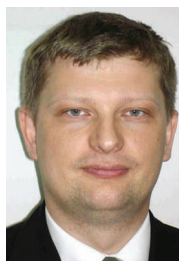


Efektywność poziomych środków uspokojenia ruchu zastosowanych w strefie 30

Effectiveness of horizontal traffic calming measurement used in zone 30



Stanisław Majer

Dr inż.

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

stanislaw.majer@zut.edu.pl
ORCID 0000-0003-2476-1982



Alicja Sołowczuk

Dr hab. inż., prof. ZUT

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

alicja.solowczuk@zut.edu.pl
ORCID 0000-0002-7922-7421

Streszczenie: Coraz częściej w Polsce stosuje się przy uspokajaniu ruchu, jako poziome środki uspokojenia ruchu SUR małe wyspy boczne typu pinch point. Są to najtańsze sposoby uzyskania zwężenia jezdni i „esowania ulicy”, co może przyczynić się do zmniejszenia prędkości. Biorąc pod uwagę powszechność ich stosowania szczególnie w strefie 30, autorzy wykonali badania prędkości w trzech różnych strefach 30 i postawili dwie hipotezy badawcze. Pierwsza hipoteza badawcza dotyczyła potwierdzenia rzeczywistej skuteczności redukcji prędkości przy stosowaniu szykan w strefie 30 w rodzimych warunkach. A druga hipoteza badawcza odnosiła się do potwierdzenia skuteczności ich lokalizacji w odniesieniu do układu komunikacyjnego strefy 30. Badania przeprowadzono w dwóch warunkach parkowania: przy zaparkowanych samochodach osobowych w pobliżu SUR i ograniczonej liczbie zaparkowanych samochodów. Na podstawie rezultatów badań i analizy statystycznej potwierdzono efektywność stosowania małych wysp bocznych typu pinch point w strefie 30 i ich wpływ na uzyskanie dopuszczalnej prędkości 30 km/h.

Słowa kluczowe: Strefa 30; Wykrzywienie toru jazdy; Szykana; Zwężenie jezdni; Środki uspokojenia ruchu; Redukcja prędkości

Abstract: Small side islands of the pinch point type (chicanes) are increasingly used as horizontal traffic calming measures TCM in Poland. These are the cheapest ways to narrow the road (choker) and horizontal deflection along the street, which may contribute to reducing speeds. Taking into account the widespread use of them, especially in zone 30, the authors performed speed tests in three different zones 30 and put forward two research hypotheses. The first research hypothesis concerned confirmation of the actual effectiveness of speed reduction when using chicanes in zone 30 in native conditions. The second research hypothesis related to confirming the effectiveness of their location in relation to the traffic system of zone 30. The research was carried out in two parking conditions: with passenger cars parked near the TCM and with a limited number of parked cars. Based on the test results and statistical analysis, the effectiveness of using small pinch point side islands in zone 30 and their impact on achieving the permissible speed of 30 km/h was confirmed.

Keywords: Zone 30; Horizontal deflection; Chicane; Choker; Traffic calming measures; Reduce speed

Wprowadzenie

Pierwszymi wytycznymi, w których poruszono problem uspokojenia ruchu i wprowadzenia stref 30 były wytyczne holenderskie [17]. Następnie wytyczne te przetłumaczono na język angielski [7] i na torze doświadczalnym TRL w Wielkiej Brytanii przeprowadzono eksperymentalne badania dotyczące głównie poziomych środków uspokojenia ruchu SUR, tzw. szykan [8]. Przykłady jednych z pierwszych szykan wybudowanych pod koniec XX w. przedstawiono na rys. 1, 2 i 3. Na szykanach przedstawionych

na rys. 1, 2 i 3 jest zastosowane różne zagospodarowanie ich powierzchni. Zgodnie z badaniami eksperymentalnymi wykonanymi na torze TRL [8], na powierzchni szykan powinno się stosować nasadzenia zieleni, kwietniki, a także słupki krawędziowe lub ostrzegawcze znaki pionowe wysokości min 0,6 m. Zgodnie z wnioskami zawartymi w [8], szykany wraz z przeszkodami wysokości ok. 0,60 m mogą przyczynić się do redukcji prędkości o ok. 1,6 – 4 km/h (w zależności od podstawowych parametrów szykany). A zastosowane zwiększenie wysokościowe przeszkody na powierzchni szykan do 1 m

może spowodować redukcję prędkości o dodatkowe 1,6 km/h.

Rodzaje poziomych środków uspokojenia ruchu SUR

Po wstępnych badaniach doświadczalnych przeprowadzonych na torze TRL inni badacze również analizowali parametry różnych poziomych środków uspokojenia ruchu i ich skuteczność [18] lub porównywali skuteczność poziomych i pionowych SUR, głównie ze względu na redukcje prędkości [20]. Zgodnie z wytycznymi projektowymi [12, 13, 14] poziome środki



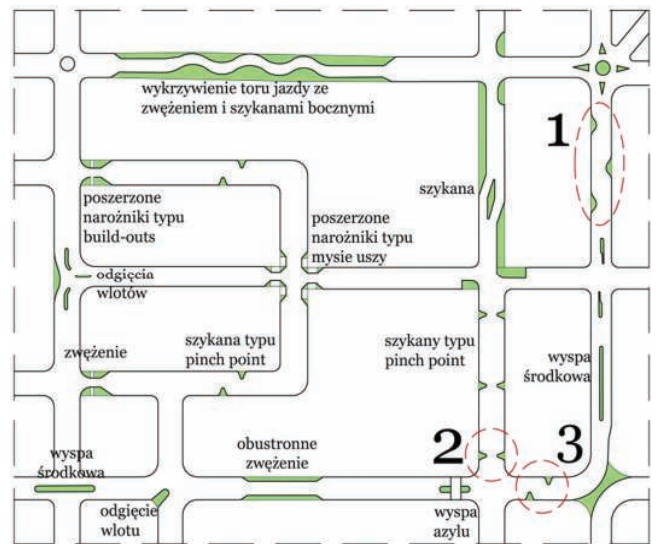
1. Przykład shykany składającej się z dwóch przesuniętych wysp bocznych w formie niewielkich zieleńców, zlokalizowanej na przedmieściach Hamburga w Niemczech (Fot. Alicja Sołowczuk)



2. Przykład shykany składającej się z dwóch przesuniętych wysp trójkątnych (typu pinch point), zlokalizowanej na przedmieściach Dorchester w Wielkiej Brytanii (Źródło: Google Earth – Street View)



3. Przykład zwężenia jezdni do jednego pasa ruchu za pomocą dwóch naprzemianległych wydłużonych wysp bocznych (typu build-outs), zastosowanego na przedmieściach Szczecina (Fot. Alicja Sołowczuk)



4. Przykładowe rodzaje różnych poziomych środków uspokojenia ruchu (Źródło: opracowanie własne)

uspokojenia ruchu dotyczą zwężenia szerokości jezdni, wykrzywienia toru jazdy na odcinkach ulic pomiędzy skrzyżowaniami oraz różnego rozwiązania geometrii skrzyżowań i ich wlotów. Przykładowe poziome środki uspokojenia ruchu przedstawiono na rys. 4. W niniejszym artykule poruszone zostaną zagadnienia dotyczące shykan składających się z małych wysp bocznych, dzięki którym otrzymano wykrzywienie toru jazdy i zwężenie szerokości jezdni lub tylko zwężenie szerokości jezdni do jednego pasa ruchu, co zaznaczono na rys. 4 linią przerywaną czerwoną. Małe shykany składające się z dwóch przesuniętych wzdłuż jezdni wysp bocznych (ang. pinch point), mogą stanowić betonowe kwietniki, elementy prefabry-

owane lub mogą to być niewielkie zieleńce wybudowane na jezdni. Numery zastosowane na rys. 4 oznaczają shykany analizowane w niniejszym artykule: 1 – kilka shykan typu pinch point zastosowanych pomiędzy skrzyżowaniami, 2 – pojedyncza shykana z przesuniętymi wyspami bocznymi typu pinch point, 3 – zwężenie jezdni za pomocą dwóch naprzemianległych wysp bocznych typu pinch point.

Przegląd literatury

Jak już wspomniano pierwsze wytyczne projektowania strefy 30 opracowano w Holandii [17]. Jednak to wytyczne opracowane w Wielkiej Brytanii stanowiły podstawy zasad publikowanych później w innych krajach [12, 13, 14].

