



POLITECHNIKA GDAŃSKA
Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska
Katedra Inżynierii Drogowej

ul. G. Narutowicza 11
80-233 GDAŃSK

Tel: (0-58) 347 13 47
Fax: (0-58) 347 10 97

**BADANIA MIESZANEK MINERALNO-ASFALTOWYCH O
OBNIŻONEJ TEMPERATURZE OTACZANIA**

RAPORT Z PIERWSZEGO ETAPU BADAŃ

Opracowano na zlecenie:
Generalna Dyrekcja Dróg
Krajowych i Autostrad
ul. Żelazna 59
00-848 WARSZAWA

Opracowali:

Prof. dr hab. inż. Józef Judycki – autor kierujący

Mgr inż. Marcin Stienss

Kierownik Katedry Inżynierii Drogowej - Prof. dr hab. inż. Józef Judycki

Gdańsk, listopad 2009

BADANIA MIESZANEK MINERALNO-ASFALTOWYCH O OBNIŻONEJ TEMPERATURZE OTACZANIA – I ETAP

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP	3
1.1. PODSTAWA OPRACOWANIA	3
1.2. CEL I ZAKRES.....	3
1.3. OPIS PROBLEMU	4
2. PRZEGLĄD LITERATURY	5
2.1. KORZYŚCI WYNIKAJĄCE Z OBNIŻENIA TEMPERATURY PRODUKCJI MIESZANEK MINERALNO-ASFALTOWYCH	5
2.2. SPOSOBY OBNIŻENIA TEMPERATURY PRODUKCJI MIESZANEK MINERALNO-ASFALTOWYCH.....	6
2.3. PRZEGLĄD ŚRODKÓW DO OBNIŻANIA TEMPERATURY PRODUKCJI M.M.A.	8
2.3.1. Sasobit	8
2.3.2. Asphaltan-B	10
2.3.3. Licomont BS 100.....	10
2.3.4. Rediset WMX	11
2.3.5. Ceca BASE RT	12
2.3.6. Zeolit	13
2.3.7. Colas 3E LT	15
2.4. PRZEGLĄD WYBRANYCH TECHNOLOGII PRODUKCJI MIESZANEK TYPU WMA W TECHNOLOGII SPIENIANIA ASFALTU	15
2.4.1. Shell WAM-Foam.....	15
2.4.2. Astec Double Barrel Green	17
2.4.3. Evotherm.....	19
2.4.4. LEA – Low Energy Asphalt	20
2.4.5. Pozostałe technologie.....	21
3. ZGROMADZENIE MATERIAŁÓW DO BADAŃ – DODATKI, LEPISZCZA I KRUSZYWA	21
3.1. DODATKI OBNIŻAJĄCE TEMPERATURĘ PRODUKCJI M.M.A.....	21
3.2. LEPISZCZA.....	21
3.3. KRUSZYWA.....	22
LITERATURA.....	23

BADANIA MIESZANEK MINERALNO-ASFALTOWYCH O OBNIŻONEJ TEMPERATURZE OTACZANIA – I ETAP

1. Wstęp

1.1. Podstawa opracowania

Opracowanie wykonano na zlecenie Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad w Warszawie (GDDKiA w Warszawie) w ramach umowy dotyczącej badań mieszanek mineralno-asfaltowych (m.m.a.) o obniżonej temperaturze otaczania.

1.2. Cel i zakres

Celem pracy jest wytypowanie środków do obniżania temperatury m.m.a. i wykonanie badań ich wpływu na obniżanie temperatury produkcji i wbudowywania oraz na cechy asfaltu i betonu asfaltowego, a zwłaszcza określenie, czy nie mają one negatywnego wpływu na cechy betonu asfaltowego i zachowanie się warstw z nich wykonanych w trakcie eksploatacji nawierzchni. Przeprowadzenie badań laboratoryjnych i terenowych ma pozwolić na sformułowanie wytycznych i wymagań dotyczących stosowania środków obniżających temperaturę produkcji i wbudowywania m.m.a. w warunkach polskich.

W zakres pracy wchodzi:

I Etap (zakres na rok 2009)

- Przegląd literatury, przepisów i wytycznych dotyczących technologii obniżania temperatury produkcji mieszanek m.m.a.
- Analiza dostępności środków od obniżania temperatury produkcji m.m.a.
- Sprowadzenie wybranych środków
- Zgromadzenie materiałów do badań – lepiszcza i kruszywa

II Etap (zakres na rok 2010)

- Badania laboratoryjne asfaltów z dodatkiem środków obniżających temperaturę produkcji m.m.a.
- Badania laboratoryjne mieszanek mineralno-asfaltowych wytworzonych w laboratorium z asfaltami z dodatkiem środków obniżających temperaturę.

III Etap (zakres na rok 2011)

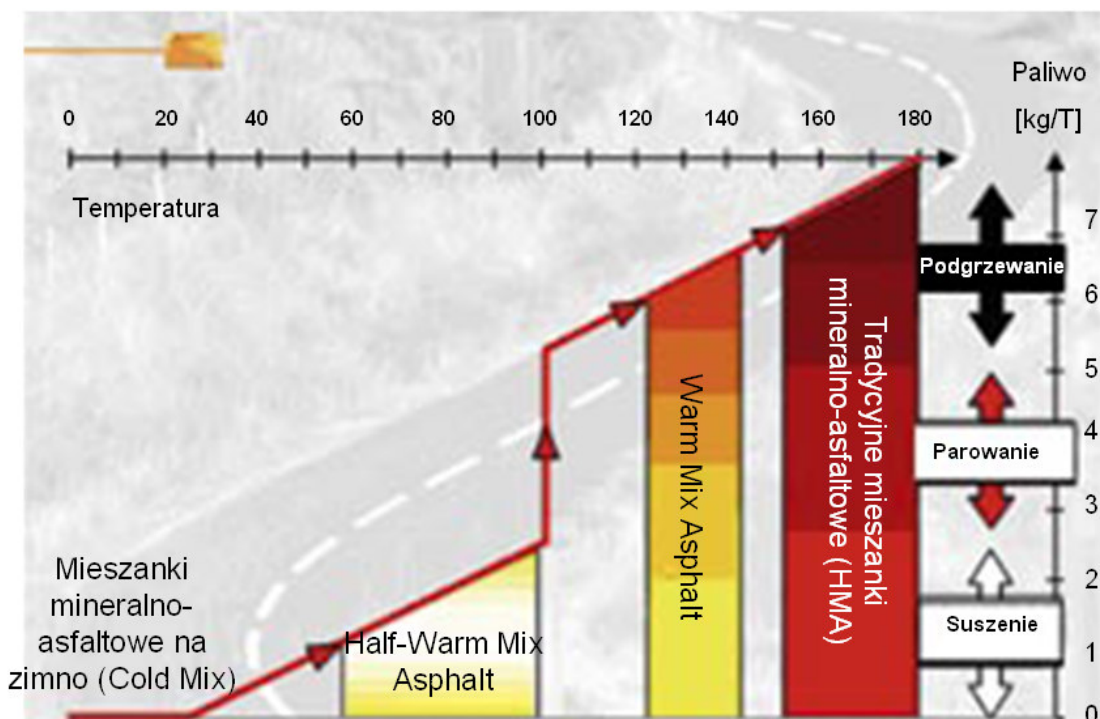
- Kontynuacja badań laboratoryjnych z etapu II.
- Badania laboratoryjne mieszanek mineralno-asfaltowych wytworzonych w wytwórni z asfaltami z dodatkiem środków obniżających temperaturę.
- Wykonanie odcinków doświadczalnych nawierzchni z mieszanek mineralno-asfaltowych z dodatkiem środków obniżających temperaturę.
- Opracowanie końcowego raportu oraz zaleceń technologicznych.

