

Artykuł opublikowany w zbiorze referatów VIII Międzynarodowej Konferencji Trwałe i Bezpieczne Nawierzchnie Drogowe, Kielce 2002

**Stanisław Styk, BP Polska, BP Bitumen**

**Aneta Jurenc, BP Polska, BP Bitumen**

## **Zmiana modułów sztywności oraz kąta przesunięcia fazowego po starzeniu (RTFOT) asfaltów drogowych zwykłych oraz modyfikowanych**

### **1. Wstęp.**

Starzenie technologiczne asfaltów drogowych jest wynikiem technologicznego zabiegu otaczania kruszywa asfaltem w wytwórniach mieszanek mineralno-asfaltowych. Starzenie technologiczne polega na utracie pewnej części lekkich frakcji asfaltu oraz utlenianiu się węglowodorów. Laboratoryjnie, zjawiska te są symulowane przez tzw. odparowanie w cienkiej warstwie. Starzenie ma wpływ na właściwości lepko-sprężyste, będące funkcją temperatury i czasu obciążenia. Do zobrazowania cech lepko-sprężystych wykorzystywany jest często moduł zespolony ( $G^*$ ) oraz jego części: rzeczywista ( $G'$ ) i urojona ( $G''$ ). Analizie pomaga również ocena zmian kąta przesunięcia fazowego ( $\phi$ ) będącego miarą opóźnienia odkształcenia w stosunku do naprężenia.

Ocena tych właściwości reologicznych asfaltów po starzeniu jest oceną lepkości znajdującego się w wyprodukowanej mieszance mineralno-asfaltowej.

### **2. Metodyka badań.**

Zmiany w asfalcie uzyskano poprzez starzenie laboratoryjne w aparacie RTFOT, czyli obrotowym urządzeniu z wymuszonym nadmuchem gorącego powietrza.

Do określenia modułów oraz kąta przesunięcia fazowego przed i po starzeniu wykorzystano urządzenie DSR (Dynamic shear rheometer) według programu SHRP. Badanie to polega na pomiarze odkształceń oraz siły generowanej w próbce asfaltu umieszczonej pomiędzy

dwoma równoległymi płytkami o średnicy 25 mm. Częstotliwość drgań wynosiła 1Hz. Badanie wykonano w czterech temperaturach: 46°C, 50°C, 55°C, 60°C. Wynikiem badania są:

- moduł zespolony ( $G^*$ )
- moduł sprężystości ( $G'$ ) (część rzeczywista modułu zespolonego)
- moduł sztywności ( $G''$ ) (część urojona modułu zespolonego)
- kąt przesunięcia fazowego ( $\phi$ )

### 3. Materiały

Badaniom poddano siedem różnych asfaltów drogowych zwykłych i modyfikowanych. Podstawowe właściwości badanych asfaltów przedstawiono w tabelicy 1.

**Tablica 1.** Podstawowe właściwości badanych asfaltów.

Właściwości	jednostki	DE 30C	DE 30B	DE 80B	DE 80C	D 50	D 70	D 200
Penetracja 25 °C	dmm	39	43	64	50	46	72	169
PiK	°C	75	60	53	67	53	47	39

