

Nawierzchnie jednowarstwowe z **SMA 16 JENA**

Krzysztof Błażejowski
Ireneusz Strugała

www.sma-viatop.com



RETTENMAIER Polska Sp. z o. o.

Warszawa 2019

Publikacja rekomendowana przez
Polskie Stowarzyszenie Wykonawców Nawierzchni Asfaltowych



ISBN 978-83-924784-1-7

Copyright by Krzysztof Błażejowski & Ireneusz Strugała, 2019

Autorzy:
Krzysztof Błażejowski
Ireneusz Strugała

Konsultanci:
Konrad Jabłoński
Bohdan Dołżycki
Ewa Wilk

RETENMAIER Polska Sp.z o.o.
Ul. Bitwy Warszawskiej 1920 r. 7B
02-366 Warszawa

Zarówno Autorzy, jak i Rettenmaier Polska sp. z o.o. dołożyli wszelkiej staranności, aby podane informacje były dokładne i wiarygodne. Jednak nie ponoszą jakiegokolwiek odpowiedzialności za skutki zastosowania informacji zawartych w tej publikacji, a w szczególności za straty w jakiegokolwiek postaci zawarte w publikacji, Czytelnik czyni to na własną odpowiedzialność.

SPIS TREŚCI

WPROWADZENIE	7
ROZDZIAŁ 1	
CHARAKTERYSTYKA TECHNOLOGII SMA JENA	9
ROZDZIAŁ 2	
KOSZTY	12
2.1. Koszt mieszanki mineralno-asfaltowej	12
2.2. Koszty transportu mieszanek	19
2.3. Koszty wbudowania	19
ROZDZIAŁ 3	
PROJEKTOWANIE MIESZANKI SMA JENA	22
3.1. Mieszanka o nieciągłym uziarnieniu	22
3.2. Szkielet mineralny	26
3.3. Mastyks i lepiszcze	29
3.4. Dodatki do mieszanki	29
3.5. Mechanika pracy SMA JENA	30
3.6. Projektowanie składu SMA 16 JENA.	31
3.7. Projektowanie SMA 16 JENA z udziałem granulatu asfaltowego	38
3.8. Uwagi końcowe do projektowania mieszanki SMA 16 JENA. . .	39

ROZDZIAŁ 4

WŁAŚCIWOŚCI MIESZANKI SMA JENA	40
4.1. Odporność na koleinowanie	40
4.2. Wytrzymałość na rozciąganie pośrednie.	44
4.3. Moduł sztywności	47
4.4. Odporność na działanie wody i mrozu.	48
4.5. Współczynnik tarcia.	49
4.6. Hałaśliwość nawierzchni	51

ROZDZIAŁ 5

ZASTOSOWANIE GRANULATU ASFALTOWEGO DO SMA 16 JENA	53
5.1. Klasyfikacja granulatu asfaltowego	54
5.2. Projektowanie mieszanki z granulem	55
5.3. Produkcja mieszanki SMA 16 JENA z granulem.	56
5.3.2. Problem zabezpieczenia stabilizatora	59

ROZDZIAŁ 6

WYKONANIE NAWIERZCHNI Z SMA 16 JENA	60
6.1. Przed ułożeniem warstwy SMA 16 JENA	60
6.2. Produkcja mieszanki	63
6.3. Wbudowanie	64
6.4. Wykończenie powierzchni.	67
6.5. Badania gotowej warstwy	67
6.6. Przekazanie do ruchu	68
6.7. Wygląd nawierzchni	69

ROZDZIAŁ 7

SMA JENA W POLSCE.	71
7.1. Odcinki na drogach samorządowych	72
7.2. Odcinki na drogach krajowych i odcinki doświadczalne GDDKiA.	75

ROZDZIAŁ 8	
ZAKOŃCZENIE	80
BIBLIOGRAFIA	82
ZAŁĄCZNIKI	83
Załącznik 1. Stabilizatory mastyksu w SMA	83
Załącznik 2. Wapno	
Załącznik 2. Przegląd lepiszczy asfaltowych do zastosowania w SMA JENA.	86
Wzorcowa Specyfikacja Techniczna (WST)	87

WPROWADZENIE

Od opublikowania pierwszego wydania książki „*Jednowarstwowa nawierzchnia asfaltowa SMA 16 JENA. Poradnik dla zarządców i wykonawców dróg samorządowych*” upłynęło już 5 lat, **mija też 10 rok stosowania SMA 16 JENA w Polsce**. W międzyczasie w naszym drogownictwie zaszło wiele pozytywnych zmian, w szczególności dotyczących nowych technologii i ich zastosowania. Był to także dobry czas dla mieszanki SMA 16 JENA i jednowarstwowych nawierzchni asfaltowych. O ile w pierwszym wydaniu *Poradnika* pisano o pierwowzorze takiej nawierzchni z Niemiec i odcinkach eksperymentalnych wykonanych w Polsce w latach 2010–2014, to w niniejszym wydaniu koncentrujemy się na przedstawieniu szeregu doświadczeń z odcinków drogowych w znacznie większej skali. Nie można też uznać lat 2014–2018 za okres wyłącznie nowych eksperymentów, ponieważ SMA 16 JENA stosowana była na znacznie większą skalę i na standardowych budowach. Co ciekawe, okazało się, że SMA 16 JENA może być zastosowane w pewnych przypadkach także na drogach obciążonych znacznie wyższą kategorią ruchu niż KR3, jak zakładano kilka lat temu.

Przez kolejne lata SMA 16 JENA zdobywała sobie nowych zwolenników, zarówno po stronie administracji drogowej, jak i firm drogowych. Wszyscy doceniają potencjał techniczny i ekonomiczny tkwiący w tej mieszance. Ponieważ nie ma technologii bez wad, także i w tym przypadku są one identyfikowane – o sposobach ich eliminacji znajdzie Czytelnik informacje wewnątrz tego wydania. Należy także zauważyć, że oznaczenie **JENA (Jednowarstwowa Nawierzchnia Asfaltowa)**, zaproponowane w 2014 r. przez

Konrada Jabłońskiego do określania tego typu mieszanki, bardzo dobrze przyjęło się w naszym środowisku drogowym. Co więcej, stało się wręcz synonimem tego typu nawierzchni i jest używane w żargonie drogowców na szybkie określenie SMA 16 JENA.

Przypomnieć tu należy, jakie idee przyświecały koncepcji tworzenia mieszanki SMA 16 JENA:

- po pierwsze – trwałość mieszanki,
- po drugie – skrócenie czasu realizacji,
- po trzecie – optymalizacja kosztów wykonawstwa.

Podsumowując, nawierzchnie wykonane z mieszanek SMA 16 JENA, charakteryzują się dużą trwałością mechaniczną oraz są tańsze od rozwiązań tradycyjnych.

Według ostatnich badań i doświadczeń, mieszanki tego typu mogą być zastosowane do każdej kategorii obciążenia ruchem od KR1 do KR6. W obecnej wersji *Poradnika* przedstawiono uzyskane parametry mieszanek typu SMA 16 zastosowanych przy realizacji wielu dróg z lat 2010–2018. Autorzy tego *Poradnika* piszą o możliwości stosowania mieszanek SMA 16 JENA do kategorii obciążenia ruchem od KR1 do KR6, chociaż wyniki badań mówią, że można by zastosować tego typu mieszankę również dla kategorii KR7. Wydaje się jednak, że na tym etapie wiedzy mogłoby być to zbyt daleko idące rozszerzenie stosowania mieszanek SMA 16 JENA (choć nie należy tego radykalnie przesądzać).

W stosunku do pierwszego wydania *Poradnika* wprowadzono szereg znaczących zmian, a właściwie książka została napisana od nowa, ponieważ zdecydowano o podaniu nowego zestawu informacji w większości opartego o doświadczenia praktyczne i uzyskiwane wyniki badań. Autorzy mają nadzieję, że tak rozszerzony zakres wiedzy, w połączeniu z pierwszym wydaniem, będzie znaczącą pomocą dla wszystkich, którzy interesują się jednowarstwowymi nawierzchniami asfaltowymi z wykorzystaniem mieszanki SMA 16 JENA.

ROZDZIAŁ 1

CHARAKTERYSTYKA TECHNOLOGII SMA JENA

Technologie utrzymaniowe (remonty i przebudowy) na sieci dróg publicznych zwykle sprowadzają się do kilku standardowych rozwiązań, wśród których nakładki na starych nawierzchniach są jednymi z najczęściej spotykanych. Mieszanka mineralno-asfaltowa SMA 16 JENA może być stosowana zarówno jako materiał do nakładek, jak i budowy nowych nawierzchni asfaltowych. Rozróżnia się więc następujące zastosowania SMA 16 JENA:

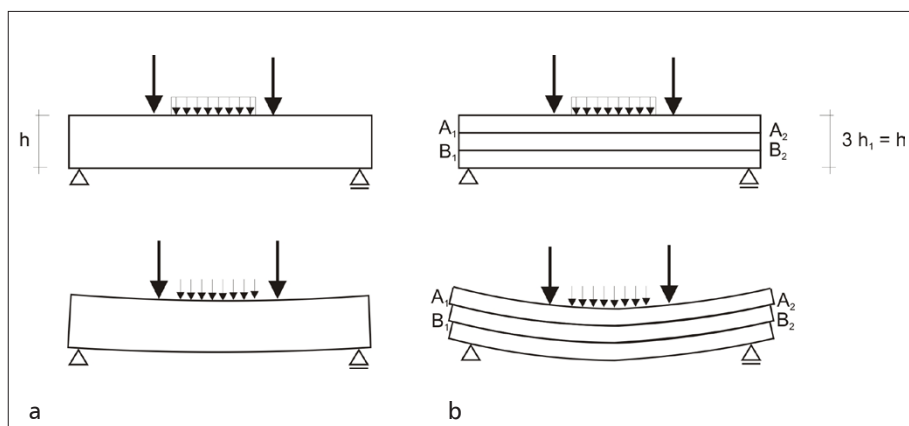
- **do budowy nowych jednowarstwowych nawierzchni asfaltowych**, w takich przypadkach grubość warstwy z JENA jest jednocześnie grubością „pakietu” asfaltowego i musi być wymiarowana z uwzględnieniem trwałości całej konstrukcji nawierzchni,
- **do budowy nowych nawierzchni asfaltowych**, w których warstwa SMA 16 JENA stanowi część pakietu warstw asfaltowych (część górną lub dolną),
- **do wykonywania nakładek na starych nawierzchniach asfaltowych**, w ramach remontów lub przebudów, przy czym nakładka może być stosowana z frezowaniem starych warstw lub bez – zależy to od stanu istniejącej nawierzchni i celów zakładanych do osiągnięcia przez inwestora.

Grubość warstwy asfaltowej z SMA 16 JENA wynosi od 5 do 10 cm, w szczególnych przypadkach, gdy wykonawca dysponuje bardzo dużym doświadczeniem możliwe jest poprawne wbudowanie warstwy o grubości 4 cm. Jeżeli mieszanka SMA 16 JENA została prawidłowo zaprojektowana i wykonana oraz spełnia odpowiednie wymagania wytrzymałościowe to

może być w konsekwencji stosowana do każdej warstwy nawierzchni – zarówno w warstwie ścieralnej, wiążącej oraz podbudowy.

Siedem lat krajowych doświadczeń z wbudowywaniem SMA 16 JENA pozwoliły na identyfikację potencjału tej mieszanki. Potwierdziło właściwości oczekiwane i przyniosło także szereg nowych informacji. Wśród najważniejszych zalet SMA 16 JENA można wyróżnić przede wszystkim korzyści z układania grubej nawierzchni asfaltowej w jednej warstwie, co wynika z:

- **ekonomiki** – brak skropienia między warstwami, mniejsze zaangażowanie ludzi i sprzętu,
- **efektywności** – dla inwestora i użytkowników dróg (krótszy czas budowy i utrudnień w ruchu),
- **techniki:**
 - bardzo dobra nośność wynikająca z braku podziału na warstwy – co jest znaną zaletą rozwiązań monolitycznych – przez podniesienie wskaźnika wytrzymałości przekroju na zginanie i zmniejszenie ugięć warstwy (rys. 1.1.),
 - wysoka odporność na odkształcenia (koleinowanie, deformacje),
 - bardzo dobra trwałość generowana przez nieciągłość uziarnienia mieszanki mineralnej i dużą zawartość mastyksu, co pozwala na uzyskanie grubszej warstwy lepiszcza na kruszywie w porównaniu z betonem asfaltowym,



Rys. 1.1. Schemat obciążenia układu monolitycznego (a) i warstwowego bez sklejenia warstw (b) [rys. K. Błażejowski]

- o duża dowolność stosowania rodzaju lepiszcza asfaltowego – od standardowego asfaltu drogowego 50/70 przez coraz lepsze i droższe rodzaje lepiszczy – w zależności od obciążenia ruchem i zakładanych celów,
- o możliwość stosowania granulatu z recyklowanych, starych nawierzchni asfaltowych,
- o możliwość wykorzystania warstwy z SMA 16 JENA jako warstwy wiążącej lub podbudowy asfaltowej w przypadku dalszego nadbudowywania kolejnymi warstwami asfaltowymi,
- o szczelność – zastosowanie warstwy SMA 16 JENA o parametrach jak dla warstwy ścieralnej (mała zawartość wolnych przestrzeni w warstwie, relatywnie duża zawartość lepiszcza asfaltowego) pozwala uzyskać lepsze parametry trwałości, takie jak większa trwałość zmęczeniowa i mniejsza przepuszczalność dla wody, w porównaniu z zastosowaniem klasycznych układów wielu warstw z betonu asfaltowego (AC),
- o zmienna grubość warstwy 5–10 cm (w wyjątkowych przypadkach od 4 cm) ułatwia korygowanie nieznacznych nierówności podłoża,
- o większa pojemność cieplna grubej warstwy znacząco ułatwia wbudowanie podczas chłodniejszych okresów roku.

Wymienione główne cechy technologii i mieszanki SMA 16 JENA sprawiają, że jest ona atrakcyjna dla administracji drogowej wszystkich szczebli. Potwierdza to obserwowany w Polsce szybki przyrost liczby odcinków wykonywanych w tej technologii.

ROZDZIAŁ 2

KOSZTY

Przy budowie nawierzchni z mieszanek mineralno-asfaltowych, można wyróżnić trzy grupy kosztów:

- koszt mieszanki mineralno-asfaltowej,
- koszt transportu,
- koszt wykonania nawierzchni (układania mieszanki).

2.1. Koszt mieszanki mineralno-asfaltowej

Koszt mieszanki mineralno-asfaltowej można rozbić na kolejne grupy kosztów:

1. Koszty produkcji:

- ogrzewanie kruszywa i lepiszcza,
- załadunek kruszyw do dozatorów wstępnych,
- obsługa (operator, pomocnicy operatora),
- praca wytwórni mieszanek mineralno-asfaltowych,
- wypełniacz podstawowy,
- kruszywa,
- lepiszcze asfaltowe,
- stabilizatory,
- środki adhezyjne.

Koszty produkcji w zasadzie nie zależą od rodzaju produkowanej mieszanki. Jeżeli założymy, że produkcja odbywa się w takich samych warunkach

atmosferycznych (wilgotność kruszywa, temperatura otoczenia) oraz przy zbliżonych wydajnościach produkcji (przy dobrze skonfigurowanej wytwórni wydajność produkcji mieszanek typu betonowego jest zbliżona do wydajności mieszanek o nieciąglym uziarnieniu), to można założyć, że koszt produkcji jest na stałym poziomie.

Zmiany kosztu mieszanek mineralno-bitumicznych zależne są w sposób znaczący od kosztu i ilości materiałów wsadowych, a te mogą się różnić ceną. Największym kosztem jednostkowym jest lepiszcze asfaltowe, kolejny i duży koszt to ilość wypełniacza podstawowego.

Największą ilość wagowo i objętościowo w mieszankach mineralno-asfaltowych stanowią kruszywa mineralne. W zależności od uziarnienia można przyjąć gradację cenową kruszyw w następujący sposób:

- **frakcje piaskowe 0/2** – są najtańsze,
- **frakcje grysowe** tj. o uziarnieniach 2/5, 5/8, 8/11, 11/16, 16/22 – są droższe od piasku, a spośród nich grysy frakcji 5/8 i 8/11 są najdroższe,
- **wypełniacz** – jest najdroższym kruszywem.

Jeżeli założymy, że cena najdroższych grysów frakcji 5/8 i 8/11 mm to 100%, to ceny pozostałych grysów kształtują się następująco:

- cena frakcji 2/5 mm wynosi ok. 90–95% ceny grysów frakcji 5/8 i 8/11 mm,
- cena frakcji 11/16 i 16/22 mm wynosi ok. 80–90% ceny grysów frakcji 5/8 i 8/11 mm.

Z kolei ceny frakcji piaskowej:

- piasek łamany wynosi ok. 50–70 % ceny grysów frakcji 5/8 i 8/11 mm,
- piasek naturalny wynosi ok. 10–15% ceny grysów frakcji 5/8 i 8/11 mm.

Porównując cenę wypełniacza podstawowego możemy zauważyć, że jest on dość drogi, a jego cena w stosunku do ceny grysu 5/8 i 8/11 mm wynosi ok. 150–160 %.

Powyższe informacje cenowe oczywiście będą się różnić w zależności od miejsca w Polsce, lecz oferty cenowe kruszyw niewiele będą się od siebie różnić u różnych producentów i dostawców kruszyw.

Z powyższych proporcji nasuwają się następujące wnioski co do wartości materiałów mineralnych w mieszankach mineralno-asfaltowych:

1. najdroższym składnikiem mineralnym jest wypełniacz podstawowy,
2. najtańszym składnikiem są frakcje piaskowe,
3. frakcje grysowe nie różnią się aż tak znacząco cenowo, ale każde kilka złotych na materiale wsadowym rzutuje na końcową cenę:
 - w mieszankach typu betonowego o uziarnieniu do 8 mm (AC 8) czy 11 mm (AC 11) około 30–50% stanowią najdroższe kruszywa, czyli frakcje 5/8 i 8/11,
 - w mieszankach o uziarnieniu nieciągłym o uziarnieniu do 8 mm (np. SMA 8) czy 11 mm (np. SMA 11) frakcje 5/8 czy 8/11 stanowią około 50%,
 - w mieszance SMA 16 największą ilość materiału grysowego tj. ok. 40–50% stanowi kruszywo o uziarnieniu 8/16 lub 11/16. Kruszywo takie jest proporcjonalnie tańsze od najdroższych frakcji 5/8 czy 8/11.
4. wypełniacz:
 - w mieszankach typu betonowego do warstw ścieralnych wypełniacza podstawowego stosuje się ok. 7–10%,
 - w mieszankach typu SMA 8 czy SMA 11 wypełniacza podstawowego jest ok. 9–12%,
 - w mieszance typu SMA 16 wypełniacza podstawowego jest ok. 7–8%.

Reasumując koszt mieszanki mineralnej w zależności od rodzaju docelowej mieszanki mineralno-asfaltowej kształtuje się następująco:

1. Najdroższe mieszanki mineralne to mieszanki mineralne przeznaczone do SMA 8 i SMA 11 (stosunkowo dużo wypełniacza podstawowego i dużo droższych frakcji grysowych).
2. Mieszanki typu betonowego (AC 8 i AC 11) z przeznaczeniem dla warstw ścieralnych – są trochę tańsze (nieznacznie zmniejszona ilość wypełniacza podstawowego i zmniejszona ilość grysów frakcji 5/8 i 8/11). Obniżenie kosztu mieszanki mineralnej następuje w wyniku znacznego zwiększenia frakcji piaskowej, które zazwyczaj są tańsze.



Idee, które przyświecały koncepcji tworzenia mieszanki SMA 16 JENA?

Po pierwsze trwałość mieszanki pod względem mechanicznym oraz starzeniowym. Po drugie przyspieszenie czasu realizacji (w szczególności) remontowanych dróg. Po trzecie to utrzymanie kosztów wykonywania remontów na tym samym poziomie.

Zwiększenie trwałości starzeniowej mieszanek bitumicznych to pogrubienie otoczki asfaltowej na ziarnach kruszywa. Procesy starzeniowe postępują od „górných” powierzchni w głąb warstwy. Zwiększenie parametrów mechanicznych materiałów lekko plastycznych to manipulacja spójnością

oraz kątem tarcia wewnętrznego. Zastosowanie w mieszance SMA 16 ok. 50% frakcji powyżej 8 mm, czyli bardzo dużo grubych kruszyw łamanych podnosi w znaczący sposób kąt tarcia wewnętrznego, co zwiększa w konsekwencji parametry mechaniczne mieszanki. Zastosowanie ok. 50% grubych grysów (w szczególności frakcji 11/16) oznacza tańsze kruszywa.

Reasumując – nawierzchnie wykonane z mieszanek SMA 16 JENA, dają dużą trwałość mechaniczną i starzeniową, nie są droższe, a często sporo tańsze od rozwiązań tradycyjnych. Według ostatnich badań mieszanki tego typu mogą być zastosowane dla każdej kategorii obciążenia ruchem od KRI do KR7.

inż. Ireneusz Strugała – Technolog PPU TUGA
(współautor książki „Nawierzchnie jednowarstwowe z SMA 16 JENA”)

3. Mieszanka mineralna z przeznaczeniem do SMA 16 zazwyczaj oscyluje cenowo na poziomie mieszanek mineralnych przeznaczonych do betonów asfaltowych. Wiąże się to z tym, że stosujemy:
 - nieznacznie mniejsze ilości wypełniacza podstawowego, co obniża koszty,
 - znacząco mniejszą ilość piasku (kruszywa drobnego 0/2) – co z kolei podwyższa koszt, bo jest to tani materiał,
 - stosunkowo mało grysów frakcji 5/8 i 8/11 (zazwyczaj około 15–30%), co jest efektywne cenowo,
 - dużo (tańszych) grysów frakcji 8/16 lub 11/16 – zazwyczaj około od 30–50%.

Największy koszt materiału stanowi lepiszcze asfaltowe, jego rodzaj i ilość. Rodzaj lepiszcza dobierany do mieszanek zazwyczaj wiąże się od strony technicznej z wymaganiami uzyskania odpowiednich parametrów zapisanych w specyfikacji technicznej. Podstawowym wyzwaniem jest uzyskanie odporności na deformacje plastyczne (trwałe), czyli odporności na koleinowanie. Wiemy jednak, że odporność na koleinowanie zależy w pewnym stopniu od rodzaju lepiszcza oraz od właściwości mieszanki mineralnej. Aby uzyskać pożądaną odporność na koleinowanie mamy dwie opcje – możemy albo stosować lepsze jakościowo lepiszcza, albo popracować nad mieszanką mineralną.

Częstym przypadkiem, by uzyskać odpowiedni poziom odporności na koleinowanie jest wybranie pierwszej możliwości, np. przez zastosowanie asfaltu modyfikowanego polimerami, który jednocześnie jest droższy (obecnie 400–500 zł za tonę) od podstawowego lepiszcza drogowego. Jasne jest, że droższe lepiszcze to wyższa cena mieszanki mineralno-asfaltowej. Drugą możliwość możemy zastosować w takich przypadkach, gdy kruszywa, którymi dysponujemy pozwalają zaprojektować odpowiednie uziarnienie mieszanki mineralnej (więcej o tym w p.3.5.).

Na podstawie ok. 10 lat doświadczeń z mieszankami typu SMA 16 JENA można stwierdzić, że ten typ mieszanki charakteryzuje się odpowiednim szkieletem mineralnym i nawet gdy zastosujemy asfalt drogowy 50/70 zwykle nie mamy problemów z uzyskaniem odpowiedniej odporności na koleinowanie dla każdego obciążenia dróg od KR1 do KR 7.

Drugim elementem wpływającym na cenę, oprócz rodzaju lepiszcza, jest wymagana przez mieszankę mineralną ilość lepiszcza asfaltowego. Według dzisiejszych popularnych przepisów GDDKiA (WT-2 2014) minimalne ilości lepiszcza w mieszankach o gęstości porównawczej 2,65 Mg/m³ wynoszą:

- AC 8S – 5,8–6,0%
- AC 11S – 5,8%
- SMA 8S – 7,2%
- SMA 11S – 6,6%
- AC 11W – 4,8%
- AC 16W – 4,6%
- SMA 16 JENA – 5,2% (uwaga - tej mieszanki nie ma w WT-2 2014)

Z powyższego zestawienia widać wyraźnie, że ilość lepiszcza asfaltowego w mieszankach mineralno-asfaltowych:

- typu betonowego do warstw ścieralnych (AC S) oscyluje około 6%,
- typu SMA (SMA S) oscyluje około 6,6–7,2%,
- typu betonowego do warstw wiążących oscyluje około 4,6–4,8%,
- typu SMA 16 JENA oscyluje około 5,2%.

Porównując dalej różnice między wymaganymi ilościami asfaltu do SMA 16 JENA z innymi mieszankami możemy stwierdzić, że:

- betony asfaltowe do warstw ścieralnych (AC S) potrzebują ok. 10–15 % więcej asfaltu,
- klasyczne SMA S potrzebują ok. 25–40% więcej asfaltu,
- betony asfaltowe do warstw wiążących (AC W) potrzebują ok. 7–11% mniej asfaltu.

Po powyższej analizie kosztów materiałów składowych możemy już podsumować, jak będą kształtować się koszty mieszanek oraz koszty wykonania nawierzchni. Poniższy opis jest wykonany po analizie kosztów firmy PPU TUGA Sp. z o.o. z Nowego Dworu Gdańskiego. Oczywiście w innych rejonach Polski, stosując inne rodzaje kruszyw i koszty produkcji, proporcje mogą wyglądać nieco inaczej, lecz autorzy zakładają, że nie wystąpią znaczące rozbieżności.

Zakładając koszt mieszanki mineralno-asfaltowej typu SMA 16 JENA, wykonanej w oparciu o asfalt 50/70 oraz dobrej jakości kruszyw o LA₂₅, jako porównawcze 100%, można oszacować, że koszty poszczególnych mieszanek wynoszą:

1. AC 8 S lub 11 S KR 1–2 ok. 90–95% – mieszanka jest tańsza, gdyż wymagania dla kruszyw są znacząco niższe, co skutkuje stosowaniem tańszych kruszyw o niższej jakości,
2. AC 11 W lub 16 W KR 1–2 ok. 85–90% – mieszanka jest tańsza, gdyż wymagania dla kruszyw są znacząco niższe, co skutkuje stosowaniem tańszych kruszyw, ponadto ilość lepiszcza jest znacząco niższa,
3. AC 8 S lub 11 S KR 3–4 (asfalt 50/70) – około 100% (cena porównywalna z SMA 16 JENA)

- AC 8 S lub 11 S KR 3–6 (asfalt modyfikowany) około 115% – mieszanka jest droższa,
4. AC 16 W KR 3–7 (asfalt niemodyfikowany) 90–95% – mieszanka jest tańsza, ponieważ w mieszance do warstwy wiążącej jest znacząco mniej asfaltu,
 5. SMA 8 lub 11S (asfalt 50/70) ok. 115–120% – mieszanka jest droższa,
 6. SMA 8 lub 11S (asfalt modyfikowany) ok. 130–140 % – mieszanka jest droższa.

Jeżeli porównamy koszt mieszanki SMA 16 JENA do mieszanki typu betonowego, z przeznaczeniem do warstwy ścieralnej i wiążącej możemy stwierdzić, że najtańsze są mieszanki dla ruchu KR 1–2. Wiąże się to przede wszystkim z cenami kruszyw o znacząco niższych parametrach i w związku z tym o znacząco niższych cenach. W dalszej części rozważań na temat kosztów, okaże się jednak, że wykonanie takiej nawierzchni wcale nie jest tańsze.

Zastosowanie mieszanki SMA 16 JENA w jednej warstwie zamiast układu dwóch warstw z mieszanek typu betonowego (AC S + AC W), daje inwestorowi nawierzchnię o zupełnie innych parametrach i o zupełnie innej trwałości.

Przy zastosowaniu mieszanek typu betonowego o wyższych parametrach, jak dla ruchu KR 3–6, koszt materiału w stosunku do SMA 16 JENA praktycznie jest taki sam (dla asfaltów niemodyfikowanych). Jeżeli zastosujemy asfalt modyfikowany to koszt układu warstw ścieralna + wiążąca (AC S + AC W) staje się już wyższy od SMA 16 JENA.

Jeżeli w układzie warstw pojawi się warstwa ścieralna z SMA 8 lub 11 to koszt klasycznego układu warstw ścieralna + wiążąca (np. SMA 11 + AC W) będzie znacząco wyższy od jednowarstwowej aplikacji SMA 16 JENA.

Powyższa analiza dotyczy kosztów materiałów, czyli faktycznie kosztów wyprodukowania mieszanek mineralno-asfaltowych. Jak już wspomniano na początku rozdziału, jest to jeden z trzech składników kosztów wykonania nawierzchni asfaltowych. Jeżeli założymy, że koszt wykonania 4 cm grubości warstwy na jednostkę powierzchni wynosi 100%, to koszt materiału (mieszanki mineralno – asfaltowej) wynosi z tego około 55–65%. Pozostała część to koszt transportu 5–10% i koszt wbudowania około 25–40 %.

2.2. Koszty transportu mieszanek

Transport ma zauważalny wpływ na koszt wykonania warstwy nawierzchni i zależy przede wszystkim od odległości przewozu oraz rodzaju środka transportowego. Na koszt transportu nie ma wpływu rodzaj transportowanej mieszanki, jest obojętne co jest przewożone. Dalsza analiza tego czynnika nie ma więc sensu.

2.3. Koszty wbudowania

Kolejnym istotnym składnikiem kosztów jest wbudowanie, a w nim:

- oczyszczenie warstw podłoża,
- wykonanie warstwy szepnej,
- wbudowanie mieszanki.

2.3.1. Koszty warstwy szepnej

Oczyszczanie podłoża i wykonanie warstwy szepnej zależy przede wszystkim od stanu powierzchni. Celem tej czynności jest uzyskanie trwałego połączenia warstw, tak aby stanowiły monolit (patrz rys. 1.1.). Do tego celu należy zastosować odpowiedni rodzaj emulsji asfaltowej i jej ilość, a na to ma wpływ czy skrapiana powierzchnia jest zamknięta czy porowata (czy była frezowana). Nie bez znaczenia jest także, czy wykonujemy tę czynność pod warstwę podbudowy asfaltowej, warstwę wiążącą, czy warstwę ścieralną. W konsekwencji ilość wymaganego lepiszcza do wykonania warstwy szepnej może znacząco się różnić. Założmy jednak do celów analizy, że koszt takiej czynności to ok. 1,5–2,5 zł za każdy metr kwadratowy. Analizując całkowity koszt wykonania nawierzchni ważne jest więc, czy wykonujemy jedną czy więcej warstw szepnych.

Jeżeli założymy prosty układ warstw jak dla ruchu KR1:

- 4 cm warstwa ścieralna,
- 4 cm warstwa wiążąca,

czyli pakiet dwóch warstw asfaltowych wynosi 8 cm, musimy wykonać dwie warstwy szepne – pierwszą między podbudową a warstwą wiążącą, a drugą między warstwą wiążącą a warstwą ścieralną.

Jeżeli wykonamy całość w układzie jednowarstwowym z mieszanki SMA 16 JENA o grubości 8 cm, musimy wykonać tylko jedną warstwę szepną, czyli oszczędzamy na jednym metrze kwadratowym około 2 zł. Okazuje się, że ta oszczędność może zniwelować różnicę kosztów wykonania nawierzchni między SMA 16 JENA, a mieszankami dla ruchu KR 1–2 (AC11S+AC16W).

2.3.2. Wbudowanie mieszanki

Rozkładanie i zagęszczanie mieszanek mineralno-asfaltowych można rozważać w przeliczeniu na wbudowane tony lub wykonaną powierzchnię. Jeżeli wykonuje się grubszą warstwę to koszty wbudowania każdej jednostki masy stają się nieznacznie niższe w przeliczeniu na wykonaną powierzchnię. Wiąże się to z pracą rozkładarki – gdzie koszt rozłożenia w przeliczeniu na jednostkę masy jest w zasadzie stały, ale koszt pracy walców jest stały dla zagęszczanej powierzchni i w zasadzie nie ma znaczenia czy walce zagęszczają warstwę 3–4 cm czy 7–8 cm, przy założeniu, że liczba przejazdów walców jest taka sama. W przeliczeniu na jednostkę masy koszt pracy walców będzie zatem malał przy układaniu grubszych warstw.

Kolejną i to już bardzo znaczącą różnicą w kosztach jest dniówka pracy zespołu do układania nawierzchni. Koszt dzienny pracy zespołu do układania mieszanek mineralno-asfaltowych w dzisiejszych realiach oscyluje między 12 000 a 20 000 zł. Jeżeli wykonujemy układ dwuwarstwowo to po wykonaniu warstwy wiążącej (niezależnie od powierzchni) praktycznie musimy odczekać do następnego dnia, by wykonać warstwę ścieralną. Jeżeli możemy skrócić okres układania o jeden dzień, to w konsekwencji koszt wykonania nawierzchni zostanie obniżony – możemy to uzyskać, jeżeli za jednym przejeściem zespołu układającego wykonamy od razu warstwę wiążącą i ścieralną. Do takiego rozwiązania doskonale nadaje się SMA 16 JENA. Przy wykonaniu od razu dwóch warstw, konkurencji cenowej nie wytrzymuje nawet wykonanie nawierzchni z mieszanki typu betonowego (AC), jak dla ruchu KR 1–2. Wszystkie inne układy warstw z mieszanek jak dla ruchu KR 3–6 z zastosowaniem betonów asfaltowych czy mieszanek SMA także nie wytrzymują konkurencji cenowej z SMA 16 JENA.



Ciągłe dążenie do wykonywania, za rozsądną cenę, nawierzchni drogowych o wysokich parametrach techniczno-użytkowych i możliwie najdłuższej ich trwałości, powinno być mottem przewodnim wszystkich zarządców dróg publicznych. Tylko w ten sposób można zaspokoić rosnące potrzeby użytkowników dróg. Drogi samorządowe, które stanowią 95% długości dróg publicznych w Polsce, od kilkadziesiąt lat są niedoinwestowane. Stan techniczny tych dróg jest niedostateczny i nie zaspakaja potrzeb ich użytkowników. Aby zahamować powiększającą się degradację nawierzchni dróg samorządowych w Polsce potrzebne są nie tylko większe nakłady finansowe na remonty i utrzymanie nawierzchni, ale konieczne jest

powszechne wdrożenie nowych rozwiązań technologicznych, zapewniających kilkukrotnie większą trwałość nawierzchni, niż stosowane dotychczas. Chodzi tu o takie rozwiązania, które nie wymagają większych nakładów niż na rozwiązania tradycyjne, a zapewniają zdecydowanie większą trwałość oraz dobre właściwości techniczno-użytkowe. Takim innowacyjnym rozwiązaniem, sprawdzonym już w Polsce na kilkuset kilometrach dróg samorządowych w Polsce, jest bez wątpienia technologia jednowarstwowych nawierzchni z mieszanek mastyksowo-grysowych SMA 16 JENA.

