

**MAREK BUDA**

dr inż., Politechnika Warszawska,  
Wydział Transportu, Zakład Sterowa-  
nia Ruchem, Zespół Sterowania Ru-  
chem Drogowym, 00-662 Warszawa,  
ul. Koszykowa 75, tel. 22 234 75 85,  
email: mbu@wt.pw.edu.pl

**TOMASZ FOLWARSKI**

mgr inż., MSR TRAFFIC sp. z o. o.,  
ul. Kamienna 7, Wysogotowo  
62-081 Przeźmierowo

**TOMASZ KRUKOWICZ**

mgr inż., Politechnika Warszawska,  
Wydział Transportu, Zakład Sterowa-  
nia Ruchem, Zespół Sterowania Ru-  
chem Drogowym, 00-662 Warszawa,  
ul. Koszykowa 75, tel. 22 234 75 85,  
email: tkr@wt.pw.edu.pl

# Problemy stosowania liczników czasu w drogowej sygnalizacji świetlnej<sup>1</sup>

**Streszczenie:** Artykuł porusza problem stosowania liczników czasu wpływającego do zmiany sygnału w drogowej sygnalizacji świetlnej. Opisano stosowane urządzenia, ich działanie oraz korzyści i problemy związane z ich stosowaniem. Scharakteryzowano możliwość stosowania liczników w aktualnym stanie prawnym. Artykuł stanowi rozwinięcie artykułu *Liczniki czasu w sygnalizacji drogowej – za i przeciw ich stosowaniu* opublikowanego w czasopiśmie TTS Technika Transportu Szynowego nr 10/2013. W artykule scharakteryzowano rodzaje używanych liczników oraz stosowane w nich rozwiązania techniczne. Następnie wyróżniono trzy grupy problemów związanych z ich stosowaniem, dotyczące: zagadnień inżynierii ruchu, zagadnień związanych z budową urządzeń oraz zagadnień prawnych i odnoszących się do bezpieczeństwa ruchu drogowego. W zakresie inżynierii ruchu odniesiono się do problemów związanych z projektowaniem algorytmów sterowania oraz wpływem urządzeń na efektywność sterowania. Poruszono także problemy dotyczące projektowania rozmieszczenia tych urządzeń. W części odnoszącej się do zagadnień technicznych przedstawiono zasadę działania urządzeń dostępnych na rynku oraz opisano ich wady. Przeprowadzono analizę wyposażenia sterownika oraz urządzenia pod kątem standardów bezpieczeństwa stosowanych dla innych urządzeń sygnalizacyjnych. Zwrócono także uwagę na problem wymagań konstrukcyjnych i fotometrycznych dla liczników czasu. W części dotyczącej zagadnień prawnych i związanych z bezpieczeństwem ruchu drogowego zwrócono uwagę na sytuacje, w których stosowanie liczników czasu może być przychylną niebezpiecznych zachowań kierujących, bądź zdarzenia drogowego. Uwzględniono przy tym sposób poruszania się różnych uczestników ruchu. Przedstawiono również czynniki, wpływające na decyzje zarządców dróg instalujących takie urządzenia. Wskazano obszary, które wymagają uregulowania, w przypadku chęci dopuszczenia do stosowania liczników czasu w drogowej sygnalizacji świetlnej.

**Słowa kluczowe:** sygnalizacja świetlna, licznik czasu, sterownik drogowej sygnalizacji świetlnej, bezpieczeństwo ruchu drogowego

## Wprowadzenie

Wielu zarządców dróg stosuje w sygnalizacji świetlnej wyświetlacze wskazujące czas do zmiany sygnału. Rozwiązania te są stosowane w wielu miastach m.in. w Toruniu, Wrocławiu, Zielonej Górze, Opolu i Gdańsku. W 2013 roku opisano wybrane problemy związane z tymi urządzeniami w artykule *Liczniki czasu w sygnalizacji drogowej – za i przeciw ich stosowaniu*, „TTS Technika Transportu Szynowego”,

2013, nr 10/ [1]. Rozwiązania te są nadal stosowane mimo niedopuszczenia ich w przepisach [2] i stanowiska Ministerstwa Infrastruktury przedstawionego w [3], stwierdzającego, że nie ma potrzeby przekazywania uczestnikowi ruchu bardziej szczegółowych informacji, niż przekazywane za pomocą sygnalizatorów. Stanowisko to zostało potwierdzone przez wiele organów zarządzających ruchem, zarządców dróg i specjalistów w zakresie inżynierii ruchu, jednak nadal występują próby montażu tego typu urządzeń. Niniejszy tekst stanowi rozwinięcie i rozszerzenie artykułu [1].

Problemy związane ze stosowaniem liczników opisano poprzez scharakteryzowanie zagadnień, jakie należy rozwiązać przed wprowadzeniem takich urządzeń, w przypadku podjęcia decyzji o ich zastosowaniu. Należy zwrócić uwagę, że większość zarządców dróg i organów zarządzających ruchem nie jest świadoma przedstawionych w niniejszym artykule problemów, przez co stosowane rozwiązania mogą być nieefektywne lub stwarzać zagrożenie bezpieczeństwa ruchu drogowego.

## Stosowane rodzaje liczników

W znanych autorom przepisach krajów Unii Europejskiej nie można znaleźć szczegółowych zapisów dotyczących funkcjonowania liczników czasu. Istnieje również problem dotyczący nazewnictwa tych urządzeń. W niniejszym artykule są one nazywane „licznikami czasu”, choć w dostępnych powszechnie zdjęciach oraz w materiałach spotykane są różne liczniki czasu. Urządzenia te charakteryzują się odmiennymi możliwościami, budową, jak również zasadą działania.

## Rozwiązania konstrukcyjne liczników

W Polsce, jak i za granicą, można wyróżnić następujące rozwiązania konstrukcyjne liczników, ze względu na sposób montażu:

- urządzenie w postaci samodzielnej komory sygnalizacyjnej (zwykle o średnicy 200 lub 300 mm);
- urządzenie w postaci dodatkowej komory umieszczonej w sygnalizatorze, o średnicy równej średnicy komór sygnalizatora – np. [4];

<sup>1</sup> ©Transport Miejski i Regionalny, 2016. Wkład autorów w publikację: M. Buda 20%, T. Folwarski 25%, T. Krukowicz 55%.

- urządzenie w postaci znaku o zmiennej treści, wyświetlające czas lub inną informację;
- urządzenia umieszczone w komorze sygnalizacyjnej (np. jednocześnie z diodowymi sygnalizatorami dla kierujących tramwajami lub autobusami).

