

## Warstwy ścieralne z asfaltu porowatego na terenie Dolnej Saksonii

**Intensywny ruch drogowy skutkuje dużym poziomem emisji hałasu drogowego. Drenażowe warstwy ścieralne z asfaltu porowatego stały się, szczególnie w okresie ostatnich 20 lat, interesującą, ekonomiczną i efektywną metodą redukcji hałasu, stanowiąc rozwiązanie alternatywne dla ekranów przeciwhałasowych, względnie innego rodzaju zabezpieczeń. Od 1996 r. na głównych drogach krajowych na terenie niemieckiego landu Dolna Saksonia wbudowano warstwy ścieralne z asfaltu porowatego, w celu obniżenia emisji hałasu na odcinkach o łącznej długości 130 km, z czego znaczna część doświadczeń została zlokalizowana na autostradzie A2.**

Rzeczywisty okres przydatności eksploatacyjnej warstw ścieralnych wykonanych z asfaltu porowatego na terenie Dolnej Saksonii ocenia się już od ponad 10 lat. W 2005 r. rozpoczęto pierwsze działania naprawcze. Skuteczność redukcji powstającego hałasu została w tym okresie zredukowana, przy czym techniczne pomiary emisji hałasu dla asfaltowych warstw ścieralnych z asfaltu porowatego o okresie użytkowania od pięciu do dziewięciu lat na autostradzie A2, wykazywały obniżenie poziomu hałasu (wartość korygująca  $D_{StrO}$ ) na poziomie od  $-8,0$  dB (A) do  $-5,1$  dB (A). Według Federalnego Instytutu Drogowego, warstwy ścieralne z asfaltu porowatego PA 8 w Niemczech po ośmioletnim okresie użytkowania wykazują redukcję hałasu o  $-5$  dB (A). Taka skuteczność jest nadal nieporównywalna i nieosiągalna dla innych rozwiązań w tym zakresie rozwiązań w tym nawierzchni określanych w Niemczech jako ciche nawierzchnie asfaltowe.

### Podstawy stosowania asfaltu porowatego

Ruch drogowy w Niemczech stanowi znaczące źródło emisji hałasu. Co trzeci obywatel tego kraju czuje się silnie narażony na skutki hałasu drogowego (UBA 2011). Co piąty obywatel Niemiec nie może spokojnie spać, pomimo zamkniętego okna. Obciążenie hałasem drogowym, szczególnie kiedy utrudnia sen, może skutkować zaburzeniami zdrowotnymi – między innymi zwiększonym ryzykiem powstania nadciśnienia tętniczego oraz zawałem serca (WHO 2009). Stały wzrost ruchu drogowego prowadzi do dalszego zaostrzenia sytuacji.

W obrębie miast – przy maksymalnej dopuszczalnej prędkości poruszania się pojazdów do 60 km/h (ruch ciężki), względnie do 40 km/h (samochody osobowe) – hałas od ruchu drogowego wynika w pierwszym rzędzie z pracy silników pojazdów, co ma miejsce pomimo coraz lepiej zabezpieczonych obudów silników ograniczających emisję hałasu. Oprócz tego równa i pozbawiona szczelin nawierzchnia, zapobiega powstawaniu niepotrzebnych odgłosów powodowanych szczelinami i różnego rodzaju nierównościami.

Przy prędkościach pojazdów powyżej 60 km/h, które są zwykle dozwolone na drogach krajowych, obwodnicach i autostradach, przeważa postrzegany jako niepokojący hałas wywołany toczeniem się opon kół pojazdów po nawierzchni. W podanej sytuacji warstwy ścieralne z asfaltu porowatego pozwalają efektywnie zmniejszyć poziom hałasu. Wolne przestrzenie w warstwie ścieralnej z asfaltu porowatego zmniejszają tak zwany efekt pompowania powietrza, który powoduje wypieranie powietrza wskutek kompresji i dekompresji powietrza znajdującego się pomiędzy profilem opony i powierzchnią nawierzchni, co prowadzi do powstania odgłosów określanых jako „syczenie”. Dzięki wolnym przestrzeniom oraz przy równej nawierzchni minimalizuje się odgłosy powstające wskutek drgania opon. Za trzeci efekt redukcji wytwarzanego hałasu drogowego uważa się zmniejszenie również dzięki występowaniu wolnych przestrzeni w warstwie ścieralnej efektu określanego jako efekt klaksonu.

Asfalty porowate nowej generacji, z uwagi na odpowiednią i zawartość wolnych przestrzeni, oferują przestrzeń rezonansową, w efekcie której po wbudowaniu wykazują zmniejszenie poziomu hałasu o max.  $-9$  dB (A) względnie długotrwały efekt zmniejszenia poziomu hałasu o max.  $-5$  dB (A). Stąd też, na początku okresu użytkowania ma się wrażenie, że warstwy ścieralne z asfaltu porowatego są o połowę mniej głośnie niż tradycyjne asfaltowe warstwy ścieralne, którym nie jest przypisywane oddziaływanie w zakresie obniżenia hałasu.

W sytuacji, gdy kierowcy odczuwają przyjemność z jazdy po warstwie ścieralnej z asfaltu porowatego w ciągu dnia warstwy te z reguły wykazać muszą swoje optymalne właściwości dopiero w porze nocnej, jako że w pierwszym rzędzie wymogiem jest przestrzeganie granicznych wartości emisji hałasu o tej porze. Wymagania w stosunku do poziomu hałasu są wyższe nocą niż w ciągu dnia. W porze nocnej udział pojazdów ciężarowych w ruchu drogowym w stosunku do udziału pojazdów osobowych jest wyższy, należy zatem przypisać szczególne znaczenie zmniejszeniu odgłosów wywołanych przez ten rodzaj pojazdów.

Mieszanina odgłosów wywołana przez pojazdy ciężkie może być skutecznie tłumiona dzięki zastosowaniu warstw ścieralnych z asfaltu porowatego. Nowsze doświadczenia z zakresu tak zwanych alternatywnych mieszanek mineralno-asfaltowych tłumiących hałas nie są w stanie wydajnie i w długim okresie czasu wykazywać właściwości redukujących poziom emitowanego hałasu.

Przy uwzględnieniu metody oddziaływania warstw ścieralnych z asfaltu porowatego, ich zastosowanie jest ograniczone do dróg o minimalnej prędkości 50 km/h przy płynnym ruchu. Warstwy ścieralne z asfaltu porowatego nie powinny być wbudowywane na obszarach, na których należy liczyć

się z zanieczyszczeniem i zatykaniem wolnych przestrzeni, na przykład w przypadku ruchu rolniczego lub w przypadku, gdy drzewa zrzucają liście w bezpośrednim sąsiedztwie drogi. Asfalt porowaty jest typem nawierzchni mniej odpornej na naprężenia ścinające, co jest spowodowane punktowym kontaktem ziaren kruszywa asfaltowej warstwy ścieralnej. Zastosowanie na skrzyżowaniach, na drogach wylotowych lub w innych miejscach o wysokim udziale ruchu skręcającego (szczególnie w przypadku ruchu ciężkiego), a także na przystankach autobusowych, w obszarach z zakrętami i ruchem okrężnym, nie jest zatem zalecane.

Skuteczność redukcji hałasu przez warstwę ścieralną z asfaltu porowatego przez strukturę i połączenia wolnych przestrzeni, grubość warstwy oraz jedno- lub dwuwarstwowe wbudowywanie wpływają na cechy redukujące hałas w warstwach ścieralnych z asfaltu porowatego. Jednowarstwowe warstwy ścieralne z asfaltu porowatego powinny być wbudowywane praktycznie wyłącznie z PA 8 przy grubości warstwy 4,5 do 6,0 cm. W przypadku dwuwarstwowej nawierzchni z asfaltu porowatego, dolna warstwa tradycyjnego asfaltu porowatego powinna być wbudowywana w zależności od rodzaju mieszanki w warstwie o grubości od 4,0 do 6,0 cm. Dolna warstwa powinna przede wszystkim stanowić tzw. przestrzeń rezonansową dla absorpcji akustycznej. Górna warstwa z asfaltu porowatego PA 8 wykonana w celu osiągnięcia możliwie równej powierzchni, służy jako filtr przeciw zanieczyszczaniu wolnych przestrzeni. W przypadku jedno-warstwowej warstwy ścieralnej z asfaltu porowatego stosuje się praktycznie wyłącznie asfalt porowaty PA 8.

