

MAREK IWAŃSKI<sup>1</sup>

RYSZARD ORZECZOWSKI<sup>2</sup>

Kielce University of Technology

<sup>1</sup>e-mail: iwanski@tu.kielce.pl

<sup>2</sup>e-mail: b06195ro@student.tu.kielce.pl

# THE EFFECT OF RUBBER AND SYNTHETIC WAX ON THE SELECTED PROPERTIES OF BITUMEN 50/70

## Abstract

*This article presents the results and the analysis of the study of the impact of rubber and synthetic wax on the properties of bitumen 50/70 with an addition of 5÷20% of granular rubber and 1÷2% of synthetic wax. The tests conducted within the study measured penetration, softening point, Fraass breaking point, elastic recovery and dynamic viscosity. Based on the study, the penetration index and the plasticity temperature range were calculated. The results show that the rubber modified with synthetic wax significantly improves the properties of bitumen 50/70.*

**Keywords:** bitumen, rubber modification, synthetic wax

## 1. Introduction

Research centres around the world are looking for ways to improve the quality and extend the durability of road pavements. One of the possible methods to enhance the pavement performance is the use of polymer modified bitumen or bitumen with other modifiers to produce asphalt mixtures. As the environmental factor is very important, many countries including Poland are conducting diverse research and development projects involving recycled rubber from tyre waste. This paper presents the results of the study of bitumen 50/70 modified with rubber and synthetic wax Fischer-Tropsch.

## 2. Characteristics of the material

Regular bitumen 50/70 in compliance with PN-EN 12591 was used in the study. The samples were collected in accordance with the requirements of PN-EN 58 and prepared for testing in accordance with PN-EN 12594. Asphalt-rubber binder is a mixture of hot asphalt and crumb rubber gradation 0÷0.8mm derived from scrap tires and synthetic wax produced by Fischer-Tropsch. The crumb rubber from car tires added to the asphalt (wet process technology) improves the binder properties [1]. Using the synthetic wax it is possible to reduce energy consumption and lower the viscosity necessary to surround the grains of the aggregate and increase the resistance to permanent deformation [2].

## 3. Selection of test parameters

The optimal binder properties are obtained at 200°C for 4 hours of stirring [3]. According to [4] the optimum thermal conditions for the rubber to bind with asphalt are in the temperature range of 190–240°C. Time of mixing asphalt with the rubber is long and continues for 3–8 hours. The use of synthetic wax does not cause major problems, since the waxes melt at the temperature of 70–140°C and are soluble in the asphalt binder simply by mixing. According to the national [6, 3, 4] and the foreign tests [7, 8] the binder annealing temperature was set at 180°C and the soaking time was set at 60 minutes.

## 4. Course of study

To determine the effect of rubber and synthetic wax on the properties of bitumen 50/70, 15 series of test has been performed, and were marked as symbols: GXDY.

G0D0	G0D1	G0D2
G5D0	G5D1	G5D2
G10D0	G10D1	G10D2
G15D0	G15D1	G15D2
G20D0	G20D1	G20D2

where: X – content of rubber in the binder modified with rubber and the synthetic wax [%], Y – content of synthetic wax in the binder modified with rubber and the synthetic wax [%], G15D2 – means that in the binder modified with rubber and the synthetic

wax, there is 15% of rubber and 2% of synthetic wax, G0D0 – means that in the binder modified with rubber and the synthetic wax, there is 0% of rubber and 0% of synthetic wax – basically it is a standard asphalt without any other additives.

The rubber in the form of crumb was added to the asphalt in the amount of 5%, 10%, 15% and 20% relative to the total weight of the binder. Synthetic wax was added to the asphalt in the amount of 1% and 2% relative to the total weight of binder. All the ingredients were mixed at 180°C for 5 minutes with a high speed mixer. While mixing, the sample containers were placed in a special thermos, in order to reduce the heat loss. After mixing, the mixture was heated in an oven at 180°C for 60 minutes. After the heating process, the following tests has been made:

- penetration process at the temperature of 25°C according to PN-EN 1426;
- softening temperature with the method of “Ring and Ball” according to PN-EN1427;
- Fraass breaking point according to PN-EN 12593;
- elastic recovery in the temperature of 25°C according to PN-EN 13398;
- dynamic viscosity designation according to PN-EN 13302.