1.3. Opis problemu

Nie ulega wątpliwości, że w dzisiejszych czasach jakakolwiek gałąź techniki powinna uwzględniać w swoim działaniu nie tylko kwestie jak najlepszego rozwiązywania stawianych przez społeczeństwo zadań, ale również szeroko pojęty wpływ jaki będzie przy tym wywierać na otoczenie. Powyższe zobowiązanie dotyczy również drogownictwa. Unikanie przebiegu nowoprojektowanych tras przez tereny cenne środowiskowo, przejścia dla zwierząt, systemy oczyszczania wód opadowych spływających z powierzchni jezdni, sposoby wzmocnienia istniejącego podłoża bez konieczności wykonywania wymiany gruntu – wszystkie powyższe zagadnienia służą ochronie środowiska naturalnego. Droga przyjazna środowisku to nie tylko trasa zaprojektowana przy uwzględnieniu wyżej wymienionych kwestii; to również droga, przy budowie której zastosowano technologie oszczędzające surowce naturalne i energię, technologie zapewniające mniejszą emisję szkodliwych substancji do atmosfery. Z tego powodu powstały technologie recyklingu odzyskanych materiałów drogowych (kruszyw, destruktu asfaltowego, itp.) czy technologie pozwalające na użycie w budowlach drogowych odpadów przemysłowych (popiołów, żużli, miatu gumowego pochodzącego z opon samochodowych). Duży potencjał w zakresie zmniejszenia zużycia energii i emisji szkodliwych związków ma również sam proces wytwarzania mieszanek mineralno-asfaltowych. Wytwórnice mieszanek wyposażane są wprawdzie w coraz dokładniejsze systemy sterowania, oszczędniejsze palniki oraz filtry zapobiegające przedostawaniu się pyłów do atmosfery – stając się przy tym niewątpliwie bardziej przyjazne środowisku – jednak sama istota produkcji pozostaje niezmieniona. Wynika z tego konieczność podgrzania składników mieszanki – kruszywa i asfaltu – do odpowiedniej temperatury zapewniającej odpowiednie zmniejszenie lepkości asfaltu i właściwy stopień otoczenia poszczególnych ziaren kruszywa. W zależności od rodzaju produkowanej mieszanki oraz użytego rodzaju asfaltu temperatura ta zawiera się w przedziale 150 – 195 °C lub nawet 230 °C dla asfaltu lanego. Możliwość obniżenia temperatury produkcji nawet o rząd 20 – 30 °C dałaby zatem już wyraźne zmniejszenia zużycia energii. Dlatego też od już od połowy lat 90 XX wieku prowadzi się prace nad stworzeniem technologii umożliwiających wyprodukowanie, wbudowanie i zagęszczenie mieszanki mineralno-asfaltowej w temperaturze niższej niż dotychczasowo, ale o identycznych parametrach fizyko mechanicznych. W terminologii angielskiej mieszanki takie oznaczane są skrótem WMA – „warm mix asphalt” – („mieszanki mineralno-asfaltowe na ciepło”) – w odróżnieniu od tradycyjnych mieszanek HMA („hot mix asphalt”). Ogólna zasada ich produkcji opiera się na uzyskaniu odpowiednio małej lepkości asfaltu bez konieczności podgrzania go do dotychczas stosowanej wysokiej temperatury otaczania. Efekt ten uzyskuje się w dwojaki sposób:

- poprzez dodanie do asfaltu środków chemicznych modyfikujących jego lepkość lub
- uzyskanie spienienia asfaltu w obecności wody.

Mieszanek typu WMA nie należy utożsamiać z mieszankami mineralno-asfaltowymi na zimno („Cold Mix”), produkowanymi najczęściej na bazie emulsji asfaltowych. Zakres temperatur wytwarzania różnych rodzajów mieszanek przedstawiono na rysunku 1. Zaznaczono na nim również mieszanki rodzaju „Half-Warm Mix Asphalt”. Proces ich produkcji wykorzystuje spienianie asfaltu wraz z jednoczesnym niewielkim podgrzaniem – poniżej temperatury parowania wody – kruszywa i/lub destruktu asfaltowego (temp. 60 – 100 °C). Mieszanki tego rodzaju należy jednak zakwalifikować w grupie technologii recyklingu istniejących warstw nawierzchni, a zagadnienia z nimi związane wykraczają poza zakres niniejszego opracowania.



Rysunek 1 – Zakresy temperatury produkcji poszczególnych rodzajów mieszanek mineralno-asfaltowych

2. Przegląd literatury

2.1. Korzyści wynikające z obniżenia temperatury produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych

Obniżenie temperatury produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych przynosi szereg korzyści środowiskowych i technologicznych. Jedną z głównych zalet jest niewątpliwie zmniejszenie zużycia energii poświęcanej na podgrzanie głównych materiałów składowych mieszanki, tj. kruszywa i asfaltu. W zależności od technologii produkcji (środki modyfikujące lepkość asfaltu, spienianie) i stosowanego paliwa w wytwórni (olej opałowy, gaz ziemny) redukcja temperatury produkowanej mieszanki o wielkość rzędu 30 °C skutkuje zmniejszeniem zużycia paliwa o 20 – 35%. W niektórych przypadkach, przy wykorzystaniu wysokowyspecjalizowanych technologii produkcji mieszanek WMA opierających się na procesie spieniania asfaltu (WAM-Foam, LEA) oszczędności te mogą sięgać nawet 50%. Przedkłada się to na istotną redukcję emitowanego przez wytwórnię dwutlenku węgla odpowiedzialnego za efekt cieplarniany. Przewaga mieszanek WMA nad tradycyjnymi uwidacznia się w jeszcze większym stopniu w przypadku analizy ilości emitowanych szkodliwych związków. W trakcie badań przeprowadzonych w Niemczech w trakcie produkcji mieszanki tradycyjnej oraz mieszanki WMA z dodatkiem zeolitu poziom emisji oparów i aerozoli w powietrzu zmierzony w wytwórni wynosił odpowiednio 350,7 mg/m³ – dla temperatury 168 °C – i jedynie 90,4 mg/m³ przy redukcji temperatury do 142 °C za pomocą dodawanego środka. Oznacza to ok. 75% spadek poziomu emisji szkodliwych związków, co skutkuje nie tylko poprawą jakości powietrza w

sąsiedztwie samej wytwórni (trudną do oszacowania w wymiarze finansowym, lecz niewątpliwie ważną dla środowiska i okolicznych mieszkańców) ale również poprawia warunki pracy operatorów, kierowców i innych pracowników biorących udział w wykonywaniu nawierzchni. Jednocześnie niższa temperatura produkcji oznacza mniejsze starzenie technologiczne asfaltu skutkując tym samym mniejszym usztywnieniem mieszanki w trakcie eksploatacji nawierzchni. Ponadto przy stosowaniu m.m.a. na ciepło można uzyskać szereg innych korzyści technologicznych, szczególnie ważnych z punktu widzenia wykonawców robót:

- wydłużenie sezonu wykonawczego, ponieważ temperatury w jakich układu i zagęszcza się mieszanki typu WMA są niższe niż temperatury wbudowywania mieszanek tradycyjnych,
- wydłużenie czasu transportu z wytwórni na miejsce wbudowania bez ryzyka nie osiągnięcia właściwego poziomu zagęszczenia wynikającego z nadmiernego ochłodzenia się mieszanki,
- skrócenie czasu niezbędnego dla ochłodzenia się nowoułożonej warstwy bitumicznej, a tym samym możliwość szybszego dopuszczenia jej do ruchu lub ułożenia kolejnej warstwy – szczególnie ważna w przypadku krótkoterminowych remontów odcinków dróg silnie obciążonych ruchem (skrzyżowania i ulice w miastach) lub lotnisk.
- możliwość zwiększenia ilości destruktu asfaltowego dodawanego w trakcie recyklingu na gorąco w wytwórni, ponieważ ryzyko przegrzania błonki asfaltu znajdującej się na ziarnach destruktu jest mniejsze.
- technologie WMA pozwalają również na obniżenie temperatury produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych modyfikowanych miazgą gumową, którego dodanie do mieszanki wymusza stosowanie wyższej temperatury otaczania.

