

PRZEMYSŁAW BUCZYŃSKI

Kielce University of Technology  
al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7  
25-314 Kielce, Poland  
e-mail: p.buczynski@tu.kielce.pl

# THE INFLUENCE OF THE BASIC PROPERTIES OF MINERAL DUST ON THE PAVEMENT PROPERTIES IN THE RECYCLING TECHNOLOGY WITH FOAMED BITUMEN

## Abstract

*The fine-grained waste mineral materials is used in the recycling technology with foamy bitumen as mineral filler from 5% to 20% in the aggregate mix. This allows its use of mix recycling, fine-grained waste mineral materials from the dedusting system of aggregate in coating plant and during the production of aggregates in mines (whilst crushing the rocks and rinsing the aggregate).*

*In this investigation three different fine-grained waste mineral materials (dolomite, gabbro, and quartzite sandstone) were tested the basic functional properties were defined i.e. pH – acidity – alkalinity, Blaine's actual area  $P_w$ , the contents of clay minerals – with the use of methylene blue indicator MBF and determination of the voids of dry compacted filler. The fine-grained waste mineral materials are in proportion of 10%, 15% and 20% to mineral mix. From the analysis, which was within the domain of stability and flow (Marshall), indirect tensile stretch (ITS) and water resistance (TSR), the dependency of functional properties of fine-grained waste mineral materials on the mechanical basecourse properties in recycling technology with foamy bitumen was defined.*

*The possibility of utilization of fine-grained waste mineral materials in the recycling technology of deep cold with foamed bitumen, substantially affect the protection of the environment. At the same time it preserves the required properties of recycled pavement.*

**Keywords:** fine-grained waste mineral materials, recycling, basecourse, recycled mineral mix, foamed bitumen

## 1. Introduction

The fine-grained waste mineral materials comes during the process of producing mineral mix asphalt, i.e. during the aggregate dedusting process and during the production of aggregates in mines (whilst crushing the rocks and rinsing the aggregate).

Strict environmental regulations have been imposed to determine the amount of industrial dust emitted to the atmosphere as  $100 \text{ mg/m}^3$ . The above-mentioned regulations require the introduction of an alternative dedusting system, i.e. bag filters. Virtually all amount of fine-grained waste mineral materials will be kept. Thus obtained a fine-grained waste mineral materials are difficult for recycling and it is impossible to use this material again.

The preliminary analysis allows for the use of fine-grained waste mineral materials in the recycling

technology of deep cold with foamed bitumen. With this technology it is possible to try to utilize the fine-grained waste mineral materials. The mineral mix in the recycling technology with foamed bitumen may contain from 5% to 20% dust the size smaller than 0.075 mm.

## 2. The research of the properties of fine-grained waste mineral materials

In the application aspect of the fine-grained mineral material in the deep cold recycling with foamed asphalt, there were three types of mineral dust. Each of them were varied as to their origin and mineral composition. Two of them were received from the dust collection system of the asphalt batch-plant such as: dolomite (D) and Gabbro (G). The fine-grained material consisted of sandstone quartzite (K) is obtained as a washing process on mine. The

next step was to define the functional properties, such as: specific surface by means of Blaine tester ( $P_w$ ), the contents of clay minerals – MBF ratio, an indication of voids fraction content of dry and compacted filler AVR.

The study of basic functional properties is to determine the utility of mineral dust in the aspect of using for a base coarse with foamed bitumen in deep cold recycling with foamed asphalt. The results of the basis of functional properties are presented in Table 1 (including the determination of the coefficient of variation for the considered parameters).

**Table 1.** The researched types of fine-grained waste mineral materials

Type of fine-grained waste mineral materials	TYPE OF TEST	ARITHMETIC MEAN	V [%]
G (gabbro)	$P_w$	4709	0.4
	$MB_F$	3.3	8.2
	pH	7.5	4.7
	$AV_R$	56.84	0.4
K (quartzite)	$P_w$	3487	0.6
	$MB_F$	5.0	5.4
	pH	4.5	4.1
	$AV_R$	56.88	0.5
D (dolomite)	$P_w$	4209	0.8
	$MB_F$	1.3	10.9
	pH	7.5	2.4
	$AV_R$	55.36	1.3

The maximum value of the Blaine’s specific surface for fine-grained waste mineral materials were received from gabbro (G), and dolomite dust (D). The lowest finding has been observed for fine-grained waste mineral materials obtained from the quartzite (Q) sandstone.

