

Traktör Lastiđi Diş Yapısının Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Optimizasyonu

Mustafa Cem ALDAĐ^{1*}, Bülent EKER²

1* Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Bandırma/Balıkesir, maldag@bandirma.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7224-2277
2 Tekirdađ Namık Kemal Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tekirdađ, beker@nku.edu.tr, ORCID: 0000-0003-3227-050X

Bu çalışmada, arazi için kullanılan traktör lastiğinin Görsel Ortamlarda sonlu eleman analizi (FEA) tekniği kullanılarak modellenmiş ve oluşturulan bu modelin ANSYS yazılımı kullanılarak lastik ömrü tahmin edilmeye çalışılmıştır. Lastik malzemesi olarak, elastikiyeti yüksek olan bir malzeme olan aynı zamanda mekanik ve lastiklerde kullanılan kauçuğun davranışına uygun davranışlar sergilemesi nedenleriyle Mooney-Rivlin seçilmiştir. Tekerlek modeli Solid186 elemanlarından oluşacak şekilde katı olarak modellenmiştir.

Keywords: Mooney-Rivlin, Optimizasyon, Sonlu Elemanlar, Traktör

Optimization of Tractor Tire Tread Structure Using Finite Element Method

Mustafa Cem ALDAĐ^{1*}, Bülent EKER²

1* Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Bandırma/Balıkesir, maldag@bandirma.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7224-2277
2 Tekirdađ Namık Kemal Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tekirdađ, beker@nku.edu.tr, ORCID: 0000-0003-3227-050X

In this study, the tractor tire used for the field was modeled using the Visual Media Finite Element Analysis (FEA) technique and the tire life of this model was tried to be estimated by using the ANSYS software. Mooney-Rivlin was chosen as the tire material because it is a material with high elasticity and behaves in accordance with the mechanics and behavior of the rubber used in tires. The wheel model is modeled as solid, consisting of Solid186 elements.

Keywords: Mooney-Rivlin, Optimization, Finite Elements, Tractor.

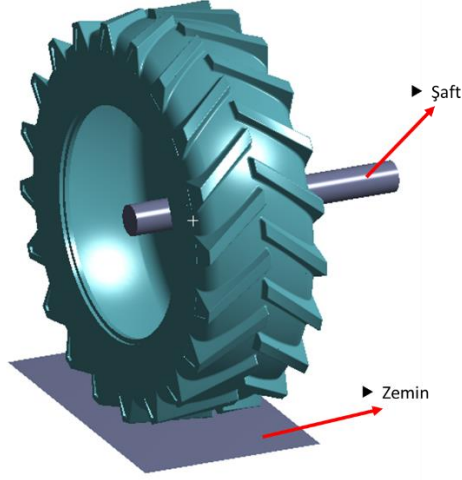
© 2022 Published by Aintelia

1. Giriř

Son zamanlarda yapılan çalışmalarda, sonlu elemanlar yöntemi (FEM), özellikle diş analizi açısından traktör lastiklerinin tasarım ve performansının optimize edilmesinde kilit bir rol oynamıştır. Fu ve ark., yeni enerji araçlarında yol gürültüsü sorunlarına yönelik FEM kullanarak, yöntemin geleneksel uygulamaların ötesindeki çok yönlülüğünü göstermiştir. [1] Benzer şekilde, Meena ve ark., bir traktör tarafından işletilen mısır koçanı toplayıcısının çerçeve tasarımını optimize etmek için FEM'i kullanmış ve yöntemin tarım makinelerini geliştirmedeki etkinliğini sergilemiştir. [2] FEM'in kapsamını daha da genişleterek, karmaşık dişli lastiklerin köşe yapma özelliklerinin yuvarlanma direnci üzerindeki etkisini analiz etmiş ve daha enerji verimli lastik tasarımlarına yol açabilecek içgörüler sağlamıştır. [3] Odintsov, lastiklerin yıkımını önlemek ve güvenliği artırmak için kritik bir faktör olan yuvarlanan radyal lastikler için kritik hızın hesaplanmasına yönelik sayısal bir yaklaşım sunmuştur. [4] Lastik çeki kuvvetinin ise, dinamik yarıçapın bir fonksiyonu olarak değiştiği bilinmektedir. Bu nedenle; meydana gelen dinamik yarıçap artışı, çeki kuvvetini ve dolayısıyla çeki verimini azaltmaktadır.[5] Taşıtların hareket donanımları ve çeşitli tip arazi yüzey şartları arasındaki etkileşimin karmaşık problemlerinden dolayı taşıt sistemlerinin daha iyi anlaşılması için yoğun araştırma çabaları mevcuttur. [6], [7] Lastik, yol dışı taşıtlarda hareket donanımının önemli bir parçasıdır. Bu nedenle lastiklerin davranışlarının çalışılması temel bir öneme sahiptir. Araştırma sonuçları göstermiştir ki, traktör kuvvet tekerleklerine iletilen enerjinin %20-55'i işe dönüşmeden çeki

