

**BİR ARAÇ KRİKOSUNUN SONLUELEMANLAR  
YÖNTEMİ İLE ANALİZİ VE YENİDEN TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Veysel TİMOÇİN

DANIŞMAN

Doç. Dr. Ahmet GAYRETLİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Ekim 2015

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**BİR ARAÇ KRİKOSUNUN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE  
ANALİZİ VE YENİDEN TASARIMI**

**Veysel TİMOÇİN**

**DANIŞMAN**

**Doç. Dr. Ahmet GAYRETLİ**

**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**EKİM 2015**

## TEZ ONAY SAYFASI

Veysel TİMOÇİN tarafından hazırlanan “Bir Araç Krikosunun Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Analizi ve Yeniden Tasarımı” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 13/10/2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** : Doç. Dr. Ahmet GAYRETLİ

**Başkan** : Doç. Dr. Ahmet SAMANCI  
Konya Necmettin Erbakan Üniversitesi,  
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İmza

**Üye** : Doç. Dr. Ahmet GAYRETLİ  
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmza

**Üye** : Doç. Dr. İsmail UCUN  
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmza

Afyon Kocatepe Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun  
...../...../..... tarih ve  
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....  
Enstitü Müdürü  
Prof. Dr. Hüseyin ENGİNAR

## BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI

Afyon Kocatepe Üniversitesi

**Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;**

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

**beyan ederim.**

13/10/2015

VEYSEL TİMOÇİN

İMZA

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### BİR ARAÇ KRİKOSUNUN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE ANALİZİ VE YENİDEN TASARIMI

Veysel TİMOÇİN

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Doç. Dr. Ahmet GAYRETLİ

Makine tasarımlarının seri üretime geçmeden önce bilgisayar destekli yazılımlar kullanılarak analizlerinin yapılması, üretim aşamasında veya kullanımda çıkabilecek hataları en aza indirerek başarısızlık maliyetlerini düşürür ve böylece toplam ürün maliyetini ürün geliştirme zamanını minimize eder. Bilgisayar destekli yapılan analizler, malzemeler üzerinde yapılacak olan tahribatlı muayenelerin önüne geçtiği için de tercih edilmektedirler.

Bu çalışmada çok parçalı makine sistemlerinin statik analizi yapılarak, makine parçalarının maruz kaldığı yüklemeler sonucu incelenmiştir. Akma mukavemeti yüksek bir malzeme seçilerek kriko sisteminin (1) açık hali, (2) yarı açık hali ve (3) kapalı haldeki konumlarında üzerine sabit bir kuvvet uygulanmış ve her üç konumda da üç farklı ağ (mesh) yapısı oluşturularak analiz işlemi gerçekleştirilmiştir.

Analizler sonucu çoklu makine sisteminin ve alt parçalarının performansını etkileyen minimum ve maksimum gerilmeler ve yer değiştirme durumları elde edilmiştir. Elde edilen sonuçların uygun olup olmadığı emniyet katsayısı hesabı yapılarak kontrol edilmiş ve emniyet katsayısı istenilen performansa uygun bulunmuştur. Önerilen makine tasarımının kabul edilebilir düzeyde olduğu görülmüştür.

**2015, xii + 97 sayfa**

**Anahtar kelimeler:** Statik analiz, gerilme, sonlu elemanlar metodu, kriko

## **ABSTRACT**

M.Sc. Thesis

### **ANALYSIS AND REDESIGN OF A VEHICLE JACK BY FINITE ELEMENT METHOD**

Veysel TIMOCIN

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

**Supervisor:** Assoc. Prof. Ahmet GAYRETLI

Machine design analyzed by computer-assisted software tools before mass production, reduces failure costs that may arise during the production phase or in use and thereby minimizing total product cost and development time. Computer-aided analyses are preferred to destructive testing due to low cost.

In this study, the static analysis of multi-part machine systems (a jack) made of steel with high yield strength, was carried out to examine the behavior of it under a constant load. the analysis was carried out in three states; (1) open, (2) semi-open and (3) close state of the jack assembly. A constant force was applied on the jack in all of three states, and 3 different meshing structures were generated.

As a result, maximum and minimum stresses, and displacement, and safety factor in the assembly and its sub-systems (components) affecting its required performance was obtained. The safety factor showed that the proposed design met required performance and the results of the static analyses were acceptable.

**2015, xii + 97 page**

**Key Words:** Static analysis, stress, finite element method, jack

## TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, araştırma çalışmalarının yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarında dolayı tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Ahmet GAYRETLİ' ye araştırma ve yazım süresince yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Dr. Özgür VERİM'e ve Necip SELÇUK' a eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı aileme teşekkür ederim.

Veysel TİMOÇİN  
AFYONKARAHİSAR, 2015

# İÇİNDEKİLER DİZİNİ

## Sayfa

|  |     |
|--|-----|
| ÖZET .....   | i   |
| ABSTRACT .....   | ii  |
| TEŞEKKÜR .....   | iii |
| İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....  | iv  |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....  | vii |
| ÇİZELGELER DİZİNİ.....   | x   |
| RESİMLER DİZİNİ .....  | xi  |
| 1. GİRİŞ .....   | 13  |
| 1.1 Amaç .....   | 14  |
| 2. LİTERATÜR BİLGİLER .....  | 15  |
| 2.1 Kriko Çeşitleri ve Kullanım Alanları.....                        | 15  |
| 2.1.1 Kriko Tanımı .....   | 15  |
| 2.1.2 Krikoların Sınıflandırılması.....                              | 15  |
| 2.1.3 Kriko Çeşitleri .....  | 15  |
| 2.1.3.1 Mekanik Krikolar .....                                       | 15  |
| 2.1.3.2 Hidrolik Krikolar.....                                       | 19  |
| 2.1.4 Kullanım Alanları .....  | 20  |
| 2.2 Solidworks Simulation.....                                       | 21  |
| 2.2.1 Statik Analizin Tanımı.....                                    | 22  |
| 2.2.2 Von Mises (Eş Değer Gerilme) .....                             | 22  |
| 2.2.3 Yer Değiştirme .....   | 23  |
| 2.2.4 Gerilme .....  | 24  |
| 2.2.5 Güvenlik Faktörü.....  | 25  |
| 2.3 Sonlu Elemanlar Analizinin Mantığı .....                         | 26  |
| 2.4 Sonlu Elemanlar Mantığı İle Çalışan Bilgisayar Programları ..... | 28  |
| 2.4.1 Abaqus .....   | 28  |
| 2.4.2 Ansys .....  | 28  |
| 2.4.3 Nastran.....   | 29  |
| 2.4.4 Dyna-3D .....  | 30  |
| 3. MATERYAL VE METOT.....  | 31  |
| 3.1 Krikonun İlk Tasarımı ve Parçaların Boyutlandırılması.....       | 32  |



|  |    |
|--|----|
| 3.2 Sonlu Elemanlar Analizi .....                    | 37 |
| 3.3 Solidworks Simulation Programının Ara yüzü ..... | 38 |
| 3.3.1 Malzeme .....                                  | 43 |
| 3.3.2 Sınır Şartları.....                            | 44 |
| 3.3.3 Kuvvet .....                                   | 45 |
| 3.3.4 Ağ (Mesh) Yapısı .....                         | 46 |
| 3.3.5 Çözüm.....                                     | 49 |
| 3.4 Yeniden Tasarlanan Parçalar .....                | 52 |
| 4. ANALİZ VE HESAPLAMALAR .....                      | 55 |
| 4.1 Statik Analiz Sonuçları .....                    | 55 |
| 5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....                           | 94 |
| 6. KAYNAKLAR.....                                    | 95 |
| ÖZGEÇMİŞ .....                                       | 97 |

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

---

|            |                       |
|------------|-----------------------|
| SI(MKS)    | Birim Sistemi         |
| Mm         | Uzunluk/Yer Değişirme |
| Kelvin     | Sıcaklık              |
| Rad/Saniye | Açısal Hız            |
| $N/m^2$    | Basınç/Stres          |
| $\sigma$   | Gerilme               |
| $\epsilon$ | Şekil Değişirme       |
| Re         | Akma Mukavemeti       |

---

### Kısaltmalar

---

|     |                         |
|-----|-------------------------|
| FEM | Sonlu Elemanlar Analizi |
| SEY | Sonlu Elemanlar Yöntemi |

---

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|  | <b>Sayfa</b> |
|--|--------------|
| Şekil 2.1 Mekanik kriko (İnt.Kyn.2) .....        | 16           |
| Şekil 2.2 Kremayerli krikolar (Megep 2012) ..... | 17           |
| Şekil 2.3 Sonsuz vida kriko (Megep 2012) .....   | 18           |
| Şekil 2.4 Akordeon kriko (Megep 2012).....       | 18           |
| Şekil 2.5 Hidrolik kriko (Megep 2012) .....      | 20           |
| Şekil 3.1 Alt tabla.....                         | 32           |
| Şekil 3.2 Bağlayıcı .....                        | 33           |
| Şekil 3.3 Üst tabla .....                        | 34           |
| Şekil 3.4 Mil.....                               | 35           |
| Şekil 3.5 Küçük pim.....                         | 35           |
| Şekil 3.6 Kol.....                               | 36           |
| Şekil 3.7 Büyük pim.....                         | 36           |
| Şekil 3.8 Von Mises .....                        | 50           |
| Şekil 3.9 Yer değiştirme.....                    | 50           |
| Şekil 3.10 Güvenlik faktörü .....                | 51           |
| Şekil 3.11 Tasarım tablosu .....                 | 51           |
| Şekil 3.12 Mil.....                              | 52           |
| Şekil 3.13 Bağlayıcı .....                       | 53           |
| Şekil 3.14 Alt tabla.....                        | 54           |
| Şekil 4.1 Von Mises .....                        | 56           |

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| Şekil 4.2 Yer değiştirme.....     | 57 |
| Şekil 4.3 Şekil değiştirme.....   | 57 |
| Şekil 4.4 Güvenlik faktörü .....  | 58 |
| Şekil 4.5 Tasarım tablosu .....   | 58 |
| Şekil 4.6 Von Mises .....         | 60 |
| Şekil 4.7 Yer değiştirme.....     | 61 |
| Şekil 4.8 Şekil değiştirme.....   | 61 |
| Şekil 4.9 Güvenlik faktörü .....  | 62 |
| Şekil 4.10 Tasarım tablosu .....  | 62 |
| Şekil 4.11 Von Mises .....        | 64 |
| Şekil 4.12 Yer değiştirme.....    | 65 |
| Şekil 4.13 Şekil değiştirme.....  | 65 |
| Şekil 4.14 Güvenlik faktörü ..... | 66 |
| Şekil 4.15 Tasarım tablosu .....  | 66 |
| Şekil 4.16 Von Mises .....        | 69 |
| Şekil 4.17 Yer değiştirme.....    | 70 |
| Şekil 4.18 Şekil değiştirme.....  | 70 |
| Şekil 4.19 Güvenlik faktörü ..... | 71 |
| Şekil 4.20 Tasarım tablosu .....  | 71 |
| Şekil 4.21 Von Mises .....        | 73 |
| Şekil 4.22 Yer değiştirme.....    | 74 |
| Şekil 4.23 Şekil değiştirme.....  | 74 |

|            |                        |    |
|------------|------------------------|----|
| Şekil 4.24 | Güvenlik faktörü ..... | 75 |
| Şekil 4.25 | Tasarım tablosu .....  | 75 |
| Şekil 4.26 | Von Mises .....        | 77 |
| Şekil 4.27 | Yer değiştirme .....   | 78 |
| Şekil 4.28 | Şekil değiştirme.....  | 78 |
| Şekil 4.29 | Güvenlik faktörü ..... | 79 |
| Şekil 4.30 | Tasarım tablosu .....  | 79 |
| Şekil 4.31 | Von Mises .....        | 82 |
| Şekil 4.32 | Yer değiştirme.....    | 83 |
| Şekil 4.33 | Şekil değiştirme.....  | 83 |
| Şekil 4.34 | Güvenlik faktörü ..... | 84 |
| Şekil 4.35 | Tasarım tablosu .....  | 84 |
| Şekil 4.36 | Von Mises .....        | 86 |
| Şekil 4.37 | Yer değiştirme .....   | 87 |
| Şekil 4.38 | Şekil değiştirme.....  | 87 |
| Şekil 4.39 | Güvenlik faktörü ..... | 88 |
| Şekil 4.40 | Tasarım tablosu .....  | 88 |
| Şekil 4.41 | Von Mises .....        | 90 |
| Şekil 4.42 | Yer değiştirme.....    | 91 |
| Şekil 4.43 | Şekil değiştirme.....  | 91 |
| Şekil 4.44 | Güvenlik faktörü ..... | 92 |
| Şekil 4.45 | Tasarım tablosu .....  | 92 |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|   | <b>Sayfa</b> |
|---|--------------|
| <b>Çizelge 3.1</b> DIN çelik (alaşimsız) 1.0601 (C60) malzemesinin özellikleri..... | 31           |
| <b>Çizelge 4.1</b> Krikonu açık halinin sonuçlar tablosu.....                       | 67           |
| <b>Çizelge 4.2</b> Krikonu kapalı halinin sonuçlar tablosu .....                    | 80           |
| <b>Çizelge 4.3</b> Krikonu yarı açık halinin sonuçlar tablosu .....                 | 93           |

## RESİMLER DİZİNİ

|   | <b>Sayfa</b> |
|---|--------------|
| <b>Resim 3.1</b> Solidworks Simulation eklenti durumu .....                                 | 39           |
| <b>Resim 3.2</b> Analiz yapılacak model.....  | 40           |
| <b>Resim 3.3</b> Uygulanacak analiz seçimi .....  | 40           |
| <b>Resim 3.4</b> Değerlendirme menüsü .....   | 41           |
| <b>Resim 3.5</b> Değerlendirme algılama menüsünün hesaplatılmış hali .....                  | 41           |
| <b>Resim 3.6</b> Parçaların birbirine olan temasın tanımlanması.....                        | 42           |
| <b>Resim 3.7</b> Malzeme ataması .....  | 43           |
| <b>Resim 3.8</b> Sabitleme sekmesi.....   | 44           |
| <b>Resim 3.9</b> Sabitlenen Yüzey .....   | 45           |
| <b>Resim 3.10</b> Kuvvet uygulanacak yüzeyin seçimi ve kuvvet değerinin girilmiş hali ..... | 45           |
| <b>Resim 3.11</b> Kuvvet Uygulanan Yüzey.....   | 46           |
| <b>Resim 3.12</b> Ağ yapısı (mesh) menüsü .....   | 47           |
| <b>Resim 3.13</b> Ağ yapısı (mesh) süresi.....  | 48           |
| <b>Resim 3.14</b> Sonlu elemanlar modeli .....  | 48           |
| <b>Resim 3.15</b> Analizin başlatılması.....  | 49           |
| <b>Resim 3.16</b> Analizin çözülür hali.....  | 49           |
| <b>Resim 4.1</b> Krikonun maximum açık halinin ölçüsü.....                                  | 55           |
| <b>Resim 4.2</b> Krikonun açık hali ve seçilen düşük mesh yapısı .....                      | 56           |
| <b>Resim 4.3</b> Krikonun açık hali ve seçilen orta mesh yapısı .....                       | 60           |
| <b>Resim 4.4</b> Krikonun açık hali ve seçilen yüksek mesh yapısı .....                     | 64           |

|   |    |
|---|----|
| <b>Resim 4.5</b> Krikonun minimum kapalı halinin ölçüsü .....                 | 68 |
| <b>Resim 4.6</b> Krikonun kapalı hali ve seçilen düşük mesh yapısı .....      | 69 |
| <b>Resim 4.7</b> Krikonun kapalı hali ve seçilen orta mesh yapısı .....       | 73 |
| <b>Resim 4.8</b> Krikonun kapalı hali ve seçilen yüksek mesh yapısı .....     | 77 |
| <b>Resim 4.9</b> Krikonun yarı açık halinin ölçüsü.....                       | 81 |
| <b>Resim 4.10</b> Krikonun yarı açık hali ve seçilen düşük mesh yapısı.....   | 82 |
| <b>Resim 4.11</b> Krikonun yarı açık hali ve seçilen orta mesh yapısı .....   | 86 |
| <b>Resim 4.12</b> Krikonun yarı açık hali ve seçilen yüksek mesh yapısı ..... | 90 |



## 1.GİRİŞ

Dünya üzerinde makina sanayi teknolojik alanda ve üretimde gün geçtikçe gelişmektedir. Gelişimlerin hızlı ve düşük maliyetlerle ortaya konulabilmesi için bilgisayar destekli tasarım ön plana çıkmaktadır. Günümüzde bilgisayar destekli tasarıma önem veren firmalar daha kısa sürede daha az maliyetle uzun ömürlü makina parçaları üretebilmektedir.

Sanayi ortamında rekabet kaliteli ürünlerin gelişmesine her zaman olanak sağlamıştır. Üreticilerde pazardaki durumlarını korumak ve arttırmak amacıyla daha önce üretimi yapılan ürünleri geliştirmiş ya da yeni tasarımlı ürünler ortaya koyarak pazara sunulmasını sağlamıştır. Tüm üretici firmalar rakiplerine göre daha teknolojik, güvenilir, maliyeti daha düşük ve maksimum kaliteye sahip ürünleri tasarlayıp üretme amacı içerisindedir. Rekabete girilecek bir ortam için tasarım ve üretim şartlarının uygun olması gerekmektedir. Geliştirilecek olan ürünün pazardaki yerini ve rakiplerine göre farklı özelliklere sahip olması tasarım safhasında araştırılarak yapısal özellikleri belirlenir. Teorik tasarım aşamasından sonra prototip yani ilk örnek ürün yapıp farklı teknikler ile üzerinde testler uygulanıp ve sonuçlar izlenmektedir. İstenilen sonuçlar elde edilirse, uygun şartları yerine getiren ürün, seri imalata gönderilip pazara sunulması için çalışmalar başlamış olur. Prototip ürününün üretilmesi ve gerekli testlerin gerçekleşmesi oldukça zaman almakla birlikte ve maliyetli bir aşamadır. Geliştirilen modelin uygulamadaki durumunun görülmesi, denenmesi ve olumsuzlukların ortadan kaldırılıp aynı işlemlerin olumsuz koşulların tamamen kaldırılması durumuna kadar tekrarlanarak gerçekleştirilmesi işlemi yüksek maliyetlere neden olmaktadır. Bundan dolayı tasarımcının prototip safhasına gelmeden önce yaptığı tasarımdan ve ortaya çıkacak sonuçlardan emin olması gerekir (Halkacı ve Yiğit 2004).

Gelişmekte olan bilgisayar teknolojisi ile modelin üretime gönderilmeden önce, bilgisayar ortamında ürünün tüm parçaları tasarlanmakta ve gerçekte olduğu gibi montajı yapılmaktadır. Böylece ürünün üretim için elverişli olup olmadığı kontrol edilmektedir. Ayrıca üretilecek model için gerekli teknik resimler oluşturulabilir. Bilgisayar teknolojisinin sunduğu imkânlardan bir başkası, uzun zaman gerektirecek ve yüksek maliyetli olan ön denemelerin bilgisayar ortamında yapılabilmesidir.

Solidworks Simulation ile makina parçalarının statik ve dinamik analizleri yapılarak bu analizler ve değerlendirmeler doğrultusunda malzemelerin dayanımı ve deformasyon özellikleri tespit edilmektedir. Makina parçalarının seri üretime geçmeden önce analizlerinin yapılması üretimde çıkabilecek hataları en aza indirmektedir. Bilgisayar destekli yapılan analizler daha az maliyetli olmakla birlikte malzemeler üzerinde yapılan tahribatlı muayenelerinde önüne geçmektedir.

Solidworks'de yapılan analizler çerçevesinde parça üzerinde oluşan statik ve dinamik yükler tespit edilerek parçanın tasarımı düzenlenebilir. Bu tasarım geliştirme işlemlerinin bilgisayar destekli yapılması yerine uygulamalı olarak deneme-yanılma yöntemi ile yapılması tasarım geliştirme sürecinin uzamasına neden olmakla birlikte üretilen malzemelerde kayıplara neden olabilir. Bunun yanı sıra bilgisayar destekli tasarımla daha güvenilir sonuçlar elde edilmektedir.

Tasarlanan makinaların bilgisayar ortamında analizinin yapılması ürün kaybını ve muayene için üretilen ürünlerin ekstra fiyat yükünü ortadan kaldırmaktadır. Solidworks programında tasarlanan makine parçalarına Simulation modülü kullanılarak analizlerin gerçekleştirilmesi ve analiz sonuçlarına göre tasarımın geliştirilmesi, üretime gönderilmeden önce yapılacak prototip sayısını minimize ederek maliyeti düşürecek ve üretilen ürünlerin piyasaya ulaşma hızını arttıracaktır.

## **1.1 Amaç**

Bu çalışmada Solidworks programında çok parçalı makine sisteminin tasarımı yapılarak Solidworks Simulation paket programı yardımıyla sistemin farklı konumlarda ve farklı mesh yapıları oluşturularak, uygun malzeme seçilerek, sabit bir kuvvet uygulanıp ve sınır şartları belirlenerek statik analizi yapılmıştır. Buna bağlı olarak elde değerler sonucu krikonun en uygun konumu ve mesh yapısı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirilerek modelin emniyetli olup olmadığına karar verilmiştir.

## **2. LİTERATÜR BİLGİLER**

### **2.1 Kriko Çeşitleri ve Kullanım Alanları**

#### **2.1.1 Kriko Tanımı**

Kriko, ağırlığı olan ve insan gücünün yetmediği araç ve gereçlerde sonsuz dişli, vidalı, elektrikli, hava basınçlı ya da hidrolik bir sistem ile çalışan makine elemanıdır. Krikolar yükleri insan gücü göz önüne alınarak çevirme veya basma hareketleri kısa tekrarlar ile kaldırma sağlar. Bir kriko verimi kaldırdığı ağırlığa uygulanan kuvvete oranı olarak tarif edilir. Kapasitesi küçük olan krikolar takım tezgahları ve otomobillerde kullanılırken büyük kapasiteli krikolar ağır makine veya diğer yüklerin kaldırılmasında kullanılır. Krikolar genel olarak mekanik ve hidrolik olarak ikiye ayrılırlar.

#### **2.1.2 Krikoların Sınıflandırılması**

Yapılarına ve çalışma prensiplerine göre en fazla kullanılan krikolar şunlardır:

- Mekanik krikolar
  - Vidalı krikolar
  - Dişli çarklı krikolar
    - Kremayerli krikolar
    - Sonsuz vida ve dişli çarklı krikolar
  - Akordeon krikolar
- Hidrolik krikolar (Megep 2012).

#### **2.1.3 Kriko Çeşitleri**

##### **2.1.3.1 Mekanik Krikolar**

Manivela, vida, dişli çark vb. makine parçaları ile oluşmuş bir düzenle çalışan krikolara mekanik kriko denir.

Mekanik krikolar da birkaç çeşittir;



**Şekil 2.1** Mekanik kriko (İnt.Kyn.2).

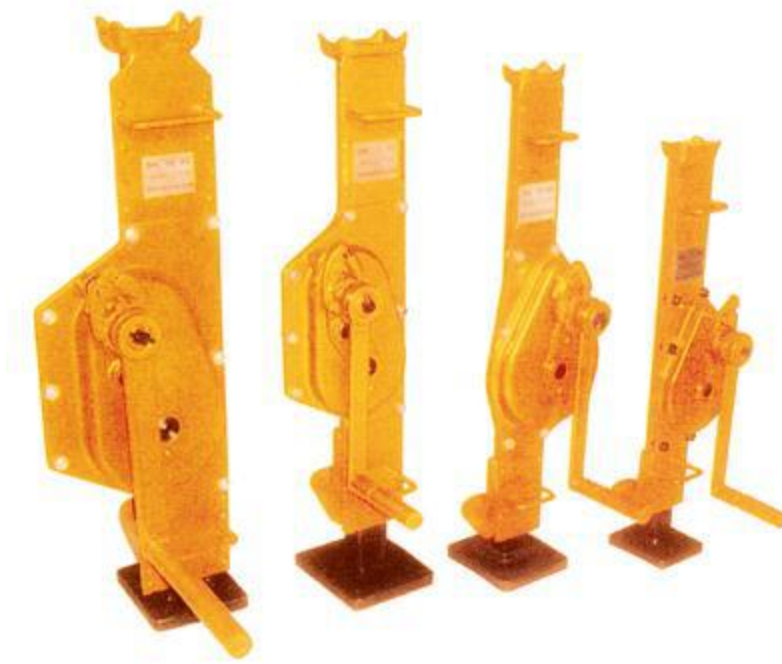
**Vidalı krikolar:** Vidalı krikolar, doğrusal hareket gerektiren uygulamalarda kullanılmaktadır. Herhangi bir yükün kaldırılmasında, mekanik bir parçanın çekilmesinde, makina aksamlarının çalışma mesafelerinin ayarlanmasında vidalı krikodan yararlanılmaktadır (İnt.Kyn.1).

