



PRZEMYSŁAW GARDAS, *pgardas@zut.edu.pl*  
ALICJA SOŁOWCZUK, *alicja.solowczuk@zut.edu.pl*  
ZUT w Szczecinie, KDMiMB, Zakład Dróg i Mostów

## WPLYW LOKALIZACJI PRZYSTANKU AUTOBUSOWEGO NA DŁUGOŚĆ WZMOCNIENIA KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI NA PODSTAWIE ANALIZY WARUNKÓW RUCHU

### INFLUENCE OF LOCATION OF A BUS STOP ON THE LENGTH OF THE STRUCTURAL REINFORCEMENT OF PAVEMENT BASED ON TRAFFIC CONDITIONS ANALYSIS

**Streszczenie** W obowiązujących wytycznych projektowych zdefiniowana jest kategoria ruchu, dla której należy zaprojektować konstrukcję nawierzchni na przystanku autobusowym. Odnośnie długości wzmocnienia konstrukcji są zapisy tylko precyzujące rejon przystanku. Autorzy wykonali szereg pomiarów wielkości opóźnień i przyspieszeń autobusów w rejonie różnie zlokalizowanych przystanków autobusowych względem najbliższego skrzyżowania. Na podstawie analiz statystycznych miarodajnych opóźnień oraz przyspieszeń, a także czasu przekazywania obciążenia na nawierzchnię i konfrontacji tych wielkości z odnotowanymi deformacjami i uszkodzeniami nawierzchni otrzymali konieczną długość wzmocnienia nawierzchni na przystankach autobusowych.

**Abstract** The current design guidelines define the traffic category, for which the pavement structure should be designed at a bus stop. Regarding the length of the structural reinforcement of pavement there are only regulations that specify the area of a bus stop. The authors have carried out a series of measurements of the buses deceleration and acceleration values at differently located bus stops in relation to the nearest intersection. Based on statistical analysis of reliable deceleration and acceleration as well as the time of the load transfer to the pavement and confrontation of these values with the recorded surface deformation and damage, they have obtained the necessary length of the structural reinforcement to the pavement at bus stops.

#### 1. Analiza obowiązujących wytycznych i podstawowe założenia do badań

W obowiązujących wytycznych projektowych WT [1], WPSD [2] i katalogach [3, 4] są ściśle wyznaczone zasady projektowe odnośnie przyjęcia kategorii ruchu przy projektowaniu konstrukcji nawierzchni na przystanku autobusowym. Wszystkie wytyczne mają jednak ogólnikowo sformułowany zapis o długości potrzebnego wzmocnienia, a mianowicie w wytycznych podany jest zapis, że konstrukcję nawierzchni przystanku należy zaprojektować w rejonie przystanku

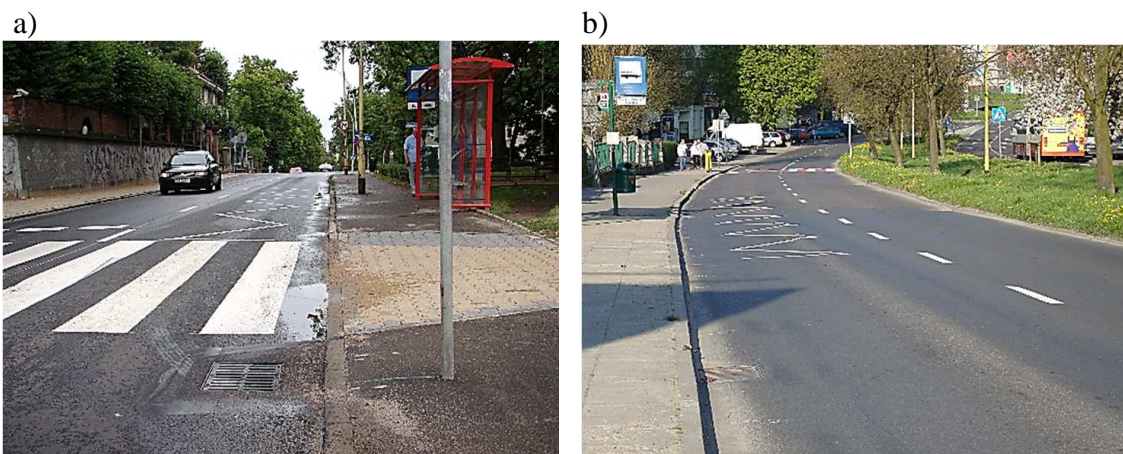
Według WPSD [2], w odniesieniu do pojedynczych przystanków autobusowych określona jest długość krawędzi zatrzymania autobusu wynosząca 20 m. Według [1, 5, 6] w rejonie przystanku konstrukcja nawierzchni powinna zapewniać nośność odpowiednią do kategorii ruchu o jeden wyższej niż nawierzchni ulicy, na której znajduje się przystanek, z wyjątkiem kategorii ruchu KR6. Wytyczne [6] dopuszczały także zamiast nawierzchni odpowiadającej kategorii ruchu o jeden stopień wyższej niż dla ulicy, zastosowanie w obrębie przystanku

