



ANDRZEJ PLEWA

Politechnika Białostocka  
a.plewa@pb.edu.pl

## Wpływ ilości dodatku kopolimeru SBS i upłynniacza pochodzenia roślinnego na właściwości techniczne elastomeroasfaltów

Istotny wpływ na właściwości mieszanki mineralno-asfaltowej (MMA) ma zastosowanie do jej wytworzenia lepiszcza. Pomimo że zawartość asfaltu w MMA zawiera się w granicach 4÷7% (m/m), to właściwości mieszanki w głównej mierze wynikają z parametrów technicznych zastosowanego do jej wytworzenia lepiszcza. Badania i analizy wykonane na podstawie programu SHRP [1, 2, 3] wykazują, że jakość asfaltu decyduje: w 40% o odporności MMA na koleinowanie, w 60% na spękania zmęczeniowe i aż w 90% odporności na spękania niskotemperaturowe. Z tego powodu ważne jest, aby stosowane asfalty miały jak najlepsze właściwości techniczne.

Stosowane lepiszcza muszą charakteryzować się odpowiednim zakresem lepkościowości. Zalecana jest duża sztywność w wysokiej temperaturze w okresie letnim oraz odpowiednia elastyczność podczas występowania temperatury ujemnej. Warunkiem niezbędnym jest także uzyskanie odpowiedniego otoczenia kruszywa lepiszczem. Stanowi to podstawę gwarantującą zwiększenie wytrzymałości na obciążenia oraz większą szczelność. W celu zapewnienia wymaganej poprawy właściwości stosowane są modyfikacje asfaltów różnego rodzaju dodatkami. Opracowano wiele metod modyfikacji asfaltów, w których wykorzystuje się związki np. siarki, sole względnie odpady gumowe. Najlepsze rezultaty osiągnięto stosując dodatki polimerów [3, 4].

Modyfikacja polimerami jest techniką znaną od wielu lat. Modyfikowane w ten sposób asfalty stosowane są z powodzeniem w różnych strefach klimatycznych oraz na drogach o bardzo dużym obciążeniu ruchem. Asfalty modyfikowane mają również wady. Zwiększenie elastyczności lepiszcza wiąże się z koniecznością stosowania wyższych temperatur podczas wytwarzania i wbudowywania mieszanek mineralno-asfaltowych. Generuje to większe koszty budowy, a także powoduje zanieczyszczenie środowiska. W wyższej temperaturze lotne części asfaltu przedostają się do atmosfery w większych ilościach. Również energia potrzebna do podgrzania asfaltu i kruszywa stanowi czynnik wpływający na większe zanieczyszczenie środowiska naturalnego. Podstawowym zadaniem upłynniaczy stosowanych do asfaltów jest obniżenie temperatur technologicznych: wytwarzania (poniżej 150°C), wbudowania i zagęszczania mieszanek mineralno-asfaltowych. Przeprowadzone doświadczenia w tej dziedzinie [5, 6, 7, 8] potwierdziły, że możliwa jest produkcja asfaltów upłynnionych dodatkami pochodzenia roślinnego i stosowania ich do wytwarzania MMA. Nowa generacja lepiszczy stanowi mieszaninę asfaltu ponaftowego i oleju roślinnego lub jego pochodnych. O przydatności surowców