Kolun yardımıyla somun döndürülünce vidalı kriko mili harekete geçer. Somununun dönüş yönüne göre mil üzerindeki yük kaldırılır ve indirilir. Somun ile vidalı mil beraberce dönebilir. Bunu önlemek amacıyla mil üzerine kama yuvası açılmış ve krikonun gövdesine kama yerleştirilmiştir. Vidalı krikonun yükü gövdesiyle veya yalnız kriko gövdesinin yana kaydırılması ile de hareket eder. Bunun için anahtar yerine takılan bir anahtar ile mil döndürülür. Milin ilerleme etkisiyle kriko gövdesi kayıtlar arasında yana doğru kayar. Vidalı krikolar genellikle kayıtsız olarak yapılır.

Vidalı krikolar, bir tona kadar yükler içindir. Emniyetli olup, kaldırdığı yükü istenildiği kadar uzun müddet tutabilir. Bir levye veya anahtar ile kullanılır.

**Dişli çarklı krikolar:** Bunlar dişli çarklı türlerinden bir veya daha fazlasının oluşturduğu kombine ile çalışan krikolardır. Dişli çarklı krikoların çok değişik tipte olanları vardır. Bunlar:

a) **Kremayerli krikolar:** Kriko kolu çevrilince dişli çark döner ve kremayerini harekete geçirir. Kol bırakıldığı zaman yükün yaptığı baskı ile kremayerin aşağıya inmemesi için mandal kullanılır. Kriko, basit ve bir dişli çarklıdır. Bazı kremayerli krikoların birçok dişli çarkı olduğundan koluna uygulanan daha küçük bir kuvvetle çok daha ağır yükleri kaldırmak mümkün olabilir.



Şekil 2.2 Kremayerli krikolar (Megep 2012).

b) **Sonsuz vida ve dişli çarkı:** Krikonun kolu ile sonsuz vida döndürülünce dişli çark ve dolayısıyla vidalı kovan harekete geçirilir. Krikonun sonsuz vida dişli çarkı, aynı zamanda vidalı kovanın somunudur. Sonsuz vidadan dişli çarkına çok düşük oranda dönüş iletileceğinden vidalı kovan yavaş yavaş ilerleyecektir. Kriko boşta iken kovanın ilerlemesini artırabilmek için bu kovana çok ağızlı (kare veya trapez) vida açılmıştır. Kriko milinin baş kısmını kaldırılacak yüke çabuk yaklaştırabilmek için mili elle döndürülerek de ilerletilebilir. Mili üzerine de çok ağızlı (kare veya trapez) vida açılmış olup kovanınkiyle aynı yönlüdür. Sonsuz vida dişli çarkı ile vidalı kovanın beraber dönmesini önlemek amacıyla kovan üzerine kama yuvası açılmıştır. Kriko kapağı üzerindeki kaması, kanalı içine oturur ve vidalı kovanın dönmesini önler. Sonsuz vida ve dişli çark, yağ içinde çalışarak hareket etmektedir.



Şekil 2.3 Sonsuz vida kriko (Megep 2012).

**Akordeon krikolar:** Akordeon krikolar, küçük yükleri kaldırmak amacıyla ve özellikle binek arabalarında kullanılır. Çalışması şu şekilde gerçekleşir: Kriko boşta iken milin hareketi, aynı milin çevresinde oyukları bulunan kısmı yardımıyla ve elle sağlanabilir. Krikonun yükü kaldırabilmesi için mil, anahtar yerinden yararlanılarak ve bir anahtar ile döndürülür. Mili ilerleme yönünde döndürülünce krikonun oynak yerleri arasındaki açıklığı azalır ve yük kaldırılır. Milin diğer yönde döndürülmesiyle açıklığı artar ve yük alçalır. Somunu, mil ile birlikte dönmemelidir. Bunun için somun ile kovan, kavramalı olarak yapılmıştır. Somunun kovandan ayrılmaması mandal ile sağlanır. Oto krikoları, dişli bir çubuktan ibarettir. Kriko bulunan her hareketinde bir çubuk bir diş mesafesi kadar yukarı çıkar. Kol serbest kaldığında bir tırnak dişi tutar. Oto krikolarının, kapasitesi yirmi beş tona kadar olanları vardır.



Şekil 2.4 Akordeon kriko (Megep 2012).

### 2.1.3.2 Hidrolik Krikolar

Hidrolik krikolar, çapı küçük bir silindirle, çapı büyük bir silindirden meydana gelir. Küçük çaplı silindirin pistonuna tatbik edilen az bir kuvvet ile silindirler içindeki sıvıda ortaya çıkan basınç büyük silindirin pistonunu ve bunun üzerindeki yükü büyük bir kuvvetle yukarı kaldırır. Kaldırılan yük geri indirilmek istenirse, bir kapağın açılmasıyla büyük silindirdeki sıvı, yine bu silindirlerle irtibatlı olan sıvı deposuna alınır. Hidrolik krikoların kapasitesi yüzlerce ton olabilmektedir. Fakat kapasitesi yüksek olan krikoların nakli güçleşir.

Çalışması şu şekildedir: Hidrolik krikolar, kaldırma yüksekliğini sağlayan bir silindir ile hareket ederek, baskıyı sağlayan bir piston ve bir pompa grubundan ibarettir. Pompa, elle veya motorla çalıştırılabilir. Pompanın itici pistonun elle çalıştırılması hâlinde bir manivela kolundan yararlanır. Manivela kolu ile kendi silindiri içerisinde hareket edebilen bir küçük pistonu hareket verilmekte ve bu sırada depodan emdiği sıvının büyük silindirin içerisine atılması sağlanmaktadır. Emme silindirleri ile basma silindirleri arasında tek yönlü birer ventil (çek valf) bulunduğu için kaldırma silindirinden sıvı geriye gidememekte ve bu da yükün kendiliğinden aşağıya inmemesini sağlamaktadır.

Kullanım alanları inşaat ve makine sektöründe, ağır sanayi alanlarında atölyelerde veya şantiyelerde, taşıtlarda parçaların yerlerine konması, kaldırılması, oturtulması, ayarlanması, ağır parçaların, galeri çeperlerinin, duvarların vb. geçici olarak desteklenmesi gibi işlerde kullanılır.



Şekil 2.5 Hidrolik krik (Megep 2012).

#### **2.1.4 Kullanım Alanları**

İnşaat ve makine sektöründe, ağır sanayi alanlarında atölyelerde veya şantiyelerde, taşıtlarda parçaların yerlerine konması, kaldırılması, oturtulması, ayarlanması, ağır parçaların, galeri çeperlerinin, duvarların vb. geçici olarak desteklenmesi gibi işlerde kullanılır (Megep 2012).



## 2.2 Solidworks Simulation

Solidworks Simulation ile makineler için kullanılan parçalarının statik ve dinamik analizleri yapılarak bu analizlerin ve değerlendirmelerin sonucunda parçaların dayanımı ve deformasyon özellikleri tespit edilebilmektedir. Makine parçalarının önceden analizlerinin yapılması seri üretimde oluşabilecek hataları önlemek için etkilidir. Bilgisayar destekli yapılan analizler önleme maliyetlerini ve ürün maliyetini en aza indirmektedir Bununla birlikte parçaların üzerinde uygulanması gereken tahribatlı muayenelerinde önüne geçilmektedir.

Bilgisayar destekli tasarım ile statik ve dinamik analizlerin gerçekleştirilerek çoklu makina parçalarının en fazla hangi bölgelerinde minimum ve maksimum kuvvetlere maruz kaldığı belirlenebilir. Von Mises, yer değiştirme, gerilme, güvenlik faktörleri ve tasarım kavrama grafiklerinin değerleri hesaplatılarak istenilen sonuçlar alınabilir

Çoklu makina sisteminin analizlerini gerçekleştirdikten sonra performans değerlendirmesi yapılabilir ve üretime geçilmeden önce kalite ve güvenliğini geliştirici kararlar alınabilir. Tasarım süreci boyunca dayanıklılık, statik ve dinamik etki gibi geniş parametreler aralığında kontrolü gerçekleştirilebilir. Bilgisayar destekli tasarım sayesinde tasarım üzerinde kolaylıkla değişiklik yapma imkanının bulunması yeni fikirlerin oluşmasını sağladığı gibi yeni tasarımın kolayca test edilme olanağı sağlanabilir (İnt.Kyn.4).

Solidworks'de yapılan analizler sayesinde parça üzerinde oluşabilecek statik ve dinamik yükler belirlenerek, çıkan sonuçlar neticesinde parçanın tasarımında istenen değişiklikler kolayca yapılabilir. Yapılan değişikliklerden sonra tekrar analiz yapılır ve istenen değerler elde edilene kadar bu süreç yenilenerek tasarım geliştirme işlemi devam eder. Bu sürecin bilgisayar ortamı yerine uygulamalı olarak gerçekleştirilmesi durumunda üretilen malzemede kayıp yaşanabilir ve ürünün tasarım geliştirme süresi ve maliyetleri artar. Bunun yanında bilgisayar destekli tasarımla daha kısa sürede daha güvenilir sonuçlar elde edilmektedir (Halkacı ve Yiğit 2004).

### **2.2.1 Statik Analizin Tanımı**

Tasarlanan makine parçalarının kararlı yükleme şartlarına maruz kaldığında yüke karşı tepkisinin incelendiği analiz türüdür. Yapılan statik analizler zamandan bağımsız olmakla birlikte zamana bağlı olarak yapılan statik analizler yük koşulları etkisi altında yeterli sonuçlar vermemektedir (İnt.Kyn.6).

Yapılan statik analizler tasarlanan makine parçalarına ait gerilme, deformasyon ve güvenlik katsayısı gibi değerleri vermektedir. Analiz sonuçlarına bakılarak yapılan tasarımlardan hangi tasarımın daha dayanıklı olduğu, kullanılan malzemenin uygun olup olmadığı ve tasarımdaki değişikliklerin dayanıma etkisi gibi soruların cevabı elde edilmektedir (İnt.Kyn.7).

Statik cisimlerin dengesi incelerken, sabit hızla hareket eden veya durmakta olan cisimleri ele almaktadır. Dinamikte ivmenin sıfır olduğu özel durumlarda statikğin mühendislik eğitiminde yer almasının nedeni, nesnelerin denge durumunu her zaman koruyacağı öngörüsüyle tasarlanmasıdır (Soyuçok 2015).

Statik analiz önemli ataletler ve titreşim etkileri iletilmeksizin sistem üzerinde bulunan gerilme ve yer değiştirme değerleri belirlenmektedir. Statik analiz yönteminde makine parçalarının özelliklerini ifade eden rijitlik matrisleri oluşturulmaktadır. Bu matrisler bir bütün hale getirilerek tüm sistemi ifade eden ana rijitlik matrisi elde edilmektedir (Işık 2004).

### **2.2.2 Von Mises (Eş Değer Gerilme)**

Sonlu elemanlar analiz sonuçlarına bakılarak oluşan Von Mises gerilme değerleri analizler hakkında yorum yapmamızı sağlamaktadır ve analizlerimizin devamı için bize yol göstermektedir. Elde edilen Von Mises gerilme değerleri, matematiksel kanıtlamaları kullanarak analizi yapılan eleman üzerinde oluşan gerilme ve kayma gerilimlerinin ortalamasıdır. Formül ile gösterilir ise:

$$\begin{aligned}
\sigma_v &= \sqrt{3J_2} \\
&= \sqrt{\frac{(\sigma_{11} - \sigma_{22})^2 + (\sigma_{22} - \sigma_{33})^2 + (\sigma_{11} - \sigma_{33})^2 + 6(\sigma_{12}^2 + \sigma_{23}^2 + \sigma_{31}^2)}{2}} \\
&= \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2}{2}} \quad (2.1)
\end{aligned}$$

Şeklinde ifade edilir. Sözel olarak ifade edersek karekök içerisinde aksenal gerilme kuvvetlerinin kareleri toplamının yarısı ile her bir yüzeyde oluşan kayma gerilme değerlerinin kareleri toplamının 3 ile çarpılması şeklinde ifade edilmesidir.

Analiz sonuçları Von Mises gerilme değerleri ile kontrol ediliyor ise, karekökten dolayı çeki ve bası gerilmeleri görülmemektedir. Bundan dolayı oluşan Von Mises gerilmelerinin kontrolü yapıldıktan sonra hangi yönde oluşan gerilme değerleri daha büyük ise o yönde bulunan gerilmeler kontrol edilerek Von Mises' den büyük gerilmeler dikkate alınır.

Von Mises gerilmeleri ortalama bir değer olduğundan dolayı kesin sonuçlar vermez. Bu durumdan dolayı oluşan Von Mises gerilme değerlerini oluşturan gerilmelerin tek tek kontrol edilmesi doğru kararlar almamız için faydalı olacaktır (İnt.Kyn.8).

### 2.2.3 Yer Değiştirme

Yer değiştirme, hareket eden bir parçanın konumundaki değişmeyi gösterir. Parçacığın harekete başladığı konum ile belirli bir zaman sonra bulunduğu konum arasında, son konum yönünde, doğrusal bir vektördür.

$$\Delta X = X_2 - X_1$$

Yer değiştirme ( $\Delta X$ ) = Son Konum ( $X_2$ ) - Başlangıç Konumu ( $X_1$ )

Alınan başlangıç noktasına göre yer değiştirme artı (+) veya eksi (-) olabilir (Çolakoğlu 1984).

Yer değiştirme, alınan yol ile karıştırılmamalıdır. Dñnyanın etrafında bir tur attıktan sonra başlangıç konumuna geri dñnen bir parçacığın aldığı yol binlerce kilometre olmasına rağmen, yer değiştirmesi sıfırdır. Dñzgñn doğrusal harekette hız-zaman grafiği ile zaman ekseninin sınırladığı alan ve hareketlinin yer değiştirme miktarı birbirine eşit olur (Çolakoğlu 1995).

#### **2.2.4 Gerilme**

Gerilme, birim yñzeeye dñřen yñk miktarı olarak tanımlanır. Gerilme vektñrñ, incelenen kesit yñzeeye dikey etkiyorsa, bu gerilmeye normal gerilme, gerilmenin kesit dñzleminde olması halinde oluşan gerilmeye ise kayma gerilmesi denilmektedir.

Çekme gerilmesi, malzemenin çekmeye karşı gösterdiği dirençtir. Gerilme değeri kuvveti kesit alanına bñlñnerek bulunur. Bir malzemenin çekmeye karşı gösterdiği maksimum direnç çekme deneyi ile bulunur. Çekme deneyinde cismin sñnek veya gevrek olmasına bağlı olarak uzama gerçekteşebilir. Koptuęu andaki gerilme değeri maksimum çekme gerilmesi değeridir. Bu değer birim uzama miktarı ve elastisite modñlñnñn çarpılması ile bulunur. Birim uzama miktarı, toplam uzama miktarının malzemenin toplam uzunluğuna bñlñnmesi ile bulunur.

Basma gerilmesi, malzemenin basmaya karşı gösterdiği dirençtir. Gerilme değeri kuvveti kesit alanına bñlñnerek bulunur. Bir malzemenin basmaya karşı gösterdiği maksimum direnç basma deneyi ile bulunur. Basma deneyinde cisim, bir sñre kısalır daha sonra ya kırılır ya ezilir ya da yeterli kuvvet verilemezse şeklini korur. Kırıldığı andaki gerilme değeri maksimum basma gerilmesi değeridir. Bu değer birim kısalma miktarı ve elastisite modñlñnñn çarpılması ile bulunur.

Birim kısalma miktarı, toplam kısalma miktarının malzemenin toplam uzunluğuna bñlñnmesi ile bulunur. Cisim kısaldıķça kesit alanı azalır. "Gerçek Basma Gerilmesi" malzeme kısalırken kesit alanında oluşan genişlemeyi de hesaba katarak bulunur. Kırılma kuvveti kırılma anındaki kesit alanına bñlñnerek gerçekteş basma gerilmesi hesaplanır.

Cisim uzadıkça kesit alanı azalır. 'Gerçek Çekme Gerilmesi' malzeme uzarken kesit alanında oluşan daralmayı da hesaba katarak bulunur; kopma kuvveti kopma anındaki kesit alanına bölünerek gerçek çekme gerilmesi hesaplanır.

### 2.2.5 Güvenlik Faktörü

Makine tasarımında kullanılan malzeme özelliklerine ait bilgiler istatistiksel olarak elde edilmiş bilgilerdir. Buna karşılık çevre şartlarını belirleyen ve gerilmenin hesaplanmasında kullanılan bilgiler de istatistiksel verilere dayanmaktadır. Dolayısıyla her iki bilgi de uygulamada bazı farklılıklar gösterebilecek özellik taşır.

Genel olarak elemana etki eden gerilme, elemanın yapıldığı malzemenin dayanımından küçük ise eleman bu gerilmeyi taşır denilebilir. Buradaki istatistiksel veriler kesin hesaplamaları engellemekte ve işlemlerin bir emniyet payı içerisinde yapılmasını zorunlu hale getirmektedir. Bu amaçla kullanılan katsayı emniyet katsayısı olarak adlandırılır. Emniyet katsayısı (EK), yük ile gerilmenin orantılı olduğu durumlarda uygulanan gerilme ile dayanım arasındaki ilişkiyi belirleyecek şekilde aşağıdaki denklem ile tanımlanır.

$$\sigma \leq \frac{Re}{EK} \quad (2.2)$$

Buradaki emniyet katsayısı malzeme bilgisi için gereken emniyet yük bilgileri için gereken emniyet paylarının çarpımı olarak toplam emniyet katsayısını belirtmektedir. Emniyet katsayısı kendisini belirleyen yük ve malzeme özellikleri ile ilgili bilgilerin kesinlik durumuna ve hasar durumunda ortaya çıkacak olan can ve mal kaybına göre tasarımcının tecrübesine bağlı olarak hesaplanır. Malzeme özellikleri ve yükleme durumu çok iyi biliniyorsa ve hasar durumunda ortaya çıkacak mal kaybı ihmal edilebilir durum ise emniyet katsayısı 1.25 alınabilir. En kötü durumda emniyet katsayısı 3 ile 4 arasında olabilir. Burkulma gibi durumlarda yük ile gerilme orantılı olmaz. Bu durumda emniyet katsayısının uygulaması daha detaylı analizler gerektirir (Taşgetiren 2000).

Makine parçalarına uygulanan statik analiz sonucunda bir makine parçası taşıyabileceği kuvvetten daha fazla yük taşıyabilmesi istenmektedir. Güvenlik faktörü değerinin yeterli sonuçlar vermesi için ilk olarak uygun malzeme seçimi yapılması gerekir. Yapılacak olan analizler, akma mukavemeti yüksek malzemeler seçilerek elde edilen gerilme değerlerine göre belirlenecektir.

Parça kalınlığının fazla olması ve tasarlanan parçalarda radüs bulunması dayanımı artırmaktadır. Analizler sonucu değerlerin uygun olmaması;

- Kuvvet değerlerinin fazla verilmesi,
- Malzeme özelliklerinin yeterli olmaması,
- Alanın (kesit) büyük olması,

İstenilen sonuçlara ulaşamadığı anlamı gelmektedir.

### **2.3 Sonlu Elemanlar Analizinin Mantığı**

Üretilen nesnelerin tasarımını sonlu noktalar oluşturarak ifade etmemizi sağlar. Doğada bulunan her madde sonsuz noktadan oluşmaktadır. Dolayısıyla tasarlanacak yapının birçok sınırlamayla modelinin oluşturulması gerekmektedir. Bu durumda sonlu elemanlar analizi kullanılarak sonsuz noktadan oluşan yapıların, istenilen sınırlandırmalarla sonlu şekle getirilebilir.

Analizin kullanılmaya başladığı ilk zamanlarda tüm işlemlerin elle yapılmasından dolayı 10 ile 100 arasında elemanla yapılırken bilgisayarların gelişmesiyle bu sayı 10 milyona kadar çıkmıştır. Analizlerde, düğüm noktası ve eleman olmak üzere iki kavram bulunmaktadır. Düğüm noktaları (node), yöntemi kullanarak sonsuz noktadan indirgenen noktaları ifade etmektedir. Elemanlar ise bu noktaların birleşiminden oluşan tasarım parçalarıdır. Kısaca tasarlanacak nesne, düğümlerle birbirine bağlanmış elemanlara bölünür ve analiz edilir. Nesne, ne kadar çok elemana bölünürse sonuçların gerçekçiliği o kadar artar (Köksal 2003).

Kullanılan yazılımda, elemanların düğüm noktalarındaki özellikleri, dışarıdan girilen değişkenler yardımı ile lineer denklemler şeklinde oluşturulur. Kurulan denklemler, tasarımın sanal çizimini, malzeme özellikleri ve sınır değerlerinin bilindiği durumda uygulanabilir. Bu denklemler, tasarımın karmaşıklığına göre lineer cebir ya da sayısal yöntemlere göre çözülebilir. Çözümüne göre yazılımın çizdiği animasyonlarla sanal test imkanı oluşturulur. Bunları beş madde üzerinde topladığımızda şu şekilde tanımlayabiliriz.

*Tanımlama;* analiz yapılacak modelin çizilmesi, uygun malzeme seçilmesi ve değerlerin girilmesi, kuvvetlerin ve sınır şartlarının belirlenmesi gerekir.

*Mesh Üretme;* tasarlanan modelin sınır değerleri girilerek sonlu elemanlar yapısı oluşturulmuştur.

*Çözümleme;* ortaya çıkan mesh yapılarının denklemlerinin uygun şartlarda çözülmesi gerçekleşir.

*Görsel Sunum;* çözümleme işleminden sonra ortaya çıkan sonuçlar grafiklerle ve animasyon şeklinde sunulmasını sağlar.

*Optimizasyon;* İlk olarak belirlenen parametre değerleri değiştirilerek farklı sonuçlar elde edilmesi ve önceki değerlerle karşılaştırma yapılarak uygun olan sonuçların belirlenmesi.

Günümüzde yazılımlar, tasarımcılara oldukça güçlü özellikler sunsa da mesh üretim süreci için tasarımcının deneyimi ve öngörüsü büyük önem taşır. Tasarımcının parçalarda eleman yoğunluk derecesini belirlemesi ve hangi metotları kullanacağını bilmesi gerekmektedir (İnt.Kyn.5).

FEM olarak da bilinen SEY' in uygulamaları, akışkanlar dinamiği, makine dizaynı, elektromanyetizma, akustik gibi alanları kapsayan mühendislik dallarında görülmektedir (Çetinkaya 2011).

## 2.4 Sonlu Elemanlar Mantığı İle Çalışan Bilgisayar Programları

### 2.4.1 Abaqus

Abaqus ilk sürümü 1978 yılında piyasaya çıkmış bir sonlu elemanlar analizi ve bilgisayar destekli mühendislik yazılımıdır. Abaqus yazılımı 4 modülden oluşmaktadır.

- Abaqus/CAE veya “Complete Abaqus Environment” ile makine parçalarının modellenmesi, analizinin yapılması ve sonuçların görselleştirilmesi yapılır.
- Abaqus/CFD, hesaplamalı akışkanlar mekaniği analizleri için modelleme, analiz ve raporlamasını yapmaktadır.
- Abaqus Standart, genel amaçlı implicit analizinin yapıldığı modüldür.
- Abaqus Explicit ise çarpışma, düşme, patlama gibi non lineer analizlerinin yapıldığı modüldür.

Abaqus otomotiv, havacılık, savunma, makine sanayi gibi bir çok sektörde kullanılmaktadır. Malzeme modelleme yeteneklerinin diğer yazılımlara göre üstün olması ve kullanıcı tarafından özelleştirilebilir olması akademik çalışmalarda yaygın olarak kullanılmasını sağlamıştır (İnt.Kyn.9).

### 2.4.2 Ansys

Ansys mühendislerin titreşim, mukavemet, akışkanlar mekaniği ve ısı transferi ile elektromanyetik alanlarında fiziğin tüm disiplinlerinin birbiri ile olan interaksyonunu simüle etmekte kullanılabilen genel amaçlı bir sonlu elemanlar yazılımıdır (Özdemir 2009).

Ansys genel amaçlı sonlu elemanlar paket programıdır ve mekanik problemlerin nümerik çözümünde kullanılır. Bu problemler; statik/dinamik yapısal analizler (lineer veya non-lineer), ısı transferi ve akış problemleri ile akustik ve elektro-manyetik problemleri içerir. Genel olarak, sonlu elemanlar analizleri üç kademede gerçekleştirilir:

- **Preprocessing:** problemin tanımlanması; preprocessing ana kademeleri aşağıda verildiği gibidir:



Anahtar, çizgi, alan, hacimlerin tanımlanması

Element tipi, malzeme ve geometri özelliklerinin tanımlanması

Gerekli çizgi, alan, hacimlerin sonlu elemanlara bölünmesi.

