



Metodyka budowy modeli numerycznych kół pojazdów wolnobieżnych wykorzystywanych do analiz zmęczeniowych

Piotr Tarasiuk



Cel pracy

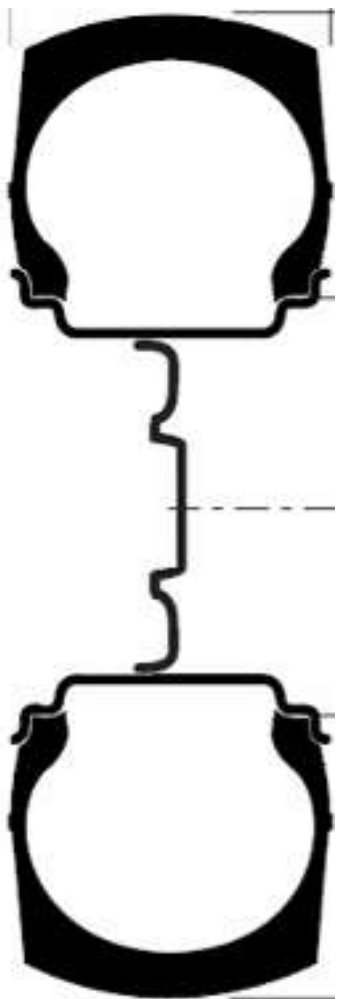
Poprawa jakości wytwarzanych kół jezdnych

- zwiększenie wytrzymałości zmęczeniowej koła pojazdów wolnobieżnych,
- redukcja masy koła

Realizacja celu:

- analiza uszkodzeń i obciążeń występujących w kole,
- opracowanie parametryczne modelu MES do analiz istniejących konstrukcji i prototypów,
- wykorzystanie wiedzy akademickiej i metod naukowych do poprawy jakości wyrobu,
- przejście ze stanu jakościowego do ilościowego.

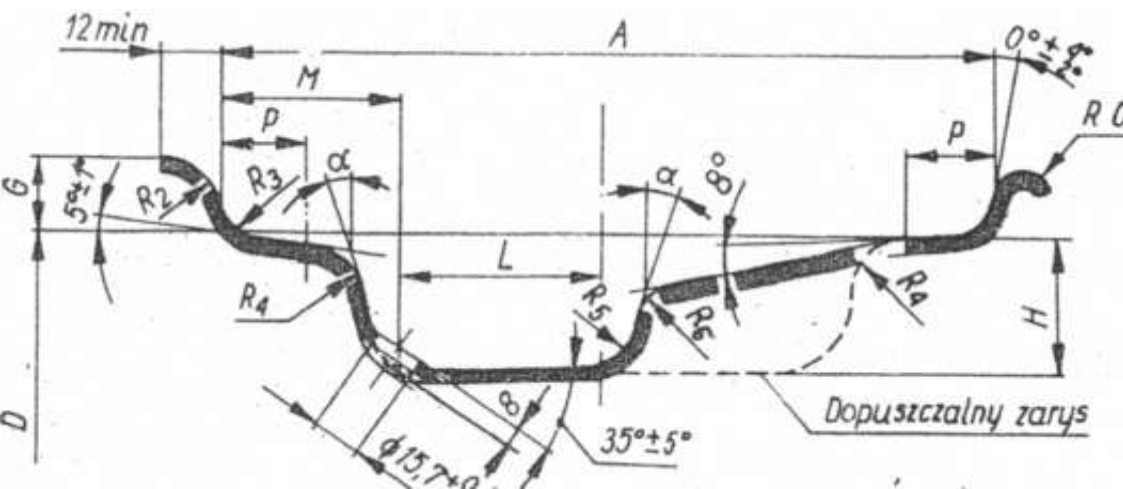
Budowa koła



- 1 Bieżnik
- 2 Ekran
- 3 Opasanie z kordu stalowego
- 4 Opasanie
- 5 Wewnętrzne uszczelnienie
- 6 Bok opony
- 7 Stopka
- 8 Drutówka
- 9 Wypełnienie