Inż. Konrad Jabłoński

Dodatkowym elementem przytaczanym w tej publikacji już kilkakrotnie jest fakt, że wykonanie nawierzchni z mieszanki SMA 16 JENA zapewnia jej odporność na koleinowanie oraz znacząco większą trwałość. Przyczynia się do tego brak połączenia międzywarstwowego, ponieważ wykonujemy pakiet asfaltowy jako jedną warstwę. Dodatkowo uzyskujemy dużą odporność na działanie wody i mrozu poprzez uzyskanie odpowiedniej grubości otoczki lepiszcza asfaltowego na ziarnach kruszywa. Stosunkowo wysokie wymagania mechaniczne wobec kruszyw grubych (współczynnik LA_{25}), które stosuje się w mieszankach SMA 16 JENA, dadzą dodatkową trwałość nawierzchni i tak naprawdę nie zwiększają kosztów.

ROZDZIAŁ 3

PROJEKTOWANIE MIESZANKI SMA JENA

Projektowanie składu mieszanki SMA 16 JENA co do zasady nie różni się od projektowania innych mieszanek o nieciągłym uziarnieniu. Szczegółowe informacje można znaleźć w publikacji [K.Błazejowski „SMA. Teoria i praktyka”. 2007], poniżej przedstawiono podstawowe informacje niezbędne do zrozumienia i poprowadzenia procesu projektowania SMA 16, w kolejności:

- nieciągłość uziarnienia,
- szkielet mineralny i jego klinowanie,
- mastyks i lepiszcze,
- zastosowanie stabilizatora.

3.1. Mieszanka o nieciągłym uziarnieniu

W technologii mieszanek mineralno-asfaltowych rozróżnia się dwa główne rodzaje uziarnienia mieszanki mineralnej:

- mieszanki o ciągłym uziarnieniu oraz
- mieszanki o nieciągłym uziarnieniu.

Mieszanki o ciągłym uziarnieniu, często nazywane mieszankami typu betonowego, charakteryzują się równomiernym udziałem wszystkich frakcji kruszyw, opierają się one zazwyczaj o krzywe teoretyczne wg teorii Fullera lub krzywych wg wzorów Talbotta. Zatem w mieszance o największym ziarnie do 16 mm (czyli o $D = 16$ mm), znajdują się wszystkie frakcje kruszyw –

począwszy od wypełniacza, przez kruszywo drobne 0/2 mm, kruszywo grube 2/5, 5/8, 8/11 aż do najgrubszej frakcji o wymiarze 11/16 mm. Udział masowy każdego z wymienionych kruszyw będzie w miarę równomierny, dzięki czemu na wykresie uziarnienia mieszanki kruszyw uzyskamy krzywą bez mocnych załamania. W tego typu mieszankach wszystkie kruszywa dają swój wkład w pracę mieszanki, żadna frakcja nie jest dominująca.

Mieszanki o nieciągłym uziarnieniu, to mieszanki zdobywające popularność dopiero od końca lat 60. XX w., tzn. od momentu, gdy światło dzienne ujrzała pierwsza oryginalna SMA. Różnych wariantów mieszanek o nieciągłym uziarnieniu jest obecnie dość duża liczba, dość wspomnieć BBTM, AUTL¹ czy nasze dawne MNU². Cechą charakterystyczną nieciągłości jest brak lub zdecydowanie mniejsza zawartość jednej z frakcji kruszywa o średniej wielkości. Dzięki temu na wykresie uziarnienia uzyskujemy typowe załamanie krzywej – na rys. 3.1. jest to linia *b*. Jak zresztą widać, *nieciągłość uziarnienia* nie oznacza braku ciągłości linii (tzw. „krzywej”) uziarnienia, ale brak równomierności występowania wszystkich frakcji kruszyw w mieszance.

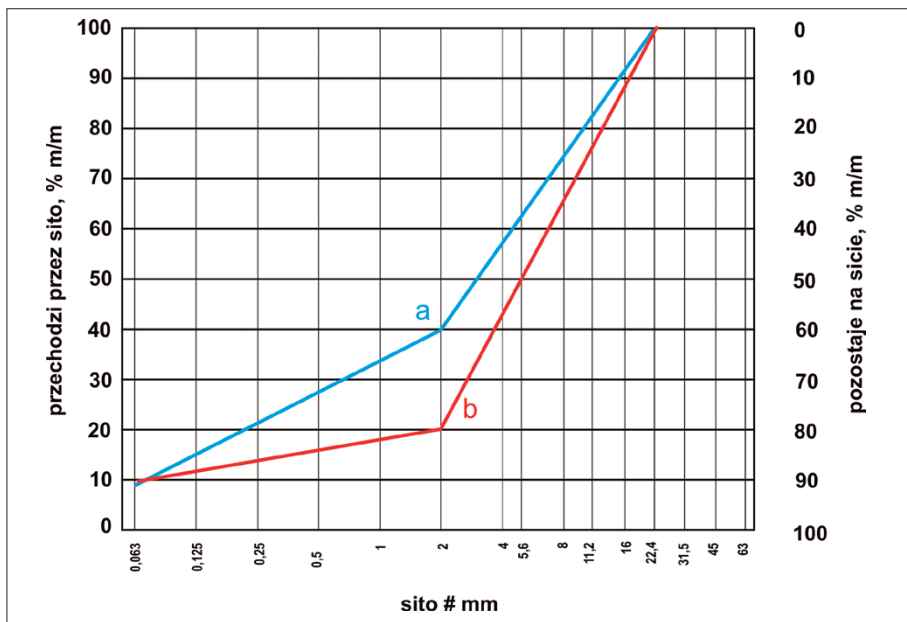
Zauważmy, że w mieszance o ciągłym uziarnieniu za przeniesienie obciążeń od pojazdów odpowiadały wszystkie kruszywa bo to one w całości tworzyły tzw. szkielet, zaś w mieszance o nieciągłym uziarnieniu szkielet tworzą przede wszystkim te frakcje kruszyw, które są „powyżej” nieciągłości.

Konsekwencje zmniejszenia zawartości środkowej frakcji kruszywa są znaczące:

- mieszanka mineralna ulega podziałowi na część tworzącą szkielet i na część tworzącą wypełnienie szkieletu,
- najgrubsze kruszywa tworzą silny szkielet przenoszący duże obciążenia, między innymi dlatego, że stykają się ze sobą w bezpośrednim kontakcie,
- ilość i jakość wolnych przestrzeni między ziarnami kruszywa bardzo mocno się zwiększa, a parametr VMA (ang. *Voids in Mineral Aggregate* – *zawartość wolnych przestrzeni w mieszance mineralnej*) wzrasta,

¹ AUTL – mieszanka do bardzo cienkich warstw ścieralnych, o grubości 10–20 mm, wg normy PN-EN 13108–9

² MNU – skrótowiec od nazwy Mieszanka o Nieciągłym Uziarnieniu



Rys. 3.1. Przykładowe, uproszczone przesiewy mieszanek o ciągłym (a) i nieciągłym (b) uziarnieniu [rys. K. Błażejowski]

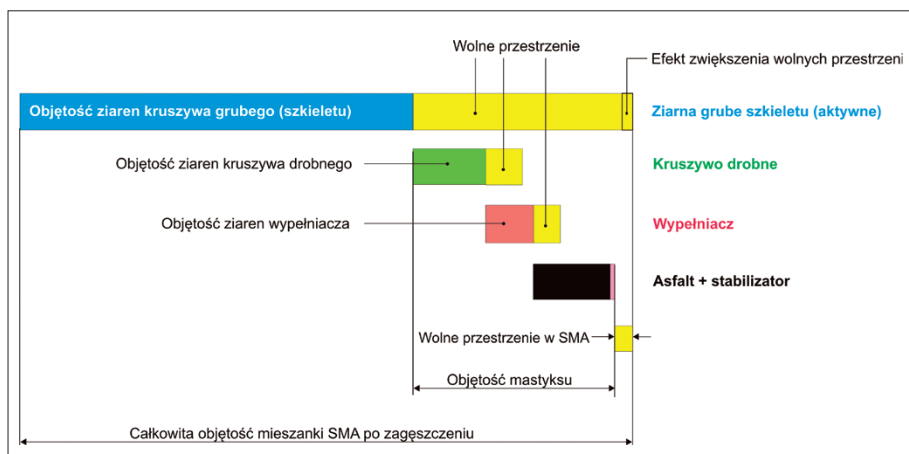
- skutkiem zwiększenia wolnego miejsca między kruszywem jest konieczność wypełnienia go lepiszczem asfaltowym, wypełniaczem, kruszywem drobnym (czyli w sumie mastyksem), co zwyczajnie oznacza większą ilość asfaltu, wypełniacza i kruszywa drobnego łamanego.

Jeśli spojrzymy na SMA jak na mieszankę o nieciągłym uziarnieniu, ale w sposób uwzględniający objętości składników, to zobaczymy nieco inne proporcje niż znamy z udziałów masowych. Taki podział prezentuje rys. 3.2. Zauważymy, że w objętość wolnego miejsca między grubymi ziarnami musimy zmieścić całą część mieszanki mineralno-asfaltowej poniżej nieciągłości.

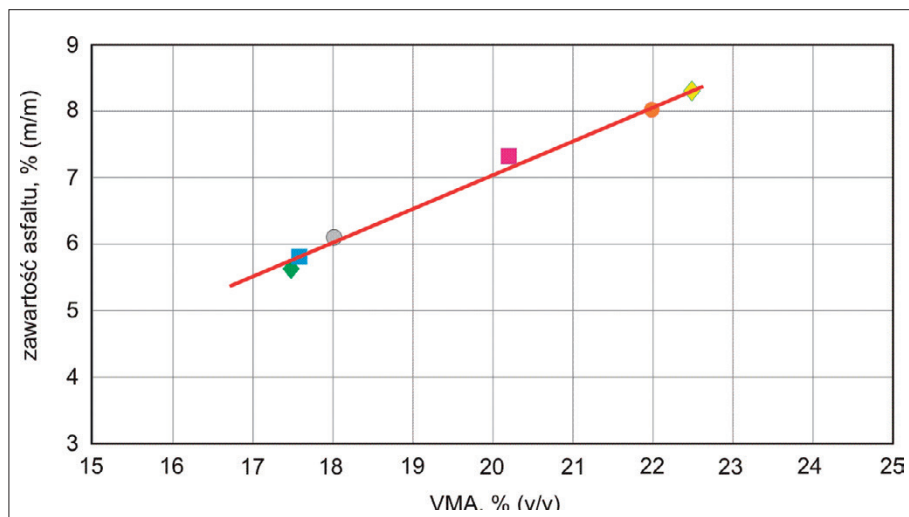
Zaznaczone na rys. 3.2. wolne przestrzenie plus objętość asfaltu w przybliżeniu odpowiadają procentowej zawartości VMA w SMA, co bezpośrednio wpływa na ilość asfaltu. Na rys. 3.3. przedstawiono przykładowy wpływ VMA na ilość asfaltu w SMA. Jest to przykład ilustrujący jak wielki wpływ ma zwiększanie nieciągłości uziarnienia na kompozycję mieszanki. W porównaniu

z mieszankami o ciągłym uziarnieniu typu beton asfaltowy AC, mieszanka SMA (o nieciągłym uziarnieniu) charakteryzuje się większą wartością VMA.

Jak zatem już wiemy, mieszanka mastykowo-grysowa SMA charakteryzuje się wyraźną nieciągłością uziarnienia, co wpływa na VMA i pozwala stworzyć stabilny tzw. *szkielet mineralny*.



Rys. 3.2. Objęściowy podział składników w mieszance SMA [Voskuilen, 2000]

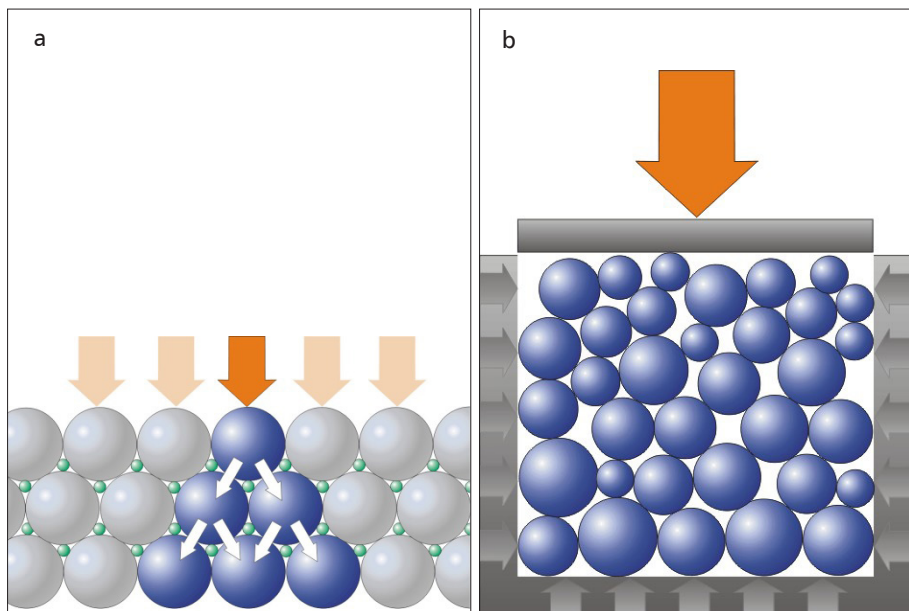


Rys. 3.3. Przykładowa zależność ilości asfaltu w SMA od VMA (różne uziarnienia mieszank mineralnych) [K. Błażejowski, 2007 – na podstawie różnych wyników badań SMA]

3.2. Szkielet mineralny

W języku budowlanym słowo „szkielet” jest synonimem słowa „konstrukcja”, a więc struktury przenoszącej obciążenia. W żargonie technologów drogowych słowo „szkielet” używa się do określenia dobrze zaklinowanego zbioru ziaren kruszywa, stabilnego i potrafiącego przenieść duże obciążenie. Jak wcześniej opisano w części o nieciągłości uziarnienia, w mieszanke SMA taki szkielet uzyskuje się poprzez duży udział grubych ziaren, które mogą oprzeć się jedno na drugim w bezpośrednim kontakcie – zjawisko to nazywane jest w USA *stone-to-stone contact* (rys. 3.4.a). Przedstawiony na rys. 3.4. schemat, w rzeczywistych warunkach warstwy generuje strukturę powierzchni przedstawioną na rys. 3.5.

Zauważmy, że idea przenoszenia obciążenia przez zaklinowane grube ziarna wymaga, aby ziarna tworzące szkielet charakteryzowały się odpowiednią wytrzymałością mechaniczną (odpornością na rozdrabnianie wyrażoną współczynnikiem LA). Zastosowanie kruszywa grubego o właściwej jakości



Rys. 3.4. Rola szkieletu z grubych kruszyw w SMA: a) przenoszenie obciążenia przez bezpośredni kontakt ziaren kruszywa; b) schemat – nośność zaklinowanych ziaren w mieszanke jednofrakcyjnej grubych kruszyw [Błażejowski, 2007]

doprowadzi do wykonania warstwy SMA 16 JENA o prawidłowej strukturze, widocznej dobrze na rys. 3.5.

Zastosowanie w mieszance nie dosyć twardego kruszywa powoduje zazwyczaj znaczące zmiany w warstwie, których początek następuje podczas zagęszczania warstwy. Słabe ziarna pękają podczas wałowania, co nie tylko zmienia charakter szkieletu mineralnego, ale także wpływa na relacje objętościowe między składnikami SMA wyrażone na rys.3.2. Zjawisko pękania słabych ziaren w szkielecie SMA może nastąpić także podczas eksploatacji nawierzchni, w wyniku ruchu ciężkich pojazdów. Najczęstszym efektem destrukcji ziaren szkieletu SMA jest wyciskanie mastyksu na powierzchnię warstwy oraz zwiększone ryzyko koleinowania.

Na rys. 3.6. i 3.7. przedstawiono skutki stosowania kruszyw grubych o zbyt wysokim współczynniku LA.



Rys. 3.5. Struktura powierzchni warstwy z SMA 16 JENA (fot. Krzysztof Błażejowski)



Rys. 3.6. Przykład spękanych ziaren „słabego” kruszywa grubego (fot I. Strugała)



Rys. 3.7. Przykład spękanych ziaren „słabego” kruszywa grubego (fot I. Strugała)

3.3. Mastyks i lepiszcze

Mieszanka mineralna, w której przeważają grube ziarna charakteryzuje się dobrą nośnością po zaklinowaniu, niemniej jednak wymaga odpowiedniego wypełnienia i sklejenia, co nada jej odporność na wodę i mróz. Odpowiednio skomponowany mastyks, będzie w mieszance zwiększał siły spójności, co z kolei będzie poprawiać również parametry mechaniczne mieszanki. Ważną rolę mastyksu ilustruje rys. 3.2.

Skład mastyksu (mieszanina asfaltu, wypełniacza i drobnego kruszywa) ma duży wpływ na osiągnięcie zakładanej trwałości na czynniki atmosferyczne. Należy wziąć pod uwagę odpowiednią ilość lepiszcza w stosunku do wypełniacza i drobnego kruszywa, aby zbytnio nie usztywnić mastyksu i nie narazić SMA na spękania.

Dodatkowym aspektem wpływu mastyksu na właściwości mieszanki i całej warstwy jest znaczące zwiększenie wytrzymałości zmęczeniowej. Mieszanki o większej zawartości mastyksu charakteryzują się lepszymi zdolnościami przenoszenia wielokrotnych odkształceń rozciągających dzięki dużej zawartości lepiszcza.

Najczęściej stosowanym lepiszczem w mieszankach SMA 16 JENA na drogach samorządowych jest asfalt drogowy 50/70 wg PN-EN 12591. W przypadku większych obciążeń lub powolnego ruchu warto rozważyć zastosowanie asfaltu wielorodzajowego MG 50/70–54/64 wg PN-EN 13924–2 lub asfaltu modyfikowanego polimerami PMB 45/80–55 wg PN-EN 14023, a w skrajnych wypadkach do rozważenia jest zastosowanie PMB 45/80–65 lub nawet PMB 45/80–80 HiMA.

3.4. Dodatki do mieszanki

W zależności od potrzeb, do mieszanki mogą być dodawane różne składniki, takie jak:

- chemiczne środki polepszające przyczepność lepiszcza asfaltowego do ziaren kruszywa,
- stabilizatory zapobiegające spływaniu lepiszcza z kruszywa,

- środki polepszające odporność na wodę i mróz,
- środki ułatwiające zagęszczanie,
- środki obniżające temperaturę produkcji mieszanki i/lub obniżające temperaturę zagęszczania.

W załączniku 1. przedstawiono rozszerzony opis stabilizatorów i środków kompozytowych łączących stabilizatory z innymi dodatkami.

W załączniku 2. znajduje się opis zasad stosowania wapna hydratyzowanego jako dodatku poprawiającego przyczepność asfaltu do kruszywa oraz odporność mieszanki na wodę i mróz.

3.5. Mechanika pracy SMA JENA

Projektując mieszankę mineralną należy pamiętać, że wynikowy zestaw ziaren stworzy szkielet o określonej sile klinowania. Dodając do tego lepsz-
cze asfaltowe uzyskamy kompozyt o lepszych lub gorszych cechach. Parametry mechaniczne materiałów lepko-sprężystych i lepko-plastycznych (w tym mieszanek mineralno – asfaltowych) zależą przede wszystkim od dwóch cech materiałowych – od kąta tarcia wewnętrznego φ i spójności C .

Możemy oszacować, co ma wpływ na obydwa parametry:

- kąt tarcia wewnętrznego φ – właściwości mieszanki mineralnej – uziarnienie, mikrotekstura powierzchni ziaren, odporność na rozdrabnianie itp.
- spójność C – rodzaj asfaltu, w tym zależność jego lepkości od temperatury, kohezja, przyczepność do kruszyw, właściwości mastyksu itp.

Dążenie do optymalnej krzywej uziarnienia mieszanki mineralnej, to tak naprawdę dążenie do optymalnego kąta tarcia wewnętrznego – φ . Spójrzmy więc na kruszywo, które chcemy użyć w mieszance, czy na pewno pozwoli na osiągnięcie wysokiego φ ? Znany przykład z zagęszczaniem okrągłych ziaren nietamanego kruszywa jest właśnie pokazaniem kłopotów z mieszanką o zbyt niskim φ .

Mieszanka mineralna o dobrym kącie tarcia wewnętrznego daje nam bardzo duże pole manewru z wyborem lepsz-
szego asfaltowego. Pamiętamy, że

stabilny szkielet oznacza możliwość zastosowania lepiszcza bardziej miękkiego lub niemodyfikowanego, wprowadzającego do ...mieszanki nieco słabszą spójność C. Niemodyfikowane lepiszcze oznacza także tańszą mieszankę.

Mieszanki typu SMA lub inne rodzaje mieszanek o nieciągłym uziarnieniu to redukcja w mieszankach mineralnych frakcji pośrednich (frakcji piaskowych oraz drobnych frakcji grysowych). **„Pogrubianie” uziarnienia ma na celu zwiększanie kąta tarcia wewnętrznego φ** , a przy okazji również trwałości nawierzchni. „Grube” ziarna zwykle są bardziej odporne mechanicznie, będą więc trudniej niszczone przez ruch pojazdów i czynniki klimatyczne.

Co się dzieje, gdy nie zwracamy uwagi na kąt tarcia wewnętrznego lub nie możemy go uzyskać? „Nadrabianie”, utraconych parametrów mechanicznych, wykonujemy wówczas poprzez podciąganie spójności C – najczęściej przez stosowanie coraz twardszych asfaltów (o coraz wyższych lepkościach i kohezji), coraz wyżej modyfikowanych, lub asfaltów wielorodzajowych, a w konsekwencji podrażamy końcowy produkt. Oczywiście zastosowanie asfaltów modyfikowanych czy wielorodzajowych w mieszankach o nieciągłym uziarnieniu ma uzasadnienie, gdy chcemy dobrej mieszance mineralnej „dodać” jeszcze wysoką spójność i uzyskać dzięki temu znacząco wyższe parametry mechaniczne i zwiększyć jeszcze bardziej trwałość, np. przez obniżenie temperatury pęknięcia niskotemperaturowego.

3.6. Projektowanie składu SMA 16 JENA

3.6.1. Materiały

Do SMA 16 JENA należy stosować materiały odpowiednio do obciążenia ruchem wg tabeli 3.1.

3.6.2. Mieszanka i wymagania

Mieszankę SMA 16 JENA projektuje się w laboratorium drogowym w taki sam sposób, jak typową mieszankę mineralno-asfaltową SMA. Możliwe jest oczywiście projektowanie składu SMA 16 JENA innymi, niekonwencjonalnymi metodami, np. opisanymi w monografii SMA [Błążejowski, 2007] lub publikacjach [Sarłńska, 2010; Błążejowski, 2017].

W tabeli 3.2. przedstawiono rzędne punktów kontrolnych uziarnienia mieszanki mineralnej (kruszywa) w dwóch wariantach – tabela 3.2.A granice podstawowe oraz tabela 3.2.B sugerowany przebieg uziarnienia, pomocniczo w przypadku projektowania składu mieszanki do warstw przy większych obciążeniach nawierzchni.

W tabeli 3.3. znajdują się wymagania wobec cech objętościowych i wytrzymałościowych zaprojektowanej mieszanki w laboratorium (p. 1–6) oraz wykonanej warstwy (p. 7–8).

Tabela 3.1. Wymagania wobec materiałów do mieszanki SMA 16 JENA

Lp.	Składnik mieszanki	SMA 16 JENA KR1-KR2	SMA 16 JENA KR3-KR6
1	Kruszywo mineralne	wymagania wobec kruszyw wg WT-1 2014 lub nowszej wersji, dla ruchu KR1-KR2 jak do mieszanki SMA przy dodatkowych wymaganiach: – zawartość ziaren łamanych i przekruszonych w mieszanke kruszywa grubego $C_{90/1}$ – kruszywo drobne, kanciastość kategoria ECS_{30} – kruszywo grube LA_{25}	wymagania wobec kruszyw wg WT-1 2014 lub nowszej wersji, dla ruchu KR3-KR4 i KR5-KR6 jak do mieszanki SMA
2	Granulat asfaltowy (granulowany destrukcyjnie ze starych nawierzchni)	• do 20% m/m mieszanki mineralnej w przypadku metody na zimno • do 30% m/m mieszanki mineralnej w przypadku metody na gorąco • do 40% m/m mieszanki mineralnej w przypadku metody na gorąco, kiedy granulat pochodzi z warstw SMA w każdym przypadku pod warunkiem spełnienia wymagań podanych w rozdziale 5.	wg decyzji Zamawiającego

3	Lepiszczka asfaltowe *)	Asfalt drogowy 50/70 wg PN-EN 12591 Asfalt wielorodzajowy MG 50/70–54/64 wg PN-EN 13924–2	Asfalt drogowy 50/70 wg PN-EN 12591 Asfalt wielorodzajowy MG 50/70–54/64 wg PN-EN 13924–2 Asfalt modyfikowany polimerami PMB 45/80–55 wg PN-EN 14023 Asfalt modyfikowany polimerami PMB 45/80–65 wg PN-EN 14023 Asfalt modyfikowany polimerami PMB 45/80–80 HiMA wg PN-EN 14023
4	Stabilizator mastyksu	Według deklaracji wcześniejszego pozytywnego zastosowania dostarczonej przez producenta/dostawcę (p. 4.1. normy PN-EN 13108–5). Wymagane wykonanie badania spływności wg p.6 tabeli 3.3.	
5	Środek polepszający adhezję asfaltu do kruszywa	Według deklaracji wcześniejszego pozytywnego zastosowania dostarczonej przez producenta/dostawcę (p. 4.1. normy PN-EN 13108–5). Wymagane wykonanie badania przyczepności asfaltu do kruszywa frakcji 8/11,2 mm odsianego z zaprojektowanej mieszanki mineralnej SMA 16 JENA, badanie wg PN-EN 12697–11, metoda A, 6 godzin obracania. Pokrycie powierzchni ziaren kruszywa powinno być nie mniejsze niż 80%.	
6	Inne dodatki – wapno hydratyzowane	Zgodnie z zapisami w Załączniku 2. W przypadku stosowania wapna hydratyzowanego, nie stosuje się jednocześnie środków chemicznych polepszających adhezję asfaltu do kruszywa. W takim przypadku testem skuteczności działania wapna jest badanie ITSR zgodnie z p. 4 tabeli 3.3.	

*) Możliwe jest stosowanie dodatków do lepiszczy, np. środków ułatwiających zagęszczanie lub obniżających temperaturę produkcji mieszanki lub stabilizatorów zawierających takie środki (patrz Załącznik 1). W takich przypadkach producent mieszanki mineralno-asfaltowej podaje odpowiednie informacje w Badaniu Typu SMA 16 JENA.

Tabela 3.2.A. Rzędne punktów kontrolnych uziarnienia mieszanki mineralnej SMA 16 JENA oraz minimalna zawartość asfaltu

Wymiar oczek sit # mm	Przechodzi % m/m
	Granice podstawowe, wymagane dla kategorii ruchu KR1-KR6
22,4	100
16	90–100
11,2	65 – 80
8	45 – 58
4,0	27 – 37
2	20 – 30
0,125	7 – 13
0,063	6,0 – 11,0
Orientacyjna zawartość stabilizatora	0,2 – 1,5% m/m
Zawartość asfaltu całkowitego $B_{\min}$ przed korektą współczynnikiem α zgodnie z p. 5.2.3. normy PN-EN 13108–5	5,2% m/m

Tabela 3.2.B. Rzędne punktów kontrolnych uziarnienia mieszanki mineralnej SMA 16 JENA – sugerowany przebieg uziarnienia, pomocnicze w przypadku projektowania składu do warstw przy większych obciążeniach nawierzchni

Wymiar oczek sit # mm	Przechodzi % m/m
	Sugerowany przebieg uziarnienia w następujących przypadkach: – przy obciążeniach typu ruch powolny lub postój pojazdów ciężkich – kategoria ruchu KR5-KR6 – grubość warstwy 4–5 cm, niezależnie od kategorii ruchu
22,4	100
16	95 – 100
11,2	65 – 70
8	50 – 55
5,6	37 – 42
4,0	32 – 37
2	25 – 30
1,0	21 – 26
0,5	17 – 22
0,25	12 – 17
0,125	8 – 12
0,063	7,0 – 10,0

Tabela 3.3. Wymagania wobec projektowanej mieszanki SMA 16 JENA oraz wykonanej warstwy

Lp.	Właściwość	Warunki zagęszczania wg PN-EN 13108-20	Metoda i warunki badania	SMA 16 JENA KR1-2	SMA 16 JENA KR3-6
<i>Wymagania do projektowania mieszanki</i>					
1	Zawartość wolnej przestrzeni V_m	Ubijanie 2 x 50 uderzeń, temperatura zagęszczania uzależniona od rodzaju asfaltu	PN-EN 12697-8	V_{min} 2,5 V_{max} 4,0 V_{max} 4,5 (dla warstw o grubości > 5 cm**)	
2	Zawartość wolnej przestrzeni wypełnionej asfaltem	Ubijanie 2 x 50 uderzeń, temperatura zagęszczania uzależniona od rodzaju asfaltu	PN-EN 12697-8	VFB podać wynik	
3	Zawartość wolnej przestrzeni w mieszance mineralnej VMA	Ubijanie 2 x 50 uderzeń, temperatura zagęszczania uzależniona od rodzaju asfaltu	PN-EN 12697-8	VMA _{min} 16	
4	Odporność na działanie wody	Ubijanie 2 x 35 uderzeń,	PN-EN 12697-12, przechowywanie w 40°C z jednym cyklem zamarzania, badanie w temperaturze 25°C*)	ITSR ₉₀	

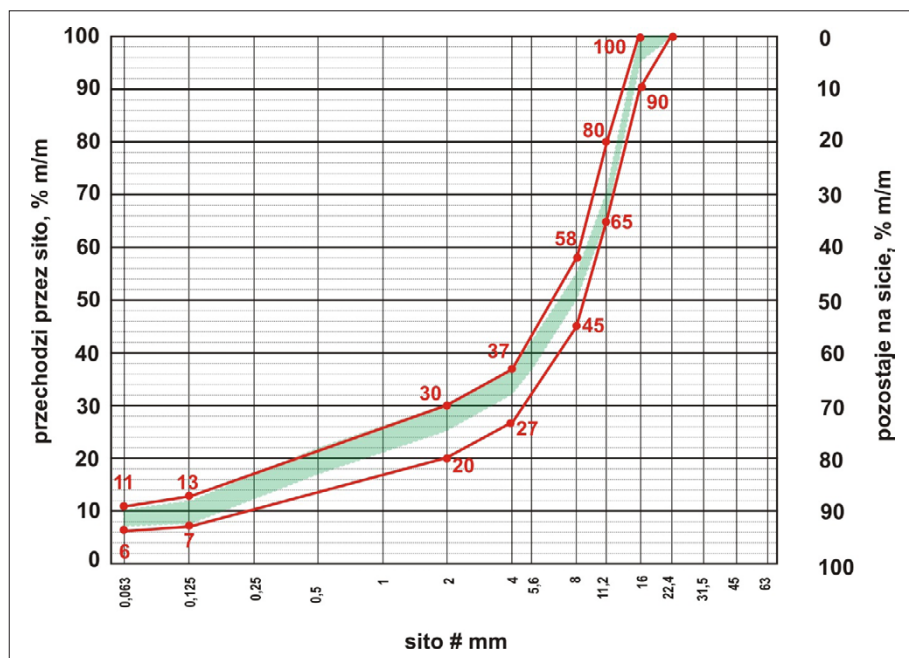
Tabela 3.3. Wymagania wobec projektowanej mieszanki SMA 16 JENA oraz wykonanej warstwy

Lp.	Właściwość	Warunki zagęszczania wg PN-EN 13108-20	Metoda i warunki badania	SMA 16 JENA KR1-2	SMA 16 JENA KR3-6
<i>Wymagania do projektowania mieszanki</i>					
5	Odporność na deformacje trwałe	Ważowanie $P_{98} - P_{100}$	PN-EN 12697-22, metoda B w powietrzu, temperatura 60°C, 10 000 cykli; grubość płyty: – 60 mm dla grubości warstwy do 6 cm – 100 mm dla grubości warstwy powyżej 6 cm Próbki mma muszą być kondycjonowane zgodnie z WT-2 2014 Zał.2.	WTS_{AIR} MaxNR PRD_{AIR} MaxNR (brak wymagań)	WTS_{AIR} Max 0,15 PRD_{AIR} Max 7,0
6	Splywność	–	PN-EN 12697-18, p. 5	$BD_{0,3}$	
<i>Wymagania wobec gotowej warstwy</i>					
7	Wskaźnik zagęszczenia warstwy, %	–	PN-EN 13108-20, załącznik C.4	$\geq 98,0$	
8	Wolna przestrzeń w warstwie, %	–	PN-EN 13108-20, załącznik C.5	V_{min} 2,0 V_{max} 6,0	
UWAGA: gęstość mma należy oznaczyć zgodnie z PN-EN 12697-5, metoda A w wodzie * Procedura badawcza zgodna z załącznikiem 1 do WT-2 2014 ** Mieszanka SMA 16 JENA układana w warstwie o grubości powyżej 5 cm ma tendencję do przegęszczania, dlatego w przypadku warstw o grubości większej od 5 cm stosuje się V_{max} 4,5					

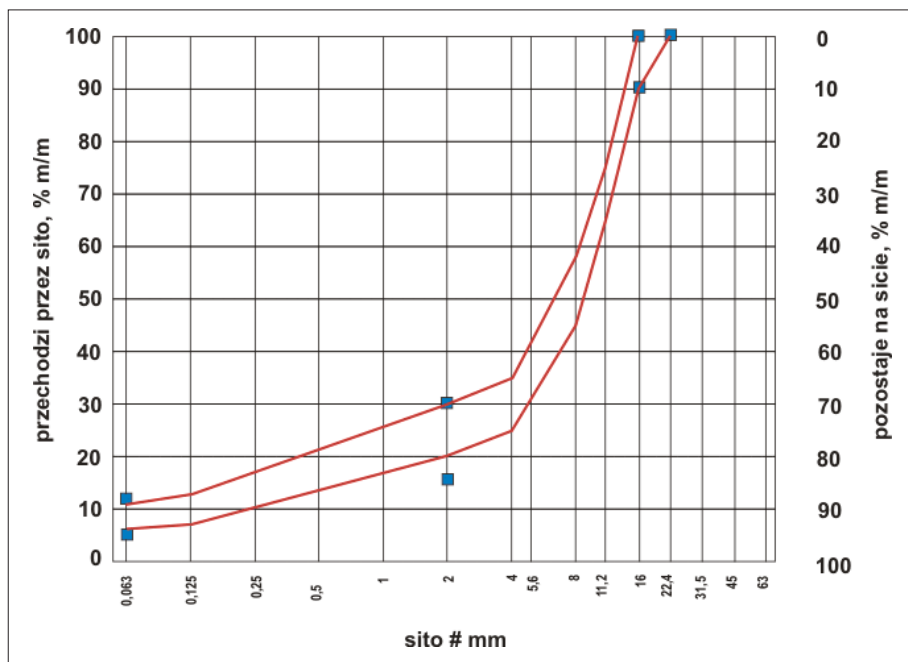
Przedstawione rzędne graniczne uziarnienia tabeli 3.2.A, są zgodne z wymaganiami normy PN-EN 13108-5, tzn. wymagania podstawowe do uziarnienia SMA 16 JENA z tab. 3.2.A mieszczą się między punktami kontrolnymi podanymi w normie (niebieskie punkty na rys. 3.9.). Zalecany obszar uziarnienia stosowany w przypadku większych obciążeń (tabela 3.2.B i zielony obszar na rys. 3.8.) wynikają z dotychczasowych doświadczeń z SMA 16 JENA, ale nie są oczywiście wymaganiem formalnym.