Ze względu na sposób prezentacji wyświetlanej wartości można wyróżnić:

- urządzenia wyposażone w wyświetlacze siedmiosegmentowe;
- urządzenia wyświetlające cyfry składające się z diod LED, ułożonych w postaci siedmiu segmentów;
- urządzenia wyposażone w matryce diodowe, wyświetlające liczby w sposób analogiczny, jak znaki zmiennej treści.

### Rozwiązania funkcjonalne liczników

Funkcjonalność poszczególnych liczników można scharakteryzować za pomocą zakresu wyświetlanych wartości oraz kolorów wyświetlanych sygnałów. Ze względu na liczbę wyświetlanych cyfr urządzenia wyświetlające można również podzielić na:

- z wyświetlaczem trzycyfrowym (zwykle zakres do 199 s, czyli tzw. 2 + 1/2 cyfry),
- z wyświetlaczem dwucyfrowym (zakres do 99 s),
- z wyświetlaczem jednocyfrowym (zakres do 9 s),
- z wyświetlaczem wskazującym czas w minutach i sekundach (fot. 1)



Fot. 1. Liczniki czasu stosowane w sygnalizacji na odcinkach zwężonej jezdni prezentowane na targach Intertraffic – Amsterdam 2016 (fot. Krzysztof Kisiel).

Niezależnie od powyższego podziału niektóre urządzenia posiadają możliwość wyświetlania dodatkowych informacji dla kierujących.

Kolejnym kryterium jest kolor zastosowanego wyświetlacza. W rozwiązaniach zakłada się zwykle, że kolor ten odpowiada kolorowi sygnału, do którego zakończenia czas jest wyświetlany. W związku z tym można wyróżnić urządzenia:

- z wyświetlaczem czerwonym,
- z wyświetlaczem zielonym,
- z wyświetlaczem dwukolorowym (zielony oraz czerwony),

- z wyświetlaczem umożliwiającym dodatkowo wyświetlanie sygnału żółtego,
- z wyświetlaczem wyłącznie koloru żółtego (np. stosowane dla pojazdów transportu publicznego).

Niektórzy producenci wyróżniają też odmienne modele liczników dedykowane dla grup sygnalizacyjnych pieszych oraz dla grup kołowych.

W Polsce najczęściej spotyka się urządzenia w postaci komory sygnalizacyjnej mocowanej obok sygnalizatora. W przypadku umieszczenia nad wlotem licznik może być uzupełniony o odpowiedni ekran kontrastowy. Rzadziej stosowane są rozwiązania, w których umieszczona jest dodatkowa komora w sygnalizatorze lub liczby wyświetlane są wewnątrz komory z innym sygnałem (fot. 2). Stosowane są zazwyczaj wyświetlacze 2 i 3 cyfrowe złożone z diod LED w postaci siedmiu segmentów. Najczęściej można spotkać wyświetlacze dwubarwne, choć w niektórych zastosowaniach stosuje się wyświetlacze jednobarwne.



Fot. 2. Licznik czasu w komorze sygnału żółtego prezentowany na targach Intertraffic – Amsterdam 2016 (fot. Krzysztof Kisiel).

### Problemy w zakresie inżynierii ruchu

Zastosowanie liczników czasu w sygnalizacji zależnej od ruchu spowoduje obniżenie efektywności sterowania, gdyż wyświetlenie czasu pozostałego do zmiany sygnału znacznie ogranicza możliwości algorytmów sterowania. Dzięki licznikowi uczestnik ruchu otrzymuje informację, jak długo będzie oczekiwać na zmianę sygnału, ale przez to, że został wyświetlony ten czas, to nie może on zostać skrócony np. w przypadku braku pojazdów w grupach kolizyjnych. Powoduje to nieuzasadniony wzrost strat czasu i długości kolejek. Zdecydowana większość obecnie budowanych sygnalizacji (właściwie wszystkie) to sygnalizacje zależne od ruchu. Decyzję o wyświetlanym sygnale w takich sygnalizacjach podejmuje się z krokiem jednosekundowym i w niektórych przypadkach decyzja o wyświetleniu sygnału zielonego jest podejmowana na 1 s (a w niektórych sterownikach nawet 0,1 s) przed jego wyświetleniem – np. na skrzyżowaniach z priorytetem dla pojazdów transportu publicznego [5]. Zastosowanie licznika czasu pogorszy warunki ruchu takich pojazdów.

Należy zwrócić uwagę, że stosowanie liczników czasu wyświetlających wartości przez cały czas trwania fazy jest

w większości przypadków możliwe wyłącznie w sygnalizacji cyklicznej (stałoczasowej), która charakteryzuje się stałym czasem trwania faz ruchu. W sygnalizacji skoordynowanej konieczne byłoby odpowiednie oprogramowanie wyświetlaczy na okres „zgrzywania offsetów” podczas zmiany programów i planów koordynacyjnych. W praktyce dąży się do maksymalnego skrócenia czasu trwania okresu zgrzywania offsetów, a zastosowanie wyświetlaczy doprowadzi do ich wydłużenia i pogorszenia warunków ruchu. Problem ma szczególne znaczenie w obszarze zabudowanym, w którym znaczna część sygnalizacji świetlnych pracuje w koordynacji oraz w systemach sterowania ruchem, które są coraz popularniejsze.

Brak jest bardziej obszernych badań (nawet symulacyjnych) określających poprawę (lub obniżenie) efektywności sterowania ruchem w wyniku zastosowania liczników czasu w sygnalizacji zależnej od ruchu (w tym skoordynowanej). Należy przeanalizować, jak ustalenie czasu trwania niektórych faz wpłynie na efektywność sterowania. Analizy takie powinny uwzględnić m.in. przypadki sygnalizacji z priorytetem dla transportu publicznego czy też sygnalizacji pracujących w koordynacji. Badaniem powinny być objęte okresy zarówno godzin szczytu, jak i okresy pozaszczytowe, gdy możliwe jest pomijanie i skracanie faz ruchu. Należy także uwzględnić sposób funkcjonowania systemów sterowania ruchem, w których następują zmiany programów i planów sygnalizacji świetlnej – z uwzględnieniem czasu przełączania oraz wpływu na proces ruchu drogowego w tym czasie.

Nie są określone symbole liczników czasu stosowane na planach sytuacyjnych, nie są również określone zasady ich rozmieszczania. Żadne znane autorom przepisy innych krajów nie określają zapisów, dla których grup sygnałowych należy stosować liczniki czasu ani w jakiej liczbie. Dodatkowo nie są określone zasady rozmieszczania liczników na konstrukcjach wsporczych, określające ich lokalizację względem sygnalizatorów oraz ich liczbę w zależności od liczby sygnalizatorów. Należy zwrócić uwagę, że sygnalizatory na konstrukcjach są czasem umieszczone obok siebie (stykają się bokiem lub są jeden nad drugim). Rozwiązanie to może spowodować konieczność stosowania innych niż powszechnie stosowane konstrukcje wsporczych, co zwiększy koszty instalacji sygnalizacji świetlnej.