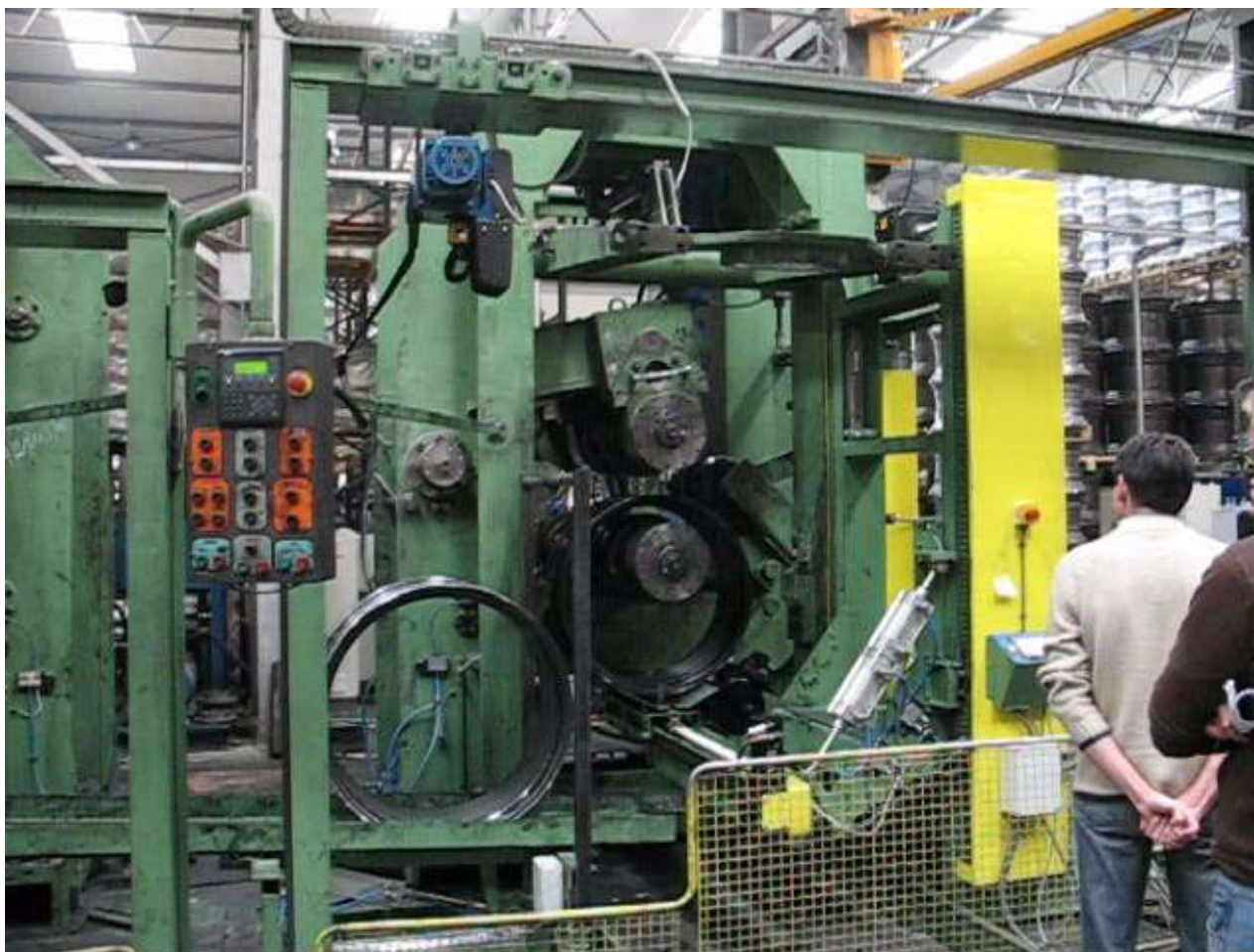
Wybór obiektu analiz

- Koła głębokie i szerokie z ogumieniem pneumatycznym o rozmiarze 9x15,3"



Wybór obiektu analiz

- Proces produkcji koła





Problemy jakościowe istniejącej konstrukcji

- względnie niska wytrzymałość zmęczeniowa
- duża materiałochłonność wyrobu

Pęknięcia zmęczeniowe obręczy powstałe w czasie badań doświadczalnych; koło przed zmianami konstrukcyjnymi



Pęknięcia zmęczeniowe obręczy powstałe w czasie badań doświadczalnych; koło przed zmianami konstrukcyjnymi



Pęknięcia zmęczeniowe obręczy powstałe w czasie badań doświadczalnych; koło przed zmianami konstrukcyjnymi



Pęknięcia zmęczeniowe obręczy powstałe w czasie badań doświadczalnych; koło po zaproponowanych zmianach konstrukcyjnych

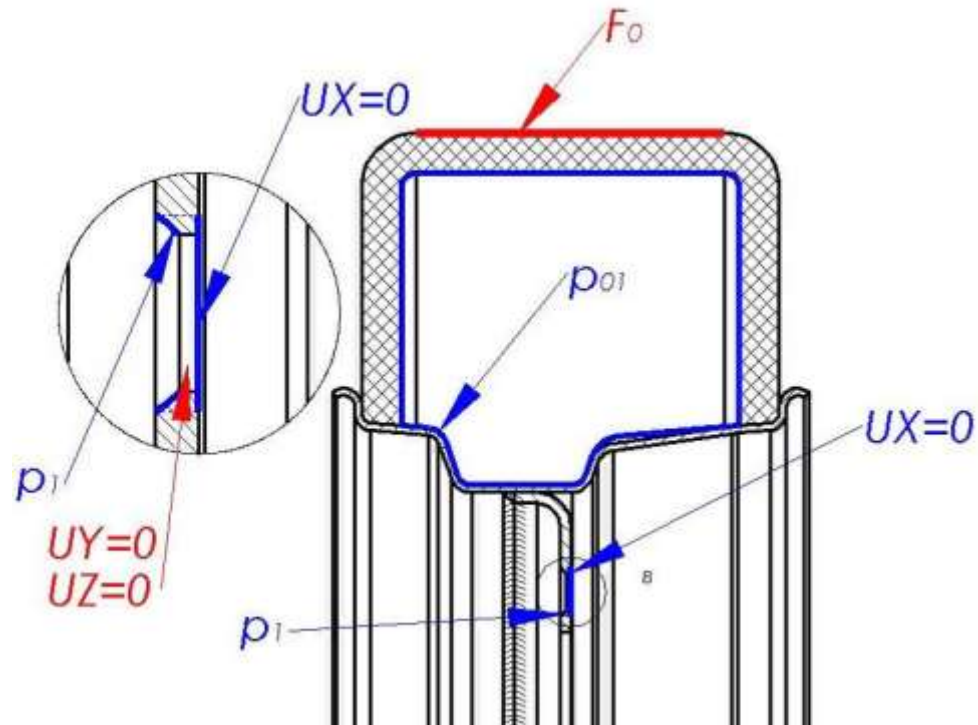
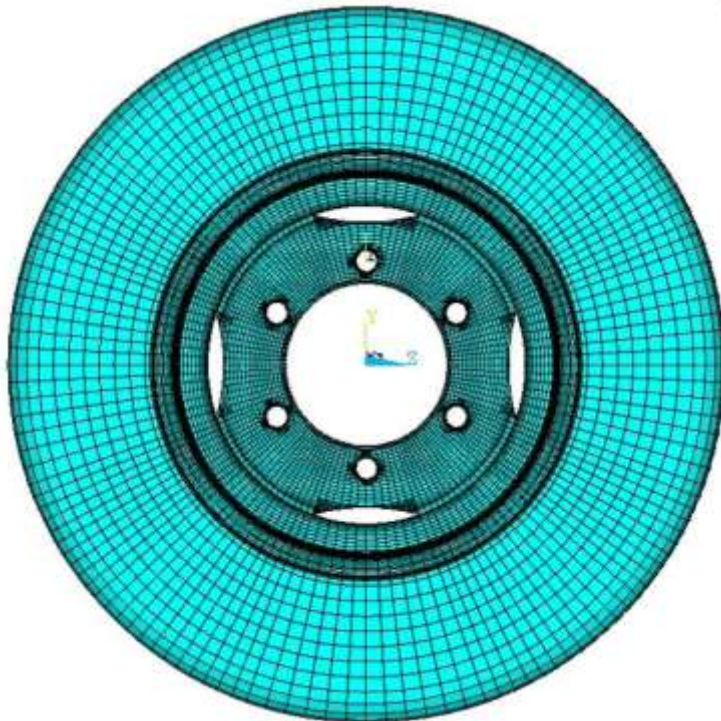


