

# System sygnalizacji świetlnej na skrzyżowaniu na podstawie skrzyżowania przy galerii Dominikańskiej we Wrocławiu

Damian Jankowski, Barbara Banaszak, Maciej Hajduk

Wydział Podstawowych Problemów Techniki Politechniki  
Wrocławskiej

## Spis treści

- Spis treści
- Problem i rozwiązanie
- Charakterystyka obiektu
- Funkcjonalności i działanie skrzyżowania
- Ruch samochodowy
- Ruch rowerowy
- Ruch tramwajowy
- Cykle świetlne
  - Cykl 1
  - Cykl 2
  - Cykl 3
  - Cykl 4
  - Cykl 5
- Diagram działania sygnalizatorów
- Diagram stanów
- Komponenty
- Zestawienie
- Opis wybranych komponentów
  - Sygnalizatory
  - Wideodetektory
  - Kable
- Przykładowy kosztorys
- Jednostka centralna - sterownik sygnalizacji świetlnej
- Opis
- Diagram komponentów
- Komunikacja z innymi komponentami systemu sygnalizacji
- Algorytmy sterowania światłami

- Opis metody działania algorytmu
  - Pobranie informacji o aktualnej sytuacji na skrzyżowaniu
  - Obliczenie czasów międzyzielonych na podstawie otrzymanych danych
  - Wyznaczenie stopnia nasycenia pasu lub grupy pasów dla poszczególnych relacji
  - Podział sygnału zielonego całego cyklu na poszczególne fazy poprzez rozkład proporcjonalny na podstawie stopni nasycenia
  - Obliczenie wyjściowych wartości natężenia nasycenia dla poszczególnych relacji
- Działanie w przypadkach awaryjnych
- Wyłączenie zasilania
- Zgłoszenie błędu przez linię BLOKADA
- Ponowne uruchomienie sygnalizacji, przejście z trybu migającego
- Przepalenie żarówki
- Podsumowanie
- Udoskonalenia
- Bibliografia

## Problem i rozwiązanie

W obecnych czasach przy coraz bardziej zwiększającym się ruchu samochodowym oraz bardzo dużej ilości dróg i ich skrzyżowań niezbędne są systemy zarządzające ruchem. Miejscem, w którym ruch nie tylko samochodowy, ale także pieszy, rowerowy, tramwajowy czy autobusowy powinien być szczególnie dobrze zorganizowany jest duże skrzyżowanie w mieście. Poprawne i niezawodne sterowanie ruchem w takich miejscach pozwala na zapewnienie płynności ruchu, zmniejszenia korków oraz zredukowania liczby wypadków. W odpowiedzi na wszystkie te wymagania wykorzystywane są systemy sygnalizacji świetlnej, które w zautomatyzowany sposób sterują ruchem, zapewniając komfort użytkownikom skrzyżowania.

Przedmiotem opracowania jest analiza działania sygnalizacji świetlnej na podstawie skrzyżowaniu ulic Oławskiej, Piotra Skargi i Czesława Bogusławskiego we Wrocławiu (dalej nazywanego też skrzyżowaniem przy galerii Dominikańskiej).

## Charakterystyka obiektu

Skrzyżowanie przy galerii Dominikańskiej to jedno z większych skrzyżowań we Wrocławiu, regulujące ruch tramwajowy, samochodowy oraz pieszo-rowerowy.

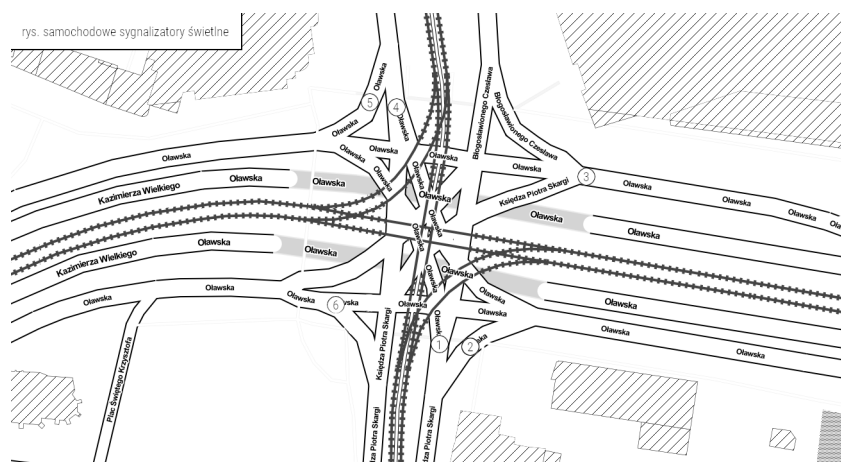
Skrzyżowanie posiada 4 wloty dla ruchu samochodowego. Wlot północny stanowi ulica Bogusławskiego, wlot południowy ulica Skargi (oba wloty z pierwszeństwem wjazdu), wlot wschodni i zachodni to ulica Oławska (część ruchu na tych wlotach kierowana jest przejazdem podziemnym). Na wylotach południowym i wschodnim znajdują się przystanki autobusowe. Na wlotach wschodnim i zachodnim znajdują się przejścia dla pieszych. Przez skrzyżowanie przechodzi także ruch tramwajowy, w kierunkach północ-południe, wschód-zachód oraz

południe-wschód i północ-zachód. Na skrzyżowaniu znajdują się 4 przystanki tramwajowe, po wschodniej i zachodniej stronie skrzyżowania. Na skrzyżowaniu znajdują się także osobne pasy dla ruchu rowerowego oraz światła dla rowerów na wschodnim wlocie skrzyżowania.

## Funkcjonalności i działanie skrzyżowania

### Ruch samochodowy

Samochodowe sygnalizatory drogowe zaznaczone są numerami na mapie poniżej.



Rysunek 1: Sygnalizatory samochodowe.