nawierzchni z wykorzystaniem mieszanek asfaltowych z lepiszczem modyfikowanym polimerami. Przy czym w obowiązujących wytycznych wymienionych powyżej nie ma ściśle podanej długości innej konstrukcji nawierzchni, tylko sprecyzowane jest określenie przytoczone wyżej „w rejonie przystanku”.

W odniesieniu do kategorii KR6 powinno się wg [2, 3] projektować indywidualnie lub wg [6] przyjmować określoną ściśle nawierzchnię z betonu cementowego.

Analiza zaleceń i wytycznych przedstawiona powyżej wskazuje jak ważny jest odcinek ulicy, na którym następuje wzmożone oddziaływanie ruchu autobusów na nawierzchnię. Uwzględniając powyższe autorzy postanowili przeprowadzić analizy wyników warunków ruchu w obrębie przystanków autobusowych, w celu określenia długości wzmożonego oddziaływania obciążenia na nawierzchnię.

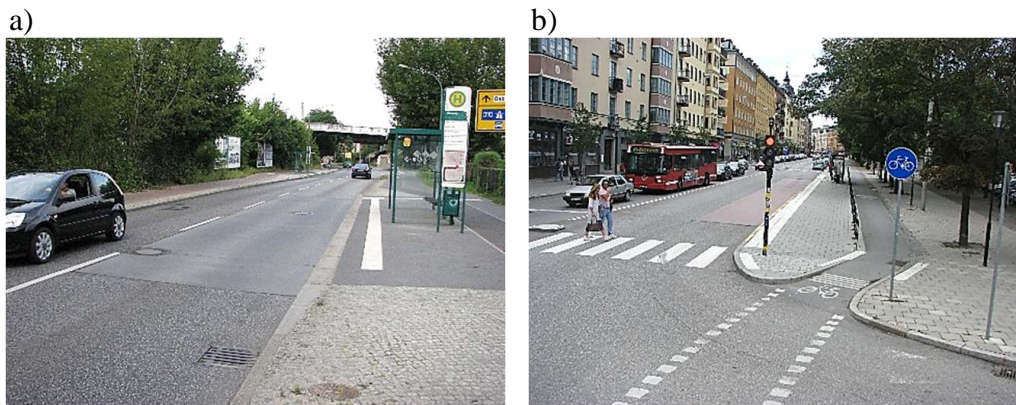
W praktyce inżynierskiej różne jest wspomniany zapis przestrzegany i stosowany. O ile w przypadku istniejących zatok autobusowych można odróżnić inny rodzaj nawierzchni niż na jezdni głównej (nawierzchnia z betonu cementowego, nawierzchnia z kostki kamiennej lub betonowej), to o tyle w przypadku przystanków najczęściej zastosowana konstrukcja nawierzchni w większości przypadków była taka sama jak na pozostałej części jezdni. W większych miastach w Polsce (np. Warszawa, Gdańsk, Bydgoszcz, Wrocław) problem już zaczęto dostrzegać wcześniej i stosuje się na długości przystanków nawierzchnię z betonu cementowego. Jednak nie wszędzie jest to regułą (rys. 1).



