru opłat wykorzystującym bramki, może okazać się, że system zarządzania ruchem na nich jest równie archaiczny. Z jednego i drugiego trzeba się będzie docelowo wycofać, ale zrobi to już pewnie przyszłe pokolenie, po ..... kolejnej reformie polskiego drogownictwa.

Zachęcam do dyskusji na ten temat na forum Klubowym.





## **SYSTEMY ZARZĄDZANIA RUCHEM – UJĘCIE SYSTEMATYCZNE**

### **I. WSTĘP**

Inteligentne systemy transportowe (ITS), to zastosowanie zaawansowanych technologii (systemy komputerowe, detektory, sterowanie, telekomunikacja i elektronika) w transporcie w celu zwiększenia jego bezpieczeństwa, oszczędzania czasu, obniżenia kosztochłonności i energochłonności oraz redukcji ujemnego wpływu na środowisko naturalne [22]. Zastosowanie Inteligentnych Systemów Transportu jest, więc jednym ze sposobów doskonalenia systemów transportowych w celu zwiększenia ich sprawności, efektywności i bezpieczeństwa. ITS dostarczają różnorodnych narzędzi, począwszy od zaawansowanych systemów sterowania ruchem za pomocą sygnalizacji świetlnej, poprzez systemy zarządzania przepływami pojazdów w sieci uliczno-drogowej, aż do systemów realizujących priorytety dla uprzywilejowanych środków transportu. Atrakcyjność systemów ITS wynika z tego, że stwarzają one duże możliwości znacznego wzmocnienia pozytywnych cech transportu, takich jak: dostępność, mobilność i bezpieczeństwo, przy równoczesnym istotnym osłabianiu jego cech negatywnych, jak: koszty budowy infrastruktury, zatłoczenie, zdarzenia drogowe, niekorzystne oddziaływanie na środowisko i zużycie energii. Systemy ITS dzięki zintegrowanemu charakterowi rozwiązań (np. ruch indywidualny, transport zbiorowy i transport towarów) warunkują realizację strategii zrównoważonego rozwoju. Zastosowanie systemów wykorzystujących technologię ITS przyczynia się do:

- zmniejszenia nakładów na infrastrukturę transportową nawet o 30 – 35 %, przy uzyskaniu tych samych efektów poprawy sprawności systemu,

---

<sup>1</sup> Zakład Badań Operacyjnych i Sztucznej Inteligencji Instytutu Informatyki Politechniki Poznańskiej

jak w przypadku budowy nowych odcinków dróg lub modernizacji istniejących,

- zwiększenia nawet o 20 % sprawności sieci transportowych (mierzonej przepustowością) bez konieczności wykonywania inwestycji drogowych,
- znacznego zmniejszenia liczby zdarzeń i ofiar wypadków drogowych,
- oszczędności czasu podróży i liczby zatrzymań (50%),
- znaczącego zmniejszenia emisji spalin i poziomu hałasu.

Istotną cechą systemów zarządzania ruchem ITS jest ich otwartość, umożliwiającą integrację systemów różnych producentów, w celu uzyskania efektu synergicznego, zarówno dla skrócenia wdrażania systemów, jak i uzyskania możliwie najwyższej jakości ruchu.

W referacie przedstawia się ogólną charakterystykę procesu ruchu i analizuje jego złożoność wynikającą przede wszystkim z nieliniowości zależności makro-parametrów: natężenia, koncentracji i prędkości ruchu, będącą przyczyną głównych problemów zarządzania ruchem, które są specyficzne dla sieci transportowych, a nie występują w sieciach komputerowych czy telekomunikacyjnych.

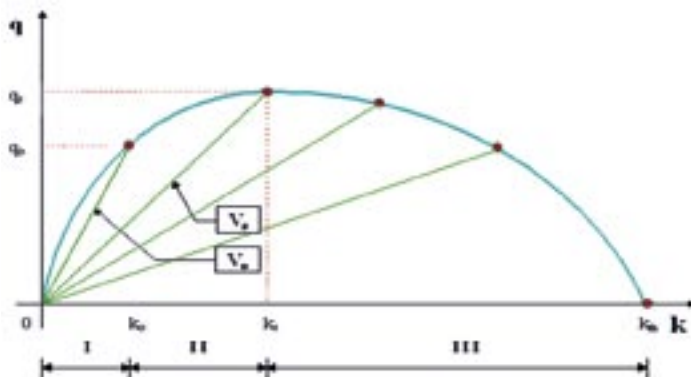
W zasadniczej części referatu wprowadza się hierarchiczną strukturę zarządzania ruchem, jako konsekwencję wyodrębnienia procesów decyzyjnych, o różnym horyzoncie czasowym. Dalej omawia się zarządzanie operacyjne, zarządzanie taktyczne i zarządzanie strategiczne, jako systemy kolejno zagnieżdżone, obejmujące swym zakresem coraz szerszy horyzont czasowy, a także przestrzenny miasta. Efektywność poszczególnych poziomów zarządzania ruchem potwierdza się niektórymi wynikami badań europejskich i krajowych.

W ostatniej części referatu, na tle wprowadzonej hierarchii, przedstawia się stan zaawansowania systemów zarządzania w miastach Polski, które rozpoczęły ich wdrażanie, a więc Poznaniu, Warszawie, Krakowie i Łodzi oraz w Trójmieście, które opracowało szczegółową koncepcję zintegrowanego systemu zarządzania ruchem w Gdyni, Sopocie i Gdańsku.

## **2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA PROCESU RUCHU**

Proces przemieszczania ludzi i towarów w sieci ulic miasta jest szczególnie złożonym, nie tylko ze względu na znaczne rozproszenie, ale przede wszystkim z powodu istotnych nieliniowości jego charakterystyk, niestacjonarności

i niejednorodności. Chęć korzystania przez licznych użytkowników z tych samych fragmentów sieci lic w tym samym czasie prowadzi do przekroczenia ich przepustowości, powstawania znacznych kolejek, zatorów, a nawet zablokowania części miasta. Skutkami zatłoczenia są obniżenie bezpieczeństwa, sprawności i efektywności podróżowania oraz negatywny wpływ na środowisko i zdrowie mieszkańców, szczególnie w centrach miast.



Rys.1. Podstawowa zależność  $q = v k$

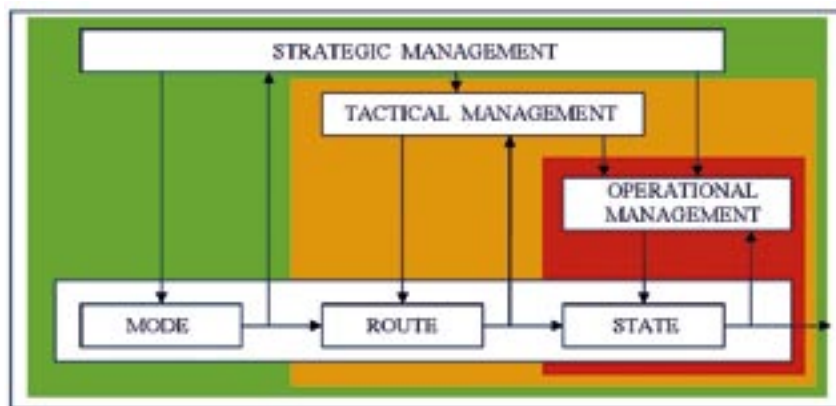
Na rys.1 przedstawiono podstawową zależność pomiędzy natężeniem ruchu  $q$ , jego koncentracją  $k$  oraz średnią prędkością przestrzenną  $v$  na jednorodnym odcinku drogi, która charakteryzuje stany ruchu, jakie mogą wystąpić w sieci ulic. Średnie prędkości przestrzenne odpowiadają tangansom nachylenia siecznych przechodzących przez początek układu współrzędnych i punkt na krzywej  $q(k)$ , względem osi koncentracji ruchu. Funkcja  $q(k)$  jest silnie nieliniowa (zbliżona, do paraboli), dlatego przedział określoności koncentracji ruchu  $k$  podzielimy na podprzedziały I, II i III. Przedział I, to prędkości ruchu przekraczające dopuszczalne wartości na danym odcinku drogi, czyli winna w ni być utrzymywana stała prędkość. W przedziale II wzrost natężenia ruchu okupiony jest maleniem jego prędkości, a więc płynność ruchu kontra przepustowość. Po przekroczeniu koncentracji krytycznej (nasycenia)  $k_s$ , wkracamy do przedziału III, w którym ze wzrostem koncentracji następuje degradacja obu kryteriów, zarówno przepustowości jak i płynności ruchu. Stany ruchu z tego obszaru winny być, zatem zabronione, za wyjątkiem wartości maksymalnej koncentracji w obszarze kumulacji pojazdów na wlotach sieci, oczekujących na wjazd. Stan ten odpowiada chwilowemu, niezamierzonemu parkowaniu i to w miejscu niedo-

zwolonym. Przedziałem roboczym jest, zatem podprzedział II, w którym należy poszukiwać kompromis pomiędzy płynnością ruchu i jego przepustowością. Natomiast winno się unikać stanów z poza przedziału II, a jeśli już wystąpią, to możliwie szybko je przetransformować w stany z przedziału roboczego.

Utrzymywanie procesu ruchu w stanach roboczych, szybkie reagowanie na zmiany wynikające nie tylko z jego niestacjonarności i różnorodności, a także wpływanie na jego strukturę, to główne zadania systemów zarządzania ruchem.

### 3. HIERARCHICZNA STRUKTURA ZARZĄDZANIA RUCHEM

W procesie ruchu w mieście można wyróżnić podprocesy zachodzące w różnych horyzontach czasowych [1,15]. I tak będą to procesy stosunkowo szybkie (sek.), związane z bieżącymi decyzjami przy poruszaniu się na odcinku ulicy czy skrzyżowaniu ulic (np. wybór pasa ruchu na wlocie skrzyżowania). Wolniejsze procesy (min.) wiążą się z wyborem jednej z alternatywnych tras przejazdu do celu podróży, a także poszukiwaniem wolnych miejsc parkingowych. Najwolniejsze(godz.), to procesy wynikające z decyzji o przemieszczaniu, w tym wyboru środka transportu. Z tak zdekomponowanym procesem ruchu można skojarzyć sposoby oddziaływania na niego, które swym zasięgiem obejmują coraz szerszy horyzont czasowy. Wyodrębnimy, więc (rys.2) zarządzanie operacyjne, zarządzanie taktyczne i zarządzanie strategiczne.



Rys.2. Struktura hierarchiczna zarządzania ruchem

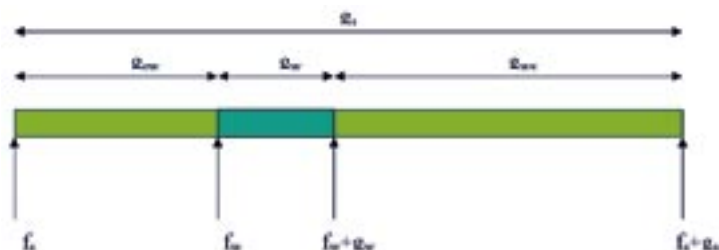
### 3.1. Zarządzanie operacyjne

Zarządzanie operacyjne to bezpośrednie oddziaływanie na ruch (proces szybki) w celu jego szeroko pojętej stabilizacji w przedziale roboczym koncentracji. Stabilizacja będzie polegała na zregulowaniu odchyień ruchu od wartości pożądanych, przede wszystkim za pomocą sygnalizacji świetlnej. Działanie to dotyczy nie tylko pojazdów osobowych, ale także transportu publicznego, w przypadku odchyień od rozkładu jazdy, oraz transportu towarowego. Poprzez kompresję ruchu (znaki zmiennej treści), w drodze obniżenia prędkości ruchu zapobiega się przesyceniom, stabilizując ruch w przedziale roboczym. Znaki zmiennej treści wykorzystywane są także do dynamicznego przydziału pasów ruchu do kierunku ruchu lub środka ruchu. Oddziaływania za pomocą sygnalizacji świetlnej dotyczą parametrów cyklu sterującego, a więc wydłużania i skracania długości cyklu (w szczególności cykle podwójne albo połówkowe), zmiany offsetów i splitów, a także sekwencji sygnałów, łącznie z podwójnym zapaleniem w cyklu.

Inne, adaptacyjne podejście do sterowania ruchem [13, 25] definiuje tzw. okna czasowe, w ramach których jest wyświetlany sygnał zielony. Okno czasowe wąskie jest obligatoryjne i przy braku zgłoszeń na detektorach realizuje się okresowo ze stałym cyklem bazowym  $C_b$ . Natomiast przy zapotrzebowaniu na dłuższą obsługę, niż gwarantuje okno wąskie, sygnał zielony może rozpocząć się wcześniej, w dowolnym momencie  $f$  pomiędzy  $f_s$  i  $f_w$  oraz zakończyć później, w dowolnym momencie pomiędzy  $f_w+g_w$  i  $f_s+g_s$ , czyli początek i czas trwania sygnału zielonego są zmienne. W kolejnych cyklach sterowania początki i końce sygnałów zielonych będą następowały ze zmiennym cyklem, oscylującym w dużym zakresie wokół stałej wartości  $C_b$ . Istotną różnicą pomiędzy oknami czasowymi, a tzw. akomodacją jest zmienność długości cyklu wokół wartości bazowej, która umożliwia bilansowanie ruchu w horyzoncie czasowym obejmującym kilka cykli sterowania, uwzględniając naturalne wahania natężenia ruchu z cyklu na cykl (bazowy).

Istniejące podejścia do sterowania ruchem można podzielić na mikrosterowanie, makrosterowanie i sterowanie hierarchiczne [1]. Sterowanie stałoczasowe (makrosterowanie), jako szczególny przypadek sterowania w ramach okien czasowych wystąpi, gdy okna szerokie i wąskie są identyczne. Sterowanie niczym nieograniczone (mikrosterowanie) będzie miało miejsce, gdy okno wąskie będzie dopełnieniem okna szerokiego, a okno szerokie będzie dostatecznie długie (np. równe długości cyklu). Możemy wtedy mówić o ujemnej szerokości

okna wąskiego, która oznacza, że moment najpóźniejszego zapalenia sygnału zielonego pokrywa się z końcem okna szerokiego, a moment najwcześniejszego zgaszenia sygnału zezwalającego na ruch pokrywa się z początkiem okna szerokiego. A więc, sterowanie w ramach okien czasowych jest sterowaniem pośrednim pomiędzy obu klasycznymi sposobami sterowania, będąc ich uogólnieniem. System okien czasowych stanowi, więc kompromis pomiędzy całkowitą swobodą mikrosterowania, a sztywnością makrosterowania. Zapewniając stabilność sterowania, umożliwia jednocześnie jego adaptacyjność, które to cechy łącznie nazwiemy elastycznością. Elastyczna koordynacja ruchu różni się istotnie również od klasycznego podejścia hierarchicznego, gdyż nie rozdziela optymalizacji splitów od optymalizacji offsetów, a z optymalizacją bazowej długości cyklu wiąże wyznaczanie optymalnych struktur sterowania w sieci ulic.



Rys.3. Okna czasowe szerokie i wąskie

### 3.2. Zarządzanie taktyczne

Zarządzanie taktyczne to bezpośrednie oddziaływanie na podproces decyzyjny wyboru trasy przejazdu, a także pośrednie oddziaływanie poprzez zarządzanie operacyjne. Bezpośrednie oddziaływanie na ruch w ramach zarządzania taktycznego odbywa się poprzez informowanie kierowców, jak również pasażerów na przystankach, za pomocą tablic zewnętrznych o zmiennej treści oraz nawigacji wewnątrz pojazdów o alternatywnych trasach dotarcia do celu podróży, a także do niezapełnionych parkingów.

Znane jest zjawisko dywersyfikacji ruchu w wyniku polepszenia efektywności sterowania na jednej z alternatywnych arterii. Szczególnego znaczenia nabiera ono w warunkach zatłoczenia, któremu trzeba zapobiegać, ograniczać względnie przemieszczać w mniej newralgiczne obszary sieci. Odbywa się



poprzez równoważenie obciążenia tras alternatywnych, w celu wykorzystania przepustowości sieci ulic, jak również ograniczanie dopływów i udrażnianie odpływów z przesyconych obszarów sieci, aby ograniczyć możliwości powstania wtórnego zatłoczenia, eliminującego praktycznie przesycone obszary ze sprawnej obsługi transportowej (kumulacja wielu niekorzystnych zjawisk). Pośrednio z poziomu zarządzania taktycznego wpływa się na wartości długości cyklu, offsetów i splitów oraz na sekwencję sygnałów świetlnych zapobiegające blokowaniu odcinków ulic i skrzyżowań, zapewniając odpowiednią koordynację ruchu, zoptymalizowaną na tym poziomie.

W ramach projektu badawczego COSMOS [3], zrealizowanego w Londynie, Turynie i Pireusie, jako uzupełnienie istniejących systemów odpowiednio SCOOT, UTOPIA i MOTION, o moduł kierowania ruchu na trasy alternatywne za pomocą VMS, uzyskano kilkunasto procentową dywersyfikację ruchu, zmniejszając istotnie zatłoczenie. przeprowadzone w każdym z trzech miast wykazały istotną poprawę warunków ruchu. I tak w Londynie ograniczenie dopływu pojazdów do zatłoczonego odcinka pozwoliło zredukować straty czasu w szczycie porannym o 22%. W Pireusie nastąpiło skrócenie czasów podróży o około 10%, a w Turynie o 7-18%. W Londynie 13% ruchu zostało skierowane na trasy alternatywne za pomocą znaków o zmiennej treści, w Pireusie 19% kierowców zmieniła trasę przejazdu. W Turynie mierzono poziom zatłoczenia i uzyskano 10% poprawę. Ocena wzrostu przepustowości w sieci była utrudniona. W Londynie przeprowadzono ją symulacyjnie uzyskując od 2 do 20% przyrost w zależności od lokalizacji zatoru. W Pireusie nie uzyskano istotnej poprawy, a w Turynie wyznaczono jedynie ogólną korelację pomiędzy obniżeniem czasu podróży i wzrostem przepustowości. Emisja spalin i zużycie paliwa (za wyjątkiem tlenków azotu) zmniejszyła się w Londynie od 8 do 11%, w Pireusie od 2 do 14%, a w Turynie od 4 do 5%. Analiza ekonomiczna oszczędności w czasie podróży (w oparciu o koszt średniej godziny pracy) wykazała w Londynie oszczędność 714 120 ECU rocznie (koszt godziny 16.40 ECU), w Pireusie 237 600 ECU (koszt godziny 6 ECU) i w Turynie 3 139 000 dla całego systemu (koszt godziny 6 ECU). Wyniki badań potwierdziły skuteczność procedur zarządzania zatłoczeniem za pomocą znaków o zmiennej treści, niezależnie od systemu bazowego, a więc możliwe do osiągnięcia w systemach hierarchicznych o różnym rozdziale funkcji pomiędzy poziomym sterowaniem.

