



DARIUSZ WRÓBEL

Świętokrzyski Zarząd Dróg
Wojewódzkich
D.Wrobel@szw.kielce.
com.pl

Wpływ rozwoju sieci dróg wojewódzkich na bezpieczeństwo ruchu

W 2019 roku obchodzono jubileusz powstania Świętokrzyskiego Zarządu Dróg Wojewódzkich (SZDW) w Kielcach. Dwadzieścia lat temu, w ramach reformy administracji publicznej, z sieci dróg

publicznych wydzielono drogi zarządzane przez poszczególne samorządy terytorialnego.

Sieć drogową rozbudowywano od początku, jednakże to ostatnie lata przyniosły dynamiczny rozwój dróg wojewódzkich w regionie świętokrzyskim. Rozbudowano wiele ważnych ciągów komunikacyjnych, jak choćby droga wojewódzka nr 776 łącząca Busko Zdrój z Krakowem czy droga nr 786 łącząca Kielce z Częstochową. Powstały obwodnice miast, które wyprowadziły ruch z ciasnych centrów miast. Zbudowano nowy most na Wiśle w Połańcu, łącznie z rozbudową ciągów drogowych po obu stronach rzeki.

Nawierzchnie dróg poszerzono do 7 metrów, dla poprawy bezpieczeństwa przebudowano skrzyżowania, miejscowości zyskały chodniki i ścieżki rowerowe, a w celu zmniejszenia liczby zjazdów wybudowano drogi zbiorcze. Segregacja

ruchu pieszego i rowerowego od ruchu pojazdów podniosła poczucie bezpieczeństwa najmniej chronionych użytkowników ruchu. Wszystkie te zabiegi powinny spowodować, że drogi staną się bezpieczniejsze i bardziej przyjazne dla użytkowników. Czy tak się stało?

Bezpieczeństwo ruchu drogowego to zagadnienie bardzo rozległe. Na poziom bezpieczeństwa wpływa stan techniczny sieci drogowej, jakość jej utrzymania, zastosowane elementy i urządzenia wpływające lub wymuszające określone zachowania ze strony użytkowników dróg, jak również szeroko rozumiana kultura uczestników ruchu drogowego w zakresie poruszania się po drogach i korzystania z infrastruktury drogowej. Nawet najlepsze rozwiązania nie przynoszą spodziewanych rezultatów, gdy mamy do czynienia z łamaniem przepisów ruchu drogowego, brawurą lub uczestnictwem w ruchu osób po spożyciu alkoholu.

Jubileusz to dobry moment na podsumowanie i odpowiedź na pytanie czy rozwój sieci drogowej przyniósł poprawę bezpieczeństwa dla jej użytkowników.

Na fotografiach 1–3 pokazano przykłady realizacji mających wpływ na poprawę bezpieczeństwa ruchu.



Fot. 1. Obwodnica Zbludowic



Fot. 2. Rozbudowa DW 755



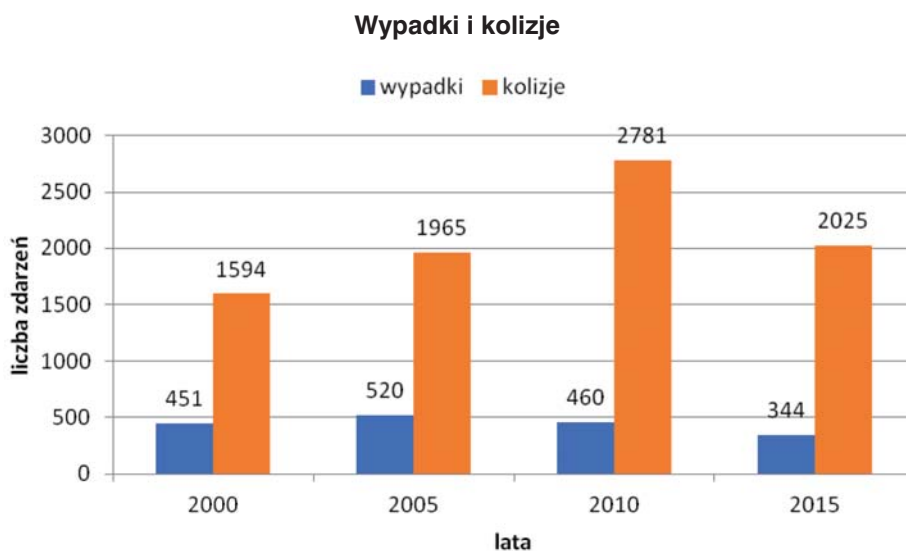
Fot. 3. Rozbudowa DW 762

Ogólna charakterystyka zdarzeń drogowych

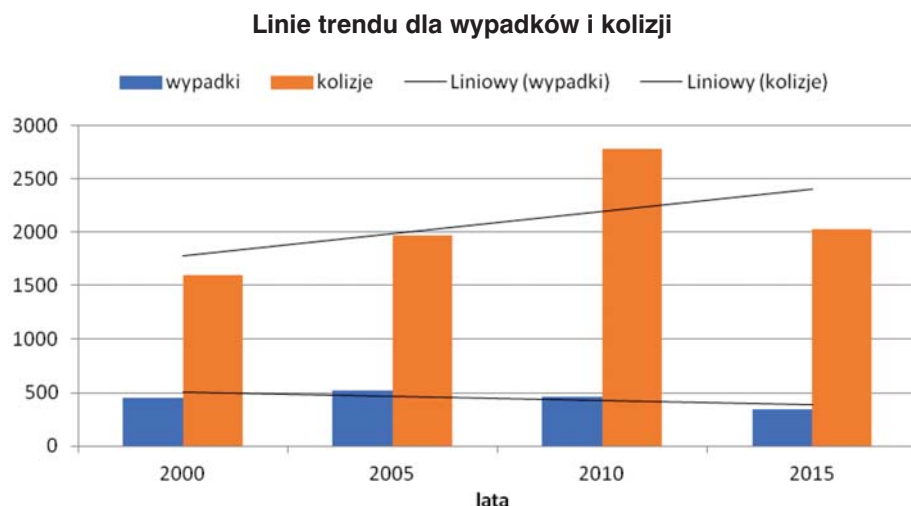
Do analizy zdarzeń drogowych wykorzystano dane o zdarzeniach z lat 2000, 2005, 2010, 2015, a więc z lat, w których odbywał się generalny pomiar ruchu.