The largest value of methylene blue indicator MBF, which is content of clay minerals in the studied dust, characterized a waste material from a quartzite sandstone which could be caused by the content of shale.

The most acidic material is quartzite sandstone with a pH is less than 4.5. The fine-grained mineral material has a pH value the same as rocks from which it was obtained. It should be noted that all the tested dusts reached a similar value of AVR [%] on level between 55 and 57%. The largest value of AVR [3] reached the dust from the sandstone quartzite,

while the smallest the dolomite aggregates. This may be related to the hardness of dust, especially derivation of received grain dust.

### 3. Design of mineral mix

In order to assess effect of the addition of fine-grained mineral material to the mineral mix with foamed bitumen in deep cold recycling, there were designed three type of mineral mix which differ the content of mineral dust content differing (20%, 15%, 10%) and its origin.

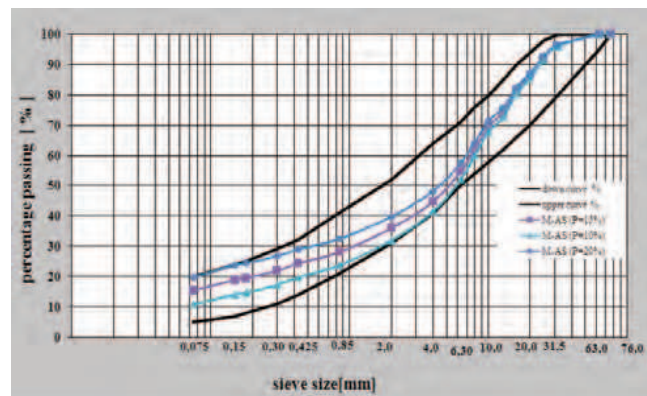


Fig. 1. The area of proper granulation of mineral mix with foamed bitumen for base course [8]

The mineral mix with foamed bitumen (Fig. 1) consisted of local recycled asphalt pavement, dolomite aggregate 31.5 mm which was earlier a compound of mechanical base course treatment and mineral dusts used for increasing a fraction content (gabbro, quartzite sandstone and dolomite). As the foamed bitumen was used a Nyfoam 85 in amount of 4.0% [4]. To ensure a more stiffness of pavement, the cement additive was used in amount of 1.5%.

### 4. Design of mineral mix with foamed bitumen

In order to assess the impact of fine-grained mineral material on the mechanical properties of the base course deep cold recycling with foamed asphalt, the investigation program was designed. It consisted of the two stages.

In the first stage there were defined the basic physical and mechanical properties of recycled base course such as: stability, stiffness in accordance with Marshall methodology and indirect tensile strength [5].

The second stage was referred to the study on determination of resistance to the water effects by using of TSR ratio [2]. The results of the first stage are presented in Figures 2 and 3, while the results of second stage in Figures 4 and 5.

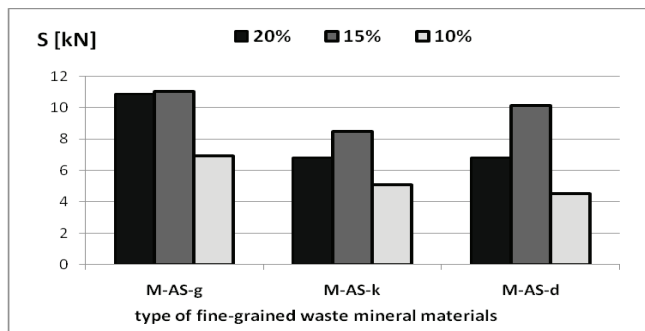


Fig. 2. The stability according to Marshall

It was found that that the base course with foamed bitumen and gabbro fine-grained mineral material was characterized by the highest values of stability according to Marshall in all range of content of mineral dust (M-AS) [2], the rest mixtures with the same concentration of the waste material was characterized by a much smaller value of the stability (Fig. 2).