Systemy makrosterowania ruchem ze sztywną koordynacją (np. typu „zielona fala”) pracujące w układzie otwartym i realizujące sterowanie wieloprogramowe z przełączaniem planów sygnalizacji i monitorowaniem stanów ruchu

i sygnalizacji, cechuje niewielką adaptacyjność. W systemach mikrosterowania powszechnie występują problemy ze stabilnością, które w stanach podnasyconych degradują jakość sterowania poniżej poziomu uzyskiwanego w systemach makrosterowania. W klasycznych systemach hierarchicznych sztywność podziału na poziomy sterowania według charakteru zmiennych sterujących znacznie ogranicza adaptacyjność sterowania.

Zdefiniowanie zmiennych sterowanych w postaci okien czasowych, zawartych w oknach szerokich i obejmujących okna wąskie, stworzyło podstawy do sterowania obszarowego stabilnego [13,17] (z odpowiednim zapasem stabilności zawartym w oknach ograniczających) i ze znacznym stopniem adaptacyjności (niezbędnym dla utrzymania wysokiej jakości sterowania), wynikającym z różnicy pomiędzy oknem szerokim i wąskim. Obsługa ruchu głównego odbywająca się na zasadzie priorytetu w stosunku do ruchu lokalnego, służy przede wszystkim do utrzymania koordynacji głównych grup pojazdów oraz realizacji priorytetu dla pojazdów transportu zbiorowego.

Przeprowadzono badania symulacyjne porównawcze algorytmów sterowania adaptacyjnego, stało-czasowego i acyklicznego na modelu arterii ul. Serbskiej w północnym obszarze Poznania [1]. Całkowite starty czasu przy przejeździe przez arterię są znacznie niższe, gdy stosowane jest sterowanie adaptacyjne. Analizując kierunek na wschód są one niższe o 29%, a na kierunku przeciwnym na zachód nawet o 58%, w stosunku do sterowania stało-czasowego o identycznej długości cyklu. Analogiczne porównanie algorytmów adaptacyjnego i acyklicznego lokalnego daje odpowiednio o 161% i 135% niższe straty czasu w przypadku koordynacji elastycznej.

### **3.3. Zarządzanie strategiczne**

Zarządzanie strategiczne jest realizowane jako bezpośrednie oddziaływanie na podproces decyzyjny dotyczący przemieszczania oraz rodzaju środka transportu za pomocą informacji transportowej poprzez media. Pośrednio zarządzanie strategiczne oddziałuje poprzez poziom taktyczny wyznaczając odpowiednie kryteria i ograniczenia dla optymalizacji koordynacji ruchu, preferujące środki transportu publicznego, jak również poprzez poziom zarządzania operacyjnego, wpływając na parametry sygnałów sterujących w celu osiągnięcia określonego priorytetu. Podniesienie stopnia wykorzystania transportu publicznego skutkuje zwykle zmniejszeniem zatłoczenia sieci, gdyż jest on wielokrotnie mniej powierzchnio chłonny w stosunku do pojazdów indywidualnych, a więc

obniża koncentrację ruchu. Badania w ramach projektu INCOME [4] realizowanego zarówno w części Londynu sterowanej systemem zależnym od ruchu SCOOT (PROMPT), jak i innej sterowanej stało-czasowo planami optymalizowanymi TRANSYT-em (SPRINT) zyskano 2-4 sekundową redukcję start czasu na skrzyżowanie średnio dla każdego autobusu, bez istotnego pogorszenia warunku ruchu innym użytkownikom.

Przeprowadzona analiza symulacyjna [18] możliwości upłynnienia ruchu w korytarzach transportowych Warszawy w szczycie porannym (Al. Jerozolimskich, Al. Solidarności, ul. Towarowej i ul. Marszałkowskiej) wykazała potencjalnie znaczne polepszenie płynności ruchu tramwajów, a także rezerwy przepustowości dla strumieni pojazdów indywidualnych. W 4-rech analizowanych korytarzach, z ruchem tramwajowym o dużym natężeniu (od 52 do 98 składów na godz. w obu kierunkach) i samochodowym podnasyconym, istnieje możliwość skoordynowania ruchu tramwajów tak, aby w obrębie korytarza zatrzymywały się jedynie na przystankach. Rozrzut czasu obsługi pasażerów na przystankach może prowadzić do kilkusekundowych strat czasu na niektórych odcinkach korytarza, jednak nie prowadzi do przesunięcia obsługi tramwaju na wlocie skrzyżowania z sygnalizacją świetlną do kolejnego cyklu sterowania, z którą to sytuacją wiązałyby się zatrzymanie i znaczne straty czasu (40s do 60s). Praktycznie bezstratna koordynacja ruchu tramwajów w istniejącym stanie obciążenia korytarza ruchem pojazdów, w trzech z analizowanych korytarzy, nie powoduje zasadniczego obniżenia prędkości podróży pojazdów (ok. 4 km/h). Możliwa jest zatem łączna koordynacja ruchu tramwajów i pojazdów indywidualnych [7], przy czym tych ostatnich stratna, ale z bardzo umiarkowanymi stratami. W korytarzu Al. Jerozolimskich warunki ruchu w stanie istniejącym są znacznie trudniejsze. Bezstratna koordynacja tramwajów pociąga za sobą dość znaczne straty ponoszone przez pojazdy indywidualne (spadek prędkości podróży do 32 km/h). W stanach docelowych (prognozowanych) przyjęto 12 do 15 procentowy wzrost natężenia ruchu. Utrzymanie praktycznie bezstratnej koordynacji dla tramwajów okupione jest tu znacznym pogorszeniem ruchu pojazdów indywidualnych, przy czym średnie prędkości w korytarzach nie spadają poniżej prędkości krytycznych, odpowiadających natężeniu nasycenia, czyli nie dochodzi do wtórnego pogorszenia warunków ruchu. Szczególnie trudna sytuacja występuje w korytarzu Al. Jerozolimskich, w którym średnie prędkości podróży pojazdów indywidualnych są o przeszło 10 km/h niższe niż w pozostałych korytarzach.

## **4. SYSTEMY ZARZĄDZANIA RUCHEM W POLSCE**

Spośród wszystkich polskich miast system zarządzania ruchem jak dotąd udało się wdrożyć tylko w Poznaniu. Inne miasta – Warszawa, Kraków i Łódź są w trakcie wdrażania pierwszego etapu budowy systemu zarządzania ruchem. Trójmiasto opracowało szczegółową koncepcję zintegrowanego systemu zarządzania ruchem i przystąpiło do wyłonienia wykonawców. Mamy, zatem istotny postęp w stosunku do stanu z roku 2004 [14], choć jak zwykle niezadowalający.

### **4.1. Poznań**

Obecnie system zarządzania ruchem w Poznaniu obejmuje 187 sterowników lokalnych sygnalizacji świetlnej na łączną liczbę 275 połączonych z dwoma serwerami, w tym 115 z oprogramowaniem systemowym Cross Man (96 z CrosBox) i 72 z oprogramowaniem systemowym Cross Vis. Obszar miasta podzielono na 4 podobszary (rys.4). Na 59 skrzyżowaniach nadawany jest pełny priorytet dla transportu publicznego, w tym na 54 dla tramwajów i 5 dla autobusów. Monitoring w CSR stanu ruchu na 12 skrzyżowaniach (38 kamer) wraz z dostępem poprzez internet na stronie ZDM, a videodetekcję stosuje się na 20 skrzyżowaniach (48 kamer).

Elastyczna koordynacja obszarowa w ramach okien czasowych, w okrojonej realizacyjnie wersji, zdała już pozytywnie egzamin w systemie poznańskim [5], przyczyniając się do znacznego wzrostu przepustowości skrzyżowań (20-30%), istotnego skrócenia czasów podróży w ramach głównych strumieni pojazdów (30-50%) oraz likwidację wielokrotnych zatrzymań na odcinkach ulic między skrzyżowaniami. W wielu częściachmiasta uzyskano znaczną redukcję strat czasu tramwajów, zarówno na pojedynczych skrzyżowaniach [6,16,19], jak i ciągach skrzyżowań [7,8]. Przykładowo na ciągu 8 skrzyżowań ul. Grunwaldzkiej [21] w wyniku sterowania zależnego od ruchu z priorytetem dla tramwajów uzyskano ok. 3 min. skrócenie czasu przejazdu w każdym kierunku, bez pogorszenia warunków ruchu pozostałym pojazdom.

Dalsza rozbudowa systemu zarządzania ruchem w Poznaniu ma objąć realizację dynamicznego i taktyczne zarządzanie ruchem na poziomie arterii, podobszary, obszaru i aglomeracji, predykcję stanów ruchu w sieci, zarządzanie kryzysowe (obsługa wypadków drogowych, katastrof, obsługa imprez masowych), rozbudowę priorytetów dla pojazdów transportu publicznego i służb interwencyjnych, automatyczne pobieranie opłat w płatnych strefach parkowania,

system informacji parkingowej, system informacji pogodowej oraz informację dla użytkowników sieci o nasyceniu ruchu, o alternatywnych trasach przejazdu, wolnych miejscach parkingowych oraz utrudnieniach w ruchu.

Plany MPK w Poznaniu, to: planowanie i budowa rozkładów jazdy wraz z podziałem służb; zarządzanie taborom w czasie rzeczywistym; dynamiczny system informacji pasażerskiej, wykorzystujący elektroniczne wyświetlacze na przystankach, przez Internet i telefonię komórkową; analiza ruchu pojazdów, umożliwiającą optymalizację rozkładów jazdy, określenie rentowności linii oraz optymalny dobór taboru na linii; dalsze przyspieszenia środków transportu zbiorowego w ruchu miejskim.



*Rys.4. Obszary systemu zarządzania ruchem w Poznaniu*

## 4.2. Warszawa

Zintegrowany System Zarządzania Ruchem w obszarze I, obejmuje w płaszczyźnie terytorialnej: rejon Powiśla, ciąg Al. Jerozolimskich na odcinku od Ronda Waszyngtona do Placu Zawiszy oraz ciąg Wisłostrady od mostu S. Grota – Roweckiego do mostu Siekierskiego (rys.5).

Budowany system składa się z wielu podsystemów o różnym stopniu oddziaływania na ruch i pozyskiwania informacji, uwzględniając jednocześnie możliwości dalszej jego rozbudowy: podsystemu sterowania sygnalizacją świetlną w pierwszym obszarze Zintegrowanego Systemu Zarządzania Ruchem powiązanym z systemem sterowania w tunelu pod Wisłostradą, podsystemu informacji dla kierowców poprzez znaki zmiennej treści, podsystemu informacji o środowisku (pogoda, zanieczyszczenie środowiska itp.), podsystemu zarządzania przejazdami pojazdów uprzywilejowanych, podsystemu nadawanie priorytetów warunkowych lub bezwarunkowych dla pojazdów transportu szynowego, podsystemu informacji o sytuacji ruchowej przy pomocy ogólnodostępnych środków masowego przekazu (radio, RDS, Internet itp.).



Rys.5. Obszary I etapu systemu zarządzania ruchem w Warszawie

Z uwagi na przewidywany program wdrażania Zintegrowanego Systemu Zarządzania Ruchem w Warszawie system ten jest systemem otwartym tzn. umożliwia jego rozszerzanie o kolejne podsystemy w przyszłości, w miarę pojawiających się potrzeb funkcjonalnych i terytorialnych.

#### **4.3. Kraków**

System Obszarowego Sterowania Ruchem w Krakowie ma zostać wdrożony głównie na skrzyżowaniach, przez które przebiegać będzie trasa Szybkiego Tramwaju (KST) oraz ringu śródmiejskiego. W początkowym etapie planowane jest objęcie systemem 65 skrzyżowań. System sterowania będzie zdecydowanie tralizowany, a sterowanie odbywać się będzie na trzech poziomach, podobnie jak w Poznaniu. Planowana jest realizacja pełnego priorytetu dla Szybkiego Tramwaju, ale przy założeniu minimalizowania uciążliwości dla innych użytkowników. W Krakowie jest obecnie instalowanych 5 systemów stanowiących System Sterowania Ruchem i Zarządzania Transportem Publicznym: Miejski System Sterowania Ruchem UTCS (Urban Traffic Control System), System Zarządzania Transportem Publicznym TTSS (Tram Telematic Supervision System), System Informacji dla pasażerów na przystankach zwany PIS (Passenger Information System) oraz systemy dla tuneli: System Zarządzania Tunelem Tramwajowym Pod Dworcem Głównym i System Sterowania Tunelem Drogowym Pod Dworcem Głównym.

W ramach instalacji systemu UTCS wchodzić następujące prace: 1. Podłączenie i adaptacja 65 skrzyżowań do pracy w systemie (wszystkie sterowniki Sitraffic C800V), 2. Wykonanie połączeń przewodowych do centrum sterowania ruchem: połączenia światłowodowe Centrum Sterowania – Accesspointy – 6 sztuk, połączenia kablem miedzianym (DSL) pomiędzy Accesspointami i sterownikami, 3. Uruchomienie i wyposażenie Centrum Sterowania Ruchem w siedzibie ZDIK na ul. Centralnej: System Zarządzania Ruchem Sitraffic Scala, System Zarządzania Danymi Sitraffic Office, System Optymalizacji Sieciowej Sitraffic Motion i Sitraffic TASS, 4. Uruchomienie priorytetu dla Tramwajów w korytarzu "Szybkiego Tramwaju" – 25 skrzyżowań, w tym 20 skrzyżowań z priorytetem bezwzględny. Komunikacja pomiędzy tramwajami i sterownikami odbywa się drogą radiową (Radio o częstotliwości 430Mhz) - telegram R09.16, 5. Uruchomienie sterowania obszarowego. Zostało zdefiniowanych 5 obszarów dla sterowania obszarowego: 1. Aleja 3 Wieszczów – algorytm Sitraffic MOTION, 2. ul. Nowosądecka – algorytm Sitraffic MOTION w powiązaniu z priorytetem dla tram-



wajów, 3. ul. Wielicka i Kamieńskiego – algorytm Sitraffic MOTION w powiązaniu z priorytetem dla tramwajów wzdłuż ul. Wielickiej, 4. ul. Dietla i Grzegorzewska – algorytm Sitraffic MOTION w powiązaniu z priorytetem dla tramwajów, 5. I obwodnica – algorytm Sitraffic TASS, 6. 15 skrzyżowań działających według algorytmów lokalnych lub lokalnych skoordynowanych.

W ramach instalacji systemu TTSS i PIS wchodzi następujące prace: 1. Wyposażenie 196 Tramwajów w Komputery pokładowe i urządzenia komunikacyjne, 2. Komunikacja pojazdów z Centrum odbywa się poprzez GPRS/GSM, 3. Wyposażenie 40 przystanków na trasie “Szybkiego tramwaju” w tablice informacji przystankowej informujące o rzeczywistym czasie przyjazdu tramwajów, 3. Uruchomienie i wyposażenie Centrum Sterowania Ruchem w siedzibie ZDIK na ul. Centralnej i dyspozytorni MPK na ul. Św. Wawrzyńca: System AVLS (automatycznej lokalizacji pojazdów), System Dyspozytorski, System Informacji Pasażerskiej, 4. Uruchomienie priorytetu dla Tramwajów w korytarzu “Szybkiego Tramwaju” – 25 skrzyżowań.

W ramach Systemu Zarządzania Tunelem Tramwajowym Pod Dworcem Głównym instalowany jest zintegrowany system zarządzania i sterowania SCADA obejmujący swoim zakresem następujące podsystemy: system nadzoru wizyjnego CCTV, system przeciwpożarowy, system telefonów alarmowych, system





dźwiękowy ostrzegania, system oświetlenia awaryjnego, system oznakowania awaryjnego, system zasilania, schody ruchome i windy, kontrola dostępu.

W ramach Systemu Sterowania Tunelem Drogowym Pod Dworcem Głównym instalowane są następujące urządzenia: 8 tablic tekstowych zmiennej treści informujących kierowców o warunkach ruchu w tunelu, 4 tablice na portalach tunelu, 16 kamer wideodetekcji ruchu w tunelu i na dojazdach do tunelu, światłowodowa sieć komunikacyjna, algorytmy sterowania awaryjnego sygnalizacji świetlnej na ul.Pawiej. System może pracować autonomicznie albo w ramach Systemu Zarządzania Ruchem

#### **4.4. Łódź**

W Łodzi jest wdrażany system zarządzania ruchem ATMS dla potrzeb Łódzkiego Tramwaju Regionalnego (rys. po prawej stronie), składający się z następujących podsystemów: obszarowego sterowania ruchem SCATS dla 60 skrzyżowań, zarządzania transportem zbiorowym, informacji pasażerskiej, informacji dla kierowców i monitorowania wizyjnego. Podsystemy mają komunikować się ze sobą na poziomie centrów w ramach wspólnego systemu zarządzania. Integracja podsystemów miała zostać zapewniona dzięki korzystaniu ze wspólnej bazy danych, wspólnej transmisji danych i częściowo ze wspólnego sprzętu w jednym centrum zarządzania. Dane z podsystemów są wyświetlane przez ATMS za pomocą graficznego interfejsu użytkownika (GUI). Podstawę GUI stanowi wektorowa mapa sieci drogowej miasta w standardzie GIS, na której widoczne są najważniejsze elementy poszczególnych podsystemów. System udostępnia standardowe procedury związane z administrowaniem nim.

#### **4.5. Trójmiasto**

W wyniku porozumienia prezydentów Gdyni, Sopotu i Gdańska została opracowana wspólna koncepcja zintegrowanego systemu zarządzania ruchem w aglomeracji Trójmiejskiej, obejmująca także jej obwodnicę i drogi szybkiego ruchu wraz z miastami ościennymi. W ramach koncepcji ogólnej systemu TRISTAR [11], dokonano najpierw analizy potrzeb integracji zarządzania ruchem i transportem przedstawiającuwarunkowania zewnętrzne i wewnętrzne zastosowania ITS w Aglomeracji Trójmiejskiej. ogólna systemu TRISTAR omawia: cstrategiczne zastosowania systemu ITS, obszar objęty systemem, architekturę ogólną systemu TRISTAR pierwszą fazę budowy systemu. Architektura ogólna obejmuje takie

docelowe systemy funkcjonalne jak: zarządzania ruchem drogowym, System zarządzania transportem zbiorowym, System zarządzania służbami ratowniczymi, System informacji transportowej i System zarządzania transportem towarowym. szczególnie omówiono System zarządzania ruchem drogowym i System zarządzania transportem zbiorowym, przedstawiając: Stan istniejący, Cele budowy systemu, Strukturę funkcjonalną oraz Strukturę sprzętową. Omówiono także Centrum zarządzania. końcu, przedstawiono istotne aspekty determinujące wdrażanie systemu, takie jak: Etapowanie budowy Systemu, Koszty budowy systemu, Szacunkowe efekty systemu. Przedstawiono też przesłanki do organizacji dalszych prac. szczegółowa zintegrowanego systemu zarządzania dla Trójmiasta TRISTAR dzieli się na część dotyczącą Systemu zarządzania ruchem miejskim oraz część dotyczącą Systemu zarządzania transportem zbiorowym. Oba systemy realizowane w czterech etapach.