Założenia i wytyczne opracowywanych zmian konstrukcyjnych

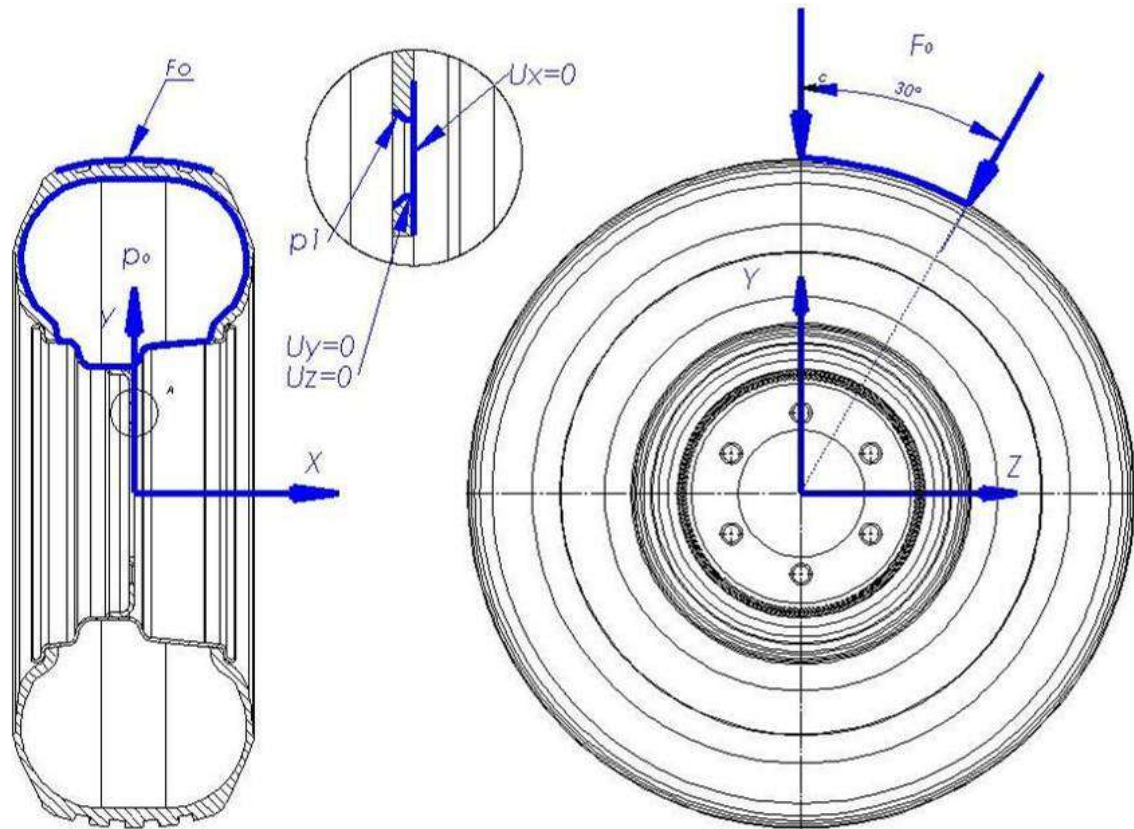
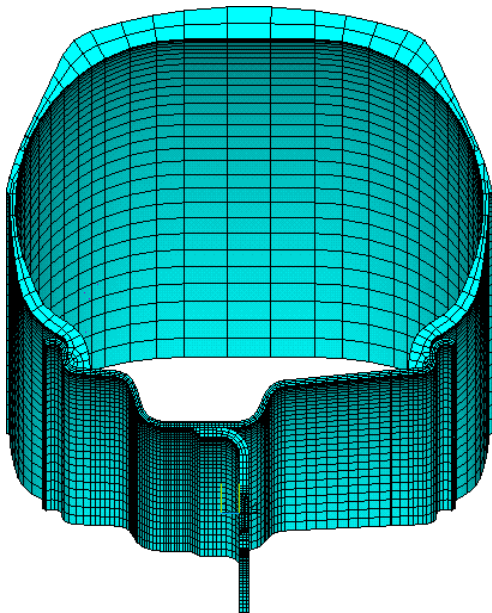
- Proponowane rozwiązania konstrukcyjne nie mogą wykraczać poza możliwości technologiczne współpracującej firmy,
- W trakcie prac badawczych podstawowe narzędzia technologiczne nie będą modyfikowane,
- Działania mają doprowadzić do zwiększenia trwałości i ewentualnego zmniejszenia masy gotowego wyrobu przy zachowaniu jego funkcjonalności,
- Ostateczna weryfikacja opracowanych zmian konstrukcyjnych odbywa się na stanowisku badawczym.