## 5. Tests results

Vertical bars indicate confidence intervals of 0.95 (Figures of 1, 2, 5 and 6). The content of wax makes asphalt harder and stiffer in the operating temperature, it also reduces the penetration and increases the softening temperature. In the similar way, the rubber addition reduces penetration and increases the softening point (Figs 1-2). Penetration index is a measure of the sensitivity of asphalt. The lower the PI, the asphalt is thermally more sensitive [9]. Penetration index was calculated on the basis of the penetration at 25°C and softening temperature of PiK according to PN-EN 12591 [10].

With the increase of rubber and the synthetic wax content in the binder, the penetration index increases as well (Fig. 3). PI results for bitumen can be shaped roughly from -3 to +3.

The lower the value of PI, the bitumen softens quicker when heated rapidly, which basically means that it is more thermally sensitive [9]. The asphalt binder modified with rubber and synthetic wax characterizes with better penetration index. The plasticity temperature range TZP increases while increasing the content of rubber and synthetic wax in the binder (Fig. 4).

$$TZP = t_{PiK} - t_{lam} \quad (1)$$

where:  $t_{PiK}$  – softening point, °C,  $t_{lam}$  – Fraass breaking point.

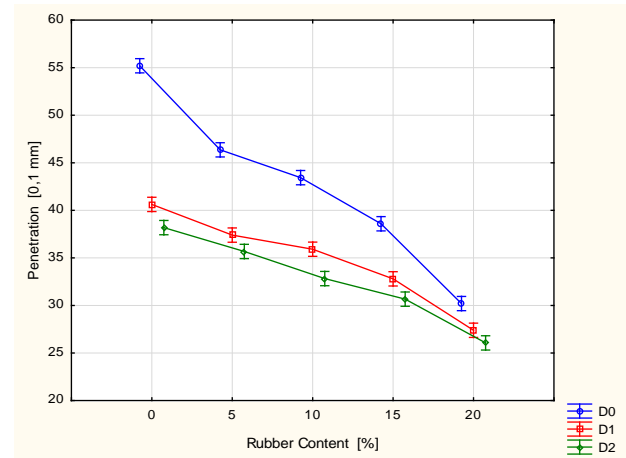


Fig. 1. Penetration value at 25°C in relation to rubber and synthetic wax content

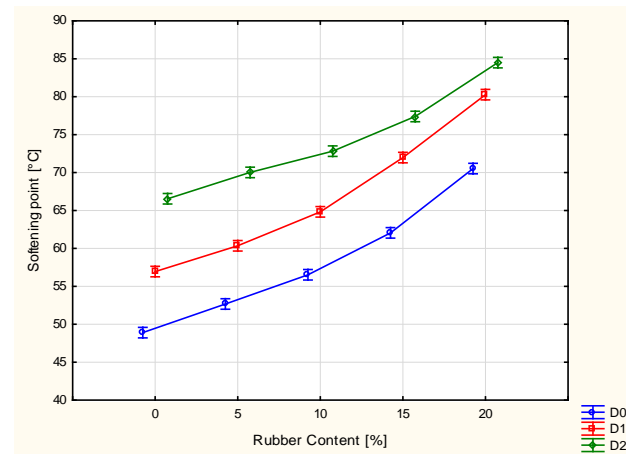


Fig. 2. Softening point „Ball and ring” value in relation to rubber and synthetic wax content