M.in. w tych wytycznych założono kategoryzację prędkości oczekiwanej na ulicach, na których planuje się wprowadzić uspokojenie ruchu: A – 10 mph (16 km/h), B – 15 mph (24 km/h) i C – 20 mph (32 km/h). Przy czym zalecono stosowanie uspokojenia ruchu na ulicach z natężeniem godzinowym do 300 P/h. Następnie w odniesieniu do ww. kategorii przydzielono odpowiednio środki uspokojenia ruchu, które mogły pomóc w jej zapewnieniu. Do kategorii A zaliczono m.in. shykany składające się z dwóch przesuniętych wzdłuż jezdni wysp bocznych, analogiczne shykany z zastosowanymi zabrukami od strony jezdni i shykany powodujące nie tylko wykrzywienie toru jazdy, ale również przesunięcie osi jezdni za shykaną. Jednak ich sku-

teczność w kategorii redukcji prędkości zależała przede wszystkim od odległości rozmieszczenia zastosowanych wysp bocznych, ich wielkości i zastosowanego oznakowania. Natomiast zwężenia jezdni uzyskane dzięki wyspom bocznym dłuższym (typu ang. build-outs lub choker) oraz bramy wjazdowe zaliczono do kategorii prędkości B. A szlaki składające się z dwóch naprzeciwległych małych trójkątnych wysp bocznych, powodujących punktowe zwężenie jezdni, zaliczono do kategorii prędkości C. Każdy środek uspokojenia ruchu opisano w wytycznych [12, 13, 14] szczegółowo i przypisano im charakterystyczne parametry wraz z przypisanymi do nich zalecanymi odległościami ich rozmieszczenia w celu zapewnienia oczekiwanej kategorii prędkości.

W kolejnych latach na podstawie wytycznych angielskich [12, 13, 14] w innych krajach opracowywano także wytyczne projektowania uspokojenia ruchu, stosując w każdym przypadku możliwe krajowe dodatkowe zasady projektowe. M.in. w [19] wprowadzono obowiązek konsultacji społecznych na każdym etapie projektu planowanego uspokojenia ruchu. Ponadto zalecono uspokojenie ruchu planować na ulicach dwukierunkowych, z bliską zabudową mieszkalną na długości powyżej 50% danego odcinka ulicy, na których natężenie ruchu wynosi ponad 250 P/h i v_{85} przekraczała o 20% prędkość obowiązującą w danym obszarze. Wprowadzono szczegółowe zasady odnośnie oznakowania pionowego i poziomego, a także wytyczne odnośnie widoczności i planowania pasa postojowego. W wytycznych [9] wprowadzono cztery etapy projektowania uspokojenia ruchu: (1) wstępne ustalenie, co wymaga poprawy, (2) ustalenie lokalizacji SUR (tj. oddziaływanie punktowe wybrane skrzyżowanie lub jedna jezdnia, czy kilka skrzyżowań i ulic w analizowanej dzielnicy), (3) analiza możliwych do zastosowania SUR i (4) ostateczny wybór SUR, które poprawią dany stan rzeczy w analizowanym obszarze.

Praktycznie, bazując na wytycznych angielskich [8, 12, 13, 14], we wszyst-

kich wytycznych dotyczących planowania uspokojenia ruchu w terenach zabudowanych zalecano wyróżnienie czterech podstawowych parametrów szklan:

- szerokości wolnego od przeszkód prześwitu (a), (ang. *free view*) – tj. widocznej dla kierowcy szerokości jezdni pomiędzy krawężnikami wysp bocznych, (widzianej przy dojeździe do SUR) i swobodnego widoku dla kierowcy dalszej perspektywy drogi za SUR,
- szerokości pasa ruchu (b) – szerokości pomiędzy wyspą boczną i naprzeciwległym krawężnikiem na dojeździe do SUR,
- długości przesunięcia obu wysp bocznych (L) – tj. odległości mierzonej wzdłuż jezdni pomiędzy skrajnymi narożnikami przesuniętych wysp bocznych,
- kąta przesunięcia toru jazdy (α) – tj. kąta, o który przesunięta jest oś analizowanego pasa ruchu.

W wytycznych angielskich z 2020 r. [14] opracowano szczegółowe zasady dotyczące stosowanego oznakowania pionowego i poziomego na poziomych środkach uspokojenia ruchu. A w wytycznych australijskich opracowanych w 2020 [2] dodatkowo wprowadzono zasady stosowania najnowocześniejszego systemu oznakowania z zastosowaniem LED. W Polsce badania redukcji prędkości w odniesieniu do poziomych środków uspokojenia ruchu zastosowanych w pobliżu przejść dla pieszych prowadzili badacze z Politechniki Wrocławskiej [6] i odnośnie zachowania kierowców w pobliżu zastosowanych środków uspokojenia ruchu z Politechniki Białostockiej [26]. Inni badacze zalecali konkretne rozwiązania dotyczące zagospodarowania zastosowanych wysp bocznych i badali ich związek z kształtowaniem przestrzeni publicznej ulicy, na której planowane było uspokojenie ruchu [1, 5]. Zagospodarowanie przestrzeni publicznej powinno zależeć głównie od funkcji danej ulicy i jej znaczenia w danym układzie komunikacyjnym. Inne zagospodarowanie przestrzeni powinno być planowane w stosunku

do ulicy zlokalizowanej w śródmieściu, a zupełnie inne w odniesieniu do ulicy zlokalizowanej na przedmieściach w dzielnicy domów jednorodzinnych [3]. Obecnie w 2023 w Polsce opracowano wytyczne projektowe dotyczące również projektowania uspokojenia ruchu [23, 24].

Podsumowując powyższy przegląd literatury, można stwierdzić, że w większości przytoczonych badań oceniano skuteczność wybranych poziomych środków uspokojenia ruchu, analizowano różne współczynniki redukcji prędkości, odnoszono się tylko do redukcji prędkości w stosunku do prędkości na wjeździe na dany odcinek ulicy lub ograniczano się *stricto* do redukcji na konkretnej szklanie o ściśle wyznaczonych charakterystycznych parametrach. Większość publikacji, nierozważanych w niniejszym artykule, dotyczyła jednak głównie analiz bezpieczeństwa ruchu (analiz ryzyka, parametrów zdarzeń drogowych, udziału pieszych itd. lub zachowań kierowców w ogóle) z ograniczonymi analizami różnie ocenianej redukcji prędkości czy szczegółowych analiz zastosowanych parametrów geometrycznych. Powyższy przegląd literatury wykazał, że brakuje w krajowych publikacjach oceny efektywności zastosowanych w kraju różnych szklan stanowiących poziome środki uspokojenia ruchu SUR w strefie 30. Szczególnie brakuje wytycznych i wyników krajowych badań naukowych odnośnie parametrów ich stosowania i otrzymanej efektywności. Biorąc powyższe pod uwagę autorzy postawili za cel badań, opisywanych w niniejszym artykule, dwie hipotezy badawcze:

- **Hipoteza badawcza 1:** „Czy zastosowane poziome środki uspokojenia ruchu tj. wyspy boczne są efektywne i przyczyniają się skutecznie do otrzymania prędkości 30 km/h?”,
- **Hipoteza badawcza 2:** „W jakiej sytuacji drogowej i lokalizacji w strefie 30 powinno się stosować poziome środki uspokojenia ruchu, tj. małe wyspy boczne?”.



5. Zaparkowane w pobliżu szykany samochody osobowe (Fot. Stanisław Majer)



6. Seria szykan bocznych trójkątnych utworzonych z kwietników betonowych i ograniczone parkowanie w ich pobliżu (Fot. Alicja Sołowczuk)

Obszar badań

Do badań wybrano dwa przypadki najczęściej stosowanych w kraju poziomych środków uspokojenia ruchu w strefie 30:

- pierwszy – krótkie ulice boczne z zastosowanymi kilkukrotnie szykanami, tj. przesuniętymi małymi wyspami bocznymi,
- drugi – zastosowanie wysp bocznych trójkątnych w pobliżu krzywizn poziomych na wjeździe/wyjazdzie ze strefy 30.

Wybrane do badań ulice były dwukierunkowe i znajdowały się na przedmieściach Szczecina, (w dzielnicy Gumieńce i Podjuchy) i Wrocławia (w dzielnicy Muchobór Wielki). Badania prędkości prowadzono przy różnych warunkach parkowania, tj.: przy zaparkowanych w pobliżu szykany samochodach osobowych (rys. 5) i przy braku lub pojedynczych zaparkowanych samochodach (rys. 6).

Na wybranej do badań ulicy Jagodowej (o długości ok. 265 m), jako szykany wzięto pod uwagę kwietniki betonowe ustawione na połowie jezdni i oznakowane znakiem U-6d i C-9 (rys. 6) oraz szykany wykonane z elementów prefabrykowanych i oznakowane słupkiem przeszkodowym typu U-5b i znakiem C-9 (rys. 6). Od strony najazdu przed szykaną dodatkowo było zastosowane oznakowanie poziome linią P-21 i P-7b w skosie 1:2. Po kilkunastoletniej eksploatacji betono-

we kwietniki uległy niewielkiej dewastacji i władze miasta podjęły decyzję o zamianie betonowych kwietników na typowe elementy prefabrykowane. W trakcie montowania nowych szykan utrzymano pierwotne odległości pomiędzy nimi, w przypadku środkowej i pojedynczej szykany (rys. 7). A szykanę znajdującą się na wlocie na skrzyżowanie z ulicą zbiorczą, przesunięto bliżej skrzyżowania o 10 m. Szerokość zwężonej jezdni jest równa $b = 3,25$ m, szerokość prześwitu wynosi $a = 0,40$ m, rozstaw wysp bocznych jest równy $L = 15$ i 17 m. Rozstaw pomiędzy szykanami mierzony wzdłuż jezdni jest równy 71 i 93 m.