Warunki przygotowania próbek w procesie projektowania składu SMA 16 JENA:

- temperatura ubijania próbek:
 - z asfaltem drogowym 50/70 135–140°C,
 - z asfaltem wielorodzajowym MG 50/70–54/64 140–145°C,
 - z asfaltem modyfikowanym PMB 45/80–55 140–145°C,
 - z asfaltem modyfikowanym PMB 45/80–65 145–150°C,
 - z asfaltem wysokomodyfikowanym PMB 45/80–80 155–160°C,



Rys. 3.8. Prezentacja rzędnych punktów kontrolnych uziarnienia podstawowego (linie czerwone z wartościami rzędnych przesiewu – tabela 3.2.A) oraz obszar sugerowanego uziarnienia (pole zielone wg tabeli 3.2.B)



Rys. 3.9. Prezentacja rzędnych punktów kontrolnych uziarnienia wg tabeli 3.2.A na tle granic kontrolnych wg PN-EN 13108–5:2016 (punkty niebieskie)

- energia ubijania próbek walcowych:
 - 50 uderzeń na każdą stronę próbki walcowej.

3.7. Projektowanie SMA 16 JENA z udziałem granulatu asfaltowego

W przypadku stosowania granulatu asfaltowego z przetworzonego destruktu ze starych nawierzchni asfaltowych, należy stosować metodę projektowania opisaną w rozdziale 5.



W Zarządzie Dróg Powiatowych w Braniewie od kilku lat stosujemy do napraw nawierzchni bitumicznych różne technologie. Jedną z nich jest wykonanie nowych warstw ścieralnych z mieszanek SMA 16 JENA. Dzięki tej metodzie możliwe było przeprowadzenie szybkich remontów na odcinkach o najgorszym stanie technicznym. Do takich prac wybrano fragmenty, gdzie możliwe było jednoczesne układanie jednowarstwowo wyrównania z warstwą ścieralną, na całej szerokości jezdni. Porównując odcinki nawierzchni wykonane w tej technologii z odcinkami, na których układano betony asfaltowe można stwierdzić większą trwałość: na nawierzchniach jednowarstwowych SMA 16 JENA występuje mniej spękań po okresach zimowych oraz są mniej podatne na odkształcenia pod wpływem dużych obciążeń od ruchu ciężkiego. Dzięki temu Wykonawcy w postępowaniach przetargowych potrafią zaoferować dwukrotne wydłużenie terminu gwarancji na zrealizowane prace.

inż. Wojciech Skiba – Dyrektor ZDP Braniewo

3.8. Uwagi końcowe do projektowania mieszanki SMA 16 JENA

Proces projektowania mieszanki typu SMA 16 JENA musi zakończyć się wystawieniem dokumentacji pełnego badania typu spełniającej wymagania formalne.

W szczególności, producent mieszanki mineralno-asfaltowej czyli wyrobu budowlanego, powinien posiadać dla każdej otaczarni certyfikat Zakładowej Kontroli Produkcji wystawiony po audicie przeprowadzonym przez jednostkę notyfikowaną. W certyfikacie powinna być podana lista typów mieszanek, które zostały objęte Certyfikatem ZKP na podstawie próbnej produkcji i wyników z badań w laboratorium (tzw. wstępnego badania typu). Wraz z wyprodukowaniem i wprowadzeniem mieszanki, np. SMA 16 JENA, do obrotu, producent wystawia następujące dokumenty:

- oznakowanie CE wg wzoru w normie PN-EN 13108–5,
- deklarację właściwości użytkowych wg wzoru znajdującego się w Rozporządzeniu CPR 305/11.

Szczegółowe wymagania i rodzaje koniecznych badań można znaleźć w załączonej do Poradnika wzorcowej specyfikacji technicznej.

ROZDZIAŁ 4

WŁAŚCIWOŚCI MIESZANKI SMA JENA

Mieszanka SMA 16 JENA charakteryzuje się korzystnymi właściwościami wynikającymi ze specyficznych cech uziarnienia i składu materiałowego:

- nieciągłości,
- wielkości największego ziarna równej 16 mm,
- stosunkowo dużej zawartości ziaren grubych powyżej 8 mm (waha się ona w granicach 50% m/m),
- grubej otoczki asfaltowej na ziarnach kruszywa.

Dzięki temu uzyskujemy odporność na koleinowanie i odkształcenia od parkujących pojazdów, dobrą odporność na działanie wody i mrozu oraz szereg korzystnych cech mechanicznych.

4.1. Odporność na koleinowanie

Odporność na odkształcenia trwałe (koleinowanie) wynika ze szkieletu typowego dla mieszanki SMA oraz uzyskanego wysokiego kąta tarcia wewnętrznego mieszanki kruszywa. Temat ten został rozwinięty w rozdziale 3.

W Polsce od kilkunastu lat do oceny odporności na koleinowanie mieszanek mineralno-asfaltowych stosowany jest test wg PN-EN 12697-22 w tzw. małym aparacie do koleinowania, wykonywany w temperaturze 60°C, w powietrzu, metodą B, liczba cykli przejść koła 10000. Próbka poddawana testowi może być wykonana w laboratorium w specjalnej formie lub wycięta z nawierzchni. Na rys. 4.1. przedstawiono widok wnętrza aparatu oraz badanie próbki wykonanej w laboratorium.



Rys. 4.1. Aparat do koleinowania wg PN-EN 12697-22, metoda B, w powietrzu, a) widok komory termostatycznej w aparacie bez założonej próbki, b) test koleinowania założonej próbki przygotowanej w laboratorium (fot. Cezary Szydłowski)

W tabeli 4.1. przedstawiono porównanie wymagań wobec odporności na koleinowanie, parametr prędkości przyrostu koleiny WTS_{AIR} , a w tabeli 4.2. wymagania wobec proporcjonalnej głębokości koleiny PRD_{AIR} – w obydwu przypadkach według WT-2 2014 GDDKiA.

Dla porównania, zgodnie z tabelą 3.3. niniejszego Poradnika, wymagania do SMA 16 JENA wynoszą:

- dla kategorii ruchu KR1–2 $WTS_{AIR} Max NR$ oraz $PRD_{AIR} Max NR$ (brak wymagań)
- dla kategorii ruchu KR3–6 $WTS_{AIR} Max 0,15$ oraz $PRD_{AIR} Max 7,0$

Tabela 4.1. Wymagania wobec prędkość przyrostu koleiny – WTS_{AIR} wg WT-2 2014 GDDKiA

Kategoria ruchu/ rodzaj mieszanki	Wartość maksymalna WTS_{AIR} [mm/1000 cykli]			
	KR 1–2	KR3–4	KR 5–6	KR7
AC S	–	0,15	0,10	–
SMA S	–	0,15	0,15	0,10
AC W	–	0,15	0,10	0,10
AC P	–	0,3	0,15	0,15

Tabela 4.2. Wymagania wobec proporcjonalnej głębokości koleiny – PRD_{AIR} wg WT-2 2014 GDDKiA

Kategoria ruchu/ /rodzaj mieszanki	Wartość maksymalna PRD_{AIR} [%]			
	KR 1–2	KR3–4	KR 5–6	KR7
AC S	–	9,0	7,0	–
SMA S	–	9,0	7,0	7,0
AC W	–	7,0	5,0	5,0
AC P	–	9,0	7,0	7,0

Uwaga: mimo wpisania wymagania w postaci „Wartość deklarowana, ale nie więcej niż...”, faktycznie oznacza ono konkretną wartość graniczną oczekiwaną przez Zamawiającego (GDDKiA)

Brak wymagania do koleinowania w WT-2 2014 dla KR1–2, czyli faktycznie ruchu na drogach samorządowych w gminach i powiatach, prowadzi do stosowania mieszanek betonu asfaltowego, np. AC 11 S o bardzo słabej odporności na koleinowanie. Przykładem jak duża jest różnica między mieszanką o nieciągłym uziarnieniu jaką jest SMA 16 JENA, a drobnoziarnistym betonem asfaltowych jest rys. 4.2.



Rys. 4.2. Porównanie podatności na koleinowanie AC 11 S z asfaltem drogowym 50/70 i SMA 16 JENA z takim samym lepiszczem, a) próbka AC 11 S 50/70, b) próbka SMA 16 JENA 50/70 (fot. Cezary Szydłowski).

W tabeli 4.3. przedstawiono przykładowe wyniki badań porównawczych różnych mieszanek mineralno-asfaltowych z różnymi lepiszczami asfaltowymi (najczęściej stosowanymi w danych mieszankach). Rodzaj skały, z której wykonano kruszywa do mieszanek mineralnych jest taki sam.

Warto zauważyć, że wyniki SMA 16 JENA zostały uzyskane na stosunkowo „słabym” lepiszczu asfaltowym – asfalcie drogowym 50/70, które nie jest uznawane za wspomagające odporność mieszanki mineralno-asfaltowej na koleinowanie. Wystarczy porównać wyniki innych mieszanek z tym asfaltem zamieszczone w tabeli 4.3. Na tym tle SMA 16 JENA wyróżnia się dobrymi parametrami, co jest bezpośrednim potwierdzeniem wpływu dobrego szkieletu mieszanki mineralnej.

Tabela 4.3. Przykładowe wyniki badań odporności na deformacje trwałe – koleinowanie, uzyskane na mieszankach mineralnych z zastosowaniem tych samych kruszyw [wyniki z badania typu wykonanego w laboratorium Politechniki Gdańskiej].

Rodzaj badanej mieszanki	PRD _{AIR} [%]	WTS _{AIR} [mm/1000 cykli]
AC 11 S 45/80–55	3,5	0,15
AC 11 S 45/80–55	4,8	0,05
AC 11 S 50/70	9,6	0,18
AC 11 S 50/70	12,1	0,20
AC 11 W 45/80–55	6,2	0,05
AC 16 W 25/55–60	4,2	0,05
AC 16 W 35/50	7,0	0,14
AC 16 W 35/50	6,4	0,11
AC 16 W 50/70	6,8	0,15
AC 16 W 50/70	9,0	0,16
SMA 11 45/80–55	6,8	0,06
SMA 11 45/80–55	5,3	0,05
SMA 11 S 50/70	13,8	0,22
SMA 16 JENA 50/70 *)	6,5	0,08
SMA 16 JENA 50/70 *)	5,7	0,11
SMA 8 45/80–55	3,0	0,15
SMA 8 45/80–55	5,5	0,04
SMA 8 50/70	5,2	0,28

*) Uzyskane parametry dla mieszanki SMA 16 JENA pobranej bezpośrednio z produkcji mma w otaczarce.

4.2. Wytrzymałość na rozciąganie pośrednie

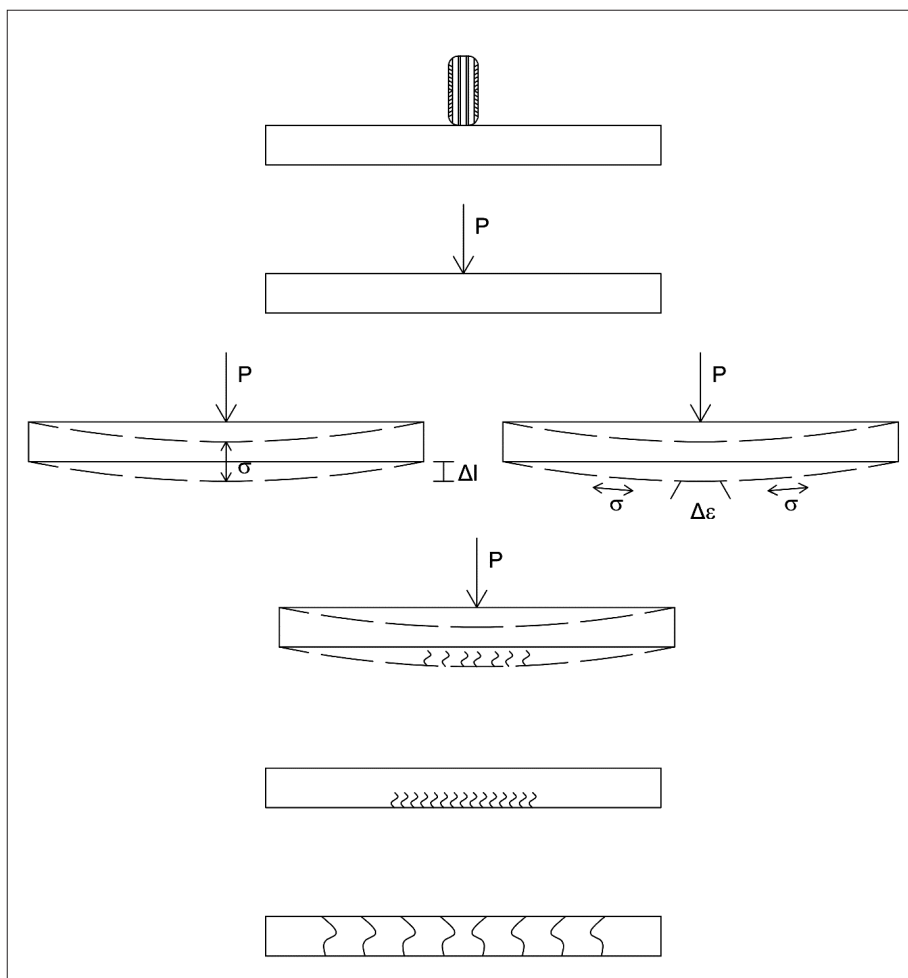
Obciążenia generowane przez pojazdy powodują powstawanie różnego rodzaju naprężeń w poszczególnych warstwach nawierzchni. Przez wiele lat główny nacisk kładziono na występowanie w nawierzchni naprężenia ściskającego i z nim wiązano powstawanie deformacji plastycznych w nawierzchni (kolein, odcisków). W latach osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych XX wieku skupiano się na poprawieniu wytrzymałości na ściskanie (i modułów z pełzania statycznego) materiałów użytych do budowy nawierzchni drogowych, co uzyskiwano przede wszystkim przez zwiększenie sztywności mieszanek asfaltowych. Efektem takich starań była szybka poprawa odporności na koleinowanie warstw asfaltowych naszych dróg.

Konstrukcje drogowe jednak pracują nie tylko „na ściskanie”. Po uzyskaniu odporności na deformacje plastyczne nawierzchni asfaltowych, pojawił się inny problem – nawierzchnie zaczynały pękać. Spękania nawierzchni mogą mieć różne przyczyny, zarówno w samym materiale jak i w sposobie pracy konstrukcji. Poprawa odporności na rozciąganie materiału użytego do budowy warstw asfaltowych nawierzchni, to poprawa cechy materiału, który opisujemy jako jego spójność – kohezja (patrz p.3.5.). Sterowanie czynnikami poprawiającymi kohezję mieszanki, to przede wszystkim zawartość lepiszcza i wybór właściwego jego rodzaju, co umożliwia rozwiązanie kwestii materiałowej.

Z kolei sposób pracy konstrukcji, przedstawiony na rys. 4.3. wskazuje, że w wyniku ugięć układu warstw spowodowanego przejazdem ciężkiego pojazdu, powstaje w spodzie warstw asfaltowych naprężenie i odkształcenie rozciągające. Prowadzą one do pęknięć w spodzie podbudowy asfaltowej (lub każdej innej warstwy asfaltowej leżącej najniżej w układzie warstw), zwanych także spękaniem zmęczeniowym lub w uproszczeniu „dół-góra”.

Biorąc pod uwagę jeszcze inne przyczyny powstawania spękań (odbite, skurczowe itd.) i ich wpływ na trwałość drogi, już na etapie projektowania składu mieszanki mineralno-asfaltowej, zasadnym jest określenie choćby przybliżonej wytrzymałości na rozciąganie danej kompozycji.

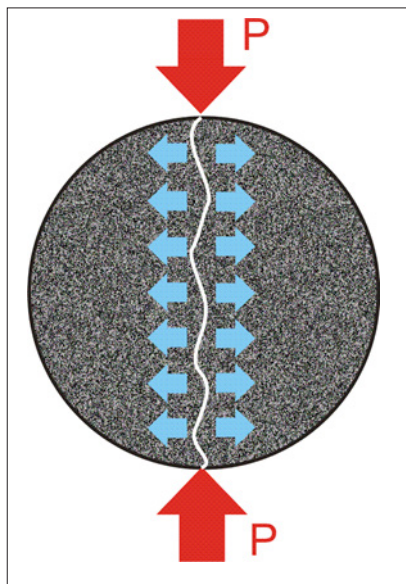
Od lat w Polsce stosowane jest badanie w schemacie rozciągania pośredniego (kiedyś nazywane popularnie „metodą brazylijską”). W tym badaniu nie występuje bezpośrednio osiowe rozciąganie, ale naprężenie rozciągające



Rys. 4.3 Schemat powstawania spękań siatkowych w nawierzchni, przy przekroczeniu naprężeń rozciągających (rys. 1. Strugała)

uzyskuje się w sposób pośredni przez zastosowanie obciążenia ściskającego działającego wzdłuż średnicy próbki walcowej (w istocie próbka jest rozłupywana). W takim przypadku pionowe ściskanie powoduje powstanie poziomego naprężenia rozciągającego – patrz rys. 4.4.

Badanie wykonuje się w prasie o przesuwie tłoka 50 mm/min. Obciążenie przekazywane jest przez przekładki o szerokości 12 mm i krzywiznie o promieniu 50,5 mm, dostosowanej do krzywizny badanej próbki walcowej.



Rys. 4.4. Schemat badania próbki walcowej w pośrednim rozciąganiu wywołanym pionową siłą ściskającą wzdłuż średnicy (czerwone strzałki) z efektem w postaci rozciągania (niebieskie strzałki) (rys. K. Błażejowski)

Próbkę obciąża się aż do zniszczenia. Wytrzymałość na pośrednie rozciąganie wyznacza się ze wzoru:

$$R = \frac{2 \times P}{\pi \times d \times h}$$

w którym:

R – wytrzymałość na pośrednie rozciąganie,

P – siła niszcząca,

d – średnica próbki,

h – wysokość próbki.

W tabeli 4.4. przedstawiono porównanie wytrzymałości na rozciąganie metodą „brazylijską” dla kilku mieszanek. Mieszanka SMA charakteryzuje się innym uziarnieniem i szkieletem mineralnym niż porównawcze betony asfaltowe, czego konsekwencją jest znacznie większa wytrzymałość na pośrednie rozciąganie. Cecha ta bez wątpienia przyczyni się do zwiększenia trwałości warstwy z SMA 16 JENA w przypadkach rozciągania warstwy przy zginaniu.

Tabela 4.4. Porównanie wytrzymałości na pośrednie rozciąganie w temperaturze 13°C [badania w laboratorium Politechniki Gdańskiej]

Rodzaj mieszanki	Wytrzymałość na pośrednie rozciąganie [MPa]
Beton asfaltowy 0/12,8 S 50/70	1,8
Beton asfaltowy 0/12,8 S PMB 45/80–55	1,7
SMA 16 JENA 50/70	2,6

4.3. Moduł sztywności

Moduł sztywności jest właściwością mieszanki mineralno-asfaltowej stosowaną przede wszystkim podczas wymiarowania konstrukcji nawierzchni. W tabelach 4.5. oraz 4.6. przedstawiono dynamiczny moduł sztywności na podstawie danych z badań wykonanych w laboratorium drogowym Politechniki Gdańskiej w temperaturze 20°C w porównaniu z przykładowym wynikiem uzyskanym dla SMA 16 JENA. Podane w tabelach wartości modułów są przykładowe i pokazują ogólny poziom odniesienia dla sztywności SMA 16 JENA w stosunku do innych mieszanek z różnymi lepiszczami.

Tabela 4.5. Dynamiczny moduł sztywności w temperaturze 20°C dla różnych mieszanek oraz SMA 16 JENA [badania w laboratorium Politechniki Gdańskiej]

Rodzaj mieszanki	Moduł sztywności [MPa]
Beton asfaltowy 0/12,8 S 50/70	5900
Beton asfaltowy 0/16 W 35/50	7700
SMA 11 45/80–65	3000
SMA 11 35/50	4000
SMA 11 45/80–55	3300
SMA 16 JENA 50/70	4500

Tabela 4.6. Dynamiczny moduł sztywności wg Katalogu Typowych Konstrukcji Podatnych i Półsztywnych z 2014 roku w temperaturze 13°C oraz dane przykładowe dla mieszanki SMA 16 JENA

Rodzaj mieszanki	Moduł sztywności [MPa]
SMA KR 3–7	7300
AC S KR 3–7	9300
AC W KR 3–7	10300
AC P KR 3–7	9800
AC S KR 1–2	9300
AC W KR 1–2	8800
AC P KR 1–2	8400
SMA 16 JENA 50/70	6800

4.4. Odporność na działanie wody i mrozu

Odporność na działanie wody i mrozu jest w naszym klimacie jednym z podstawowych parametrów warunkujących trwałość warstwy ścieralnej. Badanie takie wykonujemy w Polsce od wielu lat, najpierw według amerykańskiej metody AASHTO T 283, a następnie wg PN-EN 12697–12 (obecna procedura wg Załącznika 1 do WT-2 2014 GDDKiA), z jednym cyklem zamrażania próbek kondycjonowanych w wodzie. Końcową oceną mieszanki jest tzw. wskaźnik ITSR, który mówi o stopniu zachowania wytrzymałości przez próbki nasycone wodą i zamrożone (wynik równy 100% oznacza, że próbki nie utraciły wytrzymałości w stosunku do próbek nie zamrażanych).

Przykładowe wyniki badań odporności na działanie wody i mrozu metodą ITSR pokazano w tabeli 4.7.

Kilka słów komentarza do wskaźnika ITSR dla SMA 16 JENA. Uzyskanie odpowiedniej odporności na działanie wody i mrozu w przypadku mieszanek SMA 16 jest łatwiejsze niż w przypadku mieszanek typu betonowego. Łatwość uzyskania odpowiednich parametrów związana jest z grubością otoczki asfaltowej na ziarnach kruszywa oraz uszczelniającą funkcją mastyksu.

Tabela 4.7. Odporność na wodę i mróz przykładowej mieszanki SMA 16 JENA w porównaniu do odporności innych mieszanek, wskaźnik ITSR metoda wg WT-2 2014, dane poglądowe z różnych badań

Rodzaj mieszanki	ITSR [%]
AC 11 S 45/80–55	98
AC 11 S 50/70	92
AC 11 S 50/70	95
AC 11 W 45/80–55	92
AC 16 W 25/55–60	92
AC 16 W 35/50	89
AC 16 W 50/70	85
SMA 11 45/80–55	98
SMA 8 45/80–55	93
SMA 16 JENA 50/70	99

4.5. Współczynnik tarcia

W przypadku dróg klasy G lub wyższej i potrzebie wbudowania SMA 16 JENA jako warstwy ścieralnej, występuje konieczność sprawdzenia współczynnika tarcia na powierzchni (zgodnie z wymaganiami Rozporządzenia o warunkach technicznych dla dróg publicznych), w tabeli 4.8. podano wymagania przyjęte w Rozporządzeniu i opublikowane w 2016 r.

Tabela 4.8. Wymagane minimalne wartości miarodajne współczynnika tarcia wg Rozporządzenia MI z 2016 r. (Dz.U. z 2016 r., poz. 124).

Klasa drogi	Element nawierzchni	Minimalna wartość miarodajnego współczynnika tarcia przy prędkości zablokowanej opony względem nawierzchni		
		30 km/h	60 km/h	90 km/h
GP, G	Pasy ruchu, pasy dodatkowe, jezdnie łącznic, utwardzone pobocza	0,51**	0,41	-

** wartość wymagań dla odcinków nawierzchni, na których nie można wykonać pomiarów z prędkością 60 km/h

(Dz.U. z 2016 r., poz. 124). Przyjmuje się w technice drogowej, że mieszanki drobnoziarniste cechują się lepszymi współczynnikami tarcia niż mieszanki gruboziarniste. W przypadku badań wykonanych na odcinkach SMA 16 JENA uzyskane wyniki były dobre i spełniały wymagania (tab. 4.9).

W tabeli 4.9. przedstawiono wyniki badań współczynników miarodajnych tarcia metodą SRT-3, w SMA 16 JENA zastosowano kruszywa granodiorytowe. Mieszanki w warstwie ścieralnej o różnym stopniu zużycia pod ruchem.

Dla porównania, w tabeli 4.10 przedstawiono wartości współczynnika tarcia dla kilku typów nawierzchni, zmierzonych w tym samym okresie na innych odcinkach dróg dla warstwy ścieralnej wykonanej z SMA 11. Współczynniki miarodajne tarcia zmierzone urządzeniem SRT-3, kruszywa granodioryt, gnejs, nawierzchnia z SMA 11, klasa drogi „S”.

W wyniku porównania, można stwierdzić, że pomimo stosunkowo gruboziarnistej struktury górnej powierzchni wykonanej z mieszanki SMA 16, współczynniki tarcia są bardzo dobre. Obala to mit, że najlepsze współczynniki tarcia można uzyskać tylko dla drobnoziarnistych warstw ścieralnych np. z SMA 8. Kluczowe jak się wydaje jest zastosowanie kruszyw o odpowiedniej jakości, odpornych na polerowanie pod ruchem.

Tabela 4.9. Wyniki badań miarodajnego współczynnika tarcia na warstwach ścieralnych z SMA 16 JENA (przykładowe odcinki z woj. pomorskiego)

Opis pomiarowego pasa nawierzchni	Wartość miarodajnego współczynnika tarcia, SRT-3
	60 km/h
Nawierzchnia SMA 16 JENA po okresie eksploatacji ok. 15 miesięcy, ruch KR6, ruch skanalizowany i powolny, wymuszony praktycznie jednym śladem koła: – w śladzie prawego koła ok. 0,7 m od krawędzi drogi – poza śladem koła ok. 1,5–2,0 m od krawędzi drogi	0,44 0,55
Nawierzchnia SMA 16 JENA po okresie eksploatacji ok. 3 lata, ruch KR1–2: – w śladzie koła ok. 0,7 m od krawędzi drogi – poza śladem koła ok. 1,5–2,0 m od krawędzi drogi	0,56 0,64

Tabela 4.10. Wyniki badań miarodajnego współczynnika tarcia na warstwach ścieralnych z mieszanki SMA 11

Opis pomiarowego pasa nawierzchni	Wartość miarodajnego współczynnika tarcia, SRT-3
	60 km/h
Nawierzchnia SMA 11 po okresie eksploatacji ok. 18 lat pod ruchem KR6 – wartości średnie z pomiarów na dwóch pasach ruchu	0,47
Nawierzchnia SMA 11 po okresie eksploatacji ok. 5 lat pod ruchem KR6 – wartości średnie z pomiarów na dwóch pasach ruchu	0,51
Nawierzchnia SMA 11 po okresie eksploatacji ok. 8 lat pod ruchem KR6 – wartości średnie z pomiarów na dwóch pasach ruchu	0,41
Nawierzchnia SMA 11 po okresie eksploatacji ok. 7 lat pod ruchem KR6 – wartości średnie z pomiarów na dwóch pasach ruchu	0,54

4.6. Hałaśliwość nawierzchni

Do badań wykorzystano metodę CPX – Close Proximity Method (ISO/DIS 11819–2.2). W metodzie CPX koło badawcze umieszczone jest w specjalnie skonstruowanej przyczepie badawczej, a pomiary są prowadzone w polu bliskim za pomocą dwóch mikrofonów zainstalowanych w pobliżu styku opony z nawierzchnią. Metoda CPX bierze pod uwagę wyłącznie hałas toczenia opon pomijając pozostałe źródła dźwięku [Mioduszewski, 2015].

Badania przeprowadzono na dwóch drogach samorządowych, w miejscowościach Chlebówka i Grobelno w woj. pomorskim. Wyniki pomiarów prezentuje tabela 4.11.

Dodatkowo w rozdziale 7 tabeli 7.2 i 7.3 zamieszczono porównanie wyników badań poziomego hałasu dla nawierzchni z mieszanki SMA 16 JENA oraz dla nawierzchni wykonanej z mieszanki SMA 11 S.

Tabela 4.11. Wyniki badań hałaśliwości nawierzchni z SMA 16 JENA, wykonane przez Politechnikę Gdańską w 2018 r., metoda CPX

Lokalizacja	Opona SRTT hałas toczenia samochodów osobowych		Opona AAV4 hałas toczenia samochodów ciężarowych		CPX Index	
	50 km/h	80 km/h	50 km/h	80 km/h	50 km/h	80 km/h
Chlebówka	91,2	99,0	91,5	99,3	91,4	91,1
Grobelno	91,1	98,9	91,1	98,8	91,1	98,9



Mieszanki typu SMA 16 JENA to jedno z ciekawszych rozwiązań dla nawierzchni dróg lokalnych, samorządowych jak również dla dróg wojewódzkich.

Duża uniwersalność w stosowaniu SMA 16 JENA wynika z jej bardzo dobrych parametrów mechanicznych jak odporność na koleinowanie oraz możliwości stosowania wielu rodzajów kruszyw. W obecnej sytuacji rynkowej kiedy mamy wiele dużych projektów infrastrukturalnych dostępność kluczowych frakcji

kruszywa 5/8 i 8/11 staje się deficytowa, czy zabraknie tych frakcji dla dróg lokalnych trudno przesądzać jednak koszty zakupu tych materiałów będą rosły.

Stosowanie mieszanki typu SMA 16 JENA zdecydowanie zmniejsza zapotrzebowanie na te frakcje w stosunku do typowych mieszanek jak beton asfaltowy czy SMA.

W konsekwencji możliwa jest realizacja tych wszystkich mniejszych projektów lokalnych bez istotnego wzrostu kosztów produkcji. Obserwuje z roku na rok coraz większe zainteresowanie mieszankami jednowarstwowymi jak SMA 16 JENA wśród inwestorów – stan dróg lokalnych nie poprawia się tak szybko jak oczekują użytkownicy, a obciążenie ruchem dróg lokalnych systematycznie rośnie. Zmienia się tabor samochodowy i wielkość maszyn rolniczych, które poruszają się po remontowanych drogach lokalnych dlatego samorządy poszukują nowszych technologii, o lepszych parametrach niż dotychczasowe mieszanki. Colas Polska dysponuje obecnie wiedzą i gotowymi receptami umożliwiającymi produkcję mieszanki SMA 16 JENA co umożliwi realizację kolejnych kilometrów nawierzchni w tej ciągle nowej technologii.

Inż. Przemysław Zalewski – Colas Polska

ROZDZIAŁ 5

ZASTOSOWANIE GRANULATU ASFALTOWEGO DO SMA 16 JENA

Zastosowanie granulatu asfaltowego z przetworzonych starych nawierzchni asfaltowych w mieszance mineralno-asfaltowej typu SMA 16 JENA jest możliwe pod określonymi warunkami.

Podstawowe warunki stosowania:

- użycie granulatu ze znanego źródła (lokalizacja, warstwa), pozyskanego w sposób selektywny, frezowanie warstwa po warstwie i oddzielne składowanie sfrezowanego materiału z każdej warstwy,
- zaleca się stosowanie granulatu z nawierzchni wykonanych po 2000 r. (wg normy PN-S-96025:2000 lub późniejszych norm PN-EN 13108-(1,2,5,7),
- prawidłowe rozpoznanie składu granulatu, jego jednorodności i jakości, np. według zapisów WT-2 2014 GDDKiA punkt 7.4.,
- brak lepiszcza smołowego w granulacie,
- unikanie stosowania granulatu z asfaltu lanego i asfaltu piaskowego oraz mieszanek mineralno-asfaltowych w których zawartość ziaren nieflamanych przekracza 25% m/m,
- w przypadku stosowania granulatu metodą „na zimno” maksymalna zawartość granulatu w mieszance może wynosić 20% m/m,
- w przypadku stosowania granulatu metodą „na gorąco” ograniczenie maksymalne wynosi 30% lub 40% m/m, przy czym wyższa wartość stosowana jest w przypadkach granulatu ze starych nawierzchni SMA,

- poprawne wytworzenie granulatu z destruktu asfaltowego i jego finalne sklasyfikowanie zgodnie z postanowieniami zawartymi w PN-EN 13108–8 *Mieszanki mineralno-asfaltowe – Wymagania – Część 8: Destrukt asfaltowy*.

Jeszcze raz warto powtórzyć – nie dopuszcza się zastosowania w mieszankach mineralno-asfaltowych wytwarzanych i wbudowywanych na gorąco, w tym SMA 16 JENA, dodatku granulatu bitumicznego zawierającego lepiszcze smołowe. Przetwarzanie granulatu z dodatkiem smoły węglowej jest bardzo niebezpieczne dla osób znajdujących się w zasięgu oddziaływania emisji WWA ze smoły, które mają silne właściwości rakotwórcze!