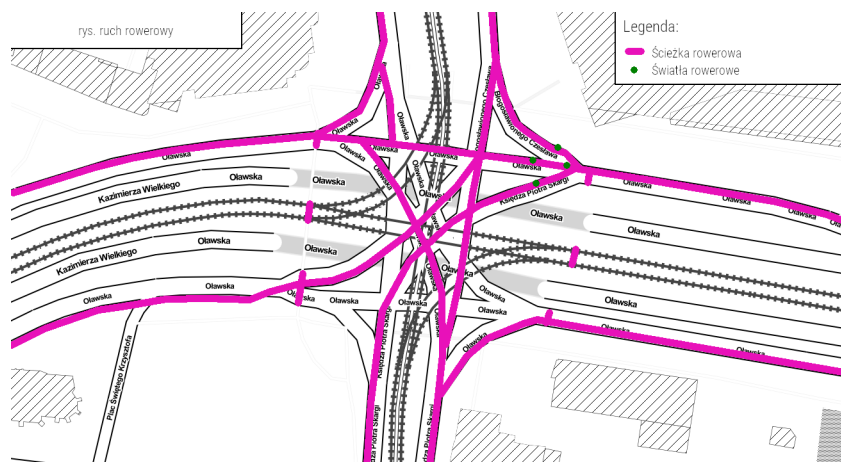
Na sygnalizację świetlną składa się 6 wysięgników oraz w sumie 16 sygnalizatorów. Grupy sygnalizatorów dla poszczególnych pozycji wyglądają następująco:

Gupa sygnalizatorów	Sygnalizatory na wysięgniku
Grupa 1	
Grupa 2	
Grupa 3	

Gupa sygnalizatorów	Sygnalizatory na wysięgniku
Grupa 4	
Grupa 5	

### Ruch rowerowy

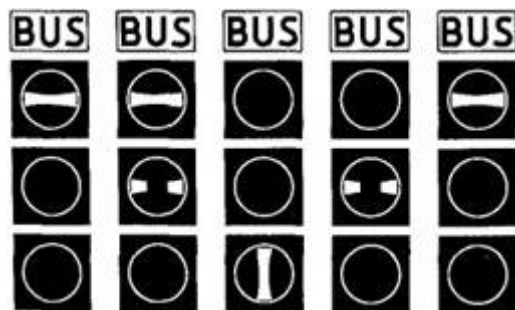
Skrzyżowanie posiada rozwiniętą infrastrukturę rowerową, na którą składają się 4 sygnalizatory świetlne oraz sieć ścieżek rowerowych pozwalających na pokonanie skrzyżowania na rowerze z każdego każdego wjazdu do każdego wyjazdu oraz przejazd przez przejścia dla pieszych.



Rysunek 2: Ruch rowerowy.

### Ruch tramwajowy

Infrastruktura skrzyżowania pozwala na jazdę tramwajem z każdej strony skrzyżowania, w praktycznie każdym kierunku za wyjątkiem przejazdu ze strony wschodniej na stronę północną i ze strony zachodniej na stronę południową. Na mapie tory tramwajowe zaznaczone są linią z poprzecznymi przęsłami (-|-|-). Tramwaje sterowane są sygnalizatorami SB, przy czym strona południowa i wschodnia uzupełniona jest sygnalizacją typu STT. Sygnalizatory znajdują się zawsze po prawej stronie toru.



Rysunek 3: Sygnalizator SB.



Rysunek 4: Sygnalizator STT.

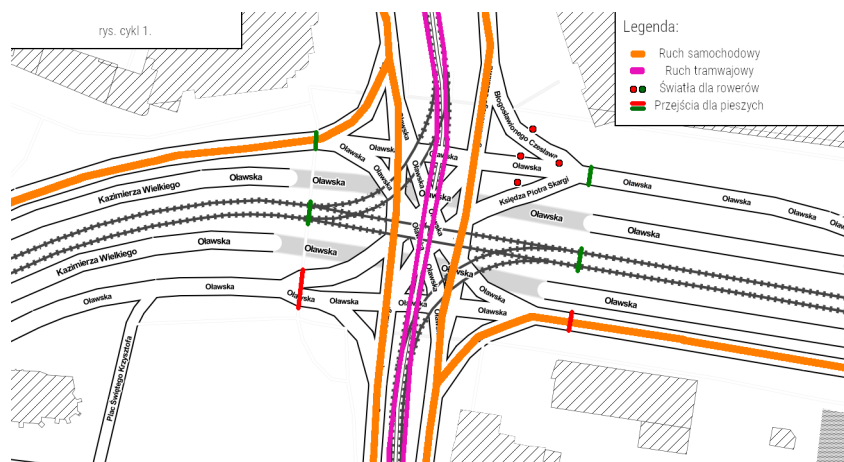
### Cykle świetlne

Czas wyświetlania pełnej sekwencji sygnałów świetlnych, obejmujący minimalny powtarzalny uporządkowany zbiór sygnałów w programie sygnalizacji i określonej strukturze, zapewniający każdemu z uczestników ruchu co najmniej jednokrotne otrzymanie sygnału zielonego wynosi **110 sekund**.

Sterowanie ruchem na skrzyżowaniu podzielone jest na pięć cykli. Opis każdego cyklu wraz z rysunkami obrazującymi dozwolone kierunki podczas każdego cyklu znajduje się poniżej. Kolorem zielonym oznaczone są światła oraz przejścia, na których świeci się światło zielone, analogicznie dla koloru czerwonego.

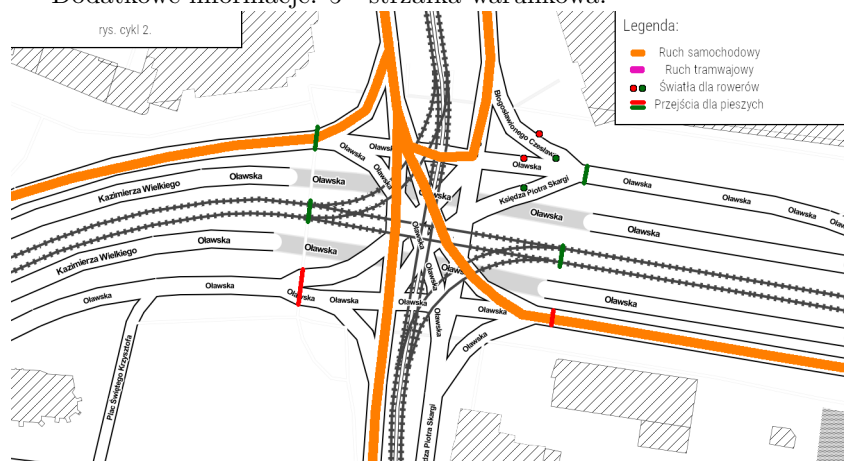
#### Cykl 1

Dodatkowe informacje: 5 - strzałka warunkowa.