Następnie wybrano dwa zastosowania poziomych środków uspokojenia ruchu w okolicy krzywizn poziomych tj.:

- zwężenia jezdni do jednego pasa i wykrzywienia toru jazdy uzyskane go za pomocą dwóch przesuniętych wysp bocznych wykonanych z elementów prefabrykowanych i oznakowanych tablicą kierującą U-6 i znakiem C-9,
- tylko zwężenia jezdni do jednego pasa za pomocą dwóch naprzeciwległych wysp bocznych trójkątnych wykonanych, w wysokich krawężnikach i bez oznakowania.

W pierwszym przypadku były to dwie wyspy rozsunięte na odległość równą 13,4 m, znajdujące się w pobliżu łuku poziomego o promieniu równym 25 m. Szerokość jezdni była równa 6 m, a

szerokość zwężonej jezdni na wysokości wysp bocznych była równa 3,4 m. Szerokość prześwitu była równa $a = 0,70$ m. A w drugim przypadku były to dwie wyspy naprzeciwległe zastosowane na odcinku prostym w planie pomiędzy dwoma odwrotnymi łukami poziomymi o promieniu równym 125 m. Szerokość jezdni była równa również 6 m, a szerokość punktowego zwężenia była równa 3,0 m. W pierwszym przypadku wyspy powodowały wykrzywienie toru jazdy i zwężenie jezdni z dwóch pasów ruchu do jednego. A w drugim przypadku wyspy stanowiły tylko punktowe zwężenie jezdni do jednego pasa ruchu. W obu przypadkach była zapewniona bardzo dobra widoczność w zgodnym i przeciwnym kierunku ruchu, przy braku zaparkowanych samochodów w ich pobliżu.

Charakterystykę wizualną analizowanych poziomych SUR i podstawowe dane dotyczące geometrii w przyjętych do badań obszarach badawczych przedstawiono na rys. 7, 8 i 9.

Podstawowe parametry zastosowanych środków uspokojenia ruchu przedstawiono na rys. 7 w przypadku analizowanej krótkiej ulicy Jagodowej. Na rys. 7 przedstawiono również podstawowe wymiary rozstawu przesuniętych wysp bocznych i podano kolejność szykan przyjętych do analizy. Dodatkowo podano długości dojazdu do skrajnej wyspy bocznej w obu kierunkach ruchu. W danym przypadku

skrajne wyspy znajdowały się w bliskiej odległości od wjazdu/wyjazdu z ulicy (12 m lub 55 m) i wobec tego nie wykonywano dodatkowych pomiarów na wjeździe lub wyjeździe ze strefy 30. Ze względu na długość ulicy (równą ok. 265 m), na rys. 7 nie podano lokalizacji poszczególnych przekrojów badawczych, by nie zaciemniać rysunku.

Natomiast w odniesieniu do szykan znajdujących się w pobliżu łuków poziomych przekroje badawcze były inaczej rozmieszczone. W przypadku ul. Chojnickiej pomiary wykonywano również na wjeździe/wyjeździe z ulicy, przed i za szykanami oraz na odcinku dojazdowym do szykan (rys. 8). Szykana była oddalona od wjazdu/wyjazdu ze strefy 30 o 35 m. Podobne przekroje badawcze zastosowano w przypadku ul. Zagony (rys. 9), na odcinku pomiędzy dwoma łukami poziomymi. Na ul. Zagony zwężenie jezdni było oddalone od wjazdu/wyjazdu ze strefy 30 o ok. 135 m. Na rys. 8 i 9 białe pionowe linie oznaczają lokalizację przyjętych przekrojów badawczych.

Założenia i zastosowane metody badawcze

W pierwszej kolejności sprawdzono warunki bezpieczeństwa ruchu, korzystając z danych o zdarzeniach drogowych zawartych w SEWIK [10]. Analiza danych z [10] wykazała brak zdarzeń drogowych na analizowanych obszarach badawczych w latach 2000 – 2023, więc dalej tych zagadnień nie rozpatrywano.

Jak już wcześniej wspomniano w badaniach uwzględniono dwa przypadki parkowania samochodów, tj. pomiary ruchu wykonano przy sporadycznie zaparkowanych pojazdach w pobliżu SUR (rys. 6) i dużej liczbie zaparkowanych pojazdów (rys. 5).

Do pomiarów prędkości wykorzystano zsynchronizowane elektroniczne czujniki pomiarowe SR4 [11]. Czujniki pomiarowe umieszczano na istniejących słupkach do znaków drogowych lub na słupach istniejących latarni ulicznych oraz na dodatkowych słupkach drogowych ustawianych

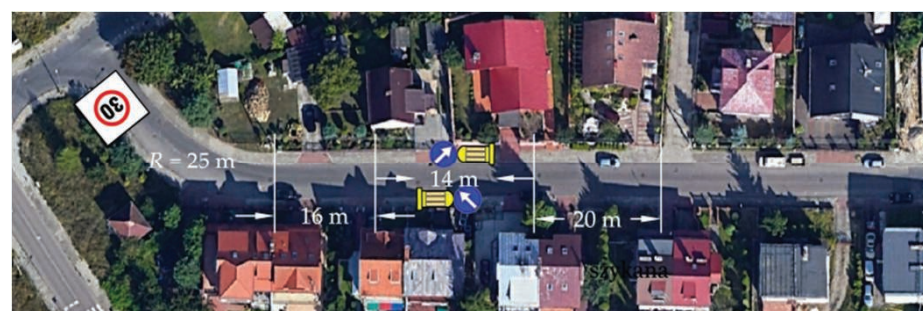
tylko na czas pomiaru. Wszystkie pomiary wykonano przy bezdeszczowej pogodzie w godzinach od 10 do 17, w dni robocze. Pomiary prowadzono dwukrotnie, w zależności od liczby zaparkowanych w pobliżu SUR pojazdów, tylko w odniesieniu do ruchu swobodnego, tj. gdy przed pojazdem w odległości 7 s od niego jezdnia była wolna od przeszkód. Te warunki wyboru ruchu swobodnego pozwalały szczegółowo określić dane zapisywane w czujnikach pomiarowych, podawane z dokładnością do 0,1 s. W trakcie pomiarów odnotowywano równocześnie warunki parkowania pojazdów, by później w analizach można było odpowiednio posegregować dane pomiarowe. Pomiary kończono dopiero wtedy, gdy najmniejsza liczba pomiarów w ruchu swobodnym na ostatnim z wszystkich czujników przekraczała 100 w jednym kierunku ruchu przy ograniczonym parkowaniu i 100

pomiarów w jednym kierunku ruchu przy dużej liczbie zaparkowanych samochodów. Czujniki pomiarowe SR4 podawały wynikowe dane dotyczące: prędkości, czasu pomiaru, kierunku ruchu, odległości w czasie pomiędzy pojazdami, długości w metrach pomiędzy poszczególnymi pomiarami w jednym kierunku, kategorii pojazdów. Biorąc powyższe pod uwagę możliwa była odpowiednia segregacja danych, zgodnie z poczynionym założeniem o ruchu swobodnymi i o oddzielnej analizie danych odnośnie warunków parkowania samochodów w bezpośredniej bliskości zastosowanych SUR.

W opisywanych badaniach nie prowadzono całodobowych badań ruchu i nie określano dobowego natężenia ruchu, gdyż nie zachodziła taka potrzeba. Warunek dobowego natężenia ruchu podany jest w wytycznych duńskich [15], wg których dopuszcza się stosowanie małych wysp bocznych,



7. Rozmieszczenie szykan na ul. Jagodowej (Źródło: opracowanie własne)



8. Rozstaw wysp bocznych i rozmieszczenie przekrojów badawczych na ul. Chojnickiej (Źródło: opracowanie własne)



9. Rozmieszczenie przekrojów badawczych na ul. Zagony (Źródło: opracowanie własne)

jednocześnie zwiężających szerokość jezdni i powodujących esowanie ulicy, przy dobowym natężeniu ruchu do 3 000 P/24h. Natomiast w wytycznych angielskich [12, 14], podane są ograniczenia stosowania tego typu poziomych środków uspokojenia ruchu na ulicach, na których godzinowe natężenie ruchu nie przekracza 300 P/h i ten warunek w analizach przedstawionych w niniejszym artykule był spełniony. W żadnej godzinie pomiarowej natężenie ruchu w obu kierunkach nie przekroczyło 300 P/h.

W odniesieniu do uzyskanych danych autorzy założyli wykonanie analiz statystycznych, w celu sprawdzenia postawionej **hipotezy badawczej 1**, dotyczącej potwierdzenia lub nie efektywności stosowania w strefie 30 wysp bocznych. Zgodnie z wytycznymi zawartymi w [25] efektywność stosowania danego środka uspokojenia ruchu SUR powinno się sprawdzać w pierwszej kolejności za pomocą klasycznego testu dla dwóch średnich w obu porównywanych populacjach danych, (przed i za SUR). Jednak ten test statystyczny warunkowany jest pozytywnym wynikiem testu dwóch wariancji [4], co w przypadku bardzo zróżnicowanych prędkości i zachowań kierowców w strefach uspokojenia ruchu w wielu przypadkach nie daje pozytywnych wyników. Ponadto ww. test dotyczy wartości średniej prędkości i jest on zalecany w przypadku analizy danych o wypadkowości, a nie w analizach redukcji prędkości. W badaniach skuteczności stosowania SUR powinno się sprawdzać statystyczną różnicę miary dotyczącą 85% kwantyla prędkości. Biorąc powyższe pod uwagę autorzy założyli wykonanie testów statystycznych Kołmogorowa-Smirnowa, dotyczących porównywania dystrybuant prędkości dwóch populacji. W danym przypadku założono następujące cztery przypadki (równania 1 – 4), gdzie: i – dane z populacji przy zaparkowanych samochodach, j – dane z populacji przy ograniczonym parkowaniu, v_{przed}^i – prędkości odnotowane przed SUR, przy zaparkowanych samochodach, v_{za}^j – prędkości odnotowane za SUR, przy zaparkowanych

samochodach, v_{przed}^j – prędkości odnotowane przed SUR, przy braku lub pojedynczych zaparkowanych samochodach, v_{za}^i – prędkości odnotowane za SUR, przy braku lub pojedynczych zaparkowanych samochodach, $\lambda_\alpha = 1.36$ – wartość krytyczna przy poziomie istotności $\alpha = 0.05$.