## Skład i właściwości warstwy

Wymagania dotyczące składu i właściwości asfaltu porowatego zostały w Niemczech opisane w dokumentach TL Asphalt-StB 07, ZTV Asphalt-StB, a także w instrukcji M OPA (wydanie 2013). W celu zapewnienia długotrwałej redukcji hałasu, należy osiągnąć wysoką zawartość wolnych przestrzeni. Zgodnie z dotychczasowymi doświadczeniami, zawartość ta powinna wynosić min. 22% (v/v) w stanie zagęszczonym. Z tego powodu powinno projektować się asfalt porowaty w zalecanym przedziale wartości granicznych zgodnie z TL Asphalt-StB 07, tabela 1.

## Wytwarzanie i wbudowywanie

Przy wytwarzaniu asfaltu porowatego należy uwzględnić jego charakterystyczne właściwości. W porównaniu do produkcji klasycznych mieszanek mineralno-asfaltowych typu zagęszczanego, należy brać pod uwagę fakt, że grube ziarna kruszywa, wskutek zredukowanego udziału wypełniacza i ziaren drobnych kruszywa w bębnie suszącym, trafiają praktycznie bezpośrednio na płomień palnika suszarki i są silniej nagrzewane. Z tego powodu należy przedsięwziąć środki zaradcze, aby uniknąć silnego, szkodliwego nagrzania kruszywa, a w konsekwencji także lepiszcza, a ponadto spływania lepiszcza z kruszywa. Podczas całego procesu produkcyjnego mieszanki mineralno-asfaltowej, należy prze-

Tabela 1. Wymagania zgodnie z wytycznymi TL Asphalt StB-07 i ZTV Asphalt StB 07 jak również z zaleceniami podanymi w M OPA odnośnie składu asfaltu porowatego

Oznaczenie <sup>1)</sup>	Jednostka	PA 8	PA 11 <sup>2)</sup>	Pa16 <sup>2)</sup>
<b>Mieszanka kruszywowa</b>				
Przechodzi przez sito				
• 22,4	%(m/m)	–	–	100
• 16	%(m/m)	–	90 – 100	100
• 11,2	%(m/m)	100	90 – 100	5 – 15
• 8	%(m/m)	90 – 100	5 – 15	–
• 5,6	%(m/m)	5 – 15	–	–
• 2	%(m/m)	5 – 15	5 – 15	5 – 15
• 0,063	%(m/m)	3 – 5	3 – 5	3 – 5
Zawartość stabilizatora	%(m/m)	≥ 0,5	≥ 0,4	≥ 0,3
Polerowalność kruszywa	PSV	≥ 54	Brak wymagań	
Kształt ziaren grubych	SI	≤ 10		
<b>Lepiszczce</b>				
Rodzaj i gatunek asfaltu		40/100–65 A		
Minimalna zawartość asfaltu <sup>3)</sup>		B <sub>min6,5</sub>	B <sub>min6,0</sub>	B <sub>min5,5</sub>
Objętość asfaltu	%(v/v)	≥ 11	≥ 10	
<b>Mieszanka mineralno-asfaltowa</b>				
Zawartość wolnych przestrzeni w próbkach Marshalla	%(w/w)	24,0 – 28,0		
<b>Właściwości wykonanej warstwy</b>				
Wskaźnik zagęszczenia	%	≥ 97 <sup>5)</sup>		
Zawartość wolnych przestrzeni	%(v/v)	22,0 – 28,0		
<i>Grubość, jednowarstwowo na warstwie szczelnej z:</i>				
• asfaltu lanego	cm	4,5 – 5,0	–	
• sprysk asfaltem <sup>4)</sup>	cm	5,0 – 6,0	–	
<i>Grubość, dwuwarstwowo na warstwie szczelnej z:</i>				
• asfaltu lanego	cm	3,0 – 3,5	4,0 – 5,0	
• sprysk asfaltem <sup>4)</sup>	cm	3,0 – 3,5	5,0 – 6,0	

1) zalecenia są podane drukiem pochylonym tzw. kursywą

2) zastosowanie do dolnej warstwy nawierzchni w przypadku wykonywania dwóch warstw z asfaltu porowatego

3) wartości odnoszone do gęstości kruszywa 2,65 g/cm<sup>3</sup>

4) grubość warstwy włącznie z warstwą uszczelnienia z asfaltu

5) w przypadku asfaltu porowatego PA 16 zalecenia wg M OPA

strzeżać utrzymania stałej temperatury w przedziale pomiędzy 140 a 170°C.

Ze względu na dużą zawartość wolnych przestrzeni, schłodzenie asfaltu porowatego przebiega szybciej niż w przypadku mieszanek tradycyjnych. Konieczne jest, aby odcinek i czas transportu między wytwórnią mieszanki a budową był jak najkrótszy. Również z tego powodu asfalt porowaty nie powinien być wbudowywany przy temperaturze powietrza poniżej +10°C, również przy opadach deszczu lub przy silnym wietrze.

Z technicznego punktu widzenia, w celu uzyskania optymalnych właściwości, warstwy ścieralne z asfaltu porowatego powinny być wbudowywane pełną szerokością nawierzchni. Na autostradach czy też drogach o szerokości nawierzchni większej od szerokości stołu zastosowanej rozkładarki, wbudowywanie asfaltu porowatego powinno być wykonywane z pomocą kilku stopniowo poruszających się rozkładarek metodą „gorące przy gorącym”. W razie potrzeby roboty należy prowadzić przy zastosowaniu nawet czterech rozkładarek. W celu uzyskania równej i jednorodnej warstwy ścieralnej, rozkładarka powinna poruszać się ze stałą prędkością, natomiast dodatkowo można zastosować podajnik pośredni do rozładunku mieszanki asfaltu porowatego (fot. 1).



Fot. 1. Wbudowywanie asfaltu porowatego

Warstwa ścieralna z asfaltu porowatego powinna być zagęszczana walcami gładkimi. Początek zagęszczania jest zależny od lepkości lepiszcza i jego temperatura powinna wynosić przy jednoczesnym uwzględnieniu szybszego schłodzenia asfaltu porowatego od 130 do 150°C. Z uwagi na wysoką zawartość wolnych przestrzeni w warstwie asfaltowej i wysokiej sile sklejanego lepiszcza, konieczne jest także zastosowanie większej ilości wody do skrapiania wałów walców, aby uniknąć przyklejania do nich mieszanki. Górna powierzchnia warstwy ścieralnej z asfaltu porowatego nie powinna być uszorstniana, ponieważ materiał uszorstniający może przenikać w wolne przestrzenie ułożonej warstwy. Jeśli chodzi o bezpieczeństwo ruchu drogowego, zaleca się wprowadzenie ograniczenia prędkości do momentu uzyskania odpowiedniej szorstkości nawierzchni. Roboty związane z odwodnieniem, wyposażeniem drogi, wykańczaniem skarp i obsypaniem humusem, jak i prace siewne należy zakończyć przed wbudowaniem asfaltu porowatego, aby uniknąć uszkodzeń lub zanieczyszczeń warstwy ścieralnej.

Wbudowywanie asfaltu porowatego na obiektach mostowych jest zasadniczo zabronione przez Okólnik Ministerstwa Transportu (BMVBW 2004). Może być dopuszczone tylko przy wyraźnej zgodzie Ministerstwa Transportu. Powodem tego jest fakt, że wbudowywanie asfaltu porowatego na obiektach mostowych nie może być postrzegane jako proces pewny i porównywalnie trwałe ze względu na swoje ce-

chy szczególne. Nowsze doświadczenia, które zostały zdobyte przy przebudowie węzła autostradowego Brunzshwik – Południowy Zachód pokazują jednak, że wbudowywanie asfaltu porowatego na obiektach mostowych może okazać się skuteczne. Jedynie w rejonie dylatacji mostowych między drogą a obiektem mostowym, ze względów technicznych, wbudowano wąski pas z asfaltu lanego (fot. 2) tak, że skuteczność tłumienia hałasu przez warstwę ścieralną z asfaltu porowatego jest zachowana i jest do osiągnięcia.