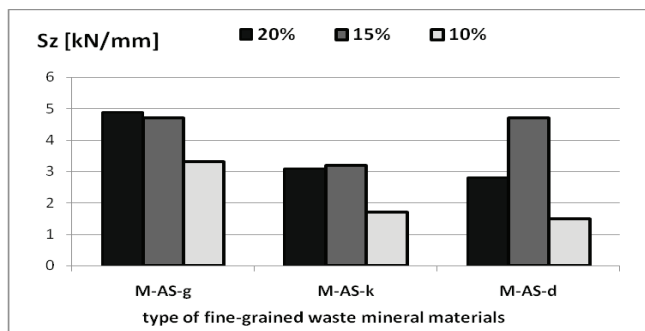


Fig. 3. The stiffness according to Marshall methodology

The value of stiffness according to Marshall is a function of stability. The greatest value of the stiffness (Fig. 3) were reached all mixtures of M-AS-g in the scope of dosage of fine-grained mineral material – 20%, 15% and 10%.

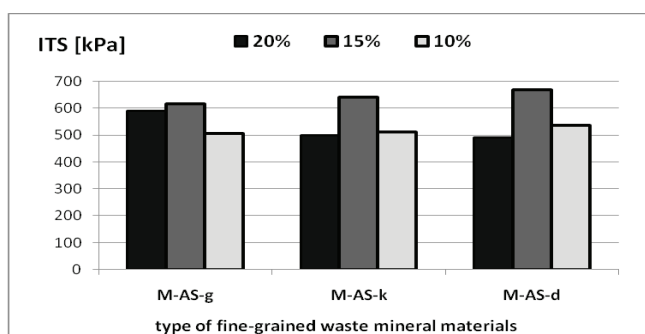


Fig. 4. Indirect tensile strength (ITS) base course

The technology of deep cold recycling mixes with foamed bitumen, with dolomite and gabbro fine-grained mineral material is resistant to the effects of water in all variant of mineral dust (Fig. 4). The minimum value of the ITS ratio (Fig. 5) was obtained in all mixes which waste material was incorporated in amount of

15%. It should be noted that the recycled base course, are resistant to the effects of water according to the criterion  $TSR_{min} = 0.7$  [2]. Only the mix marked M-AS-k at a concentration of mineral dust of 15% is vulnerable to the effect of the water equal 0.58.

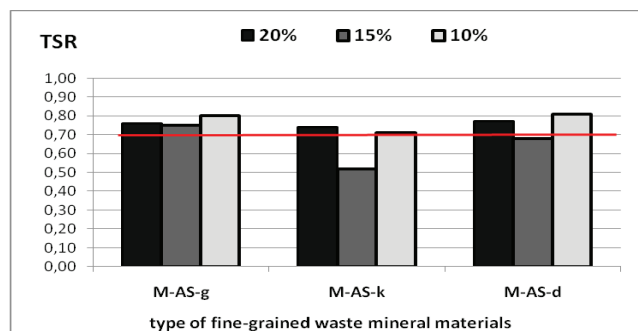


Fig. 5. Water sensitivity ratio (TSR) base course

## 5. Conclusions

From the analysis of the test results of base course in the recycling technology with foamed bitumen, the following conclusions can be drawn:

1. In order to apply the fine-grained mineral material is necessary to identify its characteristics and especially determining the value of pH, content of clay, the specific surface and volume of voids.
2. The best values of stability and stiffness according to Marshall methodology for all the recycled mixes were obtained at a concentration of 15% fine-grained waste material.
3. All mineral mixtures with foamed bitumen and waste material are resistant to the effects of water, at a concentration of 20% of grains less than 0.075 mm.
4. Due to the functional properties of mixes of in the recycling technology, the most beneficial is using a waste material from the gabbro aggregate in amount of 15%.

## References

- [1] Grzybowski A.: 8/1997. Drogownictwo. *Stosowanie do betonów asfaltowych mączki mineralnej z układu odpylania otaczarki*, s. 241-244.
- [2] Wirtgen Cold Recycling Manual. Wirtgen GmbH, Windhagen, Germany 2006.
- [3] Grzybowski A.: 1/2001. Drogownictwo. *Kryteria oceny przydatności wypełniaczy do mieszanek mineralno-asfaltowych*, s. 25-28.
- [4] Iwański M., Chomicz A.: 8/2006. Drogownictwo. *Przydatność stosowanych w Polsce asfaltów do spieniania*, s. 267-271.
- [5] Rafalski L.: *Podbudowy drogowe*. IBDiM. Warszawa 2007, s. 110-116.