2.2. Sposoby obniżenia temperatury produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych

Aby uzyskać mieszankę mineralno-asfaltową o właściwych parametrach kluczowym zagadnieniem jest dokładne otoczenie wszystkich ziaren mieszanki mineralnej błonką asfaltu o określonej grubości. Możliwe jest to jedynie w sytuacji, kiedy lepkość asfaltu w trakcie procesu otaczania jest odpowiednio mała, na poziomie ok. 0,2 Pas. Natomiast za poziom przy którym następuje koniec efektywnego zagęszczania mieszanki mineralno-asfaltowej uznaje się 20 Pas. Lepkość asfaltu zmniejsza się wraz ze wzrostem temperatury, a zatem w celu osiągnięcia przytoczonego wyżej poziomu 0,2 Pas należy go podgrzać do temperatury 150-195 stopni. Podgrzewaniu podlega również drugi główny składnik mieszanki jakim jest kruszywo, w celu dokładnego wyeliminowania wilgoci zawartej w porach ziaren, co jest warunkiem niezbędnym dla zapewnienia odpowiedniej adhezji pomiędzy asfaltem, a powierzchnią agregatu mineralnego. Należy jednak zaznaczyć, że podgrzewanie kruszywa do temperatury 150 – 195 °C wynika jedynie z konieczności doprowadzenia jego temperatury do poziomu temperatury asfaltu, a nie dokładnego wysuszenia, ponieważ parowanie wody z kruszywa odbywa się już w temperaturze 100 °C. Gdyby możliwe byłoby uzyskanie odpowiednio niskiej lepkości lepiszcza asfaltowego już w temperaturze 120 – 130 °C również do tego poziomu należałoby podgrzewać kruszywo, oszczędzając tym samym ilość energii konieczną do podwyższenia temperatury mieszanki mineralnej o kolejne 30 – 40 °C. Ogólny bilans

energetyczny procesu podgrzewania składników m.m.a. w trakcie produkcji można jeszcze bardziej polepszyć stosując dość proste sposoby zabezpieczania składowanego na wytwórni kruszywa przed opadami atmosferycznymi (np. stosując zadaszenia zasieków z kruszywem).

W chwili obecnej rozwijane są dwa główne kierunki obniżania lepkości asfaltu:

- dodawanie środków chemicznych modyfikujących jego lepkość,
- uzyskanie spienienia asfaltu w obecności wody.

W grupie pierwszej największą liczbę stanowią różnego rodzaju dodatki organiczne o długich łańcuchach węglowodorowych, które po rozpuszczeniu charakteryzują się bardzo małą lepkością, tym samym po dodaniu do asfaltu obniżają lepkość całej mieszaniny. Pierwszym handlowo dostępnym dodatkiem działającym na powyższej zasadzie był wprowadzony w 1997 r. Sasobit. Inne dodatki o podobnym działaniu to Asphaltan-B i Licomont BS 100. Skład i dokładny sposób działania pozostałych dostępnych na rynku środków modyfikujących lepkość – Rediset WMX, CECA Base RT oraz Colas 3E LT – jest chroniony przez producentów w/w dodatków.

Drugi rodzaj technologii pozwalający otrzymać lepszycze asfaltowe o mniejszej lepkości opiera się na zjawisku gwałtownego spieniania się gorącego asfaltu po dodaniu do niego wody. Pierwsze badania z asfaltem spienionym zrealizowano w 1956 r. na Uniwersytecie Iowa eksperymentując z dodawaniem do gorącego asfaltu pary wodnej w celu uzyskania lepszycza służącego do stabilizacji gruntów. W trakcie dalszego rozwoju parę wodną zastąpiono wodą. Technologia ta stała się wówczas bardziej praktyczna i w dniu dzisiejszym jest często wykorzystywana przy stabilizacji podłoża gruntowego bądź recyklingu istniejącej nawierzchni. Zastosowanie jej do produkcji mieszanek WMA jest najnowszą formą wykorzystania asfaltu spienionego.

Powyższe dwa sposoby obniżania temperatury określają również zakres niezbędnych modyfikacji wytwórni mieszanek mineralno-asfaltowych koniecznych do przeprowadzenia w przypadku chęci produkcji mieszanek WMA. Pod tym względem niewątpliwie korzystniejsze ekonomicznie wydają się być technologie oparte na dodatkach do asfaltu. W przypadku sporadycznej produkcji mieszanek WMA możliwe jest nawet ręczne podawanie środków w postaci granulek bądź proszku (Sasobit, Licomont BS 100, Asphaltan-B, Rediset WMX) wprost do mieszalnika otaczarni. Wariant ten należy jednak traktować jako prowizoryczny i możliwy do zastosowania jedynie w skali eksperymentalnej. Dla zapewnienia odpowiedniej dokładności i standardu produkcji konieczne jest zainstalowanie na wytwórni dozatorów, które będą odmierzały odpowiednie ilości w/w środków i podawały je do linii technologicznej asfaltu. Dodatek w postaci płynnej (CECA Base RT) może być dozowany za pośrednictwem instalacji przeznaczonej dla środków adhezyjnych. Natomiast adaptacja istniejącej wytwórni do standardu umożliwiającego wytwarzanie mieszanek WMA z asfaltem spienionym wiąże się z montażem komór spieniania bądź innych podzespołów umożliwiających dodawanie wody do mieszanki. W przypadku technologii proponowanej przez firmę ASTEC konieczny jest zakup całej kompletnej wytwórni o działaniu ciągłym.

Obecnie znane technologie produkcji WMA tabelarycznie przedstawiono w tablicy 1, dzieląc je wg sposobu działania. Dodatkiem mogącym sprawić kłopot przy chęci jednoznacznego zakwalifikowania go do jednej z dwóch grup jest zeolit – minerał

glinokrzemianowy dodawany do mieszanki mineralno-asfaltowej w postaci proszku. Zeolit posiada budowę krystaliczną zawierającą pomiędzy siecią kryształów do 21% wody, która po zadozowaniu zeolitu do mieszalnika otaczarki i zetknięciu z gorącym kruszywem i asfaltem zostaje uwolniona w postaci pary wodnej spieniając jednocześnie asfalt. Jednak z uwagi na brak konieczności stosowania specjalistycznego osprzętu (z wyjątkiem dozatora) wg autorów należy go kwalifikować jako dodatek do mieszanki mineralno-asfaltowej.

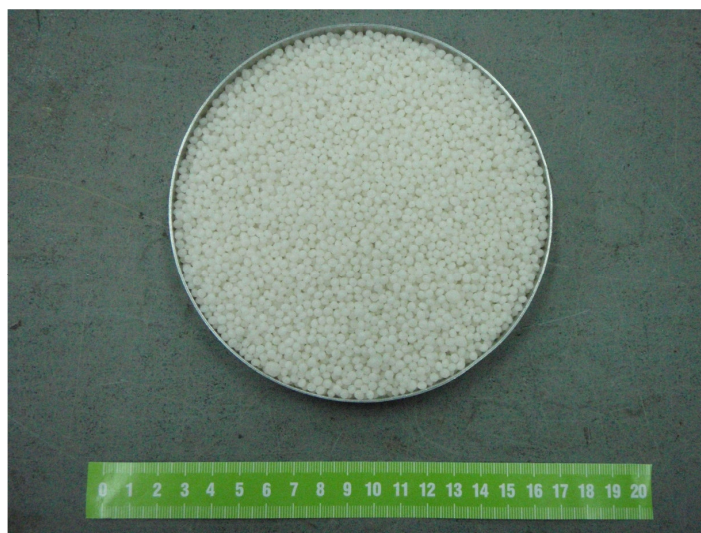
Tablica 1 – Istniejące obecnie sposoby wytwarzania mieszanek typu WMA

