

MAREK IWAŃSKI<sup>1</sup>  
ALEKSANDRA GORECZNA<sup>2</sup>  
Kielce University of Technology

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

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

# INFLUENCE OF SYNTHETIC WAX F-T ON AGING OF ROAD BITUMEN 35/50

## Abstract

*The research and analysis presented in this papers is to assess the influence of Fischer-Tropsch synthetic wax on road bitumen 35/50 aging. The scope of the research include: penetration at 25°C, the softening temperature according to the method of “Ring and Ball”, Fraass breaking point and dynamic viscosity at 60°C and 135°C. The research show that bitumen modified by synthetic wax are characterized by a significant increase in the softening point and a smaller change in penetration. Moreover, research show an increase in brittleness temperature, increase in viscosity at 60°C in each case the amount of added synthetic wax and the viscosity value at 135°C notes a smaller increase.*

**Keywords:** Synthetic Wax F-T, viscosity, bitumen 35/50, aging

## 1. Introduction

In recent years there has been rapid development of modern technologies of production and paving asphalt mixes in order to reduce interference with the surrounding environment. Primarily technologies are currently being developed to produce asphalt mixes with such technology as WMA (Warm Mix Asphalt). This technology is characterized by lower production temperature of asphalt mixes than produced traditionally, with identical physical and mechanical parameters.

One way to reduce the temperature of the production of asphalt mixes is the use of so-called low-temperature binder. These are road bitumen containing additional ingredients to lower the viscosity of asphalt at high temperatures. One of these ingredients is a synthetic wax produced by the Fischer-Tropsch synthesis [4]. Addition of a small amount of synthetic wax lowers the viscosity of the asphalt mixture all at temperatures above 130°C, thereby allows proper mixture surrounding of mineral aggregate grains at a lower temperature [1]. Through the use of binders at low temperature can lower the temperature of the production and incorporation of mineral mixture – asphalt about 30°C, it leads to the energy saving during

production of the mixture and lowering the emission of volatile compounds of asphalt [3].

The use of this type of modified binders also has a direct impact on improving the properties of asphalt mixtures, resulting in increased resistance to permanent deformation, and fatigue life. It should be noted that the durability of asphalt pavements is largely dependent on the course of aging processes, which result in reducing the value of the physical and chemical parameters and rheological properties of asphalt [7]. Degradation of asphalt parameters, causing deterioration in quality of the performed asphalt layer, as well the pavement structure.

The aging of asphalt binders can be divided into two main stages: technological aging (short-term) involving the process of storage, production and incorporation of asphalt mixture and exploitation aging (long-term) covering the service life of the pavement, during which it is influenced by the climatic conditions and the impact factors of environment [3]. The most intensive processes occur during the aging of asphalt mixing with hot aggregate in the paving mixer. The temperature is then highest (approximately 160–180°C), and the aggregate asphalt layer is thinnest. Evaporation occurs in oil

fractions and rapid oxidation of asphalt [4]. Currently, the issue of aging low-viscosity asphalt is not quite well understood due to the complexity of the processes during aging [2, 4, 5].

This paper presents the results of the laboratory tests of the impact of synthetic wax modified with Fischer-Tropsch on the properties of asphalt bitumen 35/50 subject to technological aging using the method RTFOT.

## 2. Methodology and test results

In the research to determine the effect of aging of the synthetic wax, as an input material bitumen 35/50 were used. As the modifier Fischer-Tropsch synthetic wax (present in granular form) was used. The wax was added in the amounts of 1.5, 2.0, 2.5 and 3.0%.

The samples were subjected to laboratory testing, indicating basic standardized properties:

- penetration at 25°C, according to PN-EN 1426,
- softening point „Ring and Ball”, according to PN-EN 1427,
- Fraass breaking point, according to PN-EN 12593,
- dynamic viscosity at temperature 60°C and 135°C.

Next all the binders were subject to simulated aging in the laboratory using the Rolling Thin Film Over Test (RTFOT) method by PN-EN12607-1. Assessment of the resilience of the synthetic wax-modified asphalt aging was based on the analysis of changes in their properties as a result of aging simulated in the laboratory.

### 2.1. The effect of the additive on the basic parameters of bitumen after aging

Changes the basic properties of the bitumen 35/50 before and after aging such as penetration and softening point, as a function of the amount of added modifier are shown in Figures 1-2.