roślinnych do upłynniania asfaltów decyduje możliwość przebiegu procesu ich sykatywacji (efekt sieciowania się – polimeryzacji) estrów kwasów tłuszczowych, połączony z odparowaniem lekkich związków węglowodorowych [5]. Wzrost konsystencji kwasów tłuszczowych i estrów tych kwasów w procesie upłynniania zachodzi w wyniku utleniającej polimeryzacji. Kryterium przydatności olejów roślinnych do otrzymywania ekologicznych upłynniaczy asfaltów stanowi łatwość ich utleniania. Podatność na utlenianie zależy od ilości i rozmieszczenia wiązań nienasyconych w łańcuchu węglowodorowym kwasów tłuszczowych. Oleje bogate w kwasy tłuszczowe o trzech i dwóch wiązaniach podwójnych, jak olej lniany i tungowy, określa się mianem „olejów schnących”. Oleje słonecznikowy i sojowy zaliczane są do „olejów półschnących”, natomiast olej rzepakowy do „olejów nieschnących”. Olej rzepakowy charakteryzuje się mniejszą podatnością na utleniającą polimeryzację w porównaniu z olejami schnącymi. Ten rodzaj oleju wymaga stosowania procesu utleniania w wyższej temperaturze, w celu uzyskania produktu, który nadawałby się do zastosowania jako upłynniacz asfaltów drogowych. W Stanach Zjednoczonych i w Europie Zachodniej do upłynniania asfaltów najczęściej stosowane są oleje rzepakowy i lniany, a także ich estry metylowe, olej słonecznikowy oraz ester metylowy kwasów tłuszczowych tego oleju [5].

Dotychczas prowadzone prace badawcze w głównej mierze opierały się na stosowaniu upłynniaczy pochodzenia roślinnego do asfaltów drogowych niemodyfikowanych, względnie do wytwarzania emulsji asfaltowych. Brak jest publikacji opisujących właściwości lepkościowe asfaltów modyfikowanych upłynnionych olejami roślinnymi.

### Przedmiot i metody badań

Do badań laboratoryjnych zastosowano asfalty drogowe: 35/50, 50/70, 70/100, 100/150 i 160/220. Asfalty modyfikowano dodatkiem 3%, 5% i 7% kopolimeru SBS oraz upłynniano dodatkiem 5%, 10%, 15% i 20% upłynniacza pochodzenia roślinnego (UR) – olejem rzepakowym.

W celu dokonania oceny właściwości lepkościowych analizowanych lepiszczy asfaltowych wykonano następujące oznaczenia laboratoryjne:

- penetracji w temperaturze 5°C, 15°C i 25°C,
- temperatury mięknięcia metodą PIK,
- temperatury łamliwości wg Fraassa,
- lepkości dynamicznej w temperaturze 90°C, 110°C, 135°C i 150°C,

- nawrotu sprężystego w temperaturze 25°C,
- energii odkształcenia w temperaturze 5°C.

Na podstawie przeprowadzonych badań laboratoryjnych właściwości reologicznych lepiszczy asfaltowych dokonano wyboru optymalnego rozwiązania lepiszcza asfaltowego pod względem rodzaju asfaltu bazowego, zawartości kopolimeru SBS i ilości dodatku upłynniacza roślinnego. Optymalne lepiszcze ustalono na podstawie trzech etapów oceny:

- etap I: temperatura mięknięcia  $PiK \geq 60^{\circ}C$  (zgodnie z załoženiami [1, 2, 3]),
- etap II: temperatura wytwarzania MMA  $\leq 150^{\circ}C$  – lepkość dynamiczna w temperaturze  $150^{\circ}C \leq 0,2 Pa\cdot s$ ,
- etap III: największa wartość wzrostu nawrotu sprężystego i energii odkształcenia w odniesieniu do lepiszcza bazowego (asfaltu niemodyfikowanego).

## Analiza wyników badań

### Etap I: temperatura mięknięcia $PiK \geq 60^{\circ}C$

W tabeli 1, w ramach przykładu analiz, przedstawiono wyniki badań temperatury mięknięcia  $PiK$  dotyczące asfaltów drogowych 35/50, 50/70, 70/100, 100/150 modyfikowanych 5% kopolimeru SBS i 5%, 10%, 15% i 20% upłynniacza pochodzenia roślinnego (UR).