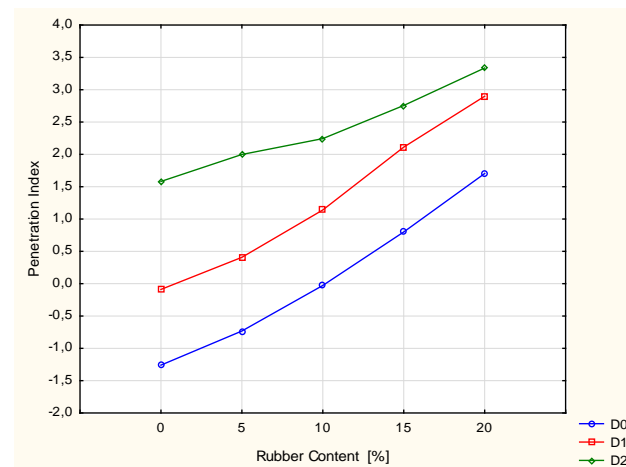


Fig. 3. Penetration index PI versus rubber and synthetic wax content

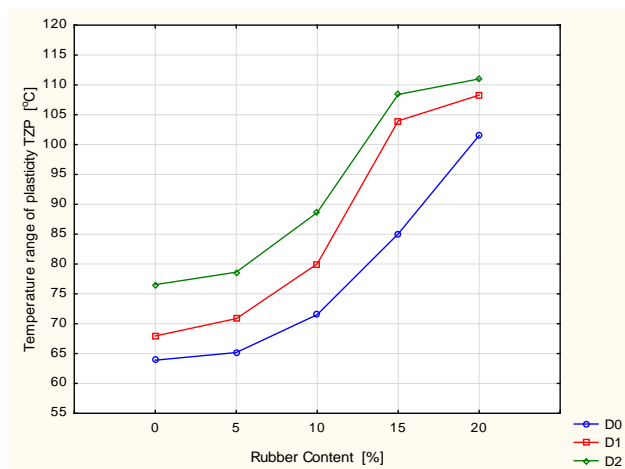


Fig. 4. Influence of rubber and synthetic wax on the plasticity temperature range TZP of 50/50 bitumen

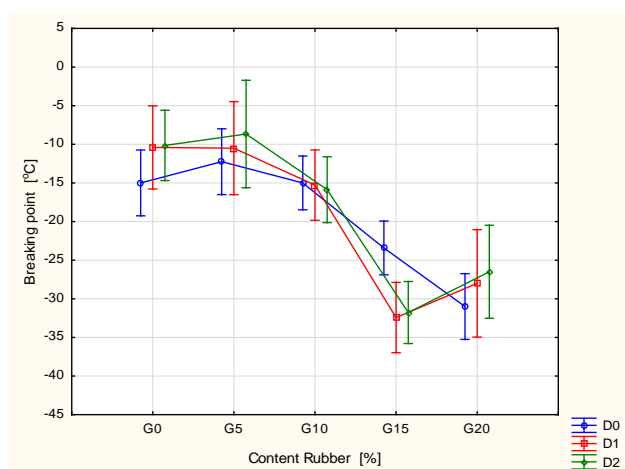


Fig. 5. Fraass breaking point versus rubber and synthetic wax content

Synthetic wax without any crumb rubber effect rising of the breaking point, which makes the properties of the binder worse. In the same way the crumb rubber addition in the amount of up to 10% makes the binder properties much worse. Over the 10% of rubber addition in the binder, the Fraass breaking point decreases rapidly, which points to better binder properties (Fig. 5). While increasing the rubber content in the binder, the value of the elastic recovery increases. With the rubber content of 20% the elastic recovery is about 80%. The addition of synthetic wax (rubber content from 5 to 15%) results in increasing the elastic recovery (Fig. 6). All the samples cracked before reaching 200 mm.

The addition of crumb rubber significantly increases the asphalt viscosity. The addition of synthetic wax increases the viscosity of the mineral asphalt mixture at the operating temperatures, and in the production temperature effects by lowering it. However, the

reduction of viscosity of the synthetic wax with a rubber content of 1% and 2%, is very slight. Figure 7 presents a summary results of studies of dynamic viscosity versus temperature for all the 15 series.