Rys. 1. Przykłady krajowych przystanków, gdy na długości przystanku nie jest układana inna nawierzchni niż na jezdni ulicy: a) przystanek „Jasne Błonia” b) przystanek „Witkiewicza”

Poza granicami naszego kraju ta zasada wzmocnionej nawierzchni na przystankach autobusowych zlokalizowanych w ciągu ulicy jest raczej preferowana i dotrzymywana. W Niemczech, Danii i Szwecji prawie zawsze na długości przystanku jest układana nawierzchnia betonowa (rys. 2), a czasami nawierzchnia asfaltowa SMA.

Stosowane obecnie metody projektowania konstrukcji nawierzchni opierają się na założeniu, że pojazdy pozostają w ruchu, a czas oddziaływania obciążenia na nawierzchnię wynosi 0,02 s. W przypadku przystanków autobusowych charakterystyka ruchu pojazdów jest niestety inna, można na przystanku autobusowym wyznaczyć charakterystyczne miejsca znacznie dłuższego oddziaływania obciążenia w porównaniu do innych odcinków ulicy.



Rys. 2. Przykłady zagranicznych przystanków, gdy na długości przystanku jest układana inna nawierzchni niż na jezdni ulicy: a) przystanek autobusowy w Potsdamie, c) przystanek autobusowy w Sztokholmie

Analiza dotychczasowych wytycznych i opracowań naukowych wskazuje na braki w zaleceniach uwzględniania innych warunków ruchu na długości przystanku autobusowego w porównaniu do ruchu na pozostałej części jezdni. Szczególnie istotne jest uzupełnienie obowiązujących wytycznych o wyznaczenie długości tego wzmocnienia.

Wyznaczenie długości wzmoczonego oddziaływania ruchu autobusów na nawierzchnię, polega wg autorów głównie na odpowiednim oszacowaniu warunków ruchu na przystankach autobusowych. Wybrane cechy warunków ruchu powinny charakteryzować zarówno sam przejazd autobusu, jak i jego zmienne oddziaływanie na nawierzchnię. W tym celu należało wykonać szereg pomiarów czasów stopniowego przejazdu kilkudziesięciu autobusów wzdłuż wybranych przystanków autobusowych. Tak szerokie spektrum badawcze wymagało przyjęcia podstawowych założeń badawczych [7, 8 i 9].

Z założenia teorii eksperymentu wynika, że przystanki wybrane do badań eksperymentalnych, powinny być zapewniać zmiany tylko jednej analizowanej cechy, a wszystkie pozostałe cechy powinny być jednakowe. Uwzględniając powyższe założono, że analizy wyników badań przeprowadzi się wg wybranych przystanków ze ściśle określoną ich lokalizacją względem skrzyżowania zwykłego lub skrzyżowania z sygnalizacją świetlną, zapewniając w ten sposób kryterium jednorodności.

Kolejnym założeniem przy wyborze przystanków było uwzględnienie jednakowego lub zbliżonego natężenia ruchu autobusów na nich, a także porównywalnego czasu eksploatacji danej nawierzchni i jej podobnego stanu technicznego oraz tego samego rodzaju nawierzchni. Np. do analizy przystanków autobusowych wybrano tylko te przystanki, na których była ułożona nawierzchnia asfaltowa z czasem eksploatacji ok. 10÷15 lat. Wybrane przystanki posegregowano na trzy grupy według ich lokalizacji względem skrzyżowania: przystanki pomiędzy skrzyżowaniami, w pobliżu skrzyżowań zwykłych i w pobliżu skrzyżowań z sygnalizacją świetlną.

## 2. Metodyka badań zastosowana w analizach szacowania długości wzmoczonego oddziaływania autobusu na nawierzchnię

W związku z tym, że problem związany jest przede wszystkim z oszacowaniem długości wzmoczonego oddziaływania ruchu autobusu na nawierzchnię przystanków autobusowych znajdujących w ciągu ulicy, to ważne okazało się wykazanie istotności statystycznej różnicy wartości średnich prędkości, opóźnień i przyspieszeń na kolejnych odcinkach pomiarowych wzdłuż przystanku. Do oszacowania długości wzmoczonego oddziaływania ruchu autobusu na nawierzchnię autorzy wykorzystali wyniki wykonanych pomiarów i zgodnie z zaleceniami

przedstawionymi w [9, 10] przeprowadzili standardowe testy statystyczne, tj. test istotności dla dwóch średnich i test zgodności  $\lambda$ -Kolmogorowa-Smirnowa.