## 5. PODSUMOWANIE

W referacie przedstawiono ogólną charakterystykę procesu ruchu i zanalizowano jego złożoność wynikającą przede wszystkim z nieliniowości zależności makro-parametrów: natężenia, koncentracji i prędkości ruchu, będącą przyczyną głównych problemów zarządzania ruchem, które są specyficzne dla sieci transportowych, a nie występują w sieciach komputerowych czy telekomunikacyjnych.

W zasadniczej części wprowadzono hierarchiczną strukturę zarządzania ruchem, jako konsekwencję wyodrębnienia procesów decyzyjnych, o różnym horyzoncie czasowym. Następnie omówiono zarządzanie operacyjne, zarządzanie taktyczne i zarządzanie strategiczne, jako systemy kolejno zagnieżdżone, obejmujące swym zakresem coraz szerszy horyzont czasowy, a także przestrzeny miasta. Dużą efektywność poszczególnych poziomów zarządzania ruchem potwierdza się niektórymi wynikami badań europejskich i krajowych. funkcje systemu zarządzania ruchem [22, 23], to: monitoring ruchu (stan bieżący) i jego predykcja, informacja dla kierowców o zatłoczeniu i parkowaniu, integracja sterowania ruchem z zarządzaniem transportem zbiorowym w celu realizacji priorytetów, zarządzanie przepustowością, zarówno w szczytach obciążenia, jak i w zdarzeniach drogowych, oraz optymalizacja sterowania wielokryterialnego. Umożliwiają one kształtować do pewnego stopnia:

- rozkład modalny ruchu – priorytety dla transportu publicznego, ograniczanie ruchu indywidualnego i transportu towarowego w godzinach szczytu.

- rozkład przestrzenny ruchu w sieci – równoważenie obciążenia sieci ulic poprzez kierowanie na alternatywne trasy i wolne parkingi.
- stan ruchu w sieci – zapobieganie zatłoczeniu poprzez sterowanie kompromisowe, maksymalizujące przepustowość i płynność ruchu.

W ostatniej części, na tle wprowadzonej hierarchii, przedstawiono stan zaawansowania systemów zarządzania w miastach Polski, które rozpoczęły ich wdrażanie, a więc Poznaniu, Warszawie, Krakowie i Łodzi oraz w Trójmieście, które opracowało szczegółową koncepcję zintegrowanego systemu zarządzania ruchem w Gdyni, Sopocie i Gdańsku. Ogólnie należy stwierdzić, że po okresie budowy niezależnych systemów zarządzania ruchem i transportem publicznym, wkroczyliśmy w nową generację systemów zarządzania ruchem, którą charakteryzuje daleko posunięta integracja systemów, przede wszystkim poprzez wymianę danych i wspólne ich gromadzenie. Integracja ta przejawia się szczególnie w zarządzaniu strategicznym, nie tylko w lokalnej realizacji priorytetów dla pojazdów transportu publicznego, ale także w łącznej optymalizacji sterowania obszarowego ruchem indywidualnym i zbiorowym, przede wszystkim tramwajowym. W analizowanych miastach brakuje zarządzania taktycznego bezpośredniego realizowanego poprzez informację na tablicach o zmiennej treści, bądź wewnątrz pojazdów o alternatywnych trasach mniej obciążonych (zatory, wypadki, objazdy), względnie wolnych parkingach. Na poziomie zarządzania operacyjnego mamy inteligentne sterowniki lokalne ruchu, reagujące na bieżąco na sytuacje ruchowe, już nie tylko w oparciu o informację z detektorów indukcyjnych, ale w wielu aplikacjach pochodzącą z kamer video. Sterowanie realizowane jest bądź grupowo (Poznań), bądź fazowo (Warszawa, Kraków i Łódź), przy czym to pierwsze, ze względu na większą elastyczność, pozwala uzyskać wyższą przepustowość i niższe straty czasu [9,10]. Również koordynacja ruchu w ramach okien czasowych, wdrożona w Poznaniu na 62 skrzyżowaniach, w 3 obszarach [25], pozwala uzyskiwać większą adaptacyjność sterowania, przy zachowaniu jego stabilności obszarowej.

Istotną cechą wdrażanych w Polsce systemów zarządzania ruchem ITS winna być ich otwartość, umożliwiającą integrację systemów różnych producentów, w celu uzyskania efektu synergicznego, zarówno dla skrócenia okresu wdrażania systemów, jak i uzyskania możliwie najwyższej jakości systemu transportowego. Opracowanie krajowej architektury systemów zarządzania ruchem [12,20] zmierza do spełnienia tego warunku rozwoju systemów ITS, który w trze-

ciej ich generacji (systemy mobilne), bazującej na wymianie informacji pojazd-pojazd i pojazd-infrastruktura, będzie nieodzownym.

W końcu [24] należy stwierdzić małą świadomość, u znacznej liczby kierowców, istnienia i sposobu funkcjonowania inteligentnego systemu sterowania i zarządzania ruchem w Poznaniu. Obecny brak przekonania o rzeczywistych możliwościach ITS skłania kierowców do podejmowania egocentrycznych zachowań, zakłócających racjonalność systemu sterowania i zarządzania ruchem. Jednocześnie istnieje duża gotowość recepcji akcji wyjaśniających logikę funkcjonowania systemu.

## **Literatura**

- [1] Middelham F., „Dynamic Traffic Management in the Netherlands”, Mat. I Konf. Nauk-Techn. SITK Problemy komunikacyjne miast w warunkach zatłoczenia motoryzacyjnego, Poznań 1997.
- [2] Kaczmarek M., Piotrowski J., Rakiewicz M., „Inteligentne systemy sterowania ruchem”, Mat. I Konf. Nauk-Techn. SITK Problemy komunikacyjne miast w warunkach zatłoczenia motoryzacyjnego, Poznań 1997.
- [3] Bielefeldt C., Biora F., Bretherton D., Kruse G., „COSMOS – Congestion Management Strategies and Methods in Urban Sites”, Proc. of the ITS Congres, Berlin 1997.
- [4] Hounsell N., Landles J., Bretherton D., Gardner K., „Intelligent Systems for Priority at Traffic Signals in London: the INCOME Project”, Proc. of the ITS Congres, Berlin 1997.
- [5] Kaczmarek M., „Praktyczne aspekty wdrażania systemu sterowania ruchem w Poznaniu”, Mat. Konf. KLIR 37, Poznań 1999.
- [6] Kaczmarek M., Krych A., Rychlewski J., „Multi-Objective Evaluation of Traffic at Complex Intersection with Different Control Strategies”, Proc. of the Conference on Modelling and Management in Transport, Poznań-Kraków 1999.
- [7] Kaczmarek M., „Mutual Movement Coordination of Vehicle Groups and Tramson One-Way Arterial”, Proc. of the 8<sup>th</sup> Meeting of EURO Working Group on Transportation, Rome 2000.
- [8] Kaczmarek M., Rychlewski J., „Sterowanie skoordynowane ruchem z priorytetem dla tramwajów”, Mat. Konf. Nauk.-Techn. „Nowoczesne rozwiązania techn. w komunikacji tramwajowej”, Wrocław 2000.
- [9] Kaczmarek M., Pulikowski A., „Porównanie sterowania grupowego i fazowego na złożonym węźle komunikacyjnym”, Mat. III Konf. Nauk-Techn. SITK Problemy komunikacyjne miast w warunkach zatłoczenia motoryzacyjnego, Poznań 2001.
- [10] Kaczmarek M., Walkowiak M., „Adaptacyjne sterowanie ruchem na rondach”, Mat. IV Konf. Nauk.-Techn. SITK Problemy komunikacyjne miast w warunkach zatłoczenia motoryzacyjnego, Poznań 2003.
- [11] Jamroz K., Oskarbski J., „Koncepcja Trójmiejskiego inteligentnego systemu transportu TRISTAR”, *ibid.*
- [12] Litwin M., „The Role of Intelligent Transportation Systems (ITS) National Architecture and Standards – the Canadian Experience”, *ibid.*
- [13] Kaczmarek M., „Adaptacyjne sterowanie wielowarstwowe ruchem w sieciach ulic w ramach okien czasowych”, *Autostrady*, nr 5 2004.
- [14] Gasz K., Gondek S., „Systemy zarządzania ruchem w polskich miastach (Poznań, Kraków, Warszawa)”, Mat. Konf. Transport Publiczny w Warszawie, Warszawa 2005.
- [15] Middelham F., „State of Practice in Dynamic Traffic Management in the Netherlands”, Mat. V Konf. Nauk.-Techn. SITK Transport a rozwój zrównoważony, Poznań 2005.
- [16] Saganowski J., „Efektywność sterowania ruchem na skrzyżowaniach ulic ze zróżnicowanym priorytetem dla tramwajów”, *ibid.*

- [17] Kaczmarek M., „Structure of Urban Traffic Coordination in Street Networks Problem”, Proc. of the 10<sup>th</sup> Meeting of ting Group EURO Working Group on Transportation, Poznań 2005.
- [18] Kaczmarek M., „Zintegrowane zarządzanie ruchem”, Mat. konferencji EUROCITIES Mobility Forum, Warszawa 2006.
- [19] Kaczmarek M., Rychlewski J., „Tram Priority Traffic Control on Complex Intersection”, Proc. of the 11<sup>th</sup> IFAC Symposium on Control in Transportation Systems, Delft 2006.
- [20] Krukowski P., Litwin M., „Inteligentne systemy transportowe w polityce państwa. Krajowa architektura ITS”, Mat. VI Konf. Nauk-Techn. SITK Wspomaganie decyzji w projektowaniu i zarządzaniu transportem, Poznań 2007.
- [21] Folwarski T., Saganowski J., „Zintegrowany system sterowania ruchem na ulicy Grunwaldzkiej w Poznaniu. Zastosowane technologie i efekty”
- [22] Kaczmarek M., „Możliwości zarządzania ruchem z wykorzystaniem ITS w systemach CSR”, Seminarium SITK, Poznań 2008.
- [23] Kaczmarek M., „Systemy zarządzania ruchem – stan zaawansowania w miastach Polski”, Mat. I Polskiego Kongresu ITS, Warszawa 2008.
- [24] Cichocki P., Jabkowski P., Kaczmarek M., „Inteligentne systemy sterowania ruchem – perspektywa ekspercka a perspektywa potoczna”, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań 2009.
- [25] Kaczmarek M., „Elastyczne sterowanie i zarządzanie ruchem w ramach systemu okien czasowych”, Mat. II Polskiego Kongresu ITS, Warszawa 2009.



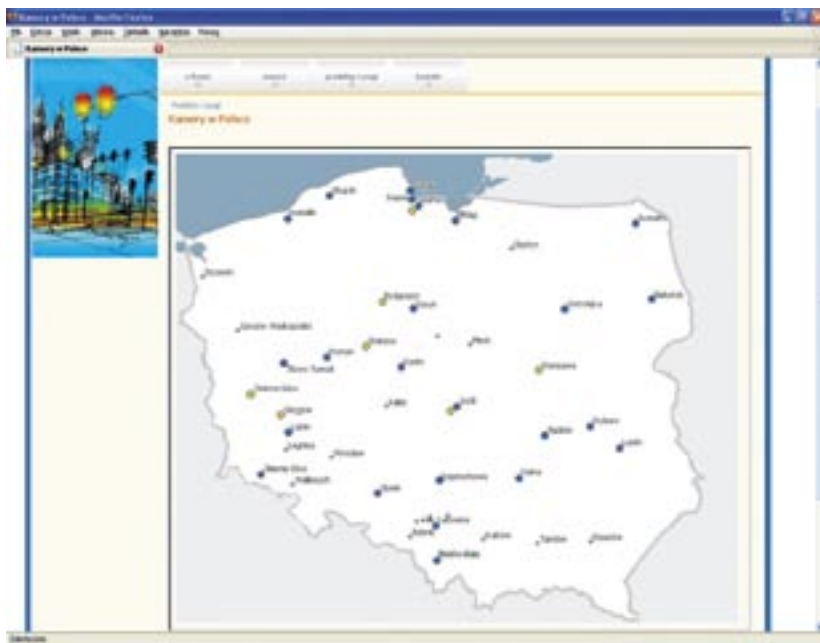
## **Nowoczesne systemy sterowania ruchem na przykładzie systemu MSR-SMiS**

### **1. Wprowadzenie**

System sterowania ruchem stanowi zespół elementów sprzętowych i oprogramowania pozwalających na

- rozpoznawanie (monitorowanie) stanów ruchu w obszarze i jego częściach (podobszarach),
- sterowanie strumieniami ruchu w obszarze objętym systemem w sposób automatyczny zależnie od występującej w obszarze sytuacji ruchowej,
- oddziaływanie na sterowanie strumieniami ruchu przez operatorów systemu,
- nadzór (monitorowanie) urządzeń stanowiących elementy systemu.

W niniejszym referacie scharakteryzowano podstawowe elementy systemu ze szczególnym uwzględnieniem elementów odpowiedzialnych za sterowanie ruchem na przykładzie systemu MSR-SMiS.



*Rysunek 1. Lokalizacja wdrożonych systemów MSR-SMiS*

## **2. Charakterystyka ogólna elementów systemu sterowania ruchem**

Podstawowe zadania elementów systemu można zdefiniować następująco :

- obszarowe sterowanie ruchem
  - sterowanie ruchem na skrzyżowaniach,
  - sterowanie ruchem w poszczególnych podobszarach systemu,
  - koordynowanie sterowania pomiędzy podobszarami systemu,
- zarządzanie funkcjonowaniem urządzeń sygnalizacji i detekcji
  - edycja (korygowanie) parametrów sterowania,
  - edycja nowych planów sygnalizacji,
  - monitorowanie sygnalizacji świetlnych,
  - monitoring wizyjny skrzyżowań,



- archiwizacja danych odnośnie funkcjonowania urządzeń,
- zbieranie danych o ruchu i ich archiwizacja,
- udostępnianie zasobów (zebranych danych) różnym użytkownikom,
- wymiana danych z innymi systemami w ramach systemu zarządzania.

#### Podstawowe elementy systemu sterowania ruchem

- serwer centralnego sterowania ruchem,
- serwery obszarowego sterowania ruchem,
- serwer monitorowania funkcjonowania urządzeń systemu,
- serwer zbierania danych o ruchu,
- serwer transmisji obrazu,
- terminale (operatorskie, służb utrzymania, zarządcy drogi, policji itp.),
- urządzenia transmisji danych,
- łącza transmisji danych,
- urządzenia obiektowe
  - drogowe sygnalizacje świetlne (sterowniki sygnalizacji, sygnalizatory, detektory, instalacje sygnalizacji),
  - instalacje monitoringu wizyjnego skrzyżowań (kamery, wideoserwery),
  - stacje detektorowe pomiarów ruchu (detektory, jednostki przetwarzania danych),
  - znaki zmiennej treści.

### **3. Łącza transmisji danych**

W chwili obecnej w nowoczesnych systemach sterowania stosowane są następujące łącza transmisji danych (w kolejności od najniższych do najwyższych przepustowości transmisji) :

- łącza komunikacyjne GPRS (sieć telefonii komórkowej),
- łącza komunikacyjne EGDE (sieć telefonii komórkowej),
- łącza komunikacyjne UMTS+HSDPA (sieć telefonii komórkowej),
- łącza internetowe przewodowe,
- łącza internetowe bezprzewodowe,

- łączy kablowe stałe transmisja xDSL,
- łączy WLAN (Wireless LAN),
- łączy światłowodowe.

W/w łączy umożliwiają aplikowanie

- protokołów firmowych,
- protokołu TCP/IP.

Elementy systemu sterowania łączone są w sieci komputerowe rozległe WAN (Wide Area Network), co umożliwia transmitowanie różnych danych przy pomocy tych samych łączy.

Aktualnie najlepszym rozwiązaniem dla systemów sterowania jest stosowanie dedykowanych sieci transmisji danych światłowodowych, ewentualnie (wyłącznie jeżeli istnieją już położone kable teletechniczne) kablowych z transmisją danych w standardzie xDSL. Koszt ułożenia kabla światłowodowego jest niewiele większy niż koszt ułożenia kabla miedzianego, natomiast zastosowanie światłowodu umożliwia osiągnięcie znacznie większych przepustowości transmisji danych oraz budowanie redundantnych sieci połączeń.

W odniesieniu do urządzeń oddalonych od centrum sterowania stosuje się łączy internetowe przewodowe lub w przypadku pojedynczych urządzeń komunikujących się z centrum, transmisję w standardzie EDGE/UMTS+HSDPA.

Grupy urządzeń obiektowych współpracujących ze sobą powinny być łączone sieciami światłowodowymi lub w przypadku istniejących połączeń kablowych łączyami kablowymi stałymi w standardzie xDSL, łączy internetowe powinny być stosowane do połączenia grupy urządzeń z centrum, gdyż komunikacja ta nie jest zwykle krytyczna czasowo.