Modelowanie numeryczne MES

Założenia wstępne



Modelowanie numeryczne MES; model po weryfikacji



Założenia do modelowania opony

Materiał opony opisany modelem Mooneya–Ryvlina

Energia potencjalna odkształcenia

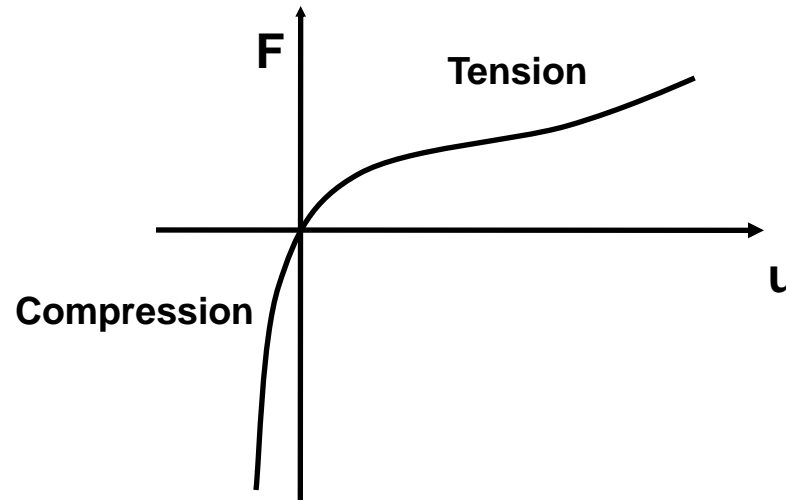
$$W = c_{10}(\bar{I}_1 - 3) + c_{01}(\bar{I}_2 - 3) + c_{20}(\bar{I}_1 - 3)^2 + c_{11}(\bar{I}_1 - 3)(\bar{I}_2 - 3) + c_{02}(\bar{I}_2 - 3)^2 + c_{30}(\bar{I}_1 - 3)^3 + c_{21}(\bar{I}_1 - 3)^2(\bar{I}_2 - 3) + c_{12}(\bar{I}_1 - 3)(\bar{I}_2 - 3)^2 + c_{03}(\bar{I}_2 - 3)^3 + \frac{1}{d}(J - 1)^2.$$

Parametr d $d = \frac{1 - 2 \cdot \nu}{c_{10} + c_{01}}$

$$E \approx 6(a_{10} + a_{01})$$

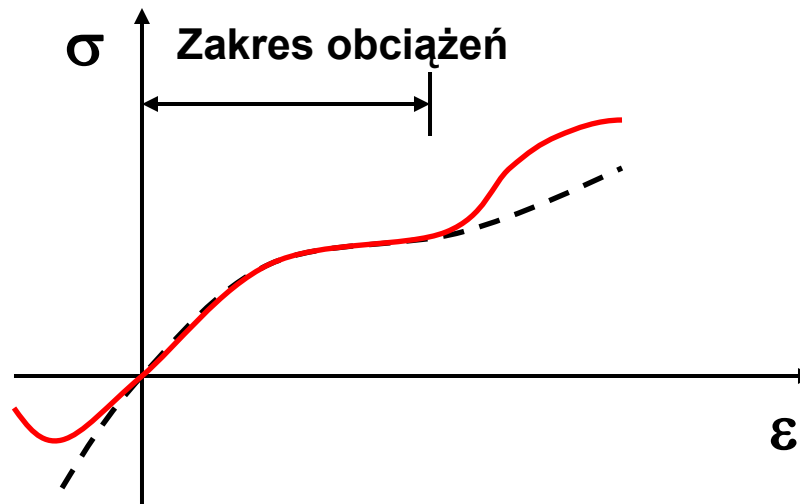
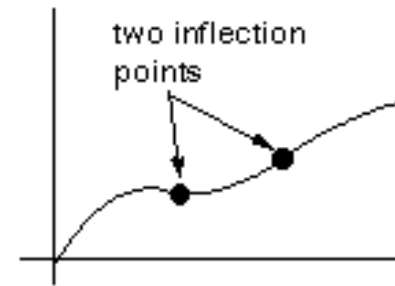
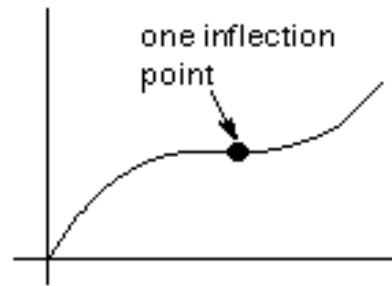
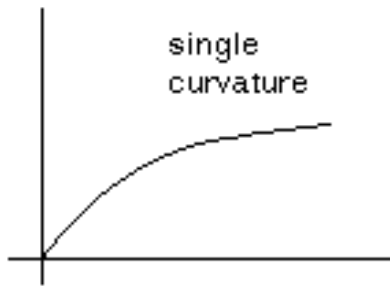
Założenia do modelowania opony