W teście istotności dla dwóch średnich porównuje się wartości dwóch populacji mających rozkłady normalne  $N(\bar{x}_i, \sigma_i)$  i  $N(\bar{x}_{i+1}, \sigma_{i+1})$ . W danym przypadku założono porównywanie średnich prędkości, opóźnień i przyspieszeń autobusów na kolejnych odcinkach pomiarowych „i” i „i+1”. Zgodnie ze standardową procedurą testu sformułowano hipotezy zerowe  $H_0$  i alternatywne  $H_1$ :

Hipotezy zerowe	Hipotezy alternatywne:		
	Strefa dojazdu	Strefa postoju	Strefa odjazdu
$H_0 : \bar{v}_i = \bar{v}_{i+1}$ ,	$H_1 : \bar{v}_i > \bar{v}_{i+1}$	$H_1 : \bar{v}_i \neq \bar{v}_{i+1}$	$H_1 : \bar{v}_i < \bar{v}_{i+1}$
$H_0 : \bar{b}_i = \bar{b}_{i+1}$ ,	$H_1 : \bar{b}_i > \bar{b}_{i+1}$	$H_1 : \bar{b}_i \neq \bar{b}_{i+1}$	–
$H_0 : \bar{a}_i = \bar{a}_{i+1}$ ,	–	$H_1 : \bar{a}_i \neq \bar{a}_{i+1}$	$H_1 : \bar{a}_i > \bar{a}_{i+1}$

Uwzględniając fakt różnorodnych warunków ruchu w strefie dojazdu lub odjazdu z przystanku, założono przede wszystkim zmienność sytuacji ruchowej przy różnej lokalizacji przystanku względem najbliższego skrzyżowania lub przejścia dla pieszych oraz dużą zmienność reżimu ruchu autobusów w rejonie przystanku (tj. występowanie przyspieszeń na dojeździe lub opóźnień na odjeździe). Uwzględniając efektywność prac utrzymaniowych i remontowych, autorzy uznali za jeden z ważniejszych kryteriów test zgodności  $\lambda$ -Kolmogorowa-Smirnowa, którego celem było zweryfikowanie hipotezy zerowej zakładającej, że rozpatrywane prędkości, opóźnienia lub przyspieszenia na kolejnych odcinkach pomiarowych „i” i „i+1” należą do tej samej populacji, czyli nie ma lokalnych wzmoczonych oddziaływań obciążenia autobusu na nawierzchnię. W danym przypadku zgodnie z zaleceniami, przedstawionymi w [10], były weryfikowane hipotezy zerowe  $H_0$ , że odpowiednie dystrybuanty empiryczne rozpatrywanych zmiennych na odcinku „i” nie różnią się statystycznie istotnie od odpowiedniej dystrybuanty empirycznej na odcinku „i+1”.

W celu oszacowania długości wzmoczonego oddziaływania obciążenia autobusów na nawierzchnię autorzy przeanalizowali warunki ruchu podczas „jazdy swobodnej” autobusu (tj. przy możliwości wyboru przez kierowcę swobodnego sposobu jazdy bez gwałtownego przyspieszania lub hamowania i zapewnieniu odpowiednich luk czasowych równych, co najmniej 7 s przed autobusem i 4 s za autobusem [11]), na odcinkach między przystankami w ciągu ulicy. Warunki ruchu podczas jazdy swobodnej porównywano z warunkami ruchu w rejonie przystanków autobusowych. Przy „jeździe swobodnej”, otrzymano średnią prędkość autobusu równą 40÷50 km/h i przyspieszenie na poziomie 0,4 m/s<sup>2</sup> (przy obserwacjach wykonanych bezpośrednio w autobusach i potwierdzeniu, że autobus porusza się wówczas jadąc na IV biegu).