Dodatkowo autorzy w odniesieniu do uzyskanych danych założyli wykonanie analiz statystycznych, w celu sprawdzenia postawionej **hipotezy badawczej 2**, dotyczącej potwierdzenia lub nie stosowania w strefie 30 wysp bocznych w zależności od ich lokalizacji w danej sytuacji drogowej. W tym celu założyli wykonanie testów niezależności (równanie 5), w których analizuje się dane dotyczące liczby pomiarów z przekroczoną dopuszczalną prędkością 30 km/h w zależności od miejsca pomiaru. W teście niezależności dane uzyskane z badań zestawia się w czteropolowej tablicy [4, 25] i sprawdza się liczebność wyników poniżej i powyżej prędkości dopuszczalnej w obu porównywanych populacjach. A stawiana w testach hipoteza zerowa H_0 i alternatywna H_1 dotyczy miejsca wykonywania pomia-

ru (równanie 5). Interpretacja wyniku testu niezależności oznacza, czy analizowane populacje zależą od miejsca pomiaru lub innych porównywanych warunków, czy są niezależne. W danym przypadku oznaczało to jeszcze dodatkowo – porównywanie populacji przy różnych warunkach parkowania w pobliżu SUR. W odniesieniu do testu niezależności również porównywano cztery przypadki zestawień populacji prędkości (tab. 1): przed i za SUR przy zaparkowanych samochodach, przed i za SUR przy ograniczonym parkowaniu oraz przed SUR przy dwóch warunkach parkowania i za SUR przy dwóch warunkach parkowania. (równanie 5), gdzie: x_i – dane w pierwszej populacji danych X , y_j – dane w drugiej populacji danych Y , $\chi^2_\alpha = 3.84$ – wartość krytyczna przy poziomie istotności $\alpha = 0.05$.

Rezultaty badań

W pierwszej kolejności w odniesieniu do wszystkich uzyskanych danych wykonano segregację zgodnie z kierunkiem ruchu, podanym czasem pomiaru, odległością między pojazdami

– analizy skuteczności szykany przy zaparkowanych samochodach:

$$H_0: F(v_{przed}^i) = F(v_{za}^i) \text{ i } H_1: F(v_{przed}^i) \neq F(v_{za}^i), \text{ przy } \lambda_\alpha = 1.36, \alpha = 0.05. \quad (1)$$

– analizy skuteczności szykany przy ograniczonym parkowaniu:

$$H_0: F(v_{przed}^j) = F(v_{za}^j) \text{ i } H_1: F(v_{przed}^j) \neq F(v_{za}^j), \text{ przy } \lambda_\alpha = 1.36, \alpha = 0.05. \quad (2)$$

– porównania populacji prędkości przed szykaną przy zaparkowanych samochodach i przy ograniczonym parkowaniu:

$$H_0: F(v_{przed}^i) = F(v_{przed}^j) \text{ i } H_1: F(v_{przed}^i) \neq F(v_{przed}^j), \text{ przy } \lambda_\alpha = 1.36, \alpha = 0.05. \quad (3)$$

– porównania populacji prędkości za szykaną przy zaparkowanych samochodach i przy ograniczonym parkowaniu:

$$H_0: F(v_{za}^i) = F(v_{za}^j) \text{ i } H_1: F(v_{za}^i) \neq F(v_{za}^j), \text{ przy } \lambda_\alpha = 1.36, \alpha = 0.05. \quad (4)$$

$$H_0: P\{X = x_i, Y = y_j\} = P\{X = x_i\}P\{Y = y_j\} \text{ i } H_1: P\{X = x_i, Y = y_j\} \neq P\{X = x_i\}P\{Y = y_j\}, \text{ przy } \chi^2_\alpha = 3.84, \alpha = 0.05. \quad (5)$$

Tab. 1. Wyjściowy podział danych w tablicy czteropolowej w teście niezależności w przyjętych porównywanych populacjach

Nr	Rodzaj porównywanych populacji X i Y	Liczebność w danej populacji	
		≤ 30 km/h	> 30 km/h
1	Populacja X – przed SUR1	n1 w X	n2 w X
	Populacja Y – za SUR1	n1 w Y	n2 w Y
2	Populacja X – przed SUR2	n1 w X	n2 w X
	Populacja Y – za SUR2	n1 w Y	n2 w Y
3	Populacja X – przed SUR1	n1 w X	n2 w X
	Populacja Y – przed SUR2	n1 w Y	n2 w Y
4	Populacja X – za SUR1	n1 w X	n2 w X
	Populacja Y – za SUR2	n1 w Y	n2 w Y

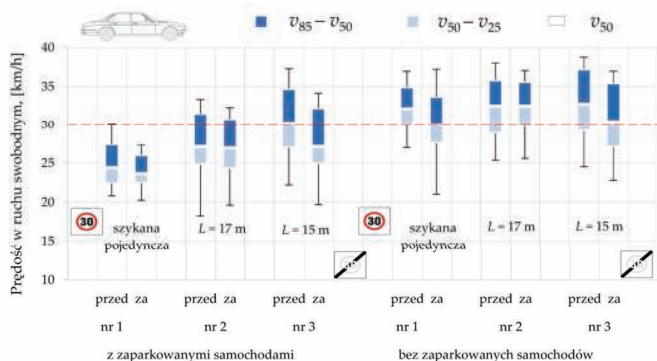
Źródło: opracowanie własne

Oznaczenia: SUR 1 – przypadek przy zaparkowanych samochodach w pobliżu analizowanego SUR, SUR2 – przypadek przy ograniczonym parkowaniu w pobliżu analizowanego SUR.

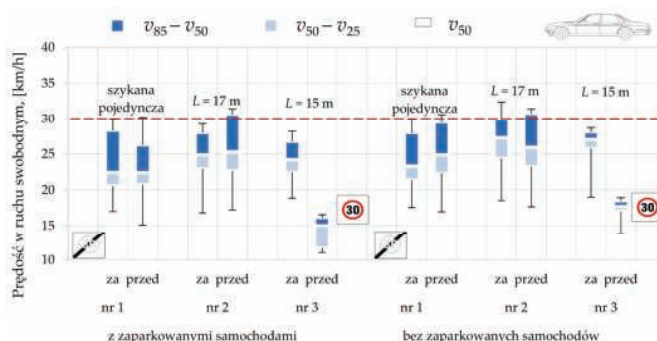
i dodatkowo w zależności od odnotowanych warunków parkowania w czasie wykonywania pomiarów. Mając posegregowane odpowiednio dane

wane prędkości v_{85} i v_{5r} znajdują się w większości przypadków w zakresie do 30 km/h lub tylko v_{85} nieznacznie przekracza ten limit do ok. 3 km/h. Nato-

żrónicowaną widocznością dalszej perspektywy ulicy (rys. 14 i 15), złudzeniem odległego końca ulicy i wyjazdu na ulicę zbiorczą (rys. 14) lub bardzo



10. Wykres ramka-wąsy prędkości w ruchu swobodnym na ul. Jagodowej kierunek ruchu od ulicy zbiorczej do ulicy o znaczeniu lokalnym (Źródło: opracowanie własne)



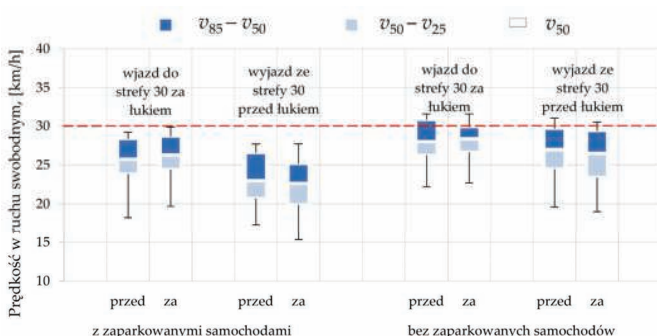
11. Wykres ramka-wąsy prędkości w ruchu swobodnym na ul. Jagodowej kierunek ruchu od ulicy lokalnej do ulicy zbiorczej (Źródło: opracowanie własne)

wykonano w odniesieniu do wszystkich populacji klasyczne testy zgodności i potwierdzono, że wszystkie

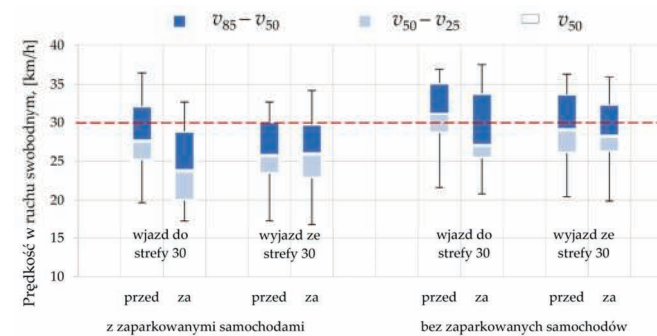
miast przy ograniczonym parkowaniu w pobliżu analizowanych SUR wartości obu prędkości są bardzo zróżnicowane

widocznym złudzeniem bliskiego zakończenia ulicy (rys. 15).