5.1. Klasyfikacja granulatu asfaltowego

Granulat asfaltowy klasyfikuje się zgodnie z PN-EN 13108–8. Do opisu granulatu asfaltowego powstałego z rozkruszonego i przesortowanego destruktu starych nawierzchni asfaltowych (rys. 5.1.) stosuje się następujące oznaczenia:

- wg bezpośrednich zapisów normy PN-EN 13108–8:

U RA d/D

- *U* jest wielkością kawałków destruktu,
- skrót *RA* (*ang. Reclaimed Asphalt*) oznacza granulat asfaltowy,
- *d/D* jest określeniem wymiaru kruszywa znajdującego się w granulacie,
- lub wg stosowanych zapisów krajowych:

U GRA d/D

- *U* - wielkość kawałków granulatu,
- *GRA* – granulat asfaltowy,
- *d/D* – wymiar kruszywa.

W każdym powyższym przypadku stosowane są następujące definicje:

- **wielkość kawałków granulatu asfaltowego *U*** - najmniejszy rozmiar sita w mm, przez które przechodzi 100 % (m/m) granulatu asfaltowego,



Rys. 5.1. Granulat asfaltowy, powstały z pokruszonego destruktu asfaltowego i odsianiu z niego kawałków większych od wymiaru U (fot. K.Błażejowski)

- **wymiar kruszywa d/D** – oznaczenie wielkości ziarna kruszywa w granulacie asfaltowym z zastosowaniem dolnego (d) i górnego (D) rozmiaru sita, wyrażone jako d/D . W przypadku granulatu asfaltowego d zazwyczaj równe jest 0.

Pozostałe wymagania wobec granulatu zawarte są w WT-2 2014 GDDKiA punkt 7.4, przy czym do mieszanki SMA 16 JENA można stosować granulat asfaltowy o uziarnieniu nie większym niż 22 GRA 0/16.

5.2. Projektowanie mieszanki z granulem

W przypadku projektowania SMA 16 JENA z granulem asfaltowym, mieszanka mineralna (uśredniona) z granulatu wchodzi do mieszanki SMA 16 JENA jako **dotychczasowe kruszywo**. Lepiszczce znajdujące się w granulacie wchodzi do bilansu całkowitego asfaltu w SMA. Jeśli lepiszczce w granulacie jest bardzo zestarzone może zachodzić potrzeba dodawania bardziej miękkiego



W ostatnich kilku latach pojawiło się w Polsce kilka nowych, interesujących koncepcji dotyczących nawierzchni asfaltowych. Spośród nich, technologia jednowarstwowej nawierzchni SMA 16 JENA należy do najszybciej rozwijających się i, co jest szczególnie warte podkreślenia, najpowszechniej stosowanych. Oznacza to, że zarówno idea tej mieszanki, jak i jej zalety w sposób wyjątkowo trafny odpowiadają potrzebom administracji drogowej. O ile medialnie cała Polska żyje budową autostrad, to nasz dzień powszedni jest bardziej prozaiczny – znakomita większość Polaków jeździ drogami samorządowymi. I to w szczególności dla tej kategorii dróg dedykowana jest technologia SMA JENA, będąc bardzo ciekawą propozycją do zastosowania w utrzymaniu i podnoszeniu standardów jakościowych sieci drogowej. A jeśli rozejrzemy się wokół, to zobaczymy, że jest co naprawiać. Teraz możemy także powiedzieć, że wiadomo jak – dzięki technologii SMA 16 JENA.

dr inż. Krzysztof Błazejowski (współautor książki „Nawierzchnie jednowarstwowe z SMA 16 JENA”)

lepiszcza asfaltowego albo środka odświeżającego asfalt (*rejuvenatora*). Przykładowe zasady projektowania mieszanek z granulatem można znaleźć w WT-2 2014.

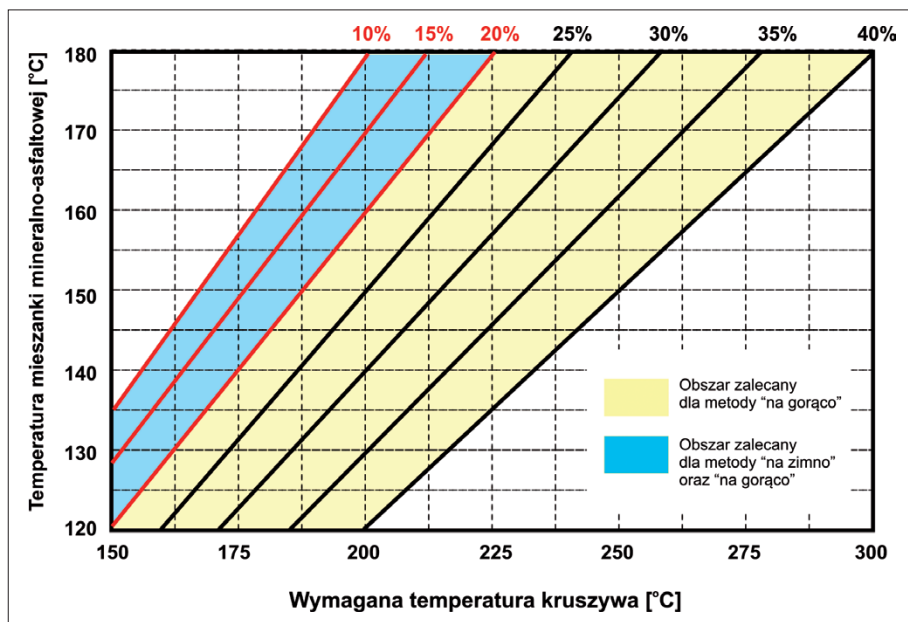
Wszystkie wymagania wobec mieszanki SMA 16 JENA (p. 2.6.2.) pozostają bez zmian, niezależnie od ilości wprowadzonego granulatu.

5.3. Produkcja mieszanki SMA 16 JENA z granulatem

Ustalenie poprawnych parametrów produkcji wymaga wzięcia pod uwagę następujących czynników:

- metoda wprowadzania (na zimno, na gorąco),
- ilość granulatu,
- wilgotność granulatu.

Produkcja metodą „na gorąco” nie powinna nastręczać problemów, ponieważ granulaty jest wstępnie ogrzany w dodatkowej suszarce otaczarki



Rys. 5.2. Określenie wymaganej temperatury kruszywa do ogrzania zimnego granulatu asfaltowego wg WT-2 2014 GDDKiA z dodatkowymi oznaczeniami autorów

(tzw. „czarnym bębnie”), a jego poprawne wymieszanie z pozostałymi składnikami jest bardzo łatwe.

Podczas wykorzystania metody „na zimno” należy uwzględnić konieczność podgrzania granulatu przez gorące kruszywo w mieszalniku otaczarki, gdzie granulaty trafia zimny i wilgotny. Powoduje to oczywiste efekty w postaci spadku temperatury mieszanki i wyrzutu pary wodnej z granulatu. W związku z tym należy przyjąć korektę temperatury kruszywa (podnieść jego temperaturę) oraz, w przypadku bardzo wilgotnego granulatu, ograniczyć jego zawartość w mieszance (wymaga przeprojektowania mieszanki i nowego badania typu). Ograniczenie wilgotności granulatu jest opłacalne i może być zrealizowane np. przez zadaszenia nad posortowanym granulem.

Korekty temperatury kruszywa można dokonać w oparciu o wykresy z WT-2 2014 GDDKiA punkt 7.4.4. (przedstawione także na rys. 5.2.)

Korekta temperatury mieszanki w zależności od wilgotności granulatu może być wykonana na podstawie rys.5.3. (wg WT-2 2014 GDDKiA).

Udział granulatu asfaltowego [% m/m]	Wilgotność granulatu asfaltowego [%]					
	1	2	3	4	5	6
	Korekta temperatury [°C]					
10	4	8	12	16	20	24
15	6	12	18	24	30	36
20	8	16	24	32	40	48
25	10	20	30	40	50	60
30	12	24	–	–	–	–

Rys. 5.3. Określenie wymaganego zwiększenia temperatury kruszywa do ogrzania zimnego granulatu asfaltowego w przypadku zawilgocenia granulatu, wg WT-2 2014 GDDKiA z dodatkowymi oznaczeniami autorów: obszar żółty – zalecany obszar korekt temperatury kruszywa, obszar szary – zakres poza wymaganiami Poradnika (powyżej 20% m/m zimnego granulatu asfaltowego)

Maksymalna temperatura mma z granulatem wynosi wg zapisów z WT-2 2014 (tab. 42, str.41):

- asfalt drogowy 50/70 180°C
- asfalt modyfikowany PMB 45/80–55 zwykle 190°C
[wg producenta asfaltu]
- asfalt modyfikowany PMB 45/80–65 zwykle 190°C
[wg producenta asfaltu]

5.3.1. Przykład obliczenia temperatury kruszywa

Założmy, że zamierzamy produkować SMA 16 JENA z 20% granulatu, metodą „na zimno”, z asfaltem 50/70 dla którego maksymalna temperatura mieszanki wynosi 180°C, wilgotność granulatu wynosi 3% m/m.

Zakładamy, że docelową temperaturę mieszanki będzie 170°C. Z rys. 5.1. odczytujemy dla 20% granulatu i temperatury mieszanki 170°C, że kruszywo powinno zostać rozgrzane do temperatury ok. 210°C. I tak by już mogło pozostać, gdyby granulatu nie był wilgotny.

Trzy procent wody w granulacie sprawi, że musimy skorzystać jeszcze z rys. 5.2. i dodatkowo podnieść temperaturę kruszywa. Przy 20% granulatu i 3% wilgotności, dodatkowa korekta, czyli podniesienie temperatury kruszywa wyniesie +24°C.

Finalnie temperatura kruszywa powinna zostać ustawiona na $210 + 24 = 234^{\circ}\text{C}$ czyli średnio $230\text{--}240^{\circ}\text{C}$.

Pamiętajmy jednak by nie przekraczać temperatury granicznej, którą wyznacza nam temperatura zapłonu asfaltu. Jeżeli temperatura przegrzanego kruszywa wg obliczeń przekroczy temperaturę zapłonu lepiszcza, to konieczna staje się korekta ilości dodawanego granulatu. Większość asfaltów stosowanych dziś w drogownictwie posiada temperatury zapłonu oscylujące w okolicach 240°C (dotyczy temperatury zapłonu w tyglu zamkniętym metodą Martensa-Pensky'ego).

5.3.2. Problem zabezpieczenia stabilizatora

Stosując granulaty asfaltowe do mieszanek typu SMA 16 pamiętamy, że kruszywo podgrzewamy do znacząco wyższej temperatury niż normalnie. Ponieważ jednak mamy do czynienia z mieszanką SMA, to do tego samego mieszalnika trafia także stabilizator. Najczęściej dziś stosowany stabilizator to włókna celulozowe. Włókna celulozowe mają stosunkowo małą odporność termiczną. Mogą, mówiąc wprost ulec w takiej temperaturze spaleni. By tego typu zjawisku zapobiec należy włókna dodać w odpowiedniej kolejności. Musimy więc najpierw „pozbyć” się nadmiaru ciepła z mieszanki, a zatem kolejność dozowania składników do mieszalnika powinna więc być następująca:

1. gorące kruszywo,
2. granulaty asfaltowe,
3. wypełniacz,
4. stabilizator,
5. lepiszcze.

W przypadku dodania stabilizatora bezpośrednio na „przegrzane” kruszywo nastąpi częściowe zniszczenie włókien („spalenie”), mieszanka nie będzie w stanie utrzymać „nadmiaru” lepiszcza na powierzchni mieszanki mineralnej, ulegnie segregacji a więc pogorszy się jej stabilność, co w końcu objawi się w postaci plam w układanej nawierzchni. Opisany powyżej błąd zdarza się dość często podczas zastosowania granulatu asfaltowego do mieszanek o nieciągłym uziarnieniu (SMA, BBTM itp.).

Więcej szczegółów o stosowaniu granulatu ze starych nawierzchni asfaltowych i sposobów projektowania można znaleźć w publikacji [Styk S., Strugała I. „Poradnik stosowania destruktu asfaltowego. Makrum 2018].

ROZDZIAŁ 6

WYKONANIE NAWIERZCHNI Z SMA 16 JENA

6.1. Przed ułożeniem warstwy SMA 16 JENA

Zaleca się, aby powierzchnia warstwy, na której układa się SMA 16 JENA była równa. W przypadku niewielkich nierówności i wykonywaniu tylko warstwy ścieralnej z mieszanki SMA16 JENA, można zrezygnować z warstwy wyrównawczej, mając jednak na uwadze, że nie można oczekiwać uzyskania idealnej równości SMA 16 JENA. W przypadku dużych nierówności należy wykonać warstwę wyrównawczą. Przygotowane podłoże powinno być bez zanieczyszczeń, w zależności od rodzaju zabrudzenia należy zastosować odpowiednie środki (sprężone powietrze, woda, absorbenty produktów ropopochodnych). Wyboje i większe uszkodzenia warstwy na której będzie układana warstwa kolejna, powinny być wypełnione (można to wykonać mieszanką SMA 16 JENA).

Istniejące urządzenia w nawierzchni (włazy, wpusty itd.) należy tak przygotować aby zapewnić szczelne i trwałe połączenie warstwy z urządzeniem. Zalecane jest oklejanie taśmami asfaltowo-polimerowymi (rys. 6.1.) lub rozkładanie past (mas) asfaltowo-polimerowych. Przygotowanie urządzeń w jezdni obejmuje także ich zabezpieczenie przed uszkodzeniem lub zasypaniem (np. wpustu kanalizacyjnego).

W przypadku wykonywania warstwy tzw. „połówkami” brzeg sąsiadującej warstwy SMA 16 JENA (ułożonej wcześniej) powinien być równo obcięty pod



Rys. 6.1. Taśma asfaltowo-polimerowa do uszczelniania spoin w nawierzchni przyklejona do krawędzi wjazdu (fot. K. Błażejowski)

kątem. Boczna krawędź powinna być przygotowana do trwałego połączenia z drugą połową warstwy. Ponieważ SMA 16 JENA jest mieszanką gruboziarnistą ($D=16$ mm) grubość warstwy sklejającej musi być relatywnie duża. Polecane są taśmy asfaltowo-polimerowe rozkładane ręcznie (fot. 6.1.) o grubości min. 10 mm lub masy asfaltowo-polimerowe rozkładane maszynowo. Tradycyjne smarowanie krawędzi gorącym asfaltem i skrapianie emulsją z lancy jest nieskuteczne i nie powinno być stosowane.

Związanie międzywarstwowe jest niezbędne dla trwałości nawierzchni. Ilość emulsji do skropienia trzeba dobierać w zależności od stanu i rodzaju podłoża. Należy pamiętać, że do skropień stosujemy emulsje o kodzie „ZM”, przystosowane do połączeń międzywarstwowych. Nie stosujemy np. emulsji typowych do powierzchniowych utrwaleń o kodzie PU. Specyfikacje do wymienionych emulsji znajdują się w Załączniku Krajowym do normy PN-EN 13808.

Rekomendujemy stosowanie ogólnej zasady, że:

- jeśli w SMA 16 JENA zostanie zastosowany asfalt drogowy (niemodyfikowany), to emulsja też będzie niemodyfikowana (C60 B3 ZM),
- jeśli SMA 16 JENA będzie zawierała asfalt modyfikowany (wyższe kategorie ruchu), to warto zastosować także emulsję modyfikowaną C60 BP3 ZM.

Innym przypadkiem jest wbudowanie SMA 16 JENA bezpośrednio na warstwie z kruszywa lub na stabilizacji cementem. W takiej sytuacji stosuje się emulsję C60 B5 ZM/R.

Przybliżone ilości lepiszcza do połączeń międzywarstwowych przedstawiono w tabeli 6.1.

Należy pamiętać, że ze względu na bardzo grysowe uziarnienie mieszanki SMA 16 JENA, zdolność tej mieszanki do połączenia się z warstwą niżej leżącą polega bardziej na sklejeniu niż na zazębieniu. Na spodzie warstwy z mieszanki SMA podczas układania pojawia się zwiększona ilość zaprawy asfaltowej (mastyksu – mieszanki lepiszcza, wypełniacza i drobnego kruszywa), na powierzchni której jest pogrubiona otoczka asfaltowa, i to właśnie ona ułatwia połączenie międzywarstwowe. Zwiększenie ilości zaprawy, na spodzie układanej warstwy, uzyskać możemy dzięki odpowiedniemu ustawieniu elementów zagęszczających na rozkładarkach mieszanek mineralno – asfaltowych (poziom wibracji). Wymagany poziom szczepności międzywarstwowej dla połączenia warstwy wiążącej i ścieralnej – minimum 1,0 MPa (metoda Leutnera).

Tabela 6.1. Zalecana ilość emulsji asfaltowej w połączeniu międzywarstwowym pod warstwę z mieszanki SMA 16 JENA

Typ warstwy w podłożu	Ilość emulsji [kg/m ²]
Podbudowa z chudego betonu	0.3÷0.7
Podbudowa z zagęszczonego kruszywa	0.5÷0.7
Warstwa z mieszanki mineralno-asfaltowej	0,2÷0.5

6.2. Produkcja mieszanki

Produkcja mieszanki SMA 16 JENA nie różni się od produkcji innych mieszank o nieciągłym uziarnieniu (SMA 11, SMA 8, BBTM 8 itd.) i może być z powodzeniem wykonana na każdej nowoczesnej otaczarce o działaniu cyklicznym. W przypadku otaczarek o produkcji ciągłej dopracowania i sprawdzenia wymaga system dozowania stabilizatora, który w takim przypadku może być wyłącznie granulowany.

Mieszanka SMA 16 JENA jest mieszanką wg normy zharmonizowanej PN-EN 13108-5 i zgodność z tą normą powinna być deklarowana. Producent mieszanki powinien, zgodnie z Rozporządzeniem CPR 305/11, posiadać Certyfikat Zakładowej Kontroli Produkcji wystawiony przez jednostkę notyfikowaną. Do każdej produkcji mieszanki producent wystawia odpowiednie dokumenty wg CPR (oznakowanie CE, Deklarację Właściwości Użytkowych itd.), a Badanie Typu (dawniej „recepta mma”), powinno być opracowane zanim producent rozpocznie produkcję SMA 16 JENA.

Wytwórnia mieszanek powinna być tak przygotowana (wydajność, logistyka), aby dostarczać odpowiednią ilość materiału zapewniającą ciągłe wbudowywanie warstwy przez rozkładarkę.

Sposób dozowania stabilizatora do mieszanki powinien zapewnić jego jednorodne rozproszczenie i jednocześnie ochronić go przed zniszczeniem. Wygodniej dozuje się stabilizator w formie granulatu (rys. Z1.1.a), szczególnie jeśli otaczarka wyposażona jest w automatyczny system naważania dodatków. W takim przypadku stabilizator podaje się w fazie mieszania „na mokro”, którą należy przedłużyć o kilka sekund. W przypadku stabilizatorów luzem (rys. Z1.1.b) dodaje się go w fazie mieszania „na sucho”, przedłużając czas tej fazy mieszania. Należy jednak pamiętać, że nadmierne wydłużanie czasu mieszania na sucho może zniszczyć włókna i stabilizator przestanie spełniać swoją rolę w SMA.

Maksymalna temperatura mieszanki z asfaltem, zaraz po wyprodukowaniu nie powinna przekraczać wartości:

- | | |
|--|-------|
| • Drogowy 50/70 | 170°C |
| • Wielorodzajowy MG 50/70–54/64 | 175°C |
| • Modyfikowany polimerami PMB 45/80–55 | 185°C |

- Modyfikowany polimerami PMB 45/80–65 185°C
- Wysokomodyfikowany polimerami PMB 45/80–80 HiMA 175°C

Przechowywanie mieszanki w silosie po wyprodukowaniu (np. na zapas przy małej wydajności maszyny) powinno uwzględniać ryzyko spłynięcia lepiscza/mastyksu (segregacji) z kruszywa oraz zwiększenia lepkości asfaltu. W związku z tym należy wykonać badanie spływności metodą Schellenberga i ewentualnie zwiększyć ilość stabilizatora. Niestety, przed wzrostem lepkości asfaltu związanego ze spadkiem temperatury mieszanki może uchronić wyłącznie gruba warstwa izolacji na silosie.

Transport mieszanki na budowę powinien zabezpieczyć mieszankę przede wszystkim przed spadkiem temperatury. Zaleca się użycie wszelkich technicznych środków w tym celu, oczywiście mając na uwadze czas transportu i warunki atmosferyczne. Minimalny poziom zabezpieczeń to szczelna plandeka na skrzyniach ładunkowych pojazdów przeznaczonych do transportu mieszanek mineralno-asfaltowych. Orientacyjnie, spadek temperatury mma przy ładunku ok. 26 Mg wyniesie ok. 10°C na każdą godzinę transportu.

6.3. Wbudowanie

Mieszankę SMA 16 JENA układamy w dość grubej warstwie, od 5 do 10 cm (wyjątkowo od 4 cm). Warstwy tej grubości charakteryzują się dużą pojemnością cieplną i dają pewną rezerwę czasu na zagęszczanie. Mimo tego, na pewno zbyt niska temperatura podłoża i powietrza oraz silny wiatr nie sprzyjają dobrej jakości wbudowywania mieszanki. Można przyjąć, że dla SMA 16 JENA mają zastosowanie ograniczenia typowe dla warstw wiążących i podbudów asfaltowych, a minimalna temperatura powietrza podczas wbudowywania nie powinna być niższa od 5°C. W przypadku występowania silnego wiatru wymaganie to może być podwyższone do +10°C, podobnie jak w przypadku zastosowania asfaltu modyfikowanego polimerami. Jak w przypadku każdej mieszanki, należy unikać wbudowywania SMA 16 JENA na mokrym podłożu albo w czasie opadów deszczu.

Pierwszym warunkiem poprawnego wbudowania SMA 16 JENA jest sprawna i dobrze ustawiona rozkładarka – zapewni ona dobre wstępne zagęszczenie, dobrą równość podłużną i brak rakowin. Drugim warunkiem jest odpowiednia liczba i rodzaj walców. Do zagęszczania stosujemy walce stalowe, statyczne i wibracyjne. Raczej unikamy walców ogumionych ze względu na częste wyciskanie asfaltu na powierzchnię oraz przyklejanie mastyksu do opon (to najczęściej przy stosowaniu asfaltu modyfikowanego). Zalecana liczba walców – 3 sztuki: dwa zagęszczające i jeden wykończający powierzchnię (tzw. gładzik). Kolejność najazdu walców powinna być tak dobrana, aby walce dogęszczały warstwę stopniowo – a więc pierwszy walec za rozkładarką powinien charakteryzować się stosunkowo niewielkim obciążeniem, a gładzik zwyczajowo być najcięższym walcem.

Warto podkreślić konieczność przestrzegania optymalnych zakresów temperatury mieszanki SMA 16 JENA podczas wbudowywania i wałowania. Pamiętając o dość dużej grubości warstwy SMA 16 JENA, minimalna temperatura mieszanki SMA 16 JENA z asfaltem drogowym 50/70 w koszu rozkładarki nie powinna być niższa niż 140–145°C. Koniec efektywnego zagęszczania warstwy zachodzi wtedy, gdy temperatura mieszanki w środku warstwy spadnie do około 100°C. Wynika z tego, że na rozkładanej warstwie SMA walce powinny poruszać się blisko rozkładarki (za wyjątkiem sytuacji, gdy mieszanka jest zbyt gorąca).

Dodatkowe uwagi o rozkładaniu SMA 16 JENA:

- należy unikać zarzucania ręcznego mieszanki za rozkładarką, rozkładanie ręczne dopuszczalne jest tylko w przypadkach wyjątkowych, np. na małych i nieregularnych fragmentach jezdni, niedostępnych do rozkładania maszynowego,
- wszystkie krawędzie i spoiny powinny być odpowiednio wykończone przez obcięcie,
- stosować rolkę dociskową na walcu co zwiększy skuteczność zagęszczania przy krawędziach bocznych warstwy,
- jeśli temperatura mieszanki jest niższa od minimalnej, niezbędnej do efektywnego zagęszczenia (np. przy asfalcie drogowym 50/70 temperatura 100°C), nic nie pomoże, włączenie wibracji w walcach może tylko zniszczyć szkielet z kruszywa,

- liczbę przejść walca potrzebną do osiągnięcia wymaganego wskaźnika zagęszczenia należy dobrać doświadczalnie, podczas pierwszego wbudowania SMA 16 JENA,
- zawartość grubych ziaren (powyżej 8 mm) w mieszance SMA 16 wynosi ok. 50%. Grube kruszywo jest doskonałym akumulatorem ciepła. Ma to swoje konsekwencje:
 - dodatnie – przechowywanie, transport
 - ujemne – podczas układania przy stosunkowo grubej warstwie i w korzystnych warunkach otoczenia, po ułożeniu przez układarkę, trzeba zwrócić szczególną uwagę na proces zagęszczania by nie dopuścić do przegęszczenia warstwy. W okresie wysokiej temperatury otoczenia może zachodzić konieczność obniżenia temperatury produkcji mieszanki SMA (w skrajnych przypadkach nawet do ok. 130–140°C).



Rys. 6.2. Widok gotowej warstwy z SMA16 JENA po wbudowaniu
(fot. K. Błażejowski)

6.4. Wykończenie powierzchni

Obecne przepisy techniczno-budowlane nie wymagają badania współczynnika tarcia dla dróg klasy poniżej G (główna). W przypadku wykonywania SMA 16 JENA na drogach klasy G (główny) i wyższych, dla których wymagane są odpowiednie właściwości przeciwpoślizgowe należy na powierzchni warstwy SMA 16 JENA wykonać posypkę z kruszywa grubego 2/4 lub 2/5 mm, przygotowanego z surowca charakteryzującego się dobrą odpornością na polerowanie (PSV co najmniej 50).

Pełne wymagania wobec kruszywa do posypki SMA znajdują się w WT-2 2016GDDKiA.

Posypkę wykonuje się podczas układania gorącej mieszanki SMA 16 JENA, z zainstalowanego na walcach zasobnika kruszywa po pierwszym przejściu walca za rozkładarką. Ilość gorącej posypki 1,0–2,0 kg/m². Rozłożoną posypkę należy przywałować walcem do gorącej warstwy.

Po wystygnięciu warstwy nadmiar luźnej posypki należy usunąć szczotką mechaniczną.

6.5. Badania gotowej warstwy

Po zakończeniu wbudowywania mieszanki wykonywany jest zestaw badań odbiorczych. W Polsce najczęściej są to zawartość wolnych przestrzeni w zagęszczonej warstwie, wskaźnik zagęszczenia (oba podane w tabeli 2.3) oraz skład mieszanki mineralnej i zawartość lepiszcza rozpuszczalnego.

Badania odbiorcze wykonujemy w Polsce na próbkach odwierconych z nawierzchni po jej wykonaniu oraz na mieszance luzem pobranej z budowy:

- grubość warstwy określa się z odwiertu,
- wskaźnik zagęszczenia i zawartość wolnych przestrzeni określa się na próbce odwierconej, przy czym warstwa SMA 16 JENA do badania gęstości objętościowej powinna być traktowana jako jedna całość (do badań nie dzielimy rdzenia na warstwy), a badanie gęstości wykonujemy na próbkach mieszanki luzem pobranej z budowy,

- kontrola składu SMA 16 JENA wykonywana jest na próbkach mieszanki luzem pobranych z samochodu lub kosza rozkładarki w trakcie wbudowywania mieszanki; badania składu na odwierconych walcach z warstwy powinny być wykonywane tylko w wyjątkowych przypadkach i z zastosowaniem większych tolerancji.

Zawartość wolnych przestrzeni w warstwie powinna zawierać się w przedziale od 2,0 do 6,0% (v/v), Natomiast wskaźnik zagęszczenia powinien być większy lub równy 98,0%.

Tolerancje odchyłek od składu podanego w badaniu typu SMA 16 JENA, dla próbek kontrolnych mieszanki luzem pobranych z budowy, podano w tabeli 6.2.

Tabela 6.2. Dopuszczalne odchyłki jakościowe dotyczące pojedynczego wyniku badania i średniej arytmetycznej wyników zawartości składników mieszanki mineralno-asfaltowej względem składu zaprojektowanego [% m/m]

Lp.	Składniki mieszanki mineralno-asfaltowej	Liczba wyników	
		<20	≥20
1	Ziarna przechodzące przez sito o oczkach # (mm) 16,0	-4,4 – +4,1	±4,0
2	Ziarna przechodzące przez sito o oczkach # (mm) 11,2	-4,4 – +4,1	±4,0
3	Ziarna przechodzące przez sito o oczkach # (mm) 8,0	±4,4	±4,0
4	Ziarna przechodzące przez sito o oczkach # (mm) 2,0	±3,4	±3,0
5	Ziarna przechodzące przez sito o oczkach # (mm) 0,063	±1,6	±1,5
6	Asfalt rozpuszczalny S	-0,2 – +0,30	-0,2 – +0,30

6.6. Przekazanie do ruchu

Otwarcie do ruchu odcinka z nową warstwą SMA 16 JENA może nastąpić dopiero wtedy, gdy jest pewność, że wystygła ona całkowicie. Umożliwienie ruchu pojazdów po ciepłej warstwie SMA 16 JENA może spowodować jej przedwczesne zniszczenie (koleinowanie).

Jeśli nie ma pewności, czy warstwa wystygła całkowicie, można przyjąć, że otwarcie do ruchu może nastąpić nie wcześniej jak po 24 godzinach od zakończenia wbudowywania. W przypadkach awaryjnych, gdy konieczne jest otwarcie do ruchu wcześniej, dozwolony jest wyłącznie wjazd samochodów osobowych.

6.7. Wygląd nawierzchni

Struktura górnej powierzchni warstwy wykonanej z mieszanki SMA 16 jest bardzo grysowa (por. z rys. 6.2.). Dla kogoś, kto pierwszy raz ogląda powierzchnię nawierzchni wykonanej z mieszanki SMA 16 JENA, obraz sugeruje, że mamy do czynienia z mieszanką o strukturze otwartej. Komentarz, z jakim najczęściej autorzy mieli do czynienia był dość prosty – nawierzchnia jest zbyt otwarta („porowata”) i woda ją zniszczy po pierwszej zimie. Mimo, że powierzchnia warstwy faktycznie może budzić pewne obawy, to struktura wewnętrzna warstwy powinna wszystkich uspokoić. Mieszanka w przekroju



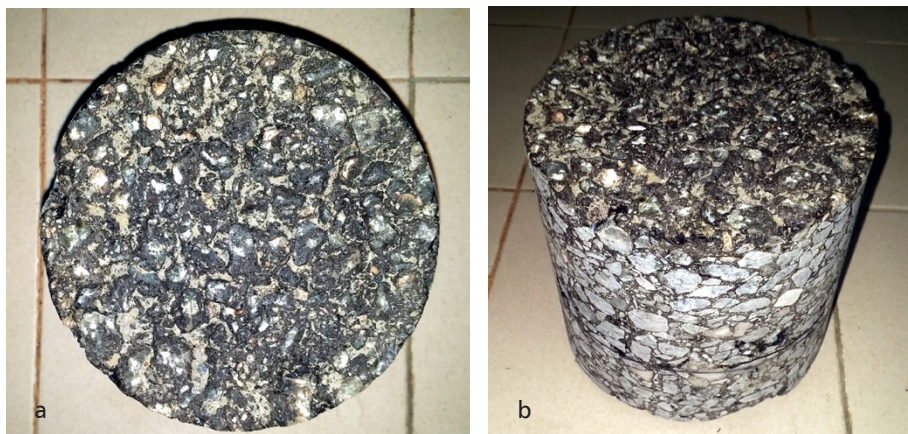
Jednowarstwowe nawierzchnie w technologii SMA 16 Jena to niewątpliwie ciekawa alternatywa dla tradycyjnych konstrukcji stosowanych na Polskich drogach zarówno samorządowych jak i tych administrowanych przez Generalną Dyрекję Dróg Krajowych i Autostrad.

Mieszanka mastyksowo-grysowa typu SMA o uziarnieniu do 16 mm sprawia, że technologia jest bardzo uniwersalna zarówno w zakresie kategorii ruchu (KR I–4) jak i grubości wbudowanej warstwy (4–10 cm) cechuje się wysokimi parametrami funkcjonalno-użytkowymi.

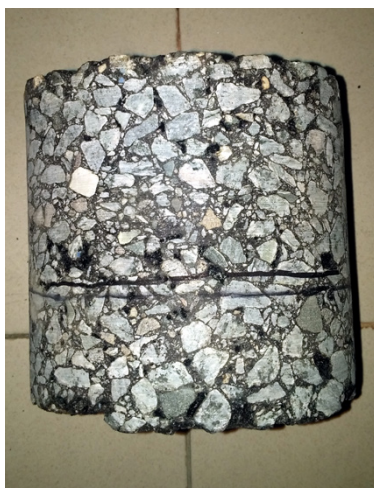
Możliwość stosowania granulatu asfaltowego, oraz wbudowanie jednej, zamiast dwóch lub trzech warstw nawierzchni to w mojej ocenie najistotniejsze argumenty przemawiające za stosowaniem tej technologii. Sprawiają, że jest konkurencyjna cenowo w porównaniu do tradycyjnych rozwiązań, a co istotniejsze eliminuje problem szczelności międzywarstwowej, realnie zwiększając trwałość wykonanej nawierzchni, jednocześnie skracając czas jej wykonania.

Inż. Karol Gałązka Technolog – BUDIMEX S.A.

jest zamknięta (wolne przestrzenie wynoszą zazwyczaj około 3% v/v). Poniżej, na rys. 6.3a i 6.3b, pokazano próbki wycięte z nawierzchni wykonanej z SMA 16 JENA, gdzie na powierzchni warstwa charakteryzuje się bardzo dużą makroteksturą, a w przekroju (rys. 6.4.) widać, że struktura warstwy jest zamknięta (na fotografiach jest ta sama próbka w różnych ujęciach).