- **Solution:** yüklerin ve sınır şartlarının atanarak çözümün gerçekleştirilmesi; bu kademede yükler (noktasal veya basınç) belirlenir, sınır şartları tanımlanır ve sonuçta çözüme gidilir.
- **Postprocessing:** sonuçların görüntülenmesi; bu kademede şunlar yapılabilir:
  - Düğüm noktası yer değiştirmelerin listelenmesi
  - Eleman kuvvet ve momentlerinin izlenmesi
  - Yer değiştirme çizimleri
  - Gerilme kontur diyagramları (Çalık 2004).

### 2.4.3 Nastran

Bu program 1960 yılında MSC şirketi tarafından NASA'nın yapısal analizlerinin çözülmesi amacı ile devlet desteği ile geliştirilmiştir. MSC Nastran, en yaygın kullanılan sonlu elemanlar yazılımıdır.

Sağladığı eşsiz hassasiyet üstünlüğü nedeniyle son 40 yılda tasarlanmış çoğu uzay mekikleri, hava araçları ve taşıtlar MSC Nastran ile analiz edilmiştir. MSC Nastran karmaşık mühendislik işlerinde hızlı ve hassas çözüm sunmak için optimize edilmiştir.

MSC Nastran yazılımı, Marc, Dytran ve Ls-Dyna teknolojilerini bünyesine katarak, güvenilir çok-disiplinli çözümler sunmaktadır. MSC Nastran yazılımının çok-disiplinli çözümler yeteneği, farklı analizleri tek modelde birleştirme imkanı sunmaktadır.

Linear-Nonlinear Çözümler, Dinamik ve Titreşim, Termal, Optimizasyon, Rotordynamics, Aeroelasticity, Akustik, Temas Problemleri, Çarpışma ve Patlama, Montajlı Parça Analizleri, Kompozit ve Elastomer Malzemeler, Plastik Deformasyon ve Metal Şekillendirme gibi işlemler yapılmaktadır.

Uzay ve Havacılık, Otomotiv, Savunma, Makina Üreticileri, Beyaz Eşya, Kauçuk Endüstrisi, Nükleer Enerji gibi sektörlerde kullanılmaktadır (İnt.Kyn.11).

#### **2.4.4 Dyna-3D**

Explicit Nonlinear sonlu eleman yazılımıdır. Büyük yapısal deformasyonların olduğu, kısa süre içinde gerçekleşen olayların simülasyonları için kullanılır. Kapsamlı malzeme modelleri, kompleks temas koşulu tanımlama özellikleri ve çözüm algoritmaları ile otomotiv sanayinin vazgeçilmez bir ürün geliştirme aracı olmuştur.

İleri düzey malzeme modelleri, Modelleme çözümleri (punto kaynak), Karmaşık problemlere kolay çözüm, Çarpışma ve güvenlik simülasyonları, Devrilme simülasyonları, Patlama simülasyonları, İmalat simülasyonu (plastik ve cam), Saç metal şekillendirme, Düşürme simülasyonları, Akışkan-katı etkileşimi (FSI), Deprem mühendisliği, Kuş çarpma simülasyonu, Ağsız çözüm (meshless), Tanecik tabanlı çözücü gibi işlemler yapan sonlu elemanlar yazılımıdır.

Otomotiv, Uzay ve Havacılık, Savunma, Deniz Sistemleri, İnşaat Mühendisliği, Enerji, Biyomühendislik, İmalat, Elektronik gibi sektörlerde kullanılır (İnt.Kyn.10).

### 3. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada Solidworks Simulation sonlu elemanlar programı kullanılarak akma mukavemeti yüksek bir malzemeden tasarlanan kriko sisteminin açık hali, yarı açık hali ve kapalı haldeki konumları gözlenerek değerlendirildi.

Kriko birden fazla parçadan oluşmakta olup her parçası kullanılan akordeon kroki modellerine uygundur. Parçalar bir bütün halinde dizayn edilip üzerine sabit bir kuvvet (5000 N ) uygulanmış ve her konum için 3 farklı mesh yapısı oluşturularak analiz işlemi gerçekleştirilmiştir.

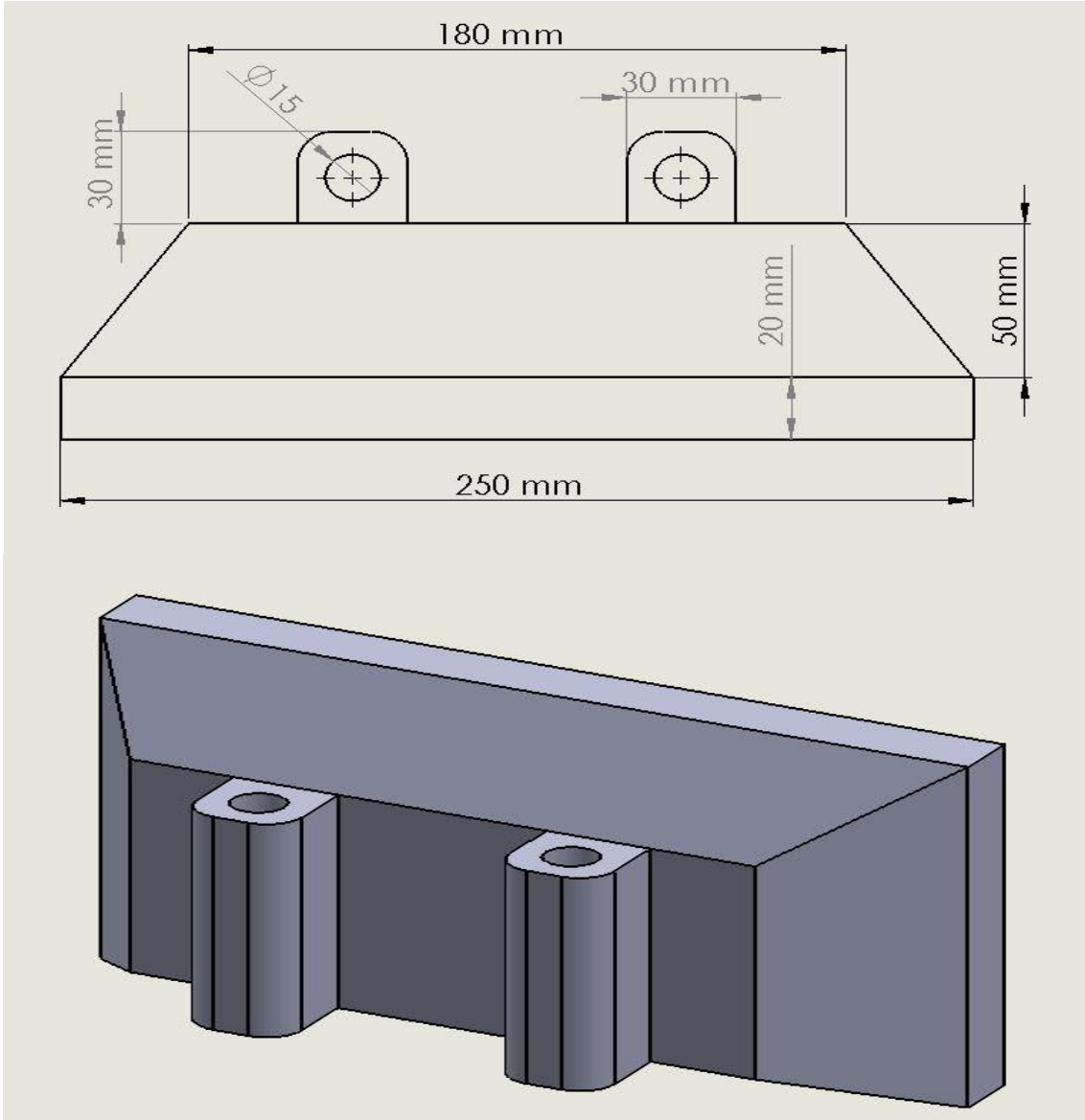
Kriko mekanizmasının analizi sonucu elde edilen Von Mises, yer değiştirme, gerilme ve güvenlik faktörü değerlerinin doğru ve güvenilir olabilmesi için emniyet katsayısı değeri minimum 2 alınmıştır.

Krikonun minimum kapalı hali 17 cm, orta açık hali 35 cm ve maximum açık hali 53 cm alınarak analiz işlemleri gerçekleştirildi. Statik analizi yapılan kriko modelinde DIN çelik (alaşimsız) 1.0601 (C60) malzemesi kullanılmıştır.

**Çizelge 3.1** DIN çelik (alaşimsız) 1.0601 (C60) malzemesinin özellikleri.

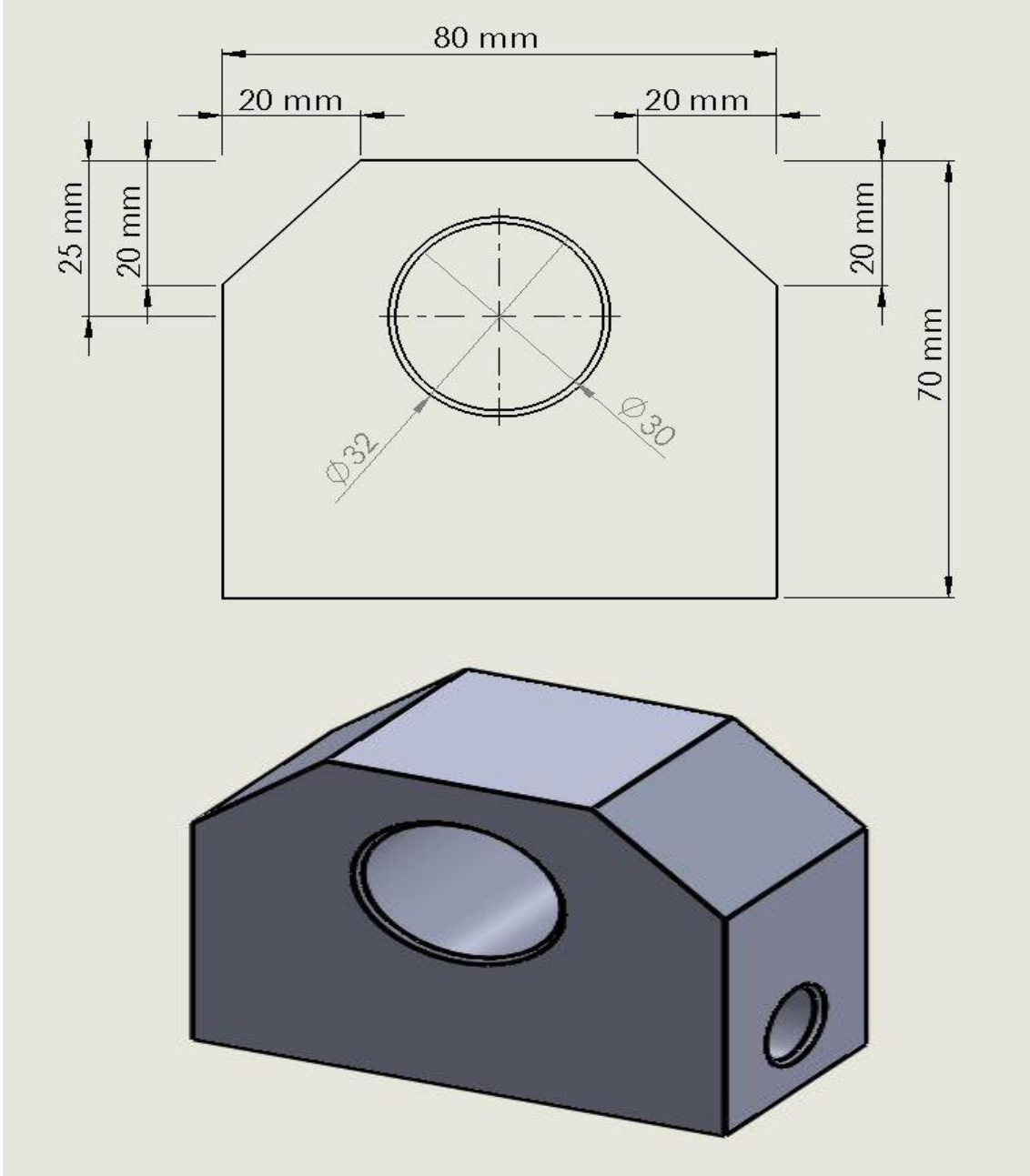
|                                   |                          |
|-----------------------------------|--------------------------|
| <b>Elastikiyet modülü</b>         | 210000 N/mm <sup>2</sup> |
| <b>Poisson oranı</b>              | 0.28                     |
| <b>Yırtılma modülü</b>            | 79000 N/mm <sup>2</sup>  |
| <b>Kütle yoğunluğu</b>            | 7800 kg/mm <sup>3</sup>  |
| <b>Gerilme mukavemeti</b>         | 850 N/mm <sup>2</sup>    |
| <b>Akma mukavemeti</b>            | 660 N/mm <sup>2</sup>    |
| <b>Termal genişleme katsayısı</b> | 1.1e-005 K               |
| <b>Termal iletkenlik</b>          | 14 W/(m.K)               |
| <b>Özgül ısı</b>                  | 440 J/(kg.K)             |

### 3.1 Krikonun İlk Tasarımı ve Parçaların Boyutlandırılması



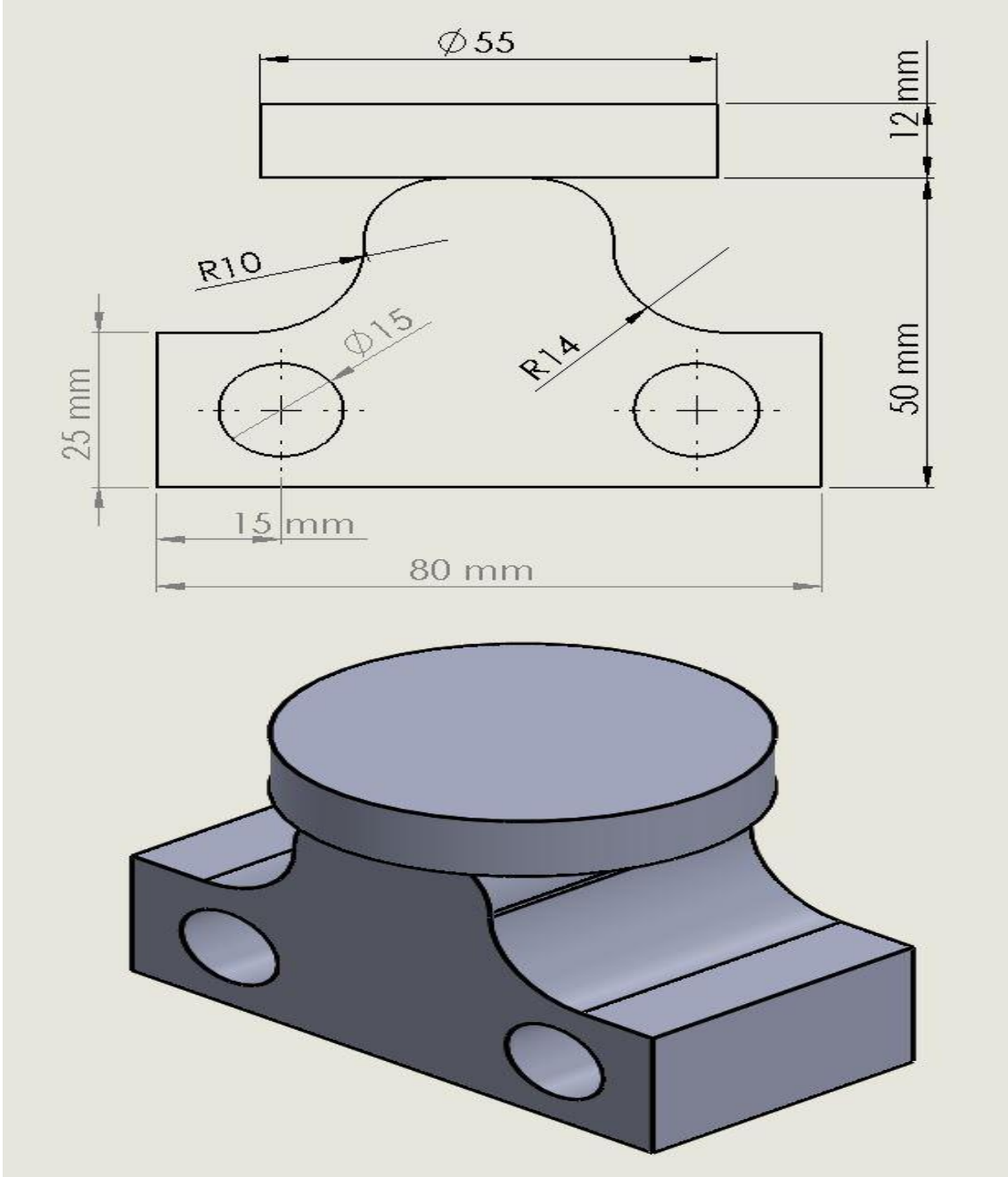
Şekil 3.1 Alt tabla.

Kriko tasarımında kullanılan alt tabla parçasının genişliği 160 mm olarak tasarlanmıştır.



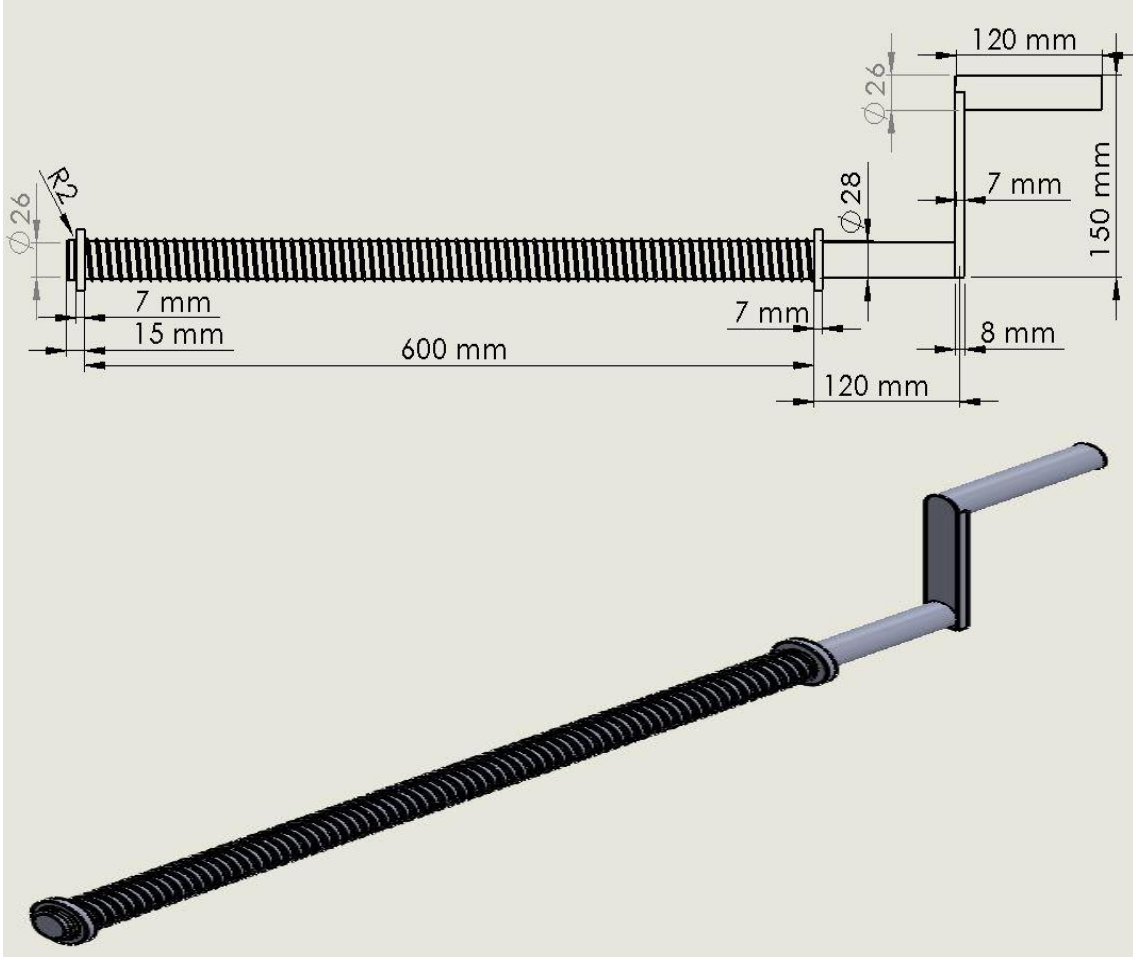
Şekil 3.2 Bağlayıcı.

Kriko tasarımında kullanılan bağlayıcı parçasının genişliği 40 mm olarak tasarlanmıştır.

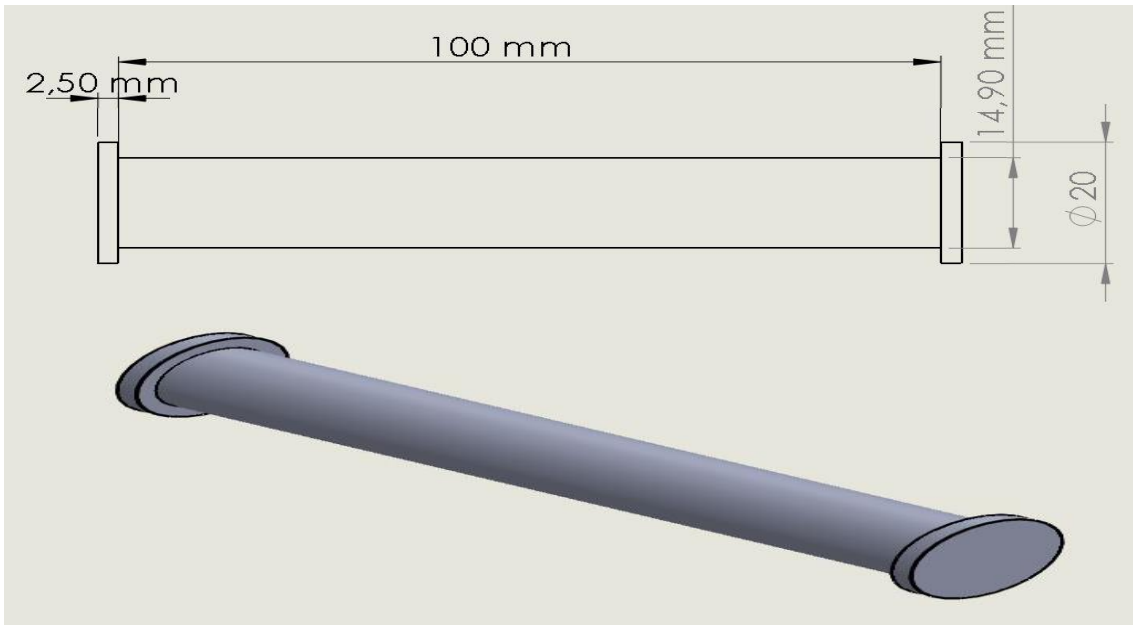


Şekil 3.3 Üst tabla.

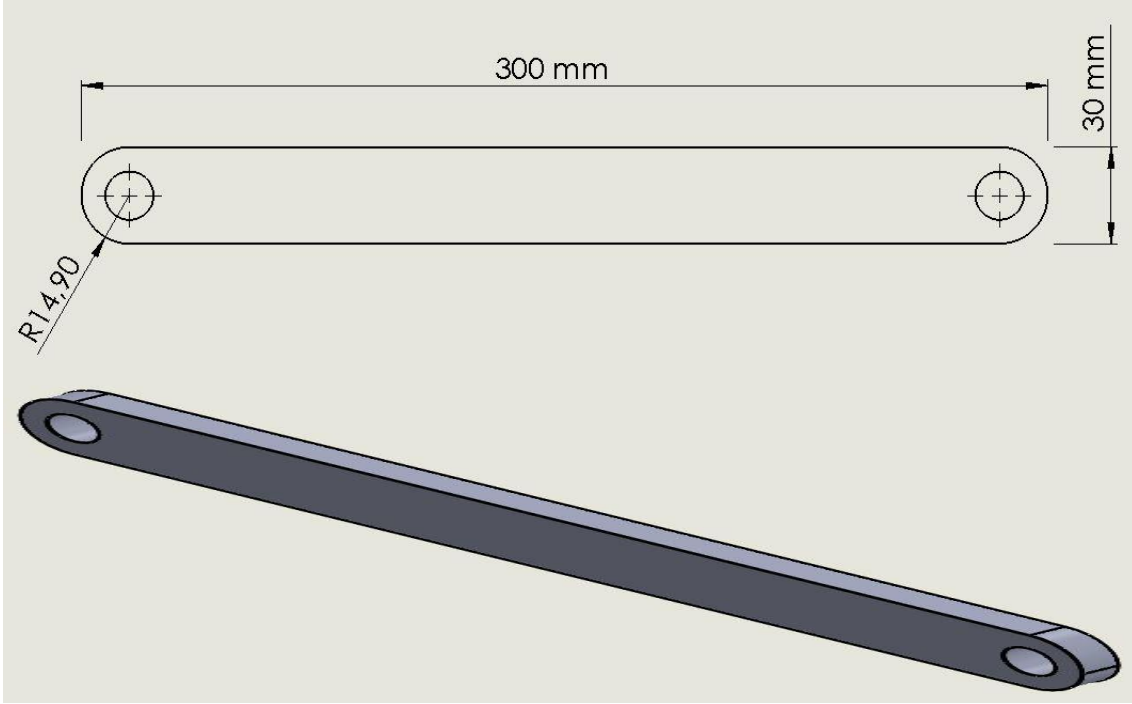
Kriko tasarımında kullanılan üst tabla parçasının genişliği 40 mm olarak tasarlanmıştır.