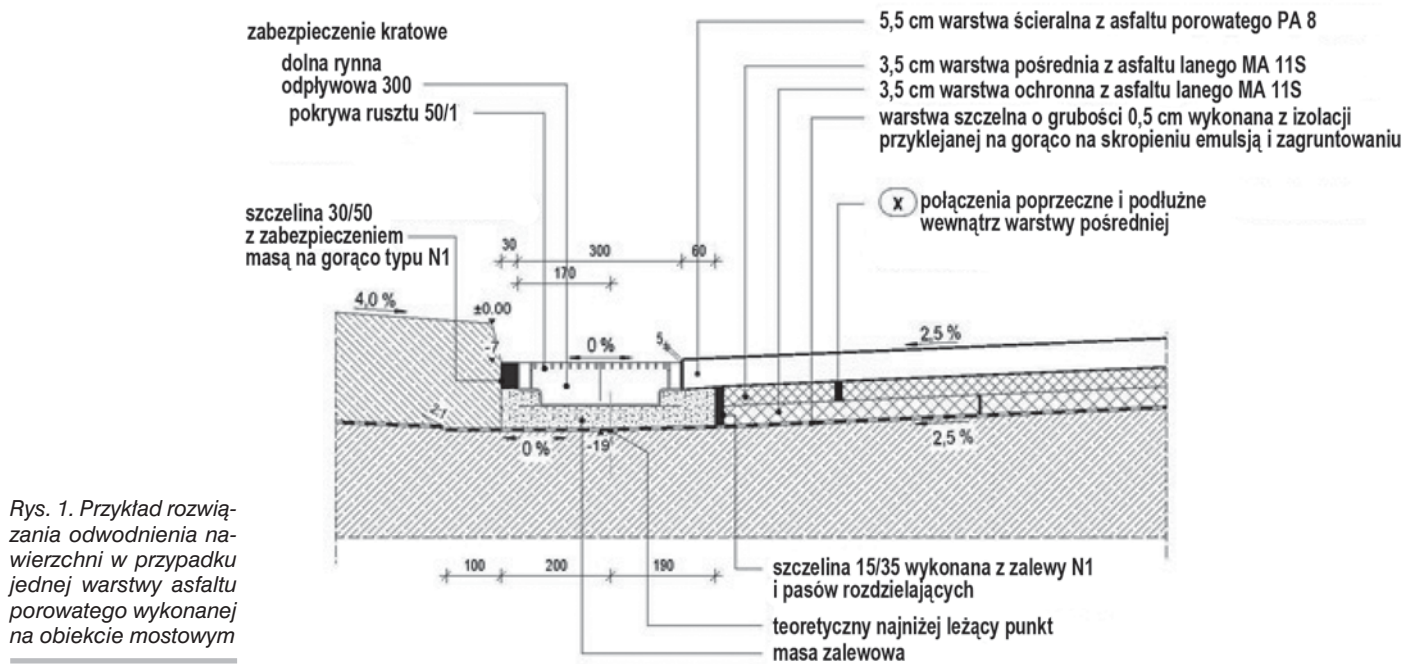
Fot. 2. Wykonanie konstrukcji przejściowej pomiędzy odcinkiem drogi na szlaku a obiektem mostowym z użyciem asfaltu lanego

## Odwodnienie warstw z PA

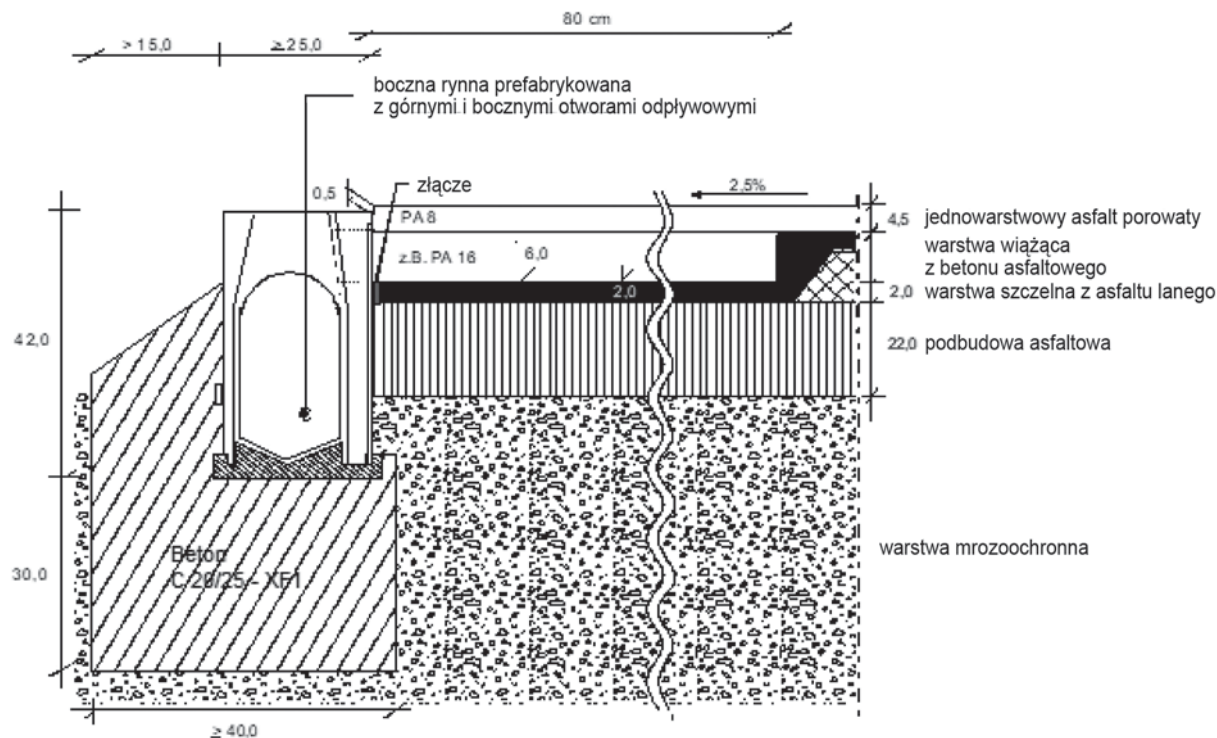
Warstwa ścieralna z asfaltu porowatego zależnie od konstrukcji nawierzchni asfaltowej nie uszczelnia niżej leżących warstw nawierzchni. Z tego powodu, na podłożu pod warstwę ścieralną z asfaltu porowatego (zwykle na warstwie wiążącej), trzeba wykonać uszczelnienie, po którym woda wnikająca w warstwę ścieralną jest odprowadzana. W przeszłości uszczelnienie było z reguły wykonywane poprzez nałożenie warstwy lepiszcza. W międzyczasie doszło do zmiany i wbudowywano warstwę uszczelnienia z asfaltu lanego o grubości 2 cm. Przyczyną tego było to, że lepiszcze z warstwy uszczelniającej na granicy warstw przenikało do wolnych przestrzeni warstwy ścieralnej z asfaltu porowatego i miało negatywny wpływ na skuteczność tłumienia hałasu tej warstwy.

Uszczelnienie wykonane z asfaltu lanego gwarantuje długotrwałe korzyści finansowe: podczas prac remontowych nawierzchni jest możliwe usunięcie tylko asfaltu porowatego poprzez frezowanie, tak żeby uszczelnienie z asfaltu lanego mogło być zachowane i asfalt porowaty mógł być zastąpiony warstwą tej samej grubości. Przy zastępowaniu warstwy ścieralnej z asfaltu porowatego na uszczelnieniu z lepiszcza, asfalt porowaty i uszczelnienie muszą być odnowione, co przyczynia się do osłabienia warstwy ścieralnej, a po drugie do powstawania grubszej warstwy z asfaltu porowatego.