Analizując wykres na rysunku 1 można stwierdzić, że liczba wypadków po początkowym wzroście maleje w kolejnych okresach. Liczba kolizji rosła w trzech pierwszych okresach, a w 2015 roku wykazuje tendencję spadkową. Linia trendu w ilości wypadków w całym okresie analizy spada, natomiast linia trendu kolizji rośnie dla całego okresu (rys. 2).

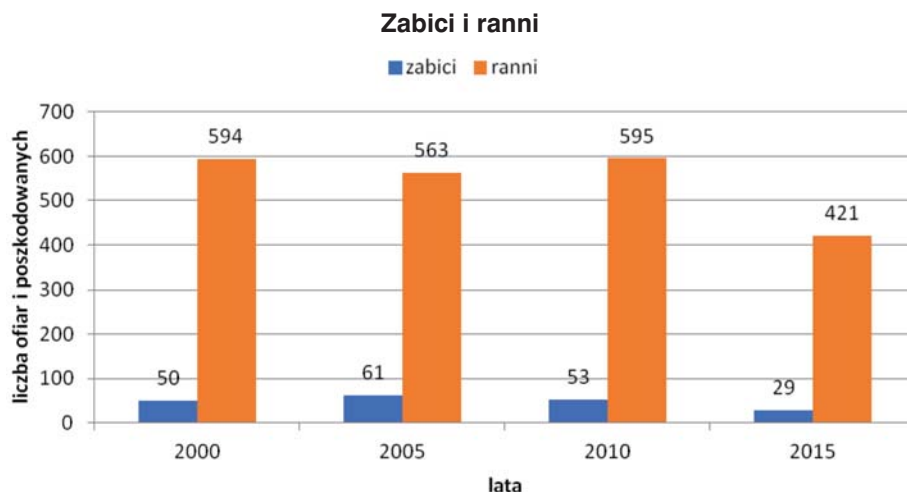
Analizując wykres na rysunku 3 można stwierdzić, że liczba zabitych spada od 2005 roku. Liczba rannych była w trzech pierwszych okresach zmienna, jednakże w 2015 roku wyraźnie spadła. Linie trendu w ilości zabitych i rannych w całym okresie analizy wykazują tendencję spadkową.



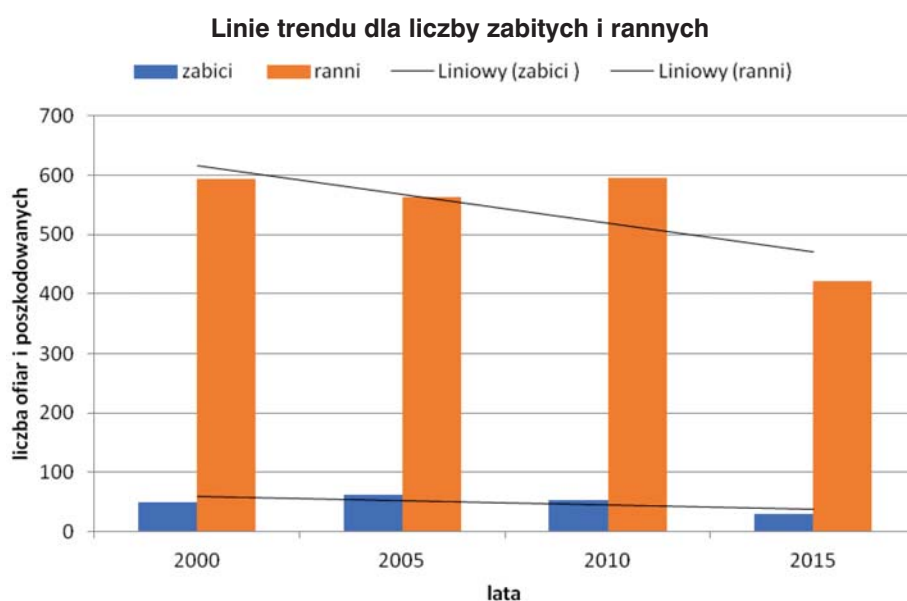
Rys. 1. Liczba zdarzeń drogowych na drogach wojewódzkich w latach 2000, 2005, 2010, 2015



Rys. 2. Linie trendu w ilości zdarzeń drogowych w latach 2000, 2005, 2010, 2015



Rys. 3. Liczba ofiar i osób poszkodowanych na drogach wojewódzkich w latach 2000, 2005, 2010, 2015



Rys. 4. Linie trendu w ilości ofiar i osób poszkodowanych na drogach wojewódzkich w latach 2000, 2005, 2010, 2015

Charakterystyka natężenia ruchu na drogach wojewódzkich

Co pięć lat na sieci dróg wojewódzkich wykonywany jest generalny pomiar ruchu (GPR) w ramach ogólnokrajowego pomiaru. Dotychczas na sieci dróg wojewódzkich odbyły się cztery GPR. Poniższe dane posłużą do obliczenia wskaźników wypadkowości.