Şekil 3.4 Mil.

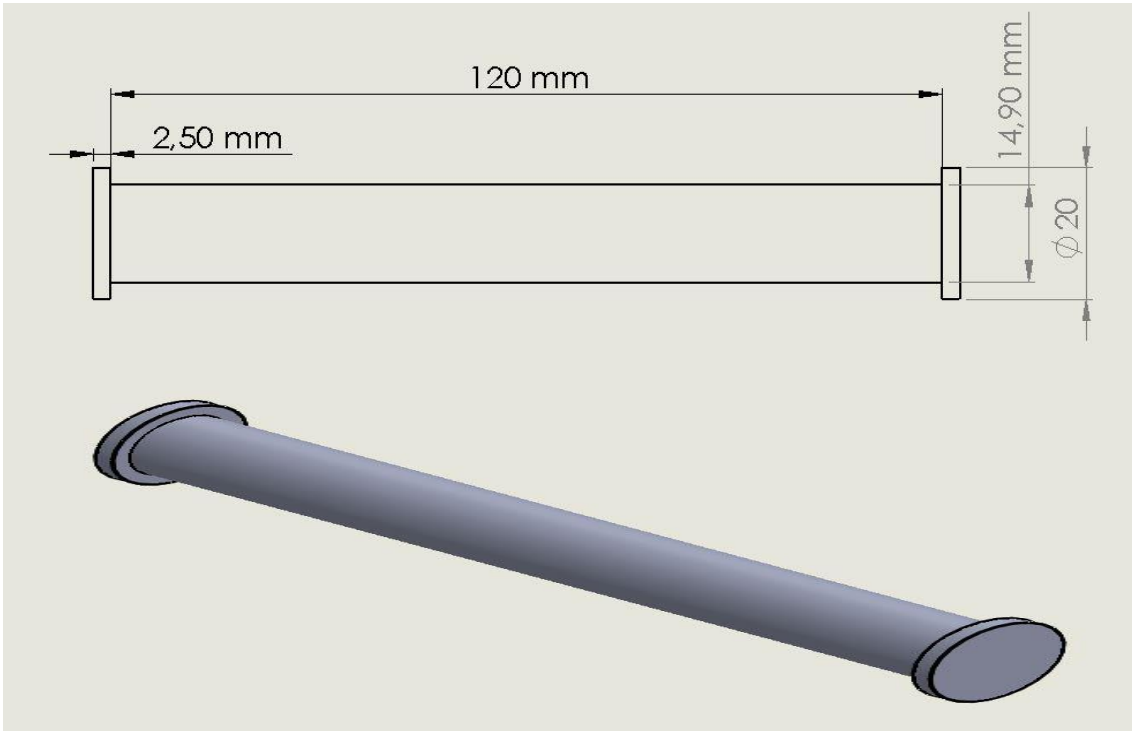


Şekil 3.5 Küçük pim.



Şekil 3.6 Kol.

Kriko tasarımında kullanılan kol parçasının kalınlığı 10 mm olarak tasarlanmıştır.



Şekil 3.7 Büyük pim.



### 3.2 Sonlu Elemanlar Analizi

Üretim sektöründe talepleri karşılayabilmek için hızın önemi git gide artmaktadır. Toplumun ihtiyaçlarının artmasına bağlı olarak tüketimde de artış görülmektedir. Bu sebepten dolayı ürünün istenilen koşullara uygun olması için yapılan analizlerden başlayarak kullanıma sunulmasına kadar geçen sürede önem kazanmıştır. Günümüzde teknolojinin hemen hemen her sektörle bağını kurması nedeniyle kalite ve yetkinliğin artması ürünlerdeki güvenilirliği de etkilemektedir. Sektörlerde istenilen hız ve güvenilirlik karşımıza önemli bir yöntem olan sonlu elemanlar analizini çıkarmaktadır.

Başta mühendisler olmak üzere, ARGE çalışanlarında tasarladıkları ürünler ve getirdiği yenilikler, insanların hayatlarını nasıl daha kolay hale getirebileceklerini gözler önüne sermektedir. Ürünlerin seri halde üretime geçmesi için güvenilir, sağlam, sürekli olması gerekmektedir. Ağır makinelerin üretildiği sanayilerde üretimden önceki test süreci ve getireceği maliyetler de büyük bir öneme sahiptir. Sürecin kısaltılması ve maliyetlerin azaltılması için sonlu elemanlar analizi kullanılması zamandan ve maliyetleri düşürmek için üretime büyük ölçekte yardımcı olmaktadır.

Alman matematikçilerden olan Richard Courant tarafından 1940'lı yılların başında karmaşık yapıların Ritz metodu ile burkulma problemlerini şekillendirerek ve sonrasında da fiziksel sistemlerin, dış etkilere maruz kaldığında göstereceği davranışların ve çalışma şartlarının inceleyen bir yöntem olmuştur (İnt.Kyn.3).

Bu yöntemin iki önemli fonksiyonu vardır;

1. Ürün ya da sistem tasarımının iyileştirilmesi
2. Tasarımın kalite ve kontrolünün yapılması

Tasarımlarda dikkat edilmesi gereken en önemli husus analizlerdir. Sonlu elemanlar analizi uçak, otomotiv gibi büyük sektörlerde görülmektedir. Bunun en büyük sebebi bu sektörlerdeki seri üretimlerin tasarım kontrolünün zor olmasıdır. Kalite kontrolün sistematik şekilde yapıldığı ilk dönemlerde ürünlerin modeli yapılarak testlere tabi tutulurdu.

Bu klasik yöntem oldukça başarılı ve net sonuçlar verdiği için karmaşıklığı ve riski daha az olan yapılarda hala kullanılabilir. Ancak bir yolcu uçağı için analizin ve kontrolün maliyeti ve güvenilirliği üst düzey önem taşımaktadır.

### **3.3 Solidworks Simulation Programının Ara yüzü**

Bu bölümdeki analizlerde kullanılan Solidworks Simulation programının ara yüzü örnek bir soru yardımıyla anlatılacaktır.

Solidworks Simulation ara yüzü ile makine parçalarının Statik, Burkulma, Termal, Titreşim (Frekans), Yorulma, Non-Linear, Linear Dinamik, Akış Analizleri ve Düşme Testi analiz işlemleri yapılabilmektedir.

Solidworks Simulation teknolojisi tasarlanan yapıların performans ve kalitesinin öngörülebilmesi için üretime gönderilmeden önce kullanılmaktadır. Kullanılan analiz araçlarının kapsamlı olması durumunda, modelleri dijital ortamda test ederek henüz üretime geçmeden tasarım sürecinde net bilgiler elde etmemizi sağlamaktadır. Elde edilen bilgiler ışığında, kolayca malzeme ağırlığı ve malzemenin maliyetini düşürecek teknikler geliştirme kabiliyeti sağlanmış olur. Üretilecek olan ürünün dayanıklılığı ve üretilebilirliği tasarım aşamasında tespit edilir. Bu şekilde özel üretim isteyen müşteri talepleri en hızlı ve en uygun biçimde karşılanarak, alternatif tasarım seçenekleri sunulur.

Solidworks, geliştirilen tasarımlara sanal ortamda gerçek dünya şartlarını oluşturarak verimli ve gerçekçi sonuçlar elde etmemize yardımcı olan simülasyon paketleri içermektedir. Simülasyonla yapıların performansları değerlendirilirken, ürünün kalite ve güvenliğini geliştirmeye yönelik kararlar alınırken, tasarım sürecinde tasarlanan ürünün dayanıklılık, dinamik tepki, sıcaklık, basınç ve hatta sıvı dinamiği gibi geniş parametreler aralığında test edilmesi imkanı sağlanmaktadır. Simülasyon kullanılarak, ürünün üretim aşamasına gelmeden önce ihtiyaç duyulan model sayısının azalması, ürün maliyetinin düşürülmesi ve ürünün daha hızlı piyasaya ulaşması konularında avantaj sağlanır.

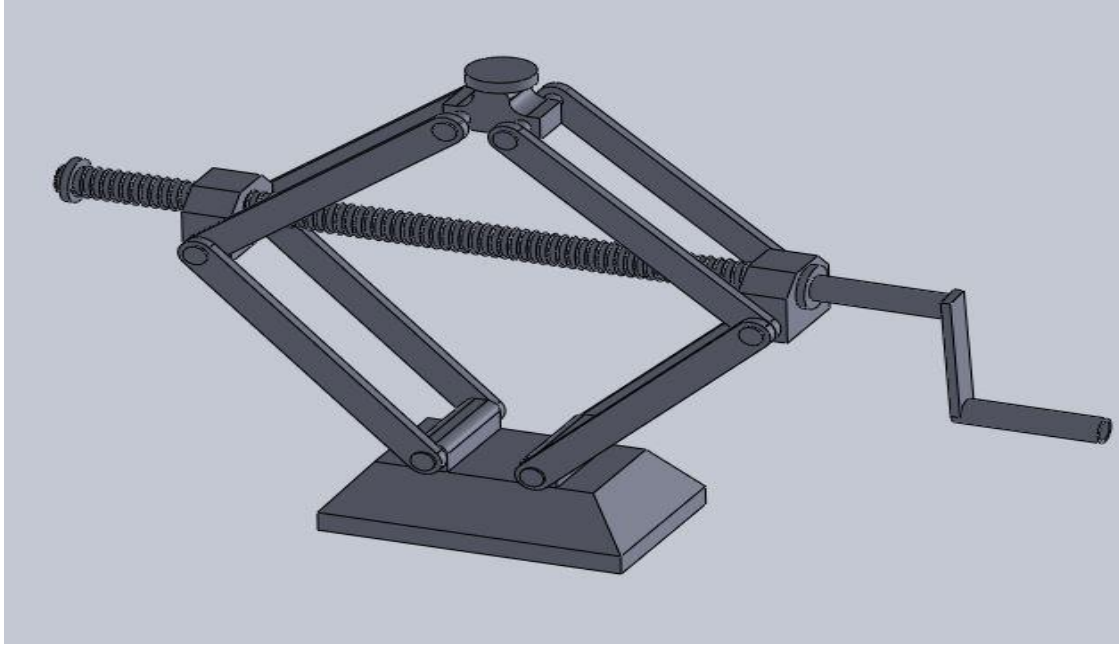
Solidworks Simulation ara yüzü eklenti durumu örnek olarak Resim 3.1’ de verilmiştir. Tasarlanan makine parçalarının istenilen türdeki analizleri bilgisayar desteği ile gerçekleştirilebilmektedir.



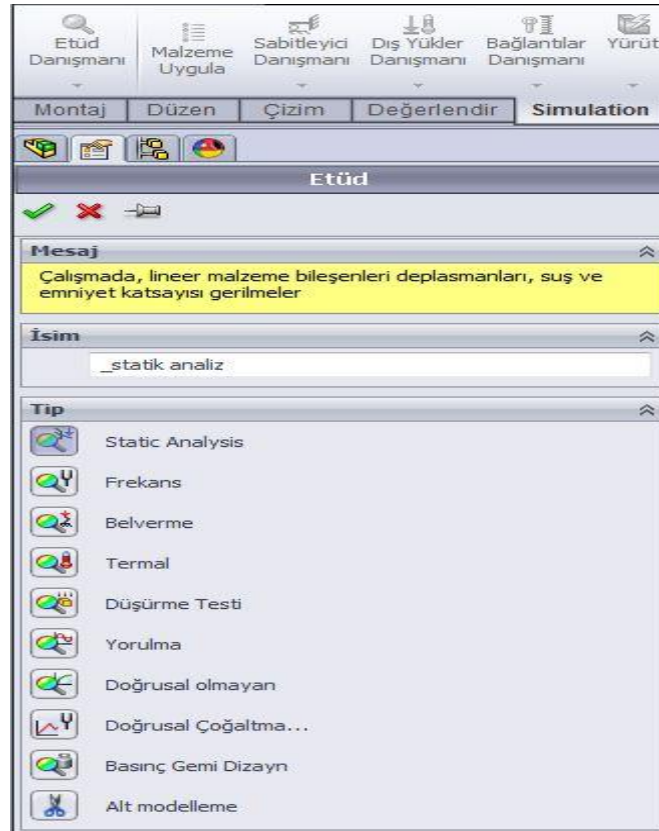
**Resim 3.1** Solidworks Simulation eklenti durumu.

### Örnek 1:

Statik analizi yapılan kriko modelinde alaşım çeliği malzemesi kullanılıp, 10000 N’luk kuvvet uygulanıp Von Mises, yer değiştirme, güvenlik faktörleri ve tasarım kavrama grafiklerinin sonuçlar çıkarıldığında;



**Resim 3.2** Analiz yapılacak model.

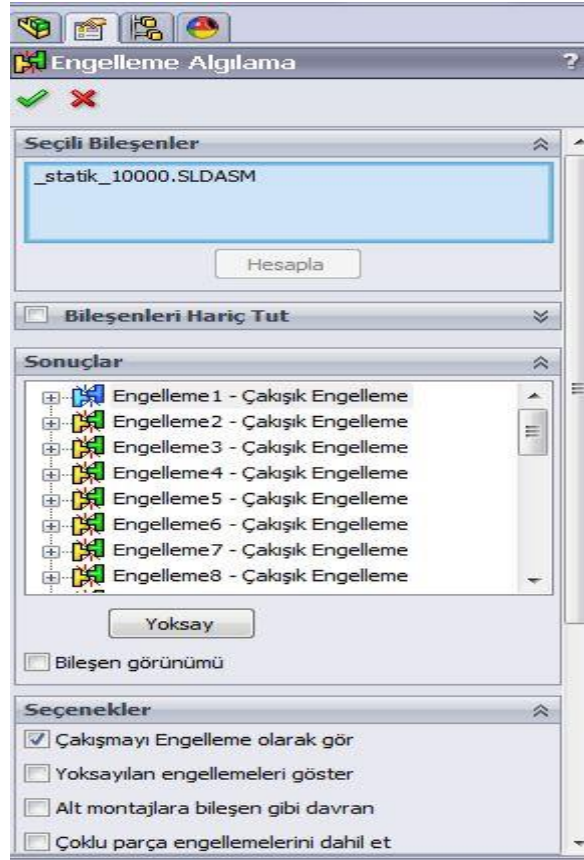


**Resim 3.3** Uygulanacak analiz seçimi.



Resim 3.4 Değerlendirme menüsü.

Parçaların birbiri arasındaki temas söz konusu olduğundan **Connections** kısmı ile ilgili çalışma yapılmaktadır. **Connections** kısmında otomatik olarak **Global Contacts Bonded** ( temas ) oluşturmuştur. Bu durum analize alınan bütün parçalar için ortaya çıkmaktadır. **Değerlendir** sekmesinde bulunan engelleme algılaması işlevi analizdeki montajın bütün parçaları yüz yüze çakışık olan yerlerinden otomatik olarak birleştirmektedir.



Resim 3.5 Değerlendirme algılama menüsünün hesaplatılmış hali.

“Değerlendir” sekmesinden “Engelleme Algılama” komutu kullanılarak “Çakışmayı Engelleme olarak gör” butonu açık pozisyonuna getirilir ve hesaplama yapılır. Parçaların birbiri ile olan temas yüzeylerini farklı renk ile göstermektedir. Bu yerler bilgisayarın otomatik olarak algılayıp birleştirdiği yerlerdir.



**Resim 3.6** Parçaların birbirine olan temasın tanımlanması.

Daha sonra **Global Contacts** kısmına sağ tıklayıp tanımı düzenle sekmesinden **Nopenetration** ( girme yok ) seçilmektedir. Böylece daha gerçekçi bir tanımlama yapmıştır.

Montajların analizinde sadece parçaların analizi yeterli değildir. Bunun yanında parçaların temas durumları da göz önüne alınarak değerlendirme yapılması gerekir.

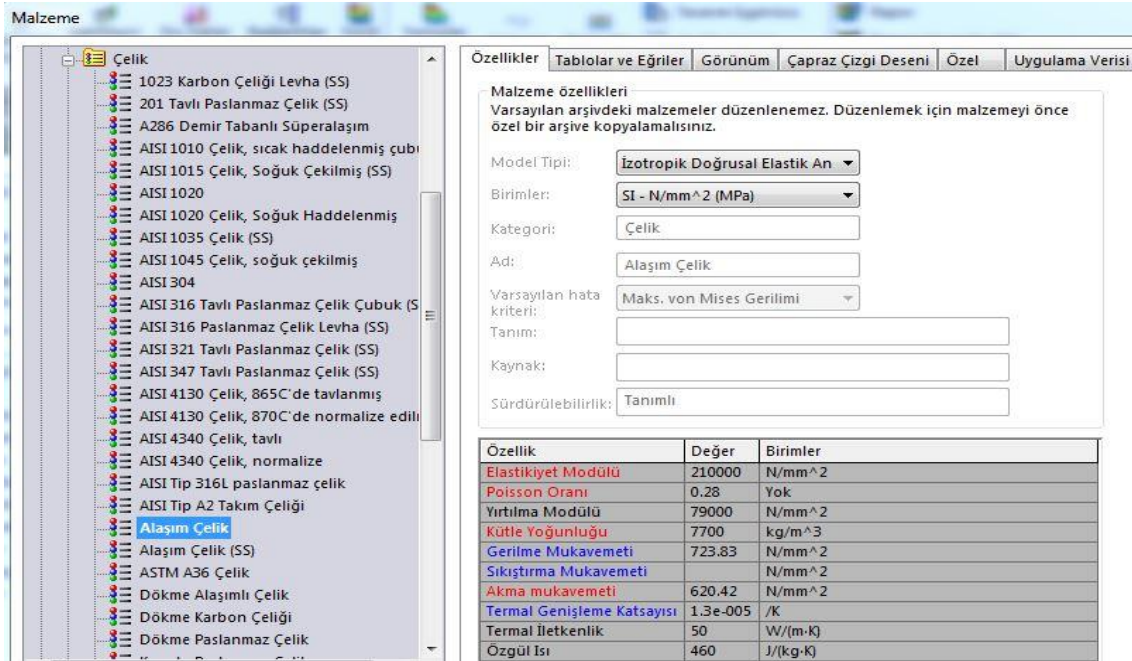
**Bondedcontact** ( Birleşmiş-lider yok ) : Parçaların birleşmiş olması ve tek parça gibi davranması.

**Allowpenetration** ( Girişe izin ver ) : Parçaların birbirinden bağımsız, görmeden hareket ettikleri.

**No penetration** ( Girme yok ) : Parçaların birbirlerini görmeleri, çarpmaları ve ayrılabilmeleri durumunu sağlayan.

### 3.3.1 Malzeme

Solidworks Simulation içerisinde çok geniş bir malzeme kütüphanesi bulunmaktadır. Bu da analizlerimizin kolaylıkla yapılmasına olanak sağlamaktadır. Malzemelerin akma, gerilme mukavemetleri, termal iletkenlik, özgül ısı, yoğunluk, poisson oranı, elastikiyet modülü gibi tüm değerler verilmiştir. Solidworks Simulation programına da atılan her modelin analizine başlanmadan önce, tüm parçalara muhakkak bir malzeme ile tanımlaması yapılmalıdır. Aksi takdirde analiz başlatılamaz. Statik, dinamik ve yorulma analizinde modelimizde kullandığımız malzemeler aşağıda verilmiştir. Malzeme tanımlaması işlemi Resim 3,7’de görülmektedir.

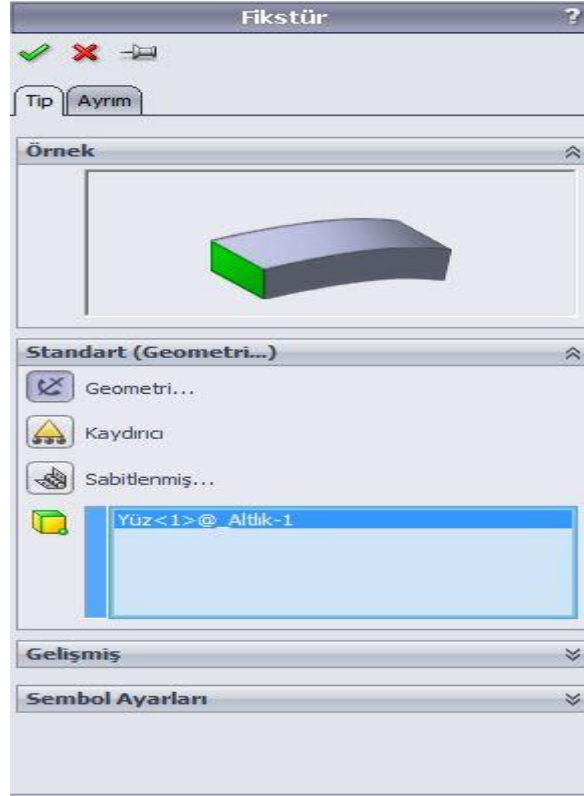


| Ozellik                    | Değer    | Birimler          |
|----------------------------|----------|-------------------|
| Elastikiyet Modülü         | 210000   | N/mm <sup>2</sup> |
| Poisson Oranı              | 0.28     | Yok               |
| Yırtılma Modülü            | 79000    | N/mm <sup>2</sup> |
| Kütle Yoğunluğu            | 7700     | kg/m <sup>3</sup> |
| Gerilme Mukavemeti         | 723.83   | N/mm <sup>2</sup> |
| Sıkıştırma Mukavemeti      |          | N/mm <sup>2</sup> |
| Akma mukavemeti            | 620.42   | N/mm <sup>2</sup> |
| Termal Genişleme Katsayısı | 1.3e-005 | /K                |
| Termal İletkenlik          | 50       | W/(m·K)           |
| Özgül Isı                  | 460      | J/(kg·K)          |

**Resim 3.7** Malzeme ataması.

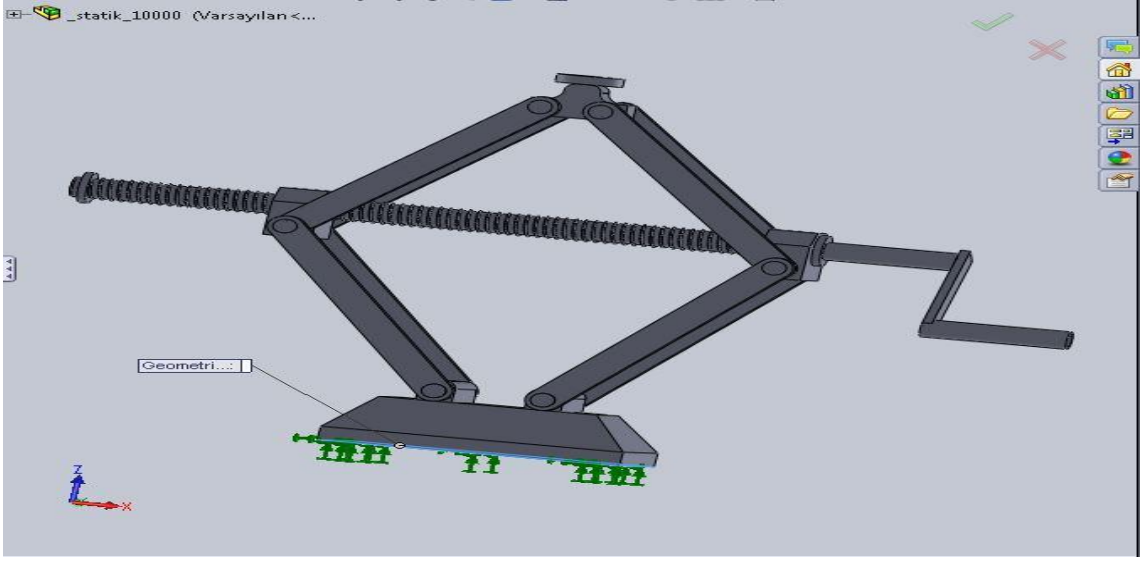
### 3.3.2 Sınır Şartları

Simülasyon ağacında kuvvete sağ tıklayıp, Resim 3.8 olduğu gibi sabit geometri seçilmektedir. Bu seçme işleminde sonra analizi yapılacak kriko sistemini en alt tabanında sabitleme yapılmaktadır. Resim 3.13 görüldüğü gibi sabitlenecek yüzey belirlenmiştir.