W przypadku analizy wartości prę-



12. Wykres ramka-wąsy prędkości w ruchu swobodnym na ul. Chojnickiej w pobliżu łuku poziomego o promieniu $R = 25$ m (Źródło: opracowanie własne)



13. Wykres ramka-wąsy prędkości w ruchu swobodnym na ul. Zagony pomiędzy dwoma łukami poziomymi o promieniu $R = 125$ m (Źródło: opracowanie własne)

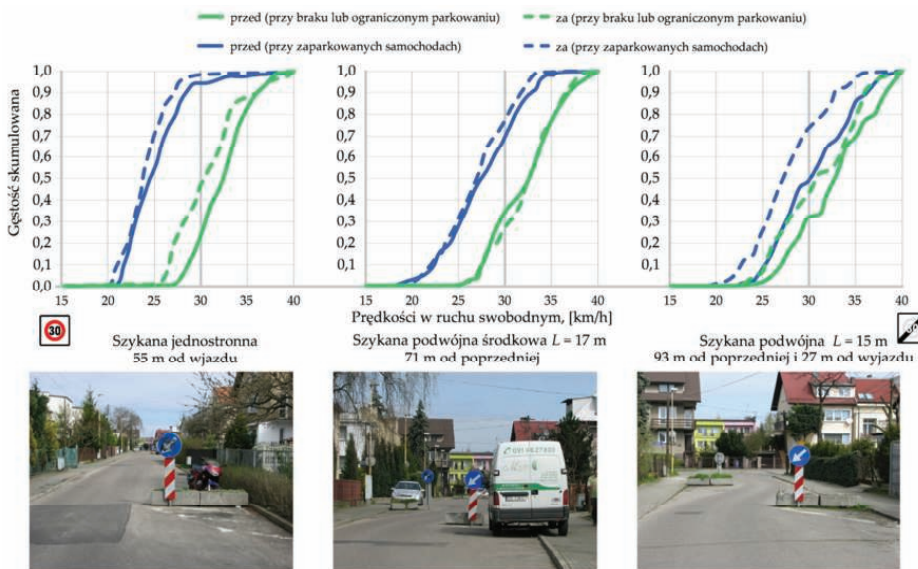
populacje miały rozkład normalny. Następnie wykonano w odniesieniu do wszystkich populacji oszacowania przedziałowe (rys. 10, 11, 12 i 13). W celu lepszego zobrazowania danych na wszystkich wykresach czerwoną przerywaną linią przedstawiono dopuszczalną prędkość w strefie 30 (równą 30 km/h). Na wykresach typu ramka-wąsy (rys. 10, 11, 12 i 13) wąsy reprezentują wartości minimalne i maksymalne, dolna i górna krawędź ramki wyznacza pierwszy i trzeci kwartyl, a pogrubiona biała linia oznacza wartość mediany. Analiza danych przedstawionych na wykresach (rys. 10, 11, 12 i 13) wykazała, że w przypadku pomiarów wykonanych przy zaparkowanych samochodach w najbliższym otoczeniu SUR analizo-

wane w zależności od analizowanego przypadku.

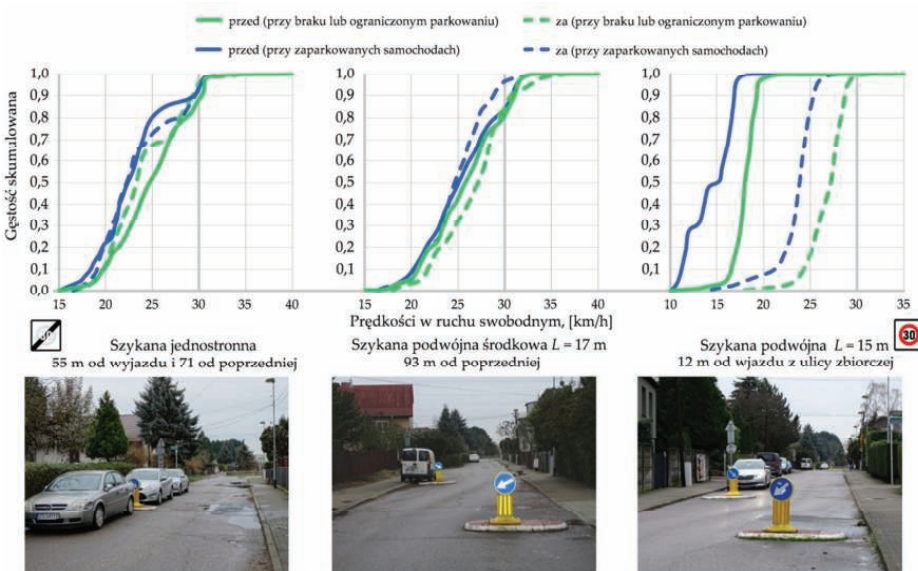
Na rys. 10 i 11 przedstawiono tylko wybrane dane dotyczące najbliższych przekrojów badawczych w stosunku do zastosowanych SUR. W przypadku analizy przesuniętych wysp bocznych w zależności od kierunku ruchu obie prędkości przekraczają dopuszczalną prędkość 30 km/h, jeśli kierunek ruchu prowadzi do skrzyżowania z ulicą zbiorczą (rys. 10). Dopiero blisko wjazdu na skrzyżowanie następuje redukcja prędkości. Natomiast, jeśli wjazd na analizowaną ulicę odbywa się ze skrzyżowania na ulicy zbiorczej, wszystkie prędkości są mniejsze od 30 km/h (rys. 11). Prawdopodobnie wykazane różnice związane są z innymi jeszcze determinantami, np. z bardzo

kości w drugim obszarze badawczym (rys. 12), tj. przy lokalizacji przesuniętych wysp bocznych w pobliżu krzywizny poziomej o małym promieniu obie analizowane prędkości v_{85} i v_{50} w obu kierunkach ruchu i przy różnych warunkach parkowania były mniejsze lub równe 30 km/h.

Natomiast w trzecim obszarze badawczym (rys. 13), czyli zastosowanym tylko zwężeniu jezdni pomiędzy dwoma odwrotnymi łukami poziomymi otrzymano bardzo zróżnicowane wyniki obu prędkości. Przy zaparkowanych samochodach tylko w przypadku wjazdu do strefy 30 v_{85} zmierzona przed zwężeniem przekraczała dopuszczalną prędkość o ok. 2 km/h. A w przypadku ograniczonego parkowania i bardzo dobrej widoczności



14. Dystrybuanty prędkości otrzymane na ul. Jagodowej, kierunek ruchu od ulicy lokalnej do ulicy zbiorczej; (Źródło: opracowanie własne)



15. Dystrybuanty prędkości otrzymane na ul. Jagodowej, kierunek ruchu od ulicy zbiorczej do ulicy lokalnej; (Źródło: opracowanie własne)

w obu kierunkach ruchu (rys. 17) we wszystkich przypadkach v_{85} przekraczała dopuszczalną prędkość w strefie 30. Ponadto wszystkie prędkości były bardzo zróżnicowane. Widoczna była wyraźna redukcja prędkości zarówno v_{85} , jak i v_{50} , przy wjeździe do strefy 30 (rys. 13).

Na rys. 14 i 15 przedstawiono dystrybuanty prędkości uzyskane na ul. Jagodowej, na której zastosowano trzy następujące po sobie szykany, a w tab. 2 zestawiono rezultaty przeprowadzonych testów statystycznych. Biorąc pod uwagę spostrzeżenia zróżnicowanego wpływu widoczności w zależności od kierunku ruchu, na rys. 14 i 15 przy danych dystrybuantach