Brak jest również aktualnych badań w dziedzinie psychologii transportu, związanych z reakcją kierujących na długi czas oczekiwania na sygnał zezwalający na ruch. Badania takie były prowadzone w pierwszej połowie lat 90. XX w. na Wydziale Transportu Politechniki Warszawskiej [6], jednak ze względu na przemiany społeczne ostatniego dwudziestolecia oraz istotną zmianę warunków ruchu niezbędne jest ich ponowne przeprowadzenie w celu oceny wpływu liczników czasu na bezpieczeństwo ruchu.

Nie określono jednoznacznie, które sygnały powinny być odliczane i w jakich grupach sygnałowych stosuje się odliczanie. Spotykane są różne rozwiązania: odliczanie sygnałów zabraniających, odliczanie sygnałów zezwalających, odliczanie obydwu rodzajów sygnałów. Nie są jednak określone zasady, dla których grup należy stosować odliczanie

oraz sytuacje drogowe, w których wskazane jest stosowanie odliczania lub jego niestosowanie.

W stosowanych w Polsce rozwiązaniach zwykle informacja o czasie do najbliższej zmiany sygnału jest przekazywana za pomocą liczb, natomiast w rozwiązaniach zagranicznych można spotkać również stosowanie linijek składających się z punktów świetlnych do odliczania sygnałów – w przypadku stosowania takich urządzeń nie są wyświetlane liczby oznaczające czas, a jedynie jest pokazywany jego upływ. Brak jest badań wskazujących na to, jak poszczególne rodzaje informacji są przyjmowane przez kierujących i jak reagują oni na ewentualne zmiany wskazywanych wartości niewynikające z upływu czasu.

W niektórych rozwiązaniach, np. w wyświetlaczu opisanym w [7] istnieje możliwość przekazywania innych informacji dla kierujących. Należy rozważyć, czy jest to zasadne z punktu widzenia inżynierii ruchu.

W niektórych rozwiązaniach stosowana jest zasada wygaszania wyświetlacza na pewien czas przed zmianą sygnału. Na chwilę obecną nie są znane badania pozwalające stwierdzić, ile te czasy powinny wynosić, zarówno w odniesieniu do końca sygnału czerwonego, jak i zielonego. Ich stosowanie może spowodować, że działanie wyświetlacza nie będzie tak efektywne, jak przy jego niewygaszaniu.

Zastosowanie liczników czasu jest niemożliwe w przypadku realizacji algorytmów sterowania, w których sygnały w pewnych grupach sygnałowych mogą być przedłużane bez ograniczeń. Przykładem jest algorytm sterowania typu *all-red*, w którym sygnał czerwony może trwać dowolnie długo w sytuacji braku zgłoszeń pojazdów. Podobnie w algorytmie typu „powrót zielonego na kierunek główny”, czas sygnału zielonego może być bardzo długi – w sytuacji braku zgłoszeń kolizyjnych w stosunku do kierunku głównego, dlatego licznik czasu nie może mieć zastosowania w takiej grupie sygnałowej.

Jak przedstawiono powyżej, istnieje wiele problemów w dziedzinie inżynierii ruchu, które nie są rozwiązane, a ewentualne zastosowanie liczników czasu powinno być poprzedzone sformułowaniem formalnych wymagań dotyczących projektowania sygnalizacji świetlnej wyposażonej w te urządzenia.

## Problemy związane z urządzeniami sterowania ruchem

### Stosowane rozwiązania techniczne liczników czasu

Aby przeanalizować problemy związane ze współpracą liczników czasu ze sterownikami sygnalizacji świetlnej, należy zapoznać się z zasadą działania urządzeń dostępnych na rynku.

Wyróżnić można następujące grupy liczników, ze względu na sposób połączenia ze sterownikiem sygnalizacji świetlnej i pobierania danych dotyczących wyświetlanych sygnałów:

- połączone za pomocą żył kabla sygnalizacyjnego,
- połączone za pomocą dedykowanego interfejsu (np. RS 485),
- przekazywanie informacji powodujących rozpoczęcie odliczania od zadanej w liczniku wartości (np. urządzenie [7]).



Sposób funkcjonowania liczników czasu nie jest opisany w obowiązujących przepisach, autorom nie udało się również znaleźć stosownych zapisów w przepisach innych krajów UE lub w dokumentach o charakterze norm i wytycznych. Rozwiązania projektowane przez poszczególne firmy opierają się na intuicji uczestników ruchu oraz projektantów. Liczniki wskazują czas, wyrażony w sekundach, do najbliższej zmiany sygnału przekazywanego uczestnikom ruchu. W kolorze czerwonym wyświetlany jest czas do zmiany sygnału na zezwalający, a w kolorze zielonym czas do zakończenia sygnału zezwalającego. Niektóre rozwiązania przewidują również wyświetlanie czasu trwania sygnału żółtego [8].

W zależności od modelu licznika oraz sposobu jego zaprogramowania wyświetlacz może być wygaszany przed zakończeniem odliczania. W różnych modelach urządzeń możliwe jest ustawienie różnego czasu wygaszania przy odliczaniu podczas sygnału czerwonego i sygnału zielonego. O problemach związanych z właściwym doбором tego czasu wspomniano w punkcie 2 niniejszego artykułu.

Funkcjonowanie liczników oparte jest na różnych rozwiązaniach technicznych wymienione we wcześniejszej części rozdziału. Licznik przyłączony do żył kabla sygnalizacyjnego może funkcjonować wyłącznie w sygnalizacji cyklicznej. Jego działanie opiera się na pomiarze czasów wyświetlania sygnałów, a następnie prezentowaniu zapamiętanych czasów trwania sygnałów [9]. Jakakolwiek zmiana czasu trwania sygnałów powoduje wyświetlenie błędnej informacji przez licznik. Zmiana czasu sygnałów może być spowodowana zmianą programu sygnalizacji, jak również zmianą offsetów czy też zgrzywaniem offsetów pomiędzy sterownikami. W takich przypadkach licznik czasu przekazuje błędną informację, która może stanowić zagrożenie bezpieczeństwa ruchu. W niektórych modelach liczników wyłączane jest w takiej sytuacji wyświetlanie informacji, jednak niezależnie od tego w cyklu, w którym długość sygnału po raz pierwszy jest inna niż standardowa, występuje opisany problem. Należy również pokreślić, że wskazanie na wyświetlaczu licznika przyłączonego do żył kabla sygnalizacyjnego nie jest w jakikolwiek sposób nadzorowane przez sterownik.