Rys. 6.3. SMA 16 JENA: a) widok powierzchni górnej próbki wyciętej z nawierzchni, b) widok rdzenia (fot. I. Strugała)



Rys. 6.4. SMA 16 JENA: widok struktury warstwy na pobocznicu odwierconej próbki walcowej (fot. I. Strugała)

ROZDZIAŁ 7

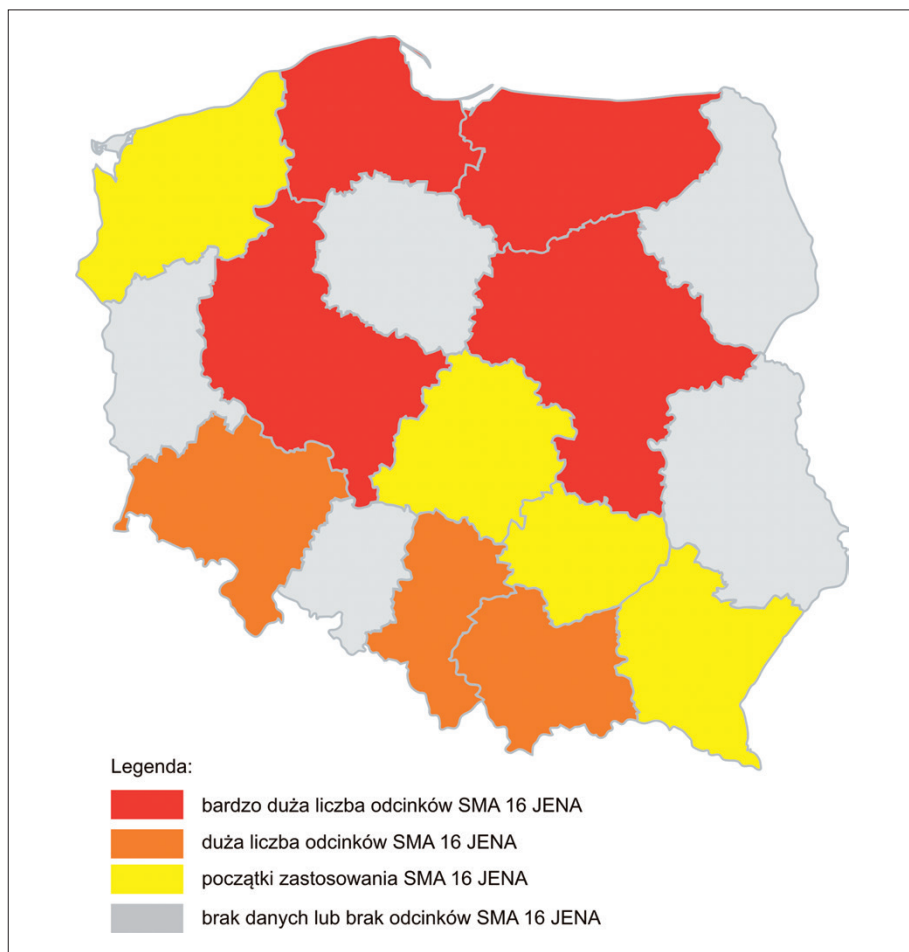
SMA JENA W POLSCE

Historia wprowadzania SMA 16 JENA w Polsce rozpoczęła się w 2010 r. pierwszymi odcinkami wykonanymi na Pomorzu i Warmii przez firmę TUGA z Nowego Dworu Gdańskiego. Inspiracją do nich była seria wykładów inż. Klausa Grafa z Niemiec na seminariach eSeMA w latach 2008–2009, w czasie których przedstawił on koncepcję jednowarstwowej nawierzchni DTS. Przez okres od 2010 do ok. 2013 r. odcinki te były traktowane jako eksperymentalne. Kolejne odcinki, tym razem na Mazowszu, wykonała w 2013 r. firma EFEKT z Warszawy.

Obecnie rozwój i powszechność stosowania SMA 16 JENA są znacząco większe. Wiele firm wykonuje drogi w tej technologii, a w wielu zarządach dróg samorządowych stała się już ona standardem, a nie nowością. W województwach pomorskim i warmińsko-mazurskim, jest już wykonanych ponad 600 000 m² (ponad 120 km) nawierzchni z mieszanek typu SMA 16 JENA.

Na rys. 7.1. przedstawiono orientacyjnie popularność nawierzchni z SMA 16 JENA wykonanych przez firmy, z którymi zarówno autorzy Poradnika, jak i firma Rettenmaier Polska mają kontakt. Siłą rzeczy, nie są to wszystkie lokalizacje stosowania SMA JENA.

W ciągu ostatnich 10 lat stosowania SMA 16 JENA została ona wbudowana na drogach obciążonych ruchem zaliczanym do każdej kategorii, od dróg gminnych do dróg krajowych. Dobrze zaprojektowana i poprawnie wykonana stanowi dobrą alternatywę dla innych technologii.



Rys. 7.1. Popularność odcinków dróg z SMA 16 JENA w Polsce (lata 2010–2018) w podziale na województwa

7.1. Odcinki na drogach samorządowych

Najwięcej zastosowań mieszanki SMA 16 JENA obserwuje się do tej pory na drogach samorządowych, a mapa na rys. 7.1. pokazuje przede wszystkim popularność tej technologii na drogach gminnych i powiatowych.

To, czym SMA 16 JENA przekonuje głównie inwestorów, to szybkość wbudowania warstwy o dużej grubości i skrócenie czasu trwania budowy. Kwestie



Szybko, tanio i skutecznie! Tak powinny wyglądać naprawy dróg samorządowych. Warstwa typu SMA JENA łączy w sobie dwie funkcje nawierzchni, odnowienie funkcji warstwy ścieralnej oraz w zależności od jej grubości, nawet do 10 cm, odpowiednie wzmocnienie nawierzchni, czyli można wykonać przebudowę nawierzchni prawie kosztem remontu. Na podstawie doświadczeń z zastosowania można założyć, że trwałość tej warstwy w porównaniu do typowych rozwiązań remontowych jest kilkakrotnie większa. Jednowarstwowa nakładka jest dlatego rozwiązaniem dla samorządów z problemami budżetowym. Tak na przykład przy odpowiednim zaplanowaniu remontów za pomocą tej technologii, tam gdzie potrzebna jest przebudowa, ale brakuje środków w budżecie, można kilkakrotnie wydłużyć trwałość względnie okres użytkowania i na przestrzeni wielu lat wygospodarować znaczne środki inwestycyjne. Obecnie, wzorem pozytywnych doświadczeń z Polski, gdzie wykonano już setki tysięcy metrów kwadratowych, technologia ta, pod nazwą DUOPAVE, zdobywa również popularność wśród niemieckich drogowców.

dr inż. Igor Ruttmar – TPA Sp. z o.o.

finansowe są na drugim miejscu. Dzieje się tak ponieważ w dzisiejszych czasach coraz większe znaczenie mają kwestie społeczne: ograniczenie strat czasu przez użytkowników dróg, skrócenie uciążliwości podczas budowy – a więc te aspekty, które związane są z czasem trwania przedsięwzięcia. Tutaj rozwiązania jednowarstwowe są najlepszym wyborem.

Warto zauważyć, że obok tej pozytywnej, „społecznej” właściwości technologii SMA 16 JENA, cechy techniczne są na tyle dobre, że pozwalają uzyskać drogę o naprawdę korzystnym stosunku jakości do ceny.

Na rys. 7.2. przedstawiono fragment drogi gminnej w powiecie Malborskim, wykonanej z SMA 16 JENA wraz ze zbliżeniem na strukturę i układ ziaren w mieszance.



Rys. 7.2. Droga gminna w powiecie Malborskim z SMA 16 JENA (a) oraz zbliżenie powierzchni warstwy (b) (fot. K. Błazejowski)

7.2. Odcinki na drogach krajowych i odcinki doświadczalne GDDKiA

Stosowanie technologii SMA 16 JENA na drogach krajowych ma nieco inne implikacje:

- obciążenia pojazdami są znacząco większe niż na większości dróg samorządowych,
- zwykle drogi te należą do wyższych klas (od G wzwyż), co wiąże się z zaostrzonymi lub dodatkowymi wymaganiami technicznymi (właściwości przeciwpoślizgowe, równość itd.),
- przy większych prędkościach pojazdów, otwartą kwestią pozostaje przeciwdziałanie hałasowi komunikacyjnemu.

Jednym z pierwszych odcinków doświadczalnych SMA 16 JENA wykonanych pod nadzorem GDDKiA jest odcinek w woj. wielkopolskim, z 2013 r. [Bogdański, 2018]. Na odcinku porównywano SMA 8, SMA 11 i SMA 16. Materiały do wykonania były te same, posypka z kruszywa taka sama i w tej samej ilości. Sekcja z SMA 16 o grubości 5,5 cm liczyła 450 m. W tabeli 7.1. przedstawiono wyniki porównawcze między 3 rodzajami SMA.

Tabela 7.1. Porównanie wyników SMA 8, SMA 11 i SMA 16 z odcinka doświadczalnego 2013 r. [Bogdański, 2018]

Typ mieszanki	Wymaganie	Wynik z kierunku 1 (wartość średnia)	Wyniki w kierunku 2 (wartość średnia)
Właściwości przeciwpoślizgowe (SRT-3, 30 km/h, opona Barum Bravuris)			
SMA 16	0,48	0,515	0,541
SMA 11		0,509	0,530
SMA 8		0,505	0,554
Hałaśliwość nawierzchni, metoda CPX [dB]			
SMA 16	–	91,4	92,6
SMA 11		91,4	91,8
SMA 8		90,7	91,0

W 2016 r., po doświadczeniach z pierwszego odcinka, wykonano na drodze ekspresowej S11 dwa odcinki z nawierzchni SMA 16 JENA:

- obwodnica Jarocina, 1 km
- obwodnica Ostrowa Wlkp., 1 km

W obydwu przypadkach zastosowano te same materiały jak dla SMA 11 KR5–7, wykorzystano krzywe uziarnienia SMA 16 z Poradnika SMA 16 JENA z 2014 r. Minimalną zawartość asfaltu $B_{\min}$ ustalono na 5,3% m/m, zastosowano asfalt modyfikowany PMB 45/80–65 wg PN-EN 14023.

W tabeli 7.2. i 7.3. przedstawiono wyniki badań kontrolnych mieszanek SMA 16 JENA i SMA 11 z kontraktów w Jarocinie i Ostrowa Wlkp.

Tabela 7.2. Wyniki badań kontrolnych mieszanek SMA 16 JENA i SMA 11 z kontraktu w Jarocinie

Recepta	SMA 16 JENA		SMA 11	
	Badanie typu	Weryfikacja	Badanie typu	Weryfikacja
Rodzaj asfaltu	PMB 45/80–65		PMB 45/80–65	
Rodzaj kruszywa	Sjenit		Sjenit	
Asfalt całkowity [% m/m]	5,4		6,4	
Asfalt rozpuszczalny [% m/m]	5,3	5,2	6,3	6,2
Zawartość wolnych przestrzeni [% v/v]	3,1	2,6	2,9	2,5
Odporność na działanie wody [%]	94	96	91	99
Spywność lepiszcza [% m/m]	0,1	0,1	0,1	0,1
Odporność na koleinowanie Duży aparat do koleinowania [%]	–	2,8	–	4,9

Tabela 7.2. Wyniki badań kontrolnych mieszanek SMA 16 JENA i SMA 11 z kontraktu w Jarocinie cd.

Recepta	SMA 16 JENA		SMA 11	
	Badanie typu	Weryfikacja	Badanie typu	Weryfikacja
Zespolony moduł sztywności 4PB-PR, 10°C, 10 Hz [MPa]	10419		--	--
Odporność na zmęczenie 4PB-PR, szkoda zmęczeniowa Nf50 [%]	10		--	--
Zawartość wolnych przestrzeni w warstwie [% v/v]	2,5 – 3,2		--	--
Wskaźnik zagęszczenia warstwy [%]	98,9 – 99,6		--	--
Średni poziom dźwięku CPX [L corr-dB]	92,6		92,2 – 92,8	



Rys. 7.3. Widok styku nawierzchni SMA 16 i SMA 11, obwodnica Jarocina (fot. B.Bogdański)

Tabela 7.3. Wyniki badań kontrolnych mieszanek SMA 16 i SMA 11 z kontraktu w Ostrowa Wlkp.

Recepta	SMA 16 JENA		SMA 11	
	Recepta	Weryfikacja	Recepta	Weryfikacja
Rodzaj asfaltu	PMB 45/80–65		PMB 45/80–65	
Rodzaj kruszywa	Amfibolit Melafir Granit		Amfibolit Melafir Granit	
Asfalt całkowity [% m/m]	5,3		6,4	
Asfalt rozpuszczalny [% m/m]	5,1	5,2	6,2	6,2
Zawartość wolnych przestrzeni [% v/v]	3,2	3,6	3,0	3,3
Odporność na działanie wody [%]	97	96	91	94
Splýwność lepiszcza [% m/m]	0,1	0,1	0,1	0,1
Odporność na koleinowanie Duży aparat do koleinowania [%]	–	4,5	–	7,8
Zawartość wolnych przestrzeni w warstwie [% v/v]	2,5 – 3,4		–	–
Wskaźnik zagęszczenia warstwy [%]	101,1 – 102,1		–	–
Średni poziom dźwięku CPX [L corr-dB]	92,2		92,9	

Tabela 7.4. Wyniki badań właściwości przeciwpółślizgowych mieszanek SMA 16 na S11

	Odcinek S11 Jarocin		Odcinek S11 Ostrów Wlkp.	
	v=60 km/h	v=90 km/h	v=60 km/h	v=90 km/h
$W\mu$ – miarodajny	0,56	0,50	0,56	0,50



Rys. 7.4. Widok nawierzchni SMA 16 i SMA 11, obwodnica Ostrowa Wlkp.
(fot. B. Bogdański)

Na tych samych odcinkach doświadczalnych w ciągu drogi S11, w 2018 r. wykonano badania właściwości przeciwpoślizgowych metodą SRT-3. Wyniki prezentuje tabela 7.4.

Wnioski z odcinka porównawczego SMA 16 JENA i SMA 11 – mieszanki SMA 16 nie różnią się istotnie od mieszanek SMA 11 pod względem:

- poziomu szorstkości przy prędkości 60 km/h,
- poziomu hałaśliwości przy przebadanej prędkości,
- uzyskiwanej równości.

Podsumowując, SMA 16 JENA jest z pewnością porównywalna ze standardową SMA 11, a w przypadku ekonomiki jest korzystniejsza (opis w rozdziale 2).

ROZDZIAŁ 8

ZAKOŃCZENIE

Rozwój technologii SMA 16 JENA napawa optymizmem. Okazuje się, że mimo niesprzyjających innowacjom przepisów technicznych, możliwe jest rozpowszechnienie nowej technologii. Wszystko to dzięki zaangażowaniu wielu osób, z każdej strony uczestniczącej w budowie drogi. Od zarządcy drogi, przez projektanta, firmę wykonawczą aż po dostawców materiałów.

Jak w życiu, wszystko jest okupione ciężką pracą, ale także nagradzane jest satysfakcją. Jak w rzadko której dziedzinie działalności człowieka, budownictwo pozwala na pozostawienie po sobie materialnych śladów dla następnych pokoleń. Mając to na uwadze, wszyscy zaangażowani we wdrażanie SMA JENA w Polsce mogą czuć się spełnieni jako inżynierowie.

Autorzy mają nadzieję, że za kilka lat, kiedy zostanie opublikowane kolejne, trzecie już wydanie *Poradnika* o SMA JENA, technologia ta będzie rozpowszechnionym standardem na terenie całego kraju. Nie będzie więc sensu wyliczanie, co i gdzie zostało zbudowane i zapewne najważniejszą częścią *Poradnika* pozostanie Wzorcowa Specyfikacja Techniczna.

Autorzy *Poradnika* dziękują Pracownikom Katedry Inżynierii drogowej Politechniki Gdańskiej za udostępnienie wyników badań załączonych w poradniku oraz współpracę podczas przygotowywania niniejszego wydania książki.



Stan techniczny sieci dróg lokalnych, gminnych i powiatowych wciąż określa się jako zły, co wynika z niedostatecznego poziomu finansowania. Z tego powodu zarządy dróg potrzebują technologii napraw charakteryzujących się bardzo korzystnym stosunkiem poniesionych kosztów w stosunku do efektów naprawy, czego miarą jest trwałość wykonanej naprawy nawierzchni. W opisywane potrzeby bardzo dobrze wpisuje się technologia JENA bazująca na kilku innowacyjnych rozwiązaniach, obejmujących specjalną mieszankę mastyksu grysowego SMA 16, układaną w jednej warstwie o grubości od 4 cm do 10 cm.

Zwiększona odporność na koleinowanie, zwiększona trwałość zmęczeniowa nawierzchni, wyższe właściwości przeciwpoślizgowe (poprawa bezpieczeństwa ruchu), to główne zalety tej nawierzchni. JENA wyróżnia się w porównaniu do konwencjonalnych technologii możliwością szybkiego wykonywania remontów starych nawierzchni, niskim kosztem wykonania po względem zużycia surowców i energii. Dzięki zastosowaniu w mieszance dużej ilości grubego kruszywa, które kumuluje ciepło można obniżyć temperatury produkcyjne do ok. 30°C, fakt ma znaczący wpływ na redukcję emisji CO₂. Zastosowanie opisanego nowego rozwiązania umożliwia otrzymanie wymiernych oszczędności, które wynikają ze zmniejszenia zakresu prac na remontowanym odcinku, ponieważ możliwe jest zrezygnowanie z wykonywania warstwy wyrównawczej oraz skropienia między warstwą wiążącą a ścieralną, przy układaniu pojedynczej warstwy o większej grubości. Zalety te doceniają użytkownicy i zarządcy dróg w kraju gdzie ocena podstawowych wskaźników ekonomicznych determinuje wybór technologii remontu czy budowy nawierzchni.

inż. Michał Łysiak

BIBLIOGRAFIA

- Błażejowski K., Sarlińska H. *Ustalanie składu mieszanki SMA*, „Nawierzchnie Asfaltowe” 2/2017.
- Błażejowski K., *SMA. Teoria i praktyka*, Wydawca: Rettenmaier Polska, 2007, ISBN 9788392478409.
- Bogdański B., *Wielkopolskie doświadczenia w zakresie stosowania SMA o uziarnieniu 0/16*, Seminarium eSeMA 2018, Zakopane, luty 2018.
- Mioduszeński P., *Przegląd hałaśliwości różnych typów nawierzchni drogowych na podstawie wyników pomiarów metodą CPX*, Krakowskie Dni Nawierzchni 2015.
- Rolla S., *Badania materiałów i nawierzchni drogowych*, WKiŁ 1985.
- Sarlińska H., Błażejowski K., *Projektowanie SMA metodą czeską*, „Drogownictwo” 10/2010.
- Voskuilen J.L.M., *Ideas for a volumetric mix design method for Stone Mastic Asphalt*, VI Międzynarodowa Konferencja Trwałe i Bezpieczne Nawierzchnie Drogowe, Kielce 2000.
- Styk S., Strugała I., *Poradnik stosowania destruktu asfaltowego*, Makrum 2018.
- Wójcik T., Praca magisterska: *Nawierzchnia jednowarstwowa SMA 16 JENA*, Opiekun pracy dr inż. Waldemar Cyske, Politechnika Gdańska 2015.
- WT-2 2014 – część I. NAWIERZCHNIE ASFALTOWE NA DROGACH KRAJOWYCH Mieszanki mineralno-asfaltowe, Wymagania techniczne, GDDKiA 2014.

ZAŁĄCZNIKI

Załącznik 1. Stabilizatory mastyksu w SMA

Specyficzną cechą mieszanek o nieciągłym uziarnieniu, takich jak SMA czy BBTM, jest większa niż w betonie asfaltowym zawartość zaprawy asfaltowej (mieszanki lepiszcza asfaltowego i wypełniacza). Wynika to bezpośrednio ze znacznie większego wolnego miejsca między ziarnami kruszywa (VMA) wygenerowanego przez nieciągłość uziarnienia (rys. 2.3.). To wolne miejsce trzeba wypełnić mastyksem żeby uszczelnić mieszankę. Duża ilość asfaltu w mastyksie musi być w jakiś sposób utrzymana na kruszywie – w przeciwnym wypadku nastąpi segregacja mieszanki oraz powstanie plam na powierzchni warstwy (rys. Z1.1).

Klasycznym sposobem przeciwdziałania problemom jest zastosowanie tzw. stabilizatora. W roli stabilizatora najczęściej stosowane są różne włókna, które pozwalają „nadmiar” lepiszcza utrzymać na powierzchni ziaren mieszanki. Najpopularniejsze są włókna celulozowe w różnych postaciach, przede wszystkim z powodu swojej sprawdzonej skuteczności. Na fot. 2.5.a-b przedstawiono włókna celulozowe w formie granulatu oraz włókna luzem, które dozowane są do mieszanki SMA podczas jej produkcji na otaczarni.

Parametrem mieszanki SMA odpowiadającym za kontrolę ryzyka spływania asfaltu z kruszywa jest spływność oznaczana metodą Schellenberga (*Binder Drainage*) wg PN-EN 12697-18 (*Mieszanki mineralno-asfaltowe – Metody badań – Część 18: Spływność lepiszcza*). Na podstawie wieloletnich doświadczeń zakłada się, że górną granicą bezpieczeństwa jest wartość $BD=0,3\% \text{ m/m}$.



Rys. Z1.1. Plamy na powierzchni SMA spowodowane brakiem stabilizatora lub jego nieskutecznym działaniem (fot. K. Błażejowski)



Rys. Z1.2. Klasyczne stabilizatory mastyksu: a) VIATOP Premium w formie granulatu, b) ARBOCEL ZZ/1 w formie włókien luzem (fot. Rettenmaier Polska sp. z o.o.)

Stabilizatory klasyczne – luzem ARBOCEL i granulowane VIATOP Premium

Najdłużej stosowanym stabilizatorem do mieszanek o nieciągłym uziarnieniu są włókna celulozowe luzem np. ARBOCEL (fot. Z1.2.b), które zostały potem zastąpione stabilizatorami granulowanymi VIATOP Premium przystosowanymi do dozowania automatycznego w czasie produkcji mieszanek na otaczarce (fot. Z1.2.a). Stabilizatory granulowane zawierają niewielką ilość lepiszcza asfaltowego, dzięki któremu są mniej wrażliwe na wilgoć i oczywiście przyjmują formę granulatu zdatnego do podawania podajnikami pneumatycznymi.



VIATOP® premium

Stabilizatory z dodatkami środka adhezyjnego – VIATOP plus AD 10

W stabilizatorze VIATOP plus AD 10 zastosowano mieszaninę włókien celulozowych oraz chemicznego środka polepszającego adhezję asfaltu do kruszywa. Zastosowana amina tłuszczowa wpływa korzystnie na trwałość przylegania cienkiej warstwy lepiszcza do powierzchni ziaren kruszywa. Granulat łatwo się przechowuje a dozowanie jest łatwe.



VIATOP® plus AD 10

Stabilizatory z dodatkami środka obniżającymi temperaturę – VIATOP Plus CT25/VIATOP plus CT40

Stabilizatory VIATOP Plus CT25/VIATOP plus CT40 należą do grupy środków do tzw. *Warm Mix Asphalt* czyli do produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych na ciepło. Dzięki nim można obniżyć temperaturę produkcji mieszanek o kilkadziesiąt



VIATOP® plus C 25

stopni Celsjusza lub przedłużyć czas urabialności mieszanki w przypadku niekorzystnych warunków atmosferycznych. Preparaty tego typu pozwalają na skuteczne wbudowanie mieszanki mineralno – asfaltowej nawet w temperaturze ok. 90°C.



VIATOP® plus CT 40

Stabilizator z dodatkami gumy i polimeru – VIATOP® plus FEP

Przykładem stabilizatora zawierającego środki modyfikujące asfalt jest VIATOP® plus FEP. Jest to funkcjonalna mieszanina polimerów z dodatkami włókien celulozowych i innych środków modyfikujących. Dzięki tym



VIATOP® plus FEP

dodatkom nawierzchnia asfaltowa cechuje się podniesioną trwałością, odpornością na koleinowanie i pękanie, a nawet lepszymi właściwościami przeciwpoślizgowymi. Granulat stanowi mieszanka: 20% masy włókien celulozowych i 80% masy dodatków modyfikujących.

Stabilizator z dodatkami do recyklingu – VIATOP® plus RC

W tym stabilizatorze zastosowano dodatek tzw. *rejuvenatora*, środka przywracającego właściwości zastarzałemu asfaltowi ze starych, recyklowanych nawierzchni asfaltowych. W trakcie badań uzyskano wskazania, że VIATOP plus RC oprócz działania odmładzającego ma także działanie spowalniające starzenie się asfaltu.



VIATOP® plus RC

Zastosowanie VIATOP plus RC poprawia wskaźniki mieszanek RC i jest skutecznym oraz zrównoważonym ekologicznie sposobem na recykling destruktu asfaltowego.

WZORCOWA SPECYFIKACJA TECHNICZNA (WST)

**Mieszanka SMA 16 JENA do jednowarstwowej nawierzchni
asfaltowej obciążonej ruchem KR1-KR6**

(w.1.0)

Maj 2019

Spis treści:

1. WSTĘP	91
1.1. Przedmiot Specyfikacji	91
1.2. Zakres stosowania Specyfikacji	92
1.3. Zakres robót objętych Specyfikacją	92
1.4. Określenia podstawowe	92
1.5. Stosowane skróty i skrótowce	94
2. MATERIAŁY	95
2.1. Kruszywa	95
2.2. Asfalt	99
2.3. Środki polepszające adhezję asfaltu do kruszywa	104
2.3.1. Środki adhezyjne	104
2.3.2. Wypełniacz mieszany lub dodatek wapna hydratyzowanego	105
2.4. Destrukt / granulat asfaltowy	105
2.5. Samoprzylepna taśma asfaltowo-polimerowa i zalewa asfaltowo-polimerowa	108
2.6. Stabilizator mastyksu	108
2.7. Dostawy materiałów	108
2.8. Składowanie materiałów	109
3. SPRZĘT	110
3.1. Sprzęt do wykonania nawierzchni z mieszanki mineralno-asfaltowej SMA 16 JENA	110
4. TRANSPORT	112
4.1. Transport materiałów	112
4.2. Transport mieszanki mineralno-asfaltowej	112
5. OCENA ZGODNOŚCI MIESZANKI, PRODUKCJA ORAZ WBUDOWYWANIE WARSTWY	113
5.1. Projektowanie mieszanki	113
5.1.1. Projektowanie mieszanki mineralno-asfaltowej	113
5.1.3. Wybór sposobu przedstawienia składu mieszanki (recepty)	118
5.2. Ocena zgodności	118

5.2.1. Wstępne Badanie Typu	118
5.2.2. Sprawozdanie z badania typu	118
5.2.3. Okres ważności badania typu	118
5.2.4. Zakładowa Kontrola Produkcji	118
5.2.5. Oznakowanie i dokument towarzyszący dostawie.	120
5.3. Wytwarzanie mieszanki mineralno-asfaltowej	120
5.4. Wbudowywanie warstwy	121
5.4.1. Przygotowanie podłoża, związanie międzywarstwowe, urządzenia w jezdni oraz przygotowanie krawędzi warstw	121
5.4.2. Warunki przystąpienia do robót	122
5.4.3. Wbudowywanie i zagęszczanie warstwy z mieszanki SMA 16 JENA	123
5.4.4. Wykończenie powierzchni warstwy	124
6. KONTROLA JAKOŚCI ROBÓT	125
6.1. Badania przed przystąpieniem do robót	125
6.2. Badania w czasie robót	125
6.2.1. Częstość badań i pomiarów	125
6.2.2. Zakres badań i pomiarów	127
6.2.3. Skład i uziarnienie mieszanki mineralnej.	128
6.2.4. Badanie właściwości kruszywa	130
6.2.5. Pomiar temperatury składników mieszanki	131
6.2.6. Pomiar temperatury mieszanki	131
6.2.7. Sprawdzenie wyglądu mieszanki	131
6.2.8. Właściwości mieszanki (wolna przestrzeń w zagęszczonych próbkach).	131
6.3. Ocena zgodności wykonanej warstwy.	131
6.3.1. Częstość oraz zakres badań i pomiarów	131
6.3.2. Szerokość warstwy.	132
6.3.3. Równość podłużna	132
6.3.4. Równość poprzeczna	134
6.3.5. Spadki poprzeczne nawierzchni	135
6.3.6. Rzędne wysokościowe warstwy	135
6.3.7. Ukształtowanie osi w planie.	136

6.3.8. Grubość warstwy	136
6.3.9. Spoiny technologiczne podłużne i poprzeczne, połączenia	136
6.3.10. Krawędź, obramowanie warstwy.	136
6.3.11. Wygląd warstwy	136
6.3.12. Zagęszczenie warstwy i wolna przestrzeń w warstwie.	136
6.3.13. Właściwości przeciwpoślizgowe	137
7. OBMIAR ROBÓT	138
7.1. Ogólne zasady obmiaru robót	138
7.1.1. Zasady określania ilości robót i materiałów	138
7.1.2. Urządzenia i sprzęt pomiarowy	138
7.1.3. Wagi i zasady ważenia	139
7.1.4. Czas przeprowadzenia obmiaru	139
7.2. Jednostka obmiarowa	139
8. ODBIÓR ROBÓT	140
8.1. Rodzaje odbiorów robót	140
8.2. Odbiór robót zanikających i ulegających zakryciu	140
8.3. Odbiór częściowy.	141
8.4. Odbiór ostateczny robót	141
8.4.1. Zasady odbioru ostatecznego robót	141
8.4.2. Dokumenty do odbioru ostatecznego.	142
8.5. Odbiór gwarancyjny.	143
9. PODSTAWA PŁATNOŚCI	144
9.1. Ustalenia ogólne	144
9.2. Warunki umowy i wymagania ogólne.	144
9.3. Objazdy, przejazdy i organizacja ruchu	144
9.4. Cena jednostkowa jednostki obmiarowej	145
10. PRZEPISY ZWIĄZANE	147
10.1. Normy	147
10.2. Inne dokumenty	151

1. WSTĘP

1.1. Przedmiot Specyfikacji

Przedmiotem niniejszej Specyfikacji są wymagania dotyczące wykonania i odbioru jednowarstwowej nawierzchni asfaltowej z mieszanki SMA 16 JENA.

Dane kontraktu:

Nazwa kontraktu:	
Lokalizacja:	
Kategoria ruchu:	
Rodzaj lepiszcza asfaltowego:	⊗ Asfalt drogowy 50/70 wg PN-EN 12591 ⊗ Asfalt wielorodzajowy 50/70-54/64 wg PN-EN 13924-2 ⊗ Asfalt modyfikowany PMB 45/80-55 wg PN-EN 14023 ⊗ Asfalt modyfikowany PMB 45/80-65 wg PN-EN 14023 ⊗ Asfalt modyfikowany PMB 45/80-80 HiMA wg PN-EN 14023
Granulat asfaltowy:	⊗ Dopuszczony, w ilości do 10% ⊗ Dopuszczony, w ilości do 20% ⊗ Dopuszczony, w ilości do 30% ⊗ Dopuszczony, w ilości do 40% ⊗ Niedopuszczony

1.2. Zakres stosowania Specyfikacji

Specyfikacja stosowana jest, jako dokument przetargowy i kontraktowy, przy zlecaniu i realizacji robót na drogach zarządzanych przez jednostki samorządowe. Dokładna lokalizacja kontraktu, na którym zostanie zastosowana SMA 16 JENA wg niniejszych Specyfikacji została podana w p.1.1.

1.3. Zakres robót objętych Specyfikacją

Ustalenia zawarte w niniejszej Specyfikacji mają zastosowanie przy wykonywaniu warstwy z SMA 16 JENA w robotach drogowych na ciągu drogi. Nie zaleca się stosowania mieszanki SMA 16 JENA na obiekcie mostowym.

1.4. Określenia podstawowe

Mieszanka mineralno-asfaltowa (mma) - mieszanka mineralna z odpowiednią ilością asfaltu, wykonana na gorąco, w określony sposób, spełniająca określone wymagania.

Mieszanka SMA 16 JENA – mieszanka mineralno-asfaltowa o dużej zawartości grysów, zawierająca stabilizator mastyksu, spełniająca wymagania wobec SMA 16 JENA, w mieszance SMA 16 JENA może być zastosowany granulat asfaltowy spełniający wymagania PN-EN 13108–8 i p.5 WST.

Kruszywo naturalne - kruszywo ze złóż naturalnych pochodzenia mineralnego, które poza obróbką mechaniczną nie zostało poddane żadnej innej obróbce.

Kruszywo sztuczne – kruszywo pochodzenia mineralnego, uzyskane w wyniku procesu przemysłowego, obejmującego termiczną lub inną modyfikację.

Kruszywo grube – jest to kruszywo o wymiarach ziaren $D \leq 45$ mm oraz $d \geq 2$ mm.

Kruszywo drobne – jest to kruszywo o wymiarach ziaren $D \leq 2$ mm, którego większa część pozostaje na sicie 0,063 mm. Kruszywo drobne dzielimy na:

- **kruszywo drobne łamane** – jest to kruszywo naturalne lub sztuczne poddane mechanicznemu rozdrobnieniu,
- **kruszywo drobne niełamane** – jest to kruszywo naturalne lub sztuczne nie poddane mechanicznemu rozdrobnieniu.

Wypełniacz – kruszywo, którego większa część przechodzi przez sito 0.063 mm (tabl. 2.1.) i może być dodawane do materiałów budowlanych w celu uzyskania pewnych właściwości.

Wypełniacz mieszany – wypełniacz pochodzenia mineralnego wymieszany z wodorotlenkiem wapnia (wapnem hydratyzowanym).

Destrukt asfaltowy – mieszanka mineralno-asfaltowa, która jest uzyskiwana w wyniku frezowania warstw asfaltowych lub w wyniku rozkruszenia płyt wyciętych z nawierzchni asfaltowej, lub/i brył uzyskiwanych z płyt albo z mieszanki mineralno-asfaltowej odrzuconej lub będącej nadwyżką produkcji; pozostałe oznaczenia zgodne z PN-EN 13108–8.

Granulat asfaltowy – jest to destrukt asfaltowy po dokonaniu selekcji, pokruszeniu i przesianiu przez sito o rozmiarze U , przeznaczony do użycia jako materiał składowy mieszanek mineralno-asfaltowych produkowanych w technologii na gorąco.

Wejściowy skład mieszanki to przedstawienie składu mieszanki pod względem materiałów składowych, krzywej uziarnienia i procentowej zadowanej zawartości asfaltu w stosunku do mieszanki mineralno-asfaltowej będącej wynikiem walidacji projektu laboratoryjnego mieszanki (sprawdzenia składu na etapie projektowania w laboratorium). Wejściowy skład mieszanki jest wynikiem Wstępnego Badania Typu.

Wyjściowy skład mieszanki to przedstawienie składu mieszanki pod względem materiałów składowych, uśrednionych wyników uziarnienia oraz zawartości lepiszcza rozpuszczalnego oznaczonego laboratoryjnie wraz z poprawką na asfalt nierozpuszczalny. Jest to wynik walidacji produkcji mieszanki (sprawdzenia składu na etapie prób produkcyjnych w otaczarce i następnie zbadanych w laboratorium metodą ekstrakcji). Wyjściowy skład mieszanki jest wynikiem Wstępnego Badania Typu.