Następnym krokiem analizy wyników przyspieszeń i opóźnień było porównanie sił poziomych przekazywanych przez autobus na nawierzchnię. Siły te są często pomijane w analizach wpływu ruchu na zniszczenia występujące w nawierzchniach drogowych, z powodu „prawdopodobnie małego” ich oddziaływania na stan nawierzchni [12]. Jednak wykonana analiza wyników oceny stanu nawierzchni przystanków autobusowych zlokalizowanych w ciągu ulicy wykazała, że siły te znacznie oddziałują na nawierzchnię w rozpatrywanych warunkach.

Opierając się na analizach stosowanych w [12] porównano wartości sił poziomych przy jeździe swobodnej z odpowiadającymi im wartościami sił poziomych podczas hamowania przed postojem i przyspieszania w strefie odjazdu. Porównanie to pozwoliło potwierdzić,

że niesłuszne jest pomijanie przy wymiarowaniu nawierzchni w poszczególnych strefach wzmożonego oddziaływania obciążenia autobusu.

Do zobrazowania krotności wzmożonego oddziaływania sił poziomych przekazywanych na nawierzchnię podczas hamowania  $F_{yh}$  i przyspieszania  $F_{yp}$ , w stosunku do sił poziomych podczas „jazdy swobodnej” autobusu  $F_{ys}$  między przystankami, wyliczono przy każdym autobusie przyspieszenie i opóźnienie na kolejnych odcinkach pomiarowych  $d_i$  wzdłuż toru jazdy autobusu oraz określano zaproponowany przez autorów współczynnik wzrostu oddziaływania sił poziomych  $D$  liczony wg następującego wzoru:

$$D = \frac{F_{(yp, yh)}}{F_{ys}} = \frac{\frac{G_c}{g} |a \text{ lub } b|}{\frac{G_c}{g} |a = 0,4 \text{ lub } b = -0,4|} = \frac{|a \text{ lub } b|}{0,4} \quad (4)$$

gdzie:

- $F_{(yp, yh)}$  – pozioma siła przekazywana na nawierzchnię drogową przy przyspieszaniu  $F_{yp}$  lub hamowaniu  $F_{yh}$  autobusu na kolejnych odcinkach pomiarowych  $d_i$ , [kN],
- $F_{(ys)}$  – pozioma siła przekazywana na nawierzchnię drogową podczas „jazdy swobodnej” autobusu  $F_{ys}$ , [kN];
- $|a \text{ lub } b| = 0,4 \text{ m/s}^2$  – przyspieszenie  $a$  lub opóźnienie  $b$  podczas „jazdy swobodnej” autobusu na IV biegu, z prędkością równą  $40 \div 50 \text{ km/h}$ ;
- $|a \text{ lub } b|$  – przyspieszenie  $a$  lub opóźnienie  $b$  na poszczególnych odcinkach pomiarowych  $d_i$ ,

Do analizy wartości współczynnika  $D$  przyjęto następujące kryteria:

- miejsca porównywalnego oddziaływania obciążenia autobusu na nawierzchnię z oddziaływaniem obciążenia w ruchu swobodnym  $0,0 < D < 2,0$ ,
- miejsca zwiększonego oddziaływania obciążenia autobusu na nawierzchnię drogową  $2,0 \leq D \leq 3,0$ ; wartości te wybrano uwzględniając, że w trakcie badań w ruchu swobodnym odnotowano kilka przypadków opóźnienia i przyspieszenia równego  $0,8 \text{ m/s}^2$ , wobec czego przyjęto, że wzmożone oddziaływanie autobusu na nawierzchnię będzie liczone od tej właśnie wielkości;
- miejsca wzmożonego oddziaływania obciążenia autobusu na nawierzchnię drogową  $D > 3,0$ , ponieważ w wielu przypadkach wartości obliczonych współczynników były znacznie większe niż 3, to w celu dokładniejszej lokalizacji tych miejsc wzdłuż toru jazdy autobusu postanowiono, przyjmując, że będą one klasyfikowane, jako odcinki wzmożonego oddziaływania obciążenia na nawierzchnię.