Przemysław Buczyński

# Wpływ właściwości pyłów mineralnych na podbudowy z asfaltem spienionym

## 1. Wstęp

Drobnoziarnisty materiał mineralny powstaje jako „odpad” podczas wytwarzania mieszanki mineralno-asfaltowej w wytwórni w procesie odpylania kruszywa oraz podczas procesu technologicznego wytwarzania kruszywa w kopalni.

Wprowadzenie surowych wymogów środowiska określających zawartość pyłów przemysłowych emitowanych do atmosfery na  $100 \text{ mg/m}^3$  [1]. Wprowadzenie norm środowiskowych spowodowało konieczność zastosowania alternatywnego systemu odpylania jakim są filtry workowe. Stosowanie filtrów workowych przez WMA powoduje zatrzymanie niemal całości pyłów mineralnych podczas produkcji MMA. Tak otrzymane pyły są materiałem trudnym do utylizacji, praktycznie jest brak możliwości wykorzystania tego materiału ponownie.

Wstępna analiza technologii recyklingu głębokiego na zimno konstrukcji nawierzchni z zastosowanie asfaltu spienionego wykazała, że właśnie przy jej realizacji potencjalnie istnieje możliwość zastosowania drobnoziarnistego materiału mineralnego. Mieszanka mineralna recyklowanej podbudowy w zakresie tej technologii może zawierać od 5 do 20% [2] części mineralnych mniejszych od  $0,075 \text{ mm}$  – czyli pyłów mineralnych.

## 2. Badania właściwości funkcjonalnych drobnoziarnistych materiałów mineralnych

Przedmiotem badań w aspekcie zastosowania drobnoziarnistego materiału mineralnego w technologii recyklingu głębokiego na zimno z asfaltem spienionym były trzy rodzaje pyłów mineralnych, które różniły się od siebie miejscem pochodzenia oraz składem mineralogicznym. Dwa z nich są uzyskane z układu odpylania kruszywa na wytwórni mieszank mineralno-asfaltowych – dolomitowe (D) oraz gabrowe (G). Materiał drobnoziarnisty z piaskowca kwarcytowego (K) jest uzyskany z procesu płukania kruszywa na kopalni.

Określono właściwości funkcjonalne takie jak: powierzchnię właściwą określoną w aparacie Blaine'a

(Pw), zawartość minerałów ilastych – wskaźnik MBF, oznaczenie pustych przestrzeni suchego, zagęszczonego wypełniacza AVR.

Badanie podstawowych właściwości funkcjonalnych ma na celu określenie przydatności pyłów mineralnych w aspekcie wykorzystania do podbudowy z asfaltem spienionym w technologii recyklingu głębokiego na zimno.

Maksymalną wartość powierzchni właściwej PW osiągnęły pyły mineralne gabrowe (G) a następnie dolomitowe (D). Najmniejszą natomiast powierzchnią właściwą charakteryzowały się pyły z piaskowca kwarcytowego (K).

Największą wartość wskaźnika błękitu metylenowego MBF charakteryzujące zawartość minerałów ilastych w badanych pyłach, posiada materiał odpadowy z piaskowca kwarcytowego, co może być spowodowane występowaniem w pokładach skalnych ilołupka skalnego.

Najbardziej kwaśnym jest materiał z piaskowca kwarcytowego o wartości  $\text{pH} < 4,5$ . Drobnoziarnisty materiał mineralny charakteryzuje się wartością  $\text{pH}$  taką samą jak skały z jakich je uzyskano. Należy zauważyć, że wszystkie badane pyły osiągnęły podobną wartość AVR [%] na poziomie 55-57%. Największą wartość AVR [3] osiągnęły pyły z piaskowca kwarcytowego, najmniejszą natomiast pyły z kruszywa dolomitowego. Może być to związane z twardością pyłów, a raczej kruszywa z jakiego zostały uzyskane oraz uziarnienia pyłów.

## 3. Projekt mieszanki mineralnej

W celu oceny wpływu dodatku drobnoziarnistego materiału mineralnego do mieszanki mineralnej z asfaltem spienionym w technologii recyklingu głębokiego na zimno zaprojektowano trzy różniące się od siebie procentową zawartością pyłów mineralnych (20%, 15%, 10%) oraz rodzajem pyłu mineralnego.