Tabela 1. Średnie dobowe natężenie ruchu (SDR) na drogach wojewódzkich w szczególnych latach

Rok	Średnie dobowe natężenie ruchu w roku Q (Poj/24h)
2000	2629
2005	3065
2010	3738
2015	4023

Analiza bezpieczeństwa na drogach wojewódzkich województwa świętokrzyskiego

Wskaźniki wypadkowości zastosowane do oceny dróg wojewódzkich

Ponieważ analizy wypadków drogowych nie zawsze pozwalają prawidłowo ocenić skalę zagrożenia na drogach, rozszerzono analizy o kolizje drogowe. Do analizy bezpieczeństwa ruchu drogowego na drogach wojewódzkich zastosowano niżej wymienione wskaźniki wypadkowości.

- Wskaźnik gęstości zdarzeń drogowych**

$$Dzd = \frac{\sum Zd}{T \times \sum Li} \left[\frac{\text{zdarzeń/km}}{\text{rok}} \right]$$

T – czas [rok]

Li – całkowita długość drogi w sieci [km]

Zd – suma wypadków i kolizji

- Względny wskaźnik wypadkowości**

$$Uzd = \frac{\sum Zdi \times 10^6}{T \times 365 \times Li \times SDR} \left[\frac{\text{zdarzeń/mln poj. km}}{\text{rok}} \right]$$

SDR – średnie dobowe natężenie ruchu w roku (poj. / dobę)

T – czas

Li – długość odcinka jednorodnego (km)

365 – dni w roku

- Zmodyfikowany wskaźnik zagrożenia**

$$Wz = \sqrt{Dzd \times Uzd}$$

- Wskaźnik liczby zabitych na 100 wypadków**

$$Wz_{100} = 100 \times \frac{Z}{W}$$

W – liczba wypadków

Z – liczba zabitych

- Wskaźnik liczby rannych na 100 wypadków**

$$Wr_{100} = 100 \times \frac{R}{W}$$

R – liczba rannych

- Średni zmodyfikowany wskaźnik zagrożenia**

$$Wz_{\text{sr}} = 100 \times \frac{\sum (Wz \times L)}{\sum L}$$

Tabela 2. Obliczenie wskaźników wypadkowości w poszczególnych latach

Rok	Długość [km] L	Średni dobowy ruch pojazdów [P/24 h] SDR	Liczba kolizji K	Liczba wypadków W	Wskaźnik gęstości zdarz. drog. [zd./km/rok] Dzd	Względny wskaźnik wypadk. [zd./mln poj. km/rok] Uzd	Zmodyfik. wskaźnik zagrożenia Wz	Średni zmodyfik. wskaźnik zagroż. dla dróg woj. Wz _{śr}
2000	1048,786	2629	1594	451	1,95	2,03	1,99	2,18
2005	1048,786	3065	1965	520	2,37	2,12	2,24	
2010	1048,786	3738	2781	460	3,09	2,26	2,65	
2015	1048,786	4023	2025	344	2,26	1,54	1,86	

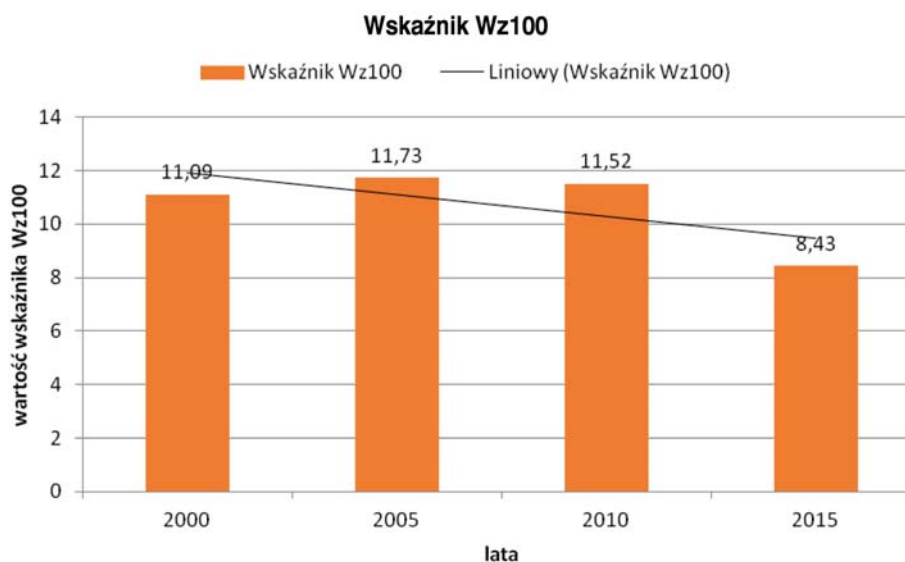
gowych, względnego wskaźnika wypadkowości oraz średniego zmodyfikowanego wskaźnika zagrożenia.