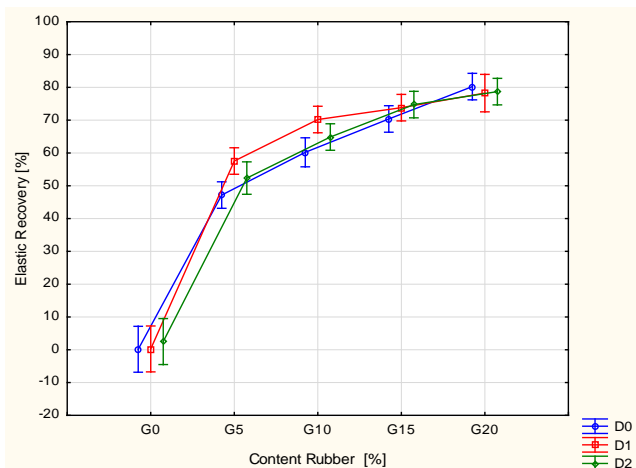


Fig. 6. Effect of rubber and synthetic wax on elastic recovery of bitumen 50/70

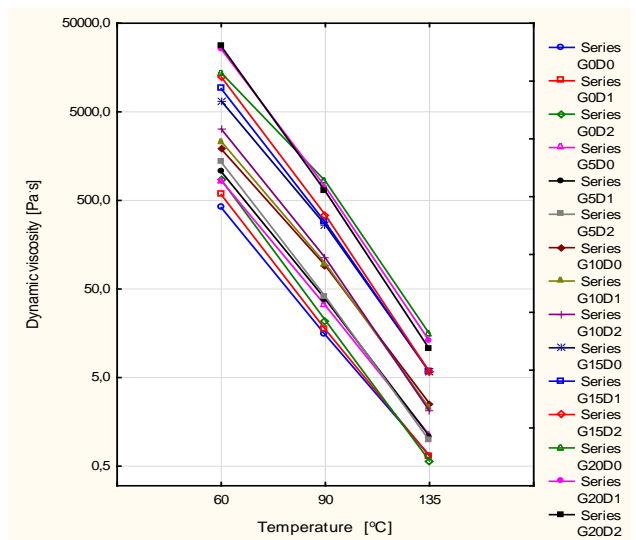


Fig. 7. Dynamic viscosity versus temperature

### 6. Conclusions

Tests and analyzes allow us to draw the following conclusions:

1. Addition of rubber and synthetic wax at the temperature of 180°C improves the properties of the bitumen 50/70.
2. The 50/70 asphalt, with the addition of rubber, produced at the temperature of 180°C has a lower penetration index and a higher softening point. The addition of synthetic wax results in a further reduction of the penetration index while the softening point increase.

3. The increase of rubber content significantly affects increase of the elastic recovery. Synthetic wax addition will increase those values even more.
4. The addition of rubber contributes to lower thermal sensitivity of asphalt, increase in penetration index and plasticity temperature range. Also in this case synthetic wax addition will increase those values.
5. The addition of rubber in the amount of 10–20% results in lowering the Fraass breaking point, which improves the properties of asphalt. Addition of synthetic wax with the content of rubber in the amount of 10% and 15% has beneficial effect on lowering the brittleness temperature of the binder.
6. The rubber addition increases the dynamic viscosity. Synthetic wax in an amount of 1–2%, increases the viscosity of the binder in the operating temperatures. And in the temperatures of 135–180°C slightly reduces the dynamic viscosity.

#### References

[1] Piłat J., Radziszewski P.: *Lepiszczka gumowo-asfaltowe – lepiszczka o zwiększonej odporności na starzenie*, „Magazyn Autostrady”, 10, 2012.

- [2] Iwański M., Mazurek G.: *Wpływ wybranego modyfikatora na właściwości asfaltu* „Drogownictwo” 10, 2011.
- [3] Radziszewski P.: *Modelowanie trwałości zmęczeniowej modyfikowanych kompozytów mineralno-asfaltowych*; WPB, 1997.
- [4] Stefańczyk B., Mieczkowski P.: *Dodatki katalizatory i emulgatory w mieszankach mineralno-asfaltowych*, WKŁ, 2010.
- [5] Butz T.: *Niskotemperaturowe mieszanki mineralno-asfaltowe modyfikowane woskami*, „Magazyn Autostrady”, 10, 2012.
- [6] Ruttmar I., Mularzu R., Radziszewski P., Piłat J., Sarnowski M.: *Odcinek doświadczalny wykonany z mieszanek mineralno-gumowo-asfaltowych*, „Nawierzchnie Asfaltowe”, 3, 2013.
- [7] Asphalt-Rubber Standard, Practice Guide, Prepared for the Rubber Pavements Association, October 1, 2012, Second Edition.
- [8] Technische Lieferbedingungen für Gummimodifizierte Bitumen TL RmB-StB By, Ausgabe 2010.
- [9] Błażejowski K., Styk S.: *Technologia warstw asfaltowych*, WKŁ, 2004.
- [10] PN-EN 12591:2010; *Asfalty i lepiszczka asfaltowe – Wymagania dla asfaltów drogowych*.