Krzywa materiałowa wg Mooneya–Ryvlina



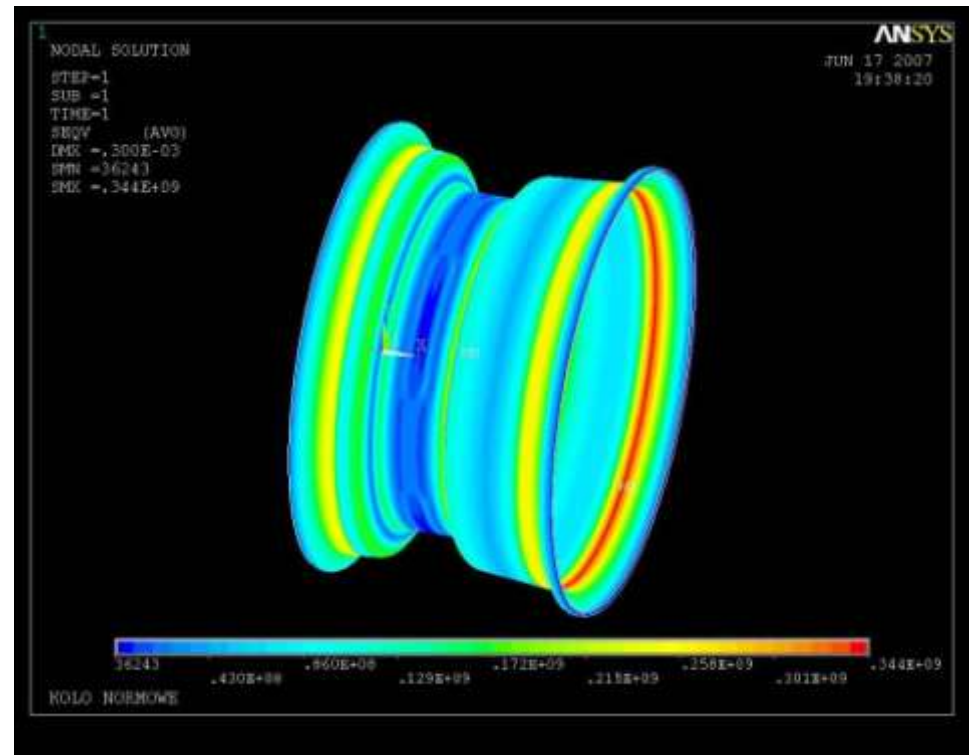
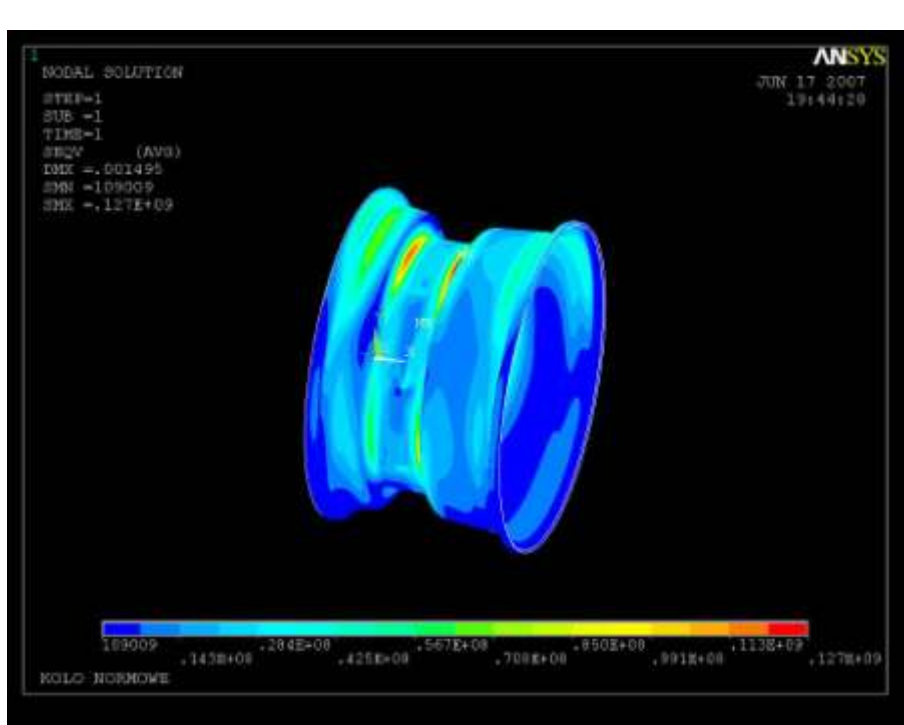
Założenia do modelowania opony