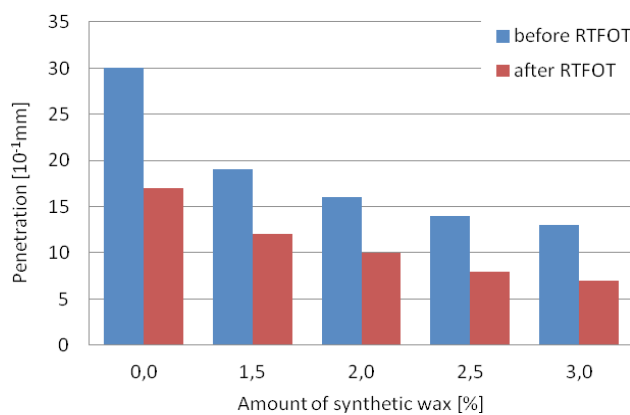


Fig. 1. Penetration at 25°C of bitumen 35/50 before and after aging RTFOT

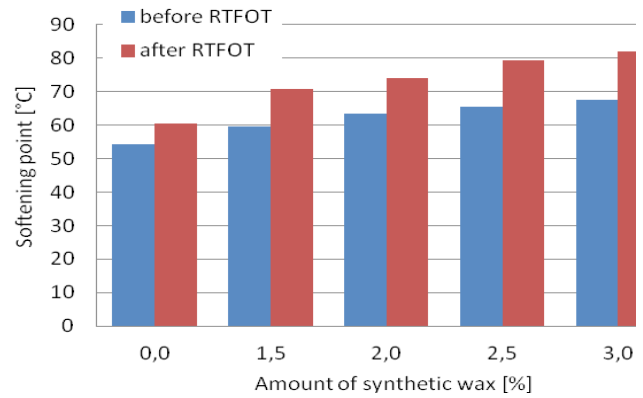


Fig. 2. Softening point “Ring and Ball” of bitumen 35/50 before and after aging RTFOT

Based on the analysis of the obtained results it can be concluded that the increase of synthetic wax additive cause a change of bitumen rheological characteristics. The aging process causes a stiffening of the bitumen, observed by decrease in the penetration and proportional increase in softening point. In the graph, we can see that the decrease of penetration with increasing quantities of added synthetic wax is much smaller than in the case of asphalt reference. For bitumen 35/50 containing 2.0% synthetic the smallest decrease of the penetration after aging wax observed. The highest increase of softening point was obtained for the wax content of 2-3%.

The results of Fraass breaking point before and after aging of modified bitumen are shown in Figure 3.

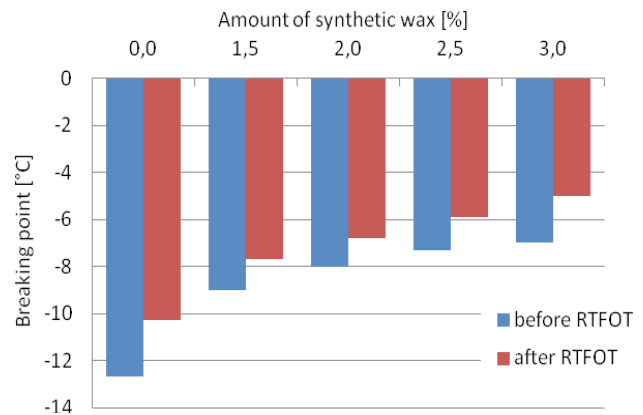


Fig. 3 Fraass breaking point of bitumen 35/50 before and after aging RTFOT

Based on the analysis of the test results it can be concluded that the temperature of brittleness increases with the amount of wax addition. Reference bitumen after aging with RTFOT method is characterized by increased Fraass breaking point about 2.5°C. The addition of synthetic wax F-T in the amount of 2.0% after aging is characterized by the smallest change in Fraass breaking point of approximately 1°C.

### 2.2. Penetration index

On the basis of the test results of penetration at 25°C, softening point and breaking point specified penetration index (PI), which is the measure of thermal sensitivity of the bitumen. The change of penetration index (Fig. 4) was calculated according to DIN EN 12591 using the formula:

$$IP = \frac{20T_{PiK} + 500 \log P - 1952}{T_{PiK} - \log P + 120} \quad (1)$$

where:  $T_{PiK}$  – softening point, °C,  $P$  – penetration at 25°C.

Subsequently, the temperature range of plasticity (TZP) defines the range of temperatures at which bitumen has viscoelastic properties. TZP was calculated using the formula:

$$TZP = T_{PiK} - T_{lam} \quad [^{\circ}C] \quad (2)$$

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

Changes in the value of penetration index and plasticity temperature range of bitumen 35/50 modified synthetic wax F-T are shown in Figures 4 and 5.