elamanlarında kaybolmaktadır. Bu enerji sadece kaybolmamakta, aynı zamanda toprakta sıkışmaya neden olarak bitkisel üretim için önemli bir problemi doğurmaktadır.[8], [9]

2. Materyal ve Metod



Şekil 1. Tekerlek Modeli.

Tekerlek modeli Solid186 elemanlarından oluşacak şekilde solid olarak modellenmiştir. Malzeme değerleri Tablo 1’de gösterildiği gibi Mooney-Rivlin olarak seçilmiştir.

Tablo 1. Malzeme Modeli.

Property	Value	Unit
Mooney-Rivlin 2 Parameter		
Material Constant C10	0.806	MPa
Material Constant C01	1.805	MPa
Incompressibility Parameter D1	0.8	MPa ⁻¹

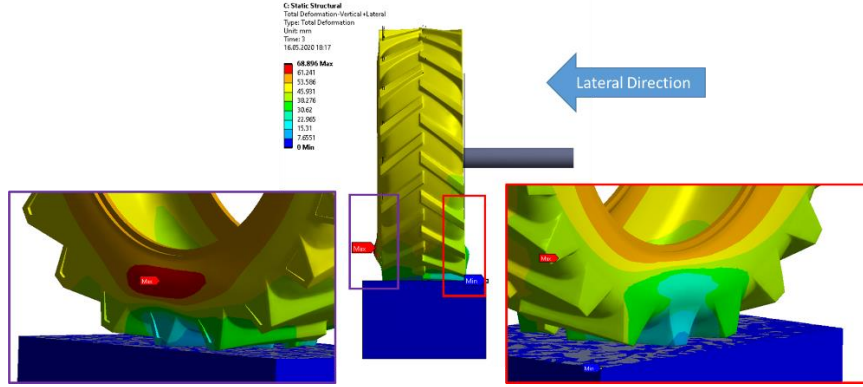
Yükleme şartları Tablo 2’de gösterildiği şekilde dikey yüklemeye 5895 N, yatay yüklemeye 0 ve 400 N olarak uygulanmış basınç ilk iki adımda 0, son aşamada ise 195kPa olarak uygulanmıştır.[10]

Table 2. Yüklemeye Şartları

Loads	Yüklemeye Tipi	1. Step	2. Step	3. step
1	Vertical Load	5895 N	5895 N	5895 N
2	Lateral Load	0	400 N	400 N
3	Basınç	0	0	195 kPa