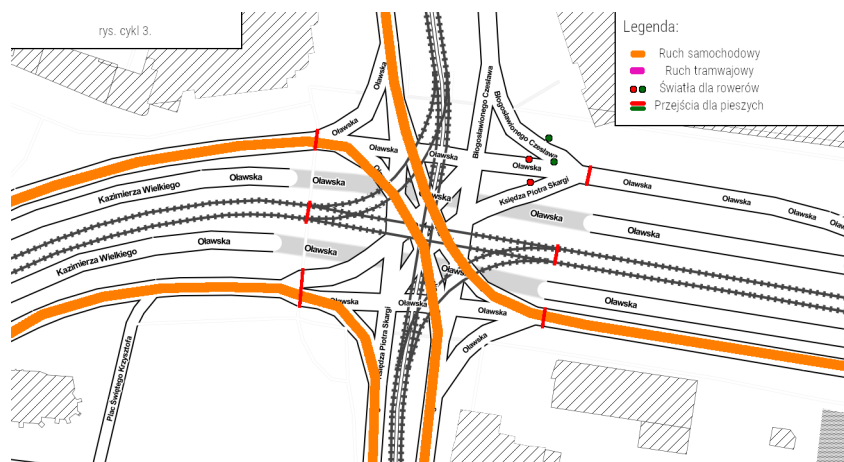
## Cykl 2

Dodatkowe informacje: 5 - strzałka warunkowa.



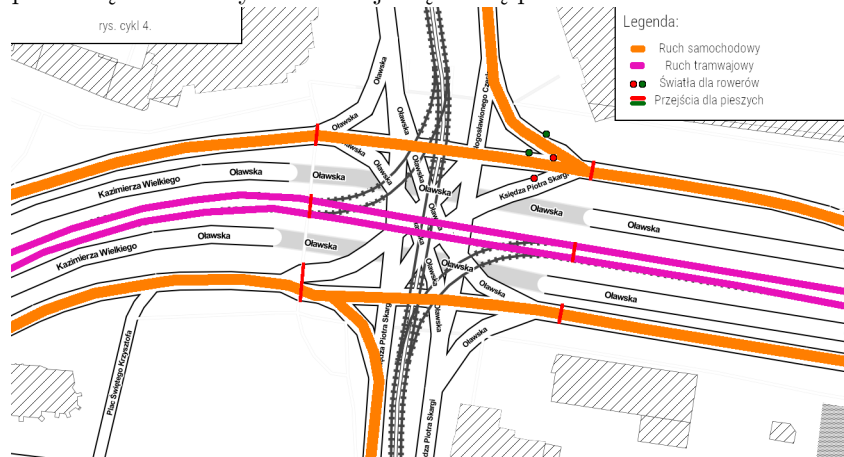
## Cykl 3

Dodatkowe informacje: -/-.



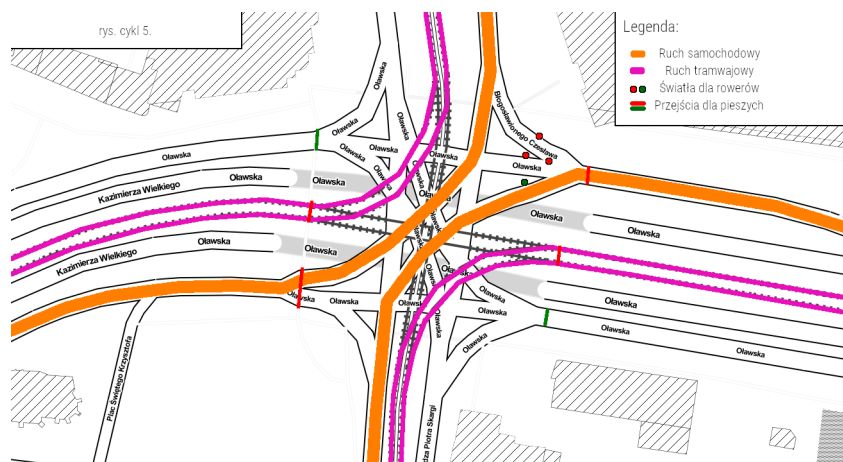
#### Cykl 4

Dodatkowe informacje: Cykl 4 składa się z tak naprawę 2 mniejszych cykli, prawoskęt dla strony zachodniej włącza się po kilku sekundach.



#### Cykl 5

Dodatkowe informacje: -/-.



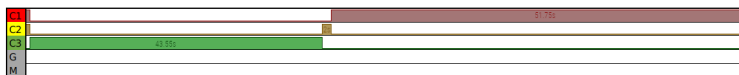
### Diagram działania sygnalizatorów

Program sygnalizacji spełnia odpowiednie wymagania dotyczące długości oraz kolejności sygnałów. Poniższy diagram obrazuje przykładowy program dla sygnalizatora drugiego z grupy pierwszej.

Długości poszczególnych sygnałów:

- światło żółte trwa zawsze 2 sekundy
- światło czerwono-żółte trwa 3 sekundy
- światło zielone dla pieszych spełnia warunek 100% czasu potrzebnego na przejście pieszego z prędkością 1,4 m/s.

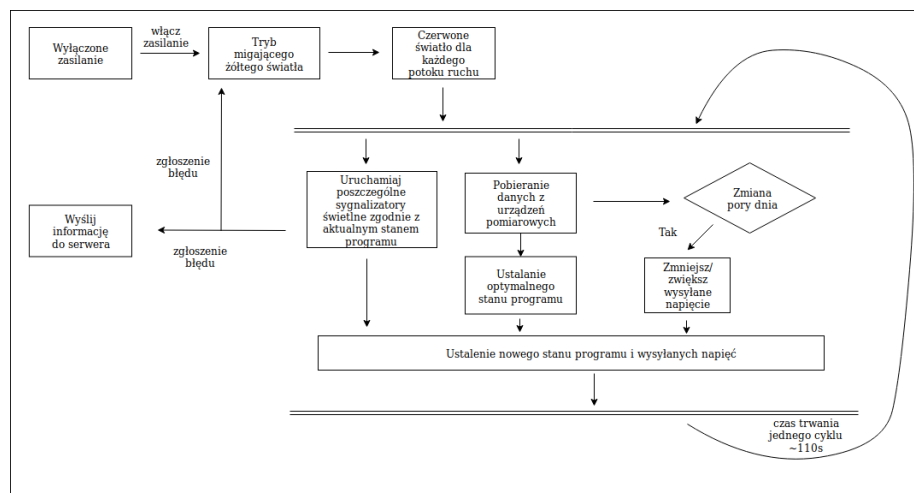
Przejście z sygnału żółtego migającego do programu trójbarwnego następuje według sekwencji: - sygnał żółty migający dla pojazdów - sygnał żółty ciągły przez 5s dla pojazdów, sygnały czerwone dla pozostałych uczestników ruchu - sygnały zabraniające wejścia i wjazdu dla wszystkich uczestników ruchu - sygnał trójbarwny o założonym programie