W celu odwodnienia warstwy ścieralnej z asfaltu porowatego konieczne jest wykonanie konkretnych działań. Przy ograniczeniach krawędziowych, przykładowo na obiektach



Rys. 1. Przykład rozwiązania odwodnienia na powierzchni w przypadku jednej warstwy asfaltu porowatego wykonanej na obiekcie mostowym



Rys. 2. Przykład rozwiązania bocznego odpływu w formie rynny skrzynkowej wykonanej z polimerobetonu. Wymiary w cm

mostowych lub przy ekranach akustycznych należy stosować rowki odwadniające, które posiadają jednostronne otwory odpływowe (rys. 1 i 2). Górna krawędź uszczelnienia musi leżeć na wysokości dolnej krawędzi bocznych otworów odpływowych danego rowka odpływowego, żeby woda wnikać w warstwę ścieralną z asfaltu porowatego mogła przemieszczać się po uszczelnieniu do otworu odpływowego.

Jeśli grubość i wysokość warstwy ścieralnej z asfaltu porowatego nie jest ograniczona przez uwarunkowania zewnętrzne, tak jak ma to miejsce na obiektach mostowych, okazuje się, że o ile na pozostałym obszarze wbudowana została tylko jednowarstwowa warstwa ścieralna z asfaltu

porowatego, przed rowkiem odpływowym należy wbudować 60–80 cm pas z dwuwarstwowego asfaltu porowatego. Dzięki temu woda przenikająca do warstwy ścieralnej może być lepiej i sprawniej odprowadzona. Na obiektach mostowych rowki odpływowe muszą posiadać określoną szerokość i odpowiedni kształt siatki, aby zapewnić równomierne i wystarczające odprowadzenie wody (rys. 2).

Na odcinkach bez ograniczeń krawędziowych, na których woda bezproblemowo może być odsączana przez pobocze, nie ma konieczności stosowania urządzeń odwadniających. W celu wyeliminowania zjawiska zanieczyszczenia wolnych przestrzeni przez materiał gruntowy i zapewnienia długo-

trwałego odwodnienia, pod warstwą ścierną z asfaltu porowatego należy wykonać istniejącą warstwę szerszą o 10 cm. Z tego samego powodu, uszczelnienie powinno znajdować się ok. 1–3 cm nad powierzchnią pobocza.

## Praktyczne doświadczenia w Dolnej Saksonii od 1996 r.

### Zastosowanie asfaltu porowatego

Od 1996 r. na terenie Dolnej Saksonii mieszankę asfaltu porowatego wbudowano na drogach o łącznej długości 130 km, z czego tylko na autostradzie A2 znajduje się około 87 km (67%) (rys. 3). Pozostałe odcinki o łącznej długości 42 km znajdują się również na autostradach A1, A7, A30 i A39, jak również na odcinku drogi krajowej B4 (fot. 3). W Dolnej Saksonii asfaltowe warstwy ścierną stosuje się w głównej mierze ze względu na ochronę przed hałasem na podstawie decyzji o planowaniu oraz sporadycznie w przypadku remontów. To rozwiązanie stanowi alternatywę dla podwyższania ekranów przeciwhałasowych oraz wykonywania różnego typu obudów. W odniesieniu do czasu użytkowania asfaltowych warstw ścierną z asfaltu porowatego wyróżnia się żywotność strukturalną i żywotność ze względu na skuteczność redukcji hałasu.

Rys. 3. Zastosowanie warstwy ścierną z asfaltu porowatego na terenie Dolnej Saksonii



Fot. 3. Warstwa ścierną z asfaltu porowatego na autostradzie A2 na północ od Brunshwiku

### Żywotność nawierzchni z PA

Odcinki z zastosowaniem asfaltu porowatego na autostradzie A2, które zostały wbudowane po raz pierwszy pomiędzy

Rys. 4. Wiek warstw ścierną z asfaltu porowatego na autostradzie A 2 w trakcie prowadzonych prac remontowych



1996 a 2000 r., które były od 2005 r. sukcesywnie odnawiane, zostały poddane generalnemu remontowi w 2013 r. Średnia żywotność warstw ścierną z asfaltu porowatego wynosiła zatem ponad 10 lat. Po przekroczeniu okresu użytkowania wynoszącego 12 lat, spadek komfortu jazdy jest odczuwalny (rys. 4).

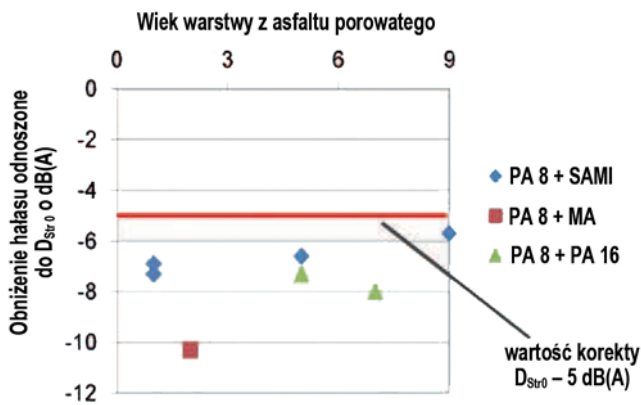
Według posiadanych danych, warstwy ścierną z asfaltu porowatego w pierwszym roku wykazują niekiedy znaczne uszkodzenia wskutek wypadków polegających na poruszeniu się pojazdu tylko na feldzie bez opony, a więc uszkodzenie stanowi rezultat innych przyczyn aniżeli ruchowe. W połowie okresu użytkowania powstają uszkodzenia głównie w obszarze pasów przyspieszania i spowalniania, przejścia pomiędzy obiektami budowlanymi (wykonanymi z asfaltu lanego) a nawierzchniami z asfaltu porowatego i przerwami roboczymi, jak i dziennymi działkami w warstwie z asfaltu porowatego. Ogólne zużycie w formie utraty ziaren na dużych powierzchniach powstaje zazwyczaj dopiero na końcu okresu użytkowania, przy czym początki uszkodzeń powstają na pasach ruchu a następnie przenoszą się na pasy awaryjne go postoju, w zależności od obciążenia ruchem.

W odniesieniu do odporności na koleinowanie i odporności na zużycie asfaltowych warstw ścierną z asfaltu porowatego PA 11 uzyskano takie same doświadczenia, jak i dla asfaltu porowatego PA 8. Z powodu klasyfikacji technicznej redukcji hałasu, asfaltowym warstwom ścierną z asfaltu porowatego PA 11 przyporządkowano współczynnik korygujący  $D_{StrO} -4$  dB(A) w przeciwieństwie do asfaltu porowatego PA 8 o współczynniku korygującym wynoszącym  $D_{StrO} -5$  dB(A). Zazwyczaj na etapie planowania ze względu na wymaganą minimalizację hałasu o minimum  $-5$  dB(A), mieszanka PA 11 nie znalazła zastosowania na autostradach.

Dwuwarstwowa warstwa ścierną z asfaltu porowatego (ZW OPA) na terenie Dolnej Saksonii została zastosowana tylko na autostradzie A30 i jest poddana ruchowi pojazdów od połowy 2004 r. Remont nie został przeprowadzony do 2013 r., dlatego nie można przedstawić żadnych szczegółowych wniosków dotyczących okresu użytkowania, jak i całościowego remontu dwuwarstwowej nawierzchni z asfaltu porowatego na terenie tego landu.

### Okres użytkowania ze względu na redukcję hałasu

W aktualnym dokumencie Federalnego Instytutu Drogowego dla warstw ścierną z asfaltu porowatego PA 8 podano wartość współczynnika korygującego od  $D_{StrO} -5$  dB(A) dla okresu użytkowania minimum 8 lat (BMVBS



Rys. 5. Działanie obniżające hałas dla różnych warstw ścieralnych z asfaltu porowatego – nawierzchnia na autostradzie A 2 w zależności od wieku (wyniki z pomiarów SPB)

2009). Z tego powodu zatwierdzono wartość współczynnika korygującego, który określono już w 2002 r. przy minimalnej dopuszczalnej prędkości pojazdów wynoszącej 60 km/h dla jednojezdniowych dróg lub autostrad (BMVBW 2002). Warunkami dla długiego pod względem redukcji hałasu okresu użytkowania jest minimalna zawartość wolnych przestrzeni w warstwie ścieralnej z asfaltu porowatego wynosząca 22% (v/v) przy minimalnej grubości warstwy wynoszącej 4 cm bez warstwy uszczelnienia, względnie 5 cm z uszczelnieniem warstwą lepiszcza.