W trakcie prowadzenia badań autorzy postanowili także uwzględnić wydłużony czas oddziaływania obciążenia autobusu na nawierzchnię  $t_i$  w stosunku do czasu oddziaływania obciążenia podczas „jazdy swobodnej” autobusu przyjętego w WT [1] za równy  $t_{sw} = 0,02 \text{ s}$ . Do analizy zaproponowano wobec tego współczynnik wydłużenia czasu oddziaływania obciążenia autobusu na nawierzchnię  $T$  liczony wg wzoru:

$$T_i = \frac{t_i}{t_{sw}} \quad (5)$$

gdzie:

- $t_i$  – czas oddziaływania obciążenia autobusu na nawierzchnię na  $i$ -tym odcinku pomiarowym

$$t_i = t_z/w, [s] \quad (6)$$

$t_z$  – czas przejazdu autobusu przez  $i$ -ty odcinek pomiarowy, [s];  
 $w$  – liczba śladów odcisków kół autobusu na długości  $i$ -tego badanego odcinka:

$$w = d_i/c [-]; \quad (7)$$

$d_i$  – długość  $i$ -tego odcinka pomiarowego przyjętego wzdłuż toru jazdy autobusu, [m];  
 $c$  – długość styku opony autobusu z nawierzchnią, na podstawie własnych badań (rys. 4) i zaleceń sformułowanych w [15] przyjęto  $c = 0,20$  m;

$t_{sw}$  – czas oddziaływania obciążenia – 0,02 s według (WT [1] zał. 5 pkt. 4).

W projektowaniu konstrukcji nawierzchni metodą mechanistyczną według zaleceń sformułowanych w [13] powinno się stosować nacisk osi obliczeniowej 100 kN o ciśnieniu  $q = 0,65$  MPa. Obliczając stąd długość śladu opony otrzymuje się wartość 0,313 m. Według pozycji [14] z badań wykonanych w Politechnice Lubelskiej wynika, że średnica śladu styku opony z nawierzchnią jest mniejsza i wynosi 0,26 m. Autorzy przyjęli jednak długość styku opony autobusu z nawierzchnią równą 0,2 m, gdyż wynikało to z własnych badań przeprowadzonych na odciskach kół stojących na przystanku autobusów (rys. 3). Autobus w trakcie jazdy ma nieznacznie mniejszą długość styku opony z nawierzchnią niż wykazana na fotografii rys. 4 długość odcisku koła stojącego autobusu.



Rys. 3. Pomiar śladu odcisku koła autobusu podczas postoju

Przy analizie wartości współczynnika  $T$  przyjęto podobne kryteria jak przy współczynniku  $D$ , tj.:

- miejsca porównywalnego czasu oddziaływania obciążenia autobusu na nawierzchnię z czasem oddziaływania obciążenia w ruchu swobodnym  $0,0 < T < 2,0$ ,
- miejsca wydłużonego czasu oddziaływania obciążenia autobusu na nawierzchnię  $2,0 \leq T \leq 3,0$ ,
- miejsca wzmożonego oddziaływania obciążenia autobusu na nawierzchnię  $T > 3,0$ .

Przy analizie statystycznej danych z pomiarów terenowych przyjęto, jak już wcześniej wspomniano, stosowanie testów zgodności Kołmogorowa w celu potwierdzenia hipotezy o tym, że populacja danych ma rozkład normalny oraz testów jednorodności w celu sprawdzenia przynależności elementów skrajnych z wyników pomiaru do danej populacji.