WAM – Warm Mix Asphalt	
<i>Dodatki do asfaltu / Specjalne lepiszcza</i>	<i>Specjalistyczne technologie produkcji / spienianie asfaltu</i>
Sasobit	Shell WAM-Foam
Asphaltan-B	ASTEC Double Barrel Green
Licomont BS 100	Evotherm
Rediset WMX	LEA – Low Energy Asphalt
CECA Base RT	Inne – Colas 3E DM, Nynas LT Asphalt, LEAB
Zeolit	
Inne – Colas 3E LT	

2.3. Przegląd środków do obniżania temperatury produkcji m.m.a.

2.3.1. Sasobit

Producentem środka Sasobit jest południowo-afrykański koncern chemiczny Sasol, który w 1997 roku wprowadził go na rynek w Europie jako środek polepszający urabialność słabozagęszczalnych mieszanek mineralno-bitumicznych. Pod względem chemicznym jest to syntetyczny воск (inaczej nazywany parafiną) produkowany metodą Fischera-Tropscha. Dla wielu polskich inżynierów dodawanie parafiny do asfaltu może uchodzić za wysoce szkodliwe dla asfaltu. Tak jednak nie jest. Rodzaj wosku (parafiny) produkowany w procesie syntezy Fischera-Tropscha nie jest szkodliwy dla cech asfaltu. Cechą odróżniającą go od innych parafin – których obecność w asfalcie jest niepożądana – jest większa długość łańcuchów węglowodorowych oraz drobniejsza struktura krystaliczna (pojedyncze łańcuchy węglowodorowe, brak pierścieni lub odgałęzień). Łańcuchy węglowodorowe parafin naturalnie występujących w asfalcie zawierają od 15 do 50 atomów węgla, natomiast w przypadku Sasobitu ilość ta wynosi od 40 do 115. Skutkuje to wyższą temperaturą topnienia Sasobitu (98 °C) w porównaniu z naturalnymi parafinami. Sasobit rozpuszcza się całkowicie w asfalcie w temperaturze powyżej 115 °C. Po dodaniu do asfaltu Sasobit obniża lepkość całej mieszaniny, tym samym pozwalając na właściwe otoczenie ziaren kruszywa mieszanki mineralnej już w niższej temperaturze niż tradycyjna. Natomiast w temperaturach poniżej punktu topnienia (a więc w zakresie w jakim eksploatowana jest nawierzchnia drogowa) łańcuchy Sasobitu tworzą w asfalcie przestrzenną strukturę, usztywniając lepiszcze asfaltowe, a tym samym zwiększając odporność m.m.a. na deformacje trwałe. Postać handlowa Sasobitu to kuliste granulki (rysunek 2) lub płatki o średnicy 1-5 mm. Do wytwórni dostarczane są one w 50 kg workach lub dużych, 600 kg opakowaniach typu „big-bag”. Sasobit stosowany jest zarówno w Europie, jak i Stanach Zjednoczonych oraz Kanadzie.



Rysunek 2 – Granulki Sasobitu (fot. autorów)

Jak wspomniano w punkcie 2.2, przy niewielkiej skali produkcji mieszanki WMA możliwe jest dodawanie Sasobitu ręcznie wprost do mieszalnika otaczarni w postaci wcześniej odważonych porcji. Przy takim sposobie dozowania – oprócz pracochłonności i małej dokładności wynikającej z możliwości wystąpienia błędu ludzkiego – zawsze występuje ryzyko nierównomiernego rozkładu Sasobitu w całej objętości mieszanki. Dlatego docelowym rozwiązaniem powinno być jednak wyposażenie wytwórni w dozator, który metodą pneumatyczną będzie dostarczał granulki środka wprost w strumień asfaltu, jeszcze przed wtrysnięciem go do mieszalnika. Niewątpliwie, dokładność dozowania jak i rozpuszczenia Sasobitu w gorącym lepiszczu jest wtedy większa. Przykładowy dozator stosowany w Stanach Zjednoczonych współpracujący z otaczarnią o działaniu ciągłym, składający się z zasobnika mieszczącego zapas środka oraz mechanizm pneumatyczny pokazano na rysunku 3 i 4.



Rysunek 3 – Widok ogólny dozatora Sasobitu. W dolnej części widoczny ciśnieniowy przewód transportujący granulki



Rysunek 4 – Zasobnik dozatora wypełniony granulkami Sasobitu

W zależności od ilości dodawanego środka umożliwia on obniżenie temperatury produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej o 20-30 °C. W Europie, ilość dodawanego Sasobitu zawiera się zwykle w przedziale 2,5% – 3% w stosunku do masy lepiszcza

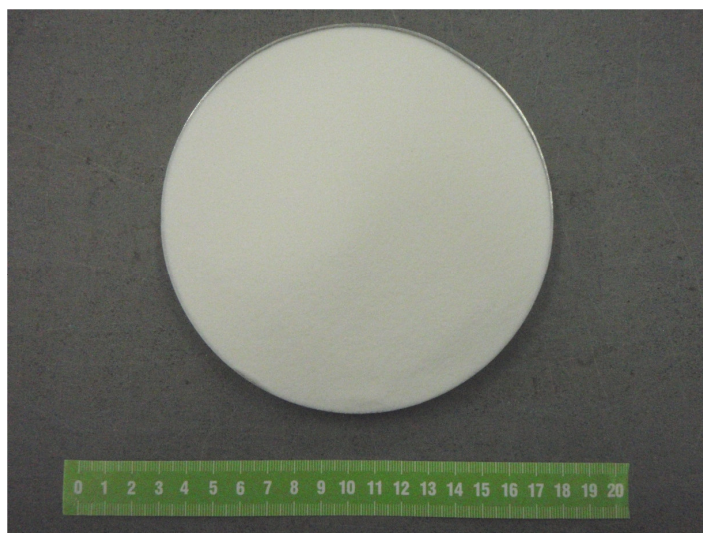
asfaltowego, natomiast w Stanach Zjednoczonych wartość ta jest mniejsza i oscyluje w przedziale 1% – 1,5%. Firma Sasol posiada również w swojej ofercie dodatek stanowiący połączenie środka obniżającego temperaturę (Sasobit) i polimeru stydien-butadien-styren (SBS) pod nazwą Sasoflex. Sasoflex nie tylko obniża temperaturę mma, ale działa podobnie jak elastomer SBS.

2.3.2. Asphaltan-B

Innym środkiem obniżającym temperaturę produkcji i zagęszczania mieszanek mineralno-asfaltowych działającym na takiej samej zasadzie jak w/w Sasobit jest Asphaltan-B, produkowany przez niemiecką firmę Romonta GmbH. Produkcja Asphaltanu-B – inaczej wosku Montana – odbywa się poprzez ekstrakcję rzadko spotykanego gatunku węgla brunatnego, którego złoża występują min. w niemieckiej miejscowości Amsdorf. Podobnie jak Sasobit, Asphaltan-B w swojej chemicznej strukturze posiada długie łańcuchy węglowodorowe. Temperatura topnienia zawiera się w przedziale 95 – 105 °C. Formą handlową Asphaltanu-B są granulki lub pastylki dostarczane w workach o różnym rozmiarze. Producent zaleca dodawanie Asphaltanu-B w ilości od 2 do 4% w stosunku do asfaltu, co pozwala na obniżenie temperatury produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej o 20-30 °C przy jednoczesnym zwiększeniu odporności ułożonej nawierzchni na deformacje trwałe. Firma Romonta posiada również w swojej ofercie dodatek Asphaltan-A – przeznaczony do obniżania temperatury asfaltu lanego. Różni się on od Asphaltanu-B wyższą temperaturą topnienia, wynoszącą 133 – 143 °C. Niestety, w literaturze brak jest informacji na temat szerszego użycia Asphaltanu, również poza granicami Niemiec.