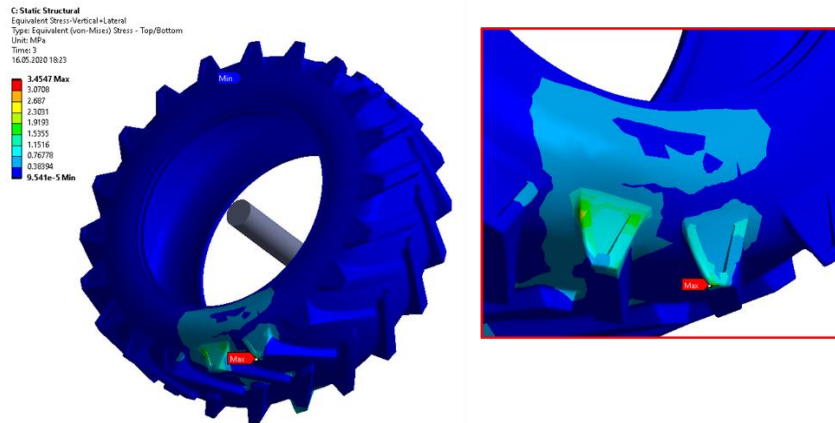
Maksimum yer değiştirme değerleri, lastiğin yüksek stres altındaki kritik bölgelerini işaret etmektedir. Bu bölgeler, lastiğin yapısal kapasitesinin sınırlarına yaklaştığını veya malzemenin elastik sınırını aştığını gösteriyor olabilir. Bununla birlikte, sonuçların görselleştirilmesinde kullanılan büyütme faktörü, bu değerlerin lastiğin işlevselliği üzerindeki gerçek etkisinin abartılı olabileceğine işaret eder. Bu sebeple, elde edilen sonuçlar, lastiğin yapısal bütünlüğü üzerindeki gerçek etkiyi değerlendirmek için dikkatli bir şekilde normale çevrilmelidir.

Minimum deformasyon değerleri (mavi ile gösterilen 0 mm), gerçekte deformasyonun olmadığını veya ihmal edilebilir düzeyde olduğunu göstermektedir. Analiz sonuçlarının renk skalası, lastiğin yük altındaki farklı bölgeler arasındaki deformasyon gradyanını açıkça ortaya koymaktadır. Bu gradyanlar, lastik tasarımının daha fazla iyileştirilmesi için potansiyel alanların belirlenmesinde rol oynamaktadır.



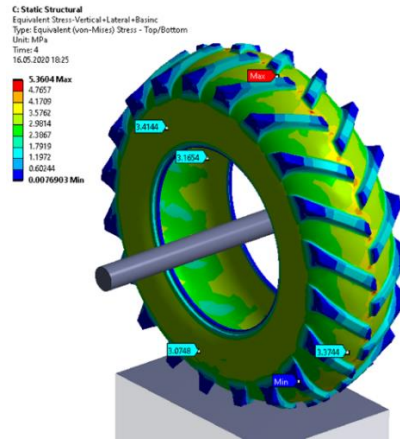
Şekil 5. Vertical ve Lateral Yükleme Sonuçları.

Şekil 5'te bir traktör lastiğine uygulanan dikey ve yanal yüklerin kombinasyonunun neden olduğu toplam deformasyon incelenmiştir. Analiz, belirlenen yükleme koşulları altında lastiğin mekanik davranışının üçüncü zaman adımı itibarıyla değerlendirilmesi amacıyla "Zaman:3" olarak etiketlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, lastiğin belirli bir bölgesinde 68.896 mm'ye varan maksimum deformasyonu ve diğer bölgelerde ise hiçbir deformasyon olmadığını (0 mm) göstermiştir. Maksimum deformasyon değeri, lastiğin tasarımında ve malzeme seçiminde önemli değişikliklerin yapılmasını gerektirecek kadar yüksek bulunmuştur. Bu bulgu, lastiğin yük altında mekanik olarak en zayıf noktasının, bu yüklemeler altında kalıcı hasar riski taşıyan nokta olduğunu işaret etmektedir. Minimum deformasyon gözlenen bölgeler ise, lastiğin daha az stres altında kaldığını veya yük taşıma kapasitesinin yeterli olduğunu göstermektedir. Bu analiz, lastiğin operasyonel koşullar altındaki güvenilirliğini ve performansını artırmak için tasarım ve yapısal optimizasyonun yanı sıra malzeme seçiminin de gözden geçirilmesi gerekliliğinin önemini gösterdiği olarak yorumlanabilir.



Şekil 6. Von Misses Gerilmesi Değerleri – Mpa - Dikey Yükleme + Yanal Yükleme.