Liczniki czasu przyłączone bezpośrednio do sterownika są rozwiązaniem bardziej zaawansowanym, wymagają jednak zastosowania odpowiednich modułów odpowiadających za komunikację z licznikami oraz zaprojektowania ich obsługi w algorytmie sterowania. Licznik taki otrzymuje informację o wyświetlanej wartości, jej kolorze bądź o wygaszeniu wyświetlacza. W znanych rozwiązaniach, dla których protokół komunikacyjny jest opisany [10], liczniki potwierdzają jedynie odebranie bezbłędnej ramki danych, nie ma jednak opisanego w protokole transmisji przekazywania informacji związanych z nadzorem nad poprawnością wyświetlanego sygnału. Licznik nie jest nadzorowany w taki sposób, aby sterownik mógł go wyłączyć w przypadku wyświetlania nieprawidłowej wartości. Liczniki przyłączone do sterownika za pomocą odrębnego kabla komunikacyjnego mogą być wykorzystywane również w sygnalizacji zależnej od ruchu, w przeciwieństwie do liczników przyłączonych do żył kabla.

Istnieją także rozwiązania liczników pozwalające na prezentację innych informacji niż wartości liczbowe. Mogą to być np. informacje o wykryciu pojazdu przez układ detekcji przekazane uczestnikom ruchu za pomocą symboli literowych. Liczniki takie, opisane w [7], wyświetlają informacje lub odliczają wartości od zadanej wartości po otrzymaniu odpowiedniego sygnału na wejściu. Również brak jest informacji o poprawności funkcjonowania licznika oraz poprawności wyświetlanych sygnałów, którą należałoby przekazywać do sterownika sygnalizacji świetlnej.

### Problemy o charakterze technicznym

Większość problemów o charakterze technicznym związanych z licznikami czasu dotyczy bezpieczeństwa funkcjonowania tych urządzeń. Należy zwrócić uwagę, że próba zapewnienia bezpieczeństwa wyświetlanych sygnałów na analogicznym poziomie, jak w przypadku sygnalizatorów świetlnych, wiązałaby się ze znacznymi nakładami na wyposażenie sterowników, liczników czasu oraz rozbudowę instalacji sygnalizacji świetlnej.

Jeżeli propozycja wprowadzenia liczników czasu miała być poddana rzetelnej analizie, konieczne jest udzielenie odpowiedzi, jak powinien być realizowany ich nadzór. Wstępnie, gdyż podczas analiz mogą pojawić się jeszcze dodatkowe problemy, konieczne będzie odniesienie się do następujących kwestii:

- Jakie urządzenie ma nadzorować elektryczną sprawność wyświetlacza (składa się on z 1–3 cyfr po 7 segmentów każda) – sam wyświetlacz czy sterownik sygnalizacji?
- Jaki protokół transmisji pomiędzy urządzeniami zastosować, aby spełniał on wymagania bezpieczeństwa i umożliwiał przekazanie wszystkich niezbędnych danych do wszystkich liczników oraz wszystkich informacji dotyczących bezpieczeństwa do sterownika sygnalizacji świetlnej?
- Czy nadzór ma dotyczyć świecenia każdego segmentu? Jeżeli tak, prawdopodobnie będzie z tym duży problem elektryczny, ponieważ pobór prądu przez jeden segment jest bardzo niski. Z drugiej strony nie powinno się dopuścić do sytuacji, gdy niektóre segmenty będą uszkodzone, ponieważ wyświetlacz będzie przekazywał informacje wprowadzające w błąd uczestników ruchu.
- Czy nadzór (elektryczny) sygnałów wyświetlanych przez wyświetlacz ma być 2-procesorowy tzn. realizowany przez 2 niezależne od siebie jednostki, jak ma to miejsce w przypadku sygnałów świetlnych? Jeżeli tak, to albo konieczne byłoby stworzenie specjalizowanych (skomplikowanych) układów do tego celu w sterowniku sygnalizacji, albo zastosowanie złożonych obwodów wewnątrz samego wyświetlacza.
- Jaka powinna być reakcja w odniesieniu do sterowania ruchem w przypadkach, gdy:
  - a. stwierdzono brak komunikacji z wyświetlaczem?
  - b. komunikacja z wyświetlaczem funkcjonuje, ale wyświetlacz nie reaguje na polecenia sterownika sygnalizacji?
  - c. wykryta została sytuacja, gdy jeden lub więcej segmentów wyświetlacza nie świeci?

d. wykryta została sytuacja, gdy jeden lub więcej segmentów wyświetlacza świeci choć nie powinien?

- Czy należy w takich przypadkach przełączyć sygnalizację w tryb pracy ostrzegawczej (sygnał żółty migający)?
- Czy należy spowodować, że zasilanie wyświetlacza zostanie wyłączone?
- Czy wykryta awaria pojedynczego wyświetlacza i konieczność odcięcia jego zasilania ma dotyczyć również pozostałych wyświetlaczy? Należy pamiętać, że zapewnienie możliwości odcięcia zasilania od elementu sygnalizacji, jakim jest wyświetlacz, powoduje konieczność wykonania odrębnego obwodu (obwodów, jeżeli chcielibyśmy odcinać zasilanie od poszczególnych wyświetlaczy bądź grup wyświetlaczy) oraz zastosowania w sterowniku sygnalizacji łączników, które to zasilanie odcinałyby. Wymaga to również zwiększenia liczby żył kabli w instalacji sygnalizacji świetlnej.

Jak przedstawiono w powyższym wyliczeniu lista problemów do rozważenia jest istotna, a jakiegokolwiek prace nad sterownikiem sygnalizacji świetlnej w zakresie współpracy z licznikiem czasu oraz nad samym urządzeniem, mogą być prowadzone po ustaleniu odpowiedzi na przedstawione pytania. Należy podkreślić, że jakiegokolwiek liczniki czasu włączane w obwody grup sygnałowych (do kabli zasilających sygnalizatory) nie powinny być stosowane, gdyż niemożliwe jest w ich przypadku realizowanie nadzoru wyświetlanych informacji. Inne stosowane obecnie urządzenia, według materiałów producenta, jedynie potwierdzają otrzymane informacje, bez bezpośredniego nadzoru wyświetlanych sygnałów, co również jest niewystarczające z punktu widzenia bezpieczeństwa.