2.3.3. Licomont BS 100

Licomont BS 100 produkowany jest przez szwajcarski koncern chemiczny Clariant. Mechanizm jego działania jest identyczny, jak w przypadku pozostałych środków o pochodzeniu organicznym. Licomont BS100 stanowiąc mieszaninę amidów kwasów tłuszczowych o niewielkiej lepkości (< 0,05 Pas w temperaturze 150 °C) po dodaniu do asfaltu obniża lepkość całej mieszaniny, zaś w trakcie eksploatacji nawierzchni zwiększa odporność na koleinowanie. Środki o podobnej budowie chemicznej były już stosowane na przełomie lat 70 i 80 XX wieku jako modyfikatory lepkości asfaltów stosowanych w systemach izolacyjnych pokryć dachowych. Temperatura topnienia Licomontu jest nieco wyższa niż Sasobitu czy Asphaltanu-B i wynosi 141 – 146 °C. Licomont BS 100 występuje w postaci bardzo drobnego proszku (rysunek 5) bądź granulek, dostarczanego według uznania odbiorcy w małych, 25 kg workach bądź dużych opakowaniach 500 kg. Producent deklaruje możliwość obniżenia temperatury produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej o 20-30 °C przy zawartości 3% Licomontu w stosunku do asfaltu. Dodawanie Licomontu BS 100 do mieszanki może odbywać się wprost do mieszalnika otaczarni z użyciem pośredniego zasobnika wagowego służącego do odmierzania żądanej ilości środka, jaka jest potrzebna do wykonania jednego zarobu (rysunek 6). Transport granulek Licomontu do zasobnika wagowego odbywa się drogą pneumatyczną.



Rysunek 5 – Licomont BS 100 w postaci bardzo drobnego proszku (fot. autorów)

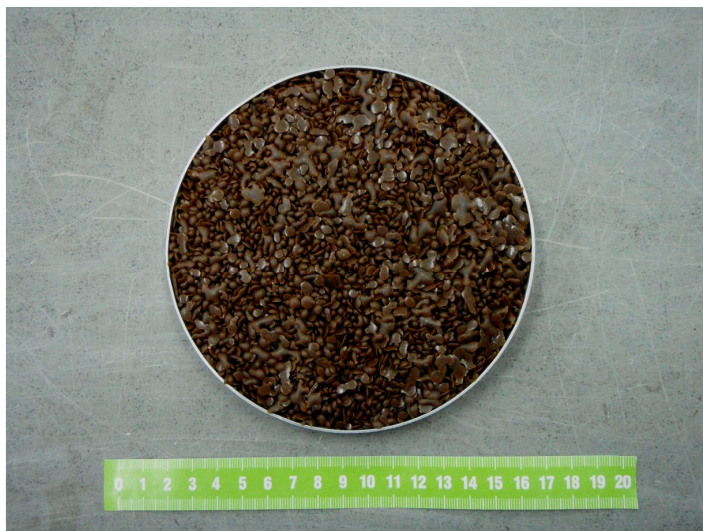


Rysunek 6 – Zasobnik wagowy służący do odmierzania niezbędnej ilości środka –
wytwórnia mas bitumicznych w Niemczech

2.3.4. Rediset WMX

Firma Akzo Nobel, znana jako producent środków adhezyjnych, posiada w swojej ofercie środek obniżający temperaturę produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych o nazwie Rediset WMX. Dokładna formuła składu objęta jest tajemnicą wytwórcy. Rediset WMX pełni podwójną rolę – zarówno modyfikatora lepkości lepiszcza asfaltowego, jak i środka adhezyjnego polepszającego zwilżanie i przyczepność asfaltu do kruszywa. Ilość dozowanego środka jest mniejsza niż w przypadku wcześniej wymienionych i wynosi od 1 do 2% w stosunku do masy lepiszcza. Pozwala to na obniżenie temperatury produkcji o 20-30 °C. Wg producenta Rediset nie zmniejsza penetracji asfaltu. Rediset WMX występuje w postaci brązowych lub

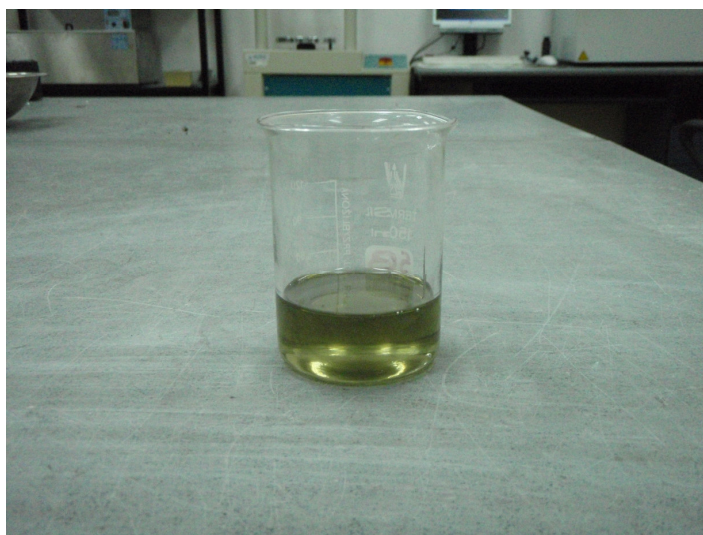
żółtych płatków (rysunek 7), które można dodawać bezpośrednio do mieszanki mineralno-asfaltowej lub uprzednio do asfaltu.



Rysunek 7 – Płatki Rediset WMX (fot. autorów)

2.3.5. Ceca BASE RT

Jedynym dostępnym płynnym środkiem do obniżania temperatury produkcji i wbudowywania mieszanek mineralno-asfaltowych jest CECA Base RT produkowany przez francuski koncern CECA. CECA Base RT jest oleistą cieczą o zielonkawej barwie (rysunek 8). Podobnie jak Rediset WMX, skład chemiczny niniejszego środka jest zastrzeżony. Cechą charakterystyczną jest bardzo niewielka ilość potrzebna do zmniejszenia temperatury produkcji mieszanki do 130 – 120 °C, która wynosi od 0,3 do 0,5 % masy asfaltu. Wbudowywanie może odbywać się wtedy z temperaturą 120 – 100 °C. CECA Base RT posiada niewątpliwą zaletę w stosunku do pozostałych środków występujących w postaci proszku bądź granulek, która polega na możliwości wykorzystania istniejącej instalacji do dodawania płynnych środków adhezyjnych.



Rysunek 8 – Środek CECA Base RT (fot. autorów)

2.3.6. Zeolit

Technologia produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych o obniżonej temperaturze z zastosowaniem zeolitu została opracowana przez firmę wykonawczą Eurovia. Zastosowanie zeolitów w budownictwie nie jest niczym nowym, ponieważ od dość dawna znana jest możliwość jego zastosowania jako wypełniacza poprawiającego urabialność zapraw budowlanych. Pod względem chemicznym zeolit jest minerałem zaliczanym do grupy krzemianów. Dzięki budowie krystalicznej zeolit posiada możliwość magazynowania wody (do 21% w stosunku do swojej masy). W momencie zetknięcia z wysoką temperaturą zawarta w zeolicie woda uwalniana jest w postaci pary wodnej bez szkody dla struktury minerału (rysunek 9). Właściwość tę posiadają zarówno zeolity pozyskiwane ze złóż naturalnych, jak i produkowane syntetycznie. Dodanie zeolitu do gorącej mieszanki mineralno-asfaltowej powoduje uwolnienie wody, która w postaci pary wodnej spienia asfalt, zmniejszając jego lepkość i polepszając zdolność do dokładnego otoczenia ziaren kruszywa. Zjawisko to nie następuje gwałtownie, ale trwa przez okres 2-3 godzin, przez co efekt zwiększonej urabialności trwa w trakcie produkcji, transportu i wbudowywania mieszanki.