Produkcyjny poziom zgodności (PPZ) jest miarą ogólnego stanu nadzorowania procesu produkcyjnego w ramach Zakładowej Kontroli Produkcji na WMA. PPZ należy wyznaczać metodą pojedynczego wyniku. Do każdego wyniku badania kontrolnego (przesiewy przez sita D , $D/2$ lub sito charakterystyczne dla kruszywa grubego, 2 mm, sito charakterystyczne pomiędzy 0,063 mm a 2 mm oraz sito 0,063 mm, zawartość rozpuszczalnego lepiszcza) należy obliczyć odchylenia od wymaganej wartości

wy-mienionych parametrów podanych w wejściowym lub wyjściowym składzie mieszanki.

Wstępne Badanie Typu obejmuje kompletny zestaw badań i-lub innych procedur oraz ich wyników, określających przydatność mieszanek mineralno-asfaltowych do zastosowania. Wstępne Badanie Typu powinno być przeprowadzone przy pierwszym wprowadzeniu mieszanek mineralno-asfaltowych do obrotu w celu wykazania zgodności z niniejszymi WST.

Zakładowa Kontrola Produkcji (ZKP) stała wewnętrzna kontrola produkcji wykonywana przez Producenta mieszanki mineralno-asfaltowej, podczas której wszystkie elementy, wymagania i postanowienia przyjęte przez Producenta powinny zostać przez niego udokumentowane w usystematyzowany sposób w formie zapisanej polityki i procedur.

Pozostałe określenia podstawowe są zgodne z odpowiednimi Polskimi Normami.

1.5. Stosowane skróty i skrótowce

SMA 16 JENA – Mieszanka mastyksowo - grysowa do jednowarstwowej nawierzchni asfaltowej z SMA 16,

U RA d/D – oznaczenie granulatu asfaltowego - granulatu asfaltowego oznaczony jest skrótem RA (*ang. Reclaimed Asphalt*), w którym U jest największą dopuszczalną wielkością kawałków granulatu, a d/D określeniem wymiaru kruszywa znajdującego się w granulacie; w WST przyjęto oznaczenie krajowe

U GRA d/D.

WST – Wzorcowe Specyfikacje Techniczne,

PZJ – Program/Plan Zapewnienia Jakości,

PPZ – Produkcyjny poziom zgodności (A; B; C),

ZKP – Zakładowa kontrola produkcji,

WMA – Wytwórnia mieszanek mineralno-asfaltowych.

2. MATERIAŁY

Rodzaje oraz wymagania wobec materiałów stosowanych do warstwy ście-
ralnej z mieszanki SMA podają tabele poniżej.

2.1. Kruszywa

W mieszance JENA dopuszcza się stosowanie kruszywa o ciągłym uziarnieniu
spełniającego wymagania wg tabeli 2.1.

Tabela 2.1. Wymagania wobec kruszywa

	Właściwości kruszywa	Wymagana kategoria właściwości kruszywa do SMA 16 JENA przy obciążeniu ruchem kategorii	
		KR1–2	KR3–6
Wymagane właściwości kruszywa grubego			
1	Uziarnienie według PN-EN 933–1; kategoria nie niższa niż:	$G_{c85/20}$	$G_{c85/20}$
2	Tolerancja uziarnienia, odchylenia nie większe niż według kategorii:	$G_{20/15}$	$G_{20/15}$
3	Zawartość pyłu według PN-EN 933–1; kategoria nie wyższa niż	f_2	
4	Kształt kruszywa według PN-EN 933–3 lub według PN-EN 933–4; kategoria nie wyższa niż:	Fl_{25} lub Sl_{25}	Fl_{20} lub Sl_{20}
5	Procentowa zawartość ziaren o powierzchni przekruszonej i łamanej w kruszywie grubym według PN-EN 933–5; kategoria nie niższa niż:	$C_{90/1}$	$C_{100/0}$

	Właściwości kruszywa	Wymagana kategoria właściwości kruszywa do SMA 16 JENA przy obciążeniu ruchem kategorii	
		KR1–2	KR3–6
Wymagane właściwości kruszywa grubego			
6	Odporność kruszywa na rozdrabnianie według normy PN-EN 1097–2, badana na kruszywie o wymiarach 10/14 mm, rozdział 5; kategoria nie wyższa niż:	LA_{25}	
7	Odporność na polerowanie kruszywa (badana na normowej frakcji kruszywa) według PN-EN 1097–8, kategoria nie niższa niż:	$PSV_{\text{deklarowana}}$	PSV_{50}^{***}
8	Gęstość ziaren według PN-EN 1097–6, rozdz. 7, 8 lub 9:	deklarowana przez producenta	
9	Nasiąkliwość według PN-EN 1097–6, rozdział 7, 8 lub 9 kategoria:	WA_{24} deklarowana	
10	Mrozoodporność według PN-EN 1367–6, w 1% NaCl na kruszywie 8/11, 11/16 mm lub 8/16 mm wartość w % nie wyższa niż 7,0		
	W przypadku wątpliwości wobec mrozoodporności kruszywa polodowcowego, można zastosować procedurę badania wg Załącznika 2 w istniejącym poradniku z wymaganiem ubytku masy nie więcej niż: % m/m	10	
11	„Zgorzel słoneczna” bazaltu według PN-EN 1367–3, wymagana kategoria:	SB_{LA}	
12	Skład chemiczny – uproszczony opis petrograficzny według PN-EN 932–3:	deklarowany przez producenta	
13	Grube zanieczyszczenia lekkie, według PN-EN 1744–1 p.14.2; kategoria nie wyższa niż:	$m_{LPC} 0,1$	
14	Rozpad krzemianu dwuwapniowego w kruszywie z żużla wielkopieczowego chłodzonego powietrzem według PN-EN 1744–1 p.19.1:	wymagana odporność	

15	Rozpad związków żelaza w kruszywie z żużla wielkopiecowego chłodzonego powietrzem według PN-EN 1744-1 p.19.2	wymagana odporność
16	Stalność objętości kruszywa z żużla stalowniczego według PN-EN 1744-1, p. 19.3; kategoria nie wyższa niż:	$V_{3,5}$
17	Powinowactwo pomiędzy kruszywem i asfaltem oznaczone wg PN EN 12697-11, metoda A, z zastosowaniem frakcji 5-8 lub 8-11 mm oraz lepiszcza przewidzianego do zastosowania, co najmniej %	80****)
Wymagania wobec kruszywa drobnego łamanego		
18	Uziarnienie według PN-EN 933-1, wymagana kategoria:	G_{F85}, G_{A85}
19	Tolerancja uziarnienia; odchylenie nie większe niż według kategorii:	G_{TC} deklarowana
20	Zawartość pyłu według PN-EN 933-1; kategoria nie wyższa niż:	f_{10}
21	Jakość pyłu według PN-EN 933-9, kategoria nie wyższa niż:	MB_F10
22	Kanciastość kruszywa drobnego według PN-EN 933-6, rozdz. 8, kategoria nie niższa niż:	$E_{CS}30$
23	Nasiąkliwość według PN-EN 1097-6, rozdział 7, 8 lub 9 kategoria	WA_{24} deklarowana
24	Gęstość ziaren według PN-EN 1097-6, rozdz. 7, 8 lub 9	deklarowana przez producenta
25	Grube zanieczyszczenia lekkie, według PN-EN 1744-1 p. 14.2, kategoria nie wyższa niż:	$m_{LPC}0,1$
Wymagania wobec wypełniacza*)		
26	Uziarnienie według PN-EN 933-10;	zgodne z tabelą 24 w PN-EN 13043
27	Jakość pyłu według PN-EN 933-9, kategoria nie wyższa niż:	MB_F10
28	Zawartość wody według PN-EN 1097-5, nie wyższa niż:	1% (m/m)
29	Gęstość ziaren według PN-EN 1097-7:	deklarowana przez producenta

	Właściwości kruszywa	Wymagana kategoria właściwości kruszywa do SMA 16 JENA przy obciążeniu ruchem kategorii	
		KR1–2	KR3–6
Wymagane właściwości kruszywa grubego			
30	Wolne przestrzenie w suchym zagęszczonym wypełniaczu według PN-EN 1097–4, wymagana kategoria:	$V_{28/45}$	
31	Przyrost temperatury mięknięcia według PN-EN 13179–1, wymagana kategoria:	$\Delta_{R\&B} 8/25$	
32	Rozpuszczalność w wodzie według PN-EN 1744–1, kategoria nie wyższa niż:	WS_{10}	
33	Zawartość CaCO3 w wypełniaczu wapiennym według PN-EN 196–2, kategoria nie niższa niż:	CC_{70}	
34	Zawartość wodorotlenku wapnia w wypełniaczu mieszanym, wymagana kategoria:	Ka_{NR} lub $Ka_{\text{deklarowana}}$	
35	„Liczba asfaltowa” według PN-EN 13179–2, wymagana kategoria:	$BN_{\text{Deklarowana}}$	

^{*)} Nie zezwala się na stosowanie pyłów z odpylania, dozowanych jako odrębne kruszywo

^{**) W przypadku stosowania wypełniacza mieszanego (zawierającego wapno hydratyzowane), można zrezygnować ze środka adhezyjnego pod warunkiem osiągnięcia parametru ITSR zgodnego z tabelą 5.2. Procentowy udział wodorotlenku wapnia w wypełniaczu mieszanym powinien być tak dobrany, aby przy ustalonej zawartości wypełniacza, ilość wodorotlenku wapnia była 1,0–2,0% masy mieszanki mineralnej (KaDeklarowana). W przypadku rezygnacji ze stosowania wypełniacza mieszanego stosuje się kategorię KaNR.}

^{***)} Kruszywa grube, które nie spełniają wymaganej kategorii wobec odporności na polewanie (PSV), mogą być stosowane, jeśli są używane w mieszance kruszyw (grubych), która obliczeniowo osiąga podaną wartość wymaganej kategorii. Obliczona wartość (PSV) mieszanki kruszywa grubego jest średnią ważoną wynikającą z wಾಗowego udziału każdego z rodzajów kruszyw grubych przewidzianych do zastosowania w mieszance SMA oraz kategorii odporności na polerowanie każdego z tych kruszyw. Można mieszać tylko kruszywa grube kategorii PSV₄₄ i wyższej.

^{****)} Jeśli kruszywo grube nie spełnia tego warunku, należy dobrać odpowiedni rodzaj i ilość środka adhezyjnego, która zapewni uzyskanie wymaganego powiązania, przewidzianego do zastosowania lepszycza asfaltowego, do tego kruszywa.

Tabela 2.2. Wymagania wobec kruszywa do uszorstnienia powierzchni warstwy JENA.

	Właściwości kruszywa	Rodzaj lub wymiar kruszywa [mm]
		kruszywo grube: 2/4 lub 2/5 mm
1	Uziarnienie wg PN-EN933–1 kategoria nie niższa niż	$G_{c90/10}$
2	Zawartość pyłu wg PN-EN933–1; kategoria nie wyższa niż	f_1
3	Procentowa zawartość ziaren o powierzchni przekruszonej i tamanej	$C_{100/0}$

2.2. Asphalt

Do wytworzenia mieszanki mastykowo-grysowej SMA do warstwy ścieralnej, w zależności od zakresu robót (p.1.1), należy stosować jedno z lepiszczy asfaltowych:

- asfalt drogowy 50/70 wg aktualnego załącznika krajowego do normy PN-EN 12591 lub
- asfalt wielorodzajowy MG 50/70–54/64 wg aktualnego załącznika krajowego do normy PN-EN 13924–2 lub
- asfalt modyfikowany polimerami (PMB 45/80–55, PMB 45/80–65, PMB 45/80–80 HiMA) wg aktualnego załącznika krajowego do normy PN-EN 14023.

Docelowy rodzaj lepiszcza asfaltowego do zastosowania w SMA 16 JENA został podany przez Zamawiającego w p.1.1. W przypadku dopuszczenia stosowania granulatu asfaltowego w mieszance SMA 16 JENA Wykonawca dokona analizy właściwości lepiszcza odzyskanego z granulatu, jak podano w p. 5.1.2., i na tej podstawie określi rodzaj i ilość lepiszcza zadozowanego, ewentualnie zastosuje preparaty odświeżające stare lepiszcze asfaltowe (tzw. *rejuvenatory*) zawarte w granulacie asfaltowym i doprowadzi mieszaninę lepiszczy do parametrów zgodnych z docelowym założonym rodzajem lepiszcza.

Lepiszcz asfaltowe powinno spełniać wymagania odpowiednio do wybranego rodzaju: z tabeli 2.3. lub 2.4. albo 2.5.

Rozliczanie jakości dostarczanych lepiszczy powinno odbywać się z uwzględnieniem zapisów normy PN-EN ISO 4259.

Tabela 2.3. Wymagane właściwości **asfaltu drogowego 50/70** wg PN-EN 12591:2010

Właściwość	Jednostka	Metoda badania	Asfalt drogowy 50/70
Penetracja w 25°C	0,1 mm	PN-EN 1426	50 ÷ 70
Temperatura mięknięcia	°C	PN-EN 1427	46 ÷ 54
Temperatura łamliwości	°C	PN-EN 12593	≤ -8
Temperatura zapłonu	°C	PN-EN 22592	≥ 230
Rozpuszczalność	%	PN-EN 12592	≥ 99,0
Gęstość w 25°C	g/cm ³	PN-EN 15326	deklarowana
Zmiana masy po starzeniu	% m/m	PN-EN 12607-1	≤ 0,5
Wzrost temperatury mięknięcia po starzeniu	°C	PN-EN 1427	≤ 9
Pozostała penetracja po starzeniu	%	PN-EN 1426	≥ 50

Tabela 2.4. Wymagane właściwości **asfaltu wielorodzajowego MG 50/70–54/64** wg PN-EN 13924-2

Właściwość	Jednostka	Metoda badania	Wielorodzajowy asfalt drogowy MG 50/70– –54/64 wg normy PN-EN 13924-2
Penetracja w 25°C	0,1 mm	PN-EN 1426	50 ÷ 70
Temperatura mięknięcia	°C	PN-EN 1427	54 ÷ 64
Temperatura łamliwości	°C	PN-EN 12593	≤ -17
Indeks penetracji, Pen/PiK	–	PN-EN 12591	0,3 do 2,0
Lepkość dynamiczna w 60°C	Pa x s	ASTM D 4402 PN-EN 12596	≥ 900
Temperatura zapłonu	°C	PN-EN 22592	≥ 250
Rozpuszczalność	%	PN-EN 12592	≥ 99,0

Zmiana masy po starzeniu	% m/m	PN-EN 12607-1	≤0,5
Wzrost temperatury mięknięcia po starzeniu	°C	PN-EN 1427	≤10
Pozostała penetracja po starzeniu	%	PN-EN 1426	≥50

Tabela 2.5a. Wymagane właściwości **asfaltu modyfikowanego polimerami PMB 45/80-55** wg PN-EN 14023:2011/Ap1:2014

Właściwość	Metoda badania	Jednostka	PMB 45/80-55	
			Wymaganie	Klasa
Penetracja w 25°C	PN-EN 1426	0,1 mm	45 – 80	4
Temperatura mięknięcia	PN-EN 1427	°C	≥55	7
Siła rozciągania (mała prędkość rozciągania)	PN-EN 13589 PN-EN 13703	J/cm ²	≥3 w 5°C	2
Zmiana masy	PN-EN 12607-1	%	≤0,5	3
Pozostała penetracja	PN-EN 1426	%	≥60	7
Wzrost temperatury mięknięcia	PN-EN 1427	°C	≤8	2
Temperatura zapłonu	EN ISO 2592	°C	≥235	3
Temperatura łamliwości	PN-EN 12593	°C	≤-15	7
Nawrót sprężysty w 25°C	PN-EN 13398	%	≥70	3
Stabilność magazynowania. Różnica temperatur mięknięcia	PN-EN 13399 PN-EN 1427	°C	≤5	2
Spadek temperatury mięknięcia po starzeniu wg PN-EN 12607-1	PN-EN 12607-1 PN-EN 1427	°C	<i>TBR</i>	1
Nawrót sprężysty w 25°C po starzeniu wg PN-EN 12607-1	PN-EN 12607-1 PN-EN 13398	%	≥50	4

TBR – właściwość do zadeklarowania przez producenta lepiszcza

Tabela 2.5b. Wymagane właściwości **asfaltu modyfikowanego polimerami PMB 45/80–65** wg PN-EN 14023:2011/Ap1:2014

Właściwość	Metoda badania	Jednostka	PMB 45/80–65	
			Wymaganie	Klasa
Penetracja w 25°C	PN-EN 1426	0,1 mm	45–80	4
Temperatura mięknięcia	PN-EN 1427	°C	≥65	5
Siła rozciągania (mała prędkość rozciągania)	PN-EN 13589 PN-EN 13703	J/cm ²	≥2 w 10°C	6
Zmiana masy	PN-EN 12607–1	%	≤0,5	3
Pozostała penetracja	PN-EN 1426	%	≥60	7
Wzrost temperatury mięknięcia	PN-EN 1427	°C	≤8	2
Temperatura zapłonu	EN ISO 2592	°C	≥235	3
Temperatura łalliwości	PN-EN 12593	°C	≤–15	7
Nawrót sprężysty w 25°C	PN-EN 13398	%	≥80	2
Stabilność magazynowania. Różnica temperatur mięknięcia	PN-EN 13399 PN-EN 1427	°C	≤5	2
Spadek temperatury mięknięcia po starzeniu wg PN-EN 12607–1	PN-EN 12607–1 PN-EN 1427	°C	<i>TBR</i>	1
Nawrót sprężysty w 25°C po starzeniu wg PN-EN 12607–1	PN-EN 12607–1 PN-EN 13398	%	≥60	3

TBR – właściwość do zadeklarowania przez producenta lepiszcza

Tabela 2.5c. Wymagane właściwości **asfaltu modyfikowanego polimerami PMB 45/80–80 HiMA** wg PN-EN 14023:2011/Ap1:2014

Właściwość	Metoda badania	Jednostka	PMB 45/80–80	
			Wymaganie	Klasa
Penetracja w 25°C	PN-EN 1426	0,1 mm	45–80	4
Temperatura mięknięcia	PN-EN 1427	°C	≥80	2
Siła rozciągania (mała prędkość rozciągania)	PN-EN 13589 PN-EN 13703	J/cm ²	TBR w 15°C	-
Zmiana masy	PN-EN 12607–1	%	≤0,5	3
Pozostała penetracja	PN-EN 1426	%	≥60	7
Wzrost temperatury mięknięcia	PN-EN 1427	°C	≤8	2
Temperatura zapłonu	EN ISO 2592	°C	≥235	3
Temperatura łalliwości	PN-EN 12593	°C	≤-18	8
Nawrót sprężysty w 25°C	PN-EN 13398	%	≥80	2
Stabilność magazynowania. Różnica temperatury mięknięcia	PN-EN 13399 PN-EN 1427	°C	≤5	2
Spadek temperatury mięknięcia po starzeniu wg PN-EN 12607–1	PN-EN 12607–1 PN-EN 1427	°C	<i>TBR</i>	1
Nawrót sprężysty w 25°C po starzeniu wg PN-EN 12607–1	PN-EN 12607–1 PN-EN 13398	%	≥60	3

TBR – właściwość do zadeklarowania przez producenta lepiszcza

2.3. Środki polepszające adhezję asfaltu do kruszywa

Zastosowane kruszywo mineralne i lepiszcze asfaltowe powinny wykazywać odpowiednie powinowactwo fizykochemiczne, gwarantujące odpowiednią przyczepność (adhezję) lepiszcza do kruszywa i odporność mieszanki mineralno-asfaltowej na działanie wody. Mogą być stosowane gotowe środki adhezyjne lub wypełniacz mieszany.

Decyzję o zastosowaniu środka adhezyjnego (lub wypełniacza mieszanego) podejmuje się po przeprowadzeniu przez Wykonawcę badań laboratoryjnych przyczepności asfaltu do kruszywa. Ocenę przyczepności należy określić na podstawie badania wg PN-EN 12697–11, metoda A na wybranej frakcji mieszanki mineralnej. Przyczepność lepiszcza do kruszywa powinna wynosić co najmniej 80% po 6 godzinach obracania.

W przypadku negatywnego wyniku badania wg PN-EN 12697–11, metoda A, w celu poprawy powinowactwa lepiszcza asfaltowego do kruszywa należy stosować środki poprawiające adhezję lub wypełniacz mieszany zawierający wodorotlenek wapnia (wapno hydratyzowane).

Mieszanka mineralno-asfaltowa musi spełniać wymagania wobec ITSR zgodnie z tabelą 5.2.

2.3.1. Środki adhezyjne

Środek adhezyjny, (jeżeli zastosowany) dodawany jest do asfaltu, a jego ilość powinna być dostosowana do konkretnej pary kruszywo-lepiszcze.

Należy użyć taki środek, którego przydatność została potwierdzona podczas wcześniejszych zastosowań z takim samym rodzajem kruszywa (PN-EN 13108–5, pkt. 4.1). Potwierdzenie przydatności polega na przedstawieniu przez Wykonawcę pisemnej informacji od dostawcy/producenta środka adhezyjnego składającej się z:

- referencji od zarządów dróg, na których zastosowano środek adhezyjny z takim samym rodzajem kruszywa pod względem petrograficznym lub
- przedstawienie odpowiednich wyników badań potwierdzających poprawne działanie z takim samym rodzajem kruszywa pod względem petrograficznym.

Przedstawiane dokumenty muszą zostać zaakceptowane przez Inspektora Nadzoru.

Sposób dozowania środka adhezyjnego powinien gwarantować poprawne jego wprowadzenie do lepiszcza asfaltowego. Inspektor Nadzoru powinien zaaprobować przedstawiony przez Wykonawcę sposób dozowania.

2.3.2. Wypełniacz mieszany lub dodatek wapna hydratyzowanego

W przypadku stosowania wypełniacza mieszanego z wodorotlenkiem wapnia (wapnem hydratyzowanym) należy określić sposób jego dozowania i sposób ten musi być zaakceptowany przez Inspektora nadzoru. Ilość wapna hydratyzowanego w mieszance mineralno-asfaltowej powinna zawierać się w przedziale 1,0 do 2,0% m/m, typowo 1,5% (m/m). Należy zmniejszyć ilość wypełniacza o dodaną ilość wapna.

Mieszanka mineralno-asfaltowa z wypełniaczem mieszanym musi spełniać wymagania wobec ITSR zgodnie z tabelą 5.2.

2.4. Destrukt / granulát asfaltowy

Zastosowanie destruktu asfaltowego, jako jednego ze składników mieszanki mineralno-asfaltowej typu SMA 16 JENA, jest możliwe i dopuszczalne. Warunkiem jest użycie odpowiednio przygotowanego i przetworzonego destruktu asfaltowego o udokumentowanej przydatności do tego celu, (zwanego dalej granulatem asfaltowym) - zawierającego albo asfalt drogowy, albo asfalt modyfikowany polimerami. Granulat asfaltowy uzyskany z destruktu powinien być oceniony i sklasyfikowany zgodnie z postanowieniami zawartymi w PN-EN 13108-8 *Mieszanki mineralno-asfaltowe - Wymagania - Część 8: Destrukt asfaltowy* oraz w załączniku nr 1. do niniejszej specyfikacji.

Uwaga – nie dopuszcza się zastosowania w mieszankach mineralno asfaltowych wytwarzanych i wbudowywanych na gorąco, w tym SMA 16 JENA, dodatku granulatu asfaltowego zawierającego nawet śladowe ilości lepiszcza smołowego.

Destrukt asfaltowy powinien być pozyskiwany w sposób selektywny, tzn. umożliwiający następnie uzyskanie dobrej jakości, jednorodnego granulatu. W dokumentach destruktu/grulatu musi zostać podane, z jakiej loka-

lizacji, warstwy i mieszanki mineralno-asfaltowej został pozyskany. Nie dopuszcza się stosowania granulatu pozyskanego z warstw asfaltu piaskowego i asfaltu lanego.

Składowanie destruktu przed jego przetworzeniem w granulat asfaltowy, a także uzyskanego granulatu po przesianiu powinno zapobiegać mieszanii się granulatów o różnym uziarnieniu i z różnych mma. Zaleca się zadaszeniu miejsca składowania granulatów, aby ograniczyć ich wilgotność. Zaleca się, aby wilgotność granulatu nie była zbyt duża (stan powietrzno-suchy, wilgotność do 3,0% m/m).

Dopuszczalna ilość granulatu asfaltowego zastosowanego w SMA 16 JENA wynosi:

- przy obciążeniu drogi ruchem KR1-KR2
 - do 20% (m/m) granulatu 22 GRA 0/16 dodawanego metodą „na zimno”,
 - do 30% (m/m) granulatu 22 GRA 0/16 dodawanego metodą „na gorąco”,
 - do 40% (m/m) granulatu 22 GRA 0/16 dodawanego metodą „na gorąco”, pod warunkiem, że granulat pochodzi z warstwy SMA i spełnia wymagania z tabeli 2.6,
- przy obciążeniu drogi ruchem KR3-KR6
 - do 20% (m/m) granulatu 22 GRA 0/16 dodawanego metodą „na zimno”, pod warunkiem spełnienia dodatkowych wymagań wobec granulatu asfaltowego zawartych w tabeli 2.6.,
 - do 30% (m/m) granulatu 22 GRA 0/16 dodawanego metodą „na gorąco”, pod warunkiem spełnienia dodatkowych wymagań wobec granulatu asfaltowego zawartych w tabeli 2.6.,
 - do 40% (m/m) granulatu 22 GRA 0/16 dodawanego metodą „na gorąco”, pod warunkiem, że granulat pochodzi z warstwy SMA i spełnia wymagania z tabeli 2.6.

Z pobranych próbek granulatu należy określić:

- gęstość granulatu wg PN-EN 12697–5 metoda A w wodzie,
- gęstość kruszywa wg PN-EN 1097–6 odzyskanego z granulatu w procesie ekstrakcji,

- uziarnienie i kategorię zawartości pyłów kruszywa wg PN-EN 933-1 odzyskanego z granulatu w procesie ekstrakcji,
- typ petrograficzny kruszywa odzyskanego z granulatu w procesie ekstrakcji,
- temperaturę mięknięcia PiK wg PN-EN 1427 lepiszcza odzyskanego z granulatu w procesie ekstrakcji.

W przypadku kompletnego braku danych nt. kruszywa w granulacie asfaltowym należy ograniczyć ilość granulatu w SMA 16 JENA do 10% m/m.

Wszystkie mieszanki SMA 16 JENA z granulem muszą spełniać wymagania wg tabeli 5.2.

Tabela 2.6. Dodatkowe wymagania wobec granulatu stosowanego do SMA 16 JENA na drodze obciążonej ruchem KR3-6

Lp.	Właściwość	Wymaganie
1	Rozwartość wyników zawartości lepiszcza asfaltowego, oznaczonych na pobranych próbkach granulatu asfaltowego, nie większa niż	1,0 % (m/m)
2	Rozwartość wyników zawartości ziaren poniżej 0,063 mm, oznaczonych na pobranych próbkach granulatu asfaltowego, nie większa niż	3,0% (m/m)
3	Rozwartość wyników zawartości powyżej 2,0 mm, a także ziaren od 0,063 mm do 2,0 mm, oznaczonych na pobranych próbkach granulatu asfaltowego, nie większa niż	10 % (m/m)
4	Rozwartość wyników temperatury mięknięcia lepiszcza asfaltowego, oznaczonych na pobranych lepiszczu wyekstrahowanym z próbek granulatu asfaltowego, nie większa niż	8°C

Uwaga: jako rozwartość wyników należy rozumieć różnicę między skrajnymi wynikami uzyskanymi podczas badania pobranych próbek granulatu.

2.5. Samoprzylepna taśma asfaltowo-polimerowa i zalewa asfaltowo-polimerowa

Do łączenia działek roboczych oraz łączenia warstwy z elementami wyposażenia drogi (np. krawężniki, wpusty, studzienki itp.) należy stosować samo-przylepną taśmę asfaltowo-polimerową lub zalewę asfaltowo-polimerową rozkładaną maszynowo, do których producent/dostawca dostarczył informację o wcześniejszych pozytywnych zastosowaniach.

Potwierdzenie przydatności polega na przedstawieniu przez Wykonawcę pisemnej informacji od dostawcy/producenta składającej się z:

- referencji od zarządów dróg, na których zastosowano dany wyrób lub
- przedstawienie odpowiednich wyników badań potwierdzających poprawne działanie wyrobu.

Przedstawiane dokumenty muszą zostać zaakceptowane przez Inspektora Nadzoru.

2.6. Stabilizator mastyksu

Przy stosowaniu stabilizatora mastyksu należy potwierdzić jego przydatność w oparciu o wcześniejsze zastosowania.

Potwierdzenie przydatności polega na przedstawieniu przez Wykonawcę pisemnej informacji od dostawcy/producenta składającej się z:

- referencji od zarządów dróg, lub
- przedstawienie odpowiednich wyników badań potwierdzających poprawne działanie.

Przedstawiane dokumenty muszą zostać zaakceptowane przez Inspektora Nadzoru.

2.7. Dostawy materiałów

Za dostawy materiałów odpowiedzialny jest Wykonawca robót. Do obowiązku Wykonawcy należy takie zorganizowanie dostaw materiałów do wytwarzania mieszanki SMA 16 JENA, aby zapewnić nieprzerwaną pracę WMA w trakcie wykonywania dziennej działki roboczej.

2.8. Składowanie materiałów

Składowanie kruszywa powinno odbywać się w warunkach zabezpieczających je przed zanieczyszczeniem i zmieszaniem z innymi rodzajami lub frakcjami kruszywa.

Wypełniacz należy składować w silosach wyposażonych w urządzenia do aeracji.

Asfalt powinien być składowany w zbiornikach, których konstrukcja i użyte do ich wykonania materiały wykluczają możliwość zanieczyszczenia asfaltu. Zbiorniki powinny być wyposażone w automatycznie sterowane urządzenia grzewcze – olejowe, parowe lub elektryczne. Nie dopuszcza się ogrzewania zbiornika asfaltu otwartym ogniem. Zbiornik roboczy oraz przewody doprowadzające asfalt do otaczarki powinny być izolowane termicznie i być wyposażone w automatyczny system grzewczy zdolny do utrzymania zadanej temperatury z tolerancją $\pm 5^{\circ}\text{C}$ oraz w układ cyrkulacji asfaltu.

Dodatki do mma należy przechowywać w sposób zabezpieczający je przed utratą właściwości użytkowych, zgodnie z zaleceniami producenta.

3. SPRZĘT

3.1. Sprzęt do wykonania nawierzchni z mieszanki mineralno-asfaltowej SMA 16 JENA

Wykonawca przystępujący do wykonania nawierzchni z SMA 16 JENA powinien wykazać się możliwością korzystania z następującego sprzętu:

- wytwórni stacjonarnej (otaczarki) o mieszaniu cyklicznym do wytwarzania mieszanek mineralno-asfaltowych, której wydajność musi zapewnić zapotrzebowanie na mieszankę do budowy realizowanej bez postoju sprzętu rozkładającego i zagęszczającego. Dozowanie składników mieszanki mineralno-asfaltowej powinno być wagowe. Odchyłki masy dozowanych składników (w stosunku do masy poszczególnych składników zarobu) nie powinny być większe od $\pm 2\%$ (m/m).

Na wytwórni powinien być wdrożony certyfikowany system ZKP zgodnie z PN-EN 13108-21. Kopia certyfikatu wystawiona przez uprawnioną jednostkę notyfikowaną powinna być dostarczona Inspektorowi Nadzoru. System sterowania produkcji mma powinien zapisywać dane z produkcji w plikach elektronicznych. Na żądanie Inspektora Nadzoru Wykonawca dostarczy wydruki ze wskazanego okresu produkcji mma. Na zakończenie kontraktu, w ramach Operatu Technologicznego, Wykonawca załączy do dokumentacji płytę CD z nagranymi danymi z produkcji.

- rozkładarek do wbudowywania i zagęszczania mieszanek mineralno-asfaltowych o wydajności skorelowanej z wydajnością otaczarki, wyposażonych w:
 - automatyczne sterowanie pozwalające na ułożenie warstwy zgodnie z założoną niweletą oraz grubością,
 - elementy wstępnie zagęszczające gorącą mieszankę (listwy ubijające i belki wibrujące) wraz ze sprawną regulacją częstotliwości i amplitudy drgań,
 - urządzenia do podgrzewania elementów roboczych układarki,

- skrapiarek,
- walców stalowych lekkich, średnich i ciężkich, małych walców wibracyjnych o szerokości do 1 m, ubijaków, płyt wibracyjnych, całkowicie nieprzydatne w wykonawstwie nawierzchni z mieszanek SMA są walce na kołach ogumionych,
- samochodów samowyładowczych z przykrywanymi skrzyniami samowyładowczymi lub izolowanymi termicznie (tzw. termosów).

4. TRANSPORT

4.1. Transport materiałów

Kruszywo można przewozić dowolnymi środkami transportu w warunkach zabezpieczających je przed zanieczyszczeniem i zmieszaniem z innymi rodzajami lub frakcjami kruszywa.

Wypełniacz luzem należy przewozić w cysternach przystosowanych do przewozu materiałów sypkich, umożliwiających rozładunek pneumatyczny. W czasie transportu oraz przeładunku wypełniacz należy chronić przed zawilgoceniem, zbryleniem i zanieczyszczeniem.

Asfalt należy przewozić izolowanymi termicznie cysternami, wyposażonymi w instalacje umożliwiające podłączenie cystern do urządzeń grzewczych, lub wyposażonymi we własne urządzenia grzewcze.

4.2. Transport mieszanki mineralno-asfaltowej

Mieszankę mineralno-asfaltową należy przewozić pojazdami samowyładowczymi, wyposażonymi w plandeki do przykrywania mieszanki podczas transportu i podczas oczekiwania na rozładunek.

W czasie transportu spadek temperatury mieszanki mineralno-asfaltowej nie powinien być większy niż 10% temperatury tej mieszanki w chwili załadunku z jednoczesnym spełnieniem warunków zachowania temperatury wbudowania. Czas transportu mieszanki mineralno-asfaltowej od momentu załadunku do rozładunku nie powinien przekraczać 2 godzin.

5. OCENA ZGODNOŚCI MIESZANKI, PRODUKCJA ORAZ WBUDOWYWANIE WARSTWY

5.1. Projektowanie mieszanki

5.1.1. Projektowanie mieszanki mineralno-asfaltowej

Krzywa uziarnienia mieszanki mineralnej powinna mieścić się w polu dobrego uziarnienia wyznaczonego przez krzywe graniczne. Rzędne krzywych granicznych uziarnienia mieszanki mineralnej SMA 16 JENA do warstwy ścieralnej oraz minimalne zawartości asfaltu $B_{\min}$ podano w tabeli 5.1.