Pomiary SPB dla jedno- i dwuwarstwowych warstw z asfaltu porowatego z okresem użytkowania od 5 do 9 lat wykazują poziom redukcji emisji hałasu od -5 dB(A) do -8 dB(A). Porównanie wszystkich przebadanych w 2011 r. warstw ścieralnych z asfaltu porowatego wykazało, że dwuwarstwowe warstwy ścieralne z asfaltu porowatego o okresie użytkowania od 5 do 7 lat i jednowarstwowe warstwy ścieralne z asfaltu porowatego o okresie użytkowania 9 lat, charakteryzują się lepszym poziomem redukcji emisji hałasu tzn. od -7 dB(A) do -8 dB(A) (5). W przypadku warstw ścieralnych z asfaltu porowatego wykonanych na warstwie uszczelniającej z asfaltu lanego stwierdzono poziom redukcji emisji hałasu wynoszący nawet -10 dB(A).

Ponadto ustalono, że skuteczność redukcji emisji hałasu dla warstw ścieralnych z asfaltu porowatego spada wraz ze wzrostem okresu użytkowania i wzrostem obciążenia ruchem. Wpływ obciążenia ruchem pokazuje wyraźnie pomiar wykonany metodą CPX tzn. wyższą skuteczność akustyczną pasów wyprzedzania w przeciwieństwie do niższej skuteczności akustycznej na pasach głównych.

## Wnioski końcowe

**Potencjał warstw wykonanych z asfaltu porowatego polega na długotrwałym i niezawodnym obniżeniu poziomu hałasu także w zakresie niskich częstotliwości emitowanych przez samochody ciężarowe.**

Zawartość wolnych przestrzeni w warstwie ścieralnej z asfaltu porowatego ze względu na możliwie długi okres użytkowania powinna być niska, natomiast ze względu na redukcję emisji hałasu w dłuższym okresie użytkowania powinno się dążyć do uzyskania wyższych zawartości wolnych przestrze-

ni. Zmiany skuteczności redukcji emisji hałasu w okresie użytkowania są zależne od zmian stosunku wolnych przestrzeni w zakresie warstwy ścieralnej z asfaltu porowatego, przy czym istotnym czynnikiem jest zanieczyszczenie wolnych przestrzeni, które wprawdzie redukuje się przez efekt samooczyszczenia przez szybkie prędkości poruszania się pojazdów, ale czego całkowicie nie można uniknąć. Po zabiegach oczyszczających warstwy ścieralnej z asfaltu porowatego, które nie przyniosły pozytywnych efektów, w Dolnej Saksonii w przeciwieństwie do zaleceń podanych w M OPA, zrezygnowano z regularnego oczyszczania nawierzchni.

Bazując na licznych doświadczeniach z warstwami ścieralnymi z asfaltu porowatego, które wcześniej zebrano w Dolnej Saksonii, możliwe było ustalenie, że utrzymaniu tego rodzaju warstw ścieralnych przypisać należy szczególne znaczenie. Warstwy ścieralne z asfaltu porowatego są szczególnym rodzajem nawierzchni z podwójnym zadaniem, stanowią istotną część nawierzchni drogi, a także wykazują aktywne działanie przeciwhałasowe.

## Ekonomiczność rozwiązania

Porównanie kosztów warstwy ścieralnej z asfaltu porowatego, jako aktywnego sposobu działania przeciw hałasowi, z kosztami wykonania ekranów przeciwhałasowych, z powodu szeregu zmiennych warunków brzegowych jest możliwe tylko w ograniczonym zakresie. Dotyczy to w szczególności zróżnicowanych okresów użytkowania poszczególnych rodzajów warstw ścieralnych, jak i uwzględnienia alternatywnych wymaganych działań ochronnych. Przy założeniu 30-letniego okresu użytkowania nawierzchni warstwa ścieralna z asfaltu porowatego ułożona na warstwie szczelnej z asfaltu lanego, musi zostać jednokrotnie wbudowywana i dwukrotnie wymieniana (tzn. tylko warstwa ścieralna z asfaltu porowatego). Natomiast, gdy zastosujemy konwencjonalną warstwę ścieralną, w podanym okresie czasu użytkowania wprawdzie też trzeba ją jednokrotnie wbudować, ale zazwyczaj trzeba ją tylko jednokrotnie remontować. Przy aktualnym poziomie cen zakłada się, że warstwy ścieralne z asfaltu porowatego w ciągu 30-letniego okresu użytkowania są droższe o około 75% od konwencjonalnych warstw ścieralnych. Przy uwzględnieniu skuteczności redukcji emisji hałasu w przypadku dotychczasowych warstw ścieralnych należy doliczyć koszty działań ochronnych obejmujących np. budowę ekranów przeciwhałasowych, względnie podwyższenie ekranów istniejących. Przy założeniu dłuższego, tj. 40-letniego okresu użytkowania ekranów przeciwhałasowych, wykonanych wzdłuż sześciopasowej autostrady i przy aktualnych cenach rynkowych (uwzględniając koszty dodatkowe), warstwa ścieralna z asfaltu porowatego jest już korzystna ekonomicznie, gdyż pozwala na redukcję wysokości ekranu akustycznego o co najmniej 2 m.

## Perspektywy

Potencjał warstw ścieralnych z asfaltu porowatego polega głównie na niezawodności i długotrwałej redukcji odgło-

sów toczenia się pojazdów ciężarowych również w zakresie niskich częstotliwości. Skuteczność akustyczna w odniesieniu do redukcji poziomu hałasu od samochodów osobowych i ciężarowych jest określona przez grubość warstwy ścieralnej z asfaltu porowatego a w dalszym ciągu również wskutek zanieczyszczenia wolnych przestrzeni, co ma negatywny wpływ na zmniejszanie hałasu. Dwuwarstwowa warstwa z asfaltu porowatego stanowi interesujące uzupełnienie. Warstwy z asfaltu porowatego na terenie Dolnej Saksonii dotychczas były wykonywane głównie jako jednowarstwowe.

Ważny cel dotyczący stosowania warstw ścieralnych z asfaltu porowatego został pomyślnie wcześniej osiągnięty: odpowiednio długi okres przydatności eksploatacyjnej nawierzchni i okres użytkowania ze względu na skuteczność tłumienia emisji hałasu jest w przybliżeniu równy. Zostało to już oficjalnie potwierdzone, ale jednak należy to w dalszym ciągu oceniać. Podobnie należy dalej rozwijać doświadczenia w zakresie wydłużenia okresu użytkowania, badać i oceniać pod względem ekonomicznym.

Stosowanie warstwy ścieralnej z asfaltu porowatego ma wiele cech istotnych dla wszystkich kierowców jako użytkowników dróg. Należy tu wymienić podstawowe zalety as-

faltu porowatego jako nawierzchni drogowej: redukcja zagrożenia poślizgiem wodnym, minimalizacja tworzenia się kolein, redukcja mgły wodnej w warunkach nocnych ciemności oraz podczas wilgoci, zmniejszenie odgłosów toczenia się kół w trakcie jazdy i duża odporność na odkształcenia. Każdy obywatel, jak również środowisko korzystają przede wszystkim z oddziaływania redukującego poziom emitowanego hałasu, poprzez fakt, że ingerencja w środowisko naturalne może zostać zmniejszona.

Tym samym jest możliwe obniżenie wydatków związanych z budową tradycyjnych rozwiązań chroniących mieszkańców przed hałasem drogowym.

Warstwa ścieralna z asfaltu porowatego jest tym samym nowoczesną nawierzchnią asfaltową, stanowiąc niewidoczny środek ochrony przed hałasem, który w znacznej części ogranicza powstawanie hałasu.

Opracowanie na podstawie artykułu  
*Asphaltdeckschichten aus Offenporigen Asphalt in Niedersachsen*  
zamieszczonego w czasopiśmie „Asphalt” nr 8/2013.  
Autorzy Claudia Gidde i Volker Schäfer.

Opracował Wiktor Murawski  
28.05.2020 r.



MAREK SKOWRON

tu100wron@o2.pl

## Kamienie polne i żwir jako materiał drogowy w początkach Królestwa Polskiego

Rozwój przemysłu i handlu na ziemiach polskich na początku XIX w. związany był ściśle z rozwojem komunikacji drogowej między miastami i sąsiadującymi państwami.