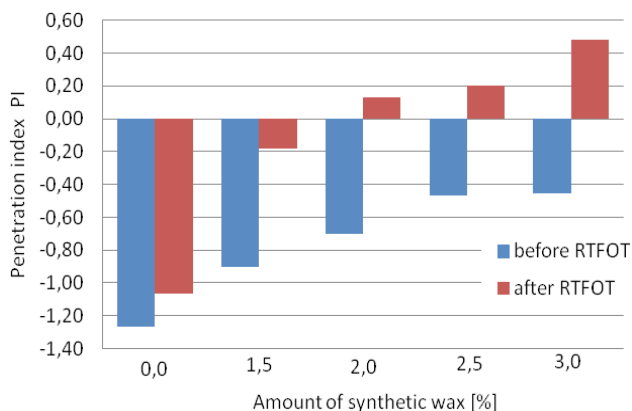


Fig. 4 Penetration index bitumen 35/50 before and after aging RTFOT

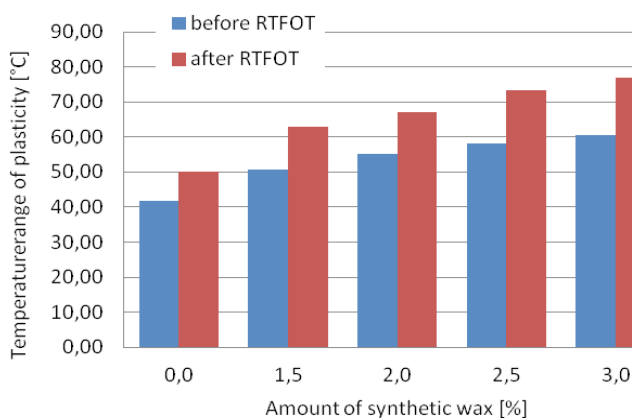


Fig. 5. Temperature range of plasticity bitumen 35/50 before and after aging RTFOT

Results shown prove that with increasing amount of addition of wax penetration index increased. In the case of the reference bitumen after aging RTFOT an increase is negligible. The largest increase of penetration index was obtained after aging of bitumen 35/50 with the content of synthetic wax 1.5-2.0%, thereby resulting in a greater resistance to temperature changes. Temperature range of plasticity after aging in all cases increased, which means that it can increase the temperatures at which the bitumen retains its viscoelastic properties. Synthetic wax in the amount of over 1.5% caused that the temperature range of plasticity is maintains above 60°C.

### 2.3. Dynamic viscosity

An important element of the study was to evaluate the effect of the synthetic wax F-T on the dynamic viscosity at 60°C and 135°C bitumen 35/50 subjected to technological aging (Figs. 6-7). Viscosity is one of the fundamental rheological properties of bitumen [2, 9]. It should be noted that it is one of the most important parameters to assess the behavior of bitumen in the case of long-term asphalt load of pavement surface by vehicle as well as the parameter indicating the possibility of the production of asphalt mixture at low temperatures.

The results of changes bitumen 35/50 in the value of dynamic viscosity at 60°C and 135°C are shown in Figures 6 and 7.

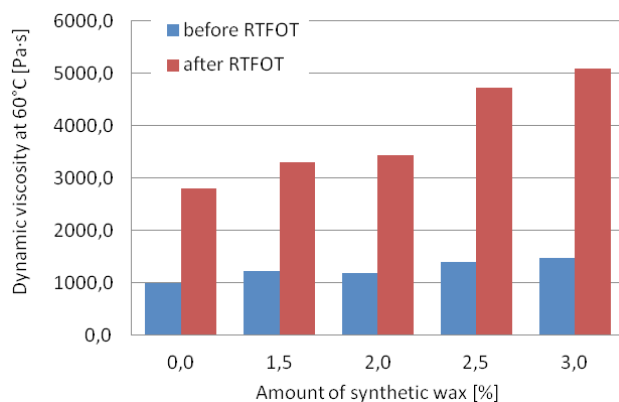


Fig. 6. Dynamic viscosity of bitumen 35/50 at 60°C before and after aging RTFOT

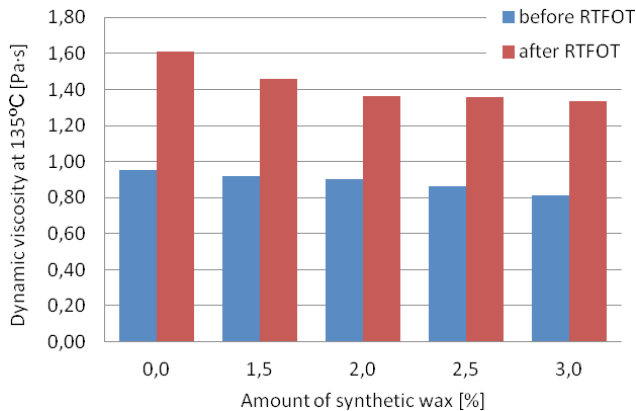


Fig. 7. Dynamic viscosity of bitumen 35/50 at 135°C before and after aging RTFOT.