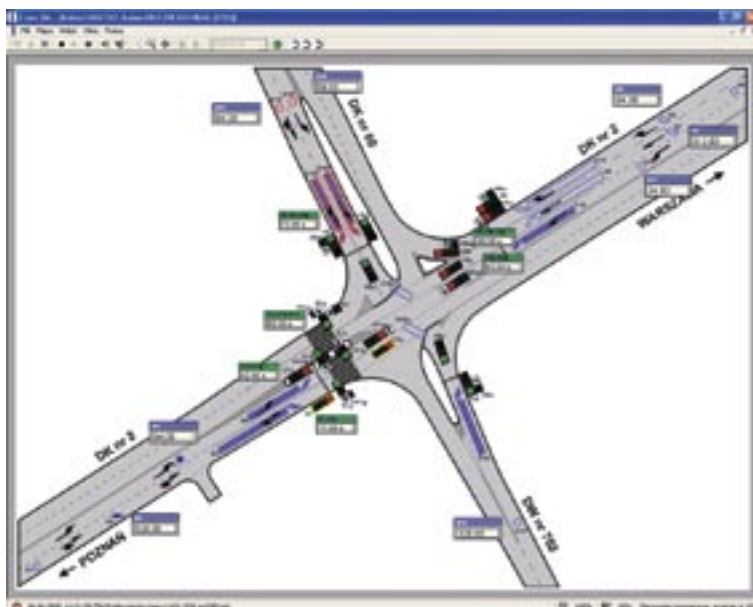
#### 4. Serwer monitorowania funkcjonowania urządzeń systemu

Oprogramowanie serwera realizuje następujące funkcje:

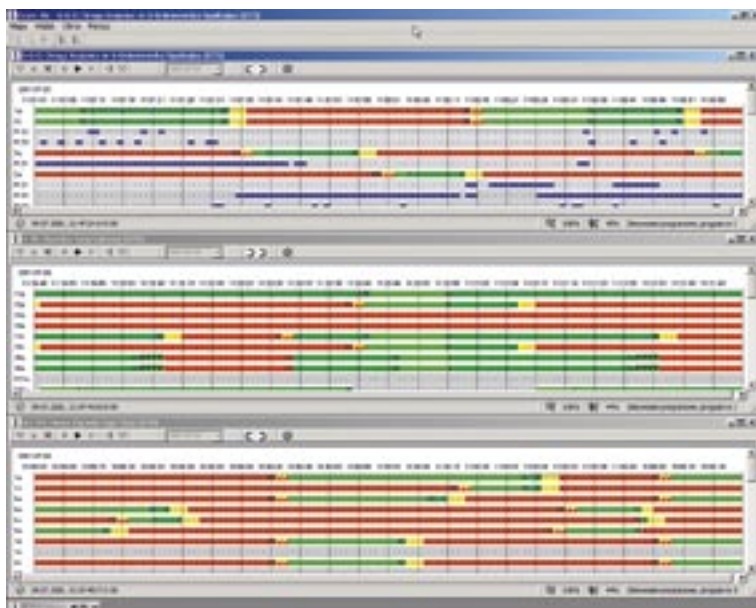
- całościowy przegląd funkcjonowania urządzeń pracujących w systemie (mapa miasta),
- automatyczne gromadzenie i archiwizowanie danych o funkcjonowaniu poszczególnych elementów systemu i zdarzeniach w nim zachodzących (log systemowy, logi urządzeń),
- wizualizacja i archiwizacja danych odnośnie funkcjonowania sygnalizacji świetlnych (mapy skrzyżowań, diagramy paskowe, możliwość szczegółowej oceny jakości realizowanych programów sygnalizacji i funkcjonowania systemu detekcji),
- analiza sprawności instalacji sygnalizacji świetlnych i sygnalizatorów,
- wizualizacja i archiwizacja danych odnośnie funkcjonowania stacji detektorowych, znaków zmiennej treści itp.,
- przeglądanie i drukowanie zgromadzonych danych.



*Rysunek 2. System MSR-SMiS w Poznaniu – mapa miasta*



Rysunek 3. System MSR-SMiS – mapa skrzyżowania



Rysunek 4. System MSR-SMiS – okno diagramów paskowych

## 5. Serwer zbierania danych o ruchu

Podstawowe zadania serwera są następujące :

- zdalne konfigurowanie pomiarów ruchu realizowanych przez urządzenia dołączone do systemu,
- automatyczny lub inicjowany przez operatora transfer danych o ruchu z urządzeń lokalnych do serwera,
- archiwizacja wyników pomiarów w bazie danych,
- obsługa pomiarów ruchu z klasyfikacją pojazdów,
- przeglądanie, wizualizacja i drukowanie zgromadzonych danych o ruchu,
- eksportowanie zgromadzonych danych o ruchu do innych aplikacji.



*Rysunek 5. System MSR-SMiS – diagram natężeń ruchu*

## **6. Serwer centralnego sterowania ruchem, serwery obszarowego sterowania ruchem**

Podstawowe zadania serwera można scharakteryzować następująco :

- selekcja planów sygnalizacji zależnie od czasu,
- selekcja planów sygnalizacji zależnie od ruchu,
- optymalizacja sterowania w podobszarach systemu sterowania na bazie przyjętych kryteriów (minimalizacja strat czasu pojazdów, minimalizacja liczby zatrzymań pojazdów, minimalizacja strat czasu pojazdów komunikacji zbiorowej itp.),
- koordynacja sterowania pomiędzy podobszarami,
- minimalizacja strat czasu przy przełączaniu planów sygnalizacji,
- zdalne wymuszania przez operatora trybu pracy i/lub planu sygnalizacji,
- zdalna edycja harmonogramów selekcji planów sygnalizacji,
- zdalna edycja parametrów planów i programów sygnalizacji,
- zdalne ładowanie do sterowników nowych planów i programów sygnalizacji.

Przykładem algorytmu optymalizacji sterowania może być dynamiczna optymalizacja sterowania ruchem na arterii lub w sieci ulic stanowiąca 'nakładkę' na szeroko obecnie stosowane sterowanie skoordynowane zależne od ruchu w systemie okien czasowych realizowane przez moduł oprogramowania OPTICON aplikowany w sterownikach sygnalizacji MSR-2002.

Optymalizacja ta polega na

- wyznaczeniu przez serwer, w oparciu o bieżące krótkoterminowe pomiary ruchu, predykowanych obciążeń ruchem na arterii lub w sieci,
- wyznaczeniu przez serwer, na bazie predykowanych obciążeń, długości cyklu oraz minimalnych i maksymalnych długości światła zielonych dla relacji koordynowanych (okna czasowe minimalne i maksymalne) oraz wzajemnych rozsunieć światła zielonych dla relacji koordynowanych na poszczególnych skrzyżowaniach. Wyznaczone parametry zapewniają minimalizację strat czasu ponoszonych przez pojazdy na poszczególnych połączeniach arterii lub sieci.

- lokalnej optymalizacji sterowania realizowanej przez sterowniki w ramach wyznaczonych przez serwer parametrów dostosowującego je do aktualnego zapotrzebowania zgłaszanego na każdym skrzyżowaniu na bieżąco przez system detekcji.

## **7. Realizacja priorytetów dla komunikacji zbiorowej**

W systemie sterowania aplikowane są również priorytety dla wybranych uczestników ruchu (pojazdów komunikacji zbiorowej, pojazdów pogotowia, straży pożarnej itp.).

Realizowane priorytety można podzielić na trzy grupy

- priorytet niski

Zmiana parametrów akomodacji w grupach kolizyjnych do grup priorytetowych (np. skracanie luk czasowych) po pojawieniu się zgłoszenia priorytetowego.

Zmiana długości sterowań w grupach kolizyjnych do grup priorytetowych (np. skracanie maksymalnych czasów wydłużeń sygnału zielonego do czasów gwarantowanych) po pojawieniu się zgłoszenia priorytetowego.

Brak zmiany kolejności załączania grup po pojawieniu się zgłoszenia priorytetowego.

- priorytet średni

Zmiana parametrów akomodacji i długości sterowań w grupach kolizyjnych do grup priorytetowych po pojawieniu się zgłoszenia priorytetowego podobnie jak w priorytecie niskim.

Zmiana kolejności załączania grup po pojawieniu się zgłoszenia priorytetowego – typowo załączenie grupy priorytetowej bezpośrednio po zamknięciu grup do niej kolizyjnych, w niektórych przypadkach załączenie określonej sekwencji grup.

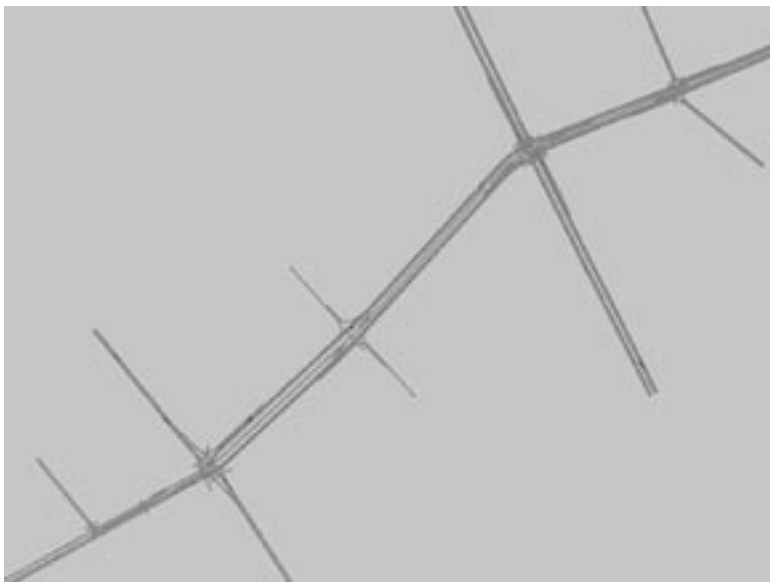
- priorytet wysoki

Skracanie długości sygnałów zielonych w grupach kolizyjnych do priorytetowych do wartości minimalnych.

Zmiana kolejności załączania grup – typowo załączenie grupy priorytetowej bezpośrednio po zamknięciu grup do niej kolizyjnych, w niektórych przypadkach załączenie określonej sekwencji grup.

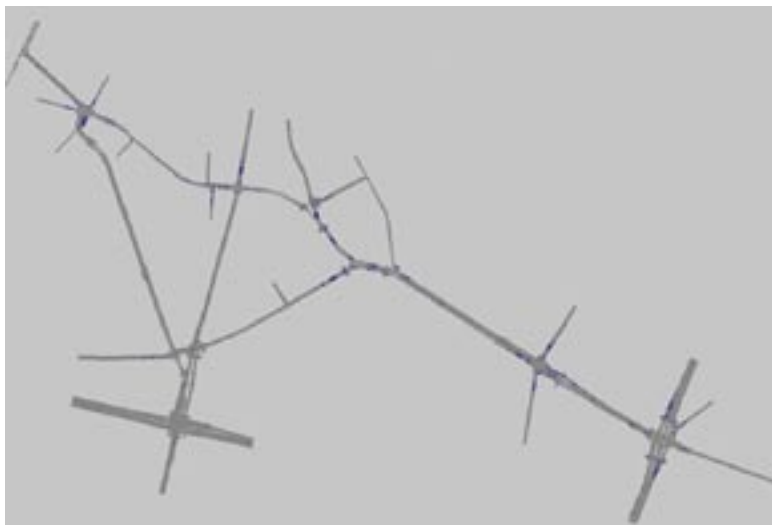
Jako środki detekcji pojazdów komunikacji zbiorowej stosowane są

- sygnały ze zwrotnic tramwajowych,
- pętle indukcyjne,
- proste systemy detekcji selektywnej (transmisja danych w podczerwieni lub transmisja radiowa krótkiego zasięgu),
- zaawansowane systemy detekcji selektywnej (komputery pokładowe + transmisja radiowa krótkiego zasięgu).



*Rysunek 6. System MSR-SMiS w Poznaniu  
Realizacja priorytetów dla tramwajów w ciągu ul. Grunwaldzkiej  
Schemat sieci ulic*





*Rysunek 7. System MSR-SMiS w Poznaniu  
Realizacja priorytetów dla tramwajów w ciągu ul. Kórnicka - Mostowa - Podgórna  
Schemat sieci ulic*

## **8. Serwer transmisji obrazu**

Zadaniem serwera jest udostępnianie zbieranie i obrazu zbieranego w oparciu o kamery zainstalowane na skrzyżowaniach. Do pozyskiwania obrazu mogą być stosowane zarówno kamery systemu wideodetekcji pojazdów jak i kamery wydzielone wyłącznie do obserwacji.

Obserwacja obrazu daje operatorom systemu duże możliwości śledzenia ruchu i przez to możliwość prawidłowej diagnozy zachodzących w nim zmian, będącej podstawą do podejmowania prawidłowych decyzji odnośnie modyfikacji sterowania.

Z tego powodu w niektórych systemach serwer transmisji obrazu jest standardowym modułem nawet niewielkich systemów sterowania. Przykładem je system MSR-SMiS, gdzie serwer transmisji obrazu jest standardowym modułem systemu.



Rysunek 8. System MSR-SMiS GDDKiA Oddział Gdańsk  
 Transmisja obrazu skrzyżowania na Obwodnicy Trójmiejskiej w Gdyni



Rysunek 9. System MSR-SMiS Poznań  
 Transmisja obrazu ze skrzyżowania Grunwaldzka - Bułgarska

## 9. Sterowniki drogowych sygnalizacji świetlnej

W nowoczesnych systemach sterowania konieczne jest stosowanie zaawansowanych sterowników drogowych sygnalizacji świetlnej.

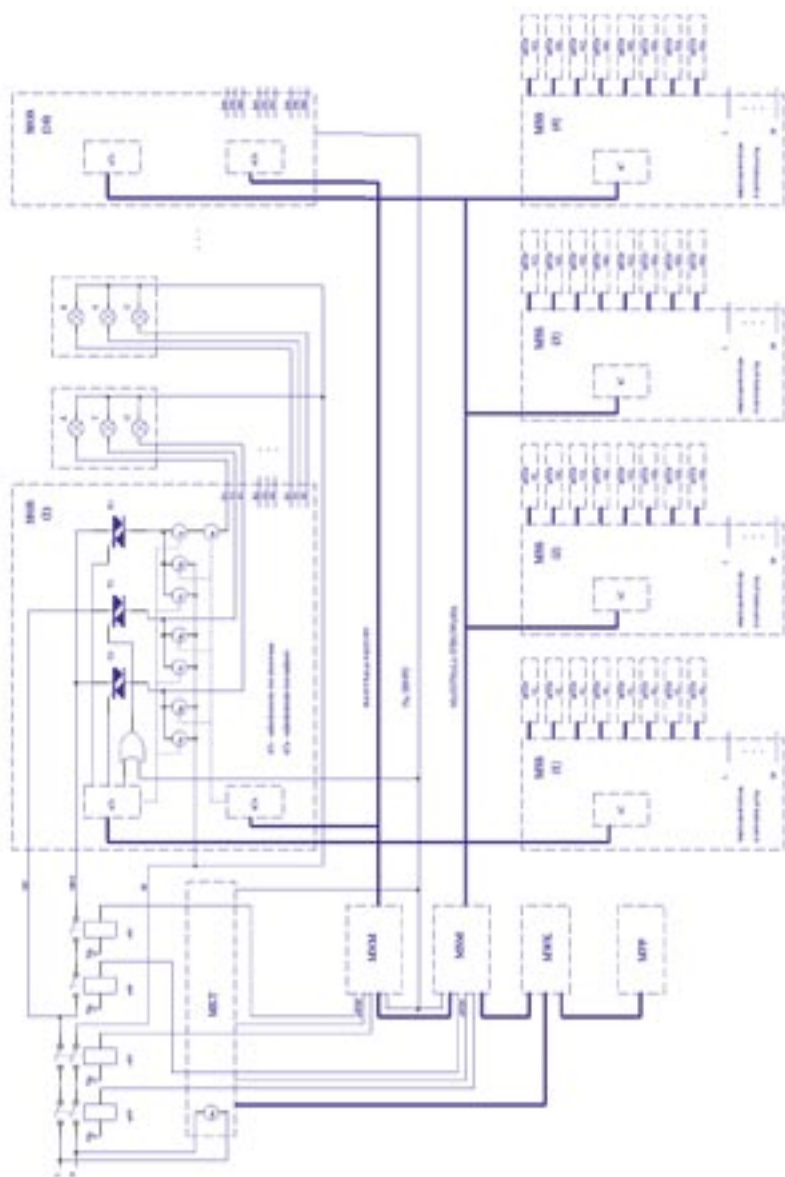
Urządzenia te powinny zapewniać bardzo wysoki stopień niezawodności w eliminowaniu stanów niebezpiecznych dla ruchu oraz wysoką efektywność sterowania obejmującą sterowania z optymalizacją oraz realizację priorytetów dla wybranych uczestników ruchu.

Przykładem takiego urządzenia jest sterownik MSR-2002.



*Rysunek 10. Sterownik MSR-2002 - widok ogólny*

Obowiązujące przepisy wymagają, żeby architektura sterownika była dwuprocesorowa, nie precyzując niestety, co to dokładnie oznacza.



Rysunek 11. Sterownik MSR-2002 – schemat blokowy

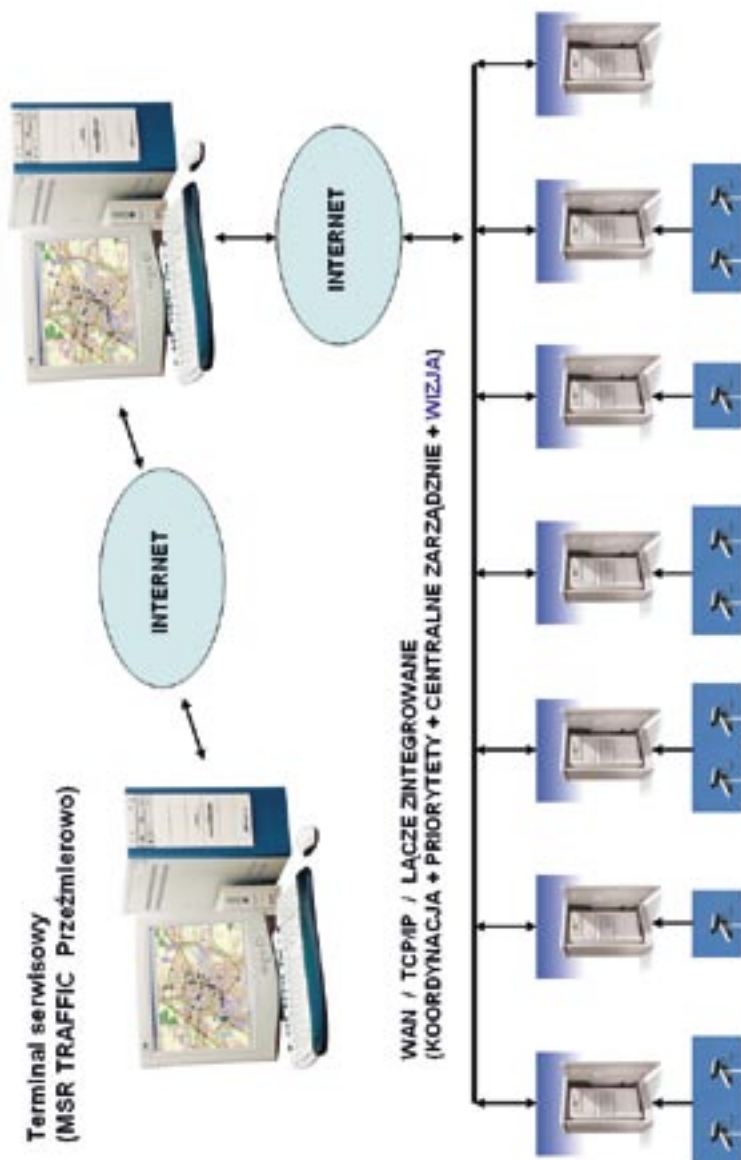
Należy stwierdzić, że za w pełni dwuprocessorowe można uznać jedynie urządzenie posiadające dwa komputery (komputer sterowania i komputer nadzoru) połączone dwoma niezależnymi od siebie magistralami transmisji danych z dwoma zestawami obwodów pomiarowych napięć i prądów (mocy) mierzonych na bieżąco w instalacji sygnalizacji świetlnej. Każdy z komputerów powinien posiadać niezależne od drugiego układy do odłączania zasilania sygnałów czerwonych-zielonych oraz sygnałów żółtych tak jak to pokazano na poniższym schemacie blokowym

## **10. Podsumowanie**

System sterowania to zbiór narzędzi pozwalających na kształtowanie polityki transportowej. Wybierając konkretne rozwiązanie ważne jest, żeby brać pod uwagę oferty sprawdzone, gwarantujące dzięki zakresowi realizowanych funkcji, ich zaawansowaniu oraz posiadanym referencjom spełnienie zakładanych celów.