**Resim 3.8** Sabitleme sekmesi.

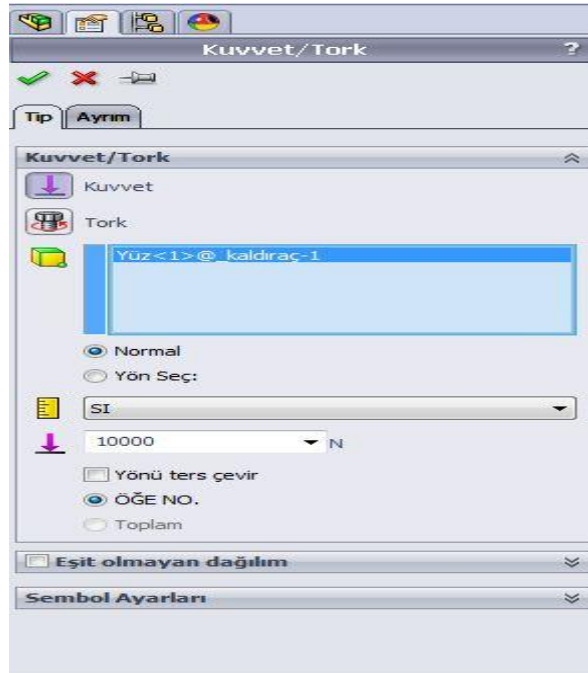




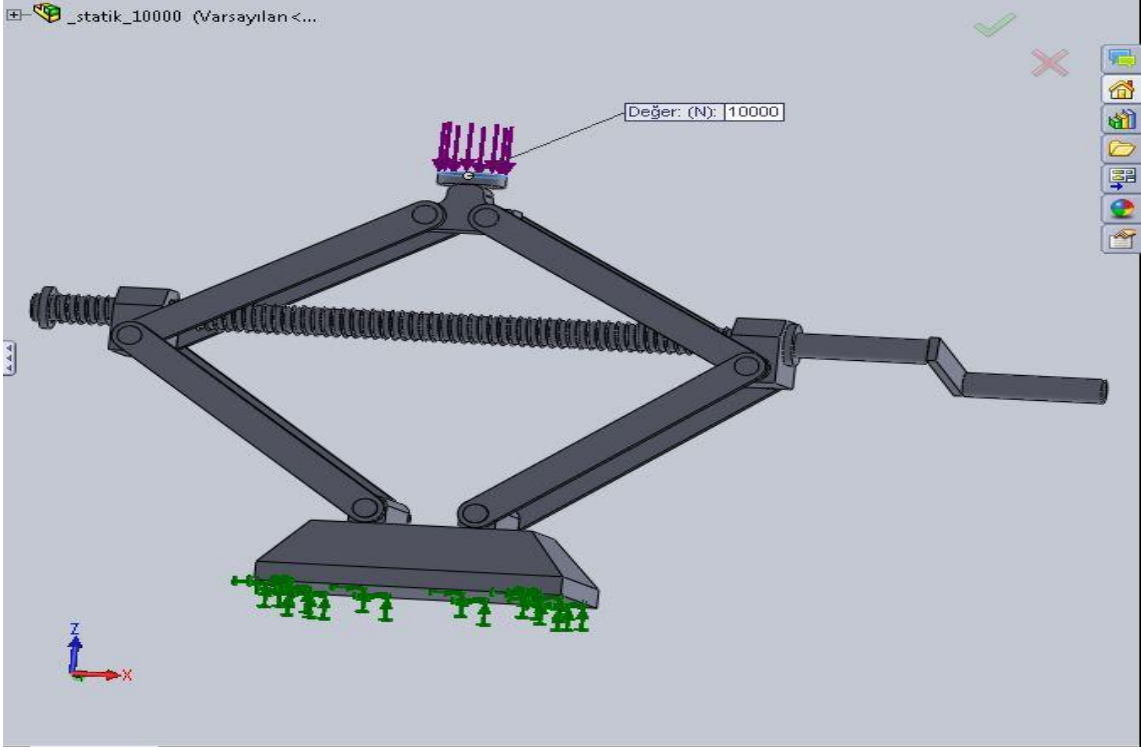
**Resim 3.9** Sabitlenen yüzey.

### 3.3.3 Kuvvet

Bu örnek uygulamada krika üzerine 10000 N' luk dik bir kuvvet uygulanmış ve kuvvet uygulanacak yüzey Şekil 3.10' de gösterilmiştir. Krikonun alt tabanı x,y,z koordinat düzleminde sabit kabul edilmiştir.



**Resim 3.10** Kuvvet uygulanacak yüzeyin seçimi ve kuvvet değerinin girilmiş hali.



**Resim 3.11** Kuvvet uygulanan yüzey.

### 3.3.4 Ağ (Mesh) Yapısı

*Standart ağ yapısı:* Her yerde eşit yoğunlukta ağ yapısı (mesh) oluşturma

Standart ağ (mesh) yapısında değer girilen bölümler:

- Global boyut
- Tolerans

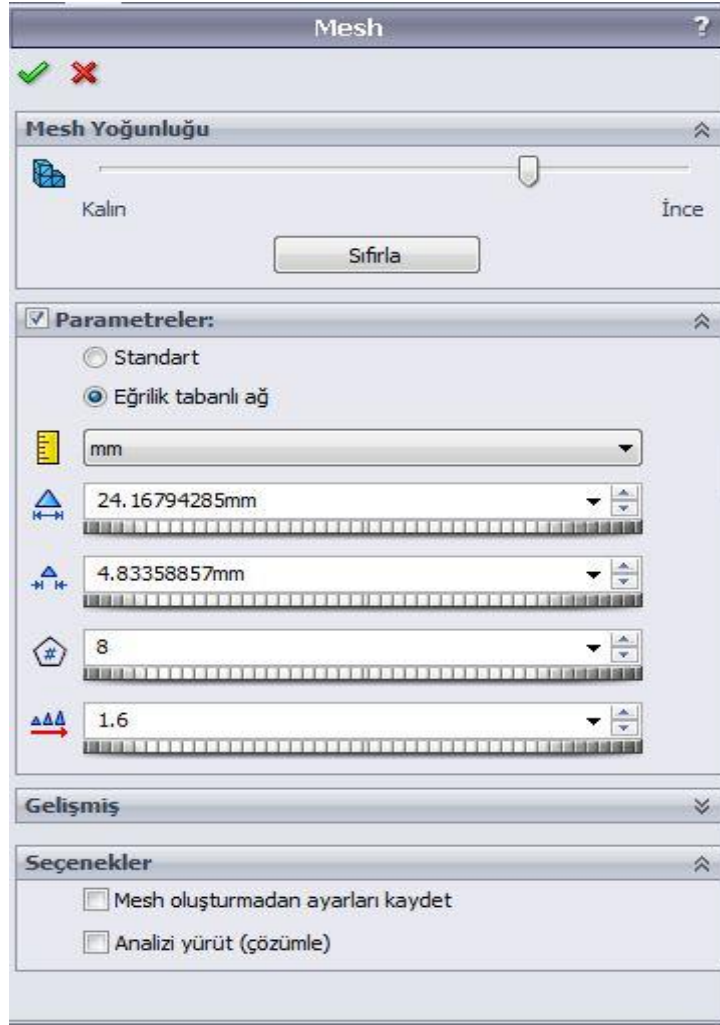
*Eğrilik tabanlı ağ (mesh) yapısı:* Parçamızın düz yerlerinde daha büyük ağ (mesh) elemanları kullanılır iken, radüslü ve fonlu yüzler gibi daha eğri yerlerde küçük ağ (mesh) elemanları kullanılmasını sağlamaktadır. Böylece lokal ağ (mesh) uygulamalarından kurtulmuş oluruz.

Eğrilik tabanlı ağ (mesh) yapısında değer girilen bölümler:

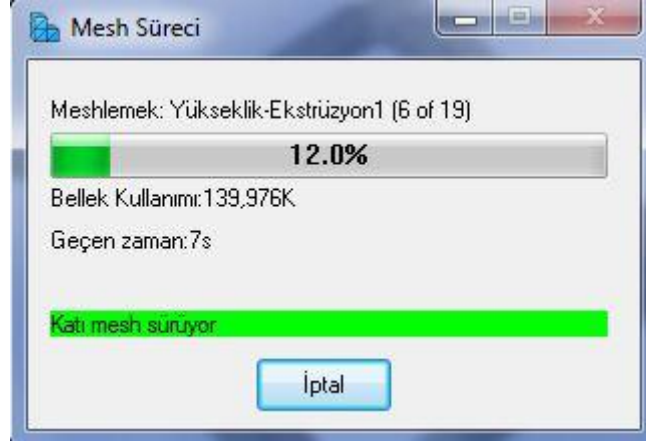
- Büyük ağ yapısı (mesh) boyutu (maksimum eleman boyutu)
- Küçük ağ yapısı (mesh) boyutu (minimum eleman boyutu)
- Daire içerisindeki minimum eleman sayısı

- Eleman boyutu büyüme oranı (küçük ağ yapısı elemanlarından büyük ağ yapısı elemanlarına geçiş oranı)

Ağ yapısı bölümünde, model üzerinde daha basit ve küçük yapılar oluşturulur. Eğrilik tabanlı ağ seçilip ağ yapısı (mesh) ayarları yapılarak eleman sayısı ve düğüm sayısı artırılır. Üçgen yapıda oluşan ağ (mesh) yapısında, eleman ve düğüm sayısı ne kadar sık olursa sonuçlarımızın gerçeğe bir o kadar yakın olur. Ağ yapısı (mesh) atama menüsü resim 3.12’de gösterilmiştir. Kriko modelimize ağ yapısı oluşturulmuştur.

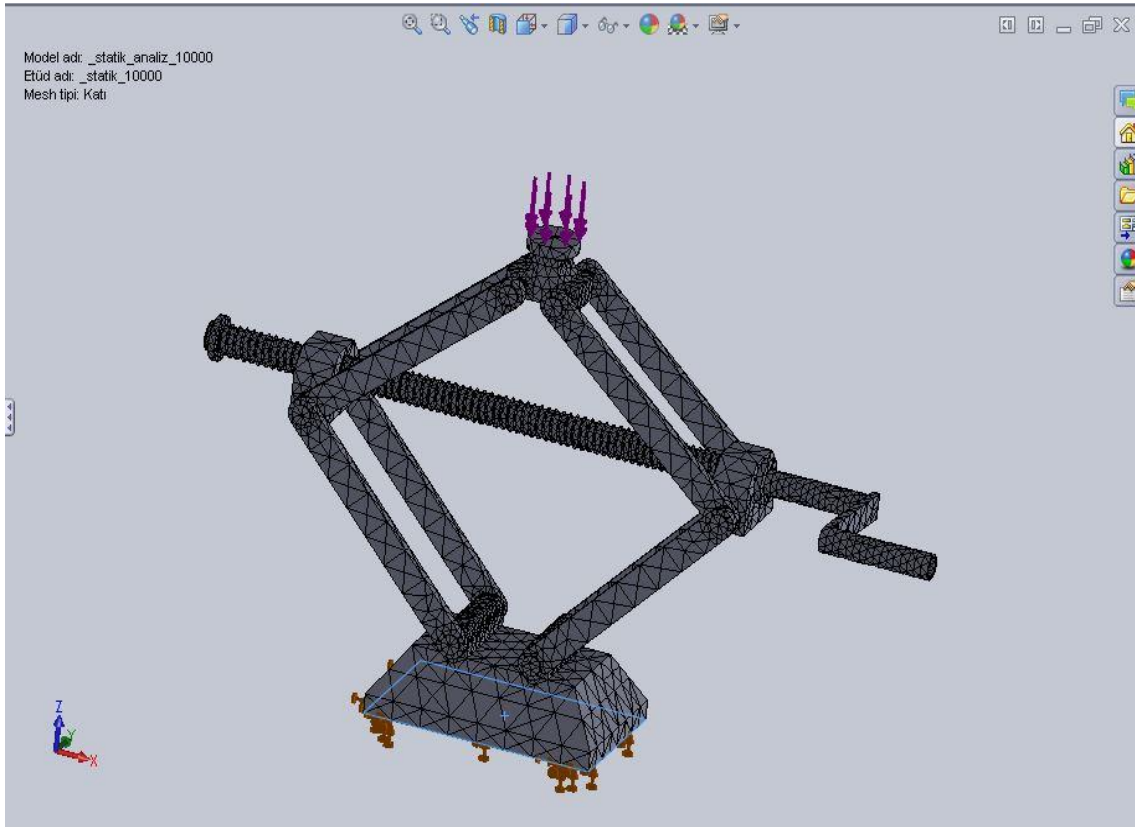


**Resim 3.12** Ağ yapısı (mesh) menüsü.



**Resim 3.13** Ağ yapısı (mesh) süresi.

Bütün sistemin ağ yapısı oluşturma işlemi 30 saniye sürmektedir.



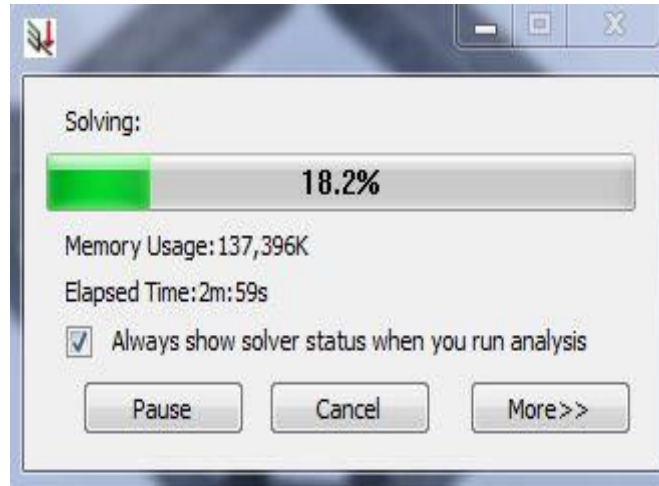
**Resim 3.14** Sonlu elemanlar modeli.

### 3.3.5 Çözüm

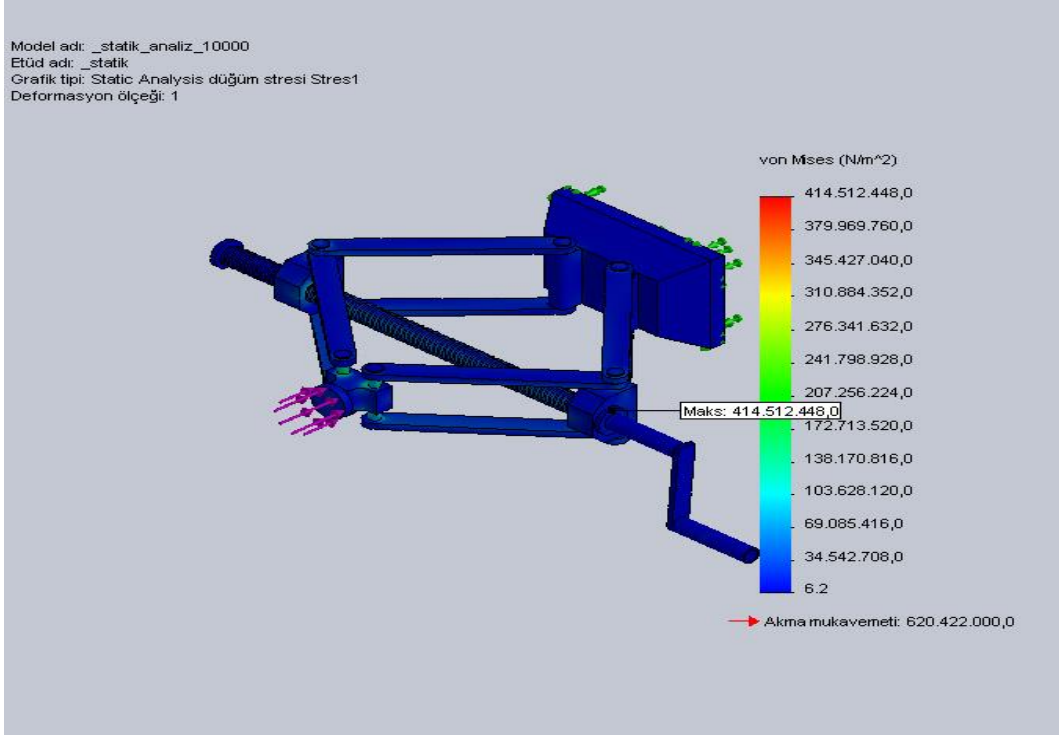
Analizimizin son kısmı olan Simulation menüsünden yürüt yani hesaplama işlemi seçilerek analiz işlemi başlatılmıştır (Resim 3.15).



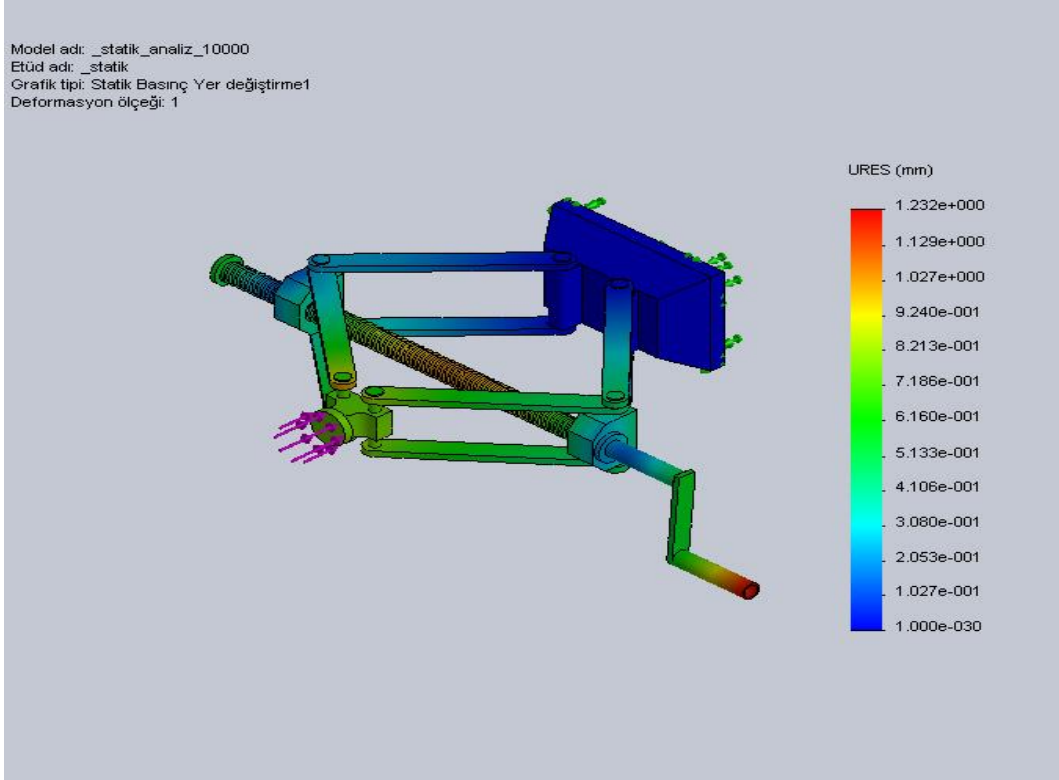
**Resim 3.15** Analizin başlatılması.



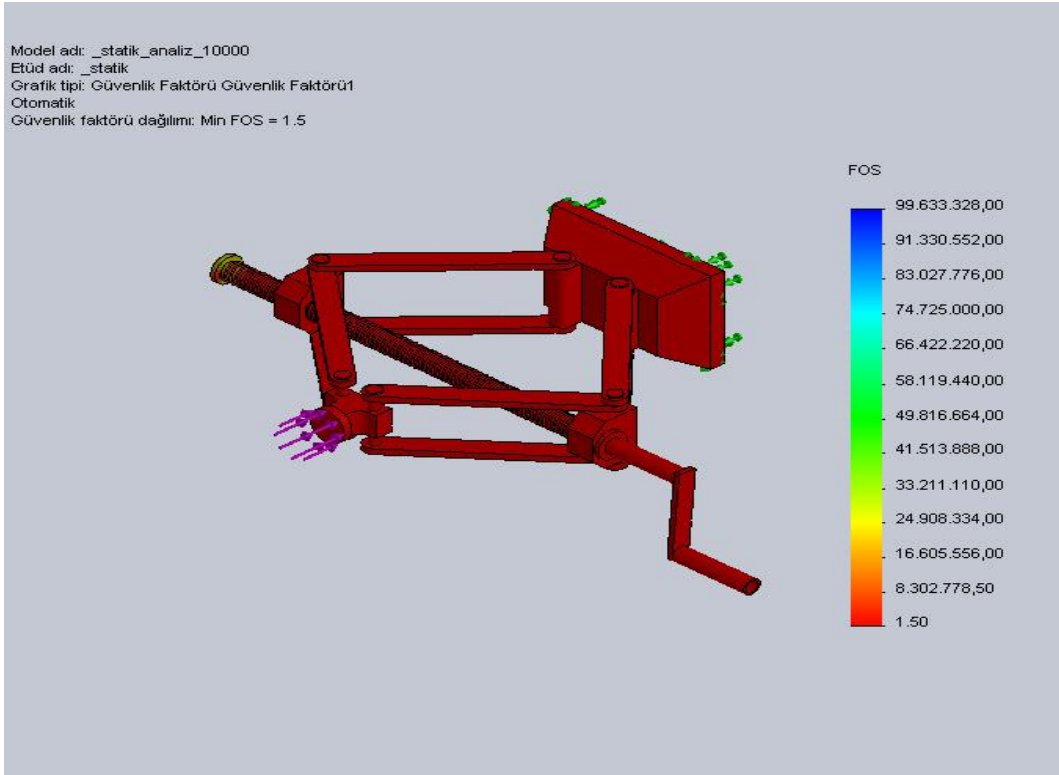
**Resim 3.16** Analizin çözülür hali.



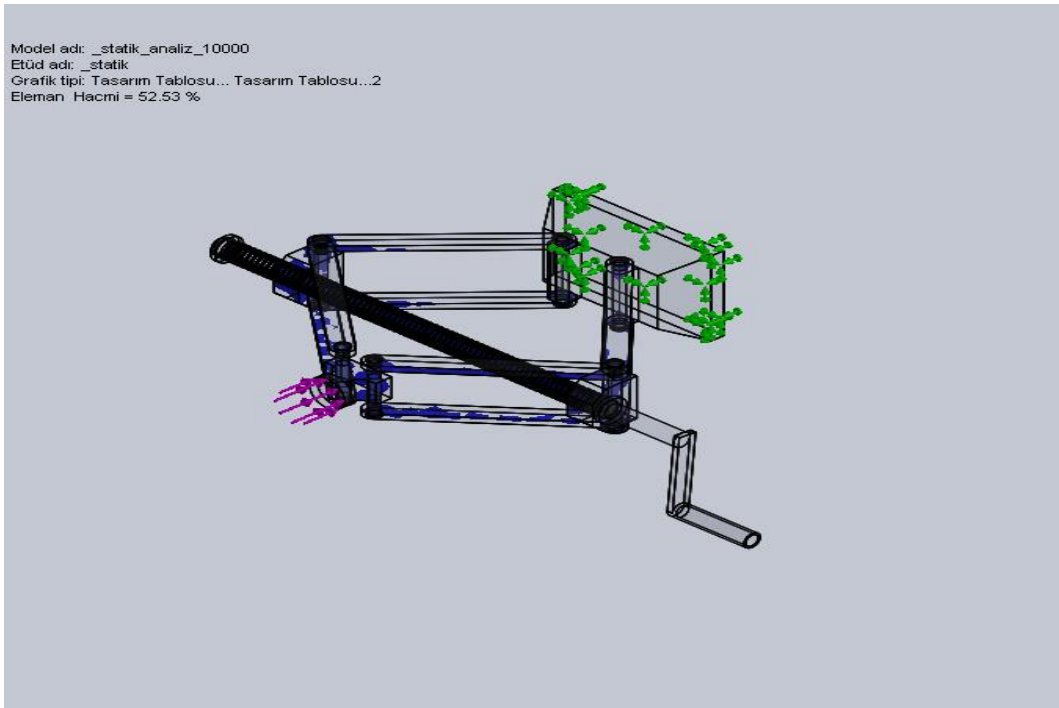
Şekil 3.8 Von Mises.