Test jednorodności okazał się w analizach oszacowania wartości czasu oddziaływania obciążenia autobusu na nawierzchnię niezmiernie ważny i istotny z uwagi na możliwy fakt zatrzymania się jakiegoś dowolnego autobusu bardzo blisko punktu pomiaru np. 0,5 m lub mniej. Wówczas błąd pomiarowy mógł być oczywiście większy niż błąd przeciętny [9] i np. z pomierzonych czasów 80-ciu autobusów na każdym przystanku przy zdecydowanej większości

(tj.  $n = 78$ ) wyników czasu oddziaływania obciążenia autobusu na nawierzchnię wahających się w granicach  $t(1-78) = 0,02-0,09$  s, otrzymano dwa czasy np. równe  $t(79\text{-ty}) = 0,11$  s i  $t(80\text{-ty}) = 0,26$  s. W odniesieniu do wskazanych przykładowych danych w przeprowadzonym teście jednorodności otrzymano, że wynik osiemdziesiątego autobusu ( $t(80\text{-tego}) = 0,26$  s) jest obciążony grubym błędem i w dalszej analizie należy go pominąć.

### 3. Ogólna charakterystyka odcinków badawczych

Badania warunków ruchu wykonano w sumie na kilkunastu przystankach autobusowych. Na każdym przystanku autobusowym wykonano szczegółowe pomiary warunków ruchu. Każdy przystanek był podzielony na kilkanaście odcinków pomiarowych w celu określenia lokalizacji największych wartości sił poziomych, wyznaczenia różnorodności występowania opóźnień i przyspieszeń, a także wydłużonego czasu oddziaływania obciążeń na nawierzchnię w stosunku do odcinków normalnego ruchu autobusu. Następnie na wszystkich przystankach porównywano odcinki wzmożonego oddziaływania obciążeń z lokalizacją uszkodzeń nawierzchni w celu oszacowania długości wzmocnienia konstrukcji nawierzchni. Otrzymane długości wzmocnionej nawierzchni były następnie zweryfikowane z wynikami oceny stanu nawierzchni na innych przystankach, na których nie przeprowadzono badań związanych z warunkami ruchu.

W pierwszej kolejności do badań warunków ruchu i oceny stanu nawierzchni wybrano przystanki znajdujące się pomiędzy skrzyżowaniami (tj. ponad 200 m od najbliższego skrzyżowania), charakteryzujące się podobnym natężeniem autobusów i ruchu, obie jezdnie były dwupasowe dwukierunkowe, jednak ich szerokość była różna. Z tej grupy przystanków do szczegółowych badań wybrano dwa pojedyncze przystanki.

Kolejne podlegające szczegółowym badaniom warunków ruchu pojedyncze przystanki autobusowe wybrano w zależności od ich lokalizacji względem najbliższego skrzyżowania z sygnalizacją świetlną (odległe o 160, 60 i 44 m od osi skrzyżowania). W danym przypadku oszacowanie długości wzmożonego oddziaływania obciążenia autobusu na nawierzchnię przeprowadzono oddzielnie dla każdego przypadku, uwzględniając inną jego lokalizację względem skrzyżowania.

W przypadku przystanków zlokalizowanych w pobliżu skrzyżowania bez sygnalizacji świetlnej można się było spodziewać bardziej płynnego ruchu autobusu na dojeździe do przystanku, gdyż nie było czynnika wywołującego dodatkowego wahania ruchu autobusu spowodowanego cyklami świetlnymi. Pomimo założenia jednorodności badanych przystanków, wybrane do szczegółowych badań warunków ruchu przypadki różniły się nieznacznie odległością od skrzyżowania. Do badań warunków ruchu i oceny stanu nawierzchni wybrano 4 przystanki położone bezpośrednio przed skrzyżowaniem w różnej odległości: 95, 63, 42 i 30 m od osi skrzyżowania. Za odległość pojedynczego przystanku autobusowego od osi skrzyżowania przyjęto odległość słupka autobusowego, nazywając go punktem zerowym. Jest to orientacyjny punkt na długości peronowej w pobliżu, którego najczęściej zatrzymuje się czoło autobusu.

### 4. Podsumowanie

1. Z przeprowadzonej analizy wynika, że długość wzmożonego oddziaływania na badanych przystankach wynosi ok. 50 m, tj. od -20 m przed punktem zerowym do 30 m za punktem zerowym. Na wyznaczonej długości odcinka potwierdzono także wzmożone uszkodzenia nawierzchni na badanych przystankach i na kilku innych, na których przeprowadzono tylko szczegółową ocenę stanu nawierzchni.