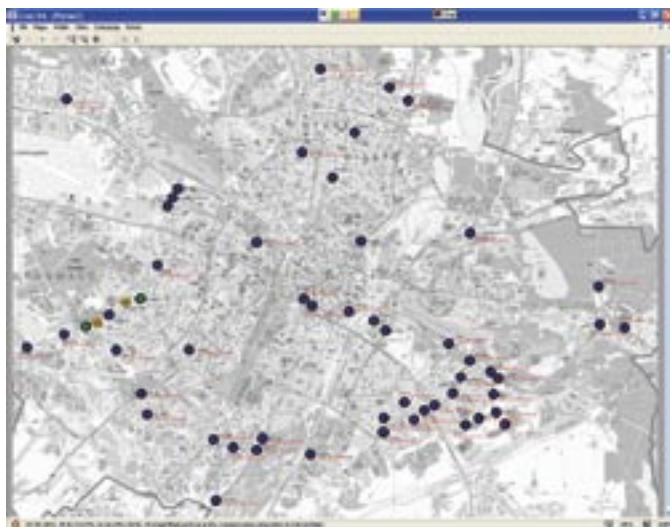
Serwer MSR-SMIS + terminale operatorskie  
Centrum Sterowania Ruchem CSR  
(ZDM COUIR ul. Górecka)

Terminal serwisowy  
(MSR TRAFFIC Przeźmierowo)





*Serwer systemu MSR-SMiS*











## **Wideodetekcja i monitoring wizyjny**

Urządzenia detekcji są nierozłącznym elementem infrastruktury drogowej. Miejscem, gdzie bezpośrednio spotykamy się z wykrywaniem ruchu są nowoczesne sygnalizacje świetlne. Bez względu, czy sterowniki pracują w trybie izolowanym, czy są elementem skomplikowanego systemu zarządzania ruchem, detekcja odpowiada za dostarczanie danych o sytuacji na drodze. Od prawidłowego i niezawodnego działania czujników zależy dynamika sterowania. Prostym przykładem, a jednocześnie bardzo pomocnym przy kierowaniu ruchem w miejscach prowadzenia robót, może być zastosowanie systemów detekcji przy urządzeniach służących do wahadłowego sterowania ruchem drogowym.

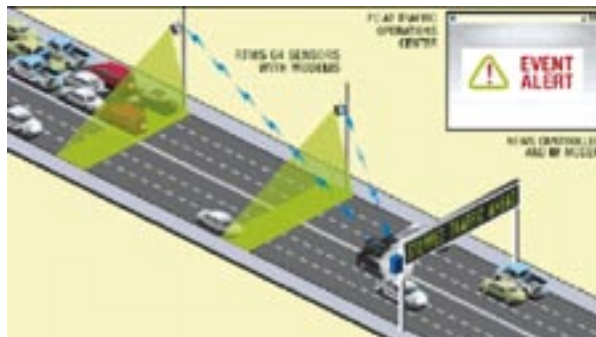


Na podstawie informacji z czujników ruchu, nie tylko sterowniki sygnalizacji świetlnej mogą dynamicznie reagować na zmieniającą się sytuację na drodze.



Zastosowanie detektorowych stacji pomiarowych dostarcza Zarządcy Drogi stałą informację do analizy ruchu i podejmowania działań związanych z polityką transportową w mieście, a sieć takich stacji może dostarczać informację podróżującym o czasie przejazdu, wypadkach i zatłoczeniu.





Należy też wziąć pod uwagę, że bieżące dane o ruchu są cennymi informacjami dla firm dostarczającym oprogramowanie do nawigacji GPS uzupełnianą o aktualny stan przejezdności dróg.

Najpopularniejszy system detekcji pojazdów oparty na pętli indukcyjnej charakteryzuje stosunkowo niski koszt wykonania samej pętli, lecz doświadczenia Zarządców Dróg i firm konserwujących sygnalizację świetlną ujawniają bardzo wysokie koszty utrzymania takiej detekcji. Gdy w pierwszych tygodniach zimy ulegnie uszkodzeniu tylko jedna pętla na skrzyżowaniu sterowanym akomodacyjnie, to zaburza nam pracę całego skrzyżowania na okres od kilku tygodni do kilku miesięcy, generując korki oraz potęgując stres i niezadowolenie uczestników ruchu drogowego. Ponowne wykonanie pętli indukcyjnej możliwe jest jedynie przy sprzyjających warunkach pogodowych i wiąże się z kolejnym blokowaniem pasów ruchu i niepotrzebnymi utrudnieniami. Biorąc pod uwagę zły stan nawierzchni drogi konieczne jest stosowanie systemów detekcji bezinwazyjnych. Do dyspozycji mamy szeroką gamę czujników: radarowe, podczerwieni, detekcji wideo i inne.

Detekcja przy użyciu profesjonalnych kamer wideo, które widokiem przypominają kamery używane do monitoringu policyjnego, umożliwia nam wprowadzenie kolejnego ważnego elementu wpływającego na bezpieczeństwo i płynność ruchu. Na wielu skrzyżowaniach gdzie zainstalowano kamery, widok „wielkiego brata” mającego wgląd na drogę, dyscyplinuje kierowców. Żaden z uczestników ruchu nie jest pewien kto i do jakich celów wykorzystuje te urządzenia.



Widok kamer na Polskich drogach już nikogo nie dziwi. Można powiedzieć, że stał się codziennością. Wiele portali internetowych dostarcza nam serwisy z możliwością zobaczenia, co te kamery widzą.



Ilość zainstalowanych kamer stale rośnie i coraz częściej dochodzi do sytuacji, gdzie ilość obrazów przekracza możliwości analizowania tych informacji przez operatora. Koniecznością staje się automatyzowanie procesów. Obecna technika przetwarzania obrazu dostarcza nam możliwość wykrywania określonych zdarzeń i podejmowanie działań. Takim działaniem może być buforowy zapis sekwencji wideo przed wystąpieniem, w trakcie i po wystąpieniu zdarzenia. Film przedstawiający w jaki sposób doszło do wypadku może znacznie przyspieszyć dochodzenie i wyjaśnić jego przyczyny. Zapis obrazu wykonywany jest automatycznie i jednocześnie może zostać wygenerowany alarm w postaci komunikatu na ekranie komputera.



Coraz częściej kamery to nie tylko obraz, który widzimy. Szybko rozwijające się procesy przetwarzania wizji umożliwiają gromadzenie danych o ruchu, wykrywanie wypadków, zatłoczeń, przekroczeń prędkości, przejazdu na świetle czerwonym, wykrywania anomalii pogodowych, identyfikacji tablic rejestracyjnych. Wszystkie procesy są wykonywane automatycznie, a niektóre prowadzone mogą być równoległe z detekcją pojazdów.







## **Automatyczne drogowe stacje pomiarowe w systemach ITS**

*Narastająca ilość pojazdów poruszających się po drogach Polski wymusza ciągłą rozbudowę i modernizację sieci dróg. Drogi coraz częściej wyposażane są w urządzenia elektronicznego nadzoru ruchu oraz urządzenia informacyjno ostrzegawcze.*

*Do ostatniej grupy należą drogowe stacje pomiarowe. Urządzenia te współpracując z systemami zdalnego monitoringu wchodzi w skład Inteligentnych Systemów Transportowych (ang. ITS).*



### **Jakie są zadania drogowych stacji pomiarowych?**

Często za granicą, a coraz częściej w Polsce, przy drodze, można zaobserwować dziwne konstrukcje obwieszone czujnikami, bateriami słonecznymi i innymi przyrządami pomiarowymi. To są właśnie automatyczne stacje meteorologiczne. Pełnią one nieocenioną rolę przy nadzorze przez Zarządców dróg oraz służb utrzymania warunków na drodze.

Do podstawowych zadań drogowej stacji meteorologicznej należy pomiar parametrów środowiskowych w otoczeniu drogi i przesłanie ich do centrów dystrybucji danych. Tam po wstępnym przetworzeniu mogą być udostępnione użytkownikom lub wykorzystane do sterowania urządzeniami informacyjno- ostrzegawczymi (znaki zmiennej treści, tablice informacyjne) lub sterownikami sygnalizacji ulicznej.



## Co może zmierzyć stacja pomiarowa?

W zależności od żądanego stopnia nadzoru drogi pomiarowe stacje drogowe wyposażane są w czujniki i urządzenia do pomiaru określonych parametrów środowiskowych.

Do podstawowego monitoringu warunków drogowych zazwyczaj wystarczy pomiar parametrów takich jak:

- temperatura powietrza (200 cm nad poziomem gruntu),
- temperatura powietrza (5 cm nad poziomem gruntu),
- wilgotność powietrza (200 cm nad poziomem gruntu),
- punkt rosy (parametr wyliczany na podstawie temperatury i wilgotności powietrza),
- prędkość wiatru (400 cm nad poziomem gruntu),
- kierunek wiatru (400 cm nad poziomem gruntu),
- obecność/natężenie opadu atmosferycznego,
- temperatura nawierzchni drogi,
- temperatura podbudowy drogi,
- temperatura zamarzania cieczy na nawierzchni,
- stan nawierzchni drogi (sucha, mokra, błoto, zaśnieżona, zalodzona),
- stężenie solanki.

Powyższe parametry są wystarczające do określenia warunków panujących na drodze i w jej otoczeniu, a także do krótkoterminowych (1 do 4 godzin) prognoz.

Bardziej rozbudowane systemy pomiarowe uzupełniane są o urządzenia pozwalające określić:

- sumaryczny opad w zadanym interwale czasowym,





- widzialność (przejrzystość powietrza),
- stężenie tlenków węgla oraz siarki w rejonie drogi,
- poziom hałasu

Interesujące z punktu widzenia zarządcy drogi oraz służb interwencyjnych mogą być pomiary parametrów i struktury ruchu kołowego. W tym celu drogowa stacja pomiarowa może być wyposażona w urządzenia, które potrafią określić:

- ilość pojazdów na poszczególnych pasach ruchu w zadanym interwale czasowym (natężenie ruchu),
- średnią prędkość pojazdów dla każdego pasa,
- klasyfikację rodzajową pojazdów z określeniem ich ilości i prędkości w zadanym okresie czasu.

Wykorzystując zasoby i oprogramowanie stacji oraz jej łącza komunikacyjne można uzupełnić przekazywane przez nią dane o obrazy z kamer skierowanych na drogę.

### **Jak klasyfikujemy drogowe stacje pomiarowe?**

W zależności od wyposażenia drogowych stacji pomiarowych można pokusić się o ich klasyfikację. Jest to klasyfikacja umowna, pozwalając jednak zorientować się o rodzaju rejestrowanych danych.

O przydziale stacji do klasy decyduje jej podstawowa funkcjonalność. Proponuję, aby drogowe stacje pomiarowe podzielić na następujące klasy:

- **Stacje meteorologiczne**
  - mierzące parametry atmosfery i geosfery (temperatura, wilgotność, prędkość i kierunek wiatru, opad, widoczność, stan nawierzchni itp.),
- **Stacje pomiarów środowiskowych**
  - mierzące stężenie gazów cieplarnianych, poziom hałasu itp.,
- **Stacje pomiaru ruchu**
  - mierzące strukturę i parametry ruchu kołowego,
- **Stacje monitoringu wizyjnego**
  - rejestrujące lub przekazujące obrazy z otoczenia drogi,
- **Rejestratory**
  - stacje wszystkich klas, nie mające zdalnego połączenia i gromadzące



dane w bazach danych w celu okresowego udostępnienia ich przez lokalne interfejsy. Stacje te mogą także sterować urządzeniami umieszczonymi w ich pobliżu

- **Stacje pomiarowe przenośne**

- instalowane na określony czas stosowane do sporządzania map termicznych dróg.

### **Co stacja pomiarowa robi z danymi?**

Użyteczność stacji pomiarowych determinuje przyjęty system dystrybucji i zarządzania danymi.



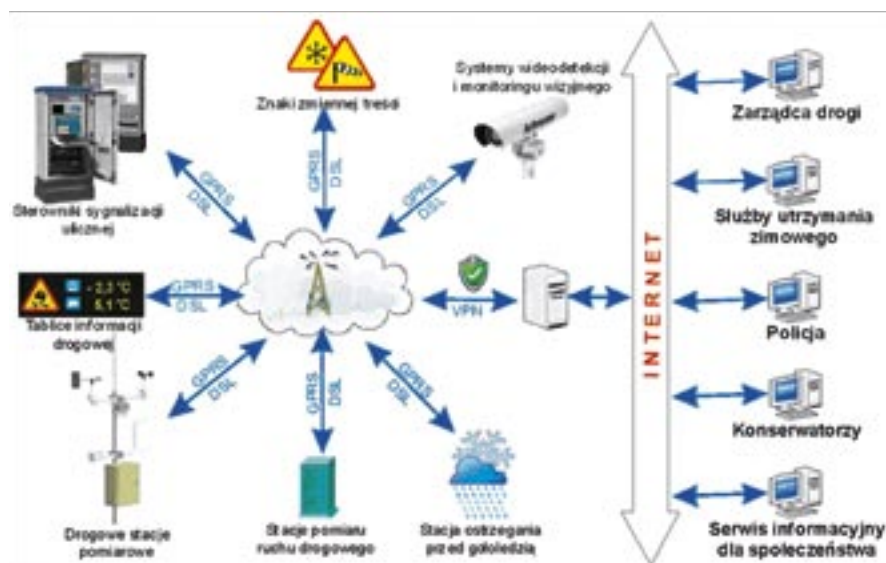
Najprostszą metodą wykorzystania danych pomiarowych stacji jest sterowanie przez nią znaków zmiennej treści, tablic informacyjno-ostrzegawczych i innych urządzeń BRD, w tym sterowników sygnalizacji ulicznej. Zazwyczaj takie stacje dodatkowo gromadzą zebrane dane i pozwalają je pobrać obsłudze do przenośnych komputerów, kart pamięci itp. Użyteczność takich stacji jest jednak ograniczona do miejsca ich posadowienia, a nadzór nad ich działaniem wymaga częstych, osobistych wizyt obsługi.

Innym sposobem wykorzystania danych stacji jest włączenie jej w system monitoringu i sterowania urządzeniami BRD. W takim przypadku nie jest konieczne wyposażanie stacji w dużą ilość pamięci na dane. Wystarczy niewielka pamięć na wypadek przejściowej przerwy w komunikacji.

## Co to jest Lokalny System Monitoringu (LSM)?

Lokalny System Monitoringu łączy i integruje wszystkie dołączone do niego urządzenia będące na terenie jednego lub więcej zarządców dróg. Takie rozwiązanie pozwala na totalne zarządzanie drogą i urządzeniami BRD. Dostarcza niezbędnych narzędzi i informacji wyspecjalizowanym służbom w celu lepszego utrzymania stanu dróg oraz obsługi urządzeń objętych systemem.

Strukturę przykładowego LSM przedstawia poniższy schemat.



Sercem systemu jest zespół serwerów połączonych z monitorowanymi urządzeniami poprzez różnorodne łącza komunikacyjne. W skład zespołu serwerów wchodzi między innymi: serwer baz danych, serwer aplikacji, serwer komunikacyjny. Fizycznie serwery mogą (w zależności od wielkości systemu) stanowić jeden komputer, na którym działają wszystkie niezbędne aplikacje lub w celu zwiększenia wydajności kilka komputerów realizujących przypisane funkcje. Taką funkcją jest np. analiza napływających ze stacji pomiarowych danych i na ich podstawie sterowanie znakami zmiennej treści oraz tablicami informacyjnymi umieszczonymi nie tylko w pobliżu stacji.

System gromadzi zebrane dane umożliwiając w ten sposób tworzenie statystyk dotyczących np. warunków atmosferycznych i drogowych, ruchu pojazdów na drogach, map termicznych dróg.

Spyływające do systemu dane są przetwarzane i wykorzystywane do:

- wizualizacji aktualnego stanu dróg,
- generowania alarmów o trudnych warunkach na drodze,
- informowania o zatorach i utrudnieniach w ruchu,
- informowania o konieczności odśnieżania lub zwiększenia stężenia solanki,
- wysyłania informacji do sterowników sygnalizacji ulicznej, które mogą je wykorzystywać np. do zmiany offsetów w celu dostosowania sterowania do zmniejszonej prędkości pojazdów na skutek złych warunków atmosferycznych,
- wysyłania danych do znaków zmiennej treści i drogowych tablic informacyjnych,

Inną, nie mniej ważną funkcją LSM jest nadzór na współpracującymi z nim urządzeniami. Umożliwia on wykrywanie uszkodzonych lub niewłaściwie pracujących urządzeń, zmianę ich parametrów pracy a nawet przeprogramowanie. Prowadzone przez konserwatorów elektroniczne dzienniki konserwacji i napraw pozwalają zarządcy na bieżącą ocenę stanu podległej mu infrastruktury.

## **Wnioski**

W gestii zarządców dróg jest już wiele nowoczesnych urządzeń pracujących samodzielnie lub w niewielkich zespołach.

Rozwijająca się z zawrotnym tempie technika informatyczna i coraz tańszy dostęp do łącz komunikacyjnych stwarza dogodne warunki budowy LSM. System nie musi od razu integrować wszystkich urządzeń. Można go wdrażać stopniowo, w miarę posiadania środków pieniężnych.

Należy zwrócić uwagę, iż Lokalne Systemy Monitoringu, oprócz pomocy w zarządzaniu drogami, mogą stanowić istotne ogniwo w systemach sterowania ruchem na drogach krajowych i powiatowych.

Nie bez znaczenia jest posiadanie w zasobach systemowych wielu cennych danych, które powinny być sprzedawane podmiotom komercyjnym, takim jak stacje radiowe, firmom przemysłu rolnego, a w przypadku spełnienia norm Światowej Organizacji Meteorologicznej (ang. WMO), IMGW oraz instytucjom naukowym. Uzyskane w ten sposób środki mogą być wykorzystane na dalszy rozwój infrastruktury drogowej.