UWAGA: podana minimalna zawartość asfaltu $B_{\min}$ dotyczy JENA o referencyjnej gęstości mieszanki mineralnej równej $2,65 \text{ Mg/m}^3$. W przypadku, gdy mieszanka mineralna charakteryzuje się inną gęstością należy do $B_{\min}$ zastosować współczynnik korygujący α wg wzoru:

$$\alpha = 2,65/\rho_a$$

ρ_a – gęstość ziaren kruszywa mieszanki mineralnej, w megagramach na metr sześcienny (Mg/m^3), określona zgodnie z normą EN 1097–6.

Zasady projektowania mieszanki mastyksowo-grysowej SMA 16 JENA nie odbiegają od standardowej procedury projektowania mma.

Skład mieszanki mineralno-asfaltowej powinien być ustalony na podstawie badań próbek wykonanych wg metody Marshalla. Próbki powinny spełniać wymagania podane w tabeli 5.2. Wykonana warstwa z mieszanki mineralno-asfaltowej SMA 16 JENA powinna spełniać wymagania podane odpowiednio w tabeli 5.2. lp. 7–8

Tabela 5.1. Rzędne krzywych granicznych uziarnienia mieszanki mineralnej do warstwy ścieralnej z SMA 16 JENA oraz minimalne zawartości asfaltu (% masy przechodzącej przez sito)

Lp.	Wymiar oczek sit # mm;	Granice podstawowe, wymagane dla kategorii ruchu KR1-KR6
1	22,4	100
2	16	90–100
3	11,2	65–80
4	8	45–58
6	4	27–37
7	2	20–30
11	0,125	7–13
12	0,063	6–11
13	Orientacyjna zawartość stabilizatora	0,2–1,5
14	Zawartość asfaltu całkowitego $B_{\min}$ przed korektą współczynnikiem α zgodnie z p. 5.2.3. normy PN-EN 13108-5	5,2

Warunki przygotowania próbek w procesie projektowania składu SMA 16 JENA:

- temperatura ubijania próbek:

z asfaltem drogowym 50/70	135–140°C,
z asfaltem wielorodzajowym MG 50/70–54/64	140–145°C,
z asfaltem modyfikowanym PMB 45/80–55	140–145°C,
z asfaltem modyfikowanym PMB 45/80–65	140–145°C
z asfaltem modyfikowanym PMB 45/80–80 HiMA	155–160°C
- energia ubijania próbek:

50 uderzeń na każdą stronę próbki walcowej.

Tabela 5.2. Wymagania wobec projektowanej mieszanki SMA 16 JENA

Lp.	Właściwość	Warunki zagęszczania wg PN-EN 13108-20	Metoda i warunki badania	SMA 16 JENA KR1-2	SMA 16 JENA KR3-6
Wymagania do projektowania mieszanki					
1	Zawartość wolnej przestrzeni V_m	Ubijanie 2x50 uderzeń, temperatura zagęszczania uzależniona od rodzaju asfaltu	PN-EN 12697-8	V_{min} 2,5 V_{max} 4,0 V_{max} 4,5 (dla warstw o grubości $\geq 5\text{ cm}^{**}$)	
2	Zawartość wolnej przestrzeni wypełnionej asfaltem	Ubijanie 2x50 uderzeń, temperatura zagęszczania uzależniona od rodzaju asfaltu	PN-EN 12697-8	VFB podać wynik	
3	Zawartość wolnej przestrzeni w mieszance mineralnej VMA	Ubijanie 2x50 uderzeń, temperatura zagęszczania uzależniona od rodzaju asfaltu	PN-EN 12697-8	VMA _{min} 16	
4	Odporność na działanie wody	Ubijanie 2x35 uderzeń,	PN-EN 12697-12, przechowywanie w 40°C z jednym cyklem zamrażania, badanie w temperaturze 25°C*)	ITSR ₉₀	

Lp.	Właściwość	Warunki zagęszczania wg PN-EN 13108-20	Metoda i warunki badania	SMA 16 JENA KR1-2	SMA 16 JENA KR3-6
Wymagania do projektowania mieszanki					
5	Odporność na deformacje trwałe	Wałowanie $P_{98} - P_{100}$	PN-EN 12697-22, metoda B w powietrzu, temperatura 60°C, 10 000 cykli; grubość płyty: - 60 mm dla grubości warstwy do 6 cm - 100 mm dla grubości warstwy powyżej 6 cm Próbki mma muszą być kondycjonowane zgodnie z WT-2 2014 Zał.2.	WTS _{AIR} Max NR PRD _{AIR} Max NR (brak wymagań)	WTS _{AIR} Max 0,15 PRD _{AIR} Max 7,0
6	Splywność	-	PN-EN 12697-18, p. 5	BD _{0,3}	
Wymagania wobec gotowej warstwy					
7	Wskaźnik zagęszczenia warstwy, %	-	PN-EN 13108-20, załącznik C.4	≥98,0	
8	Wolna przestrzeń w warstwie, %	-	PN-EN 13108-20, załącznik C.5	V_{min} 2,0 V_{max} 6,0	
UWAGA: gęstość mma należy oznaczyć zgodnie z PN-EN 12697-5, metoda A w wodzie * Procedura badawcza zgodna z załącznikiem 1 do WT-2 2014 ** Mieszanka SMA 16 JENA układana w warstwie o grubości powyżej 5 cm ma tendencję do przegęszczania, dlatego w przypadku warstw o grubości większej od 5 cm stosuje się V_{max} 4,5					

5.1.2 Dodatek granulatu

Faktyczna ilość granulatu, jaką można dodać do SMA 16 JENA będzie wynikiem projektowania składu mieszanki mineralnej. Po wykonaniu serii ekstrakcji próbek granulatu należy ustalić:

- średnie uziarnienie mieszanki mineralnej wyekstrahowanej z pobranych próbek granulatu traktując je, przy projektowaniu mieszanki mineralnej do SMA 16 JENA (tabela 5.1), jako uziarnienie kruszywa o nazwie „granulat”,
- średnią zawartość rozpuszczalnego lepiszcza asfaltowego S w granulacie asfaltowym, ustaloną w wyniku ekstrakcji granulatu, traktując ją jako część całkowitej ilości lepiszcza asfaltowego niezbędnej do spełnienia wymagań wobec projektowanej mieszanki mastyksowo-grysowej SMA 16 JENA (tabela 5.1).

Ilość lepiszcza asfaltowego pochodzącego z granulatu asfaltowego należy uwzględnić w rozliczeniu (bilansie) całkowitego lepiszcza B, a więc o tę ilość zmniejszy się ilość lepiszcza asfaltowego zadozowanego w trakcie wytwarzania SMA 16 JENA na WMA.

Po ustaleniu ilości możliwego udziału granulatu asfaltowego w składzie mieszanki mastyksowo-grysowej SMA 16 JENA należy sprawdzić czy mieszanka „starego” lepiszcza zawartego w granulacie asfaltowym z przewidzianym do zastosowania dodatkiem świeżego asfaltu spełnia warunek uzyskania temperatury mięknięcia wg metody PiK dla rodzaju lepiszcza asfaltowego wymagającego do zastosowania w SMA 16 JENA wg specyfikacji.

Do obliczenia temperatury mięknięcia lepiszcza w mieszance należy zastosować następujące równanie:

$$T_{R\&Bmix} = a \times T_{R\&B1} + b \times T_{R\&B2}$$

w którym:

- | | |
|---------------|--|
| $T_{R\&Bmix}$ | obliczona temperatura mięknięcia lepiszcza w mieszance zawierającej granulat asfaltowy oraz świeży asfalt |
| $T_{R\&B1}$ | temperatura mięknięcia lepiszcza odzyskanego z granulatu asfaltowego |
| $T_{R\&B2}$ | temperatura mięknięcia lepiszcza dodanego (świeżego) na otaczarni |
| a i b | proporcje wagowe lepiszcza w granulacie asfaltowym (a) i dodanego lepiszcza (b) w mieszance; $a + b = 1$ |

5.1.3. Wybór sposobu przedstawienia składu mieszanki

Po zakończeniu projektowania składu mieszanki należy wykonać pełne badania wg wymagań określonych w tabeli 5.2. oznaczone jako „**badanie typu**”, zakończone pisemnym sprawozdaniem. Zakres sprawozdania z badania typu powinno być zgodne z wymaganiami PN-EN 13108–20.

5.2. Ocena zgodności

5.2.1. Wstępne Badanie Typu

Wstępne Badanie Typu obejmuje kompletny zestaw badań mieszanki mineralno-asfaltowej SMA 16 JENA, określonych w niniejszych SST (tabela 5.2), określających przydatność mieszanek mineralno-asfaltowych do wskazanego zastosowania, wraz z badaniami materiałów składowych.

Wstępne Badanie Typu powinno być przeprowadzone przy pierwszym wprowadzeniu mieszanek mineralno-asfaltowych do obrotu w celu wykazania zgodności z niniejszymi WST.

W Badaniu Typu należy przedstawić rozliczenie asfaltu całkowitego B, w postaci sumy asfaltu rozpuszczalnego S i asfaltu nierozpuszczalnego. Ilość asfaltu rozpuszczalnego S podana w Badaniu Typu będzie wykorzystana do kontroli poprawności produkcji mieszanki SMA 16 JENA wg tabeli 6.3.p.7 oraz 6.5. p.7.

5.2.2. Sprawozdanie z badania typu

Sprawozdanie z badania typu powinno zawierać informacje zgodne z wymaganiami PN-EN 13108–20.

5.2.3. Okres ważności badania typu

Okres ważności Badania Typu wynosi 5 lat pod warunkiem, że podstawowe składniki mieszanki SMA 16 JENA, zgodnie z PN-EN 13108–20 nie ulegną zmianie.

5.2.4. Zakładowa Kontrola Produkcji

Producent winien posiadać certyfikowany system Zakładowej Kontroli Produkcji do każdego miejsca produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej, z której będzie ona dostarczana na kontrakt. Certyfikat

ZKP powinien być aktualny, dotyczyć WMA, która będzie produkowała mma na kontrakt oraz być wystawiony przez jednostkę notyfikowaną. Certyfikat i wszelkie dokumenty dotyczące ZKP muszą być udostępnione Inspektorowi na jego żądanie.

W ramach systemu ZKP wg PN-EN 13108–21 Producent mieszanki mineralno-asfaltowej, ma obowiązek wyznaczyć metodą pojedynczego wyniku, zgodnie z PN-EN 13108–21 zał. A, produkcyjny poziom zgodności (PPZ) do Wytwórni, będący podstawą do określenia minimalnej częstości badań gotowego wyrobu.

5.2.4.1. Częstość badań i pomiarów w ramach ZKP

Do celów ZKP oraz kontroli jakości mma (p.6.2.) ustala się tę samą częstość pobierania próbek mma, zależną od wielkości produkcji na kontrakcie oraz wymaganej kategorii dokładności produkcji (X lub Y) wg tablic 6.1. i 6.2.

Częstość pobierania próbek zależna jest od osiąganego przez WMA produkcyjnego poziomu zgodności (PPZ) odzwierciedlającego zdolność WMA do dokładnej produkcji mma. Sposób obliczania PPZ znajduje się w normie PN-EN 13108–21 załącznik A i musi być wdrożony na wytwórni, do której wydano certyfikat ZKP.

W zależności od osiągniętego PPZ minimalna częstość badań gotowego wyrobu (tony/badanie) powinna być zgodna z tabelą 6.1. i 6.2. Dopuszczalne odchylenia zawartości składników mieszanki mineralno-asfaltowej względem składu zaprojektowanego **do celów ustalania PPZ** powinny mieścić się w granicach podanych w tabeli A1. normy PN-EN 13108–21 Załącznik A dla metody pojedynczego wyniku, dotyczącej mieszanki drobnoziarnistej. Nie dopuszcza się oceniania dokładności pracy otaczarki oraz prawidłowości składu mieszanki mineralnej na podstawie tzw. suchego zarobu, z uwagi na segregację kruszywa.

Dopuszczalne odchylenia zawartości składników mieszanki mineralno-asfaltowej służące do ustalenia PPZ i częstości badania próbek w ramach ZKP nie są tożsame z dozwolonymi odchyłkami od badania typu na ocenie jakościowej mma stosowanej wg p. 6.2.

5.2.5. Oznakowanie i dokument towarzyszący dostawie

Dostawca/producent mieszanki mineralno-asfaltowej powinien oznakowywać mma znakiem CE na dokumentach handlowych przekazywanych odbiorcy/Wykonawcy robót oraz dołączać do każdej dostawy dokument towarzyszący dostawie wg wzoru podanego w PN-EN 13108–5 w pełnej lub skróconej formie. Wykonawca uzgodni z Inspektorem Nadzoru formę oznakowania i formę dokumentu towarzyszącego dostawie.

5.2.5.1. Dokument dostawy

Dokument dostawy towarzyszący każdej partii mieszanki mineralno-asfaltowej wysłanej przez wytwórnię musi zawierać co najmniej następujące dane:

- producent mieszanki i identyfikacja wytwórni,
- opis wyrobu: np. SMA 16 JENA 50/70 lub SMA 16 JENA PMB 45/80–55,
- możliwość uzyskania informacji na temat wyników badania typu,
- informacje o zastosowanych dodatkach.

5.3. Wytwarzanie mieszanki mineralno-asfaltowej

Na potrzeby kontraktu produkcja mieszanki mineralno-asfaltowej może nastąpić po akceptacji przez Inspektora nadzoru sprawozdania z badania typu oraz ustaleniu wejściowego lub wyjściowego składu mieszanki. Inspektor nadzoru po sprawdzeniu merytorycznej poprawności przedstawionych dokumentów, dopuszcza do rozpoczęcia produkcji i układania mma.

Nie dopuszcza się produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej na WMA, do której nie wydano certyfikatu do ZKP. Podczas produkcji stosuje się ciągłą ocenę PPZ wg p. 5.2.4.1.

Mieszankę mineralno-asfaltową należy produkować w otaczarce o mieszanii cyklicznym zapewniającej prawidłowe dozowanie składników, ich wysuszenie i wymieszanie oraz zachowanie temperatury składników i gotowej mieszanki mineralno-asfaltowej.

Dozowanie składników, w tym także wstępne, powinno być wagowe i zautomatyzowane. Tolerancje dozowania składników mogą wynosić: jedna działka elementarna wagi, lecz nie więcej niż $\pm 2\%$ w stosunku do masy składnika.

Asfalt w zbiorniku powinien być ogrzewany w sposób pośredni, z układem termostatowania, zapewniającym utrzymanie stałej temperatury z tolerancją $\pm 5^{\circ}\text{C}$.

Kruszywo powinno być wysuszone i tak podgrzane, aby mieszanka mineralna po dodaniu wypełniacza uzyskała właściwą temperaturę. Maksymalna temperatura gorącego kruszywa nie powinna być wyższa o więcej niż 30°C od maksymalnej temperatury mieszanki mineralno-asfaltowej.

Temperatura asfaltu w zbiorniku powinna mieścić się w granicach:

50/70	od 160°C do 175°C,
MG 50/70–54/64	od 165°C do 180°C
PMB 45/80–55	od 170°C do 185°C
PMB 45/80–65	od 170°C do 185°C
PMB 45/80–80 HiMA	od 160°C do 175°C

Maksymalna temperatura mieszanki mineralno-asfaltowej bezpośrednio po wysypaniu z mieszalnika powinna wynosić:

50/70	175°C
MG 50/70–54/64	175°C
PMB 45/80–55	180°C
PMB 45/80–65	180°C
PMB 45/80–80 HiMA	175°C

Uwagi:

1. Podane powyżej wartości temperatury produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej to wartości maksymalne, których nie należy przekraczać w żadnym przypadku.
2. W przypadku stosowania granulatu asfaltowego do produkcji SMA 16 JENA należy zwrócić uwagę na ochronę mieszanki przed nadmiernym przegrzaniem a stabilizatora przed zniszczeniem. Temperatura kruszywa do mieszanki z granulem asfaltowym dozowanym na zimno powinna być tak dobrana, aby nie nastąpiło spalanie stabilizatora i zniszczenie lepiszcza asfaltowego. Jeśli to możliwe, zaleca się nie przekraczać temperatury kruszywa 240°C (nie przekraczać temperatury zapłonu asfaltu).

5.4. Wbudowywanie warstwy

5.4.1. Przygotowanie podłoża, związanie międzywarstwowe, urządzenia w jezdni oraz przygotowanie krawędzi warstw

Związanie międzywarstwowe jest niezbędne dla trwałości nawierzchni. Nie może ono jednak stać się warstwą poślizgową dla SMA, która zawiera i tak

dużą ilość lepiszcza. Dlatego ilość skropienia trzeba dobierać do stanu i rodzaju podłoża. Do skropień stosuje się emulsje o kodzie „ZM” wyprodukowane z twardego asfaltu, przystosowane do połączeń międzywarstwowych. Emulsje produkowane z miękkiego asfaltu np. 160/220 nie są zalecane. Do skropień należy stosować emulsje wskazane w Załączniku Krajowym do normy PN-EN 13808.

Przybliżone ilości lepiszcza do połączeń międzywarstwowych przedstawiono w tabeli 5.3.

Tabela 5.3. Zalecana z emulsji asfaltowej w połączeniu międzywarstwowym pod warstwę z mieszanki SMA 16 JENA

Typ warstwy w podłożu	Ilość emulsji [kg/m ²]
Podbudowa z chudego betonu	0.3÷0.7
Podbudowa z zagęszczonego kruszywa	0.5÷0.7
Warstwa z mieszanki mineralno-asfaltowej	0.2÷0.5

Istniejące urządzenia w nawierzchni (włazy, wpusty itd.) należy przygotować przed rozłożeniem mieszanki SMA 16 JENA. Wybrany sposób przygotowania powinien zapewnić szczelne i trwałe połączenie warstwy z urządzeniem, np. przez zastosowanie odpowiednich taśm asfaltowo-polimerowych lub past (mas) asfaltowo-polimerowych rozkładanych ręcznie lub maszynowo. Przygotowanie urządzeń w jezdni obejmuje także ich zabezpieczenie przed uszkodzeniem lub zasypaniem (np. wpustu kanalizacyjnego).

W podobny sposób jak urządzenia należy przygotować krawędzie warstw, a wybrany sposób powinien gwarantować trwałe połączenie krawędzi. Tradycyjne smarowanie krawędzi gorącym asfaltem i skrapianie emulsją są nieskuteczne. W przypadku SMA o uziarnieniu do 16 mm grubość warstwy sklejającej musi być relatywnie gruba, a więc najczęściej polecane są taśmy asfaltowo-polimerowe rozkładane ręcznie o grubości minimum 10 mm lub masy asfaltowo-polimerowe rozkładane maszynowo.

5.4.2. Warunki przystąpienia do robót

Warstwa nawierzchni z SMA 16 JENA może być układana, gdy temperatura powietrza w ciągu ostatniej doby była nie niższa od 0°C. Temperatura powietrza

w czasie robót powinna wynosić nie mniej niż 0°C. W przypadku występowania silnego wiatru wymaganie to może być podwyższone do +5°C. W przypadku konieczności wbudowywania mieszanki na podłożu o temperaturze poniżej 0°C Wykonawca powinien rozważyć zastosowanie dodatków ułatwiających zagęszczanie albo zastosowanie samobieżnej maszyny (wyposażonej w dodatkowe mieszanie dostarczanej mieszanki) ustawionej między rozkładarką a samochodami dostarczającymi mieszankę na budowę. Nie dopuszcza się układania warstwy z mieszanki mineralno-asfaltowej na oblodzonej powierzchni, podczas opadów atmosferycznych oraz silnego wiatru. Przy złych warunkach atmosferycznych układanie warstwy jest możliwe za zgodą Inspektora Nadzoru.

5.4.3. Wbudowywanie i zagęszczanie warstwy z mieszanki SMA 16 JENA

Mieszanka mineralno-asfaltowa powinna być wbudowywana układarką wyposażoną w układ z automatycznym sterowaniem grubości warstwy i utrzymywaniem niwelety zgodnie z Dokumentacją Projektową.

Zagęszczanie mieszanki powinno odbywać się zgodnie z ustalonym schematem przejść walców gwarantującym uzyskanie prawidłowego zagęszczenia.

Początkowa temperatura mieszanki w czasie zagęszczania powinna mieścić się w przedziale minimalnych i maksymalnych wartości temperatury mieszanki:

50/70	od 140°C do 170°C
MG 50/70–54/64	od 150°C do 170°C
PMB 45/80–55	od 150°C do 175°C
PMB 45/80–65	od 150°C do 175°C
PMB 45/80–80 HiMA	od 160°C do 175°C

Wykonawca może ustalić w porozumieniu z Inspektorem Nadzoru inną temperaturę zagęszczania na podstawie wyników uzyskanych podczas wykonywania odcinka próbnego. Przy układaniu warstwy o znacznej grubości (powyżej 6 cm) zaleca się obniżenie temperatury zagęszczania o ok. 10 °C. Zagęszczanie mieszanki należy rozpocząć od krawędzi nawierzchni ku środkowi. Wskaźnik zagęszczenia ułożonej warstwy powinien być zgodny z wymaganiami podanymi w punkcie 5 tabeli 5.2.

Spoiny i połączenia w warstwie oraz związanie międzywarstwowe należy wykonać stosując taśmy polimeroasfaltowe lub zalewy asfaltowo-polimerowe wg p.2.5.

5.4.4. Wykończenie powierzchni warstwy

Powierzchnia wbudowanej warstwy z SMA 16 JENA powinna mieć jednolitą teksturę i strukturę. Na powierzchnię gorącej warstwy, przy wymaganiu dodatkowego uszorstnienia, należy nanieść równomiernie posypkę odpowiednio wcześniej tak, aby została wciśnięta w warstwę przez walce. Nano-szenie posypki powinno odbywać się maszynowo, a jedynie w miejscach trudno dostępnych dopuszcza się wykonanie ręczne. Niezwiązaną posypkę należy usunąć po ostygnięciu warstwy. Orientacyjna ilość posypki:

kruszywo o wymiarze 2/4 mm – od 1,0 do 2,0 kg/m²

kruszywo o wymiarze 2/5 mm – od 1,0 do 2,0 kg/m²

Ilość posypki powinna być określona doświadczalnie. Można stosować (choć nie jest to niezbędne) kruszywo otoczone (lakierowane) 1% m/m asfaltu.

6. KONTROLA JAKOŚCI ROBÓT

6.1. Badania przed przystąpieniem do robót

Przed przystąpieniem do robót Wykonawca powinien przedstawić Inspektorowi Nadzoru sprawozdanie z Badania Typu zgodnie z p.5.2.2. oraz (wejściowy lub wyjściowy) skład mieszanki wraz z wymaganymi załącznikami, celem porównania z wymaganiami niniejszych Wzorcowych Specyfikacji Technicznych i zatwierdzenia źródeł poboru materiałów. W przypadku posiadania przez dostawcę materiałów certyfikatu ZKP lub ISO 9001 dopuszcza się przedstawienie wyników dostarczonych przez dostawcę.

6.2. Badania w czasie robót

6.2.1. Częstość badań i pomiarów

Kontroli podlega jakość materiałów składowych oraz jakość dostarczanej na budowę mieszanki mineralno-asfaltowej (uziarnienie, całkowita zawartość asfaltu oraz zawartość wolnej przestrzeni wg tabeli 5.2.), a także jakość wykonanej warstwy ścieralnej. Wyniki kontroli składu produkowanej mma wykonane w ramach ustalania PPZ w systemie ZKP nie są wynikami kontroli jakości w rozumieniu niniejszych WT. Ekstrakcje wykonane w ramach ZKP służą wyłącznie ustaleniu PPZ i na jego podstawie – częstości pobierania próbek. Pobrane próbki z ustaloną w ten sposób częstością poddawane są ekstrakcji, której wyniki [po porównaniu do składu (wejściowego lub wyjściowego)] służą:

- po porównaniu do dozwolonych odchyłek wg tabeli A.1. normy PN-EN 13108–21 – do ustalenia PPZ i częstości pobierania próbek i badań w następnym tygodniu kalendarzowym – zgodnie z systemem ZKP,
- po porównaniu do dozwolonych odchyłek wg tabeli 6.3 do oceny jakości produkowanej mieszanki.

Nie pobiera się oddzielnych próbek do ustalania PPZ wg ZKP oraz kontroli jakości. Są to te same próbki i wyniki ekstrakcji. Różnica polega na dopuszczalnych odchyłkach, które są inne w ZKP (wg tabeli A.1. normy PN-EN 13108–21) i inne do oceny jakościowej (tabela 6.3. niniejszych WT).

Producent ma obowiązek informować Inspektora Nadzoru w ostatnim dniu tygodnia, jaki produkcyjny poziom zgodności (PPZ) ze względu na uzyskane wyniki został ustalony na kolejny tydzień. W zależności od ustalonego na kolejny tydzień PPZ oraz wielkości produkcji na kontrakcie, częstość pobierania próbek do określenia uziarnienia i zawartości asfaltu powinna być zgodna z tabelą 6.1.

Tabela 6.1. Częstość pobierania próbek do badań składu mma w zależności od wielkości produkcji

Wielkość produkcji (całkowita w ramach kontraktu).	Kategoria	Częstość poboru próbek mma do badań składu w zależności od PPZ (badanie do ZKP i do kontroli jakości) [tony mma/badanie]		
		PPZ A	PPZ B	PPZ C
do 500 ton	X	600	300	150
od 501 ton	Y	1000	500	250

Dodatkowe badania właściwości mieszanek asfaltowych (tj. zawartość wolnych przestrzeni – oznaczana wg PN-EN 12697–8) należy przeprowadzić z częstością podaną w tabeli 6.2.

Tabela 6.2. Częstość badań dodatkowych mma w zależności od wielkości produkcji

Wielkość produkcji (całkowita w ramach kontraktu).	Kategoria	Częstość badań dodatkowych (zawartość wolnych przestrzeni) w mma w zależności od PPZ (badanie do kontroli jakości) [tony mma/badanie]		
		PPZ A	PPZ B	PPZ C
do 500 ton	Y	1000	500	250
od 501 ton	Z	2000	1000	500

6.2.2. Zakres badań i pomiarów

Do oceny jakości mieszanki mineralno-asfaltowej stosuje się wyniki badań ekstrakcji wykonanych w ramach Zakładowej Kontroli Produkcji wg PN-EN 13108–21 dla celów ustalenia PPZ oraz wyniki badań dodatkowych. Zebrane wyniki badań kontrolnych produkowanej mieszanki mineralno-asfaltowej SMA 11 wg niniejszych WT służą do ustalenia zgodności ze składem wejściowym lub wyjściowym. Dopuszczalne jakościowe odchyłki produkowanej mieszanki, pobranej na Wytwórni w zależności od liczby pobranych próbek przedstawia tabela 6.3.

Tabela 6.3. Dopuszczalne odchyłki jakościowe dotyczące pojedynczego wyniku badania i średniej arytmetycznej wyników zawartości składników mieszanki mineralno-asfaltowej względem składu zaprojektowanego [% m/m]

Lp.	Składniki mieszanki mineralno-asfaltowej	Liczba wyników	
		<20	≥20
1	Ziarna przechodzące przez sito o oczkach # (mm) 11,2	-4,4 – +4,1	±4,0
2	Ziarna przechodzące przez sito o oczkach # (mm) 8,0	±4,4	±4,0
3	Ziarna przechodzące przez sito o oczkach # (mm) 5,6	±4,4	±4,0
4	Ziarna przechodzące przez sito o oczkach # (mm) 2,0	± 3,4	± 3,0
5	Ziarna przechodzące przez sito o oczkach # (mm) 0,125	±2,5	±2,0
6	Ziarna przechodzące przez sito o oczkach # (mm) 0,063	±1,6	±1,5
7	Asfalt rozpuszczalny S ^{*)}	-0,3 – +0,30	-0,2 – +0,30

^{*)} należy porównywać ilość asfaltu rozpuszczalnego S (odzyskanego w wyniku ekstrakcji) z ilością asfaltu rozpuszczalnego S podanego w badaniu typu SMA 16 JENA (patrz p.5.2.1.), natomiast nie należy porównywać asfaltu rozpuszczalnego S (odzyskanego w wyniku ekstrakcji) z asfaltem całkowitym B podanym w badaniu typu!

Do oceny składu nie wolno dzielić ciągu drogi na odcinki. Oceny dokonuje się w zależności od liczby próbek wg tabeli 6.3.

Wszystkie właściwości materiałów składowych oraz wyprodukowanej mieszanki mineralno-asfaltowej powinny być zgodne z wymaganiami niniejszych WST w granicach dopuszczalnych odchyłek.

Właściwości te należy oceniać na podstawie badań pobranych próbek materiałów składowych jak i mieszanki mineralno-asfaltowej przed wbudowaniem (wbudowanie oznacza kompletne wykonanie warstwy asfaltowej). Wyjątkowo dopuszcza się badania próbek pobranych z nawierzchni (kompletnie wykonanej warstwy). W takim przypadku Wykonawca zaproponuje procedurę pobierania próbek i przygotowania ich do badań oraz uzgodni ją z Inspektorem Nadzoru

Jeżeli krzywa uziarnienia mieszanki mineralnej wynikowej mieści się w granicach tolerancji i wykracza poza krzywe graniczne z tabeli 5.1, nie stanowi to odstępstwa od wymagań dotyczących uziarnienia.

W tabeli 6.4 zestawiono zakres i częstotści badań materiałów, mma oraz cech warstwy.

6.2.3. Skład i uziarnienie mieszanki mineralnej.

Uziarnienie oraz zawartość asfaltu rozpuszczalnego każdej próbki pobranej na Wytwórni z luźnej mieszanki mineralno-asfaltowej oraz wartość średnia z wielu oznaczeń z danego odcinka budowy powinny być zgodne z wejściowym lub wyjściowym składem mieszanki, z tolerancją podaną w tabeli 6.3. Badanie należy wykonać zgodnie z PN-EN 12697–1 oraz PN-EN 12697–2.

W przypadku konieczności wykonania analizy uziarnienia z próbki odwierconej z warstwy, należy stosować tolerancje uziarnienia wg tabeli 6.5. Kontrolę składu mieszanki mineralno-asfaltowej na próbkach odwierconych z nawierzchni należy wykonywać **wyłącznie w uzasadnionych przypadkach** za zgodą Inspektora Nadzoru.

Tabela 6.4. Częstość oraz zakres badań i pomiarów w czasie wytwarzania mieszanki i układania nawierzchni

Lp.	Wyszczególnienie badań	Częstość badań
KONTROLNE BADANIA MATERIAŁÓW		
1.	Uziarnienie kruszywa,	1 raz na 2000 ton i w przypadku wątpliwości
2.	Uziarnienie wypełniacza	1 raz na 200 ton
3.	Właściwości asfaltu: – Penetracja w 25°C, lub temperatura mięknięcia wg PiK (W przypadku rozbieżności należy postępować zgodnie z zapisami normy PN-EN ISO 4259.)	1 x na każde 300 ton dostawy
4.	Badania właściwości kruszyw zgodnie z tabl.2.1	Zatwierdzenie źródła przed pierwszym użyciem i co najmniej 1 raz w roku.
5.	Badania granulatu asfaltowego: • gęstość granulatu wg PN-EN 12697–5 metoda A w wodzie, • gęstość kruszywa wg PN-EN 1097–6 odzyskanego z granulatu w procesie ekstrakcji, • uziarnienie i kategorię zawartości pyłów kruszywa wg PN-EN 933–1 odzyskanego z granulatu w procesie ekstrakcji, • typ petrograficzny kruszywa odzyskanego z granulatu w procesie ekstrakcji, • temperaturę mięknięcia PiK wg PN-EN 1427 lepiszcza odzyskanego z granulatu w procesie ekstrakcji.	1 raz na każde rozpoczęte 500 ton, ale nie mniej niż 5 próbek
KONTROLNE BADANIA MIESZANKI		
6.	Temperatura składników	Dozór ciągły
7.	Temperatura mieszanki	Każdy samochód przy załadunku mieszanki.
8.	Zawartość asfaltu i uziarnienie mieszanki	Według tabeli 6.1
9.	Wolna przestrzeń w próbkach Marshalla	Według tabeli 6.2
KONTROLNE BADANIA WARSTWY		
10.	Grubość i wskaźnik zagęszczenia warstwy, wolna przestrzeń w warstwie:	1x na 500 m ułożonej warstwy, lecz nie rzadziej niż 1/dzienną działkę roboczą

Tabela 6.5. Dopuszczalne odchyłki jakościowe z **próbek odwierconych z nawierzchni (o średnicy minimalnej 200 mm)** dotyczące pojedynczego wyniku badania i średniej arytmetycznej wyników zawartości składników mieszanki mineralno-asfaltowej względem składu zaprojektowanego [% m/m]

Lp.	Składniki mieszanki mineralno-asfaltowej	Dopuszczalna odchyłka
		% m/m
1	Ziarna przechodzące przez sito o oczkach # (mm) 16,0	$\pm 6,0$
1	Ziarna przechodzące przez sito o oczkach # (mm) 11,2	$\pm 6,0$
2	Ziarna przechodzące przez sito o oczkach # (mm) 8,0	$\pm 6,0$
3	Ziarna przechodzące przez sito o oczkach # (mm) 5,6	$\pm 6,0$
4	Ziarna przechodzące przez sito o oczkach # (mm) 2,0	$\pm 4,5$
5	Ziarna przechodzące przez sito o oczkach # (mm) 0,125	$\pm 4,0$
6	Ziarna przechodzące przez sito o oczkach # (mm) 0,063	$\pm 2,5$
7	Asfalt rozpuszczalny S ^{*)}	-0,3 – +0,30

^{*)} należy porównywać ilość asfaltu rozpuszczalnego S (odzyskanego w wyniku ekstrakcji) z ilością asfaltu rozpuszczalnego S podanego w badaniu typu SMA 16 JENA (patrz p.5.2.1.), natomiast nie należy porównywać asfaltu rozpuszczalnego S (odzyskanego w wyniku ekstrakcji) z asfaltem całkowitym B podanym w badaniu typu!

6.2.4. Badanie właściwości kruszywa

Z częstością podaną w tabeli 6.4. należy kontrolować każdy rodzaj dostarczanego kruszywa grubego, drobnego i wypełniacza. Wszystkie odchyłki od uziarnienia materiałów użytych do opracowania recepty powinny być uwzględnione na bieżąco w dozowaniu wstępnym wytwórni mma.