Tabela 1. Wyniki badań temperatury mięknięcia  $PiK$  dotyczące asfaltów drogowych 35/50, 50/70, 70/100, 100/150 i 160/220 modyfikowanych 5% kopolimeru SBS i 5%, 10%, 15% i 20% upłynniacza pochodzenia roślinnego (UR)

Asfalt:	35/50	50/70	70/100	100/150	160/220
$PiK [^{\circ}C]$					
–	61	53	50	44	40
5%SBS	79	72	66	61	56
5%SBS+5%UR	74	69	60	56	53
5%SBS+10%UR	70	66	58	53	48
5%SBS+15%UR	62	58	53	50	41
5%SBS+20%UR	57	53	48	46	38

Na podstawie badań temperatury mięknięcia  $PiK$  ustalono, że założenia etapu I (temperatura mięknięcia  $PiK \geq 60^{\circ}C$ ) spełniają następujące lepiszcza: 35/50+3%SBS, 35/50+3%SBS+5%UR, 35/50+3%SBS+10%UR, 35/50+5%SBS, 35/50+5%SBS+5%UR, 35/50+5%SBS+10%UR, 35/50+5%SBS+15%UR, 35/50+7%SBS, 35/50+7%SBS+5%UR, 35/50+7%SBS+10%UR, 35/50+7%SBS+15%UR, 35/50+7%SBS+20%UR, 50/70+5%SBS, 50/70+5%SBS+5%UR, 50/70+5%SBS+10%UR, 50/70+7%SBS, 50/70+7%SBS+5%UR, 50/70+7%SBS+10%UR, 50/70+7%SBS+15%UR, 70/100+5%SBS, 70/100+5%SBS+5%UR, 70/100+7%SBS, 70/100+7%SBS+5%UR, 70/100+7%SBS+10%UR, 100/150+5%SBS, 100/150+7%SBS, 100/150+7%SBS+5%UR i 100/150+7%SBS+10%UR.

### Etap II: temperatura wytwarzania MMA $\leq 150^{\circ}C$ – lepkość dynamiczna w temperaturze $150^{\circ}C \leq 0,2 Pa\cdot s$

Spośród lepiszczy wytonionych w ramach etapu I założeniami etapu II, w którym ustalono, że lepkość dynamiczna w temperaturze  $150^{\circ}C$  powinna być mniejsza od  $0,2 Pa\cdot s$  (temperatura wytwarzania MMA  $\leq 150^{\circ}C$ ), tak postawione wymagania spełniają lepiszcza: 50/70+5%SBS+10%UR, 50/70+7%SBS+15%UR, 70/100+7%SBS+10%UR i 100/150+7%SBS+10%UR.

W tabeli 2 przedstawiono wyniki badań lepkości dynamicznej w temperaturze  $150^{\circ}C$  dotyczące asfaltów drogowych 35/50, 50/70, 70/100, 100/150 modyfikowanych 5% i 7% kopolimeru SBS i 5%, 10% i 15% upłynniacza pochodzenia roślinnego (UR).

Tabela 2. Wyniki badań lepkości dynamicznej w temperaturze  $150^{\circ}C$  dotyczące asfaltów 35/50, 50/70, 70/100, 100/150 modyfikowanych 5% kopolimeru SBS i 5%, 10% i 15% upłynniacza pochodzenia roślinnego (UR)