### Diagram stanów

Stan początkowy skrzyżowania to wyłączone zasilanie, po włączeniu zasilania wszystkie sygnalizatory przechodzą w tryb migającego żółtego światła, poczym każdy z sygnalizatorów otrzymuje sygnał czerwonego światła i światła zaczynają działać według programu, w 5- etapowym cyklu. Pełen cykl światel na skrzyżowaniu przy galerii Dominikańskiej trwa 110 sekund i jest stały.





Rysunek 6: ogólny schemat świateł

W trakcie działania skrzyżowania sterownik sygnalizacji świetlnej (opisany szczegółowo w rozdziale Jednostka centralna - sterownik sygnalizacji świetlnej) za pomocą kart modułowych wysyła do poszczególnych sygnalizatorów informacje w jakim stanie powinny się znaleźć. Jednocześnie zbiera on też i przetwarza informacje z urządzeń pomiarowych. Na podstawie dostarczonych danych dobiera optymalne dane dla programu długości świateł poszczególnych etapów cyklu oraz decyduje o przyciemnieniu lub pojaśnieniu świateł na sygnalizatorach w zależności od pory dnia. Działanie według nowego programu długości etapu cyklu następuje po skończonym cyklu.

W przypadku wystąpienia błędów w trakcie działania świateł, następuje jego zgłoszenie do serwera oraz przełączenie całej sygnalizacji w tryb migającego żółtego światła.

## Komponenty

### Zestawienie

W skład skrzyżowania wchodzi:

- 2x maszt sygnalizacji świetlnej - wys. 4m,
- 2x ramię wysięgnika - dł. 5m,
- 2x ramię wysięgnika - dł. 2m,
- 2x wysięgnik dwumasztowy - dł. 18m, wys. 4m,
- 16x maszt sygnalizacji świetlnej - wys. 2,5m,
- 12x sygnalizator świetlny 2-komorowy - Ø 200,
- 12x sygnalizator akustyczny,
- 16x sygnalizator świetlny 3-komorowy - Ø 300,
- 4x sygnalizator świetlny 3-komorowy - Ø 100,

- 3x sygnalizator wielokierunkowy STT,
- 15x wideodetektor Autoscope.

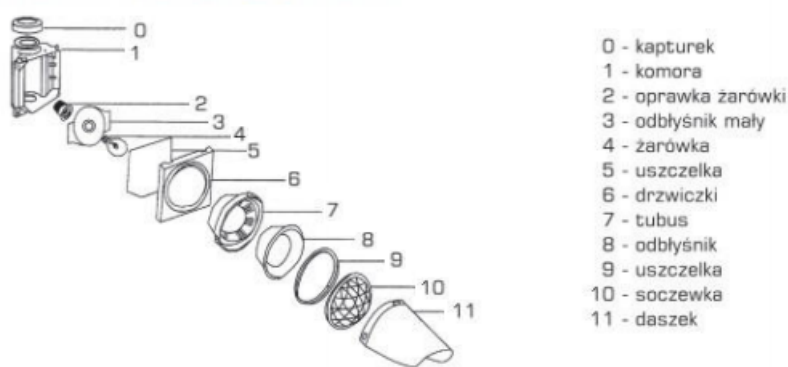
### Opis wybranych komponentów

Sygnalizacja świetlna jako zestaw urządzeń do zarządzania kolizyjnymi potokami ruchu składa się z urządzeń sterujących (sterowników), urządzeń wykonawczych (sygnalizatorów) oraz elementów wsporczych (maszty, mocowania, wysięgniki).

### Sygnalizatory

Ruchem kołowym, rowerowym oraz pieszo-rowerowym na przejściach oraz przejazdach kierują odpowiednio sygnalizatory o średnicy  $\varnothing 300$ ,  $\varnothing 100$  oraz  $\varnothing 200$ . Na kolory sygnalizatorów świetlnych 3-komorowych składają się kolor zielony, żółty oraz czerwony, albo (w przypadku sygnalizacji dla MPK) biały. Sygnalizatory 2-komorowe mogą wyświetlić kolor czerwony i zielony. Sygnalizatory akustyczne generują sygnały dźwiękowe odpowiadające sygnałowi zielonemu ciągłemu oraz zielonemu migającemu, ponieważ montowane są jedynie w otoczeniu sygnalizacji świetlnej 2-komorowej montowanej przy przejściach dla pieszych.

Elementy składowe latarni:



Rysunek 7: Elementy składowe

Element	Materiał
Komora	Tworzywo sztuczne ABS
Drzwiczki	Tworzywo sztuczne ABS
Soczewka	Poliwęglan
Odbłyśnik	Napylane aluminium
Daszek	Tworzywo sztuczne ABS
Ekran kontrastowy (ruch kołowy)	Blacha aluminiowa

Sygnalizator świetlny 3-komorowy	Ø 100	Ø 300
Masa	5kg	15kg
Moc żarówek	60 W	75W
Napięcie zasilania	230 V, 50hz	230 V, 50hz

Sygnalizator świetlny 2-komorowy	Ø 200
Masa	6kg
Moc żarówek	60 W
Napięcie zasilania	230 V, 50hz

Sygnalizator wielokierunkowy STT	
Masa	11kg
Moc	60 W
Napięcie zasilania	230 V, 50hz

### Wideodetektory

Na skrzyżowaniu wykorzystywane są kamery wraz z wideodetektorami Autoscope. Detektory te umożliwiają m.in rejestrację obecności pojazdów, prędkości oraz kontrastu. Dane techniczne detektora:

- Komunikacja : interfejs RS232 lub RS485
- Normy: CE EN 55011, EN 61000-6-2 skrzyżowaniu
- Zasilanie: 8 – 24V
- Pobór mocy – 4,5 W

Detektory Autoscope w przypadku zaniku zasilania lub zawieszenie się systemu restartują się automatycznie.