2. Analiza warunków ruchu na przystankach zlokalizowanych w pobliżu skrzyżowań z sygnalizacją świetlną, wykazała, że długość wzmoczonego odcinka zależy od lokalizacji przystanku względem skrzyżowania. Przy lokalizacji przystanku względem skrzyżowania w granicach 200-150 m przed osią skrzyżowania z sygnalizacją świetlną, długość wzmoczonego oddziaływania wynosi 40 m i jest niesymetryczna względem przyjętego punktu zerowego. Zgodnie z aktualnymi wytycznymi [2], długość krawędzi peronowej pojedynczych przystanków wynosi 20 m. Na co najmniej tej długości zgodnie z wytycznymi [1, 2] konstrukcja nawierzchnia powinna być zwymiarowana na kategorię ruchu o jeden wyższą niż na jezdni, przy której znajduje się przystanek, z wyjątkiem KR6 lub KR7 wg [4]. Z przeprowadzonych przez autorów badań wynika jednak, że długość wzmocnionej konstrukcji nawierzchni powinna wynosić w tym przypadku, co najmniej 40 m i nie jest to długość równoznaczna z krawędzią peronową, tylko z odcinkiem wzmoczonego oddziaływania obciążenia autobusu na nawierzchnię. W przypadku bliższej lokalizacji przystanku tj. 100-60 m przed osią skrzyżowania długość wzmoczonego oddziaływania na nawierzchnię pojedynczego przystanku wynosi 70 m, też z niesymetrycznym podziałem, tj. 20 m przed i 50 m za punktem zerowym. Wydłużenie tego odcinka wynika z innych warunków ruchu i konieczności zmiany pasa ruchu jeszcze przed skrzyżowaniem. W przypadku lokalizacji przystanku za osią skrzyżowania 40-160 m długość wzmoczonego oddziaływania na nawierzchnię pojedynczego przystanku wynosi 40 m, tj. 10 m przed i 30 m za punktem zerowym.
3. W przypadku pojedynczego przystanku znajdującego się przed skrzyżowaniem bez sygnalizacji świetlnej długość wzmoczonego oddziaływania autobusu wynosi 85 m, tj. od 50 m przed do 35 m za punktem zerowym.

### Literatura

1. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 02.03.1999 r. w sprawie „warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie”, Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej nr 43/1999 Warszawa.
2. Wytyczne projektowania skrzyżowań drogowych, GDDP, Warszawa 2001.
3. Katalog typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych, GDDP, W-wa 1997.
4. Projekt nowego Katalogu typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych, w opracowaniu 2112 r.
5. Wytyczne projektowania ulic – WPU. GDDP, Warszawa 1992.
6. Katalog typowych konstrukcji podatnych i półsztywnych nawierzchni ulic, Biuro Projektów Budownictwa Komunikacyjnego „Stolica”: W-wa 1990.
7. Ivobotenko B.A., Il'inskij N.F., Kopylov J.P.: Planirovanie èksperimenta, Ènergiâ, Moskva 1975.
8. Sobczyńska D.: Sztuka badań eksperymentalnych, praca habilitacyjna, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań 1993, Zeszyty Naukowe serii Filozofia i logika nr 71.
9. Taylor J.R.: Wstęp do analizy błędu pomiarowego, PWN, Warszawa 1999.
10. Greń J.: Statystyka matematyczna, modele i zadania. PWN, Warszawa 1982.
11. Lamm R., Choueri E.M., Psarianos B.P.: A practical safety approach to highway geometric design, International case studies, Int. Symposium on Highway Geometric Design Practices, Boston, September 1995.
12. Wiłun Z.: Zarys geotechniki, WKŁ, Warszawa 1987.
13. Katalog wzmocnień remontów nawierzchni podatnych i półsztywnych, GDDP, W-wa 2001.
14. Bajak M., Firlej S.: Wpływ rzeczywistego obciążenia na trwałość nawierzchni, Magazyn Autostrady 2010/7, 56-59.
15. OST D – 10.06.01 Parkingi i zatoki, Warszawa 1994.