Şekil 3.9 Yer değıştirme.



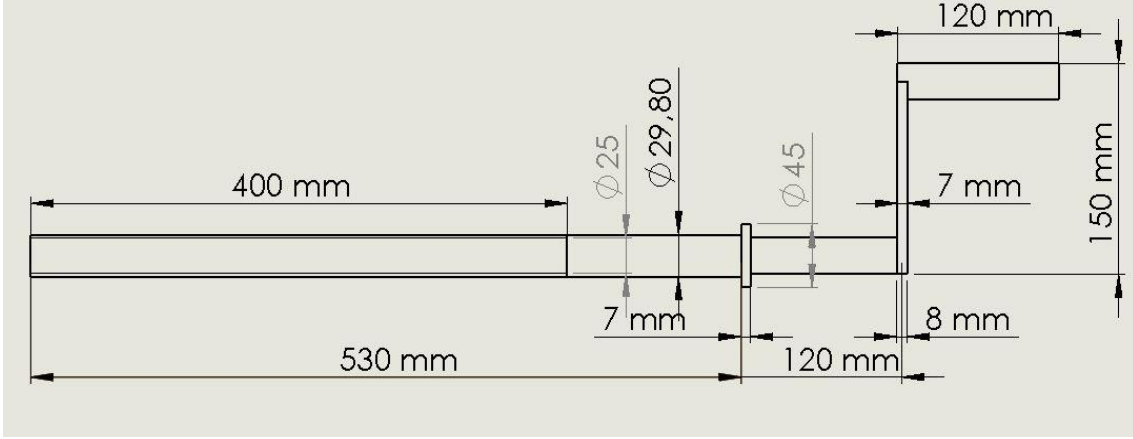
Şekil 3.10 Güvenlik faktörü.



Şekil 3.11 Tasarım tablosu.

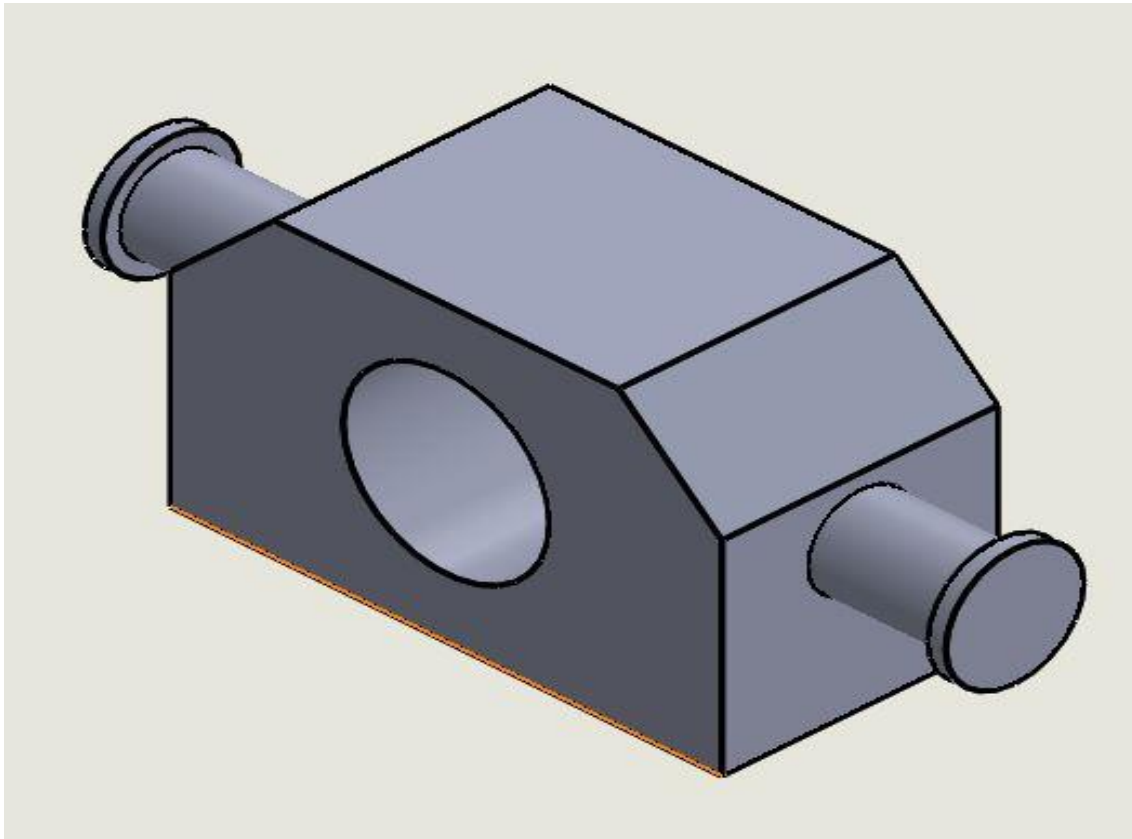
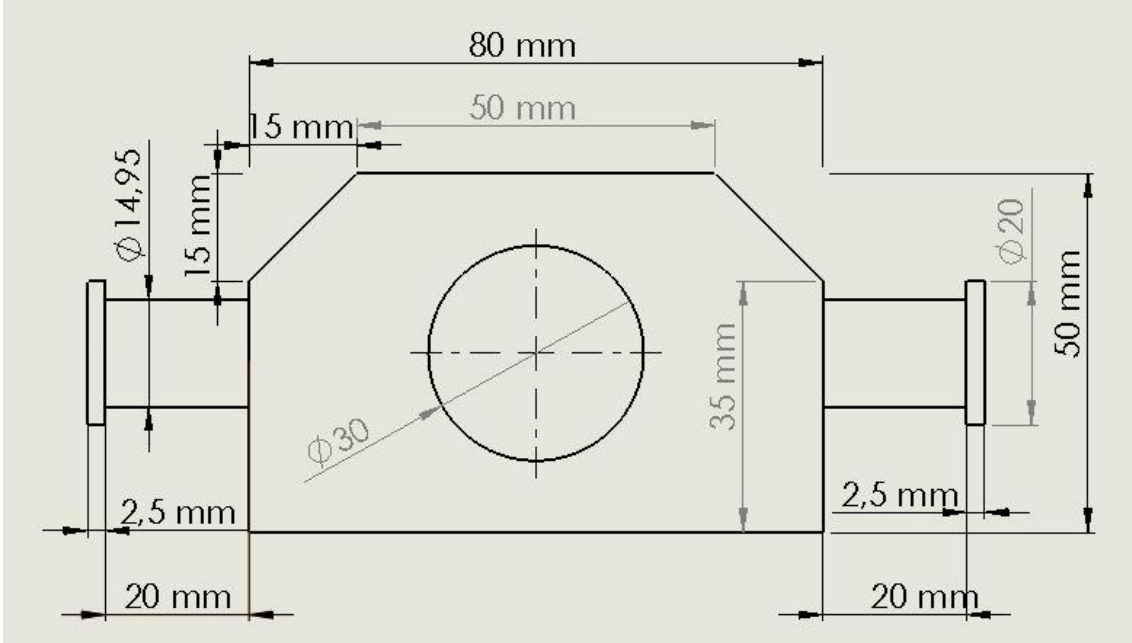
Örnek sorumuza ait kriko analizinde 10000 N'luk kuvvet altında meydana gelen sonuçlar Şekil 3.8, Şekil 3.9, Şekil 3.10 ve Şekil 3.11' de verilmiştir.

### 3.4 Yeniden Tasarlanan Parçalar



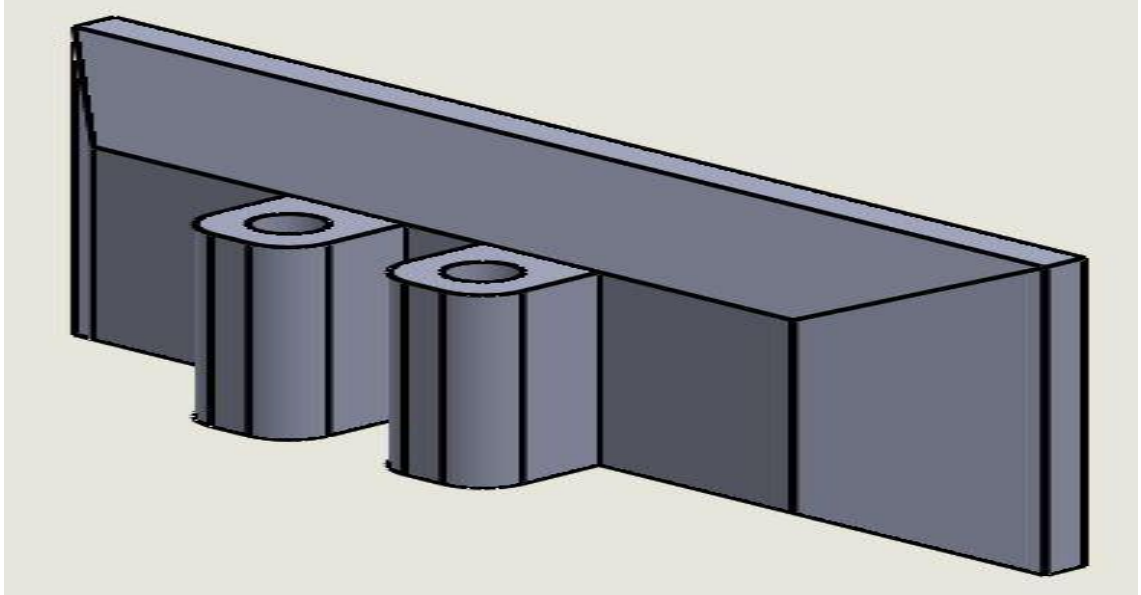
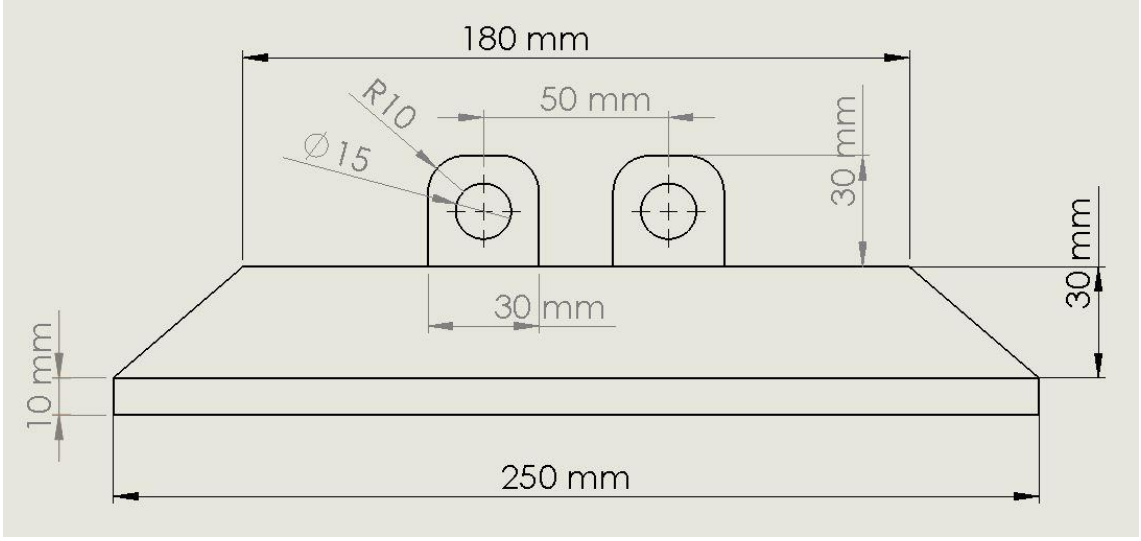
Şekil 3.12 Mil.





Şekil 3.13 Bağlayıcı.

Kriko tasarımında kullanılan bağlayıcı parçasının genişliği 40 mm olarak tasarlanmıştır.



**Şekil 3.14** Alt tabla.

Kriko tasarımında kullanılan alt tabla parçasının genişliği 160 mm olarak tasarlanmıştır.

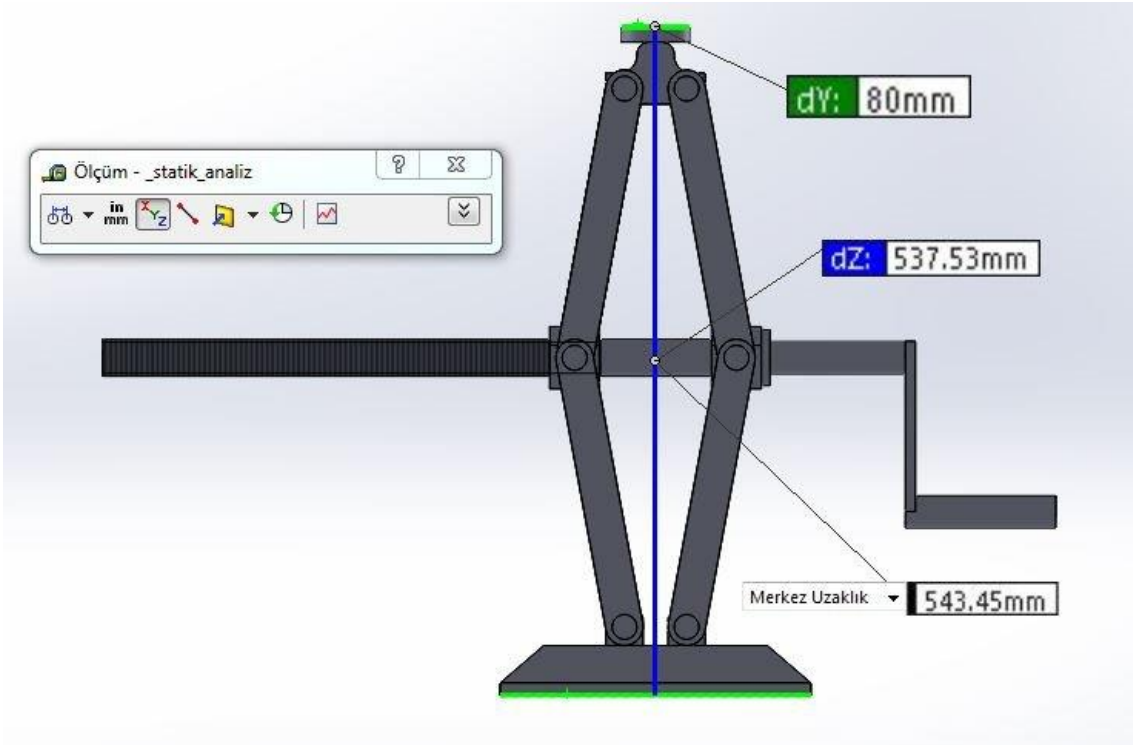
İlk olarak tasarlanan kriko modelinde istenilen analiz sonuçlarına ulaşamamıştır. Buna bağlı olarak krikonun mil, bağlayıcı ve alt tabla gibi parçaları yeniden tasarlaması sonucu istenilen analiz değerleri elde edilmiştir.

## 4. ANALİZ VE HESAPLAMALAR

### 4.1 Statik Analiz Sonuçları

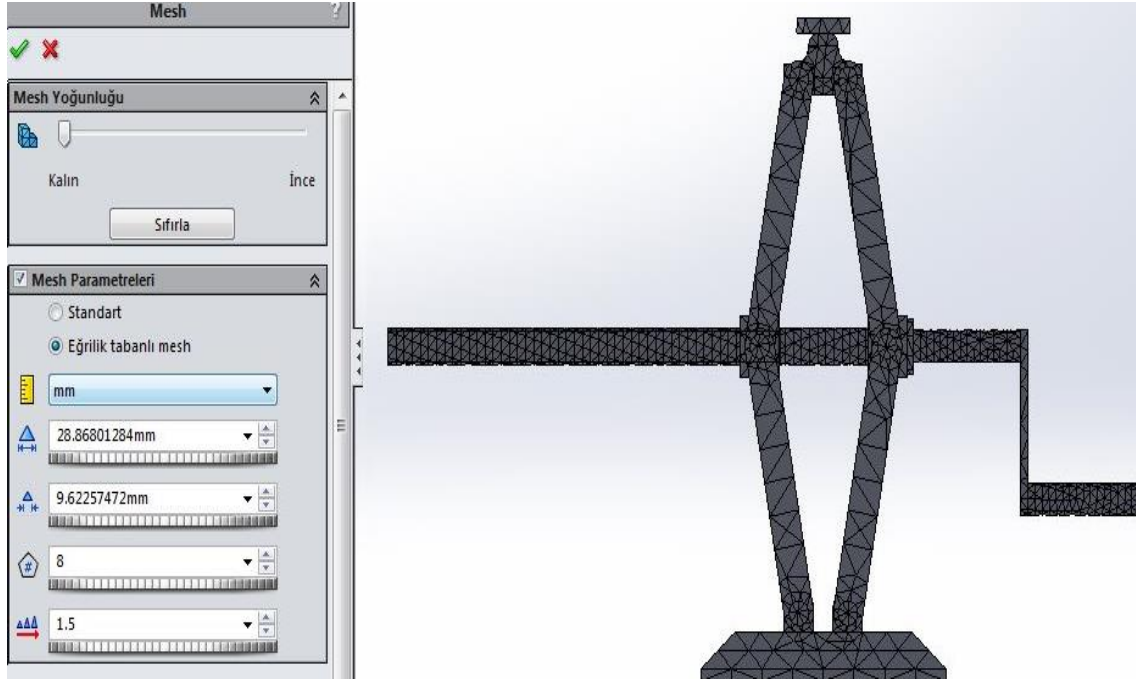
Statik analizi yapılan krikonun modelinde DIN çelik (alaşimsız) 1.0601 (C60) malzemesi kullanılıp, 5000 N'luk kuvvet uygulanıp Von Mises, yer değiştirme, Şekil değiştirme, güvenlik faktörleri ve tasarım kavrama grafiklerinin sonuçları elde edilmiştir.

Bu analizde krikonun maximum açık hale (53 cm) getirilip, farklı mesh yapıları (düşük, orta ve yüksek değerler) oluşturularak işlem gerçekleştirilmiştir.

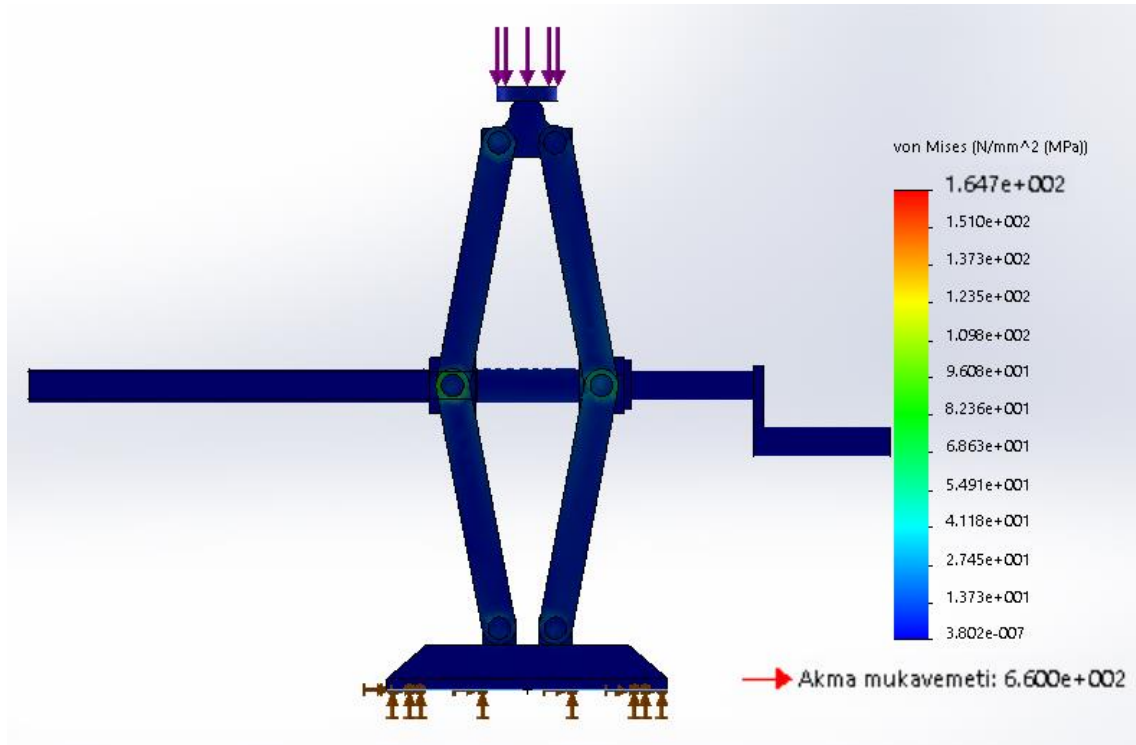


**Resim 4.1** Krikonun maximum açık halinin ölçüsü.

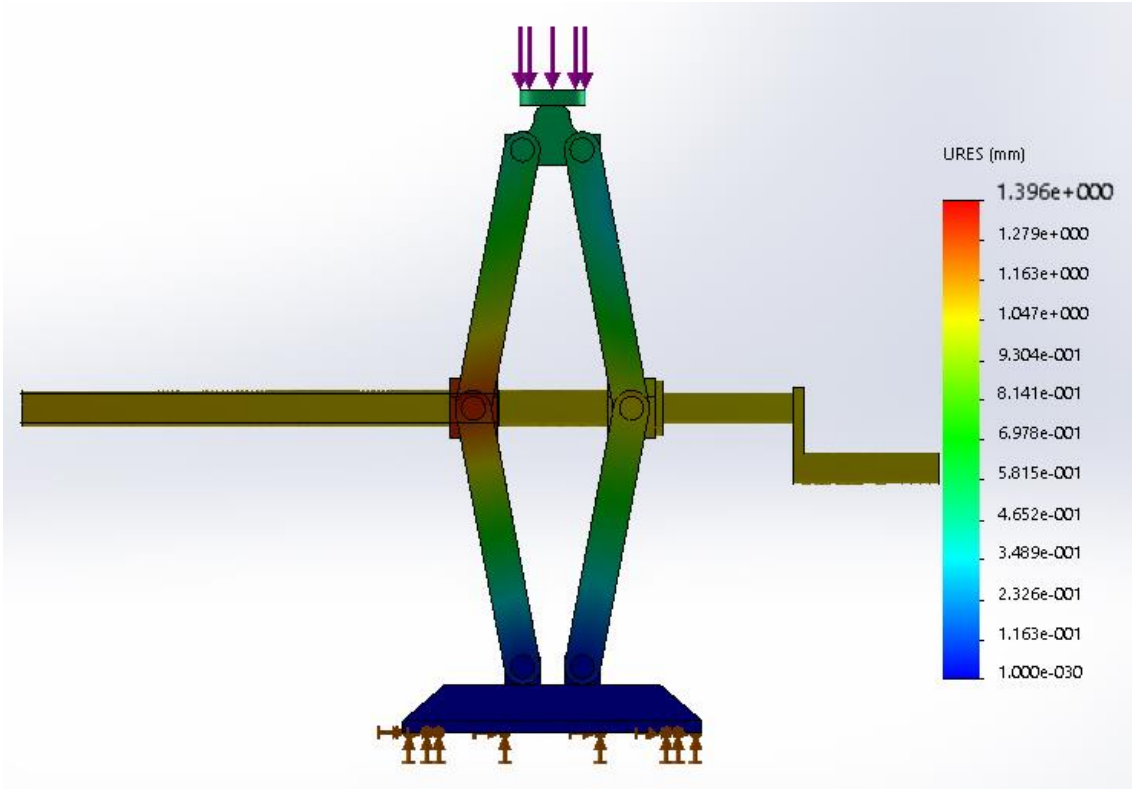
Bu analizde mesh yapısı düşük değerler seçilerek analiz gerçekleştirilmiştir.