Z analizy powyższej tabeli 2 wynika, że wskaźnik zagrożenia najmniejszą wartość miał w 2015

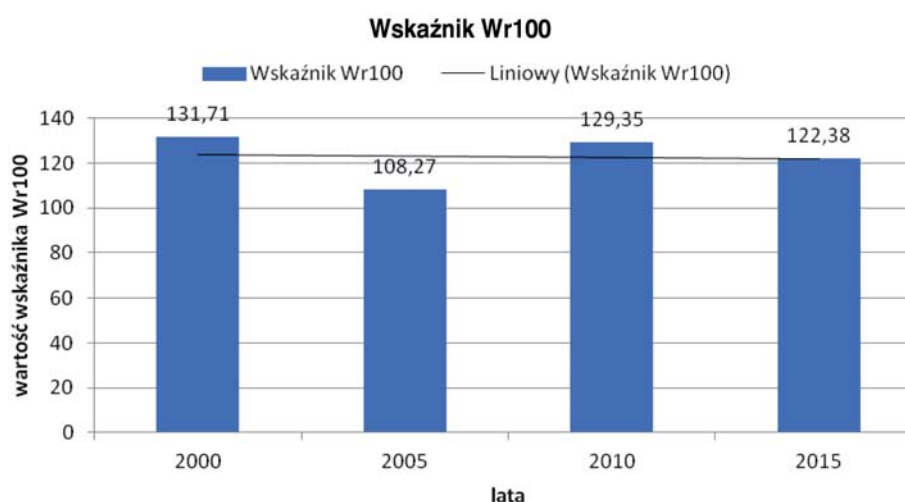
Analizy zdarzeń drogowych na drogach wojewódzkich

W tabeli nr 2 zestawiono dane zawierające: rok i długość sieci dróg, SDR jako średnią dla sieci, liczbę wypadków i kolizji oraz obliczone wartości wskaźnika gęstości zdarzeń dro-

roku. Ma to zapewne związek z dynamicznie rozwijającą się siecią dróg z zastosowaniem rozwiązań poprawiających bezpieczeństwo ruchu. W poprzednich latach analizy wskaźnik rósł wraz ze zwiększeniem SDR. Mimo, że w 2015 natężenie ruchu jest najwyższe wskaźnik zmalał poniżej średniej.



Rys. 5. Wykres średnich wartości wskaźnika Wz₁₀₀ wraz z linią trendu w okresie analizy



Rys. 6. Wykres wartości wskaźnika Wr₁₀₀ wraz z linią trendu w okresie analizy

Zgodnie z przyjętymi kryteriami sklasyfikowano całą sieć dróg wojewódzkich. Ma to oczywiście charakter pogładowy i nie pokazuje poszczególnych dróg. Jednakże daje to nam pogląd na stan bezpieczeństwa sieci dróg jako całości.

Dane w tabeli 2 potwierdzają polepszające się bezpieczeństwo na sieci dróg wojewódzkich.

W tabeli 5 zestawiono dane na temat: lat, długości sieci dróg, liczby wypadków, zabitych i rannych w poszczególnych latach oraz obliczono wskaźniki zabitych i rannych na 100 wypadków. Analizę wykonano dla każdego roku oddzielnie.

Na wykresach (rys. 5 i 6) pokazano wartości wskaźników Wz₁₀₀ i Wr₁₀₀ w okresie analizy oraz linię trendu dla całego okresu analizy.

Analizując powyższe wykresy należy stwierdzić, że wartości wskaźnika Wz₁₀₀ wykazują tendencję spadkową, co wyraźnie widać w ostatnim roku analizy. Wartości wskaźnika Wr₁₀₀ również cechują się zmiennością w okresie analizy jednakże wykazują niewielką tendencję spadkową.

Podsumowanie

W okresie analizy od 2000 do 2015 roku liczba zdarzeń drogowych na drogach wojewódzkich województwa świętokrzyskiego, pomimo początkowego wzrostu zaczyna znacząco spadać. Liczba ofiar wypadków wykazuje tendencję spadkową, szczególnie wśród ofiar zabitych, co jest najważniejsze.

Tabela 3. Kryteria oceny zagrożenia

Drogi względnie bezpieczne	$Wz < Wz\acute{s}r$
Drogi zagrożone	$Wz\acute{s}r \leq Wz < 1,25 Wz\acute{s}r$
Drogi niebezpieczne	$1,25Wz\acute{s}r \leq Wz < 1,5 Wz\acute{s}r$
Drogi szczególnie niebezpieczne	$Wz \geq 1,5 Wz\acute{s}r$

Tabela 4. Ocena bezpieczeństwa sieci w latach wg kryteriów zagrożenia

2000	Sieć na poziomie bezpiecznym
2005	Sieć na poziomie zagrożenia
2010	Sieć na poziomie zagrożenia
2015	Sieć na poziomie bezpiecznym

Wykonane analizy BRD na drogach wojewódzkich województwa świętokrzyskiego wskazują, że działania inwestycyjne podejmowane przez Świętokrzyski Zarząd Dróg Wojewódzkich są w pełni uzasadnione. Wskaźnik zagrażenia,

Tabela 5. Wskaźniki zabitych i rannych na 100 wypadków w latach

Rok	Długość [km] L	Liczba wypadków W	Liczba zabitych Z	Liczba rannych R	Wskaźnik zabitych na 100 wypadków Wz_{100}	Wskaźnik rannych na 100 wypadków Wr_{100}
2000	1048,786	451	50	594	11,09	131,71
2005	1048,786	520	61	563	11,73	108,27
2010	1048,786	460	53	595	11,52	129,35
2015	1048,786	344	29	421	8,43	122,38

nia, wskaźniki zabitych i rannych na 100 wypadków wykazują tendencję spadkową.

Podsumowując można stwierdzić, że drogi wojewódzkie na terenie województwa świętokrzyskiego należą obecnie do dróg bezpiecznych. Działania podejmowane na rzecz poprawy bezpieczeństwa są prawidłowo kierowane na najbardziej zagrożone drogi, co w przyszłości powinno zaowocować jeszcze większą poprawą bezpieczeństwa ruchu.