Marek Iwański  
Ryszard Orzechowski

## Wpływ gumy i syntetycznego wosku na wybrane właściwości asfaltu 50/70

### 1. Wprowadzenie

Institute naukowo-badawcze w Polsce i na świecie poszukują rozwiązań, które wpłynęłyby na poprawę jakości oraz wydłużenie trwałości nawierzchni drogowych. Jednym ze sposobów poprawy jakości i wydłużenia trwałości tych nawierzchni jest zastosowanie do produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych asfaltów modyfikowanych polimerami lub innymi dodatkami modyfikującymi. Bardzo ważne jest przy tym to, aby zastosowane rozwiązanie było korzystne dla środowiska naturalnego. W wielu krajach, w tym również i w Polsce prowadzone są badania nad modyfikacją asfaltu gumą uzyskaną ze zużytych opon

samochodowych. W tym artykule przedstawiono wyniki badań asfaltu 50/70 modyfikowanego gumą i woskiem syntetycznym Fischera-Tropscha.

### 2. Charakterystyka badanego materiału

Do wykonania badań użyto asfaltu zwykłego 50/70 spełniającego wymagania normy PN-EN 12591. Próbkę do badań zostały pobrane zgodnie z wymaganiami PN-EN 58 i przygotowane do badań w sposób zgodny z PN-EN 12594. Lepiszczko asfaltowo-gumowe jest mieszaniną gorącego asfaltu i miazgi gumowego o uziarnieniu 0÷0,8 mm pochodzącego z zużytych opon samochodowych i syntetycznego wosku produkowanego metodą Fischera-Tropscha. Rozdrobniona

guma z opon samochodowych dodawana do asfaltu (technologia *wet proces*) poprawia właściwości spoiwa [1]. Stosując wosk syntetyczny można zmniejszyć zużycie energii, obniżyć lepkość niezbędną do otoczenia ziaren kruszywa oraz zwiększyć odporność na odkształcanie trwale [2].

### 3. Dobór parametrów badania

Optymalne właściwości lepiszcza uzyskuje się w temperaturze 200°C w czasie 4 godzin mieszania. [3]. Według [4] optymalne warunki termiczne wprowadzania gumy w skład asfaltu występują w zakresie temperatur 190÷240°C. Czas mieszania miazgi gumowej z asfaltem jest długi i wynosi 3÷8 godzin. Czas ten jest uzależniony od intensywności mieszania, konstrukcji mieszadła, składu chemicznego asfaltu i granulacji gumy. Zastosowanie wosku syntetycznego nie stwarza większych problemów, ponieważ woski ulegają stopieniu w temperaturach od 70°C do 140°C i są rozpuszczalne w lepiszczu asfaltowym, przez zwykłe mieszanie. [5]. Po uwzględnieniu dotychczasowych doświadczeń krajowych [6, 3, 4] i zagranicznych [7, 8] ustalono temperaturę wygrzewania lepiszcza na 180°C i czas wygrzewania 60 minut.

### 4. Przebieg badania

W celu określenia wpływu gumy i wosku syntetycznego na właściwości asfaltu 50/70 wykonano 15 serii badawczych, oznaczonych ogólnym symbolem: GXDY.

Gumę w postaci miazgi dodawano do asfaltu w ilościach: 5%; 10%; 15% i 20% w stosunku do masy całkowitej spoiwa. Wosk syntetyczny dodawano do asfaltu w ilościach: 1% i 2% w stosunku do całkowitej masy spoiwa. Wszystkie składniki mieszano w temperaturze 180°C przez 5 minut szybkoobrotowym mieszadłem. Podczas mieszania pojemniki z próbkami umieszczano w specjalnym termosie po to, aby ograniczyć straty ciepła. Po wymieszaniu tak przygotowaną mieszkankę ogrzewano w suszarce w temperaturze 180°C przez 60 minut. Po zakończonym procesie wygrzewania wykonano następujące badania:

- penetracji w temperaturze 25°C wg PN-EN 1426,
- temperatury mięknięcia metodą „Pierścienia i Kuli” wg PN-EN1427,
- temperatury łamliwości Fraassa wg PN-EN 12593,
- nawrotu sprężystego w temperaturze 25°C wg PN-EN 13398,
- oznaczenie lepkości dynamicznej wg PN-EN 13302.

### 5. Wyniki badań

Na rysunkach 1, 2, 5 i 6 pionowe słupki oznaczają 0,95 przedziały ufności. Zawartość wosku powoduje utwardzenie oraz usztywnienie asfaltu w temperaturze eksploatacyjnej i wpływa na obniżenie penetracji oraz podwyższenie temperatury mięknięcia. W podobny sposób oddziałuje dodatek gumy obniżając penetrację i podwyższając temperaturę mięknięcia (rys. 1, 2).