Rysunek 9 – Kryształy zeolitu w powiększeniu



Rysunek 10 – Zeolit w postaci dodawanej do mieszanki mineralno-asfaltowej (fot. autorów)

Zeolit dodawany jest w postaci drobnego proszku (rysunek 10) w stosunku 0,3% do masy całej mieszanki mineralno-asfaltowej. Z uwagi na charakter swojego działania ważna jest kolejność dozowania poszczególnych składników mieszanki. W przypadku wytwórni mas bitumicznych o działaniu cyklicznym zeolit dodawany jest do mieszalnika otaczarki w momencie zadozowania asfaltu do kruszywa i wypełniacza. Odpowiednią ilość zeolitu otrzymuje się przy użyciu zasobnika wagowego (rysunek 11). W otaczarniach o działaniu ciągłym zeolit dostarczany jest wprost drogą pneumatyczną z silosa do pierścienia recyklingowego (rysunek nr 12 i 13), którego normalną funkcją jest dodawanie do mieszanki destruktu asfaltowego. Technologia zeolitu umożliwia obniżenie temperatury produkcji do 130 – 145 °C, a końcowa temperatura przy wbudowaniu wynosi 100 °C.



Rysunek 11 – Zasobnik wagowy służący do odmierzania ilości zeolitu



Rysunek 12 – Przewoźny silos zeolitu współpracujący z otaczarnią o działaniu ciągłym



Rysunek 13 – Stały silos przeznaczony do magazynowania zeolitu. U podstawy silosa widoczny jest mechanizm transportujący drogą pneumatyczną zeolit do otaczarki.

2.3.7. Colas 3E LT

Również firma wykonawcza Colas posiada w swojej ofercie opatentowane zmodyfikowane lepiszcze asfaltowe pozwalające na zmniejszenie temperatury produkcji m.m.a o 30 – 40 °C. Przygotowanie modyfikowanego lepiszcza może odbywać się zarówno jeszcze przed jego dostarczeniem do wytwórni mas bitumicznych, jak i w trakcie produkcji samej mieszanki. Z uwagi na autorski charakter niniejszej technologii w literaturze brak dokładnych informacji na jej temat.

2.4. Przegląd wybranych technologii produkcji mieszanek typu WMA w technologii spieniania asfaltu

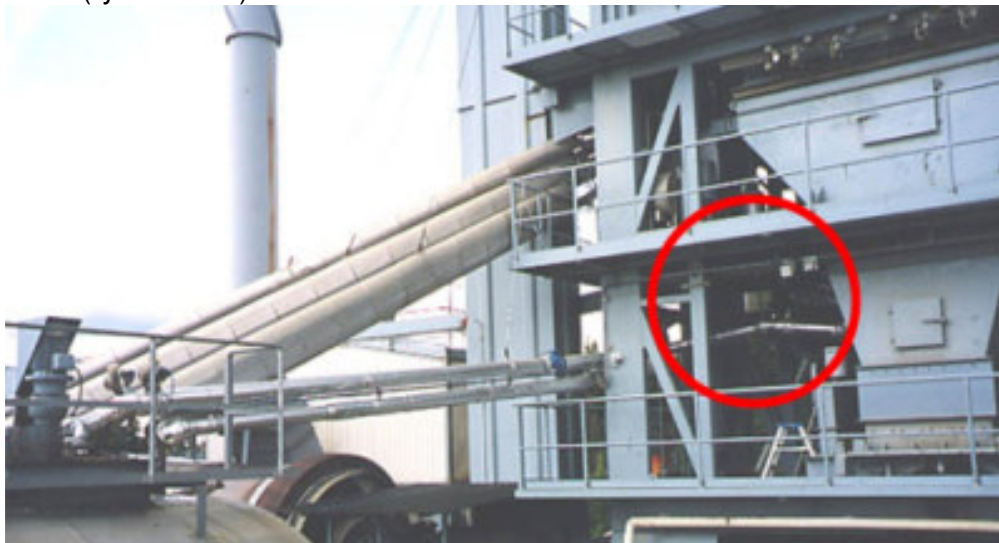
2.4.1. Shell WAM-Foam

Współpraca koncernu Shell z norweską firmą wykonawczą Kolo-Veidekke doprowadziła do opracowania technologii WAM-Foam wykorzystującej dwa mechanizmy:

- uzyskaniu lepiszcza o odpowiedniej penetracji poprzez zmieszanie dwóch rodzajów asfaltu o znacznie różniących się twardościach (rzędu 300 i 20/30 jednostek penetracji)
- wtryskiwaniu wody w strumień asfaltu w celu uzyskaniu jego spienienia.

W pierwszym stadium produkcji wysuszone kruszywo o temperaturze 100 – 120 °C trafia do mieszalnika otaczarki, gdzie następuje dodanie miękkiego asfaltu, który pomimo stosunkowo niskiej temperatury (100 °C) posiada wystarczająco niską lepkość, aby uzyskać wstępne pokrycie ziaren kruszywa. W drugim stadium produkcji

następuje dodanie do wstępnie otoczonej mieszanki mineralnej spienionego twardego asfaltu. Proporcje asfaltu miękkiego i twardego wynoszą zwykle 20/80 lub 30/70. Ilość dodawanej wody zawiera się w przedziale od 2 do 5% w stosunku do masy twardego asfaltu. Finalnym produktem jest mieszanka mineralno-asfaltowa o temperaturze 90 – 110 °C, której graniczna temperatura zagęszczenia może sięgać nawet 70 – 80 °C. Do standardu umożliwiającego produkcję mieszanek wg technologii WAM Foam można przystosować zarówno otaczarnie o działaniu cyklicznym, jak i bębnowym. W przypadku wytwórni cyklicznych normalnie używana linia asfaltu służy do dostarczania asfaltu miękkiego (rysunek 14), natomiast asfalt twardy doprowadzany jest nową, drugą linią z zainstalowaną na końcu komorą spieniania (rysunek 15)



Rysunek 14 – Otaczarnia o działaniu cyklicznym z instalacją WAM-Foam. Widoczne dwie linie doprowadzenia asfaltu. Czerwonym okręgiem zaznaczono położenie komory spieniania.



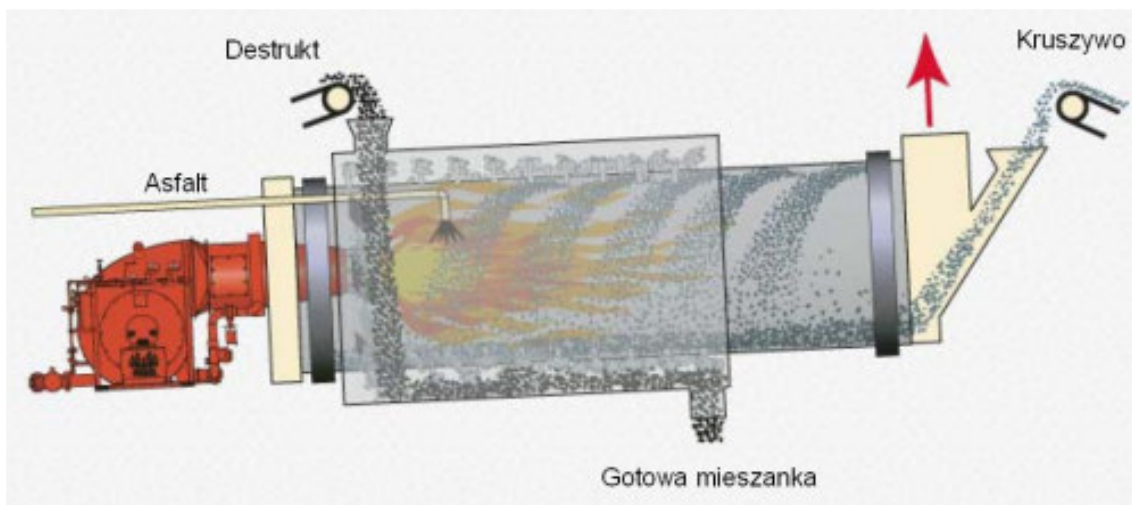
Rysunek 15 – Komora spieniania w powiększeniu