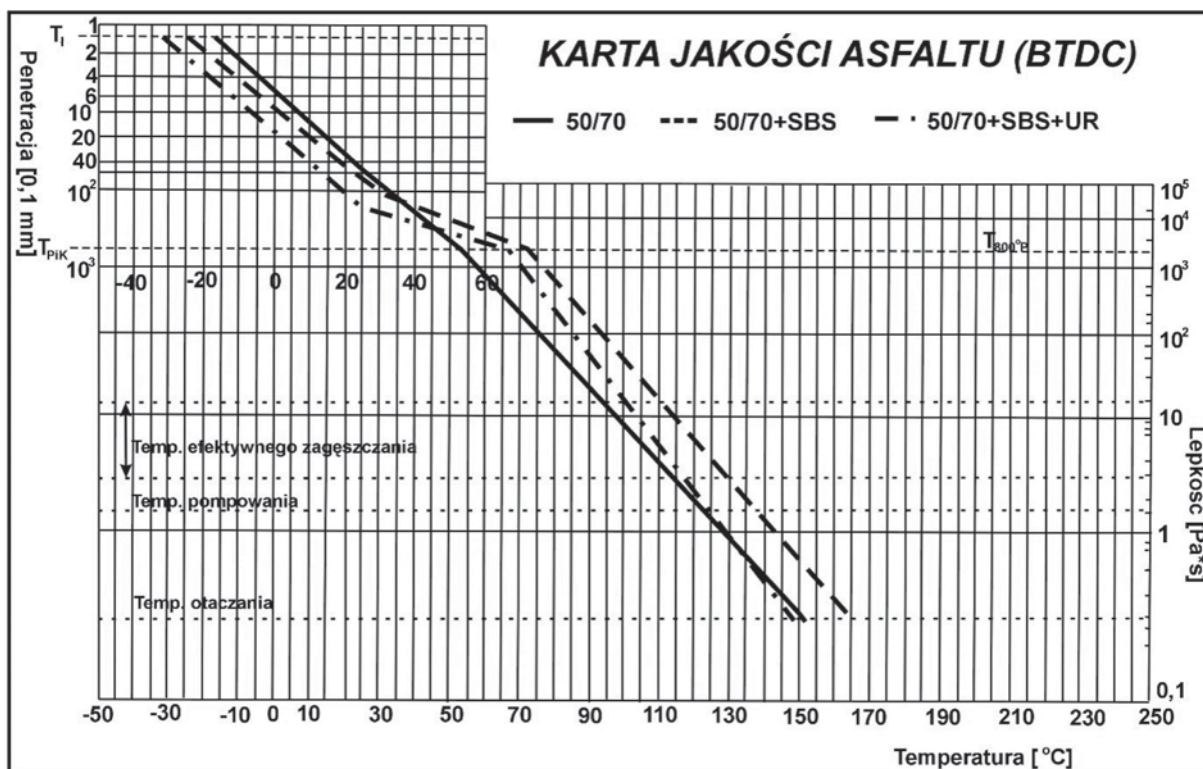
Asfalt:	35/50	50/70	70/100	100/150
lepkość dynamiczna w temperaturze $150^{\circ}C$				
–	0,35	0,24	0,19	0,16
5%SBS	1,32	0,70	0,41	0,29
5%SBS+5%UR	1,18	0,54	0,29	<0,10
5%SBS+10%UR	0,89	0,18	<0,10	<0,10
5%SBS+15%UR	0,61	<0,10	<0,10	<0,10
7%SBS	1,47	0,83	0,62	0,51
7%SBS+5%UR	1,21	0,60	0,49	0,33
7%SBS+10%UR	0,99	0,32	0,21	0,17
7%SBS+15%UR	0,67	0,22	<0,10	<0,10
7%SBS+10%UR	0,44	<0,10	<0,10	<0,10

### Etap III: największa wartość wzrostu nawrotu sprężystego i energii odkształcenia w odniesieniu do asfaltu bazowego

W etapie III analizowano największą wartość wzrostu nawrotu sprężystego i energii odkształcenia lepiszczy modyfikowanych w odniesieniu do lepiszczy bazowych (asfaltu niemodyfikowanego). W tabeli 3 przedstawiono wyniki badań wzrostu nawrotu sprężystego, a w tabeli 4 energii odkształcenia lepiszczy modyfikowanych wytonionych w etapie II.

Tabela 3. Klasyfikacja lepiszczy modyfikowanych ze względu na wartość wzrostu nawrotu sprężystego w odniesieniu do lepiszcza wyjściowego

Asfalt:	Nawrót sprężysty [%]	Wzrost nawrotu sprężystego [%]	Klasyfikacja
50/70	60	–	–
50/70+5%SBS+10%UR	99	93	1
50/70+7%SBS+15%UR	99	93	1
70/100	15	–	–
70/100+7%SBS+10%UR	98	83	2
100/150	32	–	–
100/150+7%SBS+10%UR	99	67	3



Rys. 1. Karta jakości asfaltów 50/70, 50/70+5%SBS i 50/70+5%SBS+10%UR

Tabela 4. Klasyfikacja lepiszczy modyfikowanych ze względu na wzrost energii odkształcenia w odniesieniu do lepiszcza wyjściowego