Poza nadzorem poprawności pracy samego wyświetlacza należy określić zasady nadzoru spójności sygnałów wyświetlanych na sygnalizatorach oraz na licznikach. Czy np. zakończenie wyświetlania sygnału zielonego i niezerowa informacja wyświetlana na wyświetlaczu w kolorze zielonym powinna być traktowana jako awaria? Jakie wzajemne powiązania sygnałów i wskazań wyświetlaczy powinny być nadzorowane? Jak nie muszą być nadzorowane? W jakim zakresie należy uwzględnić m.in. nadzór czasów międzyzielonych oraz kolizji sygnałów dla sytuacji licznik->sygnalizator, sygnalizator->licznik, licznik->licznik. Zastosowanie takiego nadzoru powoduje konieczność znacznej rozbudowy urządzeń sterujących i zwiększenie ich kosztów. Stosowane obecnie rozwiązania liczników czasu nie posiadają takich zabezpieczeń, przez co nie zapewniają odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa.

Problemy o charakterze technicznym odnoszą się również do zakresu dokumentacji projektowej sygnalizacji świetlnej. W przypadku stosowania liczników czasu zasadne wydaje się określanie zasad nadzoru (zachowania się sygnalizacji), w zależności od tego, na jakim wlocie wyświetlacz uległ uszkodzeniu i w jaki sposób. W dokumentacji projektowej konieczne byłoby w takim przypadku przedstawienie zagadnień związanych ze sterowaniem licznikami czasu. Zapisy te powinny jednoznacznie przedstawiać zasady, którymi powinien kierować się sterownik sygnalizacji,

generując wskazania dla wyświetlaczy, co wiąże się z koniecznością opracowania odpowiedniego algorytmu sterowania i zwiększeniem złożoności dokumentacji.

Istnieje również wiele innych problemów natury technicznej, dotyczących urządzeń sterujących licznikami, nadzorujących ich pracę oraz samych liczników. Nie jest określony czas reakcji na wyświetlanie błędnej informacji lub na sytuację wystąpienia niespójności sygnałów. Czy powinien to być czas 0,3 s, jak w przypadku stanów awaryjnych sygnalizacji świetlnej, czy może inny – w takim przypadku jaki?

Wśród innych zagadnień należy wyróżnić kwestię rozmiaru i postaci sygnału przekazywanego kierującym przez licznik czasu. Należy określić średnicę (lub kształt i wymiary zewnętrzne) liczników czasu – brak jest w tej kwestii wymagań normatywnych w innych krajach. Należy określić maksymalną pojemność licznika (największą liczbę, która może być wyświetlana, pośrednio jest to określone liczbą cyfr). Jak zaznaczono wcześniej, na rynku są urządzenia z różną pojemnością (1 cyfra, 2 cyfry, tzw. 2 + 1/2 cyfry). Z problemem pojemności licznika związana jest również inna kwestia: zmiana programu sygnalizacji, która w obowiązującym stanie prawnym byłaby realizowana wyłącznie programowo w przypadku zastosowania licznika, może wymagać jego wymiany na taki, o większej liczbie cyfr, co wiąże się z większym nakładem prac i kosztami oraz dłuższym czasem. W kwestii zakresu wyświetlanych liczb brak jest wymagań normatywnych.

Poza maksymalną wartością wskazywaną przez licznik należy określić również inne parametry. Trzeba określić wzory barwne cyfr (w tym wykonać stosowne rysunki oraz rysunki konstrukcyjne). Konieczne jest również określenie rozmiaru cyfr – brak jest w tej kwestii wymagań normatywnych. Niezbędne jest również powiązanie barwy wskazań licznika z poszczególnymi sygnałami. Propozycje zapisów, które się pojawiają (np. propozycja korekty warunków technicznych dotyczących drogowej sygnalizacji świetlnej opracowana przez GDDKiA), nie odnoszą się do grup innych niż grupy kołowe z sygnalizatorami trzykomorowymi; pominięte zostały sygnalizatory dla kierujących pojazdami transportu publicznego. Trzeba również określić wymagania fotometryczne dla liczników czasu (np. wyznaczenie bryły światłości lub charakterystyk w różnych płaszczyznach) – brak jest w tej kwestii wymagań normatywnych, na których można się wzorować. Trzeba określić wymagania dla barw liczb wyświetlanych przy poszczególnych sygnałach – brak jest także w tej kwestii wymagań normatywnych.

W kwestiach czysto konstrukcyjnych należy określić, jak powinno być rozwiązane to urządzenie:

- jako samodzielna komora (oddzielny sygnalizator)?
- jako komora sygnalizatora?
- jako znak o zmiennej treści?
- umieszczone w komorze innego sygnału? – są takie rozwiązania, ale jest to bardzo trudne technicznie do wykonania dla pojazdów innych niż tramwaje i można podejrzewać, że nie spełni wymagań normy PN-EN 12368:2015-07 „Urządzenia do sterowania ruchem drogowym – Sygnalizatory”.

Po określeniu wymagań konstrukcyjnych niezbędne byłoby określenie parametrów dla ekranów kontrastowych oraz zasady ich stosowania z tymi urządzeniami.

Szczególnie dużym utrudnieniem jest brak norm (zarówno polskich, jak również zagranicznych i europejskich), według których powinny być budowane, badane i eksploatowane takie urządzenia. Autorzy artykułu nie dotarli również do zapisów przepisów lub wytycznych zagranicznych, z których można czerpać takie informacje.

Biorąc pod uwagę powyżej wymienione problemy techniczne, większość producentów urządzeń sterowania ruchem drogowym jest przeciwna stosowaniu tych urządzeń, gdyż są świadomi problemów związanych z ich stosowaniem i zapewnieniem odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa. Podobne stanowisko reprezentują również doświadczeni projektanci sygnalizacji świetlnej, w szczególności mający duże doświadczenie w zakresie tworzenia algorytmów sterowania ruchem drogowym.

### Problemy związane z bezpieczeństwem ruchu oraz zagadnienia prawne

Podstawową przyczyną niepozwalającą na stosowanie liczników czasu w sygnalizacji drogowej jest zapis załącznika 3 do [2], w którym zapisano: *Nie dopuszcza się stosowania sygnałów oraz urządzeń pomocniczych o wzorach innych niż określone w punkcie 10.* Zapis ten wyklucza stosowanie liczników czasu (z wyjątkiem rozwiązań eksperymentalnych, oznakowanych i prowadzonych według odmiennych zasad). Brak możliwości stosowania tych urządzeń był potwierdzany w korespondencji Ministerstwa z projektantami, którzy przesyłali pytania dotyczące stosowania liczników czasu.