Based on analysis of the test results shown in Figure 6 and 7, it can be seen that with increasing content of synthetic wax at 60°C a significant increase occurs in the dynamic viscosity of the bitumen by RTFOT aging in relation to the dynamic viscosity before aging. In the case of temperature of 135°C with increasing amounts of synthetic wax after aging a decrease in viscosity is observed, thus contributing to the proper coating of binder aggregate. The amount of synthetic wax 2–3% causes the lowest viscosity increase in after aging compared to the reference bitumen.

### 3. Conclusions

On the basis of research of bitumen 35/50 with the addition of synthetic wax F-T subjected to the aging process the following conclusions can be drawn:

- technological aging causes a decrease in the penetration and softening temperature rises resulting in hardening of bitumen with increasing amounts of synthetic wax F-T,
- addition of synthetic wax F-T in the amount of 2.0% causes a slight increase in Fraass breaking point of bitumen after aging,
- increase in the amount of synthetic wax addition leads to an increase in the thermal sensitivity of the bitumen as a result of aging by increasing penetration index and plasticity range of temperature increase,
- taking the viscosity increase as the assessment measure of aging, it can be concluded that bitumen modified with 2.0% synthetic wax F-T is most resistant to changes of the rheological properties.

### References

- [1] Błażejowski K., Styk S.: *Technologia warstw asfaltowych*, WKiŁ, Warszawa 2009.
- [2] Gawęł, J., Kalabińska, M., Piłat J.: *Asfalty drogowe*, WKiŁ, Warszawa 2001.
- [3] Hurley G., Prowell B.: NCAT report 05-06. *Evaluation of Sasobit for use in warm mix asphalt*. Auburn, 2005.
- [4] Iwański M., Mazurek G.: *Asphalt Concrete with Low-Viscosity Modifier*. Proceedings 2<sup>nd</sup> International Conference of Transport Infrastructures. São Paulo, Brazil, 4-6 August 2010, pp.167–176
- [5] Iwański M., Mazurek G.: *The influence of the low-viscosity modifier on viscoelasticity behavior of the bitumen at high operational temperature*. 8<sup>th</sup> International Conference. Environmental Engineering. May 19-20, 2011, Vilnius, Lithuania, pp. 1097–1102.
- [6] Iwański M., Mazurek G.: *Rheological characteristics of syntetic wax-modified asphalt binders*. Polimery 2012, 57, nr 9, pp. 661-664
- [7] Judycki J., Stiens M.: *Mieszanki mineralno-asfaltowe na ciepło – przegląd dodatków*. Drogownictwo nr 7-8, 2010, s. 227–232.
- [8] Piłat J., Radziszewski P.: *Nawierzchnie asfaltowe*, WKiŁ, Warszawa 2010.
- [9] Radziszewski P.: *Wpływ modyfikacji elastomerem SBS na właściwości reologiczne lepiszczy asfaltowych*. Polimery nr 7–8, 2008, s. 559–563.
- [10] Trzaska E.: *Laboratoryjne metody badania procesu starzenia lepiszczy asfaltowych, symulujące starzenie technologiczne i eksploatacyjne*. Nafta-Gaz, czerwiec 2010, s. 500–506.