6.2.5. Pomiar temperatury składników mieszanki

Pomiar polega na odczytaniu temperatury na skali odpowiedniego (wzorcowanego) termometru zamontowanego na otaczarce. Temperatura powinna być zgodna z wymaganiami podanymi w p.5.3

6.2.6. Pomiar temperatury mieszanki

Pomiar temperatury mieszanki powinien być dokonany przy załadunku. Temperatura powinna być zgodna z wymaganiami podanymi w p. 5.3.

6.2.7. Sprawdzenie wyglądu mieszanki

Sprawdzenie wyglądu mieszanki polega na ocenie wizualnej jej wyglądu w czasie produkcji, załadunku, rozładunku i wbudowywania. Jeżeli na budowie wygląd układanej mieszanki wskazuje na segregację, na żądanie Inspektora, w miejscu przez niego wskazanym, Wykonawca pobierze dodatkową próbkę mma do badań kontroli parametrów.

6.2.8. Właściwości mieszanki (wolna przestrzeń w zagęszczonych próbkach)

Zawartość wolnych przestrzeni w próbkach Marshalla należy określać metodą opisaną w normie PN-EN 12697–8. Gęstość mieszanki mineralno-asfaltowej powinna być zbadana według metody opisanej w normie PN-EN 12697–5 metoda A w wodzie.

Gęstość objętościową próbek Marshalla wykonanych z mieszanki **pobranej na Wytwórni w dniu jej wbudowania** należy określać metodą hydrostatyczną według PN-EN 12697–6. Zawartość wolnych przestrzeni nie może różnić się od wielkości zaprojektowanej o więcej niż $\pm 1,0\%$ (v/v). Częstość badania zawartości wolnych przestrzeni w próbkach określa tabela 6.2.

6.3. Ocena zgodności wykonanej warstwy

6.3.1. Częstość oraz zakres badań i pomiarów

Częstość oraz zakres badań i pomiarów podano w tabeli 6.6.

Tabela 6.6. Częstość oraz zakres badań i pomiarów wykonanej nawierzchni

Lp.	Badana właściwość	Minimalna częstość badań
1	Szerokość warstwy	pomiar wykonać co 100 m
2	Równość podłużna warstwy	na każdym pasie ruchu pomiar profilografem (<i>wskaźniki IRI</i>)
3	Równość poprzeczna warstwy	co 20 m a liczba pomiarów nie mniejsza niż 20
4	Spadki poprzeczne warstwy *)	10 razy na odcinku drogi o długości 1 km
5	Rzędne wysokościowe warstwy	co 20 m na prostych i co 10 m na łukach, na osi i krawędziach jezdni
6	Ukształtowanie osi w planie	
7	Spoiny poprzeczne i podłużne, połączenia	cała długość spoiny i połączenia
8	Krawędź, obramowanie warstwy	cała długość
9	Wygląd warstwy	ocena ciągła
10	Właściwości przeciwpoślizgowe	Pomiar ciągły lub punktowy co 250 m na każdym pasie ruchu**)

UWAGI:

*) Dodatkowe pomiary spadków poprzecznych i ukształtowania osi w planie należy wykonać w punktach głównych łuków poziomych.

**) Gdy nie jest możliwe wykonanie badań współczynnika tarcia przy zablokowanym kole pomiarowym, należy wykonać pomiar punktowy głębokości tekstury piaskiem kalibrowanym, lub równorzędną metodą – pomiar właściwości przeciwpoślizgowych dotyczy wyłącznie dróg klasy G lub wyższej.

6.3.2. Szerokość warstwy

Szerokość wykonanej warstwy powinna być nie mniejsza od szerokości zaprojektowanej i nie większa od niej o 5 cm.

6.3.3. Równość podłużna

Do odbioru, pomiar równości podłużnej należy stosować pomiar planografem lub metodą IRI.

Pomiar IRI

Do profilometrycznych pomiarów równości podłużnej nawierzchni dróg klasy G, lub wyższej, powinien być wykorzystywany sprzęt umożliwiający

rejestrację, z dokładnością 1,0 mm, profilu podłużnego o charakterystycznych długościach nierówności mieszczących się w przedziale od 0,5 m do 50 m. wartości IRI oblicza się nie rzadziej niż co 50 m. Długość ocenianego odcinka nawierzchni nie powinna być większa niż 1000 m. Odcinek końcowy o długości mniejszej niż 500 m należy oceniać łącznie z odcinkiem poprzedzającym.

Wymagana równość podłużna jest określona przez wartości wskaźnika, których nie można przekroczyć na 50%, 80% i 100% długości badanego odcinka nawierzchni. Wartości wskaźnika, wyrażone w mm/m określa tabela 6.7.

Do oceny równości odcinka nawierzchni ustala się minimalną liczbę wskaźników IRI równą 5. W przypadku odbioru robót na krótkich odcinkach nawierzchni, których całkowita długość jest mniejsza niż 250 m, dopuszcza się wyznaczanie wskaźników IRI z krokiem mniejszym niż 50 m, przy czym należy ustalać maksymalną możliwą długość kroku pomiarowego, z uwzględnieniem minimalnej wymaganej liczby wskaźników IRI równej 5.

Wymagana równość podłużna jest określona przez dopuszczalną wartość średnią wyników pomiaru $IRI_{\text{śr}}$ oraz dopuszczalną wartość maksymalną pojedynczego pomiaru IRI_{max} , których nie można przekroczyć na długości ocenianego odcinka nawierzchni.

Tabela 6.7. Wymagania wobec równości podłużnej - w ciągu drogi wg Rozporządzenia

Droga	Element nawierzchni	Dopuszczalne odbiorcze wartości wskaźników dla zadanego zakresu długości odcinka drogi [mm/m]	
		$IRI_{\text{śr}}^*$	IRI_{max}
w ciągu drogi klasy GP	pasy ruchu zasadnicze	$\leq 1,3$	$\leq 2,4$
w ciągu drogi klasy G	pasy ruchu zasadnicze	$\leq 1,7$	$\leq 3,4$
*przypadku: – odbioru odcinków warstwy nawierzchni o całkowitej długości mniejszej niż 500 m, – odbioru robót polegających na ułożeniu na istniejącej nawierzchni jedynie warstwy ścieralnej (niezależnie od długości odcinka robót), dopuszczalną wartość $IRI_{\text{śr}}$ wg tabeli należy zwiększyć o 0,2 mm/m			

Pomiar planografem

Do oceny równości podłużnej:

- 1) warstwy ścieralnej nawierzchni dróg klasy Z, L, D oraz placów i parkingów,
 - 2) warstw wiążącej i podbudowy nawierzchni dróg wszystkich klas
- należy stosować metodę pomiaru ciągłego równoważną użyciu łąty i klina z wykorzystaniem planografu, umożliwiającego wyznaczanie odchyień równości podłużnej jako największej odległości (prześwitu) pomiędzy teoretyczną linią łączącą spody kółek jezdnych urządzenia a mierzoną powierzchnią warstwy [mm]. W miejscach niedostępnych dla planografu pomiar równości podłużnej warstw nawierzchni należy wykonać w sposób ciągły z użyciem łąty i klina. Wartości dopuszczalne odchyień równości podłużnej przy odbiorze warstwy planografem (łątą i klinem) określa tabela 6.8.

Tabela 6.8. Wymagania wobec równości podłużnej wyrażone w mm

Klasa drogi	Element nawierzchni	Dopuszczalne odbiorcze wartości odchyień równości podłużnej warstwy [mm]		
		ścieralna	wiążąca	podbudowa
GP	Pasy ruchu zasadnicze	–	6	9
G, Z	Pasy ruchu zasadnicze	6 dla klasy Z	9	12
L, D, place, parkingi	Wszystkie pasy ruchu	9	12	15

6.3.4. Równość poprzeczna

Do oceny równości poprzecznej warstw nawierzchni dróg wszystkich klas oraz placów i parkingów należy stosować metodę pomiaru profilometrycznego równoważną użyciu łąty i klina, umożliwiającą wyznaczenie odchylenia równości w przekroju poprzecznym pasa ruchu/elementu drogi. Odchylenie to jest obliczane jako największa odległość (prześwit) pomiędzy teoretyczną łątą (o długości 2 m) a zarejestrowanym profilem poprzecznym warstwy. Efektywna szerokość pomiarowa jest równa szerokości mierzonego pasa ruchu (elementu nawierzchni) z tolerancją $\pm 15\%$. Wartość odchylenia równości poprzecznej należy wyznaczać z krokiem co 1 m.

W miejscach niedostępnych dla profilografu pomiar równości poprzecznej warstw nawierzchni należy wykonać z użyciem łaty i klina. Długość łaty w pomiarze równości poprzecznej powinna wynosić 2 m. Pomiar powinien być wykonywany nie rzadziej niż co 5 m.

Wartości dopuszczalne odchyłeń równości poprzecznej przy odbiorze warstwy określa tabela 6.9.

Tabela 6.9. Dopuszczalne odchylenia równości poprzecznej, wyrażone w mm

Klasa drogi	Element nawierzchni	Dopuszczalne odbiorcze wartości odchyłeń równości poprzecznej warstwy [mm]		
		ścieralna	wiążąca	podbudowa
A, S, GP	Pasy ruchu zasadnicze, awaryjne, dodatkowe, włączenia i wyłączenia, jezdnie łącznicze	4	6	9
	Jezdnie MOP, utwardzone pobocza	6	9	12
G, Z	Pasy ruchu zasadnicze, awaryjne, dodatkowe, włączenia i wyłączenia, postojowe, jezdnie łącznicze	6	9	12
	Utwardzine pobocza	6	12	15
L, D, place, parkingi	Wszystkie pasy ruchu i powierzchnie przeznaczone do ruchu i postoju pojazdów	9	12	15

6.3.5. Spadki poprzeczne nawierzchni

Spadki poprzeczne warstwy na prostych i na łukach powinny być zgodne z Dokumentacją Projektową z tolerancją $\pm 0,5\%$.

6.3.6. Rzędne wysokościowe warstwy

Rzędne wysokościowe warstwy powinny być zgodne z Dokumentacją Projektową z tolerancją ± 1 cm.

Wymaga się aby 95% zmierzonych rzędnych warstwy nie przekraczało dopuszczalnych odchyłeń.

6.3.7. Ukształtowanie osi w planie

Oś warstwy w planie powinna być usytuowana zgodnie z Dokumentacją Projektową z tolerancją 5 cm.

6.3.8. Grubość warstwy

Grubość rzeczywista ułożonej warstwy po zagęszczeniu powinna mieścić się z tolerancją $\pm 10\%$ w stosunku do grubości zaprojektowanej.

6.3.9. Spoiny technologiczne podłużne i poprzeczne, połączenia

Sprawdzenie prawidłowości wykonania spoin technologicznych podłużnych i poprzecznych oraz połączeń - złącza powinny być równe i związane bez widocznych nieciągłości i pęknięć

6.3.10. Krawędź, obramowanie warstwy

Warstwa przy opornikach drogowych i urządzeniach w jezdni powinna wystawać od 3 mm do 5 mm ponad ich powierzchnię. Warstwa nieobramowana powinna być wyprofilowana i w miejscach, gdzie zaszła konieczność obcięcia, pokryta asfaltem podobnego rodzaju jak użyty do wykonania warstwy, albo pokryta asfaltową zalewą drogową. Grubość warstwy pokrycia powinna być zgodna z wymaganiami

6.3.11. Wygląd warstwy

Wygląd warstwy powinien mieć jednolitą teksturę, bez miejsc przeasfaltowanych, porowatych, łuszczących się i spękań.

6.3.12 Zagęszczenie warstwy i wolna przestrzeń w warstwie

Zagęszczenie i wolna przestrzeń w warstwie powinny być zgodne z wymaganiami ustalonymi w p. 6 i 7 tabeli 5.2. Za podstawę do obliczeń należy przyjmując gęstość i gęstość objętościową mieszanki **pobranej w dniu jej wbudowywania** na Wytwórni. **Nie dopuszcza się stosowania do obliczeń wskaźnika zagęszczenia gęstości objętościowej ze składu wejściowego lub wyjściowego (z recepty).**

6.3.13. Właściwości przeciwoślizgowe (dotyczy wyłącznie warstwy ścieralnej)

Na drogach klasy niższej niż główna (G) nie stosuje się pomiarów właściwości przeciwoślizgowych.

Na warstwach ścieralnych nawierzchni dróg klasy G, lub wyższej, w tym wykonanych z mieszanki SMA 16 JENA właściwości przeciwoślizgowe powinny być sprawdzane zgodnie z Rozporządzeniem MTiGM z dnia 2 marca 1999 r. (Dz.U. 1999 nr 43 poz. 430) znowelizowanego w 2016 r. (Dz.U. z 2016 r., poz. 124).

Tabela 6.10. Wymagane minimalne wartości miarodajne współczynnika tarcia wg Rozporządzenia MI z 2016 r. (Dz.U. z 2016 r., poz. 124).

Klasa drogi	Element nawierzchni	Minimalna wartość miarodajnego współczynnika tarcia przy prędkości zablokowanej opony względem nawierzchni		
		30 km/h	60 km/h	90 km/h
GP, G	Pasy ruchu, pasy dodatkowe, jezdnie łącznic, utwardzone pobocza	0,51**	0,41	—

**** wartość wymagań dla odcinków nawierzchni, na których nie można wykonać pomiarów z prędkością 60 km/h**

7. OBMIAR ROBÓT

7.1. Ogólne zasady obmiaru robót

Obmiar robót będzie określać faktyczny zakres wykonywanych robót zgodnie z dokumentacją projektową i SST, w jednostkach ustalonych w kosztorysie. Obmiaru robót dokonuje Wykonawca po pisemnym powiadomieniu Inspektora Nadzoru o zakresie obmierzanych robót i terminie obmiaru, co najmniej na 3 dni przed tym terminem.

Wyniki obmiaru będą wpisane do książki obmiarów.

Jakikolwiek błąd lub przeoczenie (opuszczenie) w ilościach podanych w ślepych kosztorysie lub gdzie indziej w SST nie zwalnia Wykonawcy od obowiązku ukończenia wszystkich robót. Błędne dane zostaną poprawione wg instrukcji Inspektora Nadzoru na piśmie.

Obmiar gotowych robót będzie przeprowadzony z częstością wymaganą do celu miesięcznej płatności na rzecz Wykonawcy lub w innym czasie określonym w umowie lub oczekiwanym przez Wykonawcę i Inspektora Nadzoru.

7.1.1. Zasady określania ilości robót i materiałów

Długości i odległości pomiędzy wyszczególnionymi punktami skrajnymi będą obmierzone poziomo wzdłuż linii osiowej.

Jeśli WST właściwe do danych robót nie wymagają tego inaczej, objętości będą wyliczone w m³ jako długość pomnożona przez średni przekrój.

Ilości, które mają być obmierzone wagowo, będą ważone w tonach lub kilogramach zgodnie z wymaganiami SST.

7.1.2. Urządzenia i sprzęt pomiarowy

Wszystkie urządzenia i sprzęt pomiarowy, stosowany w czasie obmiaru robót będą zaakceptowane przez Inspektora Nadzoru.

Urządzenia i sprzęt pomiarowy zostaną dostarczone przez Wykonawcę. Jeżeli urządzenia te lub sprzęt wymagają badań atestujących to Wykonawca będzie posiadać ważne świadectwa legalizacji i udostępni je Inspektorowi Nadzoru do wglądu

Wszystkie urządzenia pomiarowe będą przez Wykonawcę utrzymywane w dobrym stanie, w całym okresie trwania robót.

7.1.3. Wagi i zasady ważenia

Wykonawca dostarczy i zainstaluje urządzenia wagowe odpowiadające odnośnym wymaganiom WST. Będzie utrzymywać to wyposażenie zapewniając w sposób ciągły zachowanie dokładności wg norm zatwierdzonych przez Inspektora Nadzoru.

7.1.4. Czas przeprowadzenia obmiaru

Obmiary będą przeprowadzone przed częściowym lub ostatecznym odbiorem odcinków robót, a także w przypadku występowania dłuższej przerwy w robotach.

Obmiar robót zanikających przeprowadza się w czasie ich wykonywania.

Obmiar robót podlegających zakryciu przeprowadza się przed ich zakryciem.

Roboty pomiarowe do obmiaru oraz nieodzowne obliczenia będą wykonane w sposób zrozumiały i jednoznaczny.

Wymiary skomplikowanych powierzchni lub objętości będą uzupełnione odpowiednimi szkicami umieszczonymi na karcie książki obmiarów. W razie braku miejsca szkice mogą być dołączone w formie oddzielnego załącznika do książki obmiarów, którego wzór zostanie uzgodniony z Inspektorem Nadzoru.

7.2. Jednostka obmiarowa

Jednostką obmiarową jest 1 m^2 (metr kwadratowy) wykonanej warstwy o grubości określonej w punkcie 1.1.

8. ODBIÓR ROBÓT

8.1. Rodzaje odbiorów robót

W zależności od ustaleń odpowiednich WST, roboty podlegają następującym etapom odbioru:

- odbiorowi robót zanikających i ulegających zakryciu,
- odbiorowi częściowemu,
- odbiorowi ostatecznemu,
- odbiorowi gwarancyjnemu.

8.2. Odbiór robót zanikających i ulegających zakryciu

Odbiór robót zanikających i ulegających zakryciu polega na finalnej ocenie ilości i jakości wykonywanych robót, które w dalszym procesie realizacji ulegną zakryciu.

Odbiór robót zanikających i ulegających zakryciu będzie dokonany w czasie umożliwiającym wykonanie ewentualnych korekt i poprawek bez hamowania ogólnego postępu robót.

Odbioru robót dokonuje Inspektor Nadzoru.

Gotowość danej części robót do odbioru zgłasza Wykonawca wpisem do dziennika budowy i jednoczesnym powiadomieniem Inspektora Nadzoru. Odbiór będzie przeprowadzony niezwłocznie, nie później jednak niż w ciągu 3 dni od daty zgłoszenia wpisem do dziennika budowy i powiadomienia o tym fakcie Inspektora Nadzoru.

Jakość i ilość robót ulegających zakryciu ocenia Inspektor Nadzoru na podstawie dokumentów zawierających komplet wyników badań laboratoryjnych i w oparciu o przeprowadzone pomiary, w konfrontacji z dokumentacją projektową, SST i uprzednimi ustaleniami.

8.3. Odbiór częściowy

Odbiór częściowy polega na ocenie ilości i jakości wykonanych części robót. Odbioru częściowego robót dokonuje się wg zasad jak przy odbiorze ostatecznym robót. Odbioru robót dokonuje Inspektor Nadzoru.

8.4. Odbiór ostateczny robót

8.4.1. Zasady odbioru ostatecznego robót

Odbiór ostateczny polega na finalnej ocenie rzeczywistego wykonania robót w odniesieniu do ich ilości, jakości i wartości.

Całkowite zakończenie robót oraz gotowość do odbioru ostatecznego będzie stwierdzona przez Wykonawcę wpisem do dziennika budowy z bezzwłocznym powiadomieniem na piśmie o tym fakcie Inspektora Nadzoru.

Odbiór ostateczny robót nastąpi w terminie ustalonym w dokumentach umowy, licząc od dnia potwierdzenia przez Inspektora Nadzoru zakończenia robót i przyjęcia dokumentów, o których mowa w punkcie 8.4.2.

Odbioru ostatecznego robót dokona komisja wyznaczona przez Zamawiającego w obecności Inspektora Nadzoru i Wykonawcy. Komisja odbierająca roboty dokona ich oceny jakościowej na podstawie przedłożonych dokumentów, wyników badań i pomiarów, oceny wizualnej oraz zgodności wykonania robót z dokumentacją projektową i SST.

W przypadku niedotrzymania przez Wykonawcę wartości granicznej:

- grubości warstwy,
- ilości zużytego materiału,
- składu mieszanki mineralnej,
- zawartości lepiszcza,
- wskaźnika zagęszczenia,
- równości,

to musi on usunąć wady.

Jeżeli wada wynikająca z przekroczenia wartości granicznej pojawi się przed terminem przedawnienia gwarancji lub rękojmi, to zleceniodawca zażąda usunięcia tej wady.

W toku odbioru ostatecznego robót komisja zapozna się z realizacją ustaleń przyjętych w trakcie odbiorów robót zanikających i ulegających zakryciu, zwłaszcza w zakresie wykonania robót uzupełniających i robót poprawkowych.

W przypadkach niewykonania wyznaczonych robót poprawkowych lub robót uzupełniających w warstwie ścieralnej lub robotach wykończeniowych, komisja przerwie swoje czynności i ustali nowy termin odbioru ostatecznego.

8.4.2. Dokumenty do odbioru ostatecznego

Podstawowym dokumentem do dokonania odbioru ostatecznego robót, w skład których wchodzi również warstwa z SMA 16 JENA, jest protokół odbioru ostatecznego całości robót, objętych kontraktem, sporządzony wg wzoru ustalonego przez Zamawiającego.

Do odbioru ostatecznego Wykonawca jest zobowiązany przygotować następujące dokumenty:

dokumentację projektową podstawową z naniesionymi zmianami oraz dodatkową, jeśli została sporządzona w trakcie realizacji umowy,

- szczegółowe specyfikacje techniczne (podstawowe z dokumentów umowy i ew. uzupełniające lub zamiennie),
- recepty i ustalenia technologiczne,
- dzienniki budowy i książki obmiarów (oryginały),
- wyniki pomiarów kontrolnych oraz badań i oznaczeń laboratoryjnych, zgodne z SST i ew. PZJ,
- rozliczenie materiałów - komplet listów przewozowych dokumentujących dostarczenie wszystkich materiałów składowych SMA 16 JENA zgodnych z wymaganiami WST, w ilości zgodnej z obmiarem i receptą oraz dostarczonych w rzeczywiste miejsca zastosowania (miejsce budowy lub wskazana wytwórnia/wytwórnie mma),
- deklaracje zgodności lub certyfikaty zgodności wbudowanych materiałów zgodnie z SST i ew. PZJ, oryginały lub potwierdzone za zgodność kopie dowodów dostaw asfaltów,
- opinię technologiczną sporządzoną na podstawie wszystkich wyników badań i pomiarów załączonych do dokumentów odbioru, wykonanych zgodnie z SST i PZJ,
- rysunki (dokumentacje) na wykonanie robót towarzyszących (np. na przełożenie linii telefonicznej, energetycznej, gazowej, oświetlenia itp.) oraz protokoły odbioru i przekazania tych robót właścicielom urządzeń,
- geodezyjną inwentaryzację powykonawczą robót i sieci uzbrojenia terenu,

- kopię mapy zasadniczej powstałej w wyniku geodezyjnej inwentaryzacji powykonawczej.

W przypadku, gdy wg komisji, roboty pod względem przygotowania dokumentacyjnego nie będą gotowe do odbioru ostatecznego, komisja w porozumieniu z Wykonawcą wyznaczy ponowny termin odbioru ostatecznego robót.

Wszystkie zarządzone przez komisję roboty poprawkowe lub uzupełniające będą zestawione wg wzoru ustalonego przez Zamawiającego.

Termin wykonania robót poprawkowych i robót uzupełniających wyznaczy komisja.

8.5. Odbiór gwarancyjny

Odbiór gwarancyjny polega na ocenie wykonanych robót związanych z usunięciem wad stwierdzonych przy odbiorze ostatecznym i zaistniałych w okresie gwarancyjnym.

Odbiór gwarancyjny będzie dokonany na podstawie oceny wizualnej obiektu z uwzględnieniem zasad opisanych w punkcie 8.4 „Odbiór ostateczny robót”.

9. PODSTAWA PŁATNOŚCI

9.1. Ustalenia ogólne

Podstawą płatności jest cena jednostkowa skalkulowana przez Wykonawcę za jednostkę obmiarową ustaloną dla danej pozycji kosztorysu.

Dla pozycji kosztorysowych wycenionych ryczałtowo podstawą płatności jest wartość (kwota) podana przez Wykonawcę w danej pozycji kosztorysu.

Cena jednostkowa lub kwota ryczałtowa pozycji kosztorysowej będzie uwzględniać wszystkie czynności, wymagania i badania składające się na jej wykonanie, określone dla tej roboty w SST i w dokumentacji projektowej.

Ceny jednostkowe lub kwoty ryczałtowe robót będą obejmować:

- robocizną bezpośrednią wraz z towarzyszącymi kosztami,
- wartość zużytych materiałów wraz z kosztami zakupu, magazynowania, ewentualnych ubytków i transportu na teren budowy,
- wartość pracy sprzętu wraz z towarzyszącymi kosztami,
- koszty pośrednie, zysk kalkulacyjny i ryzyko,
- podatki obliczone zgodnie z obowiązującymi przepisami.

Do cen jednostkowych nie należy wliczać podatku VAT.

9.2. Warunki umowy i wymagania ogólne

Koszt dostosowania się do wymagań warunków umowy i wymagań ogólnych obejmuje wszystkie warunki określone w ww. dokumentach, a nie wyszczególnione w kosztorysie.

9.3. Objazdy, przejazdy i organizacja ruchu

Koszt wybudowania objazdów/przejazdów i organizacji ruchu obejmuje:

- opracowanie oraz uzgodnienie z Inspektorem Nadzoru i odpowiednimi instytucjami projektu organizacji ruchu na czas trwania budowy, wraz z dostarczeniem kopii projektu Inspektorowi Nadzoru i wprowadzaniem dalszych zmian i uzgodnień wynikających z postępu robót,
- ustawienie tymczasowego oznakowania i oświetlenia zgodnie z wymaganiami bezpieczeństwa ruchu,
- opłaty/dzierżawy terenu,
- przygotowanie terenu,
- konstrukcję tymczasowej nawierzchni, ramp, chodników, krawężników, barier, oznakowania i drenażu,
- tymczasową przebudowę urządzeń obcych.

Koszt utrzymania objazdów/przejazdów i organizacji ruchu obejmuje:

- oczyszczanie, przestawienie, przykrycie i usunięcie tymczasowego oznakowania pionowego, poziomego, barier i świateł,
- utrzymanie nawierzchni tymczasowych jezdni i chodników,
- utrzymanie płynności ruchu publicznego.

Koszt likwidacji objazdów/przejazdów i organizacji ruchu obejmuje:

- usunięcie wbudowanych materiałów i oznakowania,
- doprowadzenie terenu do stanu pierwotnego.

9.4. Cena jednostkowa jednostki obmiarowej

Cena jednostkowa wykonania 1 m² warstwy ścieralnej z SMA 16 JENA zawiera:

- prace pomiarowe,
- roboty przygotowawcze,
- oznakowanie robót,
- zakup i transport materiałów,
- opracowanie recepty laboratoryjnej mieszanki mineralno-asfaltowej i ew. jej walidację na wytwórni,
- wykonanie próby technologicznej i odcinka próbnego,
- wyprodukowanie mieszanki mineralno-asfaltowej i jej transport na miejsce wbudowania,
- rozłożenie i zagęszczenie mieszanki mineralno-asfaltowej,

- zagęszczenie bocznych płaszczyzn warstwy i od strony wyżej położonej krawędzi nawierzchni, która jest bardziej narażona na działanie napływającej wody, posmarowanie jej asfaltem,
- spoiny technologiczne, połączenia z innymi elementami drogi (np. krawędziami urządzeń obcych, krawężnikami itd.),
- przeprowadzenie pomiarów i badań laboratoryjnych dostarczanych materiałów, mieszanek mineralno-asfaltowych i zagęszczonej warstwy, wymaganych w niniejszych WST.

10. PRZEPISY ZWIĄZANE

10.1. Normy

PN-EN 12697-1	Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 1: Zawartość lepiszcza rozpuszczalnego
PN-EN 12697-2	Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 1: Oznaczanie składu ziarnowego
PN-EN 12697-11	Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badania mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 11: Określanie powiązania pomiędzy kruszywem i asfaltem
PN-EN 12697-12	Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badania mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 12: Określanie wrażliwości próbek asfaltowych na wodę
PN-EN 12697-13	Mieszanki asfaltowe. Metody badania mieszanek mineralno-bitumicznych na gorąco. Część 13: Pomiar temperatury
PN-EN 12697-14	Mieszanki asfaltowe. Metody badania mieszanek mineralno-bitumicznych na gorąco. Część 14: Zawartość wody
PN-EN 12697-18	Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 18: Spływność lepiszcza
PN-EN 12697-22	Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badania mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 22: Koleinowanie
PN-EN 12697-23	Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badania mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 23: Określanie pośredniej wytrzymałości na rozciąganie próbek asfaltowych

- PN-EN 12697-27 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 27: Pobieranie próbek
- PN-EN 12697-28 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 28: Przygotowanie próbek do oznaczania zawartości lepiszcza, zawartości wody i uziarnienia
- PN-EN 12697-29 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metoda badania mieszanek mineralno-asfaltowych stosowanych na gorąco. Część 29: Oznaczenie wymiarów próbki z mieszanki mineralno-asfaltowej
- PN-EN 12697-30 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 30: Przygotowanie próbek zagęszczonych przez ubijanie
- PN-EN 12697-35 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 35: Mieszanie laboratoryjne
- PN-EN 12697-36 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 36: Oznaczanie grubości nawierzchni asfaltowych
- PN-EN 12697-5 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 5: Oznaczanie gęstości
- PN-EN 12697-6 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 6: Oznaczanie gęstości objętościowej próbek mieszanki mineralno-asfaltowej
- PN-EN 12697-8 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 8: Oznaczanie zawartości wolnej przestrzeni
- PN-EN 13108-5 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Wymagania. Część 1: Mieszanka SMA
- PN-EN 13108-20 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Wymagania. Część 20: Badanie typu
- PN-EN 13108-21 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Wymagania. Część 21: Zakładowa Kontrola Produkcji
- PN-EN 14023 Asfalty i lepiszcza asfaltowe. Zasady specyfikacji dla asfaltów modyfikowanych polimerami

PN-EN 13043	Kruszywo do mieszanek mineralno-asfaltowych i powierzchniowych utrwaleń na drogach, lotniskach i innych powierzchniach przeznaczonych do ruchu.
PN-EN 1097-2	Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw. Metody oznaczania odporności na rozdrabianie
PN-EN 1097-3	Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw. Oznaczanie gęstości nasypowej i jamistości
PN-EN 1097-4	Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw. Część 4: Oznaczanie pustych przestrzeni suchego, zagęszczonego wypełniacza
PN-EN 1097-5	Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw. Część 5: Oznaczanie zawartości wody przez suszenie w suszarce z wentylacją
PN-EN 1097-6	Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw. Część 6: Oznaczanie gęstości ziaren i nasiąkliwości
PN-EN 1097-7	Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw. Część 7: Oznaczanie gęstości wypełniacza. Metoda piknometryczna
PN-EN 1097-8	Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw. Część 8: Oznaczanie polerowalności kamienia
PN-EN 1367-1	Badania właściwości cieplnych i odporności kruszyw na działanie czynników atmosferycznych. Część 1: Oznaczanie mrozoodporności
PN-EN 1367-3	Badania właściwości cieplnych i odporności kruszyw na działanie czynników atmosferycznych. Część 3: Badanie bazaltowej zgorzeli słonecznej metodą gotowania
PN-EN 1367-5	Badania właściwości cieplnych i odporności kruszyw na działanie czynników atmosferycznych. Część 5: Oznaczanie odporności na szok termiczny
PN-EN 1367-6	Badania właściwości cieplnych i odporności kruszyw na działanie czynników atmosferycznych. Część 6: Mrozoodporność w obecności soli
PN-EN 932-1	Badania podstawowych właściwości kruszyw. Metody pobierania próbek
PN-EN 932-2	Badania podstawowych właściwości kruszyw. Metody pomniejszania próbek laboratoryjnych
PN-EN 932-3	Badania podstawowych właściwości kruszyw. Procedura i terminologia uproszczonego opisu petrograficznego

PN-EN 932-5	Badania podstawowych właściwości kruszyw. Część 5: Wyposażenie podstawowe i wzorcowanie
PN-EN 932-6	Badania podstawowych właściwości kruszyw. Część 6: Definicje powtarzalności i odtwarzalności
PN-EN 933-1	Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Oznaczanie składu ziarnowego. Metoda przesiewania
PN-EN 933-10	Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Część 10: Ocena zawartości drobnych cząstek. Uziarnienie wypełniaczy (przesiewanie w strumieniu powietrza)
PN-EN 933-2	Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Oznaczanie składu ziarnowego. Nominalne wymiary otworów sit badawczych
PN-EN 933-3	Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Oznaczanie kształtu ziaren za pomocą wskaźnika płaskości
PN-EN 933-4	Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Część 4: Oznaczanie kształtu ziaren. Wskaźnik kształtu
PN-EN 933-5	Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Oznaczanie procentowej zawartości ziaren o powierzchniach powstałych w wyniku przekruszenia lub łamania kruszyw grubych
PN-EN 933-6	Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Część 6: Ocena właściwości powierzchni. Wskaźnik przepływu kruszyw
PN-EN 933-9	Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Ocena zawartości drobnych cząstek. Badanie błękitem metylenowym
PN-EN 12591	Asfalty i produkty asfaltowe – Wymagania dla asfaltów drogowych
PN-EN ISO 13473-1	Charakterystyka struktury nawierzchni przy użyciu profilu powierzchniowych – Część 1: Określenie średniej głębokości profilu
PN-EN ISO 4259	Przetwory naftowe. Wyznaczanie i stosowanie precyzji metod badania
PN-EN 13036-7	Drogi samochodowe i lotniskowe – Metody badań – Część 7: Pomiar nierówności nawierzchni; badanie liniałem mierniczym.
PN-EN 13036-1	Cechy powierzchniowe nawierzchni drogowych i lotniskowych – Metody badań – Część 1: Pomiar głębokości makrotekstury metodą objętościową,

10.2 Inne dokumenty

Rozporządzenie MTiGM z dnia 2. marca 1999 r. (Dz. U. Nr 43, poz. 430) w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie, znowelizowane w 2016 r. (Dz.U. z 2016 r., poz. 124).

WT-2 2014 – część I. NAWIERZCHNIE ASFALTOWE NA DROGACH KRAJOWYCH Mieszanki mineralno-asfaltowe. Wymagania techniczne. GDDKiA 2014

WT-2 2016 – część II. NAWIERZCHNIE ASFALTOWE NA DROGACH KRAJOWYCH. Wykonanie warstw nawierzchni asfaltowych. Wymagania Techniczne. GDDKiA 2016

ROZPORZĄDZENIE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY (UE) NR 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r. ustanawiające zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylające dyrektywę Rady 89/106/EWG (opubl. 4.4.2011 w Dzienniku Urzędowym Unii Europejskiej L 88/5).