Z PRASY ZAGRANICZNEJ

Nowa warstwa ścieralna z asfaltu porowatego na autostradzie A8

Autostrada A8 to ważny element sieci komunikacyjnej w południowej części Niemiec. Łączy aglomeracje takich miast jak Karlsruhe, Stuttgart i Monachium. W szczególności w pobliżu Stuttgartu w rejonie rozgałęzienia Leonberg łączą się najważniejsze arterie komunikacyjne. Ruch z mocno obciążonej autostrady A81 przemieszcza się w kierunku autostrady A8.

W okresie ostatniego roku w szerokim zakresie rozpoczęto odnowy nawierzchni obejmujące warstwy ścieralne zgłaszane zarówno przez planistów, pracowników odpowiedzialnych za bezpieczeństwo ruchu, jednostki utrzymania autostrady, a także samych kierowców. Głównym zadaniem była wymiana istniejącej warstwy ścieralnej z asfaltu porowatego na powierzchni 257 000 m².

Węzeł autostradowy Leonberg (*Das Leonberger Dreieck*) znajduje się 15 kilometrów w kierunku południowo-zachodnim od Stuttgartu. Średniobowy ruch roczny na tym węźle w obydwu kierunkach wynosi 150 000 pojazdów. Udział pojazdów ciężarowych określany jest na 13%. Występują częste przypadki spiętrzania się ruchu pojazdów, w szczególności w okresach związanych z powrotami mieszkańców z pracy.

Z uwagi na uszkodzenia warstwy ścieralnej wykonanej uprzednio z asfaltu porowatego, zarządca drogowy odpowiedzialny za odnowy nawierzchni w Prezydium Zarządu miasta Stuttgart zdecydował się rozpiścić przetarg na remont nawierzchni autostrady pomiędzy miejscowościami



Fot. 1. Warstwa ścieralna z asfaltu porowatego wbudowywana pełną szerokością nawierzchni przy użyciu trzech rozkładarek oraz dwóch podajników pośrednich

Heimsheim i Leonberg, włącznie z rejonem samego węzła w m. Leonberg. Wykonanie robót powierzono konsorcjum firm Wolff & Müller Tief- und Strassenbau, Künzlesau oraz Vogel-Bau, Lahr.

Ważność omawianej arterii komunikacyjnej uwidoczniła się w szczególnych warunkach umownych dotyczących planowanego remontu. Jako istotną cechę charakterystyczną można wymienić maksymalnie krótki termin wykonania prac i przekazania odcinka autostrady do ruchu. W przypadku niedotrzymania ustalonego w umowie terminu przewidziana została kara umowna. Z uwagi na napięty termin zakończenia prac została przyjęta określona forma prowadzenia robót (tzn. prace muszą być wykonywane w okresie 6 dni tygodniowo, przy wykorzystaniu światła dziennego). W celu spełnienia wymagań dla tego dużego projektu ze strony zespołu firm, które utworzyły Konsorcjum Zadaniowe (*Arbeitsgemeinschaft – Arge*) konieczne było duże zaangażowanie sprzętowe, w tym zatrudnienie odpowiedniej liczby personelu na budowie.

Podobnie w warunkach umownych zostało podkreślone, że ruch publiczny odbywający się po autostradzie ma pierwszeństwo przed ruchem budowlanym. Generalnie musiały zostać udostępnione co najmniej dwa pasy ruchu na każdej jezdni autostrady.

Nierzadko podczas frezowania i wbudowywania warstw asfaltowych dochodziło do wypadków. Policja zarejestrowała około 200 wypadków w trakcie 6 miesięcy prowadzenia przedmiotowej budowy. Tylko w okresie letnim na przedmiotowym odcinku autostrady Automobil Klub Niemiecki ADAC zanotował 1906 okresowych zatrzymań ruchu pojazdów, z czego 14 spiętrzeń było dłuższych aniżeli 10 km. Zamknięcia zjazdów z autostrady, a także wyłączenia zapowiedzi systemów nawigacyjnych, wielokrotnie przyczyniały się do dezorientacji uczestników ruchu. W wielu przypadkach dochodziło do pomyłek w trakcie przejazdów po realizowanej budowie. Odpowiednie oznakowanie robót przez lokalną policję miało temu przeciwdziałać.

Zakres prac remontowych / Warstwy asfaltowe

Przewidywany na etapie planowania zakres prac remontowych obejmował zasadniczy remont nawierzchni asfaltowej na autostradzie A8 na długości 3,7 km, remont nawierzchni z betonu asfaltowego na długości 1,4 km, jak również wymianę istniejącej nawierzchni wykonanej z asfaltu porowatego na długości 8,2 km (dane dotyczą obu jezdni). W związku z rozszerzeniem kontraktu dokonano dodatkowo wymiany warstwy ścieralnej z mastyksu grysowego SMA 11 S na powierzchni ok. 89.000 m².

Łączny zakres prac remontowych obejmował następujące powierzchnie warstw asfaltowych:

• podbudowa asfaltowa	40 400 m ²
• warstwa wiążąca z AC 16 BS	27 000 m ²
• warstwa wiążąca z SMA 16 BS	80 000 m ²
• warstwa szczelna z MA 5S	59 700 m ²
• warstwa SAMI	198 500 m ²
• warstwa ścieralna z PA 8	257 000 m ²
• warstwa ścieralna z SMA 8 S	11 400 m ²
• warstwa ścieralna z SMA 11 S	89 000 m ²
• warstwa ścieralna z SMA 8 LA	12 400 m ²



Fot. 2. Wbudowywanie asfaltu lanego jako warstwy ochronnej na obszarze remontu nawierzchni

Na części powierzchni autostrady musiała zostać rozebrana również istniejąca nawierzchnia betonowa (ok. 22 000 m²). Na tych powierzchniach została wyprofilowana istniejąca warstwa mrozoochronna, a na fragmentach także obejmowało to wzmocnienie podłoża. Konieczna okazała się częściowa odnowa urządzeń odwadniających zlokalizowanych w pasie rozdziału jezdni z uwagi na wymianę barier ochronnych stalowych na bariery betonowe. Wykonanie tych prac nastąpiło w 11 fazach w okresie miesięcy kwiecień–październik 2016 r.