Poza rozporządzeniem [2] nie ma również zapisów interpretacji sygnałów w przepisach dotyczących znaków i sygnałów drogowych [11]. Nie są znane również stosowne zapisy w przepisach innych krajów. Można wyróżnić dwie koncepcje wprowadzenia zapisów dotyczących liczników czasu:

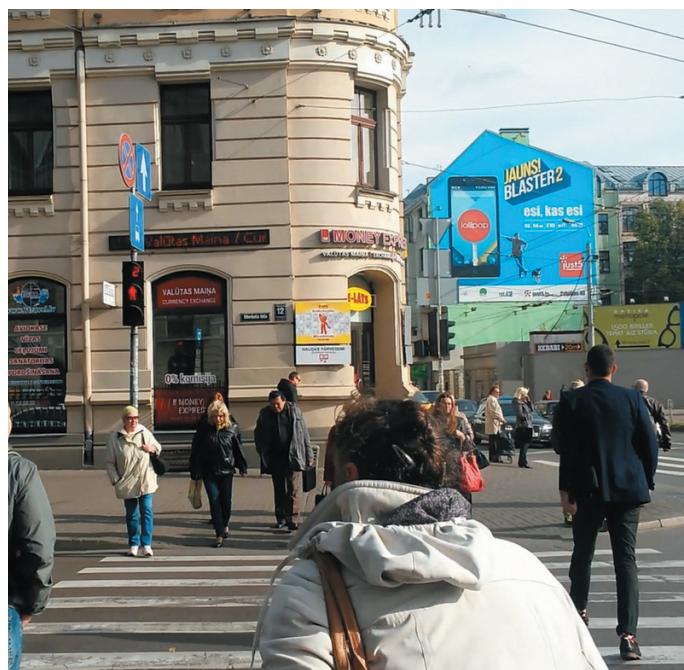
- liczniki są równoważne sygnalizatorom – w takim przypadku, dlaczego nie rozważyć likwidacji sygnalizatorów i nie zastąpić ich licznikiem?
- liczniki przekazują informację pomocniczą, mniej ważną niż informacja na sygnalizatorach – istnieje w takim przypadku ryzyko, że uczestnicy ruchu, nawet podświadomie, będą traktować tę informację tak samo wiarygodnie jak sygnał na sygnalizatorze.

Stosowane w praktyce kolory sygnałów odpowiadają kolorom sygnałów sygnalizacji świetlnej. Powstają wątpliwości dotyczące zgodności takiego rozwiązania z przepisami międzynarodowymi, zawartymi w umowach ratyfikowanych przez Polskę. Artykuł 23 konwencji wiedeńskiej stanowi: *Z zastrzeżeniem postanowień ustępu 12 niniejszego artykułu jedynymi światłami, które mogą być używane jako sygnały świetlne do kierowania ruchem pojazdów, z wyjątkiem sygnałów przeznaczonych wyłącznie dla pojazdów transportu publicznego, są niżej wymienione światła (...).* W związku z tym istnieje

wątpliwość, czy zastosowanie sygnału w kształcie liczby jest zgodne z konwencją.

Poza problemami natury prawnej istnieją wątpliwości związane z bezpieczeństwem ruchu drogowego. Istnieje ryzyko, że kierujący będą przyspieszać w końcowym okresie sygnału zielonego. Zwiększanie prędkości może spowodować zwiększenie liczby pojazdów wjeżdżających na skrzyżowanie podczas wyświetlania sygnału żółtego. Rozwiązania polegające na wygaszaniu licznika na kilka sekund przed osiągnięciem wartości zero niekoniecznie będą rozwiązywały problem, gdyż kierujący pojazdami będą w pamięci odliczać sobie niewyświetlany czas. Należy zaznaczyć, że zwiększenie liczby pojazdów przejeżdżających na sygnale żółtym i na początku sygnału czerwonego jest zjawiskiem niekorzystnym i stwarzającym duże zagrożenie bezpieczeństwa ruchu drogowego.

Podobne zjawisko może występować pod koniec sygnału zabraniającego. Uczestnik ruchu, widząc informację o kilku sekundach do wyświetlenia sygnału zielonego, może wjechać na skrzyżowanie mimo wyświetlania sygnału czerwonego. Zjawisko to obserwuje się obecnie wśród kierujących autobusami komunikacji publicznej i tramwajami. Wjazd na kilka sekund przed wyświetleniem sygnału zezwalającego występuje w tych grupach kierujących często, co potwierdzają przeprowadzone badania [12], [13]. Przyczyną jest znajomość czasu trwania przejść międzyfazowych ze względu na duże doświadczenie i częste przejeżdżanie przez skrzyżowanie w ciągu doby. Badania [14] wskazują, że zjawisko to występuje także wśród pieszych (fot. 3). Powszechne zastosowanie liczników może spowodować rozszerzenie się tego niebezpiecznego zjawiska na innych kierujących, a stosowanie wygaszania wskazania licznika jest próbą rozwiązania problemu, który nie istnieje w przypadku, gdy licznik nie został zastosowany.



Fot. 3. Licznik na skrzyżowaniu w Rydzynie wskazuje 2 sekundy do zakończenia sygnału czerwonego. Widoczne wkraczanie pieszych na przejście w okresie, w którym jeszcze jest to zabronione (fot. Krzysztof Kisiel).



W sygnalizacji świetlnej na terenie Polski występują sygnały pomocnicze, informujące o zmianie sygnałów dla poszczególnych grup uczestników ruchu. Sygnał czerwono-żółty informuje o konieczności przygotowania się do jazdy i trwa 1 s, natomiast trwający 3 s sygnał żółty informuje o zakończeniu możliwości jazdy. Zmiany w przepisach wprowadzone w 1994 i 2003 roku skróciły te czasy w stosunku do poprzednio obowiązujących 2 s sygnału czerwono-żółtego i do 5 s sygnału żółtego [15], [16]. Spowodowane było to wjeżdżaniem pojazdów na skrzyżowanie w czasie dłuższego sygnału czerwono-żółtego i nadmiernym wykorzystywaniem przez kierujących sygnału żółtego.