### Kable

Kable sygnalizacyjne używane do sygnalizacji świetlnej powinny spełniać wymagania PN-76/E-90304. Należy stosować kable o napięciu znamionowym 0,6/1 kV, wielożyłowe o żyłach miedzianych w izolacji poliwinilowej.

### Przykładowy kosztorys

Nazwa elementu	Cena [ZŁ]	Cena x ilość [ZŁ]
Maszt sygnalizacji świetlnej - wys. 2,5m	620,00	9 920,00
Maszt sygnalizacji świetlnej - wys. 4m	1 062,00	2 124,00
Wysięgnik dwumasztowy - dł. 18m, wys. 4m	3 742,00	7 484,00
Ramię wysięgnika - dł. 5m	590,00	1 180,00

Nazwa elementu	Cena [ZŁ]	Cena x ilość [ZŁ]
Sygnalizator wielokierunkowy STT	1 540,00	4 620,00
Ramię wysięgnika - dł. 2m	370,00	740,00
Sygnalizator świetlny 3-komorowy - Ø 300	1 774,00	28 384,00
Sygnalizator świetlny 2-komorowy - Ø 200	999,00	11 988,00
Sygnalizator świetlny 3-komorowy - Ø 100	1 024,00	4 096,00
Sygnalizator akustyczny	192,00	2 304,00
Jednostka centralna	-	-
Wideodetektory Autoscope	-	-

Razem: >72 840 zł

### Jednostka centralna - sterownik sygnalizacji świetlnej

Systemem sterowania sygnalizacją świetlną zarządza jednostka centralna - akomodacyjny sterownik drogowej sygnalizacji świetlnej.

#### Opis

Na jednostkę centralną sterownika składają się dwa procesory - jeden do zarządzania sygnalizacją świetlną - drugi do monitorowania pierwszego. W przypadku awarii drugi sterownik włącza program migającego żółtego światła.

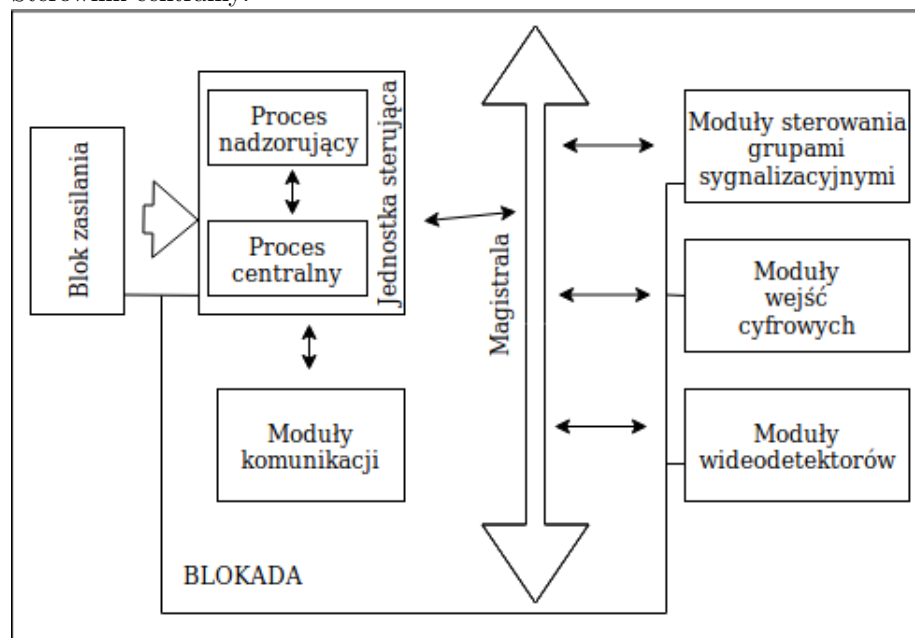
Kolejnym ważnym elementem sterownika są moduły odpowiadające za komunikację i zarządzanie grupami sygnalizatorów, komunikację z wideodetektorami oraz z innymi urządzeniami. Dzięki modułowej budowie sterownika można dostosowywać sygnalizację do wymagań skrzyżowania, poprzez dodawanie lub usuwanie kart modułowych. Moduły połączone są ze sobą magistralą co umożliwia szybką i dwukierunkową komunikację pomiędzy poszczególnymi komponentami.

Jednostka centralna wyposażona jest także we wspomnianą wcześniej magistralę oraz dodatkową linię BLOKADA, będącą dodatkowym zabezpieczeniem działania sterownika. Poprzez tą linię każdy z modułów może zarządzać wyłączeniem sygnalizatorów.

Poglądowa budowa sterownika przedstawiona jest na Diagramie Komponentów.

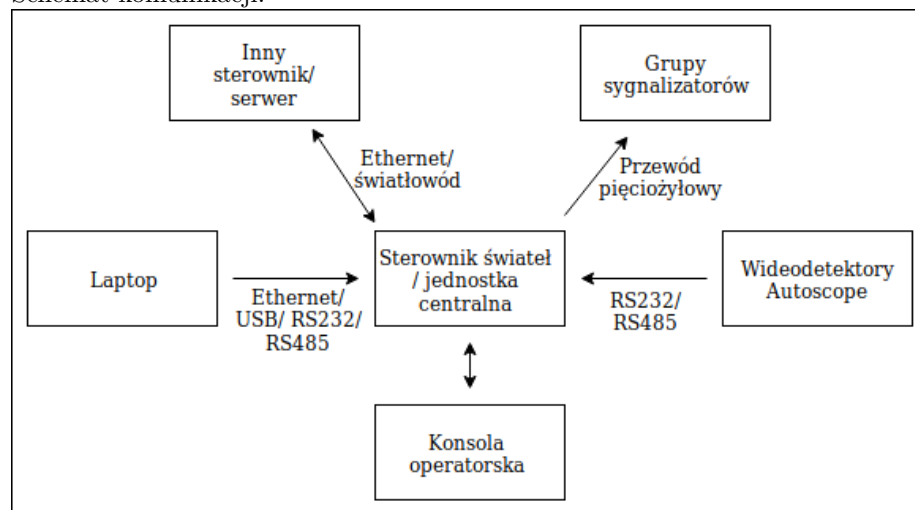
## Diagram komponentów

Sterownik centralny:



## Komunikacja z innymi komponentami systemu sygnalizacji

Schemat komunikacji:



Komunikacja ze sterownikiem rozumiana jako programowanie sterownika może być realizowana przy pomocy dedykowanego programu i realizowana poprzez podłączenie laptopa do sterownika.