Fot. 3. Uszczelnienie podłoża warstwą SAMI

Przydatność nawierzchni do ułożenia asfaltu porowatego w obszarze węzła Leonberg, z uwagi na często występujący spowolniony ruch pojazdów określany jako *stop and go*, jak również ruch pojazdów ciężkich zmieniających pasy ruchu, stanowiła generalnie kwestię do rozwiązania.

Zapisy dotyczące planu robót spowodowały istotne związanie rąk zarządowi drogowemu jednostki Prezydium Zarządu miasta Stuttgart.

Istniejąca nawierzchnia z asfaltu porowatego wykazywała liczne miejsca uszkodzeń, przy czym przyczyną największej

ich części mogły być uszkodzenia mechaniczne spowodowane określonym położeniem oraz towarzyszącymi koniecznymi zmianami pasa ruchu. Do tego dochodziły liczne miejsca występujących na jezdni śladów pożarów pojazdów, które były wielokrotnie naprawiane. W przypadku warstwy ścieralnej z asfaltu porowatego pierwotnie przywidziano, że istniejące uszczelnienie wykonane jako warstwa asfaltowa (warstwa SAMI) zostanie utrzymane. Asfalt porowaty powinien w związku z tym zostać sfrezowany jedynie na grubości 3,5 cm. Na sfrezowanym podłożu powinna zostać ułożona druga warstwa SAMI. Podany sposób wykonania prac został ponownie przedstawiony wykonawcy robót. W efekcie końcowym pełna naprawa uszczelnienia nastąpiła z użyciem nowej warstwy asfaltowej.

Na obszarze zasadniczego remontu nawierzchni, pod warstwą asfaltu porowatego wykonano warstwę szczelną z asfaltu lanego MA 5 S 20/30. Tym samym zostały wykorzystane w praktycznym zastosowaniu dwie możliwości dotyczące uszczelnienia podłoża zawarte w aktualnie obowiązującej „Instrukcji wykonania warstw asfaltowych z asfaltu porowatego” [1]. Poniżej wykonano warstwę wiążącą zaprojektowaną według zasady mastyksu grysowego zgodnie z „Wskazówkami projektowania i wykonania alternatywnych warstw wiążących” [2], w celu wyeliminowania zjawiska tworzenia się pęcherzy na powierzchni. W przypadku tzw. szczelnych koncepcji projektowania warstw wiążących, na terenie landu Badenia-Wirtembergia sprawdziły się one i zostały zawarte w aktualnych przepisach drogowych w tym kraju związkowym Niemiec.

Koncepcja mieszanki mineralno-asfaltowej z asfaltu porowatego

Ustalając potrzeby materiałowe w odniesieniu do całkowitej powierzchni wymiany nawierzchni, ustalono duże zapotrzebowanie na kruszywo grube o uziarnieniu 5/8 mm do mieszanki asfaltu porowatego. W kraju związkowym Badenia-Wirtembergia kruszywo naturalne o żądanej jakości, tzn. zgodnie z wymaganiami podanymi w wytycznych TL Asphalt-StB 07/13 [3] i [1], nie jest dostępne. W omawianym przypadku można było pokryć zapotrzebowanie na ten materiał poprzez wykorzystanie kruszywa z żużła stalowniczego.

Kruszywo z żużła stalowniczego charakteryzuje się dobrymi właściwościami tzn. poza bardzo dobrym kształtem ziaren, niską zawartością podziarną i nadziarną, a także wysokim wskaźnikiem PSV (PSV₅₈). Łączne zapotrzebowanie na omawiany materiał o uziarnieniu 5/8 mm wyniosło 27 000 ton. Kruszywo zostało wytworzone w okresie 6 miesięcy i następnie w całości wbudowane.

Przed rozpoczęciem realizacji prac związanych z wykonaniem nawierzchni z asfaltu porowatego zlecniodawca zgłosił propozycję dotyczącą możliwości zastosowania jako lepiszcza asfaltu modyfikowanego gumą. W tym zakresie zwrócono uwagę na dobre doświadczenia uzyskane w sąsiednim kraju związkowym, tj. Bawarii, które wskazują na wyraźną poprawę trwałości warstwy w porównaniu z zastosowaniem asfaltu modyfikowanego polimerem PmB 40/100-65.

W przypadku zalecanej modyfikacji, zgodnie z ustaleniami zostały przyjęte jako podstawa wytyczne TL RmB-Stb By [4]. Stosownie do tego zastosowano modyfikację aktywowanym granulatem asfaltowym GRM 40/20 produkcji firmy CTS. Stopień modyfikacji asfaltu wyjściowego 70/100 odbywał się według warunków dostaw [4], tj. w ilości do 33% [v/v] w odniesieniu do całkowitej zawartości lepiszcza. Mieszanka mineralno-asfaltowa posiadała parametry ustalone w pierwszym badaniu typu – jak to podano w tabeli 2.