Kierujący pojazdem podejmuje decyzje na podstawie sygnałów przekazywanych przez sygnalizatory. Dodatkowa informacja przekazywana przez liczniki nie jest podstawą do podejmowania decyzji o prowadzeniu pojazdu. Informacja ta powinna być traktowana wyłącznie pomocniczo. Niestety natura człowieka sprawia, że informacja ta może w krótkim czasie stać się podstawową informacją dotyczącą sposobu prowadzenia pojazdu (hamowania bądź rozpędzania). Na zjawisko to wskazują wypowiedzi medialne wielu uczestników ruchu. Istnieje ryzyko, że informacja ta podświadomie będzie traktowana jako tak samo wiarygodna, jak przedstawiana przez sygnalizatory. Niesie to za sobą dwa istotne zagrożenia. Po pierwsze kierujący, do którego przekazywane jest więcej bodźców, może się rozproszyć i nie zwracać uwagi na właściwe sygnalizatory czy znaki drogowe. Zjawisko to jest szczególnie niebezpieczne na skrzyżowaniach o złożonej geometrii, na których występuje wiele grup sygnałowych na wlocie. Duża liczba liczników może spowodować obserwację niewłaściwego licznika przez kierujących. Kolejnym zagrożeniem jest zmiana czasu trwania wyświetlanego sygnału w stosunku do prezentowanej wartości. Wydłużenie bądź skrócenie sygnału czerwonego nie stanowi zagrożenia, z wyjątkiem zjawiska wcześniejszego wjazdu na skrzyżowanie, jeszcze w czasie wyświetlania sygnału czerwonego. Wydłużenie sygnału zielonego też raczej nie stanowi zagrożenia. Najbardziej niebezpieczne jest skrócenie sygnału zielonego. W takim przypadku kierujący, zapewnieni przez licznik o długim czasie sygnału, mogą nie być skupieni na obserwacji sygnałów i nie zauważyć zmiany sygnału. W przypadku zauważenia zmiany sygnału będą zmuszeni do gwałtownego hamowania, co może powodować kolejną sytuację zagrożenia bezpieczeństwa ruchu drogowego. Problem ten jest szczególnie ważny w przypadku pojazdów ciężkich, w szczególności przewożących osoby, jak autobusy i tramwaje [17]. Zjawisko to można częściowo rozwiązać, stosując liczniki przyłączone do sterownika (nie da się jednak przewidzieć wyłączenia awaryjnego sygnalizacji, należy się też liczyć z obniżeniem efektywności sterowania zależnego od ruchu), jednak jest ono nie do uniknięcia w przypadku liczników przyłączonych do żył kabla sygnalizacyjnego.

Należy zwrócić uwagę, że drogowa sygnalizacja świetlna co do zasady przekazuje informację określającą wymagane zachowanie kierującego przed sygnalizatorem, a nie odnosi się do kolejnych sygnalizacji bądź do czasu przyszłego.

Takie rozwiązania są stosowane w kolejnictwie (przekazanie sygnału wyświetlanego na kolejnym sygnalizatorze). Jednak należy zwrócić uwagę, że w ruchu kolejowym sygnalizator przekazuje sygnał dla jednego pojazdu (brak konieczności uwzględnienia zachowań innych kierujących), a stanem w przypadku awarii urządzeń sterowania ruchem jest sygnał zabraniający – czerwony. Sygnał ten zakazuje ruchu. Natomiast w przypadku awarii drogowej sygnalizacji świetlnej przełącza się ona w tryb pracy ostrzegawczej i wyświetla sygnał żółty migający, który pozwala na kontynuowanie jazdy, z zachowaniem szczególnej ostrożności oraz przestrzegając innych przepisów.

Dotatkowo, w sytuacji wystąpienia kolizji drogowej lub wypadku w miejscu, w którym zainstalowane są liczniki czasu, mogą pojawić się utrudnienia w ustaleniu przyczyny zdarzenia. Uczestnicy zdarzenia mogą twierdzić, że zezwolenie na wjazd w obręb skrzyżowania odczytali z licznika, który nie jest w żaden sposób nadzorowany. W aktualnym stanie prawnym może to powodować również konsekwencje prawne dla zarządów dróg i organów zarządzających ruchem na drogach, na których zastosowano takie rozwiązanie.

### **Korzyści wynikające z zastosowania liczników czasu**

Zwolennicy liczników czasu argumentują ich stosowanie usprawnieniem procesu rozruchu kolumny pojazdów. Nie są jednak znane wyniki badań, w których jednoznacznie przedstawiono związek pomiędzy zastosowaniem licznika czasu a zmniejszeniem odstępów czasu pomiędzy ruszającymi pojazdami, czyli zwiększeniem przepustowości. Niektóre materiały określają zwiększenie przepustowości jako 0,8–1,5 pojazdu na cykl (nawet do 2) czy też 70 pojazdów na godzinę, jednak nie są podawane źródła badań wskazujących na taką poprawę przepustowości [18]. Badania przeprowadzone przez zespół z Politechniki Śląskiej [14] wskazują na nieznaczną poprawę przepustowości, poprzez szybszy rozruch kolumny pojazdów na początku sygnału zielonego. Natomiast te same badania wskazują, że po włączeniu licznika o 17% zwiększa się prędkość pojazdów przejeżdżających przez skrzyżowanie oraz zwiększa się liczba pieszych przekraczających skrzyżowanie w końcowym okresie sygnału czerwonego. Pozostałe wyniki badań zostały przedstawione w szczegółowym raporcie w pracy [14]. Badania [19], prowadzone przez dłuższy czas, podobnie wskazują na zwiększenie prędkości oraz na zwiększenie liczby wjazdów podczas sygnału czerwonego.

Argumenty o ułatwianiu hamowania pojazdów ciężkich są nie do przecenienia, jednak trzeba pamiętać, że licznik nie jest nadzorowany, a rozsądny kierujący pojazdem ciężkim powinien poruszać się tak, aby mieć możliwość zatrzymania w przypadku zmiany sygnału przed upływem czasu odmierzanego przez licznik. Żadne badania nie obejmowały również zachowań kierujących w przypadku nieprawidłowego działania licznika czasu. Zachowania te mogą być przyczyną zdarzenia drogowego, więc badania te powinny być raczej przeprowadzane w symulatorze pojazdu.

Argumenty o subiektywnym zmniejszeniu czasu oczekiwania dotyczą niektórych uczestników ruchu i nie można ich ocenić obiektywnie. Kierujący pojazdem powinien zachować ostrożność w każdym momencie kierowania pojazdem, nie można więc uzasadniać stosowania licznika ułatwieniem dla wykonywania w pojeździe innych czynności (lektura, korzystanie z telefonu, poprawianie fryzury czy makijażu) [18].

Efekty dotyczące zwiększenia płynności ruchu i zmniejszenia zużycia paliwa będą istotne jedynie w przypadku ruchu swobodnego – np. w porze nocnej. Podczas jazdy przez większość skrzyżowań sposób jazdy jest zależny od zachowań innych kierujących. Możliwość przewidywania konieczności zatrzymania przed skrzyżowaniem ma mniejszy wpływ na sposób jazdy, a takie zachowanie kierujących może spowodować pogorszenie warunków ruchu i niepełne wykorzystanie powierzchni akumulacji.

Można podejrzewać, że jedną z przyczyn montażu liczników czasu są przyczyny polityczne. Koszt jednego licznika czasu zamyka się w granicach około 2500 zł (netto). Jest to najtańsze rozwiązanie, które pokazuje działanie władz lokalnych [20], które jednak niekoniecznie przyczynia się do poprawy bezpieczeństwa ruchu lub poprawy jego warunków.