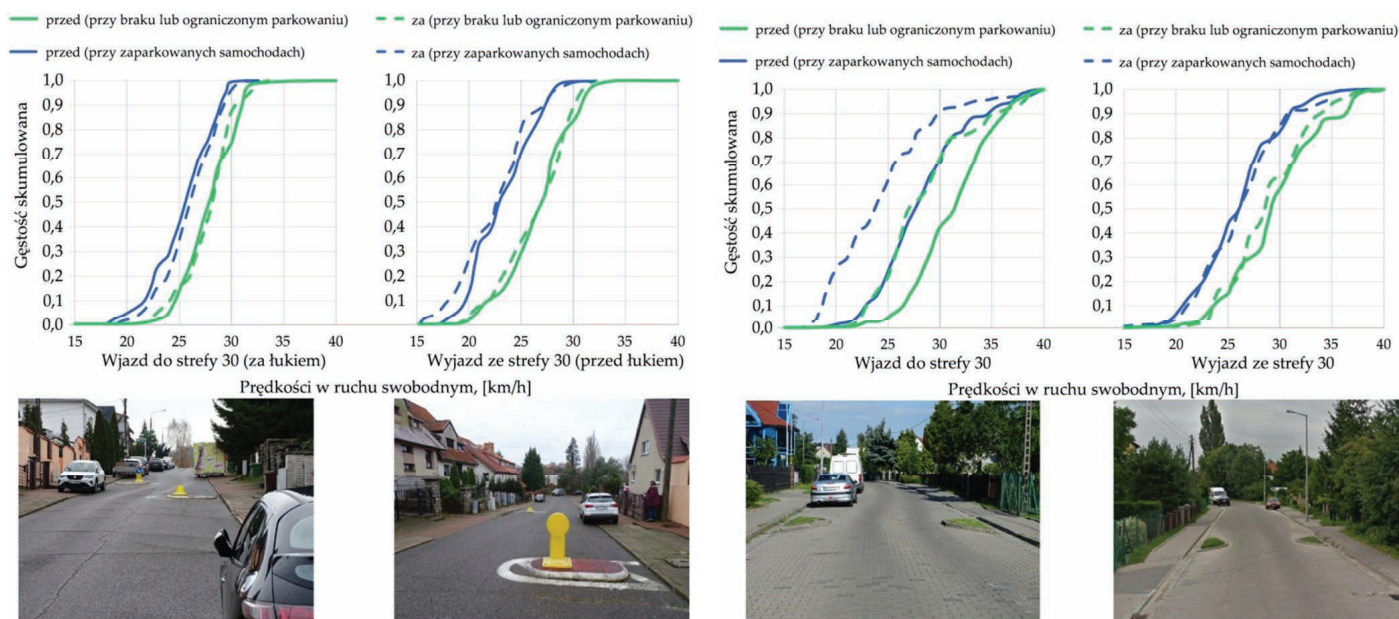
dołączono fotografie ilustrujące warunki widoczności, jakie mogą dodatkowo oddziaływać na percepcję kierowcy.

Analiza danych przedstawionych na rys. 14 oraz w tab. 2 wykazała, że największy wpływ na redukcję prędkości mają szykany w skrajnych lokalizacjach, tzn. znajdujące się na wjeździe lub wyjeździe ze strefy. W tych lokalizacjach otrzymano redukcję prędkości v_{85} i v_{5r} w granicach 1-2,7 km/h. Środkowa szykana, choć powodowała wykrzywienie toru jazdy na odcinku długości 17 m (rys. 7), nie wpływała istotnie na redukcję prędkości ($\Delta v = 0,2 - 0,7$ km/h). Na wjeździe do strefy 30 (rys. 14), przy jednostronnej szyka-

nie, odnotowano redukcję prędkości w granicach 1 – 1,5 km/h. A największą redukcję prędkości w granicach od 1,8 – 2,7 km/h odnotowano na wyjeździe ze strefy 30 na skrzyżowanie z ulicą zbiorczą, przy najkrótszej szykaniu $L = 15$ m, przy której wyspa boczna na pasie wyjazdowym była odległa od krawędzi ulicy zbiorczej o 27 m. Istotny wpływ zastosowanych szykan na redukcję prędkości odnotowano natomiast przy porównaniu dystrybuant przy różnych warunkach parkowania. Z porównywania wyników wynika, że w zależności od warunków parkowania różnice analizowanego kwantyla prędkości wahają się w granicach od 3,0 – do 10,0 km/h.

Diametralnie inny rozkład dystrybuant otrzymano w przeciwnym kierunku ruchu (rys. 15). Największą różnicę prędkości (do ok. 10 km/h) odnotowano przy wjeździe do strefy 30 ze skrzyżowania z ulicą zbiorczą. Przy kolejnych szykanach odnotowano redukcje prędkości w granicach 0,3 – 1,0 km/h. Podobnie jak wyżej odnotowano wyraźny wpływ warunków parkowania na realizowane prędkości. Jednak najważniejszym wnioskiem z analizy danych przedstawionych na rys. 15 jest utrzymanie prawie we wszystkich przekrojach badawczych prędkości poniżej 30 km/h. Istotny wpływ na różnice pomiędzy prędkościami otrzymanymi w obu kierunkach ruchu miała przede wszystkim widoczność. Prawdopodobnie też duży wpływ na wyniki ma fakt wjazdu z ulicy zbiorczej i bliska lokalizacja pierwszej wyspy bocznej w odległości 12 m od krawędzi jezdni ulicy zbiorczej. Ten fakt prawdopodobnie wpłynął bardzo dyscyplinująco na kierowców i na krótkiej ulicy nie rozwijali oni już większych prędkości nawet przy braku zaparkowanych samochodów.

Powyższe wnioski potwierdzają wyniki testów statystycznych zestawione w tab. 2. W przypadku ruchu przy zaparkowanych samochodach otrzymano niewielkie różnice redukcji prędkości, co przekłada się na odrzucenie hipotezy zerowej H_0 . A to oznacza potwierdzenie hipotezy badawczej 1, że zastosowanie szykan w strefie 30, czyli



16. Dystrybuanty prędkości otrzymane na ul. Chojnickiej w pobliżu łuku poziomego o promieniu $R = 25$ m (Źródło: opracowanie własne)

17. Dystrybuanty prędkości otrzymane na zwężeniu jezdni na ul. Zagony (Źródło: opracowanie własne)

kolejne zwężenia jezdni i esowanie trasy przejazdu jest efektywne. Także rezultaty testów K-S i niezależności w większości przypadków potwierdziły hipotezę badawczą 2, o zależności realizowanych prędkości od lokalizacji miejsca pomiaru i innych determinant, m.in. wspomnianej wcześniej widoczności. Ponadto analiza danych przedstawionych na rys. 14 i 15 oraz rezultatów testów zestawionych w tab. 2 wykazała, że osiągnięto oczekiwany efekt w strefie 30, czyli otrzymanie prędkości do 30 km/h.

Kolejna analiza dotyczyła przypadku zlokalizowania przesuniętych wysp bocznych przy wjeździe/wyjeździe ze strefy 30 w pobliżu łuku poziomego o promieniu $R = 25$ m. Na rys. 16 i w tab. 3 zestawiono otrzymane wyniki w drugim obszarze badawczym, tylko w odniesieniu do wybranych populacji danych dotyczących przekrojów badawczych zlokalizowanych w pobliżu szykany. Analiza danych przedstawionych na rys. 16 wykazała, że w analizowanych przypadkach uzyskano prędkości mniejsze niż 30 km/h, prawie we wszystkich kwantylach. Jedynie przy ograniczonym parkowaniu odnotowano, że v_{85} przekraczała dopuszczalną prędkość o ok. 1–2 km/h. Podobnie, jak wcześniej, otrzymano też wyraźną różnicę pomiędzy realizowanymi prędkościami, w zależności od warun-

Tab. 2. Wyniki testów statystycznych w odniesieniu do danych z ul. Jagodowej

L.p.	Populacje	Test K	Równanie	Test K-S	Równanie wg tab. 1	Test χ^2
		$\lambda_{\alpha} = 1,36$		$\lambda_{\alpha} = 1,36$		$\chi^2_{\alpha} = 3,84$
Kierunek ruchu od szykany nr 1 (od ulicy lokalnej) do szykany nr 3 (do wlotu na skrzyżowanie z ulicą zbiorczą)						
Nr 1	przed i /za i	0,99	(1)	1,14	(5 nr 1)	3,70
	przed j /za j	0,37	(2)	1,90	(5 nr 2)	14,76
	przed i i j	0,00	(3)	5,95	(5 nr 3)	101,60
	za i i j	0,06	(4)	5,93	(5 nr 4)	66,03
Nr 2	przed i /za i	0,09	(1)	0,89	(5 nr 1)	2,63
	przed j /za j	0,20	(2)	0,53	(5 nr 2)	0,98
	przed i i j	0,03	(3)	3,45	(5 nr 3)	31,73
	za i i j	0,01	(4)	4,04	(5 nr 4)	63,77
Nr 3	przed i /za i	0,23	(1)	1,97	(5 nr 1)	16,52
	przed j /za j	0,17	(2)	1,26	(5 nr 2)	2,18
	przed i i j	0,06	(3)	1,73	(5 nr 3)	5,76
	za i i j	0,22	(4)	2,30	(5 nr 4)	22,15
Kierunek ruchu od szykany nr 3 (zjazdu z ulicy zbiorczej) do szykany nr 1 (do wjazdu na ulicę lokalną)						
Nr 3	przed i /za i	0,25	(1)	6,50	(5 nr 1)	– ¹
	przed j /za j	1,57	(2)	8,54	(5 nr 2)	– ¹
	przed i i j	0,11	(3)	4,27	(5 nr 3)	– ¹
	za i i j	0,39	(4)	5,31	(5 nr 4)	– ¹
Nr 2	przed i /za i	0,36	(1)	1,14	(5 nr 1)	12,68
	przed j /za j	0,29	(2)	0,96	(5 nr 2)	0,53
	przed i i j	0,13	(3)	2,64	(5 nr 3)	11,31
	za i i j	0,43	(4)	0,46	(5 nr 4)	0,27
Nr 1	przed i /za i	0,90	(1)	0,61	(5 nr 1)	0,30
	przed j /za j	0,47	(2)	1,46	(5 nr 2)	3,62
	przed i i j	0,60	(3)	1,25	(5 nr 3)	0,02
	za i i j	0,45	(4)	2,24	(5 nr 4)	1,51

Źródło: opracowanie własne

¹ Wszystkie odnotowane prędkości były mniejsze niż 30 km/h. Pogrubioną czcionką zaznaczono wyniki testów K-S oraz niezależności, gdy hipotezę zerową H_0 należy odrzucić, co oznacza, że analizowane cechy są zależne.

ków parkowania i prawdopodobnie warunków widoczności dalszej perspektywy drogi. W przypadku analizy dotyczącej wyjazdu ze strefy 30 łuk poziomy o małym promieniu znacznie ogranicza widoczność dalszej perspektywy drogi, czyli to może być także istotna determinanta wpływająca na percepcję kierowców i może ona w konsekwencji również przyczyniać się do jazdy z mniejszymi prędkościami.