Jako wypełniacz do mma (<0,063 mm) została użyta mączka wapienna, która zawiera dwutlenek wapnia zgodnie z wymaganiami ustalonymi w przypadku kategorii CC90. Na podstawie badań laboratoryjnych stwierdzono dobre powinowactwo kruszywa grubego do asfaltu modyfikowanego gumą wynoszące 80% po 24 godzinach badania.



Fot. 4. Wbudowanie warstwy ścieralnej z asfaltu porowatego

Automatyczne urządzenia dozujące granulaty asfaltowe nie były zainstalowane w żadnej wytwórni mieszanek mineralno-asfaltowych. Z tego powodu w przypadku dwóch wytwórni konieczne było stosowanie ręcznego sposobu dozowania, co pociągało za sobą konieczność zwiększenia zatrudnienia



Fot. 5. Warstwa SAMI układana na sfrezowanym podłożu (zrezygnowano z modyfikowanego asfaltu gumą)

personelu na wytwórniach. W przypadku trzeciej wytwórni dozowanie następowało poprzez dozator granulatu asfaltowego, na którym wykonano uprzednio dostosowanie wagi oraz oprogramowania EDV.

W rezultacie wielokrotnie wykonanych prób mieszania określony został optymalny czas mieszania składników, tak aby można było zapewnić odpowiednie rozprowadzenie i rozpuszczenie granulatu asfaltowego modyfikowanego gumą. W tego rodzaju przypadkach konsekwencją było obniżenie wydajności mieszania z uwagi na modyfikację gumą, co powinno zostać uwzględnione w fazie planowania wykonania robót.

Dostawy mieszanki mineralno-asfaltowej następowały z trzech wytwórni, przy zachowaniu tych samych parametrów mieszanki, ustalonych w ramach badania przydatności. Z uwagi na szerokość wbudowywania mieszanki do 20 m i wymagania dotyczące wykonania nawierzchni bez szwu podłużnego, było to częściowo konieczne.

Ze względów czasowych w pierwszej fazie robót budowlanych nie była wytwarzana mieszanka mineralno-asfaltowa modyfikowana gumą. Stosowany był projektowany zazwyczaj do warstwy asfaltu porowatego asfalt wysoko modyfikowany polimerem 40/100-65 A. Tym samym na omawianych odcinkach możliwe będzie porównanie trwałości nawierzchni z asfaltu porowatego w odniesieniu do rodzaju użytego lepiszcza.

Tabela 1. Konstrukcje nawierzchni asfaltowych na remontowanych odcinkach

Pełna wymiana nawierzchni			
Konstrukcja 1		Konstrukcja 2	
3,5 cm	SMA 8S, 25//55-5S	4,5 cm	PA 8 RmB G35/70-55
8,5 cm	AC 16BS,25/55-55A	2,0 cm	2,0 cm MA 5S , 20/30
22,0 cm	AC 32 TS, 50/70	6,0 cm	SMA 16 BS, 10/40-65A
		22,0 cm	AC 32 TS, 50/70
Remont nawierzchni		Remont warstwy ścieralnej	
4,5 cm	PA 8 RmB G35/70-55	Konstrukcja 1	
2,0 cm	MA 5S, 20/30	5,0 cm	PA 8 RmB G35/70-55 włącznie z uszczelnieniem (warstwa SAMI)
	SMA 16 BS, 10/40-65A	Konstrukcja 2	
6,0 cm		4,0 cm	SMA 8S, 25/55-55A
		Konstrukcja 3	
		4,0 cm	SMA 11S, 25/55-55 A

Frezowanie i oczyszczanie podłoża

W celu dotrzymania krótkich terminów, co dotyczyło także frezowania, zdecydowano się na użycie trzech wysoko

wydajnych urządzeń frezujących, tak aby było możliwe pozyskanie do 500 t/godz. urobku ze starej nawierzchni. Do podanej ilości materiału z frezowania na budowie konieczne było zapewnienie 50 pojazdów ciężarowych, aby móc odtransportować pozyskany granulatu asfaltowy. Łącznie przewieziono 70 000 ton granulatu.

W zakresie realizacji remontu nawierzchni asfaltowej wymagana była również wysoka dokładność frezowania, tak aby później w przypadku jak największego zmniejszenia hałasu i komfortu jazdy dotrzymać ważnych wymagań w zakresie równości, tj. odchyłki równości wynoszącej 3 mm przy zastosowaniu łaty pomiarowej o długości 4 m.

Z uwagi na ograniczenia czasowe było konieczne również, aby oczyszczanie sfrezowanych powierzchni następowało bezpośrednio po sfrezowaniu.

Przy tym musiał być zapewniony brak obecności pyłu oraz szybkie wysuszenie podłoża, tak aby zapewnione było odpowiednie powiązanie warstwy SAMI z sfrezowanym podłożem.

Umowa na roboty budowlane zawierała w tym zakresie jasne sformułowania. Przykładowo zostało podane, że wykonawca musi dysponować min 4 jednostkami urządzeń do oczyszczania podłoża pod wysokim ciśnieniem, w których maksymalnie ciśnienie wody nie może przekraczać 200 bar, natomiast wydajność odsysania wody musi być większa niż 30 000 m³/h. Łącznie stosowanych było równocześnie nawet osiem tego rodzaju urządzeń oczyszczających.