Isnieje możliwość połączenia sterownika z innym sterownikiem, stwarzając w ten sposób możliwość komunikacji między skrzyżowaniami. Możliwe jest także połączenie sterownika z serwerem co umożliwia zdalne przekazywanie m. in. komunikatów o możliwych błędach, awariach oraz o stanie sterownika.

Jednostka centralna zapewnia dostęp do konsoli operatorskiej, umożliwiającą diagnostykę skrzyżowania oraz działania sterownika. Wybrane funkcjonalności konsoli operatorskiej:

- przełączanie w tryb migającego żółtego światła/ wszystkich światel czerwonych
- zarządzanie ustawieniami i trybami pracy detektorów
- śledzenie stanu grup sygnalizacyjnych / sterownika / skrzyżowania
- odczyt i zmiana trybu pracy sterownika
- ręczne zamrożenie fazy (pozostanie w danym cyklu światel)

Sterownik podłączony jest także do systemu monitoringu skrzyżowania, zbiera przekazywane z kamer informacje o aktualnym natężeniu ruchu na skrzyżowaniu i na ich podstawie reguluje długości poszczególnych cykli światel.

Do każdego sygnalizatora, składającego się na skrzyżowanie doprowadzony jest osobny kabel od sterownika. Kabel ten jest pięciożyłowy (3 żyły to kolory, 1 masa, 1 uziemienie) w przypadku sygnalizatorów samochodowych siedmiożyłowy dla sygnalizatorów tramwajowych, czterożyłowy dla sygnalizatorów dla pieszych lub dwużyłowy dla sygnalizatorów akustycznych. Odpowiada on za sterowanie aktualnie wyświetlanym kolorem światła na sygnalizatorze.

### **Algorytmy sterowania światłami**

Na działanie algorytmu składa się wiele czynników, wśród nich można wyróżnić te stałe (wynikające z geometrii skrzyżowania oraz przepisów prawa) oraz zmienne, w skład których wchodzi wyniki obliczeń zależne od aktualnych informacji otrzymywanych od poszczególnych komponentów (takich jak wideorejestratory czy grupy sygnalizatorów) przez jednostkę centralną.

Poniżej zostały umieszczone ustalenia i ograniczenia zawarte w Rozporządzeniu 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:

- I. Długości poszczególnych sygnałów
- II. W sygnalizacji akomodacyjnej strumień ruchu poddane akomodacji powinny otrzymywać sygnał zielony nie krótszy niż 5 sekund.
- III. W sygnalizacji cyklicznej każdy strumień ruchu powinien przynajmniej jeden raz w cyklu otrzymać sygnał zezwalający na ruch.
- IV. Maksymalny zalecany czas długości ogranicza się do 120 sekund.

## Opis metody działania algorytmu

Jednostka centralna pobiera informację od poszczególnych wideorejestratorów w celu ustalenia natężenia ruchu dla każdej relacji, następnie pobiera obliczone wcześniej stopnie nasycenia dla poszczególnych grup i dzieli czas trwania cyklu na poszczególne fazy. Po dokonaniu ww. obliczeń jednostka sterująca po kolei wysyła informację do każdej grupy sygnalizatorów o tym czy dany odbiorca ma rozpocząć lub zakończyć wyświetlanie sygnału zielonego.

1. Pobranie informacji o aktualnej sytuacji na skrzyżowaniu.
2. Obliczenie czasów międzyzielonych na podstawie otrzymanych danych.
3. Wyznaczenie stopnia nasycenia  $y_i$  pasu lub grupy pasów dla poszczególnych relacji.
4. Podział sygnału zielonego całego cyklu na poszczególne fazy poprzez rozkład proporcjonalny na podstawie stopnia nasycenia  $y_i$ .
5. Powrót od punktu 1.

Za punkt 0. można uznać jednorazowe obliczenie wyjściowych wartości natężenia nasycenia  $S_i$  dla poszczególnych relacji.

## Pobranie informacji o aktualnej sytuacji na skrzyżowaniu

Do pozyskiwanych danych należy:

- sytuacja pogodowa
- natężenie pojazdów  $Q_i$  danej relacji

## Obliczenie czasów międzyzielonych na podstawie otrzymanych danych

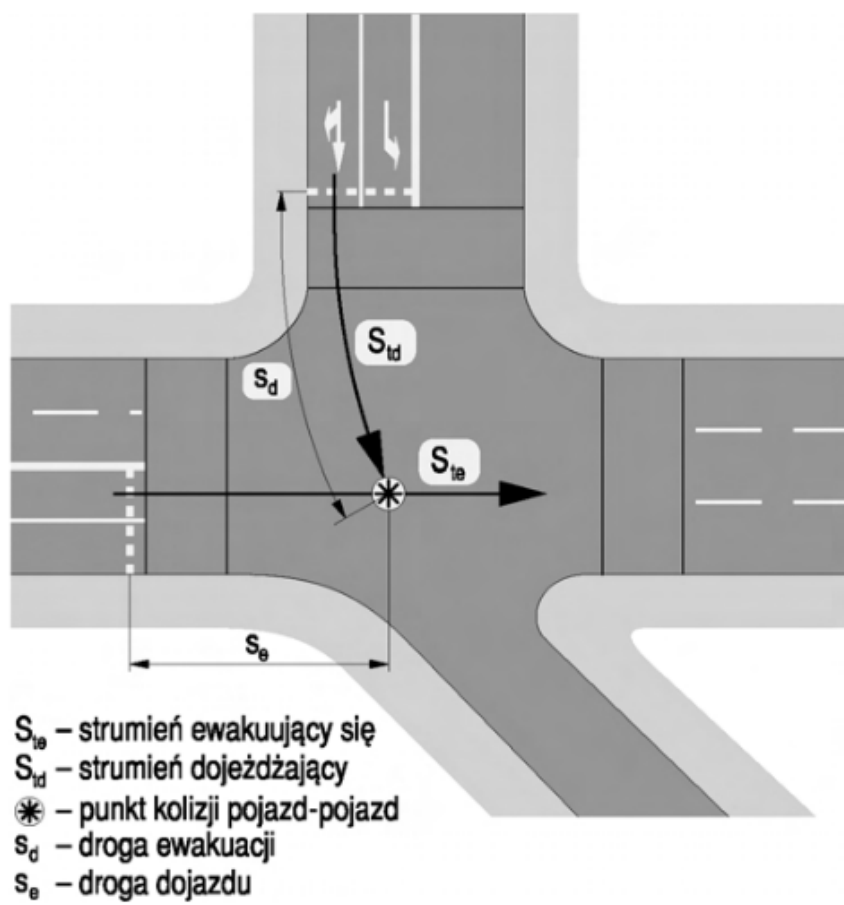
Czasy międzyzielone powinny być tak dobrane, aby strumień dojeżdżający osiągnął punkt kolizji dopiero po opuszczeniu go przez wszystkich uczestników ruchu ze strumienia ewakuującego się.