Indeks Penetracji jest miarą wrażliwości asfaltu. Im niższy PI, tym asfalt jest bardziej wrażliwy termicznie [9]. Indeks penetracji obliczono na podstawie penetracji w temperaturze 25°C i temperatury mięknięcia PiK wg PN-EN 12591 [10]. Wraz ze wzrostem zawartości gumy i wosku syntetycznego w spoiwie rośnie wartość indeksu penetracji (rys. 3). Wyniki PI dla asfaltów mogą się kształtować w przybliżeniu od -3 do +3. Im niższa wartość PI, tym asfalt szybciej mięknie podczas ogrzewania tzn. jest bardziej wrażliwy termicznie [9]. Lepiszczta asfaltowe modyfikowane gumą i woskiem syntetycznym charakteryzuje się poprawionym indeksem penetracji. Temperaturowy zakres plastyczności TZP rośnie wraz ze wzrostem zawartości gumy i wosku syntetycznego w lepiszczu (rys. 4). TZP określono za pomocą wzoru (1). Wosk syntetyczny bez dodatku miazgi gumowej wpływa na podwyższenie temperatury łamliwości, czyli pogarsza właściwości lepiszcza. Również miał gumowy dodawany w ilościach do 10% wpływa na pogorszenie właściwości lepiszcza. Po przekroczeniu 10% zawartości gumy w lepiszczu następuje gwałtowne obniżenie temperatury łamliwości Fraassa, czyli poprawa właściwości lepiszcza (rys. 5). Wraz ze wzrostem zawartości gumy w lepiszczu rośnie wartość nawrotu sprężystego lepiszcza. Przy 20% zawartości gumy nawrót sprężysty wynosi ok. 80%. Dodatek wosku syntetycznego przy zawartości gumy 5÷15% wpływa na podwyższenie nawrotu sprężystego (rys. 6). We wszystkich przypadkach zerwanie próbek podczas badania nawrotu sprężystego następowało przed uzyskaniem wydłużenia 200 mm. Dodatek miazgi gumowej do asfaltu powoduje znaczne zwiększenie lepkości asfaltu. Dodatek wosku syntetycznego podwyższy lepkość mieszkanki mineralno-asfaltowej w temperaturach eksploatacyjnych, a w temperaturze produkcji wpływa na jej obniżenie. Obniżenie lepkości przy zawartości wosku syntetycznego 1% i 2% jest jednak nieznaczne. Na rysunku 7 przedstawiono zestawienie wyników badań lepkości dynamicznej w funkcji temperatury dla wszystkich 15 serii.

## 6. Wnioski

Przeprowadzone badania laboratoryjne i analizy pozwalają na wyciągnięcie następujących wniosków:

1. Stosowanie dodatku gumy i wosku syntetycznego w temperaturze 180°C wpływa korzystnie na właściwości asfaltu 50/70.
2. Asfalt 50/70 z dodatkiem gumy wytworzony w temperaturze 180°C charakteryzuje się niższą penetracją oraz wyższą temperaturą mięknięcia w porównaniu z asfaltem kontrolnym. Dodatek wosku syntetycznego powoduje dalsze obniżenie penetracji i podwyższenie temperatury mięknięcia.
3. Wzrost zawartości gumy istotnie wpływa na zwiększenie nawrotu sprężystego modyfikowanego lepiszcza. Dodatek wosku syntetycznego powoduje wzrost tej charakterystyki.
4. Obserwuje się synergiczną rolę dodatku gumy i wosku syntetycznego w zakresie mniejszej wrażliwości termicznej asfaltu, powoduje wzrost wartości indeksu penetracji oraz temperaturowego zakresu plastyczności.
5. Zastosowanie dodatku gumy do asfaltu 50/70 w ilości 10–20% wpływa na obniżenie temperatury łamliwości Fraassa. Dodatek wosku syntetycznego przy zawartości gumy 10% i 15% wpływa również korzystnie obniżając temperaturę łamliwości lepiszcza.
6. Dodatek gumy do asfaltu podwyższa lepkość dynamiczną lepiszcza. Wosk syntetyczny w ilości 1÷2% w temperaturach eksploatacyjnych zwiększa lepkość lepiszcza, natomiast w temperaturach od 135°C do 180°C wpływa nieznacznie na obniżenie lepkości dynamicznej.