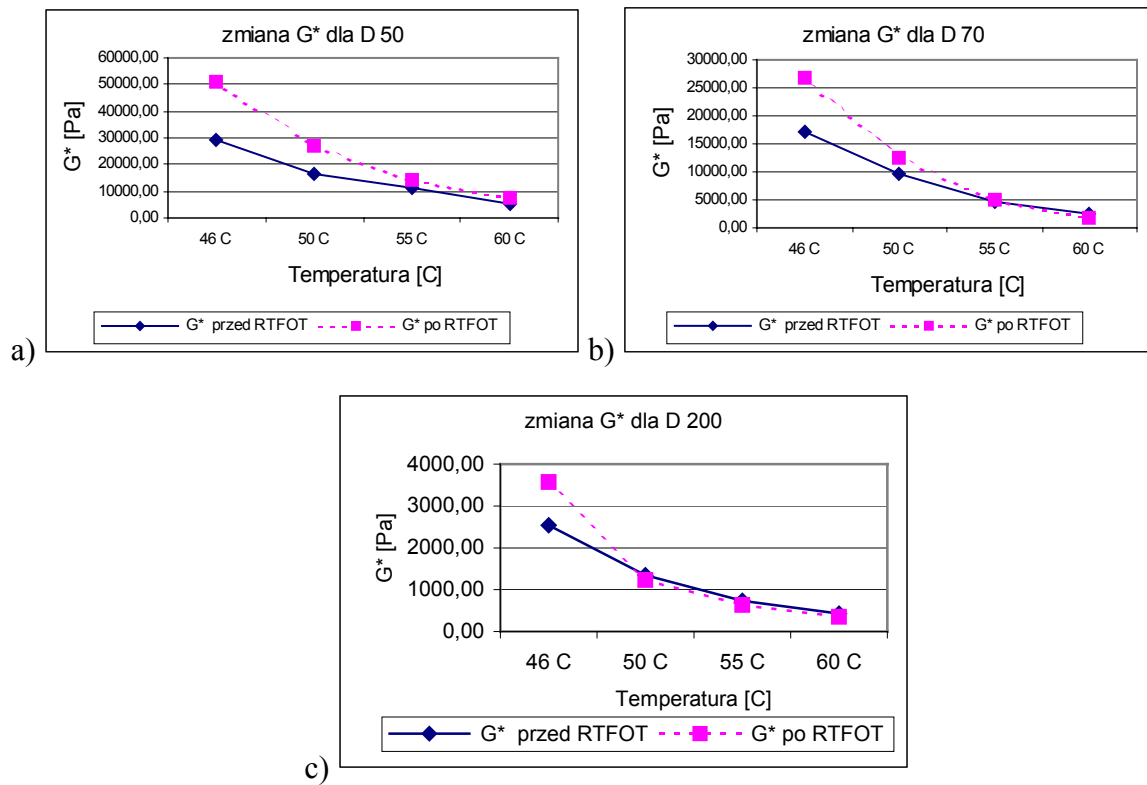
Asfalty zwykłe D 50, D 70, D 200 są zgodne z PN-C-96170:1965, natomiast asfalty modyfikowane z TWT Polimeroasfalty drogowe TWT-PAD-97.

### 4. Zmiana modułów po starzeniu

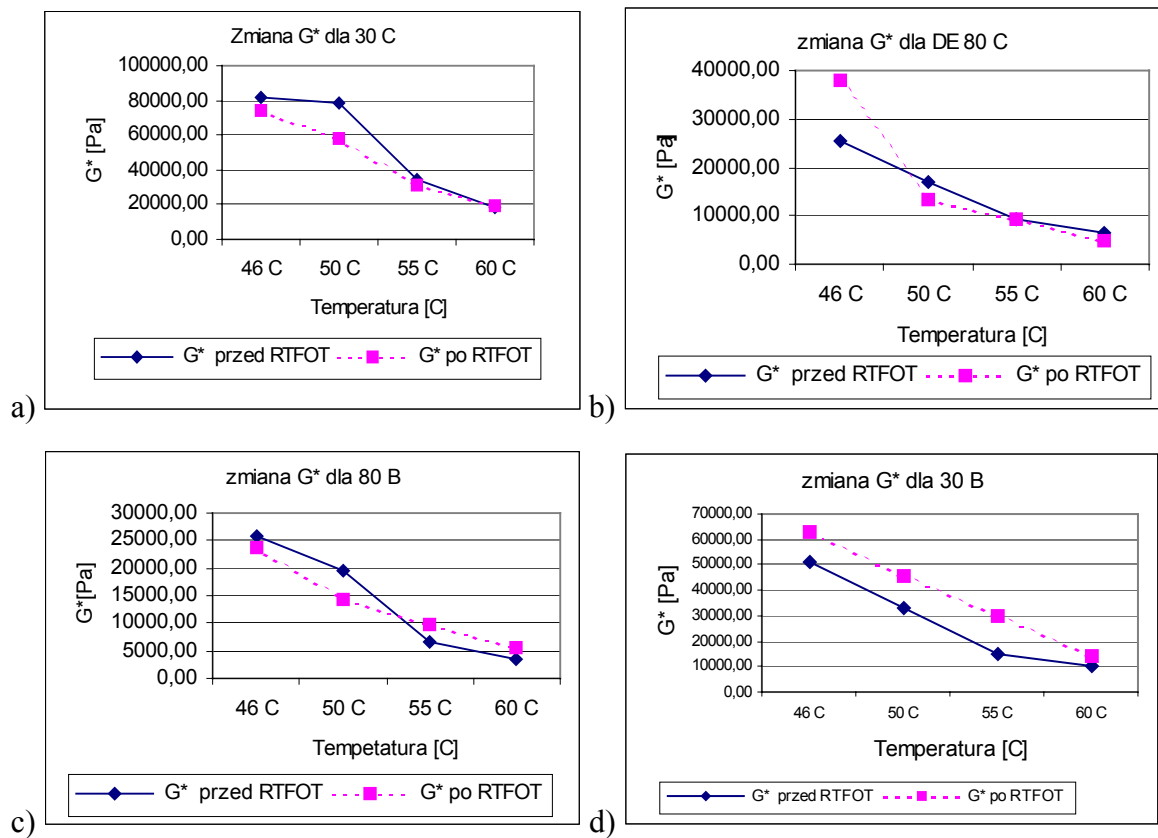
Na rysunku 1 przedstawiono zmiany modułu  $G^*$  na skutek starzenia w aparacie RTFOT. Analizę zmian należy podzielić na dwie grupy, asfalty modyfikowane i zwykłe. Dla asfaltów zwykłych zależność jest charakterystyczna dla wszystkich badanych asfaltów. Największy przyrost modułu zaobserwowano w temperaturze 46°C i niewielkie zmiany bądź ich brak w temperaturze 60°C. Przebieg zmian jest charakterystyczny, co jest przedstawione na rysunku 1 a), b), c). Twardsze asfalty mają większy przyrost modułu  $G^*$  w niższych temperaturach.