Sformułowane powyżej wnioski z analizy danych przedstawionych na rys. 16 potwierdzają również rezultaty testów statystycznych zestawione w tab. 3. Przy założonym poziomie istotności równym $\alpha = 0,05$ i odpowiedniej wartości krytycznej w obu testach uzyskano potwierdzenie słuszności stosowania małych wysp bocznych w pobliżu łuku poziomego o małym

promieniu prawie we wszystkich analizowanych przypadkach. W odniesieniu do porównania danych z różnymi warunkami parkowania uzyskano potwierdzenie hipotezy badawczej 2, że otrzymane prędkości zależą od lokalizacji przekroju badawczego i innych determinant, np. widoczności i obecności łuku poziomego.

Na rys. 17 i w tab. 4 zestawiono dystrybuanty prędkości na ul. Zagony, na której w odległości 100 m od granicy strefy 30 zastosowano zwężenie jezdni do jednego pasa szerokości 3 m, za pomocą dwóch naprzeciwległych małych wysp trójkątnych. Wyspy były wybudowane w krawężnikach i ich wypełnienie stanowiły zieleńce. Zwężenie jezdni było zlokalizowane pomiędzy dwoma odwrotnymi łukami poziomymi o promieniu $R = 125$ m. Widoczność była zapewniona na od-

ległość ok. 100 m w głąb strefy 30 i na odległość 60 m w stronę wyjazdu ze strefy 30. Przy wjeździe do strefy 30 otrzymano redukcję prędkości ok. $\Delta v_{85} = 3,5$ km/h przy zaparkowanych samochodach oraz 1,3 km/h przy ograniczonym parkowaniu. Natomiast na kierunku wyjazdu ze strefy ta redukcja wahała się w granicach do 1 km/h. Charakterystycznym natomiast wynikiem były różnice pomiędzy poszczególnymi kwantylami w różnych warunkach parkowania pojazdów. Do tej pory w dotychczasowych publikacjach nie było rozważanych podobnych analiz, dotyczących wpływu gęstości i liczby zaparkowanych samochodów w pobliżu zastosowanego zwężenia. Z przeprowadzonych badań wynika, że ten wpływ jest istotny i w znacznie większym stopniu oddziałuje na redukcję prędkości niż samo zwężenie czy kierunek jazdy (rys. 17 i tab. 4).

Wyniki testów statystycznych wykonanych w odniesieniu do wybranych populacji danych zlokalizowanych w najbliższych do SUR przekrojach badawczych na ul. Zagony przedstawiono w tab. 4. Przy założonym poziomie istotności równym $\alpha = 0,05$ i odpowiedniej wartości krytycznej w obu testach statystycznych uzyskano potwierdzenie słuszności zastosowania zwężenia jezdni przy wjeździe do strefy 30 w obu warunkach parkowania. A to oznacza i potwierdza skuteczność stosowania punktowego zwężenia szerokości jezdni przy wjeździe do strefy 30 (rys. 17 i tab. 4). Natomiast w przypadku wyjazdu ze strefy 30 nie potwierdzono skuteczności oddziaływania zwężenia jezdni. Analiza danych przedstawionych na rys. 17 i w tab. 4 wykazała natomiast, potwierdzenie, iż istotne w tym przypadku są warunki parkowania. Przy zaparkowanych samochodach istotnie mniejsza jest prędkość przed i za zwężeniem niż w przypadku ograniczonego parkowania. Jest to zrozumiałe, gdyż kierowcy mając zapewnioną dobrą widoczność wolnej od przeszkód jezdni za zwężeniem na wyjeździe ze strefy 30 nie zmniejszają prędkości kierowanego pojazdu. Uzyskane wyniki po-

Tab. 3. Wyniki testów statystycznych w odniesieniu do danych z ul. Chojnickiej

Populacje	Test K	Równanie	Test K-S	Równanie wg tab. 1	Test χ^2
	$\lambda_{\alpha} = 1,36$		$\lambda_{\alpha} = 1,36$		$\chi^2_{\alpha} = 3,84$
Kierunek ruchu na wjeździe do strefy 30 po przejechaniu łuku poziomego					
przed i /za i	0,17	(1)	0,57	(5 nr 1)	4,08
przed j /za j	0,15	(2)	0,84	(5 nr 2)	4,67
przed i i j	0,07	(3)	7,07	(5 nr 3)	28,01
za i i j	0,07	(4)	2,19	(5 nr 4)	5,01
Kierunek ruchu na wyjeździe ze strefy 30 poprzedzonym łukiem poziomym					
przed i /za i	1,03	(1)	0,97	(5 nr 1)	- ¹
przed j /za j	0,40	(2)	0,59	(5 nr 2)	1,44
przed i i j	0,36	(3)	7,18	(5 nr 3)	16,50
za i i j	0,29	(4)	3,33	(5 nr 4)	9,62

Źródło: opracowanie własne

¹ Wszystkie odnotowane prędkości były mniejsze niż 30 km/h. Pogrubioną czcionką zaznaczono wyniki testów K-S oraz niezależności, gdy hipotezę zerową H_0 należy odrzucić, co oznacza, że analizowane cechy są zależne.

Tab. 4. Wyniki testów statystycznych w odniesieniu do danych z ul. Zagony

Populacje	Test K	Równanie	Test K-S	Równanie wg tab. 1	Test χ^2
	$\lambda_{\alpha} = 1,36$		$\lambda_{\alpha} = 1,36$		$\chi^2_{\alpha} = 3,84$
Kierunek ruchu na wjeździe do strefy 30 w kierunku łuków poziomych					
przed i /za i	0,030	(1)	2,94	(5 nr 1)	15,43
przed j /za j	0,75	(2)	2,52	(5 nr 2)	16,89
przed i i j	0,05	(3)	2,47	(5 nr 3)	17,73
za i i j	0,52	(4)	2,85	(5 nr 4)	12,48
Kierunek ruchu na wyjeździe ze strefy 30					
przed i /za i	0,15	(1)	0,48	(5 nr 1)	0,35
przed j /za j	0,34	(2)	0,79	(5 nr 2)	0,19
przed i i j	0,16	(3)	6,82	(5 nr 3)	13,69
za i i j	0,24	(4)	2,01	(5 nr 4)	15,22

Źródło: opracowanie własne

Pogrubioną czcionką zaznaczono wyniki testów K-S oraz niezależności, gdy hipotezę zerową H_0 należy odrzucić, co oznacza, że analizowane cechy są zależne.

twierdząc również podstawowe tezy zawarte w monografii Ziółkowskiego [26], że o realizowanych prędkościach w uspokojeniu ruchu w dużej mierze decyduje temperament i style jazdy charakterystyczne dla kierowców w danym kraju.

Podsumowanie

Choć wybudowane szykany opisywane w niniejszym artykule wybudowano kilkanaście lat temu, gdy nie było wówczas krajowych wytycznych projektowych dotyczących projektowania szykan w strefie 30, to obecnie można to potwierdzić są one w dużej mierze zgodne z obecnymi wytycznymi obowiązującymi od stycznia 2023 r. [24]. Niewielkie różnice dotyczą szerokości zwężenia jezdni dwukierunkowej do jednego pasa ruchu ($\Delta b < 0,30$ m) i rozstawu wysp bocznych. Przy zastosowanej szerokości wolnego prześwitu (ang. free view) równej $a = 0,4$ m lub $a = 0,7$ m rozstaw przesuniętych wysp bocznych, zgodnie z zagranicznymi wytycznymi [8, 13] powinien być równy 9 – 13 m, a zgodnie z krajowymi wytycznymi [24] powinien być równy $L = 9,35$ m. Zastosowane rozstawy analizowanych szykan są większe i wahają się w granicach $L = 13,4 - 17$ m. Prawdopodobnie to jest przyczyną uzyskania nieco większych prędkości w przeprowadzonych badaniach w przypadku ograniczonego parkowania w pobliżu szykan. Ponadto istotne również jest rozmieszczenie szykan wzdłuż jezdni, które wg wytycznych angielskich nie powinno przekraczać 55 m [12, 13, 14]. A w analizowanym przypadku obszaru badawczego 1, rozstaw szykan wynosi 71 i 93 m. To jest prawdopodobnie drugą przyczyną uzyskania większych prędkości niż 30 km/h w pobliżu szykan (rys. 10 i 11).