Doskonale rozumiały to władze utworzonego w 1815 r. Królestwa Polskiego. Dlatego (...) *chcąc ułatwić komunikacje handlowe w Królestwie naszym Polskiem, i urządzać w niem drogi w sposób odpowiadający potrzebom i wygodzie publicznej, oraz ozdobić kraju (...)*, 20 kwietnia 1816 r. namiestnik królewski gen. Józef Zajączek wydał postanowienie, w którym wszystkie projektowane drogi podzielone zostały na trzy kategorie: trakty wielkie, trakty średnie i drogi poboczne. [13] Drogi te miały mieć szerokość odpowiednio 7, 5 i 2 sążnie (1 sążeń = 1,787 m). Z kolei w postanowieniu z 15 maja 1816 r. ustalone zostały zasady *podług których roboty około dróg publicznych mają być wykonane oraz utrzymywane na właściwym gruncie drogi, groble, mosty i przeprawy wszelkie, podług przepisów Rządowych*. [12]

Czynności te realizowane były na wiosnę i na jesieni przy pomocy szarwarku – ciągnącego (z wozem konnym) oraz pieszego, czyli mówiąc wprost pańszczyzny, ale tym razem na rzecz państwa. Ponieważ były to jednak prace pod przy-musem, wykonywane były niechętnie i często niedbale.

Potwierdzeniem tego może być rozporządzenie, które miało przeciwdziałać temu i nakazywało (...) *ażebym na furach do zwożenia materiałów, mianowicie piasku, żwiru i drobnych kamieni używanych, znajdowały się tarcice całą długość wozu zajmujące i ściennie ułożone, równie na spodzie iak na bokach przynajmniej 12 cali szerokości trzymające, aby materiały po drodze rozpruszone nie były i aby tym sposobem robocizna trwonioną nie została, inaczej dwie fury dostarczone za jedną policzoną będą (...)*. [6] Takie, a także wiele innych podobnych zachowań, zapewne bardzo często musiało spotykać się z ostrą reakcją nadzorujących prace, a z drugiej strony skargami robotników na takie zachowanie. Efektem tego było dla odmiany wydanie zakazu *używania narzędzi nieprzyzwoitych do znaglania robotników około dróg pracujących*, a zamiast tego stosowanie łagodnej perswazji. [14]

Nie było zresztą innego wyjścia, gdyż ktoś musiał wykonywać tę ciężką pracę, bowiem nawet najstaranniej wykonana nawierzchnia drogi wymagała regularnych napraw i w tym sensie nie różniła się od współczesnej. Przyczyny tych napraw były także podobne, co jeden z ówczesnych inspektorów drogowych ujął tak: (...) *Drogi i gościńce, wystawione na ustawiczne wody nieprzyjazne działanie i powietrza, do czego przyłączywszy ciągle ich napastowanie, tak przez*

**PREFEKT Departamentu Warszawskiego.**

Po naocznym przekonaniu się przy obiedzie Departamentu, że Urządzenia dawniejsze zastrzegające, składanie kamieni przez wieździących z produktami do miast, w powszechności rozwolnionemi zostały, a z tąd niedostatek kamieni na utrzymywanie bruków potrzebnych dał się uczuć; za rzecz potrzebną uznał, ostrzedz wszystkich obywateli i mieszkańców Departamentu swej Administracji poruczonego, których to dotyczyć się może, iż każda fura z produktem do miasta przybywająca, bez różnicy i ilości koni lub wołów, obowiązana jest złożyć przy wieździe do miasta, w miejscu na to oznaczonym kamień najmniej funtów 10 ważący, lub pomniejsze dwa, któreby łącznie najmniej piętnaście funtów ważyły. — Prefekt polecając stosowanie się do niniejszego Urządzenia wszystkich Miast w Departamencie Warszawskim dotyczącego się, wzywa WW. Podprefektów, aby najdalej od dnia 1go Listopada r. b. porządek niniejszym wskazujący się, do miast w Powiecie ich Administracji położonych wprowadzili, i starannością swą opostanowieniu tym Obywatelom i mieszkańcom wiadomość dali, dokładając ciąglej baczności, aby żaden z oficyalistów pod odpowiedzialnością i usunięciem od pełnienia obowiązków, nie ważył się żadnych miastokamieni pobierać opłat, lub w zamian wymagać drzewa, albo innych artykułów na zysk swój.

w Warszawie dnia 25. Października 1815.

Nakwaski. — Rakiety, S. G.

Rys. 1. Ogłoszenie o obowiązku składania kamieni przy wjeździe do miast (Dziennik Departamentowy Warszawski 1815, nr 48)

wozy, jako też i bydło, tem prędszy podlegają zepsuciu, im częściej przez te ostatnie uczęszczane bywają (...). [10] By temu przeciwdziałać zalecał stosowanie na drogi takich materiałów, które są (...) *naytrwalszemi i naydzielniey mogą się opierać wywierającym na nie swe skutki działaczom (...) nayzdarnieyszemi są do tego kamienie, tak w większych sztukach, jako też zdrobnione, lub we żwir i piasek obrócone. Im te są twardszemi i mniej rozpuszczalnemi, tym trwalszą jest droga z nich wybudowana; osobliwie, gdy kamieniom nada się taka postać, iżby mocno do siebie przylegały, nie mogąc być poruszane, ani parciem kół, ani też stąpieniem bydła (...).* A kamieni na ziemiach polskich nie brakowało, przynajmniej na początku, i które – jak pisano – (...) *przyroda nie bez ważnych przyczyn, umieściła na naszych gruntach (...).*

Wspomniany wcześniej szarwark nie ograniczał się jednak tylko do samego remontu nawierzchni drogowej. By mogło być to przeprowadzone, konieczne było wcześniejsze zgromadzenie odpowiedniej ilości materiału, co również było szczegółowo uregulowane. Np. rozporządzenie z 9 września 1817 r. nakazywało, by szarwark jesienny pieszy użyty był na zbieranie kamieni polowych i składanie ich w duże kupy na polach. [3] Następnie (...) z takowych kup kamienie w przestrzeni mil trzech od obudwóch stron każdego traktu wielkiego zwożone będą szarwarkiem ciągłym według dogodności miejsca, bądź przed zimą, bądź w zimie, składane po obudwóch stronach i wzdłuż traktów wielkich w sążnie kubiczne mające z każdego boku i wwyż trzy łokcie warszawskie (...). *Gdzieby w przestrzeni przepisanej kamieni żadnych nie było, a bliżej znajdowały się rafy i żwir gruby w obfitych warsztwach, takowe przed zimą*

*z ziemi powierzchni odkryte, a rafa i żwir bądź przed zimą, bądź w zimie, wzdłuż i po obu stronach traktu w kupy wielkie i ciągłe do użycia onych na przyszlą wiosnę, zwożone i składane bydź mają (...).* To samo rozporządzenie nakazywało władzom miejskim Warszawy użycie szarwarku miejskiego częściowo do brukowania, a częściowo do urządzenia w gościniec bity z kamieni, rafy, żwiru lub gruzu wszelkich ulic przed i za rogatkami, prowadzących do traktów. W przypadku wykonywania drogi z gruzu zalecano (...) *ażeby takowy nie na wierzchu drogi, gdzieby się wnet od deszczów rozmasał, lecz spodem na ośm do dwunastu cali grubości równo rozścielany, i na trzy lub cztery cale żwirem lub piaskiem był przysypywany (...).*