2.4.2. Astec Double Barrel Green

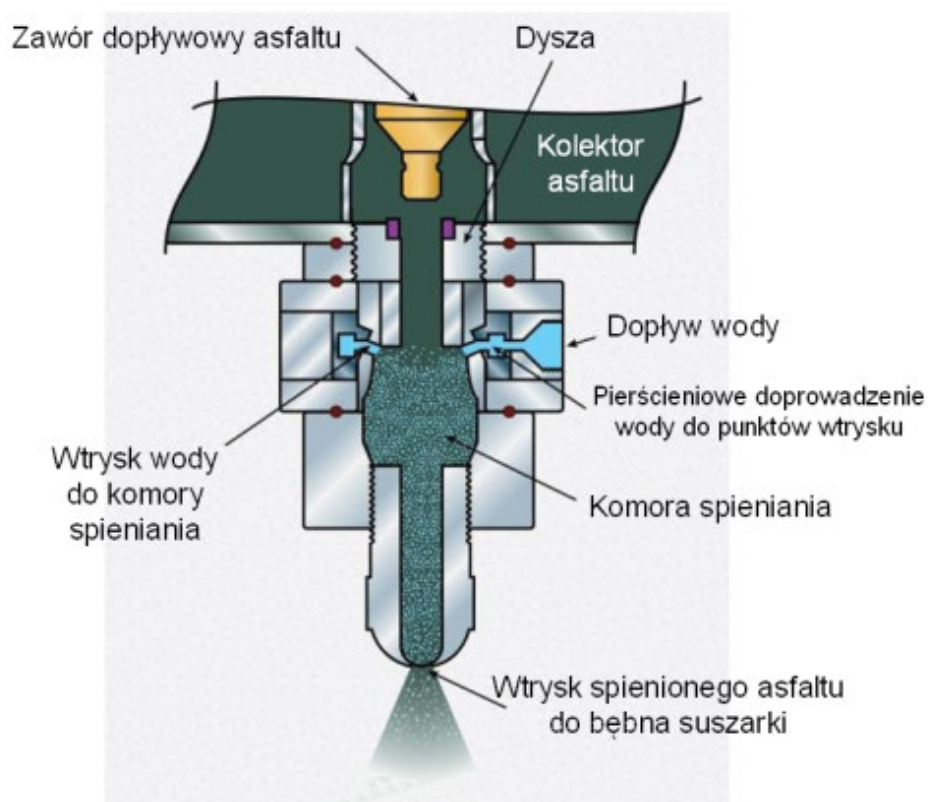
Firma ASTEC, będąca na rynku amerykańskim znanym producentem wytwórni m.m.a, oferuje kompletny system służący do produkcji mieszanek typu WMA. Główny komponent stanowi otaczarnia o działaniu ciągłym, której bęben suszarki posiada dwupłaszczową konstrukcję (rysunek 16). Eliminuje to ryzyko przegrzania asfaltu występujące w wytwórniach ciągłych z bębnem suszarki jednopłaszczowym, ponieważ otaczanie ziaren kruszywa asfaltem odbywa się w przestrzeni pomiędzy płaszczem wewnętrznym, a zewnętrznym, która jest całkowicie odseparowana od strefy oddziaływania palnika (rysunek 17). Samo obniżenie temperatury produkcji uzyskuje się za pomocą opatentowanego zestawu dysz wtryskujących w strumień gorącego asfaltu wodę, indukując jego spienienie (rysunek 18). Zużycie wody wynosi ok. 0,5 kg na 1 tonę wyprodukowanej mieszanki, której temperaturę można w ten sposób obniżyć do 116 – 135 °C. Podobnie jak w przypadku WAM-Foam, zaletą jest stosowanie wyłącznie wody, bez konieczności zakupu dodatków chemicznych. Z drugiej strony, aby skorzystać z technologii Double Barrel Green należy kupić całą dedykowaną przez producenta wytwórnię lub przystosować już istniejącą, która musi być jednak wytwórnią o działaniu ciągłym.



Rysunek 16 – Ogólny widok bębna suszarki wytwórni Astec Double Barrel Green. W centrum widoczny jest zespół dysz do wtryskiwania wody i asfaltu.



Rysunek 17 – Dwupłaszczowy bęben suszarki Double Barrel Green, w którym otaczanie ziaren kruszywa asfaltem odbywa się w strefie odizolowanej od strefy oddziaływania palnika.



Rysunek 18 – Konstrukcja dyszy w której dochodzi do spienienia asfaltu.

2.4.3. Evotherm

Odmienne podejście do zagadnienia spieniania asfaltu prezentuje technologia Evotherm opracowana przez amerykańską firmę MeadWestvaco. W metodzie tej, do gorącego kruszywa zamiast asfaltu dodawana jest specjalnie skomponowana emulsja asfaltowa. Zawartość asfaltu w emulsji wynosi 70%, dodatkowo jest ona modyfikowana polimerem SBR. Woda obecna w emulsji w kontakcie z gorącym kruszywem zamienia się w parę wodną, inicjując spienienie asfaltu. Podczas produkcji kruszywo podgrzewane jest do temperatury 125 °C, zaś temperatura wyjściowa mieszanki wynosi 90 – 100 °C. Układanie i zagęszczanie odbywa się w temperaturze 70 – 90 °C. Ważny jest fakt, że do produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych z Evothermem nie istnieje potrzeba modyfikacji istniejącej wytwórni, ponieważ transport płynnego Evothermu odbywa się przewodami normalnie używanymi do pompowania asfaltu (rysunek 19 i 20). Należy jednak pamiętać, że temperatura w nich nie może przekroczyć 95 °C z uwagi na ryzyko przedwczesnego rozpadu emulsji (przed dopłynięciem do mieszalnika).



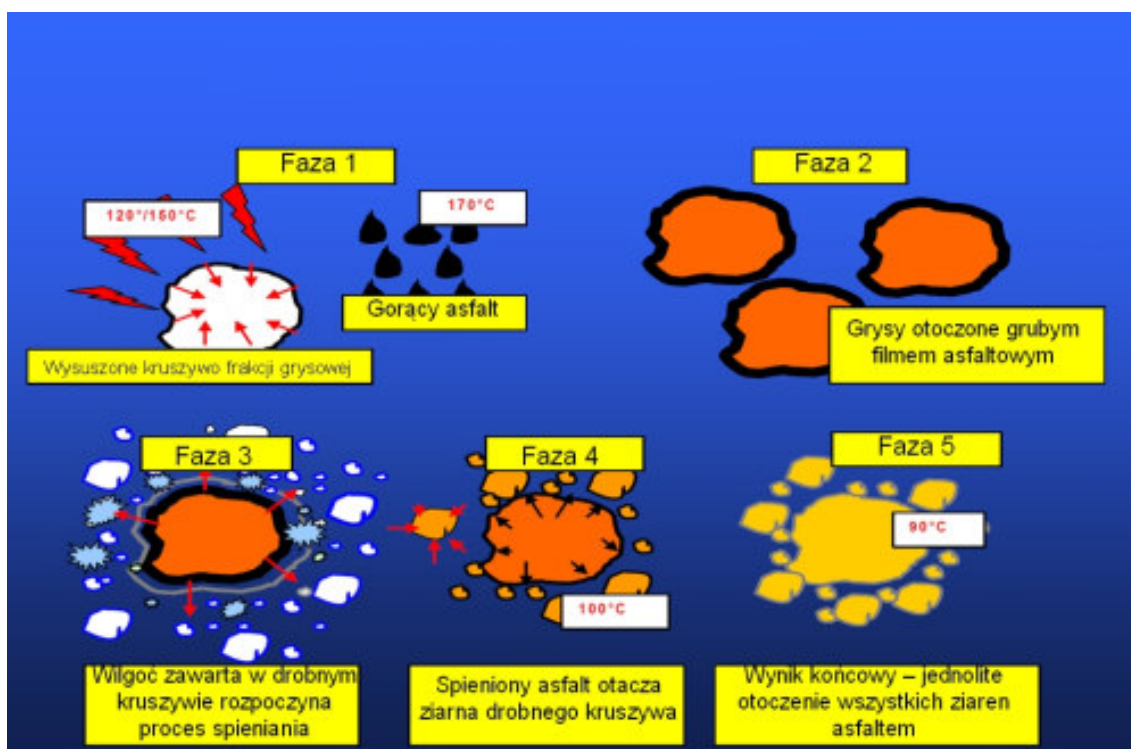
Rysunek 19 – Zawory służące do przyłączenia cysterny z Evothermem.