Na podstawie analizy statystycznej można stwierdzić, że rezultaty testów potwierdziły postawioną w niniejszym artykule hipotezę badawczą 1 dotyczącą potwierdzenia efektywności stosowania wykrzywienia toru jazdy wraz ze zwężeniem jezdni do jednego pasa w strefie 30 w obu warunkach parkowania. Przy ograniczonym

parkowaniu w najbliższym otoczeniu wysp bocznych jednak można odnotować w strefie 30 km/h niewielkie przekroczenie dopuszczalnej prędkości o 2 – 4 km/h. To niewielkie przekroczenie dopuszczalnej granicy prędkości w strefie 30 jest zgodne jednak z obowiązującymi w Polsce dokumentami prawnymi [16]. Hipotezę badawczą 1 również potwierdza przypadek lokalizacji dwóch przesuniętych wysp bocznych na wjazdach do strefy 30 przy zastosowanych krzywiznach poziomych o małym promieniu. Jednak odnośnie ostatniego analizowanego obszaru badawczego, tj. lokalizacji tylko jednokrotnego zwężenia jezdni przy wjeździe do strefy 30 nie uzyskano potwierdzenia efektywności zastosowanego rozwiązania. Prawdopodobnie w celu uzyskania mniejszych wartości prędkości i efektywnego oddziaływania zwężenia na redukcję prędkości należałoby zastosować na wyspach bocznych przeszkody boczne wysokości 0,6 – 1,0 m, zgodnie z wnioskami zawartymi w [8, 13] i dodatkowo zastosować jeszcze powtórne zwężenie w odległości do 55 m, zgodnie z wytycznymi [13, 14, 25].

Analiza rezultatów przeprowadzonych badań i rezultatów testów statystycznych potwierdziła również hipotezę badawczą 2 dotyczącą potwierdzenia, że efektywność oddziaływania zastosowanych szykan na redukcję prędkości zależy od miejsca ich lokalizacji w strefie 30 oraz innych cech, np.:

- warunków parkowania w najbliższym otoczeniu szykany,
- zapewnionej widoczności dalszej perspektywy drogi,
- odległości lokalizacji szykany od wjazdu/wyjazdu ze strefy 30,
- wysokości zastosowanych na powierzchni szykan znaków drogowych lub elementów małej architektury, czyli kwietników lub zieleńców.

Nie mniej jednak wnioski z badań potwierdzają słuszność stosowania szykan w strefie 30, w celu zapewnienia obowiązującej prędkości 30 km/h.

W trakcie prowadzonych analiz do-

strzeżono jeszcze dodatkowy element dotyczący stosowania znaków pionowych o podwyższonym stopniu odblaskowości, co znacznie przyczynia się do lepszej widoczności zastosowanej przeszkody bocznej i wpływa na kierowców mobilizująco, tj. powoduje zmniejszenie prędkości kierowanego przez nich samochodu. Na rys. 18 przedstawiono przykład zastosowania znaków z podwyższonym stopniem odblaskowości, a na rys. 19 przykład znaków tradycyjnych. Zdaniem autorów wystarczy tylko stosowanie najnowszych rozwiązań tarcz odblaskowych pionowych znaków drogowych. Od zarządcy drogi zależy czy zastosuje droższe rozwiązania znaków pionowych z systemem LED zasilanym bateriami słonecznymi. Wnioski z przeprowadzonych analiz są zgodne z wytycznymi zawartymi w [2, 14]. Analiza zagranicznych wytycznych [2, 14] wskazuje jeszcze na rekomendowane stosowanie w narożach prefabrykowanych elementów wysp bocznych dodatkowych odblaskowych pasków 3M (rys. 18), zapewniających ich doskonałą widoczność zarówno w ciągu dnia, jak i w warunkach ograniczonej widoczności, co jest bardzo istotne przy zapewnieniu bezpieczeństwa ruchu.

Ostatnie spostrzeżenie autorów odnosi się do systemu odwodnienia danej ulicy, na której planuje się zastosowanie poziomych SUR. W trakcie planowania lokalizacji wysp bocznych powinno się korzystać z planów warstwicznych przy istniejącym systemie odwodnienia, tak by planując krzywoliniową trasę jazdy wzdłuż esowanej ulicy uwzględniać dodatkowe rozbryzgi wody opadowej wynikające m.in. ze stanu nawierzchni i profilu jezdni. ◀

Pracę wykonano w Zachodniopomorskim Uniwersytecie Technologicznym w Szczecinie w ramach realizacji pracy finansowanej ze środków RDN subwencja UPB, zad. A ILGiT 503-003204-05.



18. Tarcze znaków z podwyższonym stopniem odbliaskowości
(Fot: Stanisław Majer)



19. Tarcze znaków tradycyjnych (Fot: Stanisław Majer)

Materiały źródłowe

- [1] Aleksandrova K.I., McWilliam W.J., Wesener A. Status and Future Directions for Residential Street Infrastructure Retrofit Research. *Urban Science* 2019, 3, 49, <https://doi.org/10.3390/urbansci3020049>.
- [2] Austroads Traffic Calming Lawson Drive. Appendix E Item 6.6. Austroads Ltd., Sydney, Australia, 2020.
- [3] Bohatkiewicz J., Biernacki S., Drach M. i in. Zasady uspokajania ruchu na drogach za pomocą fizycznych środków technicznych. Ministerstwo Infrastruktury, Warszawa, 2008.
- [4] Greń J., Statystyka matematyczna, modele i zadania. PWN, Warszawa, 1982.
- [5] Jaszczak A., Żukowska J., Dreksler B., Aki N.A., Kristanova K., Planning of the green road system as an element of spatial management in suburbs and small towns. *Zarządzanie Publiczne* 2019, 2(46), 131–147, doi: 10.4467/20843968Z.P.19.009.10685
- [6] Kruszyna M., Matczuk-Pisarek M. The Effectiveness of Selected Devices to Reduce the Speed of Vehicles on Pedestrian Crossings. *Sustainability*, 2021, 13, 9678, <https://doi.org/10.3390/su13179678>.
- [7] Lines C.J., Castelijn H.A. Translation of Dutch 30 kph zone design manual. Published Article PA2046/91, Transport Research Laboratory, London, UK, 1991.
- [8] Sayer I.A., Parry D.I. Speed control using cicanes – A trial at TRL. Projekt Report 102, Transport Research Laboratory, CROWN Copyright, Crowthorne, UK, 1994.
- [9] Streets and Sidewalks, people and cars. The citizens' guide to traffic calming. Ed. second, Local Government Commission, Sacramento, USA, 2007.
- [10] System Ewidencji Wypadków i Kolizji SEWIK, dostęp <https://sewik.pl/> 23.11. 2023.
- [11] Speed displays traffic detection, Radar, Detection, Software. Vitronic, Kędzierzyn Koźle, 2015.
- [12] Roads Development Guide, East Ayrshire, Strathclyde Regional Council, London, UK, 2010.
- [13] Traffic Calming Guidelines. Chapter 6. Devon County Council, Engineering and Planning Department, Devon, UK, 1995.
- [14] Traffic calming guidelines. Ed. second, City of Kingston, Kingston, UK, 2020.
- [15] Urban Traffic Areas Part 7 Speed Reducers. Vejdirektoratet, Copenhagen, Denmark, 1991.
- [16] Ustawa – Prawo o ruchu drogowym, Dziennik Ustaw z dnia 20 czerwca 1997 Nr 98 poz. 602, z późn. zm.
- [17] Vis A.A., Dijkstra A, Slop M. Safety effects of 30 km/h zones in the Netherlands. Seminar in Copenhagen 14-16 May, 1990. Accident Analysis & Prevention, 1992 Feb, 24(1), 75-86, DOI: 10.1016/0001-4575(92)90074-s.
- [18] Webster D.C. Traffic calming — literature search on the design and performance of traffic calming measures. TRL REPORT 439, Transport Research Laboratory, CROWN Copyright, Crowthorne, UK, 2000.
- [19] Webster P. Traffic calming design guide. Nottinghamshire County Council, Nottingham, UK, 2004.
- [20] Wegman F. Road safety in residential areas – the Dutch experience. PIARC Practical Guidelines For Rural Road Maintenance 1 January 1994, IV, RR285-49, pp. 49–54.
- [21] Wytyczne projektowania skrzyżowań drogowych WPSD cz. I. GDDP, Warszawa, 2001.
- [22] Wytyczne projektowania skrzyżowań drogowych WPSD cz. II. GDDP, Warszawa, 2001.
- [23] Wytyczne projektowania ulic. Część 1: Wymagania podstawowe i zasady kształtowania ulic WR-D-24-1. Ministerstwo Infrastruktury, Warszawa, 2023.
- [24] Wytyczne projektowania ulic. Część 2: Kształtowanie geometryczne WR-D-2, Ministerstwo Infrastruktury. Warszawa, 2023.
- [25] Wytyczne zarządzania prędkością na drogach samorządowych cz. I. Praca zbiorowa pod red. S. Gacy, Kraków/Gdańsk, 2016.
- [26] Ziółkowski R. Zachowania kierowców pojazdów w otoczeniu środków uspokojenia ruchu w warunkach miejskich. Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok, 2022.