## **Formalne – prawne wymagania stawiane znakom VMS, wybrane problemy technologii LED.**

W obrocie towarowym Unii Europejskiej, fundamentalnymi są przepisy dotyczące certyfikacji i normalizacji produktów, zasad wprowadzania na rynek oraz przepisy w zakresie bezpieczeństwa wyrobów. Przepisy te dotyczą wszystkich uczestników Jednolitego Rynku w tym również producentów lokalnych. Polska od 1 maja 2004r. jest zobowiązana do przestrzegania podpisanych porozumień.

Dyrektywa Rady Wspólnot Europejskich 89/106/EEC dotycząca wyrobów budowlanych nie jest adresowana do przedsiębiorców, ale do rządów Państw Członkowskich. Źródłem prawa dla przedsiębiorcy są przepisy krajowe implementujące tę dyrektywę wspólnotową do polskiego porządku prawnego. Są to:

- Ustawa o wyrobach budowlanych,
- Ustawa o systemie zgodności,
- Ustawa Prawo budowlane,
- Ustawa o normalizacji,
- oraz wydane na ich podstawie rozporządzenia i normy.

Tymczasem w przypadku urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego stale (w sensie „stare”) obowiązującym źródłem prawa jest rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2003r. w sprawie *szczegółowych warunków technicznych dla znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunków ich umieszczania na drogach* /Dz.U. z 2003r. Nr 220. poz.

2181/, które w ocenie niezależnych prawników pozostaje w jawnej sprzeczności z przywołanymi wyżej przepisami – cyt. *„Pozostawienie tego rozporządzenia w porządku prawnym krajowym, jeżeli utrudnia czy ogranicza stosowanie na terytorium RP wyrobów, które spełniają postanowienia dyrektywy 89/106/EEC – stanowić może przypadek naruszenia przez Rzeczpospolitą Polską /jako Państwo Członkowskie/ postanowień powołanej dyrektywy (artykuł 6 ust. 1, artykuł 21, artykuł 15)”*.

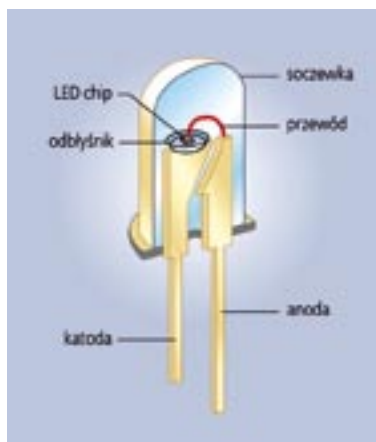
Taki dwoisty stan rzeczy ma niekorzystny wpływ na treść zapisów przetargowych, budzi wątpliwości i stanowi przesłankę do dowolności w interpretacji przepisów prawa. W przypadku, gdy podstawowym kryterium wyboru oferty jest 100% ceny, istotne cechy decydujące o użyteczności oraz jakości parametrów optycznych urządzeń są w znaczny sposób zredukowane w stosunku do podstawowych wymagań normatywnych – zwłaszcza w tych urządzeniach, które w swojej konstrukcji wykorzystują technologię LED. (Konsekwencją tej sytuacji jest również obniżenie bezpieczeństwa użytkowników dróg – czyli nas wszystkich).

Wymagania podstawowe w stosunku do znaków o zmiennej treści oraz sposób badania wszystkich, kwalifikowanych parametrów zostały określone w normie PN-EN 12966: 2005, która jest zharmonizowana z ww. dyrektywą budowlaną. Obowiązek jej stosowania jest datowany na dzień 1.02.2007r.

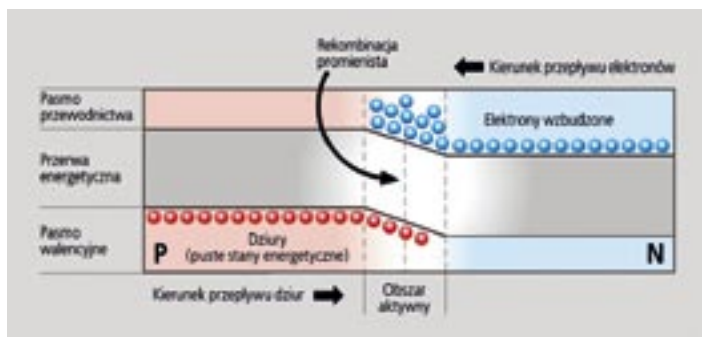
Przy stosowaniu tej normy niezwykle istotną sprawą jest dobranie odpowiedniej kombinacji klas odpowiadającym poszczególnym parametrom, aby w skrajnie trudnych, specyficznych dla środowiska pracy urządzenia warunkach zapewnić jego optymalne działanie – to znaczy: widzialność i czytelność wyświetlanej informacji. Ponadto przy formułowaniu wymagań w stosunku do znaków o zmiennej treści, należy również uwzględnić specyficzną charakterystykę diod LED, wynikającą z ich właściwości konstrukcyjnych. W szczególności dostawca/producent urządzenia powinien określić i udowodnić: w jaki sposób zamierza przeciwdziałać zjawisku starzenia (degradacji w czasie) się diod LED?

Bardzo ważne z punktu widzenia eksploatacji i właściwości użytkowych znaków, VMS jest technologia zastosowana do produkcji tych urządzeń. Dlatego w tej części artykułu chciałbym Państwu zwrócić przybliżyć na mało znany aczkolwiek niezwykle istotny dla użytkowników aspekt dotyczący degradacji diod LED. To zagadnienie często pomijane jest przez dostawców, ponieważ może być słabą stroną oferowanych przez nich urządzeń. W zależności od zastosowanej technologii i doświadczenia producenta dostarczony sprzęt będzie nam służył 2 albo kilkanaście lat.

Diody LED w stosunku do klasycznych, żarowych źródeł światła pobierają niewielkie moce. Jednak, gdy rozpatrzmy ten problem w odniesieniu do gęstości mocy zobaczymy, że w przypadku diod LED są to wielkości o wiele wyższe sięgające nawet  $100 \text{ W/cm}^2$ . O ile żarowe źródła światła większość ciepła emitują w postaci promieniowania IR to w przypadku diod LED tylko ok. 50% ciepła emitowane jest przez promieniowanie. Pozostałe 50% musi być odprowadzone ze złącza przez konwekcję. Na rysunku 7 przedstawiona jest zależność wydajności świetlnej diody LED w zależności od temperatury złącza. Dioda, której temperatura pracy wynosi  $85^\circ\text{C}$  po około 1000 godzinach (ok. 1,5 miesiąca) wykazuje spadek wydajności świetlnej ponad 10%.



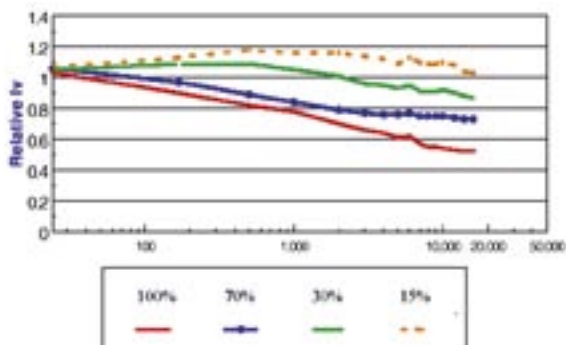
Wraz ze wzrostem temperatury następuje również zjawisko zmniejszenia strumienia świetlnego. Katalogowe wartości strumienia świetlnego podawane są przez producentów dla temperatury  $25^\circ\text{C}$ . Dla diod o barwie żółtej spadek wydajności świetlnej przy wzroście temperatury do  $70^\circ\text{C}$  wynosi aż 50%.



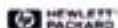
Żeby zrozumieć, na czym polega zjawisko starzenia („słabnięcia” światła) potrzebne jest przyjrzenie się zachowaniu cząstek atomów w półprzewodnikach, z których skonstruowane są diody. Po przyłożeniu napięcia do diody, w atomach następuje „przeskok” elektronów z jednej orbity na drugą. Ten stan nie jest stabilny i po jakimś czasie wracają one z powrotem na pierwotną orbitę. W trakcie drogi powrotnej emitują energię w postaci światła, którego barwa zależy od rodzaju zastosowanych w materiale domieszek. Te tzw. porcje energii nazywamy fotonami. Jednak zasilanie diody maksymalnym prądem znamionowym sprawia, że elektrony nie tylko będą „przeskakiwać” na wyższą orbitę, ale w bardzo krótkim czasie będą emitowane poza ten układ a to oznacza szybki spadek emisji energii świetlnej. Skoro starzenie zależy tak mocno od ilości energii zasilającej diodę, przeciwdziałanie temu niepożądanemu zjawisku polega na jej zredukowaniu do odpowiedniego poziomu. Ale nie ma nic za darmo !!! Redukcja prądu znamionowego oznacza również redukcję światłości (popularnie: jasności) emitowanej przez diodę LED.

Celem konstruktorów powinno być, zatem dążenie do tego, by każda dioda montowana w ich urządzeniach pracowała na poziomie nieprzekraczającym 30% dopuszczalnego prądu i obniżenie temperatury pracy. Przy zastosowaniu zaawansowanych technicznie układów optycznych z elementami chroniącymi przed nadmiernym wzrostem temperatury, wewnątrz układu, możliwe jest osiągnięcie do 16 tys. godzin pracy diody z zachowaniem sprawności świetlnej na poziomie 90% – przy założeniu, że diody w ciągu tych 16 tys. godzin pracują z pełną intensywnością świetlną. Jednak w nocy taka intensywność jest zbędna. Ponieważ znaki VMS są wyposażone w automatyczny system regulacji światłości diod, dlatego w nocy natężenie może być zredukowane nawet do 5% – przy którym zjawisko starzenia praktycznie nie występuje. Oczywiście w dni słoneczne proces ten jest odwrotny. Gdyby policzyć wszystkie godziny w roku, w których występują warunki „pełnego słońca”, to w ten sposób otrzymamy czas starzenia diody. Zakładając, że średniorocznie w każdym dniu tak wysoki poziom luminancji zewnętrznej trwa 4 godziny można obliczyć, że rocznie mamy 1 500 takich godzin, w których diody są mocno eksploatowane. Oznacza to, że w ciągu 10 lat otrzymujemy ich 15 tysięcy. Diody po tym okresie zachowują sprawność świetlną na poziomie 90%. Warunkiem jest jednak to, że znak nie będzie pracował na prądzie znamionowym wyższym niż 30% wartości w całym okresie swojej eksploatacji.





AlGaP Light Output Degradation at Various DC Drive Currents. Lamps Under Test are Stressed and Tested at Stated dc Drive Current. Light Output Data is Measured at 25° C, Referenced to Time Point Zero.



14Pin Series 30 Series/32 Series/34 Series

Rev. 1000  
00

## Rola producenta urządzeń wykorzystujących technologię LED

Środowisko pracy drogowych urządzeń sygnalizacyjnych jest bardzo agresywne a ich wpływ na bezpieczeństwo ruchu drogowego nie do przecenienia. Wystawione są na bezpośrednie działanie czynników atmosferycznych, gwałtownych zmian temperatury, opadów atmosferycznych o podwyższonej zawartości korozyjnych substancji chemicznych, promieniowania UV i innych. Dlatego każdy odbiorca urządzeń dla zastosowań drogowych takich jak sygnalizatory drogowo czy znaki o zmiennej treści powinien żądać od dostawcy informacji i dokumentów, jakie diody<sup>1</sup> zostały użyte do konstrukcji urządzenia oraz jakie środki zapobiegawcze zostały zastosowane, aby ograniczyć do minimum skutki degradacji struktur diod LED i w jaki sposób są chronione przed agresywnym wpływem środowiska.

Znaki VMS są narażone na bezpośrednie działanie promieni słonecznych, które mogą powodować nagrzewanie się obudów do temperatury ponad 80 °C na naszych szerokościach geograficznych. Ze względu, że obudowy urządzeń sygnalizacyjnych wykonane są przeważnie z materiałów wybarwionych w ciemnych kolorach – powierzchnia obrazowa znaków o zmiennej treści malowana

<sup>1</sup> Jedynie diody LED renomowanych producentów gwarantują osiągnięcie wymaganej trwałości i niezawodności urządzeń sygnalizacyjnych.

jest na czarno – pochłanianie energii promieniowania słonecznego jest bardzo duże. Wzrost temperatury diod LED może być spowodowany nie tylko przez konwekcję, ale również przez bezpośrednie nagrzewanie promieniami słonecznymi. Producent, zatem powinien przedsięwziąć odpowiednie środki w celu minimalizacji skutków nagrzania obudowy oraz bezpośredniego nagrzewania promieniowaniem słonecznym.

W przypadku zastosowań diod w znakach o zmiennej treści szczególnie istotna kwestią jest użyteczny czas życia diod. Z przedstawionej powyżej analizy wynika, że prąd diody nie może przekraczać 30 – 40% prądu znamionowego, aby spełniony został warunek wymagany przez specyfikację wyrobu, normę PN-EN 12966. Jednak przy takich wartościach prądu, bez dodatkowych zabiegów, nie jest możliwe osiągnięcie innego parametru fotometrycznego – luminancji. Producent znaków o zmiennej treści musi tak zaprojektować układ optyczny dla diody, aby pomimo obniżenia wartości prądu zasilania do poziomu 30 – 40% uzyskać wymagane wartości luminancji, właściwą charakterystykę rozsyłu wiązki światła, równomierność luminancji i inne parametry fotometryczne wymagane przez normę.

Seryjnie produkowane diody LED wyposażone są w optykę, która nie spełnia ściśle określonych przez specyfikację wyrobów wymagań. Dlatego stosowane diody wymagają zastosowania optyki zewnętrznej, która zapewnia uzyskanie rozsyłu światła w odpowiednio uformowanej wiązce. Układ optyczny musi zapewnić również ochronę diod przed degradującym wpływem promieniowania UV.

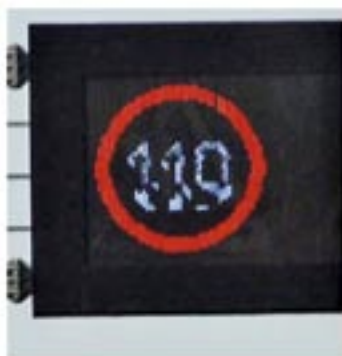
Wielkością, która określa niezawodność urządzeń jest współczynnik MTBF, czyli średni czas działania między awariami. Na tej podstawie możemy obliczyć

## **Podsumowanie**

Wymagania stawiane urządzeniom sygnalizacyjnym w różnych krajach nie są jednakowe. Specyfikacje wyrobów, jakimi są europejskie normy były tworzone przez zespoły specjalistów praktycznie ze wszystkich krajów europejskich. Zawarte w nich wymagania z racji tego, że powstawały przy współudziale wielu krajów zawierają szeroki zakres klas określających granice parametrów dla poszczególnych wymagań. Na przykład wytrzymałość na obciążenia śniegiem znaków o zmiennej treści w Grecji będzie inna niż w Norwegii. Wymagana skuteczność na tłumienie niepożądanych odbić światła przy niskim położeniu słońca

będzie inna na południu Włoch czy Portugalii będzie niż w Szwecji. Dlatego każdy kraj powinien stosować odpowiednie, wybrane klasy parametrów urządzeń sygnalizacyjnych ze względu na swoje położenie geograficzne i klimat.

Urządzenia sygnalizacyjne zgodnie z obowiązującymi przepisami<sup>2</sup> prawa podlegają odpowiedniej procedurze dopuszczającej produkt do użycia. W przypadku znaków o zmiennej treści certyfikat CE stwierdza, iż poddane badaniom urządzenia spełniły wymagania normy. Jednakże ze względu na charakter normy PN-EN 12966, która jest efektem pracy specjalistów z wielu krajów Europejskich, jest dokumentem, który łączy odmienne wymagania stawiane znakom VMS w Portugalii czy w Danii, co do klas parametrów. Użytkownik końcowy powinien wraz z certyfikatem otrzymać wyniki badań, jeżeli jednostka notyfikowana, która wydawała dokument nie włączyła do certyfikatu skróconego protokołu z badań, aby użytkownik mógł porównać, dla jakich warunków brzegowych dokonano pomiarów. Jest bardzo istotne, odbiorca wiedział, jakie diody i o jakich parametrach zostały użyte do wyprodukowania urządzenia, czy wymagana przez normę luminancja (dla znaków VMS) osiągana jest przy prądzie zasilania diod na poziomie 30% prądu znamionowego czy na poziomie 120%. Brak takiej informacji uniemożliwia wybranie urządzenia o oczekiwanych właściwościach.



---

<sup>2</sup> Znak CE stanowi deklarację producenta, że wyrób wprowadzany do obrotu spełnia zasadnicze wymagania określone najczęściej w rozporządzeniach wydawanych na podstawie ustawy z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności (j. t. Dz. U. z 2004 r. Nr 204 poz. 2087 z późn. zm.) – wprowadzających do polskiego prawa tzw. dyrektywy nowego Podejścia.

| LED- based VMS single colours |                      |                  |       |                              |         |     |     |              |                          |
|-------------------------------|----------------------|------------------|-------|------------------------------|---------|-----|-----|--------------|--------------------------|
| B2 A830950-R20060238-BBr      |                      |                  |       |                              |         |     |     |              |                          |
| colour                        | element spacing [mm] | optical axis [°] | mode  | illuminance angle [lx] / [°] | classes |     |     | current [mA] | % of max Allowed Current |
|                               |                      |                  |       |                              | 7.2     | 7.3 | 7.4 |              |                          |
|                               |                      |                  |       |                              | L       | R   | C   |              |                          |
| Yellow                        | 12.73                | 0                | pulse | 40 000/10                    | L3      | R3  | C2  | 13.0         | 18.6%                    |
|                               |                      |                  |       | 10 000/5                     | L3*     | R3  | C2  | 5.00         | 7.1%                     |
|                               |                      |                  |       | 4/10                         | L3      |     | C2  | 0.21         | 0.3%                     |
| Green                         | 30                   | 0                | pulse | 40 000/10                    | L3      | R3  | C2  | 5.00         | 16.7%                    |
|                               |                      |                  |       | 10 000/5                     | L3*     | R3  | C2  | 4.01         | 13.4%                    |
|                               |                      |                  |       | 4/10                         | L3      |     | C2  | 0.21         | 0.70%                    |
| Red                           | 12.73                | 0                | pulse | 40 000/10                    | L3      | R3  | C2  | 13.0         | 18.6%                    |
|                               |                      |                  |       | 10 000/5                     | L3*     | R3  | C2  | 5.00         | 7.1%                     |
|                               |                      |                  |       | 4/10                         | L3      |     | C2  | 0.21         | 0.3%                     |
| Red                           | 30                   | 0                | pulse | 40 000/10                    | L3      | R3  | C2  | 5.00         | 16.7%                    |
|                               |                      |                  |       | 10 000/5                     | L3*     | R3  | C2  | 4.01         | 13.4%                    |
|                               |                      |                  |       | 4/10                         | L3      |     | C2  | 0.21         | 0.70%                    |

Na rysunku pokazano przykładową tabelę ze skróconych badań, będącą częścią certyfikatu CE wydanego przez jednostkę notyfikowaną. Oprócz informacji dotyczących klasyfikacji danego typu znaku VMS podano wartość prądu przy, którym osiągnięto wskazane w tabeli rezultaty. Wielkość prądu wyrażoną jest, jako procent prądu znamionowego. Jest to niezwykle ważna informacja ze względu na ograniczenia, jakim podlegają diody LED. Należy więc oczekiwać, że taki dokument, stanowiący część certyfikatu CE, zostanie dostarczony przez dostawcę. Brak takiego dokumentu można by porównać do sytuacji, gdy mamy zamiar zakupić samochód, który owszem posiada stosowną homologację, ale nie ma informacji czy jest to samochód osobowy czy ciężarowy, jaka jest moc silnika, dla ilu osób jest przeznaczony itp. Czy ktoś z nas zdecyduje się na zakup takiego samochodu?