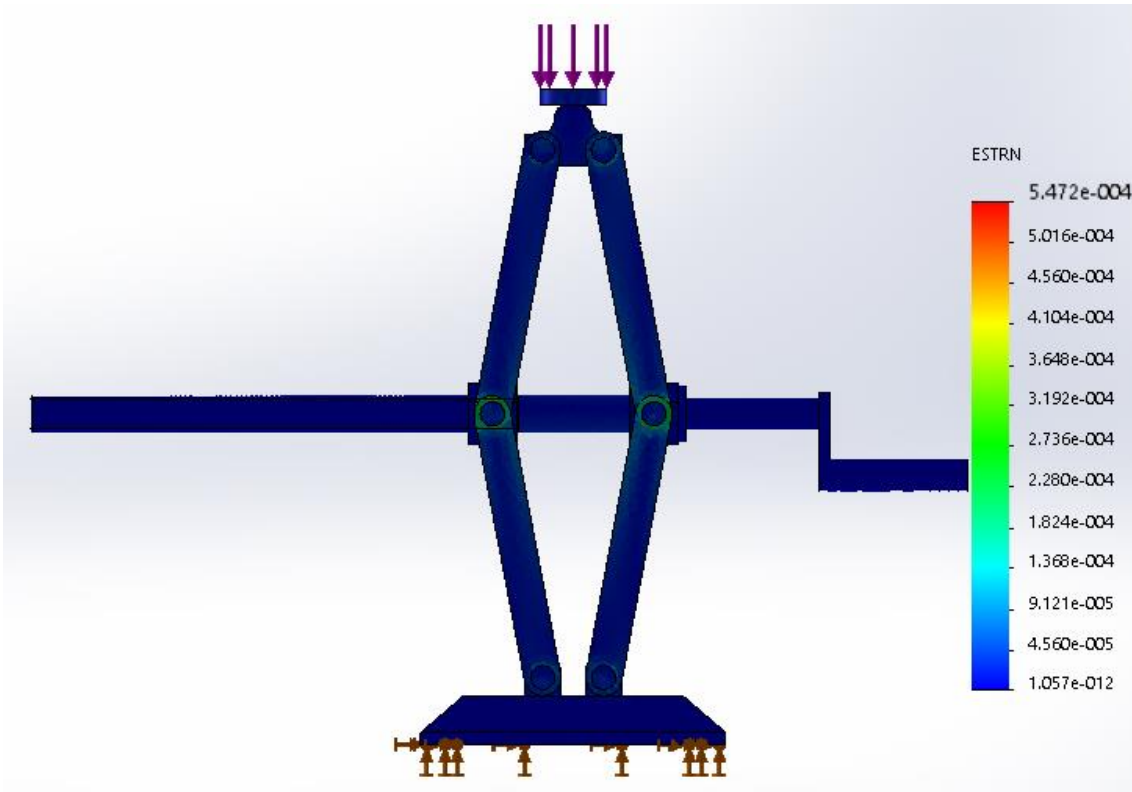
Resim 4.2 Krikonun açık hali ve seçilen düşük mesh yapısı.



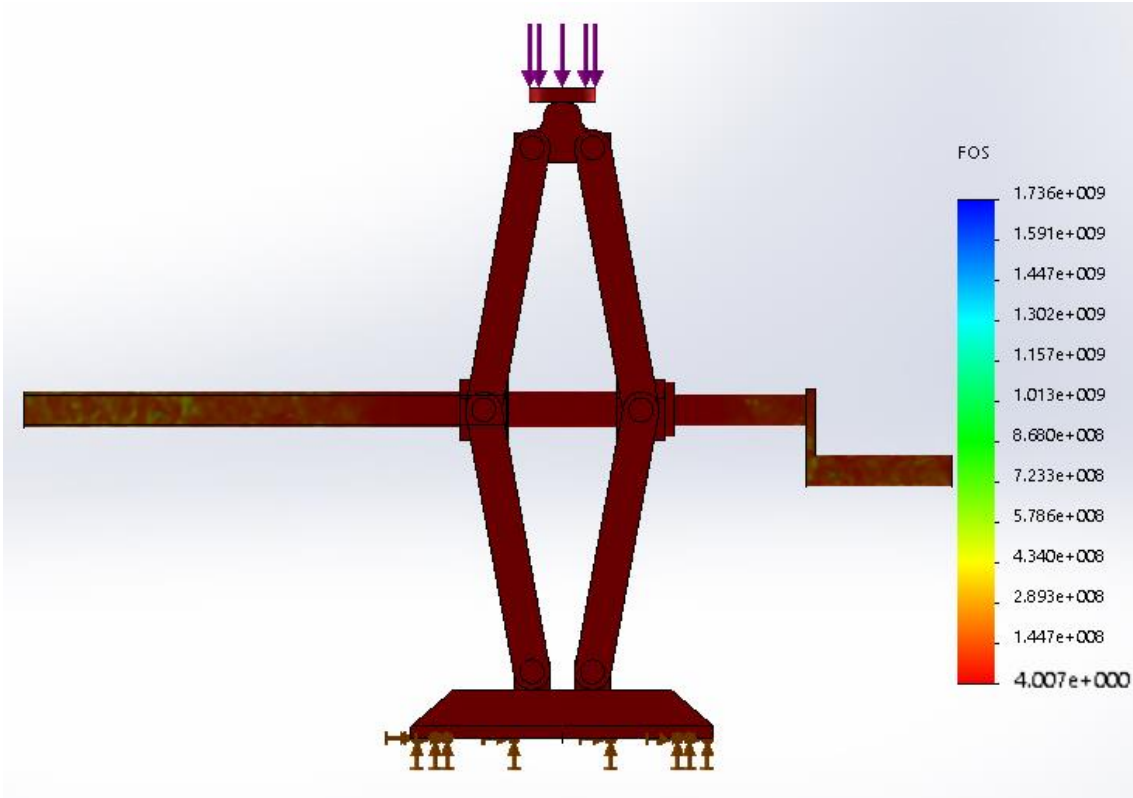
şekil 4.1 Von Mises.



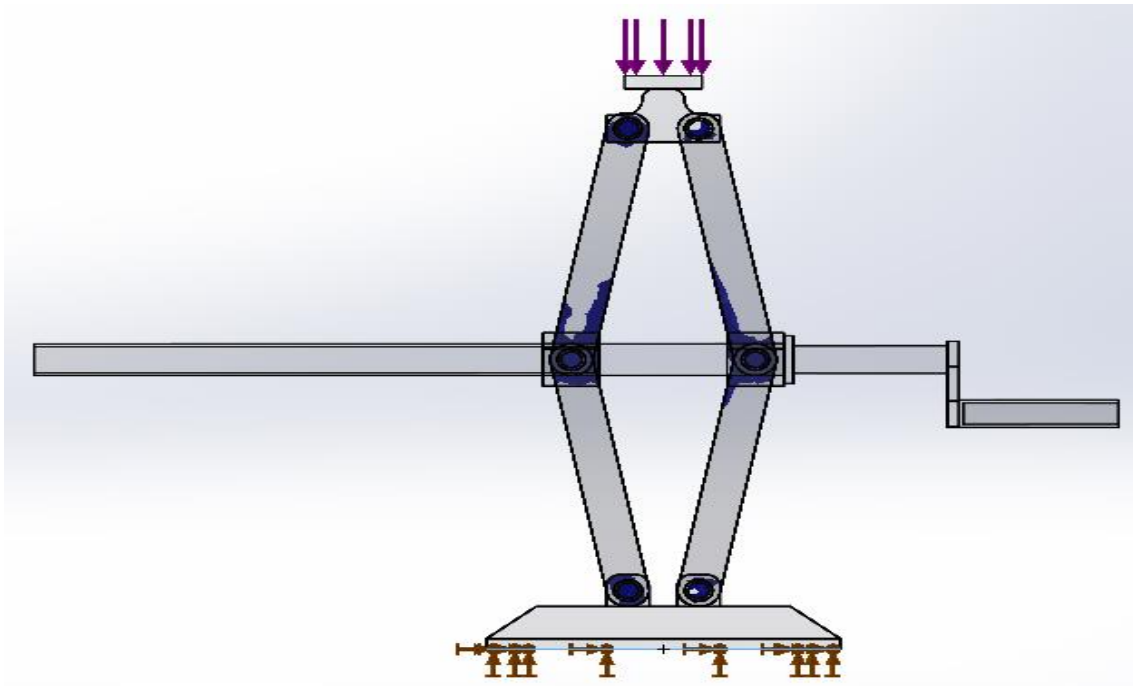
Şekil 4.2 Yer değıştirme.



Şekil 4.3 Şekil değıştirme.



Şekil 4.4 Güvenlik faktörü.



Şekil 4.5 Tasarım tablosu.

Sonuçlar incelendiğinde seçilen malzeme, uygulanan kuvvet ve belirtilen sınır şartlarına bakıldığında elde edilen sonuçların güvenilir olduğu görülmüştür. Malzemenin akma mukavemet değeri ile analiz sonucu oluşan Von Mises değeri güvenlik faktörü yönünde uygun bir analiz olduğunu göstermektedir.

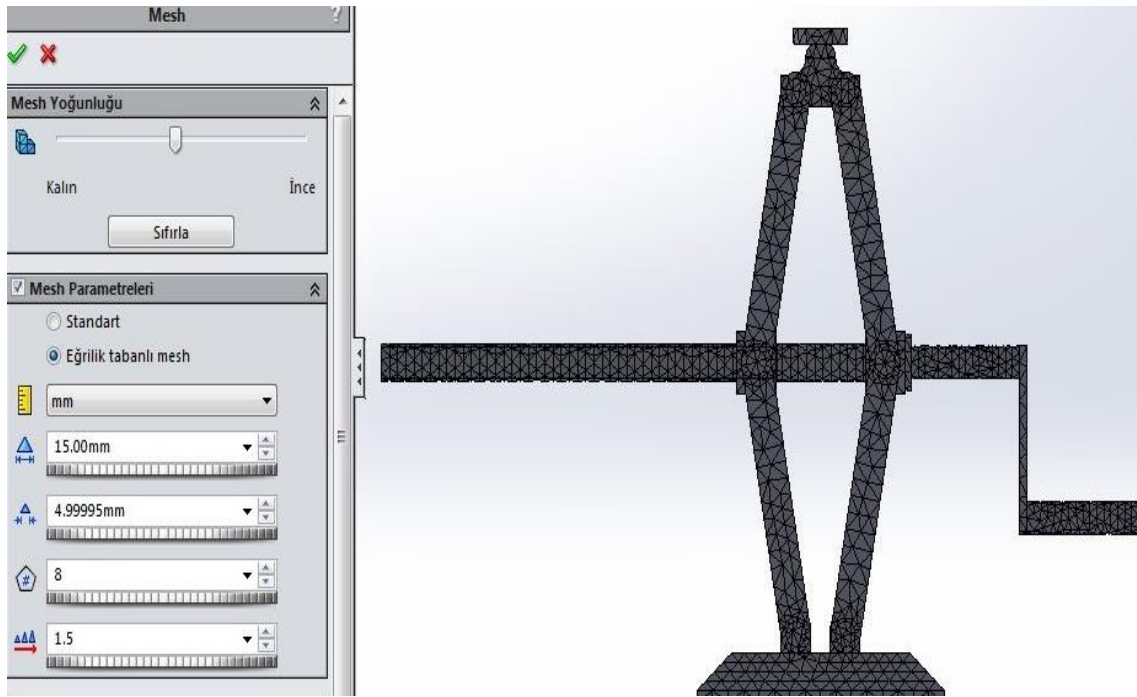
Analiz sonucunda kriko modelinin üzerinde 1.396 mm (Şekil 4.2) maksimum yer değiştirme meydana gelmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda uygulanan kuvvet (5000 N) ve seçilen malzeme kriterleri göz önünde bulundurularak güvenilir bir analiz gerçekleştirilmiştir.

Tasarım tablosu (Şekil 4.5) sonucuna bakılarak kriko modelinin üzerinde en fazla zorlamaya maruz kalan bölgeler gösterilmiştir. En fazla zorlamaya maruz kalan noktalar bağlantı bölgeleri olduğu görülmektedir.

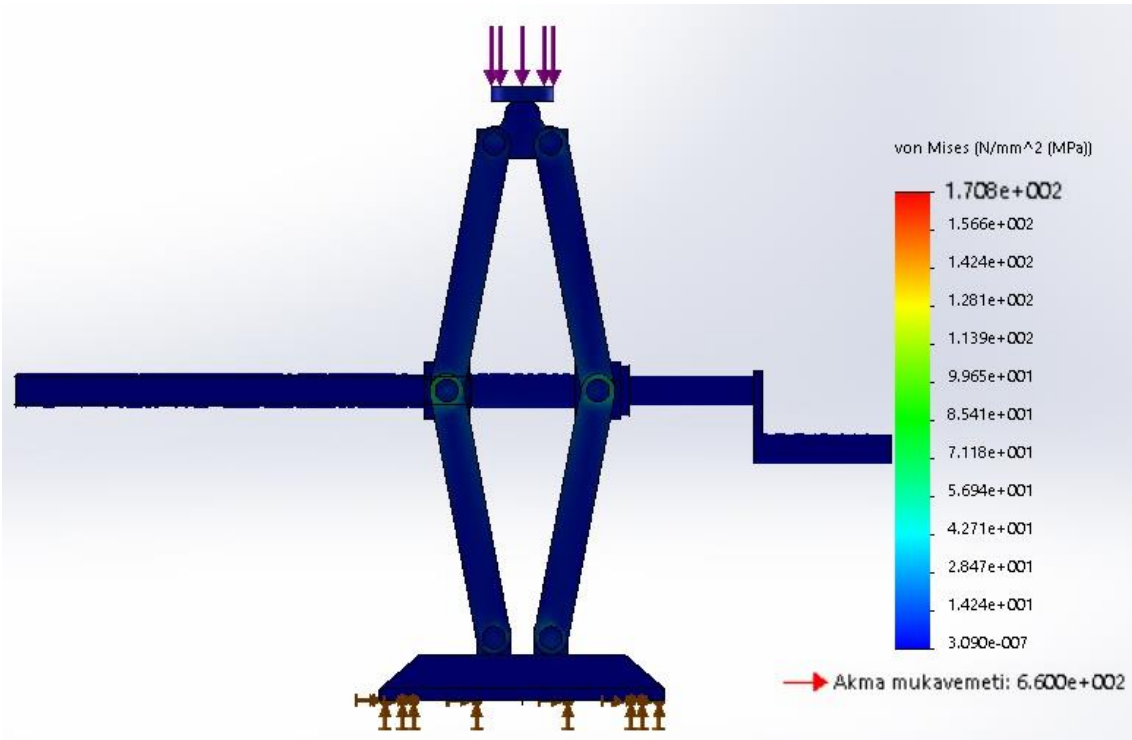
Bu konumda Şekil 4.1' deki Von Mises gerilmesi (164.7 N/mm<sup>2</sup>) ile krikoya uygulanan malzemenin akma mukavemeti (660 N/mm<sup>2</sup>) kullanılarak elde edilen sonuç kontrol edilmiş ve analiz sonucunda elde edilen değer ile örtüştüğü görülmüştür.

$$EK = \frac{\text{Akma Mukavemeti}}{\text{Von Mises Gerilmesi}} = \frac{660}{164.7} = 4$$

Bu analizde mesh yapısı orta değerler seçilerek analiz gerçekleştirilmiştir.

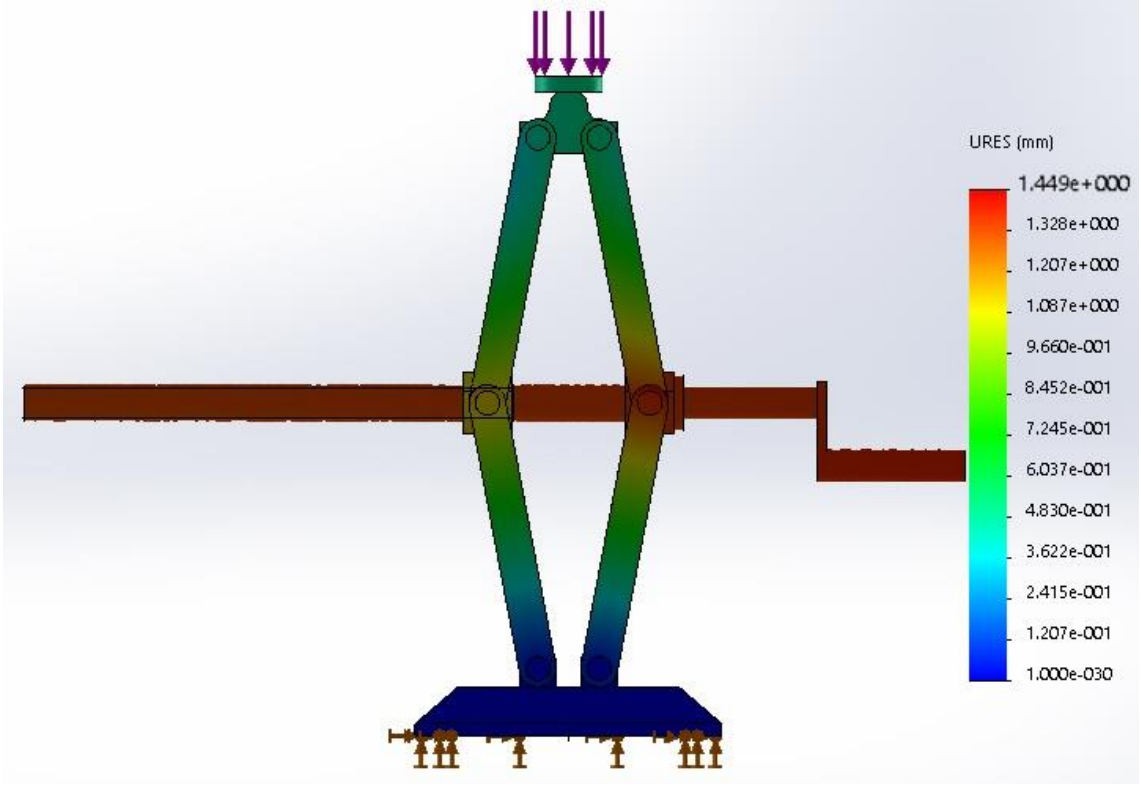


Resim 4.3 Krikonun açık halı ve seçilen orta mesh yapısı.

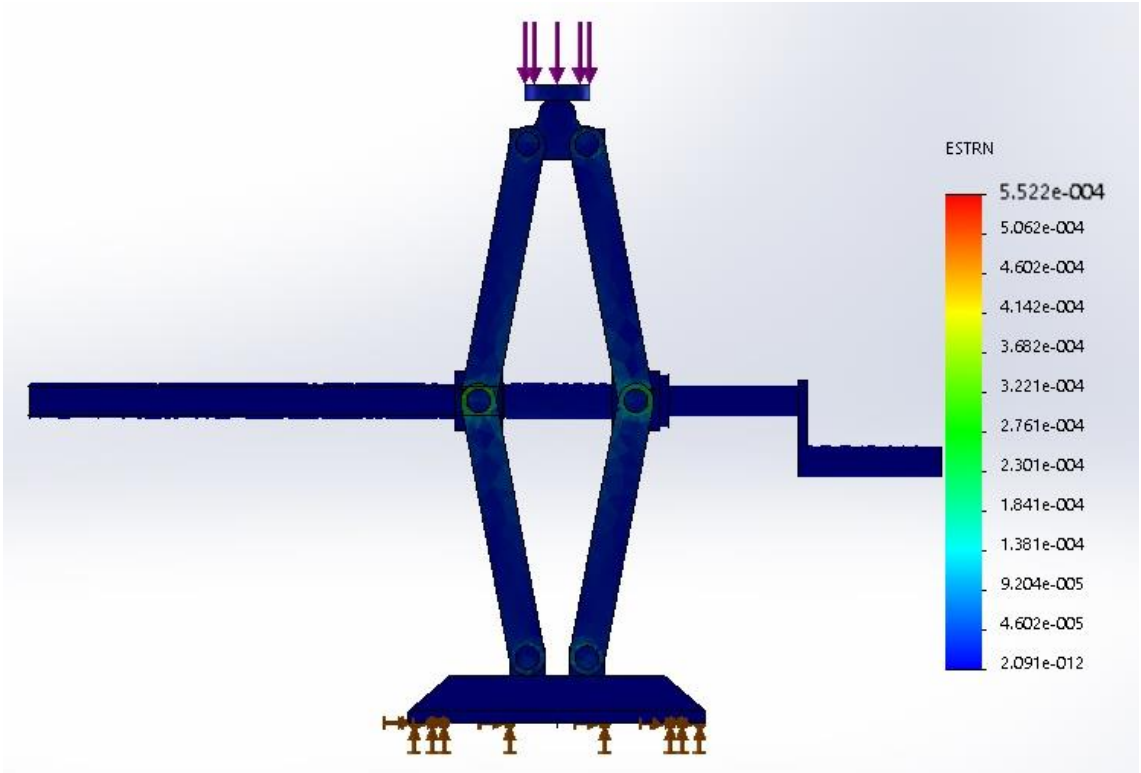


Şekil 4.6 Von Mises.

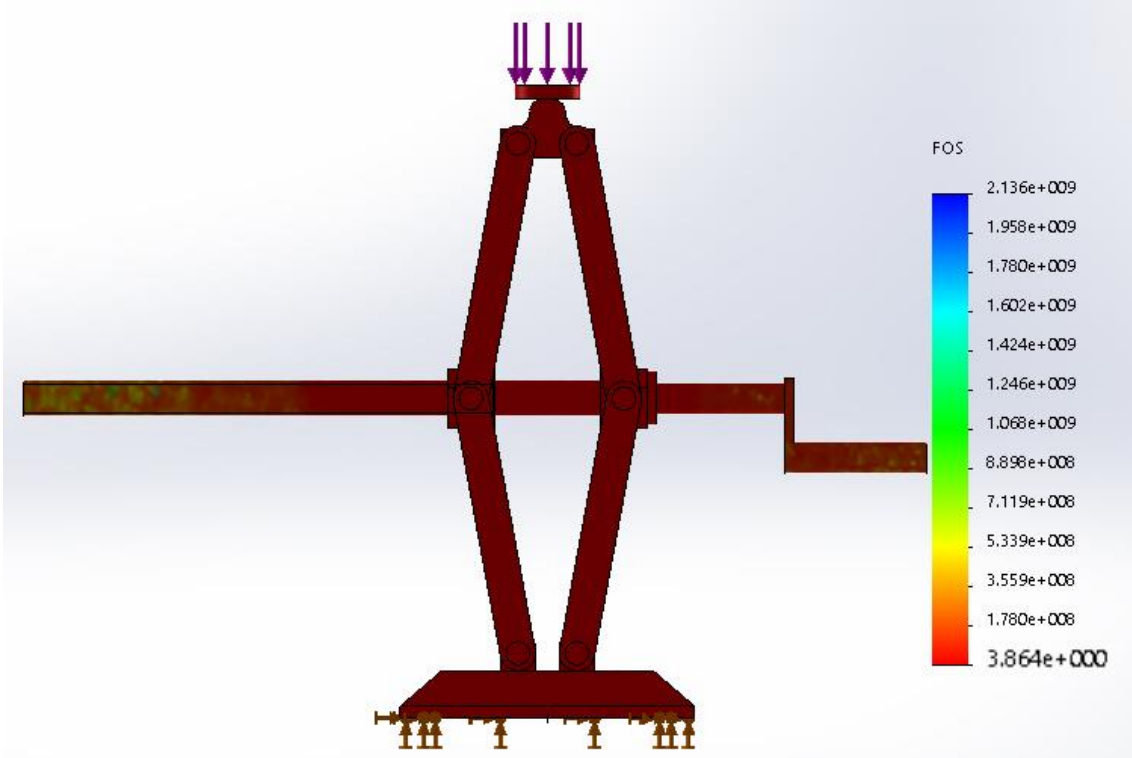




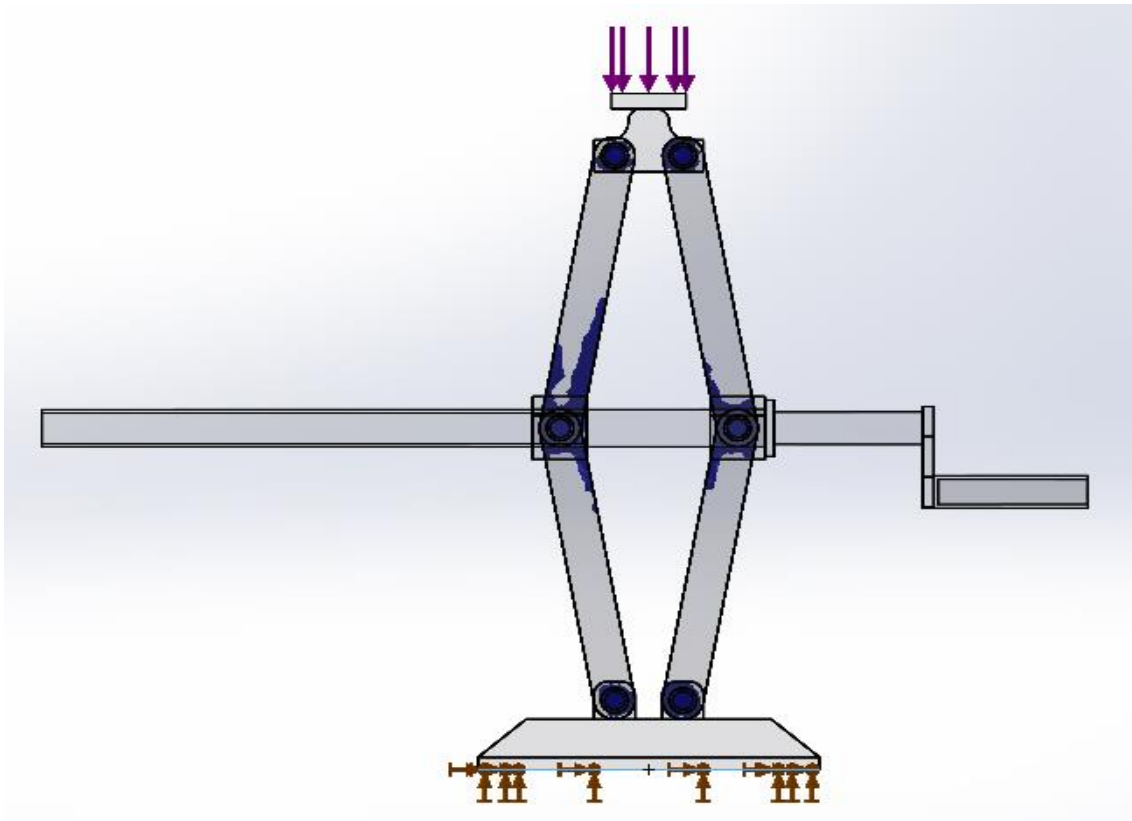
Şekil 4.7 Yer değiştirme.