Zależności takiej niestety nie można odnaleźć dla asfaltów modyfikowanych. Zmiany modułów pokazują, że wpływ na zmianę modułów oprócz konsystencji ma również stopień modyfikacji czyli zawartości elastomeru co pokazuje Rysunek 2 a), b), c), d).

**Rysunek 1.  $G^*$  przed i po RTFOT dla asfaltów zwykłych**



**Rysunek 2.  $G^*$  przed i po RTFOT**

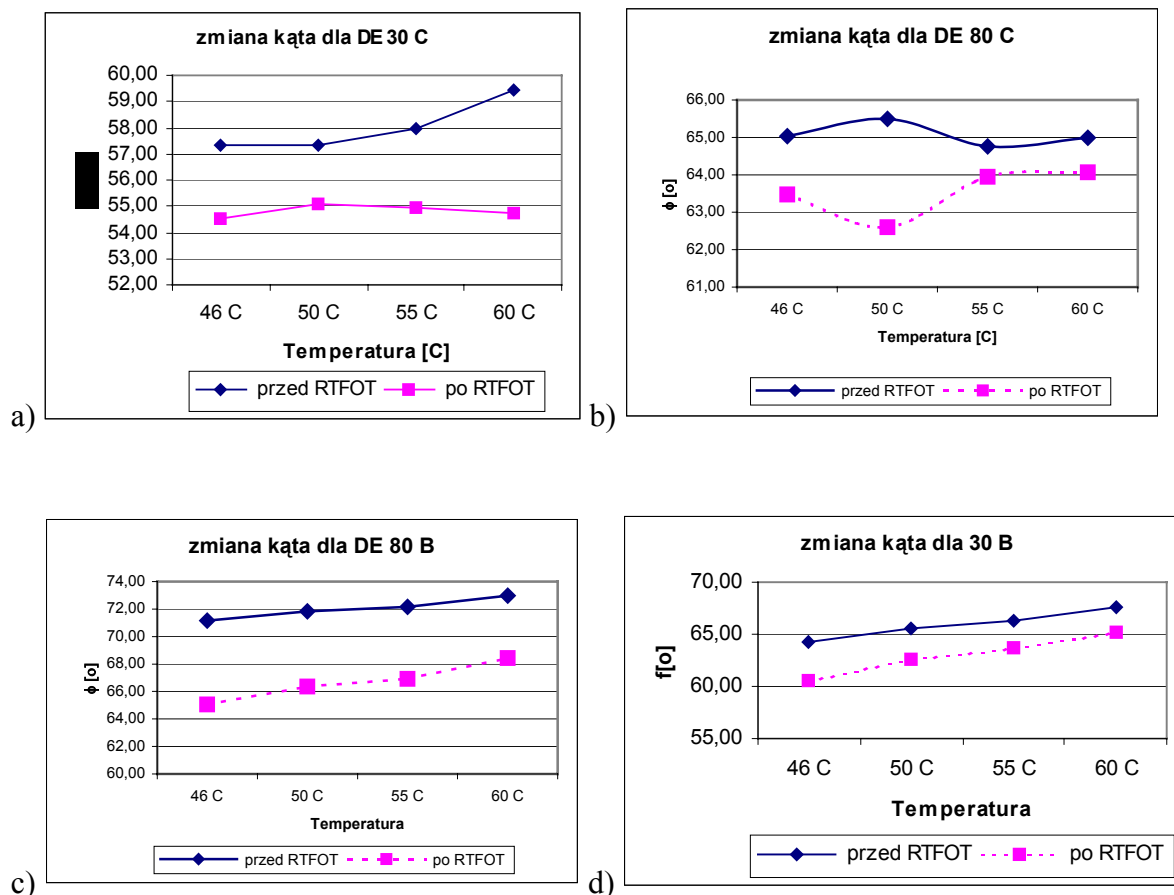


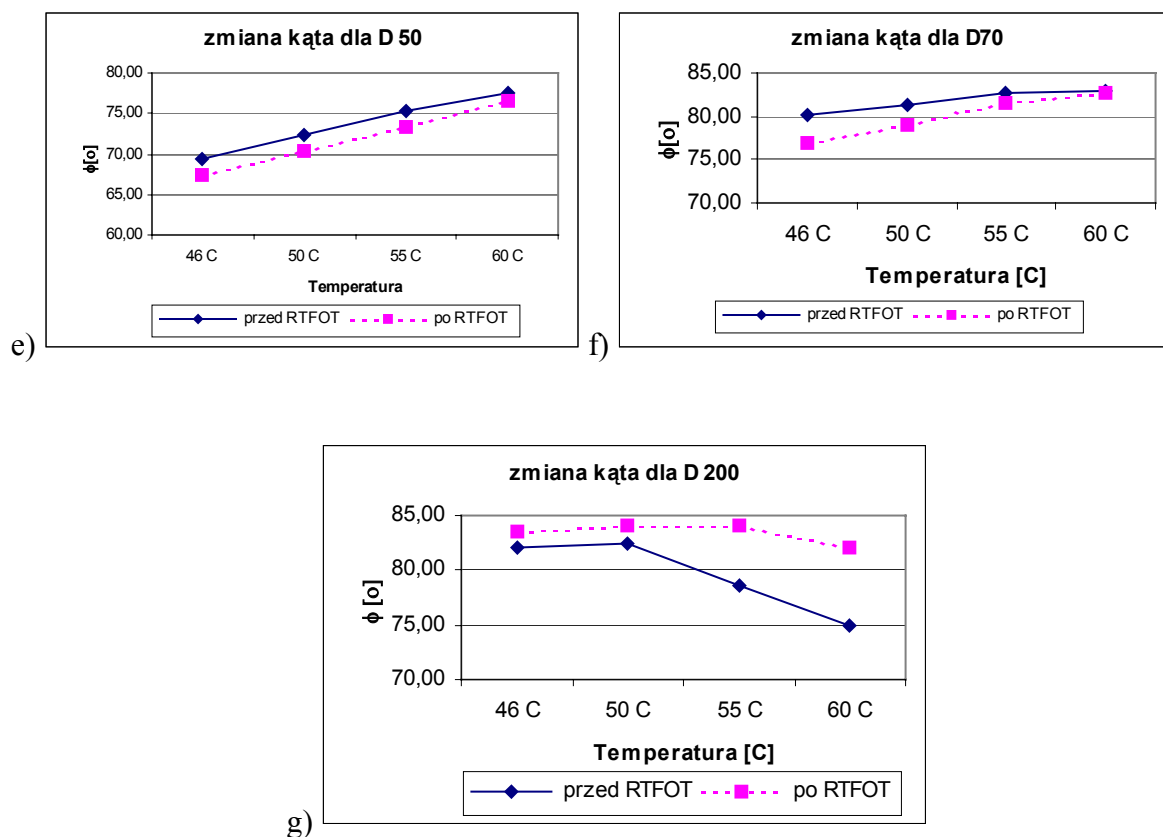
## 5. Zmiana kąta przesunięcia fazowego

Kąt przesunięcia fazowego jest miarą przesunięcia odkształcenia w stosunku do naprężenia. Dla materiałów bardziej sprężystych wartość kąta  $\Phi$  jest mniejsza, co świadczy o mniejszej różnicy czasu pomiędzy generowanym naprężeniem a powstałym odkształceniem.