Tabela 2. Zestawienie parametrów asfaltu porowatego PA 8 RmB G 35/70-55

Parametr	Udział	Wymagania podane w [1] i [4]
Zawartość asfaltu	5,7% (m/m)	4,4% (m/m) (obliczeniowo)
PMB G 35/70-55 składający się z: Asfaltu 70/100 GRM 40/20	3,8% (m/m) 1,9% (m/m)	
Objętość asfaltu	14,2% (v/v)	11,5% (v/v)
Gęstość mieszanki mineralnej	3,934 g/cm ³	
Zawartość wolnych przestrzeni w próbkach Marshalla	25,1% (v/v)	24,0 – 28,0% (v/v)

Wbudowanie warstwy asfaltowej

Wbudowanie warstwy uszczelniającej z asfaltu lanego wykonywane było na całą szerokość nawierzchni przez doświadczonych podwykonawcę. Z uwagi na postawione wymagania w zakresie grubości warstwy wynoszącej 2 cm było konieczne, aby nowa warstwa wiążąca wykazywała się odpowiednią równością oraz aby wyeliminować konieczność korekt wysokości belki rozkładarki asfaltu porowatego.

W przypadku warstwy SAMI zrezygnowano z lepiszcza modyfikowanego gumą. Jako lepiszcze użyto wysoko modyfikowanego asfaltu 40/100-65A.

Wbudowanie warstwy asfaltowej następowało zawsze na pełną szerokość nawierzchni z użyciem nawet czterech rozkładarek. W celu osiągnięcia wymaganej równości rozkładarki były zawsze wyposażone w łatę o odpowiedniej długości (Multiplexki). Podobnie w każdym przypadku stosowano dwa zasobniki pośrednie, aby zapewnić ciągłość wbudowywania mieszanki. Zagęszczanie mieszanki mineralno-asfaltowej następowało przy użyciu nawet do ośmiu sztuk walców stalowych gładkich, wykonujących zagęszczanie równocześnie. Szczególną uwagę poświęcano zalecanemu przedziałowi temperatury zagęszczania, aby uniknąć przegęszczenia warstwy.

Maksymalna dzienna ilość wbudowywanej mieszanki asfaltu porowatego wynosiła 3000 ton. Z uwagi na utrudnienia z powodu ruchu w trakcie wykonania robót, Konsorcjum firm zakupiło w firmie Volz Consulting oprogramowanie o nazwie handlowej BPO Asphalt służące nadzorowi nad produkcją, transportem i wbudowywaniem mieszanek asfaltowych w czasie rzeczywistym. Umożliwiło to optymalizację i tym samym dotrzymanie istniejących zasobów w zakresie produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej, dostaw oraz samego wbudowania.

Zarządzanie jakością

Zapewnienie jakości zarówno w przypadku wytwarzania, jak również wbudowywania poszczególnych mieszanek mineralno-asfaltowych miało duże znaczenie dla wszystkich uczestników budowy. Cel zasadniczy stanowiło uzyskanie możliwie jak najlepszej trwałości nawierzchni.



Fot. 6. Użycie 8 walców na omawianej budowie – cel odpowiednie zagęszczenie warstwy i uzyskanie dobrej równości

Asfalt porowaty reaguje na odchyłki w składzie w sposób bardziej istotny w porównaniu do innych rodzajów mieszanek. Odchyłki w składzie mieszanki mineralno-asfaltowej mogą prowadzić do sytuacji, w której wymagania dotyczące wykonanej warstwy nie zostaną spełnione. Aby uniknąć takiej sytuacji, zapewnienie jakości dotyczy w szczególności dotrzymania wąskich tolerancji w zakresie składu, obok podanych uprzednio prób w zakresie mieszania tzn.:

- wykonania dwóch odcinków próbnych,
- wysokiej częstotliwości prowadzonych badań tzw. wejściowych materiałów, w tym kruszywa frakcji 5/8 mm,
- szybkich analizy składu mieszanek mineralno-asfaltowych realizowanych przez laboratoria na wytwórni,
- zastosowania specjalnych pojazdów transportowych (Thermomulde) do transportu mieszanki oraz zasobników pośrednich w przypadku układania mieszanki,
- stosowania nieniszczących badań gęstości przy wbudowywaniu wszystkich warstw asfaltowych,
- stosowania nieniszczących pomiarów grubości warstw asfaltowych.

Podsumowanie

Pomimo licznych problemów występujących na budowie, a w pierwszym rzędzie napiętych terminów realizacji poszczególnych asortymentów robót, jak również ograniczeń z powodu ruchu, możliwe było wykonanie remontu nawierzchni ściśle według przepisów technicznych, jak również przy zachowaniu odpowiedniej jakości i w założonym przedziale czasowym.

Było to zasługą dużego zaangażowania wszystkich firm i instytucji uczestniczących w realizacji opisanego remontu nawierzchni odcinka autostrady A8.

Bibliografia

- [1] Instrukcja wykonania asfaltowych warstw ścieralnych z asfaltu porowatego; M OPA, Wydanie 2013 r.
- [2] Wskazówki dotyczące planowania i wykonania alternatywnych warstw wiążących H AL. Abi, Wydanie 2015 r.
- [3] Uzupełnienia dotyczące Technicznych warunków umownych w drogownictwie w Badenii-Wirtembergu, ETV StB-BW Część 3, Wydanie 2015 r.
- [4] Techniczne warunki dostaw mieszanki mineralno-asfaltowej do budowy nawierzchni TL Asphalt, Wydanie 2007/ Nowelizacja 2011
- [5] Techniczne warunki dostaw lepizczy asfaltowych modyfikowanych gumą, TL RMB StB By, Wydanie 2010

Opracował **Wiktor Murawski**
na podstawie artykułu „Neuer Offenporiger Asphalt auf der A8”.
Autorzy Sven Gohl i Hagen Stiefel.
Artykuł został zamieszczony w niemieckim czasopiśmie
Asphalt nr 7/2017