Şekil 6'da gözükten sonuçlar dikey ve yanal yüklemeler altında eşdeğer (von-Mises) gerilme dağılımı, statik yapısal analiz kullanılarak incelenmiştir. Analiz, lastiğin kompleks yüklemeye koşullarına tepkisi olarak üçüncü zaman diliminde, yani yüklemenin belirli bir evresinde gerçekleştirilmiştir. Eşdeğer gerilme değerlerinin dağılımı, 3.4547 MPa'lık bir maksimum ve $9.54e-5$ MPa'lık bir minimum arasında değişmektedir. Maksimum von-Mises gerilmesi, lastiğin stres altında en çok etkilendiği bölgenin yoğunlaştığı bir gösterimi olup, bu bölge potansiyel bir başarısızlık noktası olarak değerlendirilmelidir. Minimum gerilme değeri ise, neredeyse sıfıra yakın bir değer olup, lastiğin hemen hemen hiç gerilme yaşamadığı bölgeleri temsil etmektedir. Lastiğin üst ve alt yüzeylerindeki eşdeğer gerilme dağılımı incelendiğinde, yüksek gerilme konsantrasyonlarının yanı sıra, yük aktarımının etkinliği ve malzeme davranışının homojenliği konusunda bilgiler sunabilmektedir. 3.4547 MPa'lık maksimum eşdeğer gerilme, lastiğin tasarım kriterlerine ve malzemenin mekanik özelliklerine uygun olarak değerlendirilmesi gereklidir. Gerilme değerleri, malzemenin akma sınırının altında kaldığı sürece, lastiğin bu yüklemeler altında elastik davranış sergilemesi beklenmesine rağmen, bu değerlerin malzemenin akma sınırını aşması durumunda, kalıcı deformasyon veya malzeme yorgunluğu gibi başarısızlık mekanizmaları göz önünde bulundurulması gerektiği unutulmamalıdır. Von Mises gerilmesi değerlerine dikey yüklemeye ve yanal yüklemeye yapılarak bakıldığında lastik dişlerinin olduğu bölgelerde gerilmeler gözlemlense de görece olarak düşük olduğu gözlemlenmektedir.



Şekil 7. Von Mises Gerilmesi Değerleri – Mpa - Dikey Yüklemeye + Yanal Yüklemeye + Basınç

Şekil 7 sonuçlarına göre, bir traktör lastiğinin dikey yüklemeye, yanal yüklemeye ve iç basınç altındaki eşdeğer (von-Mises) gerilme dağılımı incelenmiştir. Maksimum von-Mises gerilmesi 5.3604 MPa olarak kırmızı renkle belirginleştirilmiş, en düşük gerilme değeri ise 0.0076903 MPa olarak mavi renkle gösterilmiştir. Maksimum gerilme değeri, lastiğin stres yoğunluğunun en yüksek olduğu noktayı, potansiyel başarısızlık bölgelerini ve malzeme yorulmasının muhtemel olduğu alanları işaret etmektedir. Diğer yandan, minimum gerilme değeri lastiğin nispeten daha az zorlandığı ve yapısal bütünlüğünün muhafaza edildiği bölgeleri göstermektedir. Von Mises gerilmesi değerleri dikey yüklemeye, yanal yüklemeye ve basınç şartları altında değerlendirildiğinde, lastiğin şişmesi sonucu orta çizgide meydana gelen gerilmelerin en yüksek değerlere ulaştığı ancak bu değerlerin göreceli olarak düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, lastiğin mevcut diş yapısının daha da optimize edilebileceğini ve aynı malzeme kullanılarak stres değerlerinin düşürülebileceğini konusuna işaret ettiği düşünülmektedir. Bu sonuçlar, lastiğin en çok zorlanan bölgelerindeki gerilme yoğunluğunun, tasarımının gözden geçirilmesi ve malzeme seçiminin optimizasyonu için kritik önem taşıdığını vurguluyor olabilir.