W niektórych krajach Unii Europejskiej w przetargach publicznych wprost wymagane jest, aby diody były zasilane prądem nieprzekraczającym określonej wartości. Poniżej przedstawiam przykładowy zapis ze specyfikacji niemieckiej:

*<eine lange Lebensdauer der LED´s von min. 40.000 Stunden (bei vollem Nennstrom) bzw. ca. 80.000 Stunden bei 50% des Nennstroms der eingesetzten LED´s.*

*Einhaltung der lichttechnischen Anforderungen (bei max. Helligkeitsstufe) bei max. 50% des Nennstroms des eingesetzten LED-Typs.>*

*długa żywotność diod LED, co najmniej 40.000 godzin przy obciążeniu pełnym prądem znamionowym względnie ok. 80.000 godzin przy 50% prądu znamionowego zastosowanych diod LED.*

*Dotrzymanie wymagań związanych z techniką świetlną (dla najwyższej klasy luminancji) przy zastosowaniu maksymalnie 50% prądu znamionowego zastosowanych typów diod LED.*

W Austrii opracowano standard dla znaków VMS przyjmując za punkt wyjścia specyfikację wyrobu, czyli normę europejską oraz wytyczne niemieckie RWVA i RWVZ. Dotyczący on głównie znaków VMS i obejmujący swoim zakresem nie tylko klasyfikacje parametrów normatywnych, ale również specyficzne dla danego środowiska wymagania dodatkowe dotyczące trwałości, konstrukcji obudowy, stosowanej symboliki znaków drogowych, rozmieszczenia itp. Podobne regulacje istnieją również w Holandii i Niemczech.

Poniżej przykład zapisu z standardu stosowanego w Austrii, określającego maksymalny prąd zasilania diod.

*<Weiße und blaue LED-Dioden dürfen bis maximal 50% des Nennstroms betrieben werden, rote, gelbe und grüne LED – Dioden bis maximal 35%.>*

*Białe oraz niebieskie diody LED mogą być zasilane do max 50% wartości prądu znamionowego, a diody LED o barwach czerwonej, żółtej i zielonej do max 35%*

Odbiorcy urządzeń sygnalizacyjnych mogą oczekiwać od dostawców dostarczenia wiarygodnych referencji. Dokumenty te powinny zawierać nie tylko informacje o rodzaju ilości i czasie działania zainstalowanych urządzeń, ale również dane o niezawodności i czasie potrzebnym do naprawy przedstawione w postaci tzw. *współczynnika dostępności*.

**Dostępność = (MTBF)/(MTBF + MTTR)**

gdzie: MTBF – (Mean Time Between Failure) szacunkowy czas pomiędzy awariami

MTTR – (Mean Time to Repair (or Recover) to szacunkowy czas naprawy systemu po awarii

Nie wdając się w szczegóły zagadnień niezawodności urządzeń możemy powiedzieć, że *dostępność* wyraża prawdopodobieństwo, że urządzenie (znak VMS, sygnalizator drogowy) jest zdolne do wykonywania swoich funkcji w danym momencie. Bardzo istotne jest, aby prawidłowo zdefiniować pojęcie „awa-

rii” urządzenia. Współczynnik ten dobrze odpowiada charakterowi pracy urządzeń sygnalizacyjnych i oczekiwania odbiorców. W przypadku, gdy oczekiwany czas pracy urządzeń (znaki VMS) wynosi ponad 10 lat awarie są nieuniknione. W tych warunkach czas naprawy po awarii jest wielkością krytyczną i niezwykle ważną ze względu na bezpieczeństwo ruchu drogowego.

W świetle przytoczonych powyżej argumentów wydaje się konieczne, aby dostawca znaków VMS, przedstawił nie tylko dokumenty stwierdzających dopuszczenie wyrobu do obrotu /certyfikat CE/ ale również zaprezentował swoje osiągnięcia i stosowaną technologię, która gwarantuje, co najmniej 10 letni okres użytkowania znaków VMS z zachowaniem pełnej sprawności funkcjonalnej przez cały ten czas.



*Zdzisław Dąbczyński*



*Jerzy Kras*



*Jarosław Schabowski*

## **Inteligentne systemy transportu a bezpieczne konstrukcje wsporcze.**

### **1. Wprowadzenie**

Bardzo popularnym obecnie kierunkiem rozwoju w zakresie aktywnego zarządzania ruchem i oznakowania dróg są Systemy ITS (ang. Intelligent Transportation Systems,) które stanowią szeroki zbiór różnorodnych technologii telekomunikacyjnych, informatycznych, automatycznych i pomiarowych oraz technik zarządzania stosowanych w transporcie w celu ochrony życia uczestników ruchu, zwiększenia efektywności systemu transportowego, poprawy komfortu podróżowania oraz ochrony zasobów środowiska naturalnego.

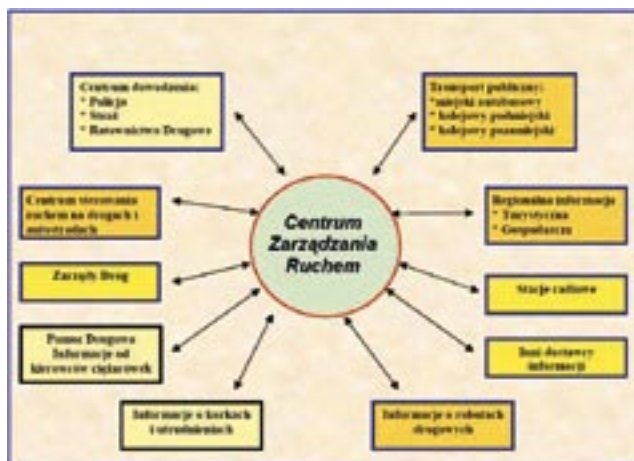
Oprócz aktywnego zarządzania ruchem zintegrowane systemy ITS mogą koordynować i obejmować pracę wielu jednostek usługowych i ratunkowych jak transport publiczny, ratownictwo drogowe, bezpośrednie zarządzanie ruchem i wiele innych.

---

<sup>1</sup> Urząd m.st.Warszawy, Biuro Drogownictwa i Komunikacji, ul. Solec 48, 00-382 Warszawa, [pkrukowski@warszawa.um.gov.pl](mailto:pkrukowski@warszawa.um.gov.pl)

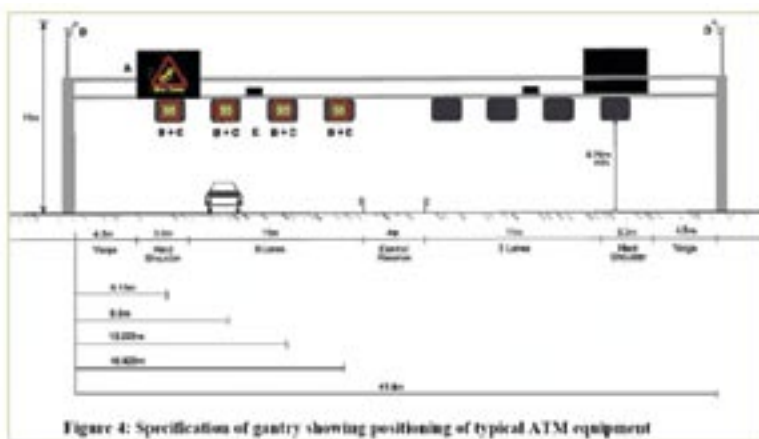
<sup>2</sup> Instytut Transportu Samochodowego, ul. Jagiellońska 80, 03-301 Warszawa, E-mail: [marek.litwin@its.waw.pl](mailto:marek.litwin@its.waw.pl)

<sup>3</sup> EGIS Poland, ul. Puławska 182, 02-670 Warszawa, E-mail: [michal.majewski@egis-poland.com](mailto:michal.majewski@egis-poland.com)



Rys.1 Niektóre elementy systemów sterowania ruchem - opracowanie WIMED.

Elementy systemu takie jak znaki zmiennej treści, systemy kamer, detektorów i czujników muszą być umieszczone wzdłuż pasa drogowego. Ich umieszczenie powoduje wzrost ilości podpór umieszczonych wzdłuż dróg. W Wielkiej Brytanii zakłada się, że dla efektywnego zarządzania ruchem konstrukcje wsporcze wraz z niezbędnymi urządzeniami ITS będą umieszczane, co około 2 mile. Powstaje, więc pytanie, w jakim stopniu może to wpływać na zagrożenie kolizyjami z tego typu podporami?



Rysunek 2 Opracowanie z dokumentu *Safety Risk Assessment for Lightweight Gantries & MS4 Variable Message Signs*:



Inteligentne Systemy Transportowe w ogromnym stopniu mogą wpływać na codzienne zachowanie w ruchu drogowym. Dostarczyć mogą wiarygodnych informacji o warunkach panujących na drogach (wypadki, korki uliczne, złe warunki atmosferyczne), co spowoduje, iż szybciej dojedziemy do pracy lub wcześniej wrócimy do domu. Umożliwią także bezpieczniejsze i wygodniejsze podróżowanie, sprawdzenie aktualnych rozkładów jazdy, zmniejszenie zanieczyszczeń spowodowanych przez transport i wiele innych. Ale, w jakim stopniu konstrukcje, na których są umieszczone elementy systemu mogą wpływać na zwiększenie ilości ewentualnych kolizji czy ich skutki?

## **2. Doświadczenia Wielkiej Brytanii w zakresie stosowania konstrukcji z cechami biernego bezpieczeństwa.**

Agencja Autostrad ( Highways Agency) na administrowanych przez siebie drogach od roku 2000 systematycznie wprowadza konstrukcje wsporcze z cechami biernego bezpieczeństwa zgodne z EN 12767 i obecnie stosowanie tego typu konstrukcji stało się w Wielkiej Brytanii powszechnym standardem. Wielką rolę w tym zakresie odegrało powołanie niezależnego Centrum promocji tego typu systemów pod nazwą **The Passive Revolution** – promującego poprzez działania edukacyjne i testy demonstracyjne rozwój bezpiecznych konstrukcji wsporczych. Więcej na ten temat można znaleźć na stronach internetowych: <http://www.ukroads.org/thepassiverevolution/>

### **2.1. Badania i rozwój konstrukcji bezpiecznych pod Systemy ITS.**

W ramach funkcjonującego systemu zarządzania ruchem w Wielkiej Brytanii bardzo ciekawy kierunek w zakresie poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego rozwija Agencja Autostrad (Highways Agency), która w 2005 roku rozpoczęła program badawczy, którego założeniem jest analiza stosowania i opracowanie lekkich i bezpiecznych konstrukcji bramowych pod elementy ITS.

Jedną z przyczyn rozwoju tego kierunku i otwarcia się na to kolejne zagrożenie w otoczeniu drogi był wypadek autokaru, jaki miał miejsce na jednej z autostrad w 2004 roku w wyniku, którego konstrukcja bramowa po ścięciu jednego ze słupów spadła na jezdnię powodując ogromne zagrożenie dla innych użytkowników autostrady.



*Zdjęcie 1 Zderzenie autokaru z konstrukcją pod znaki zmiennej treści.*

Wypadki takie zdarzają się również i w innych krajach (poniżej Niemcy) a ich skutki, z uwagi na sztywność konstrukcji i ich masę, są zazwyczaj bardzo poważne.



*Zdjęcie 2. Zderzenie samochodu ciężarowego z konstrukcją bramową na autostradzie w Niemczech.*

Projektanci konstrukcji wsporczych w Wielkiej Brytanii w ostatnich kilku latach stopniowo wprowadzali zmiany w projektach mające na celu obniżenie wagi konstrukcji i wyeliminowanie podestów, jakie były w przeszłości powszechnie stosowane; przykładem takich pozytywnych rozwiązań są konstrukcje wysięgnikowe zainstalowane ostatnio na autostradzie M42. Gdzie to tylko było możliwe, elementy znaków o zmiennej treści, które wymagają obsługi zostały

usunięte z górnej części rygla i umieszczone na słupach bocznych, w miejscu łatwiej dostępnym. Rozwiązanie to poza wyeliminowaniem podestów pozwoliło zminimalizować użycie ciężkiego sprzętu stosowanego do tej pory do obsługi znaków.

Powyższe doświadczenia były impulsem do dalszych działań zmierzających do opracowania i wdrożenia do stosowania dalszych bezpiecznych rozwiązań takich jak:

- słupy pod tablice
- lekkie konstrukcje bramowe
- przyłącza elektryczne skonsolidowane z konstrukcjami lub umieszczone pod powierzchnią jezdni.

W 2006 roku Agencja Autostrad zakończyła prace nad długoterminową analizą dotyczącą rozwoju Inteligentnego Systemu Transportu na podległych autostradach. Oczekuje się, że jej wyniki będą miały wpływ na zmianę niektórych obowiązujących do tej pory standardów dotyczących m.in. poszerzenia autostrad oraz zwiększenia wymagań dla infrastruktury ITS ze szczególnym uwzględnieniem zastosowania lekkich konstrukcji bramowych. Więcej: <http://www.ha-research.gov.uk/projects/index.php?id=992>

Poza tym, opracowanie i wdrożenie lekkich konstrukcji, słupów, wysięgników i bram z cechami pasywnego bezpieczeństwa wymusza niejako podjęcie podobnych działań w zakresie znaków o zmiennej treści, aby zmniejszyć ich wagę, co będzie miało również wpływ na poprawę bezpieczeństwa na drodze.

### **3. Dane projektowe dla LWG w oparciu o system LATTIX.**

Boczne oraz środkowe słupy LWG (Lightweight Gantries) z cechami pasywnego bezpieczeństwa zaprojektowane zostały w układzie „A”. Rygiel o maksymalnej długości do 45m, wykonany został nietypową metodą eliminującą spawanie bądź inne połączenia skręcane. Metoda ta eliminuje powstanie niepożądanych zjawisk jak naprężenia lub punktowe osłabienia materiału, jakie mają miejsce przy budowie tradycyjnych konstrukcji bramowych. Konstrukcja w jej środkowej części oraz na każdym z końców jest zawieszona na podwójnych słupach ułożonych w układzie „A”, wykonanych ze standardowego słupa C4438 spełniającego wymagania PN-EN 12 767



*Rysunek 3 Założenia konstrukcyjne do LWG*

Średnia waga metra bieżącego konstrukcji bramowej, nieuwzględniająca wagi ewentualnych znaków, wynosi jedynie ok. 80kg; waga typowej stalowej konstrukcji bramowej to ok. 600kg/m.

Przeprowadzono analizy statyczne potwierdzające wytrzymałość i stabilność konstrukcji, badania te potwierdziły, że LWG jest w stanie przenieść obciążenia powstałe ze strony zamontowanych na niej znaków. Słupy konstrukcji bramowej zostały zaprojektowane, jako bezpieczne w przypadku najechania na nie pojazdu. Częścią przeprowadzonej analizy było zbadanie wpływu wagi zamontowanych znaków drogowych na wytrzymałość rygla w czasie zderzenia i jego opadania na jezdnię.

#### **4. Testy zderzeniowe**

Pierwsza aluminiowa, bezpieczna konstrukcja bramowa dla przekrojów autostradowych została opracowana i przebadana przez Agencję Autostrad (HA) w 2005 roku na torze zderzeniowym TRL (Transport Research Laboratory); celem projektu była ocena ryzyka zastosowania bezpiecznych konstrukcji bramowych, których głównym zadaniem jest utrzymanie znaków w tym zmiennej treści nad jezdniami autostrady.



*Zdjęcie 3 Konstrukcja LWG LATTIX przygotowana do zderzeń.*

Końcowe podniesienie rygla, z zamontowanymi już na nim znakami o zmiennej treści, i zamontowanie go na wcześniej postawionych słupach trwało ok. 25 minut.

Przed testami zderzeniowymi było rozważanych kilka możliwych scenariuszy, sposobów zachowania się konstrukcji bramowej i możliwości jej upadku po najechaniu samochodem testowym. Ponieważ konstrukcja, z uwagi na kratową budowę, cechuje się raczej niską odpornością na uderzenia oczekiwano po teście potwierdzenia tezy, że teoretyczni pasażerowie przeżyją zderzenie z konstrukcją. W rzeczywistości w czasie pierwszego uderzenia jedna z podpór została zerwana i odrzucona na bok, pozostała część konstrukcji bramowej pozostała na miejscu, rygiel nie zmienił swojego położenia.

Pojazd testowy został uszkodzony w przedniej jego części, w bardzo niewielkim stopniu naruszona została również przestrzeń pasażerów.

Drugie uderzenie spowodowało zerwanie drugiego, bliźniaczego słupa, po czym rygiel opadł na jezdnię. Wyniki przeprowadzonych testów potwierdziły założenia, że w określonych warunkach, ryzyko związane z zastosowaniem tego typu bezpiecznych konstrukcji wsporczych jest stosunkowo niewielkie i mogłoby być akceptowalne dla zastosowań na drogach i autostradach.

Bardzo ciekawym kolejnym testem było uderzenie podobnego pojazdu w leżący na jezdni rygiel i pomiar parametrów zderzenia w porównywalnych dla normy EN 12767 parametrach. Wynik był pozytywny, czyli uderzenie w leżący na jezdni rygiel ma szansę pozytywnie przejść testy zderzeniowe wg EN 12767 jeżeli, jego waga jest właściwa.