Budowa modelu materiałowego wg Mooneva–Rvvlina



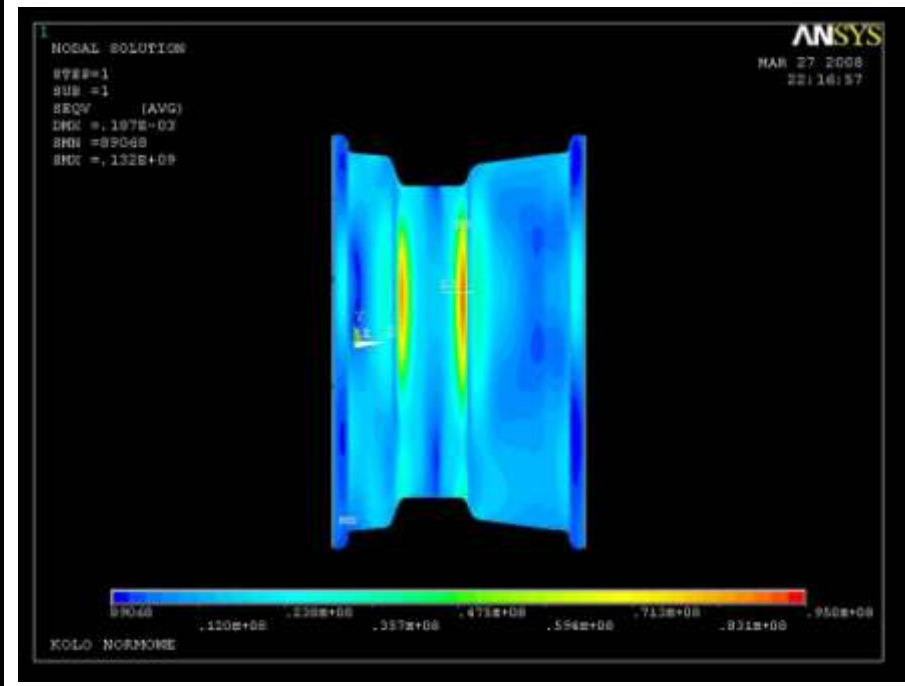
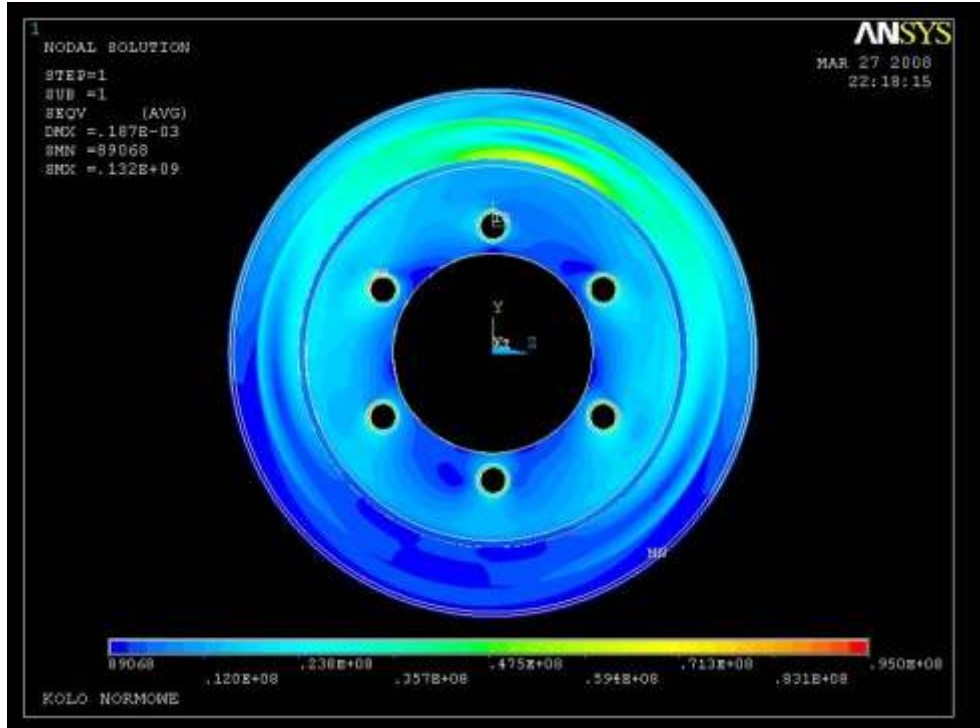
Wyniki obliczeń MES