Sonuç olarak bu çalışmada, statik yapısal analiz yoluyla bir traktör lastiğinin dikey yüklemeye, yanal yüklemeye ve iç basınç altında gösterdiği mekanik tepki incelenmiştir. Analiz, lastiğin yer değiştirmesi ve gerilme dağılımını detaylı bir şekilde ortaya koymuş, özellikle lastiğin belirli bölgelerinde maksimum deformasyonun ve gerilmenin meydana geldiğini göstermiştir. Lastiğin dikey yüklemeye altında merkezi hattında yoğunlaşan gerilmeler ve yanal yüklemeye altında lastik dişlerinde oluşan gerilmeler, tasarım ve malzeme seçimi açısından yeniden değerlendirilmesi gereken önemli göstergelerdir. Elde edilen veriler, yapısal dayanıklılığın ve operasyonel performansın artırılması için lastiğin tasarımının ve malzeme seçiminin optimizasyonunu önermektedir. Ayrıca, lastiğin yüksek gerilme altında olan bölgelerindeki potansiyel başarısızlık riskleri ve düşük gerilme altında olan bölgelerin yeterli yük taşıma kapasitesine

işaret etmesi, tasarımın ve malzeme seçiminin bu parametreler doğrultusunda gözden geçirilmesinin önemini gün yüzüne çıkarmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] M. Fu, "Application of Finite Element Method in the Noise Optimization of New Energy Vehicles," *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, vol. 17, no. 22, 2023. <https://dx.doi.org/10.46300/9106.2023.17.22>
- [2] R. L. Meena, A. Kumar, and B. Yadav, "Optimization of Frame Design for Maize Cob Harvester Operated by Tractor Using Finite Element Method," *International Journal of Plant & Soil Science*, vol. 35, no. 3, pp. 50-58, 2023. <https://dx.doi.org/10.9734/ijpss/2023/v35i32787>
- [3] L. Ge, Y. Li, and Y. Zhao, "Analysis of the Influence of Complex Tire Tread Patterns on Cornering Characteristics and Rolling Resistance," *Advances in Mechanical Engineering*, vol. 15, no. 1, 2023. <https://dx.doi.org/10.1177/16878132231153373>
- [4] V. Odintsov, "Calculation of Critical Speed for Rolling Radial Tires," *Mechanical Engineering*, vol. 12, pp. 70-79, 2022. <https://dx.doi.org/10.18698/0536-1044-2022-12-70-79>
- [5] A. Koca, "Lastik Hava Basıncı Ve Taşıt Hızının Dinamik Yarıçap Değişimine Etkilerinin Deneysel Olarak İncelenmesi", *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Derg.*, c. 22, sayı 3, ss. 305–311, 2007.
- [6] A. Yahya, M. Zohadie, D. Ahmad, A. K. Elwaleed, ve A. F. Kheiralla, "UPM indoor tyre traction testing facility", *J. Terramechanics*, c. 44, sayı 4, ss. 293–301, Eki. 2007.
- [7] Ş. Ekinci ve K. Çarman, "Lastik Çeki Performansı Araştırmalarında Kullanılabilecek Tek Tekerlek Test Düzeninin Geliştirilmesi", *Tarım Makinaları Bilim. Derg.*, c. 8, sayı 2, ss. 249–255, 2012.
- [8] E. C. Burt, P. W. L. Lyne, P. Meiring, ve J. F. Keen, "Ballast and Inflation Effects on Tire Efficiency", *Trans. ASAE*, c. 26, sayı 5, ss. 1352–1354, 1983.
- [9] K. Çarman ve C. Aydın, "Load and velocity effects on tire", *Int. Conf. Agric. Eng. Budapest*, 2002.
- [10] Z. El-Sayegh, M. Sharifi, F. Gheshlaghi, ve A. Mardani, "Development of an HLFS agricultural tire model using FEA technique", *SN Appl. Sci.*, c. 1, sayı 11, ss. 1–10, 2019.
- [11] M. Cerit, "Numerical simulation of dynamic side impact test for an aluminium alloy wheel", *Sci. Res. Essays*, c. 5, sayı 18, ss. 2694–2701, 2010.