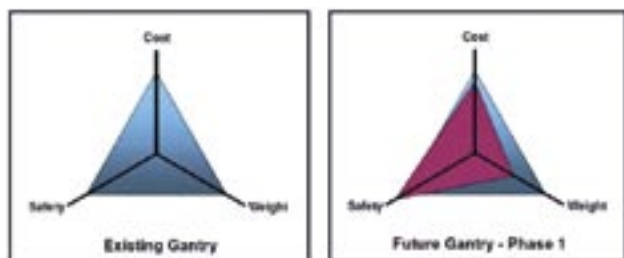
*Zdjęcie 4 Zachowanie się słupa i rygla po uderzeniu w pierwszy słup.*



*Zdjęcie 5 i 6 Zachowanie się rygla po uderzeniu w drugi słup podpierający i w uderzenie w leżący rygiel.*

## 5. Wyznaczenie celów dla następnych rozwiązań

Osoby uczestniczące w projekcie zgodnie opowiedziały się za zachowaniem relacji, pomiędzy jakością, kosztami czasem i ciężarem konstrukcji. Biorąc pod uwagę tę zależność w kolejnej fazie realizowanego projektu wyznaczono sobie cel zmierzający do rozwoju systemu lekkich konstrukcji bramowych w zakresie kosztów, wagi i pasywnego bezpieczeństwa; sytuacja taka jest przedstawiona schematycznie poniżej:



*Rysunek 4 Schematyczne założenia do analizy kosztów bezpieczeństwa i wagi konstrukcji Opracowanie Safety Risk Assessment for Lightweight Gantries & MS4 Variable Message Signs*

Obecne konstrukcje bramowe są jeszcze często projektowane, jako trwałe związane z gruntem przy założeniu, że słupy instalowane są jak najdalej od krawędzi jezdni lub są osłonięte kosztownymi barierami ochronnymi. Pierwsze konstrukcje opracowane na autostradę M 25 posiadają już pewne cechy projektowanych lekkich konstrukcji bramowych, jednak, porównując ich wagę z wagą założoną w nowym projekcie, konstrukcje te są jeszcze ciągle ciężkie.

Niezmiennym celem prowadzonego przez Agencję Autostrad (HA) projektu dotyczącego lekkich konstrukcji bramowych jest przede wszystkim redukcja ich wagi i poprawa bezpieczeństwa poprzez zmiany projektowe w konstrukcji i zmiany materiału.



*Rysunek 5 Układ schematyczny LWG Opracowanie Juralco AS*

Kolejne wyzwania to szacowanie ryzyk kolizji wtórnych czy to z pojazdami odbitymi od drogowych barier ochronnych czy w przypadku zastosowania LWG ryzyk związanych z uderzeniem w lekkie elementy uszkodzonych konstrukcji.

## **6. Bieżące instalacje**

Od czasu wprowadzenia na rynek pierwszych konstrukcji z cechami pasywnego bezpieczeństwa upłynęło już 25 lat; od tamtego czasu rozwiązania te są ciągle udoskonalane a koszty związane z ich produkcją obniżane.

Obecnie w kilku krajach europejskich oferowany jest cały wachlarz aluminiowych konstrukcji bezpiecznych Lattix®, począwszy od niewielkich, jedno-modułowych rozwiązań a skończywszy na dużych lekkich bramach autostradowych zwanych LWG.

Uzupełnieniem systemu są dodatkowe elementy służące do instalacji konstrukcji jak: fundamenty prefabrykowane, uchwyty montażowe, rozłączne systemy elektryczne, osłony przewodów itd.

Końcowe wnioski po symulacjach i testach konstrukcji bramowych przeprowadzonych przy udziale Agencji Autostrad, dały nadzieję na jeszcze szybszy

rozwój tego typu produktów. W rzeczywistości już kolejna dostawa konstrukcji bramowej LWG (Light Weight Gantry) i jej montaż w 2007 roku w Norwegii, potwierdziły ekonomiczne uzasadnienie projektu i korzyści z niego wynikające.

LWG system składa się z wielu elementów wykorzystywanych w standardowej konstrukcji bramowej stosowanej dotychczas na drogach.



*Zdjęcie 7 Instalacja LWG Lattix w Norwegii.*

## **7. Ogólne właściwości LWG wykonanych z systemu Lattix**

W ostatnich latach konstrukcje bramowe Lattix®, po licznych badaniach i testach zostały przyjęte, jako rozwiązania bezpieczne, spełniające wymagania PN-EN 12767 i zastosowane w wielu krajach europejskich. Doskonałe właściwości absorbowania energii powstałej w czasie uderzenia w nią pojazdu w połączeniu z wysoką wytrzymałością konstrukcji, spowodowały, że rozwiązanie to jest często stosowane na wszystkich rodzajach dróg i szczególnie preferowane w miejscach szczególnie niebezpiecznych gdzie ryzyko najechania na konstrukcje określane jest, jako duże.

Aluminium jest materiałem o podobnej wytrzymałości jak i stal jednak znacznie łatwiejszym w obróbce, dzięki czemu, poprzez odpowiednie jego uformowanie, można wpływać na obniżanie wagi konstrukcji nie tracąc przy tym niezbędnej wytrzymałości.

Kluczem do dalszej optymalizacji kosztów i wagi LWG jest ograniczenie wagi elementów, jakie będą instalowane na konstrukcji. Obecnie stosowane znaki o zmiennej treści są zgodne z obowiązującymi obecnie przepisami, prze-



pisy te są jednak stopniowo zmieniane w wyniku, czego nowe znaki powinny spełniać już bardziej rygorystyczne wymagania zwłaszcza w zakresie ich wagi. Działania takie z całą pewnością dadzą możliwość dalszego obniżenia kosztów LWG

## 8. Wnioski – podsumowanie

Pierwsze instalacje LWG są już stosowane w Norwegii, brytyjski projekt przechodzi do końcowej fazy wdrożeniowej i aplikacyjnej. W rozwijających się systemach transportu nie ma już prostych rozwiązań, dla których można prosto i jednoznacznie określić, że takie czy inne rozwiązania są jednoznacznie bardziej lub mniej bezpieczne. W ruchu drogowym istnieją zawsze różnorodno konstelacje ryzyk i zagrożeń, które należy uwzględniać projektując i stosując takie czy inne rozwiązania. Ciekawym narzędziem do tego typu celów może być opracowany przez Instytut Ekspertyz Sądowych w Krakowie – Zakład Badania Wypadków Drogowych kalkulator ryzyk – pozostaje tylko mieć nadzieję, że stanie się on wkrótce ważnym narzędziem przy projektowaniu budowie i utrzymaniu dróg.



Rysunek 6 Analiza ryzyka kolizji – Opracowanie IES w Krakowie

W opracowaniu wykorzystano materiały opracowań i stron internetowych:

1. Safety Risk Assessment for Lightweight Gantries & MS4 Variable Message Signs: Final Report by J Kennedy, D Lynam, A Daly, S Savin and N Reed UPR T/032/06
2. Lattix advanced safety lightweight traffic support structures for Intelligent Traffic Management.
3. Lightweight Gantry and MS4 Risk Methodology BY: TRL
4. ANALIZA RYZYKA WIELKOŚCI OBRAŻEŃ W KOLIZJACH Z NIEKTÓRYMI OBIEKTAMI PRZYDROŻNYMI Jan UNARSKI Wojciech WACH Zdzisław DĄBCZYŃSKI Janusz BOHATKIEWICZ Seminarium Gambit 2008.
5. <http://www.lattix.net/>
6. <http://www.ukroads.org/thepassiverevolution/>
7. <http://www.ha-research.gov.uk/projects/index.php?id=992>



## Zarys problematyki integracji rozproszonych urządzeń przydrożnych

Pod koniec pierwszej dekady XXI wieku, nikogo nie dziwi fakt, że każde, nawet niespecjalnie skomplikowane urządzenie przydrożne, jest w istocie całkiem złożonym, lokalnym systemem komputerowym. Chcąc mówić o znakach zmiennej treści, drogowych stacjach meteorologicznych, czy choćby zwykłych sygnalizatorach, itp., wkraczamy w obszar styku automatyki przemysłowej, elektroniki i teleinformatyki.

Instalując – w ramach dowolnego obszarowego systemu organizacji ruchu – jakiegokolwiek przydrożne urządzenia, kwestią fundamentalną jest zapewnienie łączności tych urządzeń. Rzecz niby oczywista, ale – jak się okazuje – wcale nie banalna. Żeby urządzenia komputerowe mogły się komunikować ze sobą, potrzebny jest im (oprócz tzw. medium transmisyjnego, czyli np. kabla światłowodowego) jakiś wspólny „język” porozumiewania się. Funkcję tę spełnia protokół komunikacyjny.

**Protokół komunikacyjny** to zbiór ścisłych reguł i kroków postępowania, które są automatycznie wykonywane przez urządzenia i oprogramowanie komunikacyjne w celu nawiązania łączności i wymiany danych. Dzięki temu, że połączenia z użyciem protokołów odbywają się całkowicie automatycznie typowy użytkownik zwykle nie zdaje sobie sprawy z ich istnienia i nie musi o nich nic wiedzieć [Encyklopedia Informatyczna Helionica].

Rzecz jasna, zanim typowy użytkownik zostanie w ogóle użytkownikiem i będzie mógł nie zdawać sobie sprawy z istnienia protokołów, wykonawca takiego systemu musi zadbać o zgodność protokołów pomiędzy urządzeniami,

wchodzącymi w skład ich zespołu. I tu właśnie zaczyna się pewna trudność; ogólnie pojęta automatyka dopracowała się kilku naprawdę standardowych protokołów do komunikacji między urządzeniami przemysłowymi (jak np. Modbus, Profibus, czy Fieldbus). Jednak specyfika urządzeń drogowych jest na tyle znacząca, że protokoły te nie znajdują tu zastosowania, potrzebne są specjalne - dedykowane. I w tej właśnie dziedzinie, w Polsce panuje chaos. W sytuacji, kiedy praktycznie każdy producent urządzeń przydrożnych oferuje je z własnym protokołem komunikacyjnym, szczególnej rangi nabiera rola wykonawcy konkretnego systemu, złożonego z urządzeń pochodzących od różnych producentów. Mianowicie, staje się on **integratorem systemów**. Integracja owa polega oczywiście na tym, żeby doprowadzić w danym projekcie do pełnej komunikacji między urządzeniami, posługującymi się odmiennymi „językami”, czyli protokołami. Doświadczenie firmy *APM* jako integratora wskazuje, że mimo braku oficjalnych standardów, protokołom różnych producentów przykładać należy różne wagi. Przykładowo, znaki zmiennej treści (VMS) produkcji austriackiego *Swarco Futuritu*, posiadają protokół FuturitCom, który praktycznie stanowi standard sam dla siebie. Jest on niezmienny, mimo zmian i przełomów w technologii budowy znaków. To pod jego kątem przeważnie następuje integracja w aplikacjach, za które odpowiedzialność bierze *APM*. Z kolei instalując np. stację meteorologiczną, będącą produktem zakładu elektroniki, kiedy protokół jest autorski i powstaje ad-hoc - drogą uzgodnień pod kątem konkretnej aplikacji, niemożliwe do osiągnięcia jest powtarzalność takiego protokołu w przyszłości. Nawet kwestia zwykłej rozbudowy danego systemu o kolejne urządzenia w perspektywie kilku lat, obciążona jest poważnym, niepomijalnym ryzykiem, które należy brać pod uwagę.

Za granicą, w standaryzacji przodują Niemcy: TLS 2002 (Lieferbedingungen für Streckenstationen), to rozbudowany, uniwersalny protokół komunikacyjny, rozwijany przez BASt (für Straßenwesen Telematik – Federalny Instytut Telematyki Drogowej), jednostkę badawczą niemieckiego Federalnego Ministerstwa Transportu, Budownictwa i Mieszkalnictwa. Protokół ten wykorzystywany jest dość szeroko w Europie, całkiem skutecznie aspirując do miana standardu w komunikacji pomiędzy głównymi i pośrednimi centrami zarządzania ruchem, a wszelkimi urządzeniami przydrożnymi oraz w komunikacji pomiędzy nimi: znakami zmiennej treści, detektorami ruchu, kamerami, stacjami meteorologicznymi, itd. Na podkreślenie zasługuje uniwersalność niemieckiego rozwiązania – zaprojektowano je z myślą o obsłudze jednym protokołem wszelkich możliwych klas urządzeń, stosowanych współcześnie w drogownictwie. Przykładem

wdrożenia tego protokołu w Polsce jest Podsystem Znaków Zmiennej Treści w ramach Systemu Zarządzania Ruchem w Warszawie – APM dokonał w roku 2008 integracji pięciu znaków VMS do współpracy z innymi urządzeniami protokołem TLS 2002.

Co zaskakujące, nawet tak uniwersalna i komplementarna propozycja jak TLS 2002, nie jest standardem zupełnym. Za ilustrację posłużyć tu może jedna z polskich autostrad, rozbudowywana w latach 2008-2010 o infrastrukturę przydrożną. Mimo, że jednym z głównych projektantów i wykonawców jest bardzo znana i wpływowa, niemiecka firma o zasięgu globalnym, zastosowanie znajdują tu inne, „niszowe” protokoły, o TLS-ie nikt nie wspomina.

Wydaje się, że istniejący brak standaryzacji komunikacji w drogownictwie polskim, nie wpływa korzystnie na rozwój w tym obszarze, a prawdziwe problemy ujawnić się mogą dopiero za jakiś czas. Obecnie dopiero rozpoczyna się „informatyzacja” polskich dróg. Inwestycje są zdecentralizowane i mają charakter lokalny. Wysycenie urządzeniami automatyki polskich dróg, poza kilkoma wyjątkami – niskie. Natomiast przykład państw europejskich o nieporównanie wyższym rozwoju infrastruktury drogowej niż nasz obecny, pokazuje kierunek dalszego rozwoju tej infrastruktury, na miarę XXI wieku. Wszystko zmierzać powinno do centralizacji – łączenia lokalnych systemów w globalny – na skalę kraju - system zarządzania, a przynajmniej monitoringu ruchu. Prędzej czy później, musi do tego dojść i tu właśnie wystąpią zasadnicze trudności. Jeśli rozwój lokalnej infrastruktury będzie postępował w dotychczasowy sposób, czyli w totalnym chaosie „protokolarnym”, to ta wielka, ogólnokrajowa megaintegracja, może być w wielu przypadkach po prostu niemożliwa. Grozić to może koniecznością dodatkowych inwestycji w lokalną infrastrukturę, celem ujednolicenia komunikacji, lub nawet całkowitą wymianą urządzeń, niekompatybilnych ze „światem”.

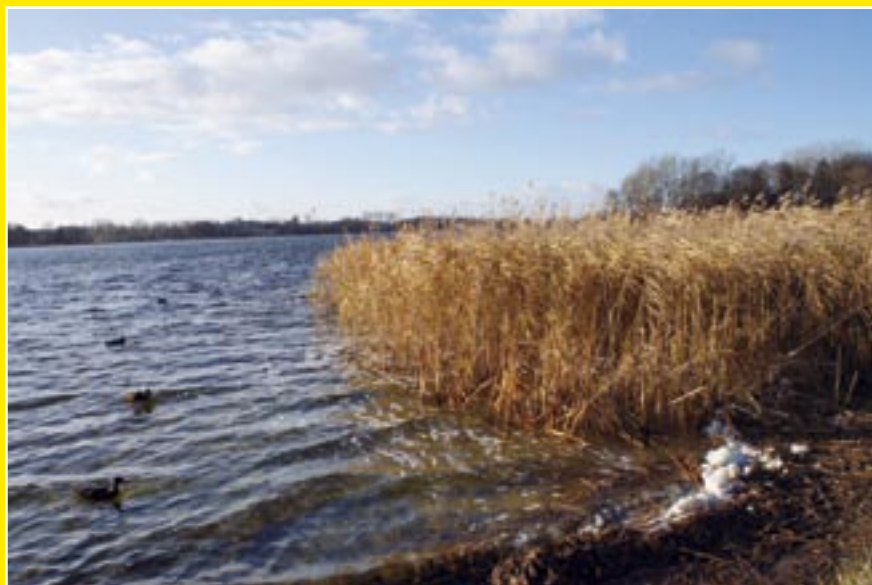
W związku z tym, osoby i instytucje dokonujące wyboru urządzeń (producentów, wykonawców) do swoich systemów drogowych, powinny zwracać baczną uwagę i na ten aspekt. Należy żądać jak najwyższej, możliwej do uzyskania klasy standaryzacji protokołów komunikacyjnych, interesować się, gdzie wcześniej dany protokół miał zastosowanie.

Natomiast idealnym rozwiązaniem problemu, byłoby stworzenie krajowego, uniwersalnego i elastycznego protokołu komunikacyjnego, obejmującego możliwie dużą różnorodność urządzeń drogowych, na podobieństwo niemieckiego TLS-a. Uczynienie zeń polskiego standardu ostatecznie rozwiązałoby wiele problemów. Powinna tego dokonać instytucja wysokiego szczebla urzędowego. Niestety, obecnie nie bardzo wiadomo kto mógłby to być.

## Poznań - Kiekrz • czerwiec 2009

Spis treści:

|                                                                                              |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Miasto Poznań – miejsce Seminarium .....</b>                                              | <b>3</b>   |
| <b>Co nowego w architekturze ITS</b>                                                         |            |
| <i>mgr inż. Piotr Krukowski, dr inż. Marek Litwin, mgr inż. Michał Majewski .....</i>        | <i>5</i>   |
| <b>ITS w zarządzaniu ruchem w zatłaczanych sieciach transportowych</b>                       |            |
| <i>dr inż. Andrzej Krych .....</i>                                                           | <i>21</i>  |
| <b>Czy mamy „PRAWO” do wdrażania ITS w Polsce ?</b>                                          |            |
| <i>mgr inż. Marek Wierzchowski .....</i>                                                     | <i>35</i>  |
| <b>Systemy zarządzania ruchem – ujęcie syntetyczne</b>                                       |            |
| <i>dr inż. Mariusz Kaczmarek .....</i>                                                       | <i>41</i>  |
| <b>Nowoczesne systemy sterowania ruchem<br/>na przykładzie systemu MSR-SMiS</b>              |            |
| <i>mgr inż. Tomasz Folwarski .....</i>                                                       | <i>61</i>  |
| <b>Wideodetekcja i monitoring wizyjny</b>                                                    |            |
| <i>mgr inż. Maciej Stroński .....</i>                                                        | <i>79</i>  |
| <b>Automatyczne drogowe stacje pomiarowe w systemach ITS</b>                                 |            |
| <i>mgr inż. Waldemar Araminowicz .....</i>                                                   | <i>85</i>  |
| <b>Formalno – prawne wymagania stawiane znakom VMS,<br/>wybrane problemy technologii LED</b> |            |
| <i>mgr inż. Piotr Świątalski .....</i>                                                       | <i>91</i>  |
| <b>Inteligentne systemy transportu a bezpieczne konstrukcje wsporcze</b>                     |            |
| <i>Zdzisław Dąbczyński, Jarosław Schabowski, Jerzy Kras .....</i>                            | <i>101</i> |
| <b>Zarys problematyki integracji rozproszonych urządzeń przydrożnych</b>                     |            |
| <i>mgr inż. Aleksander Konior .....</i>                                                      | <i>113</i> |



*Jezioro Kierskie.*