Ciekawostką może być natomiast fakt, że w przypadku brukowania ulic miejskich, źródłem pozyskiwania kamieni polnych był od dawna zaprowadzony i dotąd zachowany zwyczaj i obowiązek rzucania przez wieździących kamieni u rogatek. Był to więc rodzaj opłaty rogatkowej świadczony w naturze jeszcze od końca XVIII w. Jednak ze względu na

pojawiający się coraz częściej brak kamieni w okolicy oraz fakt, że dotyczyło to zwykle ludność najuboższą, 4 lutego 1817 r. wydany został ukaz carski (obowiązujący od 1 czerwca), który zamienił opłatę rogatkową „kamienną” na pieniężną tzw. kopytkowe. [9, 1] Pobierana była ona od każdego zwierzęcia, a zebrana kwota w całości przeznaczana była na potrzeby miasta, w tym także na zakup materiałów do budowy dróg. A do wybrukowania sążnia kw. nawierzchni zużywane były trzy fury mierne kamienia zwyczajnego granit zwanego. Za taką ilość Urząd Muncypalny płacił od 10 do 12 zł w miarę większej lub mniejszej dostawy onych, natomiast za dostawę pojedynczymi furami od 3 do 4 zł. Preferowane jednak były większe dostawy, np. 18 fur, które składały się na 1 sążeń kubiczny (czyli sześcienny), za co ustalona była zapłata w wysokości 72 zł. Warto tutaj zauważyć, że początkowo były to jeszcze kwoty gwarantowane, gdyż jakiś czas później wszystkie zakupy realizowane były drogą licytacji „in minus”. Dostarczane kamienie miały być średniej wielkości czyli *sztuka jedna nie więcej nad 120, a nie mniej nad funtów 5 ważyć powinna, stosując się zaś do powierzchni, kamień jest ten naydogodniejszy, który ma od 12 do 16 cali płaskiego czoła.*

O ile pozyskanie materiałów do prac miejskich było stosunkowo łatwe, to w przypadku materiałów potrzebnych do budowy traktów wielkich i średnich, które biegły przez niezamieszkałe tereny, było znacznie trudniejsze. Przede wszystkim nieopłacalny był, ze względu na koszty, ich transport na znaczne odległości. A czas naglił, gdyż podjęte zostały przygotowania do uporządkowania istniejących traktów wielkich (petersburskiego, brzeskiego, lubelskiego, krakowskiego i poznańskiego) i przebudowania ich na trakty bite. Dlatego



już w czerwcu 1817 r. Komisja Województwa Mazowieckiego wyznaczyła nagrodę w wysokości 30 zł dla każdego, kto poinformuje o znajdującym się w pobliżu traktów miejscu, skąd można byłoby czerpać materiał drogowy. Był nim (...) *zwir czyli czysty gruby piasek ziarnisty mieszany z kamykami aż do wielkości iaja kurzego, albo też zwir z samych kamyków rozmaitej wielkości od ziarka grochu aż do iaja kurzego, najlepszym jest materiałem do zrobienia traktów trwałymi (...)*. [2] Kilka miesięcy później wysokość nagrody wynosiła od 20 do 50 zł, a w 1821 r. już 100 zł z możliwością podwyższenia w zależności od jakości i wielkości złoża. W przypadku, gdy drogi, zwłaszcza poboczne, przebiegały w pobliżu hut, dopuszczalne było wykorzystywanie do napraw żużla hutniczego.

Świadczyło to dobitnie o powolnym wyczerpywaniu się dostępnych źródeł materiałów. Z tego powodu zdarzało się, że rząd korzystał z prawa sejmowego z 12 października 1820 r., które umożliwiało wyłączenie osób prywatnych z materiałów (np. żwiru, kamieni) znajdujących się na ich gruncie, oczywiście za zwrotem ich kosztów, a potrzebnych przy budowie traktów.

Zaplanowane prace miały rozpocząć się na wiosnę 1818 r. i na początek obejmować odcinki od Warszawy do co najmniej pierwszej stacji pocztowej. Pojawiły się również ogłoszenia zachęcające do podjęcia się dostaw żwiru i kamieni. Dla ułatwienia przy każdym z traktów określone zostały najbliższe miejsca, z których miały być one zwożone, ale mogło się to odbywać także z innych miejsc *skąd antreprenier łatwiej i z mniejszym kosztem zwózkę onychże skuteczniej potrafi*. Zastrzeżone zostało również, że żaden właściciel terenu nie mógł zabraniać wywozu tych materiałów, a władze zobowiązywały się do zwrotu ich kosztu. [4] Określone zostały także szczegółowe zasady przewozu i składowania materiałów. Żwir przewożony był w dostarczonych przez władze, za zwrotem kosztu, skrzyniach o objętości 8 stóp sześć. Zapewniało to nie tylko prawidłowe rozliczanie ilości dostarczanego materiału, ale także równomierne rozsypywanie go na trakcie. Bowiem, jak już zostało wspomniane, każdy trakt wielki miał mieć 7 sążni czyli (...) *21 łokci szerokości lub mniej trzymający, w szerokości tylko 13tu łokci ma być jako Chaussee urządzone, przeto uprzedza Kommissya Wojewódzka, iż aby żwir w środku drogi na 12 cali grubo, a spadziście ku brzegom do 4ch najmniej jednak cali był sypanym, potrzeba onego na ieden pręt 15to stopowej długości, a 13tu szerokości łokci traktu, 45 skrzyń (...)*. Żwir mógł być wysypywany na wyrównaną powierzchnię drogi, a gdzie droga „nie jest jeszcze przynależnie zrównaną, należy w ilości poprzednio wyrachowanej

*Kommissya Województwa Mazowieckiego*  
 Po daje do publiczney wiadomości, iż na zasadzie rełkryptu Kommissyi Rządowej Spraw Wewnętrznych i Policyi z dnia 10go b. mca i roku przeznaczony jest na dzień 23ci Lipca roku bieżącego o godzinie 3ciej po południu termin do przyjmowania w biurze Kommissyi Województwa Mazowieckiego deklaracyi mających chęć podjęcia się antreprzyzy nawozu żwiru z pod Oltarzewa, czątkowo lub ogólnie na trakt od Błonia ku Oltarzewu. — Żądania antreprenierów przyjmowane będą od sążnia długości traktu, który 13 łokci szerokości a 10 cali grubości żwirem nawieziony być ma. Wzywa zatem Kommissya Wojewódzka ochotników do takowey antreprzyzy, ażeby się niezawodnie na przeznaczonym czasie w biurze iey na Podwalu Nro 500 znajdować chcieli, a to w celu podania swolich w tey mierze żądań.  
 w Warszawie dnia 16go mca Czerwca 1818 roku.  
 Prezes  
*Rembeliński.*  
 Sekretarz Jeneralny  
*Filipecki*

Rys. 2. Ogłoszenie o licytacji na dostawę żwiru (Gazeta Korrespondenta Warszawskiego i Zagranicznego 1818, nr 57)

NRO. 21,759. WYDZIAŁ ADMINISTRACYJNY.  
 KOMMISSYA WOJEWODZTWA MAZOWIECKIEGO.  
 Dopełniając Art: 40 prawa z dnia 12 Października r. z. stanowiącego przepisy zachowywać się mające przy zajęciu własności prywatnej na użytek publiczny, ogłasza co do zajęcia gruntu w Młocinach, postanowienie J0. Xięcia Namiestnika Królewskiego z dnia 17 b. m. w osnowie:  
 w Imieniu Najjaśniejszego  
 A L E X A N D R A Igo.  
 Cesarza Wszech Rossyi, Króla Polskiego etc. etc. etc.  
 Xiążę Namiestnik Królewski w Radzie Stanu.  
 Na przełożenie Kommissyi Rządowej Spraw Wewnętrznych i Policyi, i po wysłuchaniu zdania ogólnego zgromadzenia Rady Stanu, postanowiliśmy i stanowimy:  
 Z mocy Art: 5. prawa Seynowego z dnia 12 Października 1820 r. ma być nabyte na użyteczność publiczną pięć Morgów, 715 sążni kwadratowych gruntu ornego, na załączonym planie Litt: B. C. oznaczonych, w Dobrach Młociny, w Obwodzie Warszawskim położonych, Henryka Poths własnych, a to w celu wybrania żwiru w tymże gruncie znajdujacego się, do utrzymania Dróg bitych w okolicy Warszawy. —  
 Grunt po wybraniu zupełnym żwiru, zwróconym będzie właścicielowi. —  
 Będzie przystąpione natychmiast do oszacowania wymienionego gruntu, tudzież do zajęcia onego bezzwłocznie, stosownie do przepisów powyższym prawem zarządzonych.  
 Wykonanie niniejszego postanowienia, Kommissyi Rządowej Sprawiedliwości, tudzież Spraw Wewnętrznych i Policyi, w czém do której należy, polecamy.  
 Działo się w Warszawie dnia 17 Kwietnia 1821 r.  
 (podpisano) ZAIĄCZEK  
 Minister Spraw Wewnętrznych i Policyi  
 (podpisano) T. Mostowski  
 Radca Sekretarz Stanu Generał Brygady  
 (podpisano) Kossecki

Rys. 3. Postanowienie o wyłączeniu żwiru na potrzeby budowy traktów (Dziennik Urzędowy Województwa Mazowieckiego 1821, nr 271)

do każdego pręta długości traktu składać żwir na bokach drogi. W późniejszym okresie, by jeszcze bardziej usprawnić dostawę, żwir dostarczany był w skrzyniach o objętości 16 stóp sześć.