Wersja przed zmianami konstrukcyjnymi





Nowe rozwiązanie konstrukcyjne i technologiczne



Rozwiązania konstrukcyjne i technologiczne przed i po zmianach



Stanowisko badawcze AB2

- Sprawdzanie wytrzymałości zmęczeniowej na obciążenia promieniowe



Stanowisko badawcze AB2

- Sprawdzanie wytrzymałości zmęczeniowej na obciążenia promieniowe



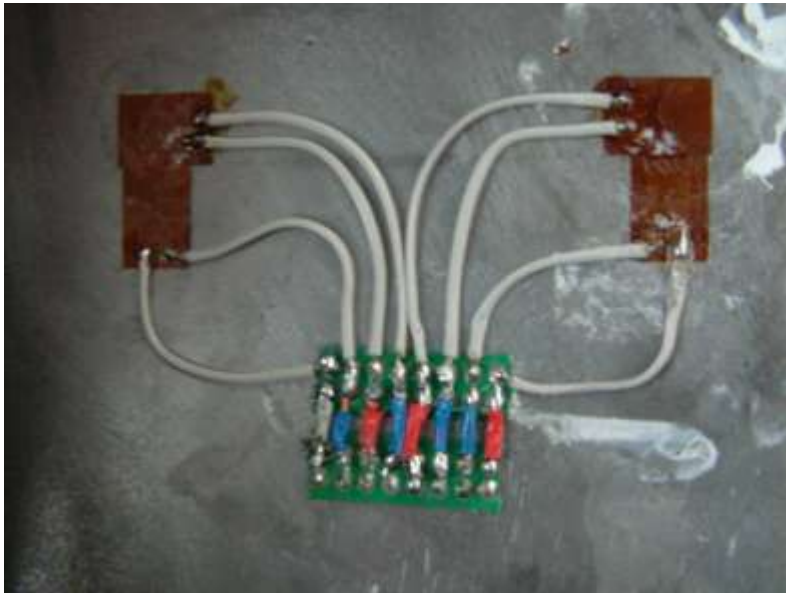
Stanowisko badawcze AB2

- Weryfikacja modelu MES przy wykorzystaniu tensometrii elektrooporowej



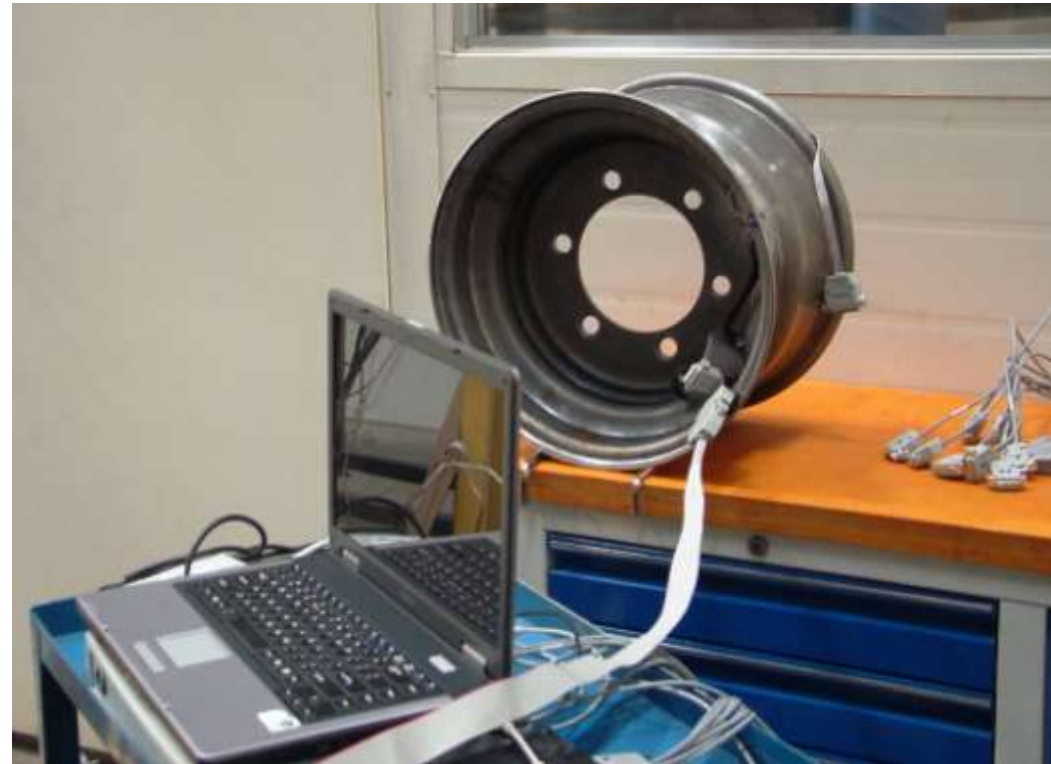
Stanowisko badawcze AB2

- Weryfikacja modelu MES przy wykorzystaniu tensometrii elektrooporowej



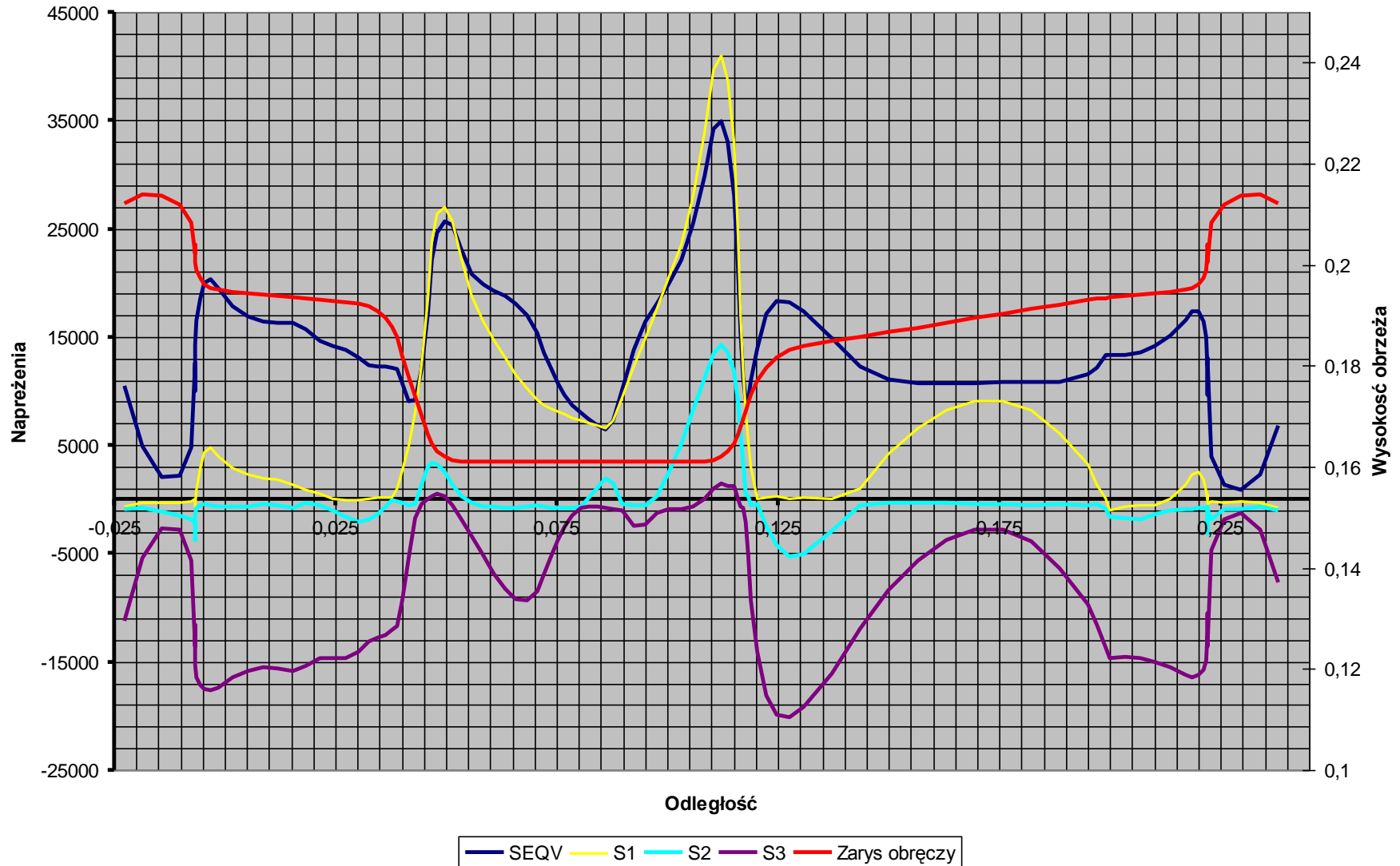
Stanowisko badawcze AB2