Dla analizy kąta przesunięcia fazowego nie można dokonać podziału na asfalty modyfikowane i zwykłe. Dla wszystkich asfaltów poza D200 (Rysunek 3 g) odnotowano zmniejszenie wartości kąta przesunięcia fazowego na skutek RTFOT. Świadczy to oczywiście o usztywnianiu się asfaltów na skutek starzenia. Wyjątek stanowi wspomniany D200. Przebieg zmian badanego kąta w zależności od temperatury, pokazuje ponownie, że na zmiany właściwości po starzeniu ma wpływ stopień modyfikacji asfaltu. Na rysunku 3 a), b) pokazano zmiany kąta w zależności od temperatury dla DE 30 C oraz DE 80 C. Zależności te odbiegają swoją charakterystyką znacznie od pozostałych badanych asfaltów.

Rysunek 3. Kąt przesunięcia fazowego przed i po RTFOT





## 6. Wskaźnik zeszywnienia.

Wskaźnik zeszywnienia jest parametrem którego zadaniem jest scharakteryzowanie właściwości materiału na skutek zmian temperatury. Wskaźnik uzyskuje się dzięki pomiarowi modułów sztywności w różnych temperaturach.

Wskaźnik zeszywnienia obliczany jest według następującego wzoru:

$$Wu = \frac{\Delta E}{\Delta T}$$

gdzie:

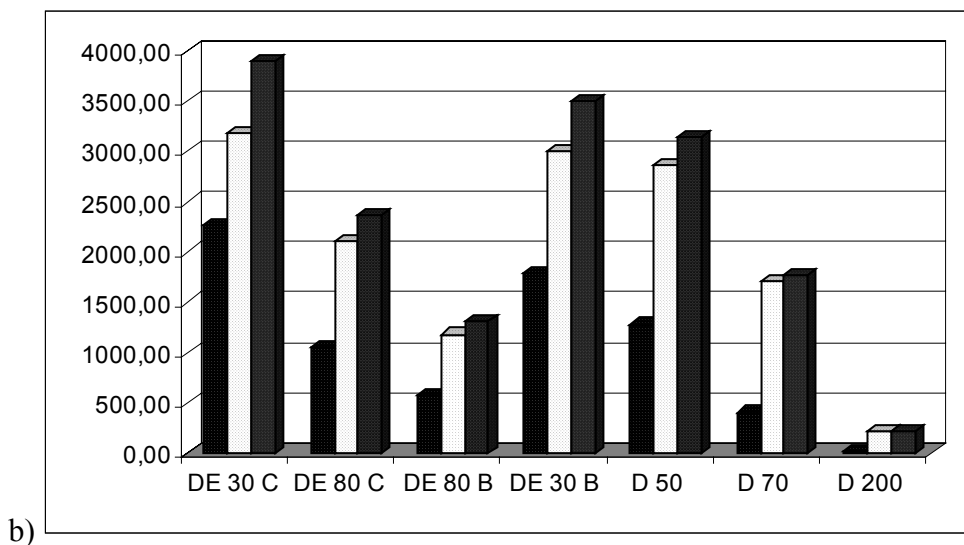
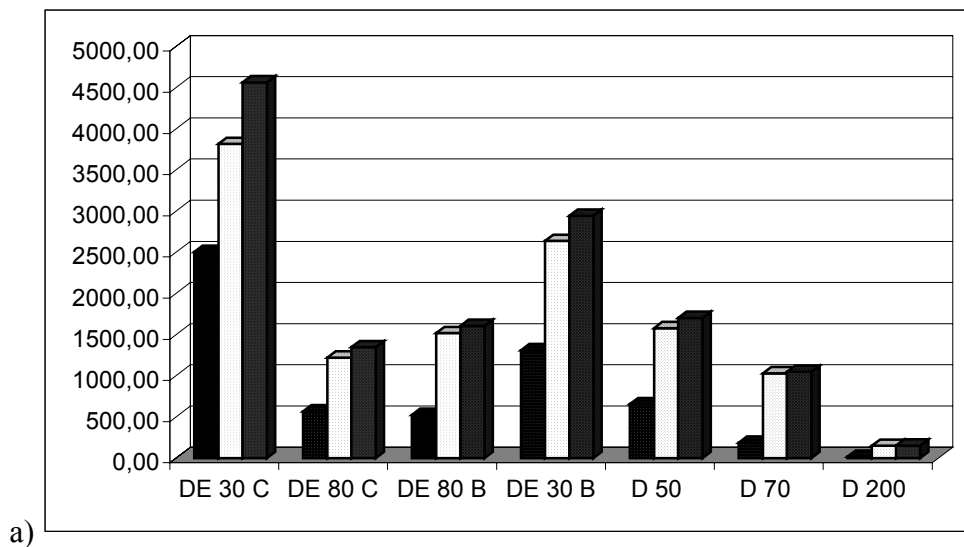
$\Delta E$  – różnica modułów przy zmianie temperatury o  $\Delta T$