## Podsumowanie

Liczniki czasu, coraz popularniejsze na polskich drogach, nie są urządzeniami bez wad. Ich stosowanie jest niedopuszczalne zgodnie z obowiązującymi przepisami, co stwierdza stanowisko Ministerstwa Infrastruktury [3] (potwierdzone w późniejszych latach przez ministerstwa właściwe do spraw transportu). Jeżeli, mimo wielu wad, zostanie uznane za odpowiednie dopuszczenie do stosowania liczników czasu na polskich skrzyżowaniach, to powinno być poprzedzone wieloma pracami o charakterze prawnym i technicznym. Ze względu na liczne wątpliwości, wymienione w niniejszym artykule, nie wprowadzono liczników czasu do propozycji nowelizacji warunków technicznych dotyczących sygnalizacji świetlnej, opracowanej w ramach pracy [21].

Zagadnienia związane z montażem liczników czasu często są przedmiotem dyskusji w środkach masowego przekazu. W dyskusjach tych nie przedstawia się argumentów technicznych związanych ze stosowaniem liczników. Niezbędne jest zatem przedstawienie zasad funkcjonowania tych urządzeń kierowcom, jak i zarządom dróg, podejmującym decyzje o montażu urządzeń tego typu.

Niniejszy artykuł nie wyczerpuje wszystkich problemów związanych ze stosowaniem liczników czasu. Kolejne kwestie mogą być odkryte po przeprowadzeniu bardziej szczegółowych badań tych urządzeń.

## Literatura

1. Krukowicz T., *Liczniki czasu w sygnalizacji drogowej – za i przeciw ich stosowaniu*, „TTS Technika Transportu Szynowego”, 2013, nr 10.
2. *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie szczegółowych warunków technicznych dla znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunków ich umieszczania na drogach* (Dz. U. 220 poz. 2181 z 2003 r.) z późn. zm.
3. Krukowicz T., Kusiakowski J., *Wykonanie dokumentacji remontu i rozbudowy trasy tramwajowej w ciągu ulic: Targowej, Zamojskiego, al. Zielenieckiej od węzła Dw. Wileński do węzła Rondo Waszyngtona w Warszawie. Koncepcja organizacji ruchu Zeszyt 1*, CTD, Warszawa 2013, [http://www.tw.waw.pl/sites/default/files/Koncepcja-Wersja\\_6-Zeszyt\\_1-Wydrukowany\\_20100615.pdf](http://www.tw.waw.pl/sites/default/files/Koncepcja-Wersja_6-Zeszyt_1-Wydrukowany_20100615.pdf)
4. *Sygnalizator odliczający GDS, APM*, Bielsko-Biała 2009.
5. Krukowicz T., *Prace naukowe Transport, Poprawa efektywności sterowania adaptacyjnego poprzez optymalizację przejść międzyfazowych*, WPW, 2010.
6. Szatanowski B., *Analiza akceptowanych czasów oczekiwania kierowców na prawo do przejazdu przez skrzyżowanie pod kątem doboru dopuszczalnej długości sygnału czerwonego* (praca dyplomowa magisterska), WT PW, Warszawa 1991.
7. *Dokumentacja techniczno-ruchowa. Sygnalizator Czasu Oczekiwania*. ZABERD S. A. br.
8. *Futurled Countdown*, SWARCO FUTURIT Verkehrssignalsysteme GmbH, 2012.
9. *Wyswietlacz czasu pozostalego do zmiany swiatla WCS-1. Dokumentacja techniczno-ruchowa*, APKO, Mokronos Dolny 2009.
10. *Wyswietlacz czasu pozostalego do zmiany swiatla WCS-2. Dokumentacja techniczno-ruchowa*, APKO, Mokronos Dolny 2010.
11. *Rozporządzenie Ministrów Infrastruktury oraz Spraw Wewnętrznych i Administracji w sprawie znaków i sygnałów drogowych*. Dz. U. 170 poz. 1393 z 2002 r.
12. Chojecki T., *Ocena respektowania wskazań sygnalizacji świetlnej przez kierujących autobusami transportu publicznego – praca dyplomowa inżynierska*, Politechnika Warszawska, Wydział Transportu, Warszawa 2012.
13. Chrobot P., Krukowicz T., Lipińska W., *Respektowanie wskazań sygnalizacji świetlnej przez kierujących tramwajami*, „TTS Technika Transportu Szynowego”, 2015, nr 12.
14. *Warunki techniczne elementów infrastruktury drogowej stosowanych w organizacji ruchu na drogach (umowa nr DTD/KF/BDG-VIII-32018-U-103/14)*, Tom I Prawne, społeczno-ekonomiczne i techniczne uwarunkowania poprawy bezpieczeństwa i warunków ruchu drogowego w odniesieniu do znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego stosowanych w organizacji ruchu na drogach Część IV. Wyniki badań laboratoryjnych i empirycznych w odniesieniu do proponowanych rozwiązań, MIR, Warszawa 2015.
15. *Instrukcja o drogowej sygnalizacji świetlnej*, Załącznik nr 2 do Zarządzenia Ministrów Transportu i Gospodarki Morskiej oraz Spraw Wewnętrznych z dnia 6 czerwca 1990 (M. P. 24 poz. 184 z 1990 r.)
16. *Instrukcja o drogowej sygnalizacji świetlnej. Zasady stosowania, konstrukcja i wzory barwne sygnałów*, Załącznik nr 3 do Zarządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 3 marca 1994 (M. P. 16 poz. 120 z 1994 r.)
17. Krukowicz T., *Wpływ czasów trwania sygnałów pomocniczych w sygnalizacji świetlnej na hamowanie pojazdów ciężkich*, „Logistyka”, 2012, nr 4.
18. *Wyswietlacz czasu pozostalego do zmiany swiatel WCS-1*, APKO, Mokronos Dolny 2006.
19. Łazarczyk S., Rządkowski Ł., *Raport badania wpływu licznika czasu zamontowanego przy sygnalizatorze na bezpieczeństwo ruchu drogowego*, Grudziądz 2014.
20. <http://www.tvn24.pl/wiadomosci-z-kraju,3/jak-szybciej-ruszy-spod-swiatel,128724.html> – dostęp z dnia 14.10.2013
21. Buda M., Folwarski T., Krukowicz T., *Warunki techniczne elementów infrastruktury drogowej stosowanych w organizacji ruchu na drogach (umowa nr DTD/KF/BDG-VIII-32018-U-103/14)*, Tom II Szczegółowe warunki techniczne dotyczące znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunki umieszczania ich na drogach, Część III Warunki techniczne dotyczące sygnałów drogowych i warunki stosowania ich na drogach, MIR, Warszawa 2015 – opracowanie udostępnione pod adresem: <http://mib.gov.pl/files/0/1796924/TOMII.pdf>