Czasy ewakuacji obliczane są na podstawie otrzymanych danych. Oblicza się je według wzoru

$$t = \frac{s + l}{v}$$

gdzie:

- $s$  - długość drogi ewakuacji strumienia od linii zatrzymania do punktu kolizji
- $l$  - wartość wydłużająca drogę ewakuacji w zależności od rodzaju strumienia:
  - 10m dla strumienia pojazdów,
  - 14m dla strumienia autobusów,
  - $n * 13,5$  m dla strumienia tramwajówm gdzie  $n$  jest liczbą wagonów w składzie,



Rysunek 8: Pojęcia związane z obliczaniem czasów międzyzielonych



- 0m dla strumienia pieszych i rowerzystów
- v - prędkość ewakuacji ustaloną w zależności od warunków pogodowych. Przy dobrych warunkach jest ona równa:
  - dla strumienia pojazdów, prędkości dopuszczalnej na wlocie jednak nie większa niż 14m/s,
  - dla strumienia autobusów i strumienia tramwajów, prędkości dopuszczalnej na wlocie jednak nie większa niż 10m/s,
  - dla pieszych - 1,4m/s
  - dla rowerzystów - 4,2m/s.

#### **Wyznaczenie stopnia nasycenia pasu lub grupy pasów dla poszczególnych relacji**

Po obliczeniu czasów międzyzielonych oraz znając natężenie  $Q_i$  i wyznaczone natężenia nasycenia  $S_i$  wyznaczany jest stopień nasycenia  $y_i$  pasu lub grupy pasów w poszczególnych relacji jadącej w danej fazie ze wzoru:

$$y_i = \frac{Q}{S_i}$$

#### **Podział sygnału zielonego całego cyklu na poszczególne fazy poprzez rozkład proporcjonalny na podstawie stopni nasycenia**

Długość sygnału zielonego otrzymuje się ze wzoru:

$$G_i = \frac{y_i}{Y} * (T - \sum_i t_i)$$

gdzie

- $Y = \sum_i y_i$
- T (=110s) - czas całego cyklu

#### **Obliczenie wyjściowych wartości natężenia nasycenia dla poszczególnych relacji**

Natężenie nasycenia to maksymalny możliwy odpływ pojazdów z kolejki na pasie ruchu lub grupie pasów ruchu podczas trwania efektywnego sygnału zielonego w zależności od panujących warunków ruchowych i drogowych. Wyznaczane jest ono w następujący sposób:

- Dla relacji na wprost:

$$S_i = S_0 + 200 * (w - 3,5) - 30 * \gamma * i$$

- Dla bezkolizyjnej relacji skrętnej w lewo lub w prawo

$$S_i = [S_0 + 80 * (w - 3,5) - 30 * \gamma_i * i - 160 * \gamma_k - 70 * \gamma_t] * \frac{10^{-3} * R + 1,025}{(1 + \frac{2}{R})}$$

- Dla relacji skrętnej kolizyjnej z ruchem pieszych

$$S_i = S_0 * f_p$$

gdzie

- $S_0$  - wyjściowe natężenie nasycenia.
  - W przypadku relacji bezkolizyjnych  $S_0=1900$  P/h.
  - W przypadku, gdy relacja korzysta ze wspólnego pasa z relacją skrętą o kolizyjnym przebiegu w danej fazie sygnalizacyjnej  $S_0=1700$  P/h.
  - Dla relacji skrętnych kolizyjnych  $S_0=1450$  P/h.
- $w$  - szerokość pasa ruchu.
- $\gamma_i$  - wskaźnik kierunku pochylenia,  $\gamma_i=1$  dla wlotu położonego na wzniesieniu[pod górę],  $\gamma_i=0$  dla wlotu położonego na spadku [w dół].
- $i$  - średnie pochylenie wlotu na odcinku 30m przed linią zatrzymania w %
- $\gamma_k$  - wskaźnik położenia pasa,
- $\gamma_k=1$ , gdy przy chodniku,
- $\gamma_k = 0$ , gdy nie jest przy chodniku.
- $\gamma_t$  - wskaźnik przejazdu przez torowisko
- $\gamma_t=1$ , gdy przecina,
- $\gamma_t=0$ , gdy nie przecina torowiska.
- $f_p$  - współczynnik uwzględniający wpływ pieszych na przejściu na wylocie na natężenia nasycenia relacji skrętnych czyli efekt blokowania ruchu przez pieszych obecnych na przejściu w czasie sygnału zielonego dla skręcających pojazdów.
- $R$  - promień skrętu z przedziału 6-35m, dla  $R>35m$  w podanym wzorze  $\frac{10^{-3} * R + 1,025}{(1 + \frac{2}{R})}$  należy przyjąć mnożnik równy 1.

## Działanie w przypadkach awaryjnych

### Wyłączenie zasilania

W sytuacji braku prądu, światła na skrzyżowaniu gasną. Po przywróceniu zasilania sterownik przełącza sygnalizatory w tryb migające żółtego światła.

**Zgłoszenie błędu przez linię BLOKADA**

Przełączenie sygnalizatorów z tryb migającego żółtego światła. Wysłanie informacji o awarii skrzyżowania do serwera.

### Ponowne uruchomienie sygnalizacji, przejście z trybu migającego

1. Włącz tryb migania żółtego światła
2. Uruchom grupę 1 sygnalizatorów.
3. Poczekaj na zakończenie cyklu.
4. Uruchamiaj kolejne grupy sygnalizatorów zgodnie z pkt 2,3.