Marek Iwański  
Aleksandra Goreczna

# Wpływ wosku syntetycznego F-T na starzenie asfaltu drogowego 35/50

## 1. Wprowadzenie

W Polsce opracowuje się obecnie technologie umożliwiające wyprodukowanie mieszanek mineralno-asfaltowych w technologii na ciepło WMA (ang. Warm Mix Asphalt) [4, 7]. Jedną z metod obniżenia temperatury wytwarzania mieszanki jest zastosowanie tzw. lepiszczy niskotemperaturowych. Są to asfalty drogowe zawierające dodatkowe składniki obniżające lepkość asfaltu w wyższych temperaturach. Jednym z takich składników jest wosk syntetyczny otrzymywany w procesie syntezy Fischera-Tropscha (F-T) [3, 5, 6, 7]. Jego zastosowanie umożliwia obniżenie temperatury produkcji i wbudowywania mieszanki mineralno-asfaltowej o około 30°C. Dzięki temu uzyskuje się oszczędność energii podczas produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej oraz wpływa na obniżenie emisji lotnych związków asfaltu. Należy zaznaczyć również, że trwałość nawierzchni asfaltowych w dużym stopniu zależy od przebiegu procesów starzeniowych związanych z oddziaływaniem wysokiej temperatury na lepiszcze asfaltowe, w wyniku których następuje obniżenie wartości jego parametrów fizykochemicznych i reologicznych [10].

Najintensywniejsze procesy starzenia asfaltu zachodzą w czasie wytwarzania mieszanki mineralno-asfaltowej, kiedy lepiszcze łączy się z kruszywem w mieszalniku otaczarki. Oddziałująca temperatura jest wtedy najwyższa (wynosi około 160–180°C), a błonka asfaltu na kruszywie jest najcieńsza [2, 8, 9]. W konsekwencji występuje proces odparowania frakcji olejowych i szybkie utlenianie związków asfaltu [1, 2], powodując utratę jego właściwości lepko-sprężystych.

W artykule przedstawione wyniki badań laboratoryjnych wpływu wosku syntetycznego F-T na właściwości asfaltu drogowego 35/50 poddanego starzeniu technologicznemu za pomocą metody RTFOT.

## 2. Metodyka i rezultaty badań

Badaniach wpływu wosku syntetycznego F-T na zmianę właściwości lepiszcza wykonano wykorzystując asfalt drogowy 35/50. Wosk syntetyczny F-T

dozowano do lepiszcza w ilości 1,5%, 2,0%, 2,5% i 3,0% w stosunku do jego masy. Następnie określono następujące właściwości asfaltu 35/50 modyfikowanego woskiem F-T:

- penetrację w temperaturze 25°C, zgodnie z PN-EN 1426,
- temperaturę mięknięcia wg metody „Pierścień i kula”, zgodnie z PN-EN 1427,
- temperaturę łamliwości wg Fraassa, zgodnie z PN-EN 12593,
- lepkość dynamiczną w temperaturze 60°C i 135°C.

Modyfikowane lepiszcze z różnymi zawartościami wosku syntetycznego F-T poddano procesowi symulującemu starzenie technologiczne w warunkach laboratoryjnych, stosując metodę RTFOT (Rolling Film Over Test) wg normy PN-EN12607-1. Jako kryterium oceny wpływu dodatku wosku syntetycznego F-T na proces starzenia asfaltu 35/50 przyjęto zmianę jego właściwości przed i po oddziaływaniu czynnika temperaturowego.

### 2.1. Wpływ dodatku na podstawowe parametry asfaltu po procesie starzenia

Zmiany podstawowych właściwości asfaltu po procesie starzenia tj. penetracji i temperatury mięknięcia w zależności od ilości modyfikatora (wosku syntetycznego F-T) przedstawiono na rysunkach 1-2.

Na podstawie analizy uzyskanych wyników badań można stwierdzić, że wzrost ilości dodatku wosku syntetycznego powoduje zmianę badanych właściwości asfaltu. Proces starzenia powoduje usztywnienie lepiszcza charakteryzowane obniżeniem penetracji oraz proporcjonalny wzrost temperatury mięknięcia. Można stwierdzić, że obniżenie penetracji asfaltu 35/50 wraz ze wzrostem ilości dodatku wosku syntetycznego jest znacznie mniejsze niż w przypadku asfaltu referencyjnego. Najmniejszy spadek penetracji po procesie starzenia odnotowano dla asfaltu 35/50 z zawartością 2,0% wosku syntetycznego. Natomiast największy wzrost temperatury mięknięcia uzyskano dla zawartości wosku F-T w zakresie od 2% do 3%.

Wyniki zmiany temperatury łamliwości asfaltu 35/50 modyfikowanego woskiem syntetycznym F-T po starzeniu przedstawiono na rysunku 3.

Na podstawie analizy wyników badań można stwierdzić, że wartość temperatury łamliwości rośnie wraz z ilością dodawanego wosku. Asfalt referencyjny po starzeniu metoda RTFOT charakteryzuje się podwyższoną temperaturą łamliwości o 2,5°C. Zastosowanie dodatku wosku syntetycznego w ilości 2,0% do asfaltu 35/50 cechuje się najmniejszą zmianą jego temperatury łamliwości w zakresie około 1°C po procesie starzenia.