Asfalt:	Energia odkształcenia [Nmm] (Nmax)	Wzrost energii odkształcenia [%]	Klasyfikacja
50/70	1082 (6,4)	–	–
50/70+5%SBS+10%UR	2287 (8,9)	211 (139)	1 (2)
50/70+7%SBS+15%UR	2098 (10,1)	194 (158)	2 (1)
70/100	655	–	–
70/100+7%SBS+10%UR	1050	160	4
100/150	440	–	–
100/150+7%SBS+10%UR	747	170	3

Analizując wyniki badań nawrotu sprężystego ustalono, że największy wzrost tego parametru lepiszcza z etapu II wykazały w następującej kolejności: 50/70+5%SBS+10%UR i 50/70+7%SBS+15%UR (wzrost o 93%), 70/100+7%SBS+10%UR (wzrost o 84%) i 100/150+7%SBS+10%UR (wzrost o 67%). Ze względu na największą wartość wzrostu energii odkształcenia: 50/70+5%SBS+10%UR (wzrost o 211%), 50/70+7%SBS+15%UR (wzrost o 194%), 100/150+7%SBS+10%UR (wzrost o 170%) i 70/100+7%SBS+10%UR (wzrost o 162%).

Na podstawie przeprowadzonych badań właściwości lepkosprężystych lepiszczy asfaltowych z dodatkiem upłynniaczy pochodzenia roślinnego ustalono, że najlepszymi

parametrami technicznymi charakteryzuje się lepiszcze; asfalt 50/70+5%SBS+10%UR.

W celu wykazania polepszonych właściwości technicznych elastomeroasfaltu upłynnionego olejem roślinnym, na podstawie badań penetracji, temperatury mięknięcia PiK, temperatury tamiwości wg Fraassa i badań lepkości dynamicznej opracowano „Kartę jakości asfaltów” (wykres BTDC) dla lepiszczy: 50/70, 50/70+5%SBS i 50/70+5%SBS+10%UR (rys. 1).

Na podstawie wyników badań przedstawionych na wykresie BTDC (rys. 1) należy stwierdzić, że elastomeroasfalt z upłynniaczem roślinnym (UR) charakteryzuje się najniższą temperaturą wytwarzania mieszanki mineralno-asfaltowej (147°C). Jest to temperatura o niemal 20°C niższa od temperatury w jakiej należałoby wytwarzać MMA z elastomeroasfaltem 50/70+5%SBS. Dostępne na polskim rynku elastomeroasfalty wymagają temperatury wytwarzania mieszanek powyżej 165°C. Obniżenie temperatury wytwarzania MMA przynosi wymierne korzyści ekonomiczne. Elastomeroasfalt z dodatkiem upłynniacza roślinnego charakteryzuje się także najniższą (tj. najbardziej korzystną) temperaturą tamiwości (-33°C) w odniesieniu do pozostałych lepiszczy: elastomeroasfalt (-25°C), asfalt 50/70 (-17°C) (rys. 1). Można więc przewidywać, że warstwy z mieszanki mineralno-asfaltowej z elastomeroasfaltem i upłynniaczem roślinnym będą charakteryzowały się najwyższą odpornością na spękania niskotemperaturowe. Temperatury mięknięcia PiK jakie oznaczono dla analizowanych lepiszczy asfaltowych to: 50/70+5%SBS+10% UR – 67°C, 50/70+5% SBS – 72°C, 50/70 – 53°C.



## Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych zakresów badań i analiz właściwości lepko sprężystych asfaltów modyfikowanych kopolimerem SBS i dodatkiem upłynniacza pochodzenia roślinnego można sformułować następujące wnioski:

- najkorzystniejszymi właściwościami reologicznymi charakteryzuje się asfalt otrzymany na bazie asfaltu 50/70 z dodatkiem 5% SBS i 10% upłynniacza roślinnego,
- można zakładać, że wbudowane w warstwy nawierzchni mieszanki mineralno-asfaltowe z elastomeroasfaltem z upłynniaczem roślinnym będą charakteryzowały się większą odpornością na spękania niskotemperaturowe w odniesieniu do mieszanek mineralno-asfaltowych z zastosowaniem asfaltów niemodyfikowanych i elastomeroasfaltów,
- dodatek upłynniacza roślinnego pozwala obniżyć lepkość asfaltu na czas wytwarzania i wbudowania MMA. Uzyskuje się dzięki temu wymierne korzyści ekonomiczne, jak również pozwala to korzystnie oddziaływać na środowisko naturalne poprzez zmniejszenie wielkości emisji substancji szkodliwych powstających w trakcie wytwarzania i wbudowywania MMA,
- dodatek upłynniacza roślinnego zwiększa penetrację asfaltów i powoduje obniżenie temperatury łamliwości wpływając korzystnie na odporność na spękania w niskiej temperaturze.

## Bibliografia

- [1] Sybilski D., Mirski K., „Dobór nawierzchni do asfaltu w polskich warunkach klimatycznych z uwzględnieniem procedur SHRP/Superpave”, VI Międzynarodowa Konferencja „Trwałe i bezpieczne nawierzchnie drogowe”, Kielce 2000, tom I, s. 213.
- [2] Sybilski D. „Zastosowanie metod SHRP do oceny nawierzchni dróg w Polsce”, IBDiM, Studia i materiały, Warszawa 2000, zeszyt 50.
- [3] Radziszewski P., Piłat J., Król J., Kowalski K., Sarnowski M.: „Weryfikacja wymagań i metod oceny właściwości lepko sprężystych krajowych asfaltów i asfaltów modyfikowanych, GDDKiA, Warszawa 2011.
- [4] Plewa A., Belyaev P. S., Andrianov K. A., Zubkov A. F., Frolov V. A.: “The Effect of Modifying Additives on the Consistency and Properties of Bitumen Binders”, *Czasopismo Advanced Materials and Technologies* - Nr 4 (2016), s. 35-40. Moskwa-Tambov (Rosja) 2016.
- [5] Niczke Ł., Czechowski F., Gawel I.: „Oxidized rapeseed oil methyl ester as a bitumen flux: Structural changes in the ester during catalytic oxidation, *Elsivier, Progress in Organic Coatings*, Volume 59, Issue 4, 2 July 2007, P. 304–311.
- [6] DeLong W. M., „Asphalt release agent”, The Chemmark Corporation, Patent nr (USA) US5494502 A, (Niemcy) DE69528278 D1, 27 Luty 1996.
- [7] Gawel I., Piłat J., Radziszewski P., Niczke Ł., Król J., Sarnowski M.: „Bitumen fluxes of vegetable origin”, *Polimery* No LV, 1/2010, s.55-60.
- [8] [http://www.nynas.com/Global/Bitumen%20for%20paving%20applications/Global/Perf%20Mag/2010\\_2POL.pdf](http://www.nynas.com/Global/Bitumen%20for%20paving%20applications/Global/Perf%20Mag/2010_2POL.pdf) (21.05.2015r.).

## Z serwisu GDDKiA

### Przyspiesza budowa tunelu na Zakopiance

#### S7 Lubień – Rabka Zdrój

Budowa S7 od Lubnia do Rabki Zdroju rozpoczęła się w 2016 r. Na odcinku ok. 16,7 km nowej drogi (w tym 15,8 km ekspresowej) oprócz dwukomorowego tunelu o długości 2,06 km, który stanowił będzie 12,3% całej trasy, wybudowane zostanie 38 obiektów inżynierskich (mosty, wiadukty, estakady). Inwestycja została podzielona na trzy odcinki realizacyjne:

- S7 Lubień – Naprawa,
- S7 Naprawa – Skomielna Biała,
- S7 Skomielna Biała – Chabówka.

Zakończenie prac na odcinku Skomielna Biała – Naprawa jest planowane na koniec 2020 r. Następnie planowane są odbiory techniczne. Budowa pozostałych odcinków S7 Lubień – Rabka, tj. Lubień – Naprawa oraz Skomielna Biała – Rabka – Chabówka, zakończy się wcześniej, w 2018 i 2019 r.