Mieszankę mineralną recyklowanej podbudowy stanowił materiał istniejący w postaci destruktu asfaltowego uzyskanego z sfrezowanych warstw konstrukcyjnych, kruszywa dolomitowego  $31,5 \text{ mm}$  stanowią-

cy uprzednio podbudowę z kruszywa stabilizowanego mechanicznie oraz materiał doziarniający w postaci pyłów mineralnych (gabro, piaskowiec kwarcytowy oraz dolomitowych). Jako lepiszcze zastosowano asfalt spieniony Nyfoam85 w ilości 4,0% [4]. Zastosowano również dodatek cementu w ilości 1,5%.

#### 4. Projekt mieszanki mineralnej z asfaltem spienionym

W celu oceny wpływu drobnoziarnistego materiału mineralnego na właściwości mechaniczne podbudowy wykonanej w technologii recyklingu na zimno z asfaltem spienionym opracowano program badawczy składający się z dwu etapów.

W etapie pierwszym określono podstawowe właściwości fizyczno-mechaniczne recyklowanej podbudowy: stabilność i osiadanie wg Marshalla, sztywność wg Marshalla, wytrzymałość na pośrednie rozciąganie [5].

W drugim etapie badań określono odporność recyklowanych podbudów na oddziaływanie wody oraz wskaźnik TSR, w oparciu o ocenę jej wytrzymałość na pośrednie rozciąganie po oddziaływaniu wody IT-Swoda [2].

Dokonując analizy rezultatów badań mieszanki recyklowanej podbudowy, można stwierdzić, że podbudowa z asfaltem spienionym i drobnoziarnistym materiałem mineralnym pochodzenia gabrowego charakteryzuje się największą wartością stabilności wg Marshalla dla wszystkich procentowych ilości pyłów mineralnych założonych na etapie projektowania M-AS [2], pozostałe mieszanki mineralno-asfaltowe z tą samą koncentracją materiału odpadowego charakteryzują się znacznie mniejszą wartością stabilności.

Wartość sztywności wg Marshalla jest analogiczna do wartości stabilności. Największą wartość sztywności osiągnęły wszystkie mieszanki M-AS-g w zakresie stosowanych drobnoziarnistych materiałów mineralnych – 20%, 15% oraz 10% w mieszance mineralnej.

Mieszanka podbudowy wykonana w technologii recyklingu głębokiego na zimno z asfaltem spienionym, z drobnoziarnistym materiałem mineralnym gabrowym oraz dolomitowym jest odporna na oddziaływanie wody we wszystkich badanych koncentracjach. Minimalną wartość wskaźnika ITSR uzyskano we wszystkich mieszankach przy koncentracji drobnoziarnistego materiału odpadowego równej 15%. Należy zaznaczyć że recyklowane podbudowy, są odporne na oddziaływanie wody wg kryterium IT-SRmin = 0,7 [2]. Jedynie podbudowa M-AS-k przy

koncentracji pyłów ilości 15% jest nieodporna na oddziaływanie wody TSR = 0,58.

#### 5. Wnioski

Dokonując analizy wyników badań laboratoryjnych mieszanek recyklowanych podbudów z asfaltem spienionym w aspekcie wpływu ilości drobnoziarnistych mineralnych materiałów odpadowych na właściwości recyklowanej podbudów, można sformułować następujące wnioski:

- w celu zastosowania drobnoziarnistego materiału mineralnego niezbędne jest dokonanie rozpoznania jego właściwości, a zwłaszcza określenie kwasowości pH, zawartości części ilastych, powierzchni właściwej oraz objętości wolnych przestrzeni,
- najkorzystniejsze wartości stabilności oraz sztywności wg Marshalla dla wszystkich recyklowanych mieszanek osiągnięto przy koncentracji 15% drobnoziarnistego materiału odpadowego,
- wszystkie mieszanki mineralne z asfaltem spienionym oraz materiałem odpadowym są odporne na oddziaływanie wody, przy koncentracji 20% ziaren poniżej 0,075 mm,
- ze względu na właściwości funkcjonalne mieszanki recyklowanych podbudów najkorzystniejsze jest zastosowanie materiału odpadowego z kruszywa gabro w ilości 15%.