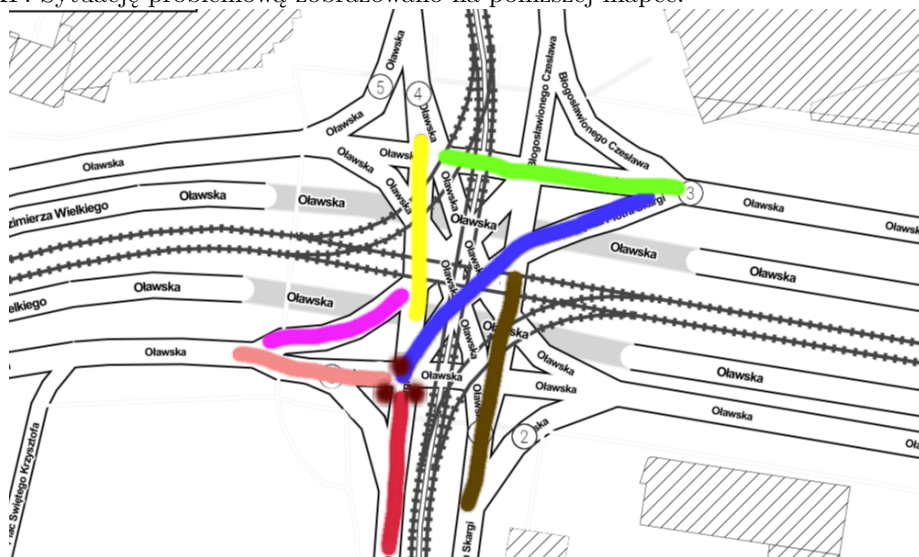
## Przepalenie żarówki

Wysłanie informacji o awarii skrzyżowania do serwera.

## Podsumowanie

## Udoskonalszenia

Aktualnie działająca wersja obsługi sygnalizacji świetlnej na skrzyżowaniu przy galerii Dominikańskiej ma pewne bolączki. Główną z nich jest dopuszczanie do tworzenia się zakleszczeń na środku skrzyżowania w godzinach szczytu. Najczęściej punktem zapalnym jest zakorkowana ulica Piotra Skargi w kierunku dworca PKP. Sytuację problemową zobrazowano na poniższej mapce:



Czerwonym kolorem zaznaczono korek na ulicy Piotra Skarki który często ma miejsce w godzinach szczytu. Przeciętny scenariusz blokowania skrzyżowania wygląda w następujący sposób: 1. Grupa niebieska podjeżdża na zielonym świetle do korku na ul. Piotra Skarki 2. Światło zielone dla grupy niebieskiej

gaśnie, pozwolenie na wjazd otrzymuje grupa żółta, ponieważ niebiescy nie mieli możliwości opuszczenia skrzyżowania żółci również dojeżdżając zależnie od fantazji kierowców zaczynają blokować grupę różową oraz tramwaje, a czasami nawet grupę zieloną. 3. Sytuacja na skrzyżowaniu przestaje przypominać jakikolwiek zorganizowany ruch, do czasu aż niebiescy nie opuszczą skrzyżowania pozostałe grupy czekają nie mogąc kontynuować przejazdu, sytuacja na chwilę wraca do normy tylko, gdy kierowcy z kolejnej już grupy niebieskiej, widząc co dzieje się na skrzyżowaniu, mimo zielonego światła pozostaną przed wjazdem na nie. 4. Po jednym bardziej uporządkowanym cyklu następuje kolejny zgodny z powyższym schematem.

Schemat na powyższej mapce przedstawia najgorszy możliwy scenariusz, zazwyczaj całość ogranicza się do tego, że niebiescy blokują jasnych różowych jadących na wprost oraz żółtych, a Ci blokują przejazd ciemnych różowych skręcających w lewo. Przy tym tramwaje we wszystkich kierunkach również są blokowane. Problem polega na tym, że sprawność działania skrzyżowania w takim momencie zależy od użytkowników, a więc od kierowców. Zależnie od tego na ile skutecznie uda im się nie pozostawać na skrzyżowaniu po zapaleniu się dla ich fazy światła czerwonego, na tyle sprawnie będzie przebiegał ruch pozostałych faz.

Proponowanym rozwiązaniem byłoby umieszczenie większej ilości kamer na wylotach skrzyżowania, miałyby one za zadanie sprawdzać czy ruch w danym kierunku jest możliwy. Zależnie od tego ile pojazdów 'zmieści się' za skrzyżowaniem na ulicy wylotowej, przydzielany byłby czas zielonego dla grup które poruszają się w kierunku tego wylotu, jedynym ograniczeniem byłyby przepisy prawne mówiące, że każda grupa sygnalizatorów powinna dostać światło zielone na co najmniej 5 sekund w każdym cyklu. Gdyby zastosować takie rozwiązanie przepustowość samochodów skręcających z ul. Oławskiej w lewo (niebiescy), skręcających z ul. Oławskiej w prawo (jasny róż) oraz jadących na wprost z ul. Świętej Katarzyny (żółci) pozostałaby bez zmian, natomiast dla pozostałych grup poprawiłby się znacząco. Ponieważ w jednym cyklu, gdy korek na ul. Piotra Skargi nie pozwala na wjazd, grupy niebieska, jasno-różowa oraz żółta nie dostałyby zbyt dużo czasu zielonego na rzecz pozostałych grup, jednocześnie nie blokując im przejazdu, natomiast w kolejnym cyklu, gdy korek na Piotra Skargi delikatnie się przesunie, otrzymałyby tego czasu więcej (odpowiednio dużo by nie zablokować skrzyżowania).

## **Bibliografia**

Rozporządzeniu 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 – Załącznik 3 Szczegółowe warunki techniczne dla sygnałów drogowych i warunki ich umieszczania na drogach (Dz. U. z dnia 23 grudnia 2003 r.): <http://www.embud.szczecin.pl/pdf/instr.drogowa.2004.pdf>

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 3 lipca 2015 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowych warunków

technicznych dla znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunków ich umieszczania na drogach:  
<http://prawo.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20150001314>

Katalog z cennikiem części: [http://www.sygnały.com.pl/file/cennik\\_drogowy\\_2019r.pdf](http://www.sygnały.com.pl/file/cennik_drogowy_2019r.pdf)  
<http://www.sygnały.com.pl/file/katalog%20drogowy.pdf>