Umowa z polsko-ukraińskim konsorcjum przedsiębiorstw: IDS-BUD S.A z Warszawy i Korporacją ALTIS-HOLDING z Kijowa podpisana została 29 czerwca 2016 r. Na realizację drogi konsorcjum ma 22 miesiące od daty zawarcia umowy. Na tym odcinku drogi ekspresowej oprócz dwujezdniowej drogi klasy S o długości 7,6 km powstaną m.in. dwa MOP-y: „Lubień” i „Krzeczów” i 10 obiektów inżynierskich (mosty, wiadukty) i 6 małych mostków na potoku Krzywańskim.

#### S7 Naprawa – Skomielna Biała

Umowa na realizację tego odcinka została podpisana 29 czerwca 2016 r, a włoska firma Astaldi ma go wykonać w ciągu 54 miesięcy od daty podpisania umowy. Na odcinku o długości 3,1 km powstanie dwukomorowy tunel o długości ok. 2,06 km (czyli w praktyce trzeba wydrążyć ponad 4 km tunelu), z awaryjnymi przejściami między komorami, dwoma portalami oraz pełną infrastrukturą i wyposażeniem technicznym.

#### Tunel na Zakopiance

Do 9 października 2017 r. dwie nitki tunelu drążone były tylko od strony północnej, czyli w Naprawie. Od 9 października br. rozpoczęło się drążenie także od strony południowej, w miejscowości Skomielna. Tunel jest bu-

dowany w trudnym geologicznie terenie fliszu karpackiego, na który składają się różne warstwy geologiczne. Z tego powodu tunel jest budowany techniką drążeniową bez użycia tarcz. Cała konstrukcja tunelu będzie się składać z dwóch osobnych komór pod górą Luboń Mały, połączonych tunelami technicznymi. W każdej z komór znajdzie się osobna jezdnia. Obie nitki tunelu będą wyposażone w wentylację oraz wszystkie niezbędne dla bezpieczeństwa ruchu urządzenia, włącznie z wyjściami awaryjnymi.

Od strony północnej wydrążono już, wraz z obudową tymczasową, 266 metrów tunelu prawego, wykonano 192 metry spagu (część, po której zostanie poprowadzona jezdnia) oraz 83 metry stropu obudowy stałej. Na lewej nitce wydrążono wraz z obudową tymczasową 235 metrów, wykonano 161 metrów spagu oraz 70 metrów stropu obudowy stałej. Trwają prace przy budowie muru oporowego przed portalem południowym tunelu, od strony Skomielnej Białej: skarpa nad murem wzmocniona została kotwami gruntowymi, wykonano też mur górny wraz z palisadą dodatkową u podnóża skarpy, mur środkowy, mikropale kotwiące dla palisady dodatkowej.

Na odcinku S7 Naprawa – Skomielna Biała wykonawca, firma Astaldi, stosuje metodę kontrolowanej deformacji A.DE.CO.–RS (analiza deformacji kontrolowanych w skałach i gruntach).

#### S7 Skomielna Biała – Chabówka – Rabka Zdrój

Umowa na budowę S7 Skomielna – Rabka Zdrój i dk 47 Rabka Zdrój – Chabówka została podpisana 31 marca 2016 r. z włoską firmą Salini, która na realizację drogi ma 22 miesiące od daty zawarcia umowy. Oprócz dwujezdniowej drogi o długości 6,1 km powstaną m.in. dwa węzły drogowe „Skomielna Biała” i „Zabornia”, Obwód Utrzymania Drogi Ekspresowej, 17 obiektów inżynierskich (wiadukty, estakady), w tym najdłuższy, liczący 992 metry oraz 4 małe mostki na ciekach przy węźle „Skomielna”.

Droga ekspresowa zakończona będzie węzłem Zabornia w Rabce Zdroju, do którego dobudowany zostanie fragment dk 47 (dwujezdniowy) do Chabówki, gdzie będzie włączony do istniejącej już dwujezdniowej dk 47 Chabówka – Rdzawka.

Źródło: Ministerstwo Infrastruktury i Budownictwa

09–10–2017