Podobnie było z kamieniami, które miały być układane na poboczach drogi w przyzmy o wymiarach  $6 \times 3 \times 1,5$  łokcia (1 łokieć = 0,596 m). Jedna przyzma o takich wymiarach wystarczała do wybrukowania 1,5 sążnia drogi o szerokości 13 łokci. Zdarzało się jednak, że z powodu niechlujstwa robotników i braku dozoru, kamienie nie były układane w należyty sposób, co często utrudniało przejazd. Przykładem może być rozporządzenie Komisji Województwa Mazowieckiego z marca 1818 r., w którym stwierdzono, że (...) kamienie układane są w stosy postaci ostro kręgowy, które częstokroć kilka nawet sążni szachtowych zawierają (...) w układaniu tym sposobem stosów nieforemnych, proporcya odległości iedney kupy od drugiey do potrzeby wyłożenia kamieniami traktu zastosowaną bydź nie może (...). [5] Przeciwdziałając temu Komisja nakazywała układanie z kamieni przyzmy w sążnie szachtowe” o wymiarach  $3 \times 3 \times 1,5$  łokcia, a więc o połowę mniejszych niż wcześniej. Między ułożonymi przyzmy konieczne było zachowanie odstępów, co tworzyło swoisty rodzaj miary, gdyż do wyłożenia iednego sążnia podłużnego traktu, potrzeba dwóch sążni szachtowych kamieni.

Omawiając dotychczas budowę dróg w Królestwie Polskim przedstawione zostały przede wszystkim zasady pozyskiwania materiałów do budowy nawierzchni drogowej. Równie ważnym aspektem było dowiezienie materiałów na budowę dróg. I aż trudno sobie dzisiaj wyobrazić, że wszystkie prace wykonywane były ręcznie, a głównym sposobem transportu był transport konny, obok stosowanego w niewielkim stopniu – w tym przypadku – transportu wodnego. By przybliżyć ogrom wysiłku, jaki każdorazowo musieli ponosić wypełniający obowiązek szarwarku lub antreprenery, przytoczone zostaną szczegóły tylko jednej z bardzo wielu podobnych licytacji na dostawę kamieni i żwiru na potrzeby Dyrekcji Jeneralnej Dróg i Mostów. [7] Licytacja ta miała odbyć się w dniach 22–27 lipca 1822 r. i dotyczyła dostaw następujących ilości materiałów:

- 74 sążni sześć. kamieni oraz 3952 skrzyń 16 stopowe żwiru – do konserwacji drogi bitey na trakcie Petersburgskim,
- 274 sążni kamieni – do konserwacji drogi bitey na trakcie Brzesko-Litewskim,
- 5722 skrzyń żwiru – na konserwacją dróg spacerowych Bielańskiej, Młocińskiej i Marymontskiej,
- 300 skrzyń żwiru – na konserwacją drogi Powązkowskiej,
- 6954 skrzyń żwiru i 68 sążni kamieni – na konserwacją drogi bitey na trakcie Kalisko-Poznańskim między Warszawą a Ołtarzewem,
- 228 sążni kamieni – na konserwacją drogi bitey na trakcie Poznańskim między Ołtarzewem a Błoniem,
- 1263 skrzyń żwiru – na konserwacją drogi bitey Alea zwanej,
- 55 skrzyń żwiru – na konserwacją drogi bitey zwanej Okopowa,
- 385 skrzyń żwiru – na konserwacją drogi Wilanowskiej,
- 586 skrzyń żwiru – na konserwacją drogi Belwederskiej,
- 795 skrzyń żwiru – do konserwacji drogi Łazienkowskiej,
- 111 sążni kamieni – na konserwacją drogi Jerozolimskiej,

- 119 sążni kamieni oraz 2373 skrzyń żwiru – na konserwacją drogi bitey Raszyńskiej,
- 1387 skrzyń żwiru – na konserwacją drogi bitey od Warszawy do Królikarni.

Łączne zapotrzebowanie wynosiło więc 874 sążnie sześciennie kamieni i 23 772 skrzynie o objętości 16 stóp sześciennych każda.

By zamienić nic obecnie nie mówiące dawne jednostki objętości na współczesne jednostki wagi, należy przyjąć zgodnie z *Tabellą zamiany miar i wag* Kolberga [8], że 1 stopa sześć. kamieni polnych waży 143-153 funtów polskich, a 1 stopa sześć. piasku rzeczno 112-115, co stanowi przybliżony odpowiednik wagi żwiru. Po przeliczeniu wynika, że 1 sążeń sześć. kamieni waży blisko 13 t, a 1 skrzynia 16 stopowa żwiru – 0,736 t. A zatem potrzebne w tym przypadku kamienie ważyły 11 362 t, a żwir – 17 496 t. Przy okazji warto również przyjrzeć się kosztom potrzebnych materiałów. Warunki licytacji ustalały je w różnej wysokości, w zależności od odległości miejsca dostawy. Dla kamieni polnych cena wynosiła od 45 do 70 zł za sążeń sześć., a dla żwiru od 2 do 5 zł za skrzynię 16 stopową. Były to oczywiście ceny wyjściowe, gdyż licytacja odbywała się „in minus”, a łączny koszt licytowanych materiałów wynosił wstępnie 132 510 zł. Dla przybliżenia wielkości tej kwoty można podać, że w tamtym okresie np. chleb żytni o wadze 1 funta i 22 łutów (ok. 0,68 kg) kosztował 6 gr, funt dobrego mięsa – 9 gr, a funt mydła – 27 gr. [11] Przy czym należy zaznaczyć, że wówczas 1 złoty miał 30 groszy.

Przedstawione niektóre szczegóły procesu budowy dróg w pierwszych latach istnienia Królestwa Polskiego stanowią tylko niewielki zarys ogółu problemów z tym związanych. Proces ten, jakkolwiek pracochłonny i angażujący znaczne siły ludzkie i zwierzęce, był jednak stosunkowo prosty w realizacji ze względu na stosowanie kamieni i żwiru w ich naturalnej postaci. Zbliżał się jednak nieuchronnie czas prawdziwej próby – czas budowy dróg z kamieni tłuczonych.

## Bibliografia

- [1] Dziennik Urzędowy Województwa Mazowieckiego 1817, nr 27
- [2] Dziennik Urzędowy Województwa Mazowieckiego 1817, nr 36
- [3] Dziennik Urzędowy Województwa Kaliskiego 1817, nr 39
- [4] Dziennik Urzędowy Województwa Mazowieckiego 1817, nr 74
- [5] Dziennik Urzędowy Województwa Mazowieckiego 1818, nr 91
- [6] Dziennik Urzędowy Województwa Mazowieckiego 1818, nr 93
- [7] Gazeta Warszawska 1822, nr 114
- [8] Kolberg J.: *Tabelle zamiany miar i wag polskich i zagranicznych*. Warszawa 1829
- [9] Korrespondent Warszawski y Zagraniczny 1796, nr 17
- [10] Kruger T. F.: *Prawidła do zakładania i utrzymywania trwałych dróg i gościńców*. Wilno 1829
- [11] *Taxa bułek, chleba, mięsa, świec i mydła na miesiąc maj 1822 r.* Gazeta Warszawska 1822, nr 72
- [12] *Względem naprawy i utrzymywania dróg*. Dziennik Urzędowy Departamentu Płockiego 1816, nr 288
- [13] *Względem urzędzenia traktów publicznych w Królestwie Polskiem*. Dziennik Urzędowy Departamentu Płockiego 1816, nr 292
- [14] *Zakaz używania narzędzi nieprzyzwoitych do znaglania robotników około dróg pracujących*. Dziennik Urzędowy Województwa Mazowieckiego 1817, nr 33