Rysunek 20 – Cysterna z emulsją Evotherm podłączona do instalacji pompowania asfaltu WMB.

2.4.4. LEA – Low Energy Asphalt

Również we Francji opracowano metodę produkcji mieszanek typu WMA z użyciem spienionego asfaltu. W rozwiązaniu proponowanym przez firmy Fairco oraz EIFFAGE Travaux Publics wykorzystywana jest wilgoć zawarta w kruszywie frakcji piaskowej. Sam proces mieszania jednego zarobu podzielono na kilka faz. W pierwszej, kruszywo grube podgrzane do temperatury 120 – 150 °C jest otaczane gorącym asfaltem o normalnie stosowanej temperaturze 170 °C. Tuż przed zadozowaniem asfaltu do mieszalnika dodawany jest do niego specjalnie opracowany dodatek chemiczny (w ilości 0,5% w stosunku do masy asfaltu) pełniący rolę regulatora stopnia spienienia oraz środka adhezyjnego. Tym sposobem otrzymywane jest mieszanka mineralna zawierająca tylko frakcję grysową, otoczona grubym filmem asfaltowym. Następnie dodawane jest kruszywo frakcji piaskowej (wraz z wypełniaczem) o wilgotności około 3%, które inicjuje proces spienienia. Technologia ta wymaga zatem wyposażenia wytwórni w oddzielną linię (dozator, taśmociąg) dostarczania do mieszalnika kruszywa frakcji piaskowej oraz wymusza ścisłą kontrolę jej wilgotności. W przypadku zbyt małej wilgotności możliwe jest jej zwiększenie prostą instalacją do skrapiania wodą. Proces produkcji w otaczarniach o działaniu ciągłym różni się miejscem dodawania wilgotnego kruszywa – trafia ono do bębna suszarki przez pierścień recyklingowy służący również do dodawania destruktu asfaltowego. Finalna temperatura mieszanki zawiera się w przedziale 90 – 100 °C. Schemat produkcji wg technologii LEA przedstawiono na rysunku 21.



Rysunek 21 – Poszczególne fazy produkcji mieszanki typu LEA

2.4.5. Pozostałe technologie

W powyższych punktach przedstawiono najbardziej charakterystyczne technologie produkcji m.m.a. o obniżonej temperaturze w technologii spieniania asfaltu. Na rynku występują jeszcze inne technologie – Colas 3E DM, Nynas LT Asphalt, LEAB. Zasada ich działania opiera się na opisanym już w punktach powyżej spieniania asfaltu w obecności wody w komorze spieniania, dlatego też w niniejszym opracowaniu dotyczącego m.m.a. z dodatkami obniżającymi temperaturę ograniczono się do ogólnego wspomnienia na ich temat.

3. ZGROMADZENIE MATERIAŁÓW DO BADAŃ – DODATKI, LEPISZCZA I KRUSZYWA

3.1. Dodatki obniżające temperaturę produkcji m.m.a.

Po wykonaniu rozeznania rynku nawiązano kontakt z polskimi dystrybutorami następujących dodatków obniżających temperaturę:

- Sasobit
- Licomont BS 100
- Rediset WMX
- Ceca Base RT
- Zeolit

Jak widać z powyższego zestawienia, w chwili obecnej na obszarze Polski jest już możliwa produkcja m.m.a. o obniżonej temperaturze wytwarzania w normalnej skali przemysłowej, ponieważ dostawcy są w stanie dostarczyć oczekiwaną przez nabywcę ilość środka. Polskiego dystrybutora nie posiada jedynie opisany w punkcie 2.3.2 Asphaltan-B, jednakże możliwy jest bezpośredni kontakt z producentem mającym siedzibę na terenie Niemiec.

Do celów programu badawczego zgromadzono następujące ilości dodatków:

- | | |
|-------------------|----------|
| • Sasobit | ~ 100 kg |
| • Licomont BS 100 | ~ 100 kg |
| • Rediset WMX | ~ 100 kg |
| • Ceca Base RT | ~ 5 kg |
| • Zeolit | ~ 100 kg |

Biorąc pod uwagę niewielkie ilości dodawanych potrzebnych do modyfikacji asfaltu (rzędu 2-3% dla Sasobitu, Licomontu BS 100 i Redisetu, 0,35% dla Ceca Base RT, 0,30% zeolitu w stosunku do m.m.a.) powyższe wielkości całkowicie zabezpieczają niezbędną ilość dodatków potrzebnych do wykonania wszystkich badań laboratoryjnych.

3.2. Lepiszcz

Do celów programu zgromadzono dwa rodzaje lepiszcz:

- asfalt zwykły rodzaju 50/70 wyprodukowany przez firmę Lotos Asphalt,
- asfalt modyfikowany polimerami MODBIT rodzaju 45/80-55

3.3. Kruszywa

Do celów programu badawczego zgromadzono następujące rodzaje kruszyw umożliwiające wytworzenie mieszanek mineralno-asfaltowych o maksymalnym uziarnieniu 0/11 mm:

- grys granitowy 8/11
- grys granitowy 5/8
- grys granitowy 2/5
- piasek łamany 0/2
- wypełniacz wapienny Nordkalk

Wszystkie zgromadzone kruszywa są pochodzenia skandynawskiego.

Literatura

- [1] Joe W. Button, Cindy Estakhri, Andrew Wismatt: A Synthesis of Warm-Mix Asphalt. Texas Transportation Institute, The Texas A&M University System. Kwiecień 2007
- [2] Joe W. Button, Arif Chowdhury: A Review of Warm-Mix Asphalt. Texas Transportation Institute, The Texas A&M University System. Grudzień 2008.
- [3] François Olard: LEA® (Low Energy Asphalts): A new generation of half-warm mix asphalts. The experience of EIFFAGE Travaux Publics. EIFFAGE Travaux Publics, Research & Development Department LEA-CO, Technical Committee
- [4] John D'Angelo, Matthew Corrigan, Thomas Harman, Wayne Jones, Dr Dave Newcomb, Dr Brian Prowell i inni: Warm-Mix Asphalt: European Practice. Report No. FHWA-PL-08-007. Luty 2008.
- [5] W. Barthel, J.-P. Marchand, M. Von Devivere: Warm Asphalt Mixes by Adding a Synthetic Zeolite. Mitteldeutsche Hartsteinindustrie AG, Eurovia GmbH, Eurovia SA.
- [6] Thorsten Butz: Warm Asphalt Mix - Technologies, Research and Experience. Sasol Wax GmbH.
- [7] Luc Valery, Alain Beghin: Les enrobés tièdes. Séminaire "Route durable", Saint-Médard-en-Jalles. Lipiec 2008.
- [8] Brian D. Prowell, Graham C. Hurley – Evaluation of Warm Mix Asphalt Technologies – NCAT
- [9] Brian D. Prowell, Graham C. Hurley – Evaluation of Sasobit in for use in Warm Mix Asphalt – NCAT Report 05-06, czerwiec 2005
- [10] Brian D. Prowell, Graham C. Hurley – Evaluation of Aspha-Min in for use in Warm Mix Asphalt – NCAT Report 05-04, czerwiec 2005
- [11] Brian D. Prowell, Graham C. Hurley – Evaluation of Evotherm in for use in Warm Mix Asphalt – NCAT Report 06-02, czerwiec 2006
- [12] Ylva Edwards – Swedish experience of modified binders and asphalt mixtures
- [13] Shell Bitumen, Kolo Veidekke – New Technology in the Hot Mix Asphalt Industry – WAM Foam – Making asphalt pavements at lower temperatures
- [14] Materiały informacyjne producentów