$\Delta T$  – różnica temperatur.

Rysunek 4 a, b przedstawia kolejno wartości wskaźnika zeszywnienia modułów  $G'$ ,  $G''$ ,  $G^*$  przed i po odparowaniu. W tym opracowaniu wskaźnik jest obliczany pomiędzy temperaturami 46°C a 60 °C. Dla takiego przedziału temperatur wskazana jest jak największa wartość wskaźnika, ponieważ obrazuje on przyrost kohezji badanego asfaltu, co

nie jest miarą zeszywnienia a wskazuje na większą przyrost sił spójności. Największy wskaźnik uzyskano dla asfaltu DE 30 C oraz DE 30 B. Drugim elementem analizy wskaźnika jest różnica pomiędzy modułami przed i po starzeniu. Dla dwóch asfaltów 30 C i 80 C zanotowano spadek modułu  $G^*$  dla pozostałych przyrost co podobnie jak w przypadku analizy kąta przesunięcia fazowego świadczy o wpływie poziomu modyfikacji na poziom zmian zachodzących w asfaltach modyfikowanych.

**Rysunek 4. Wskaźnik zeszywnienia modułów  $G'$ ,  $G''$ ,  $G^*$ .**



## 7. Wnioski

Przeprowadzone badania pokazały, że badania modułów sztywności oraz kąta przesunięcia fazowego są przydatne dla poznania właściwości reologicznych badanych asfaltów drogowych. Przedstawione badania pokazują różnice zachowań badanych właściwości przed i po RTFOT pomiędzy asfaltami modyfikowanymi a zwykłymi. Ocena tych właściwości nie jest zawsze oczywista i dlatego wymaga szerszych badań i analiz

## 8. Bibliografia

1. **M. Kalabińska, J Piłat.**: Reologia asfaltów i mas mineralno-asfaltowych. Wydawnictwa komunikacji i Łączności, Warszawa 1982
2. **J. Judycki.**: Właściwości reologiczne betonu asfaltowego w niskich temperaturach. Drogownictwo 2,1976
3. **G. Schramm.**: Reologia Podstawy i zastosowania. Ośrodek Wydawnictw Naukowych, Poznań 1998
4. **M. Kalabińska, J. Piłat, P. Radziszewski.**: Ocena właściwości lepko-sprężystych asfaltów i kompozytów mineralno-asfaltowych na podstawie tangensa kąta przesunięcia fazowego. Kielce 2001
5. **D. Sybilski, R. Horodecka.**: Porównanie właściwości mieszanek mineralno-bitumicznych z asfaltami i elastomeroasfaltami. Prace IBDiM 3-4,1997