- Weryfikacja modelu MES przy wykorzystaniu tensometrii elektrooporowej



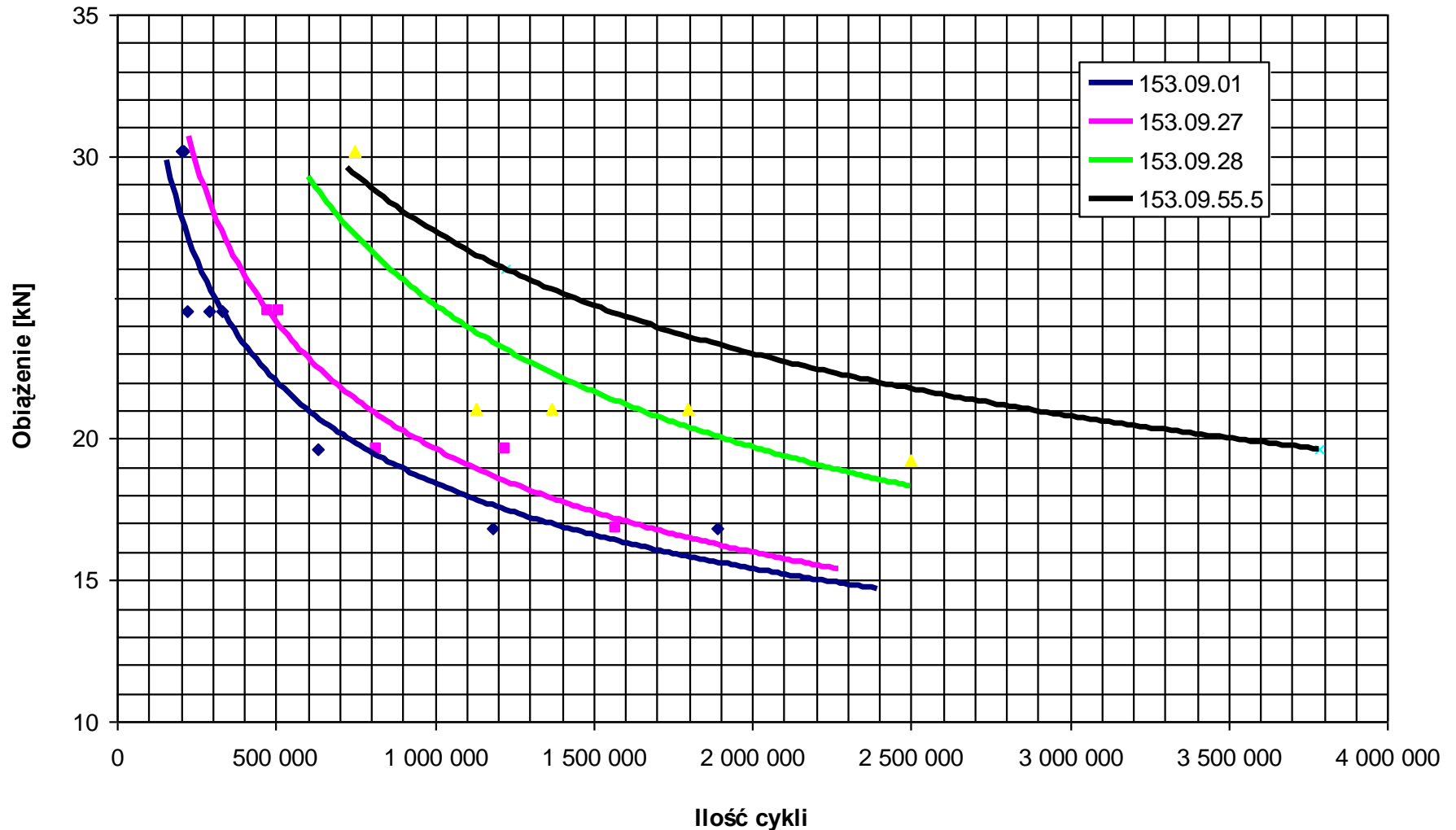
Wyniki uzyskane w czasie realizacji projektu

Rozkład naprężeń



Wyniki uzyskane w czasie realizacji projektu

Wykres nr 6. Porównanie trwałości kół w wersjach 153.09.01, 153.09.27 i 153.09.55.5





Podsumowanie

Wyniki uzyskane w czasie realizacji projektu

- Identyfikacja zjawisk towarzyszących zniszczeniu koła
- Opracowanie modelu MES koła z uwzględnieniem oddziaływania opony
- Opracowanie zmian konstrukcyjnych
- Uzyskanie konstrukcji o ok. 4-krotnie większej trwałości zmęczeniowej zweryfikowanej doświadczalnie
- Uzyskanie konstrukcji lżejszej o 20% przy 15% oszczędnościach materiałowych