## 2.2. Indeks penetracji

Na podstawie wyników oznaczenia penetracji w temperaturze 25°C, temperatury mięknięcia oraz temperatury łamliwości określono indeks penetracji (PI), będący miarą wrażliwości termicznej asfaltu.

Zamianę indeksu penetracji (rys. 4) określono zgodnie z normą PN-EN 12591 za pomocą wzoru (1). Następnie obliczono temperaturowy zakres plastyczności modyfikowanego asfaltu 35/50 (TZP) charakteryzowany zakresem temperatur, w których lepiszcze zachowuje właściwości lepko sprężyste (wzór (2)).

Zmiany wartości indeksu penetracji oraz temperaturowego zakresu plastyczności asfaltu 35/50 modyfikowanego woskiem syntetycznym przedstawiono na rysunkach 4 i 5.

Badania wykazały, że wraz ze wzrostem ilości dodatku wosku F-T nastąpił wzrost indeksu penetracji lepiszcza. W przypadku asfaltu referencyjnego po procesie starzenia RTFOT wzrost ten jest nieznaczny. Największy wzrost indeksu penetracji po starzeniu uzyskał asfalt 35/50 z zawartością 1,5–2,0% wosku syntetycznego. Temperaturowy zakres plastyczności po starzeniu we wszystkich zakresach dozowania wosku syntetycznego F-T do asfaltu 35/50 uległ wzrostowi. Tym samym zwiększył się zakres temperatur, w których modyfikowany asfalt zachowuje swoje właściwości lepko sprężyste. Należy zaznaczyć, że asfalt 35/50 modyfikowany woskiem syntetycznym w ilości powyżej 1,5% uzyskał temperaturowy zakres plastyczności powyżej 60°C.

## 2.3. Lepkość dynamiczna

Istotnym elementem badań była ocena wpływu dodatku wosku syntetycznego F-T na lepkość dynamiczną w temperaturze 60°C i 135°C asfaltu 35/50 poddanego starzeniu technologicznemu (rys. 6-7). Lepkość jest jedną z podstawowych właściwości reologicznych asfaltu [2]. Należy zauważyć, że jest ona jednym z najważniejszych parametrów oceny zachowania się lepiszcza w przypadku wystąpienia długotrwałych obciążeń nawierzchni drogowych ruchem pojazdów jak również parametrem decydującym o możliwości produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej w obniżonej temperaturze.

Na podstawie analizy uzyskanych wyników badań (rys. 6-7) można stwierdzić, że wraz ze wzrostem zawartości wosku syntetycznego F-T w temperaturze 60°C następuje znaczny wzrost lepkości dynamicznej asfaltu 35/50 po starzeniu asfaltu metodą RTFOT w stosunku do jego lepkości dynamicznej przed starzeniem. W przypadku temperatury 135°C wraz ze wzrostem ilości wosku syntetycznego po procesie starzenia następuje spadek parametru lepkości, przyczyniając się tym samym do poprawnego obtoczenia ziaren kruszywa lepiszczem. W zakresie ilości od 2 do 3% dozowanego wosku syntetycznego F-T do asfaltu 35/50 lepkość charakteryzuje się najmniejszym przyrostem wartości po procesie starzenia w stosunku do asfaltu referencyjnego.

## 3. Podsumowanie

Na podstawie wykonanych badań asfaltu drogowego 35/50 z dodatkiem wosku syntetycznego Fischera-Tropscha poddanego starzeniu technologicznego RTFOT można sformułować następujące wnioski:

- starzenie technologiczne wraz ze wzrostem ilości wosku syntetycznego F-T powoduje spadek penetracji oraz wzrost temperatury mięknięcia powodując usztywnienie asfaltu 35/50 niezależnie od ilości modyfikatora,
- dodatek wosku syntetycznego F-T w ilości 2,0% powoduje niewielki wzrost temperatury łamliwości asfaltu 35/50 po procesie starzenia,
- wzrost ilości dodatku wosku syntetycznego F-T powoduje zwiększenie wrażliwości termicznej asfaltu w wyniku starzenia, poprzez wzrost indeksu penetracji, jak i wzrost temperaturowego zakresu plastyczności,
- przyjmując za ocenę starzenia asfaltu przyrost lepkości dynamicznej można stwierdzić, że najbardziej odporny na zmiany reologiczne jest asfalt 35/50 modyfikowany 2,0% wosku syntetycznego.