Şekil 4.8 Şekil değiştirme.



Şekil 4.9 Güvenlik faktörü.



Şekil 4.10 Tasarım tablosu.

Sonuçlar incelendiğinde seçilen malzeme, uygulanan kuvvet ve belirtilen sınır şartlarına bakıldığında elde edilen sonuçların güvenilir olduğu görülmüştür. Malzemenin akma mukavemet değeri ile analiz sonucu oluşan Von Mises gerilme değeri güvenlik faktörü yönünde uygun bir analiz olduğunu göstermektedir.

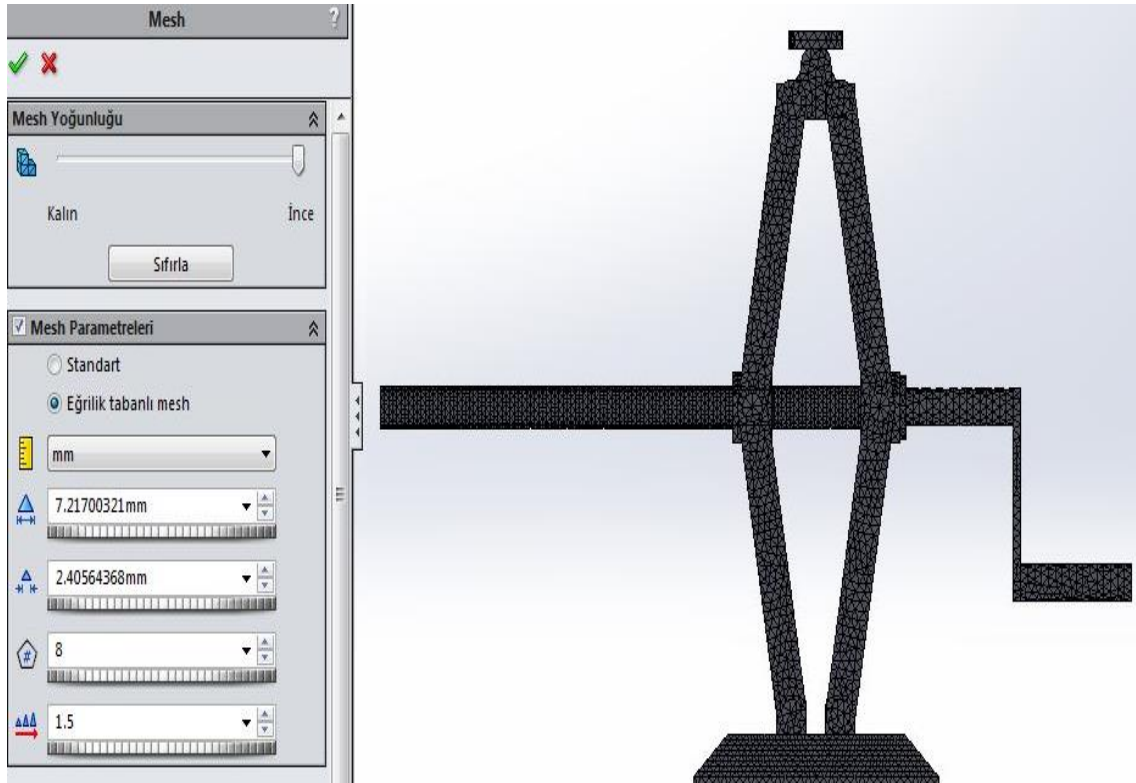
Analiz sonucunda kriko modelinin üzerinde 1.449 mm (Şekil 4.7) maksimum yer değiştirme meydana gelmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda uygulanan kuvvet (5000 N) ve seçilen malzeme kriterleri göz önünde bulundurularak güvenilir bir analiz gerçekleştirilmiştir.

Tasarım tablosu (Şekil 4.10) sonucuna bakılarak kriko modelinin üzerinde en fazla zorlamaya maruz kalan bölgeler gösterilmiştir. En fazla zorlamaya maruz kalan noktalar bağlantı bölgeleri olduğu görülmektedir.

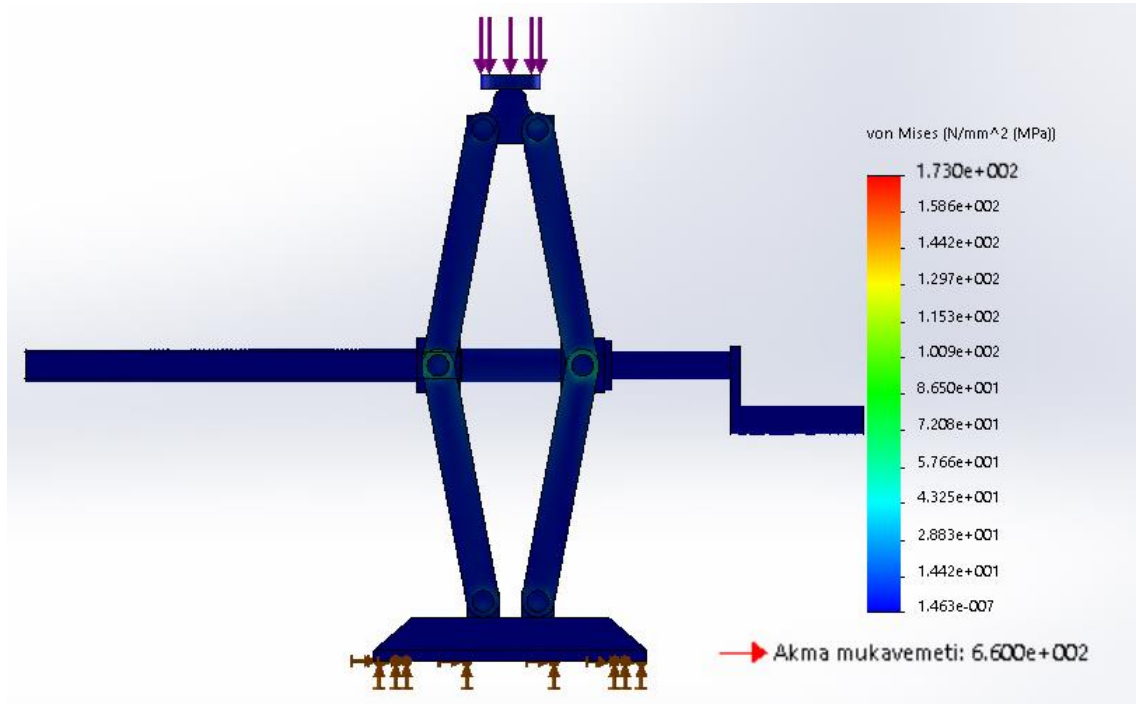
Bu konumda Şekil 4.6' deki Von Mises gerilmesi (170 N/mm<sup>2</sup>) ile krikoya uygulanan malzemenin akma mukavemeti (660 N/mm<sup>2</sup>) kullanılarak elde edilen sonuç kontrol edilmiş ve analiz sonucunda elde edilen değer ile örtüştüğü görülmüştür.

$$EK = \frac{\text{Akma Mukavemeti}}{\text{Von Mises Gerilmesi}} = \frac{660}{170} = 3.864$$

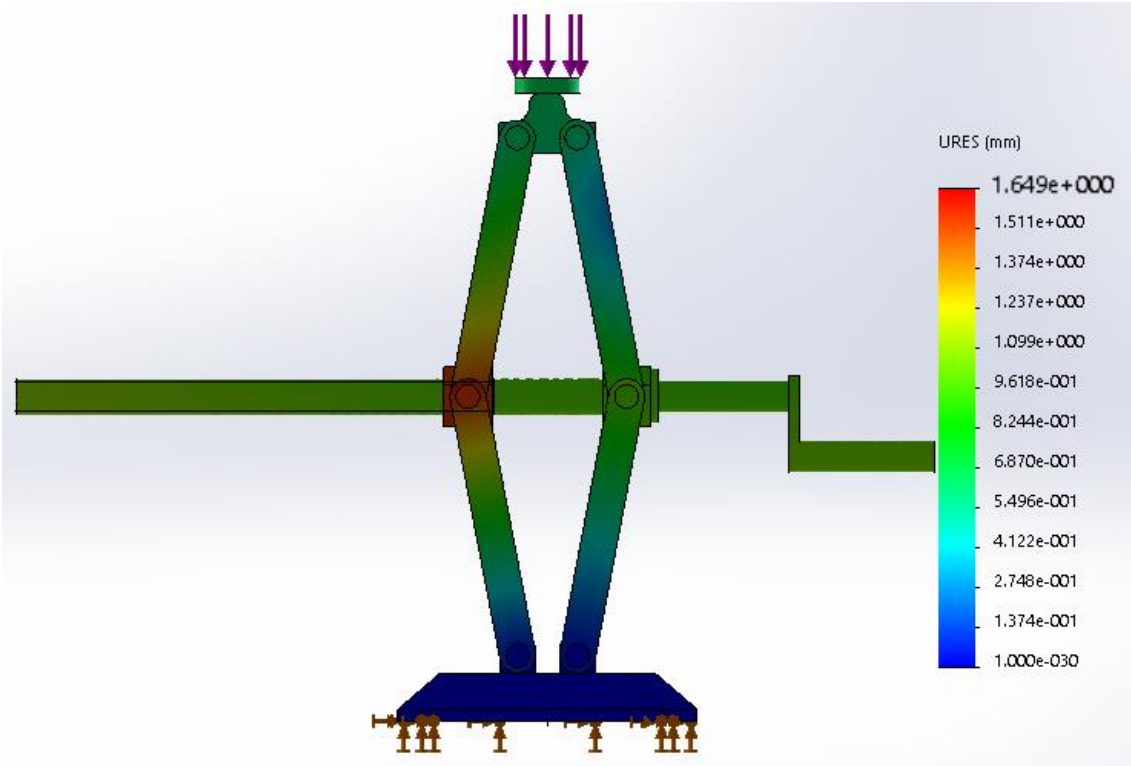
Bu analizde mesh yapısı yüksek değerler seçilerek analiz gerçekleştirilmiştir.



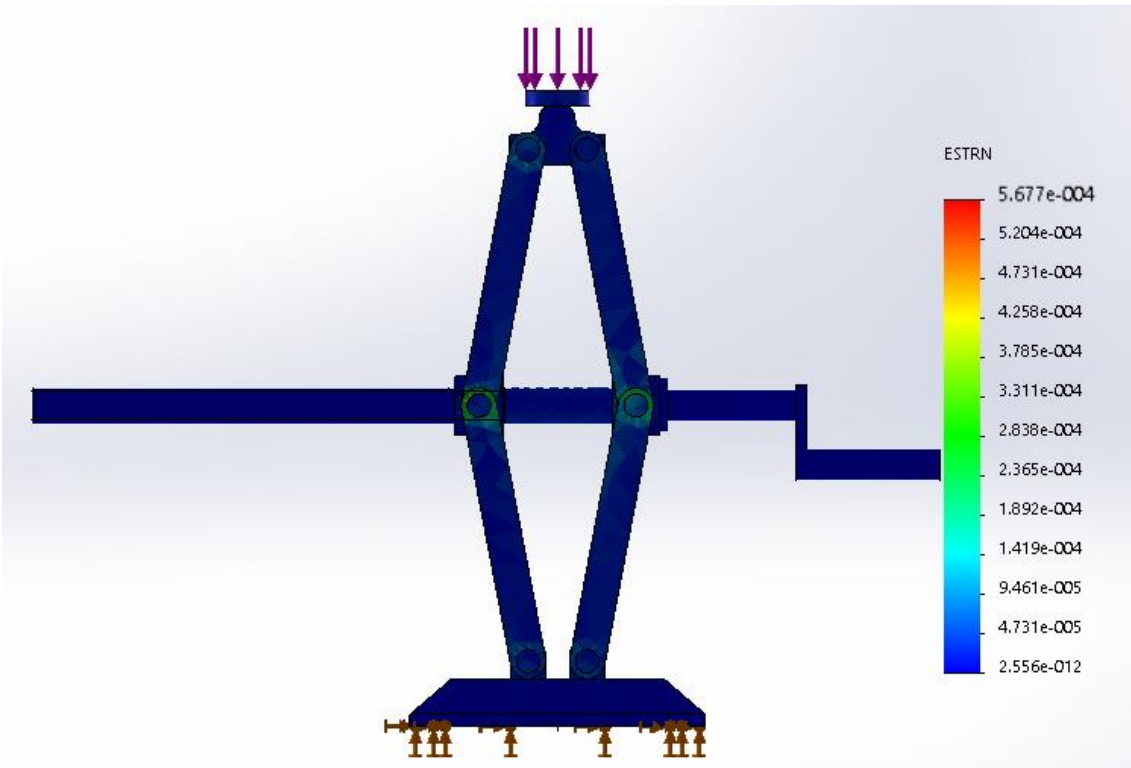
**Resim 4.4** Krikonun açık hali ve seçilen yüksek mesh yapısı.



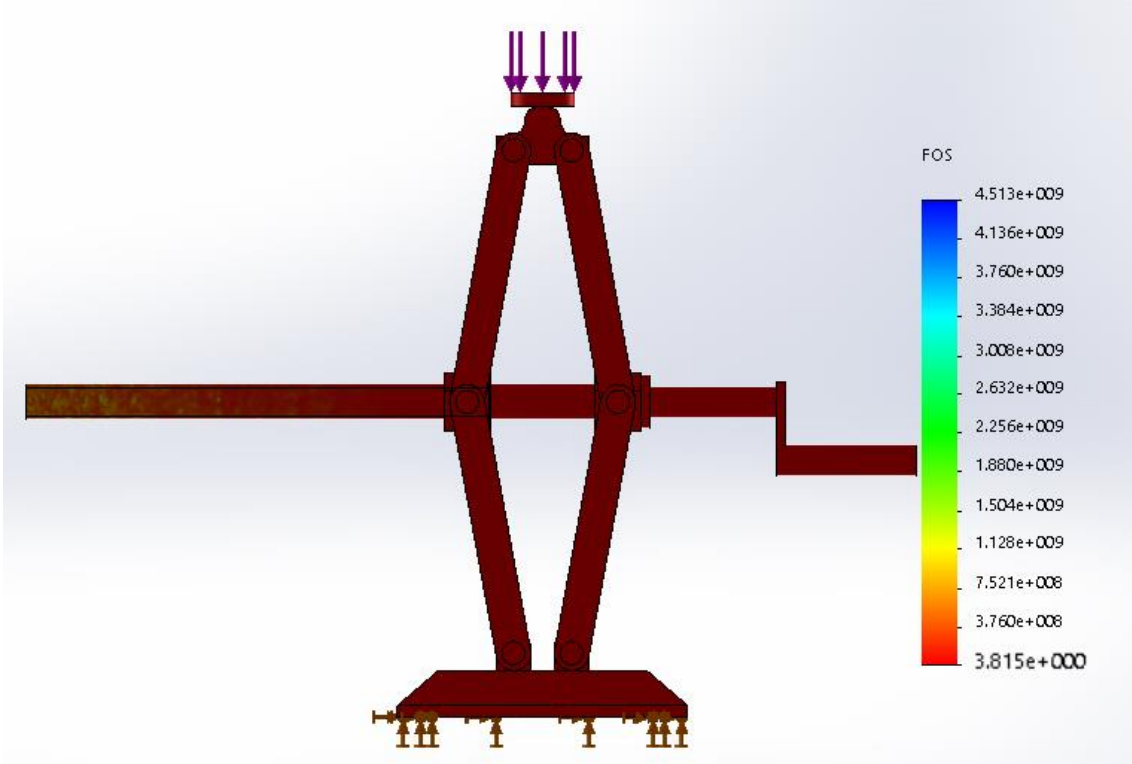
**şekil 4.11** Von Mises.



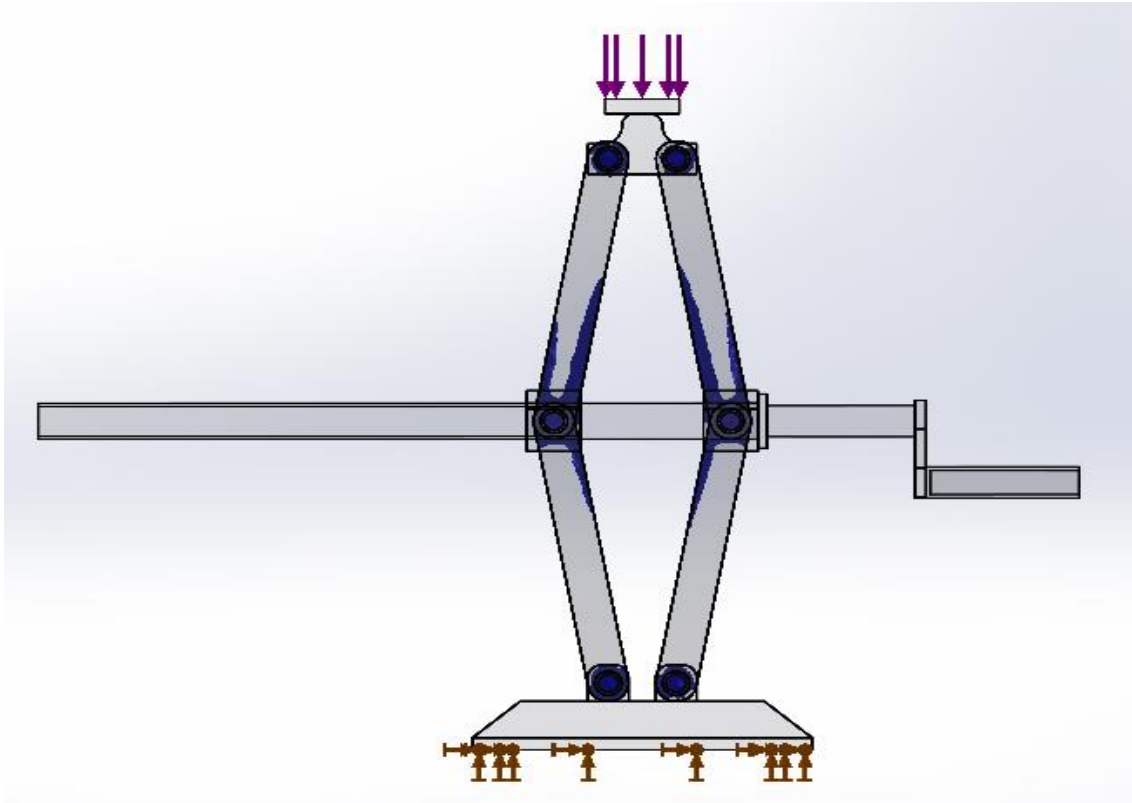
Şekil 4.12 Yer değiştirme.



Şekil 4.13 Şekil değiştirme.



Şekil 4.14 Güvenlik faktörü.



Şekil 4.15 Tasarım tablosu.

Sonuçlar incelendiğinde seçilen malzeme, uygulanan kuvvet ve belirtilen sınır şartlarına bakıldığında elde edilen sonuçların güvenilir olduğu görülmüştür. Malzemenin akma mukavemet değeri ile analiz sonucu oluşan Von Mises gerilme değeri güvenlik faktörü yönünde uygun bir analiz olduğunu göstermektedir.

Analiz sonucunda kriko modelinin üzerinde 1.649 mm (Şekil 4.12) maksimum yer değiştirme meydana gelmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda uygulanan kuvvet (5000 N) ve seçilen malzeme kriterleri göz önünde bulundurularak güvenilir bir analiz gerçekleştirilmiştir.

Tasarım tablosu (Şekil 4.15) sonucuna bakılarak kriko modelinin üzerinde en fazla zorlamaya maruz kalan bölgeler gösterilmiştir. En fazla zorlamaya maruz kalan noktalar bağlantı bölgeleri olduğu görülmektedir.

Bu konumda Şekil 4.11' deki Von Mises gerilmesi (173 N/mm<sup>2</sup>) ile krikoya uygulanan malzemenin akma mukavemeti (660 N/mm<sup>2</sup>) kullanılarak elde edilen sonuç kontrol edilmiş ve analiz sonucunda elde edilen değer ile örtüştüğü görülmüştür.

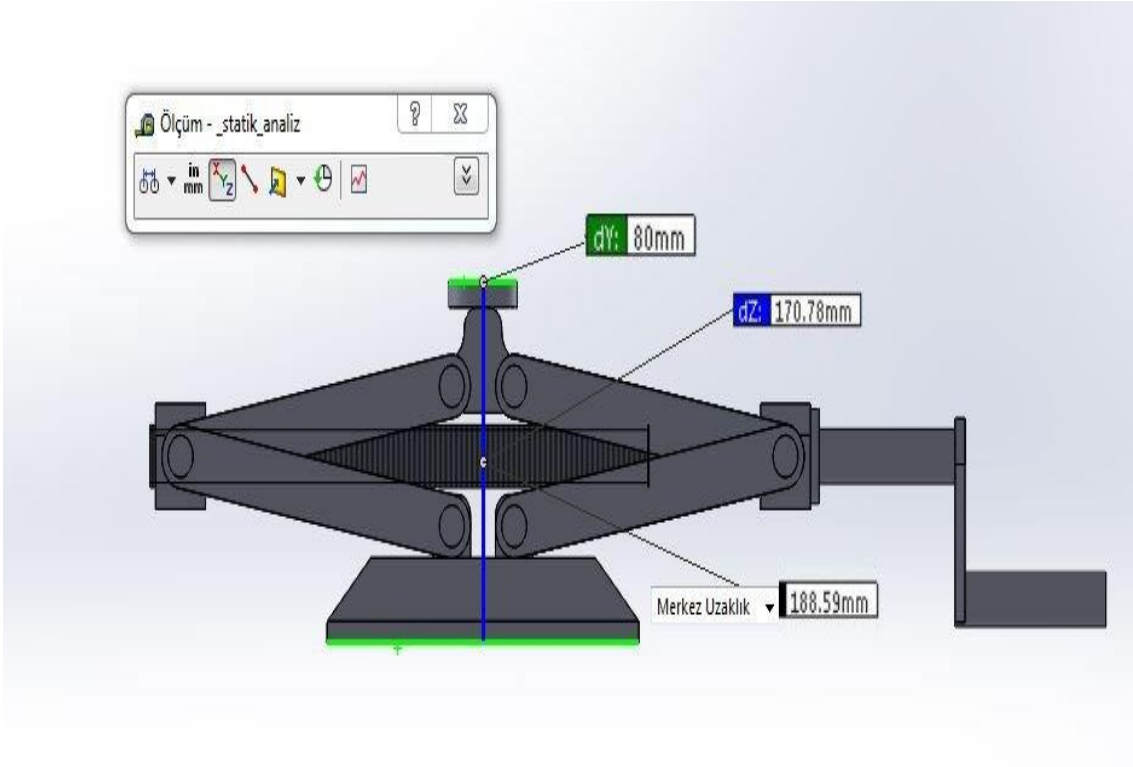
$$EK = \frac{\text{Akma Mukavemeti}}{\text{Von Mises Gerilmesi}} = \frac{660}{173} = 3.815$$

**Çizelge 4.1** Krikonu açık halinin sonuçlar tablosu.

|                           | Von Mises<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Yer<br>Değiştirme<br>(mm) | Şekil<br>değiştirme<br>(MPa) | Güvenlik<br>Faktörü |
|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------|
| <b>Düşük mesh yapısı</b>  | 164                               | 1.396                     | 5.472                        | 4                   |
| <b>Orta mesh yapısı</b>   | 170                               | 1.449                     | 5.552                        | 3.864               |
| <b>Yüksek mesh yapısı</b> | 173                               | 1.649                     | 5.677                        | 3.815               |

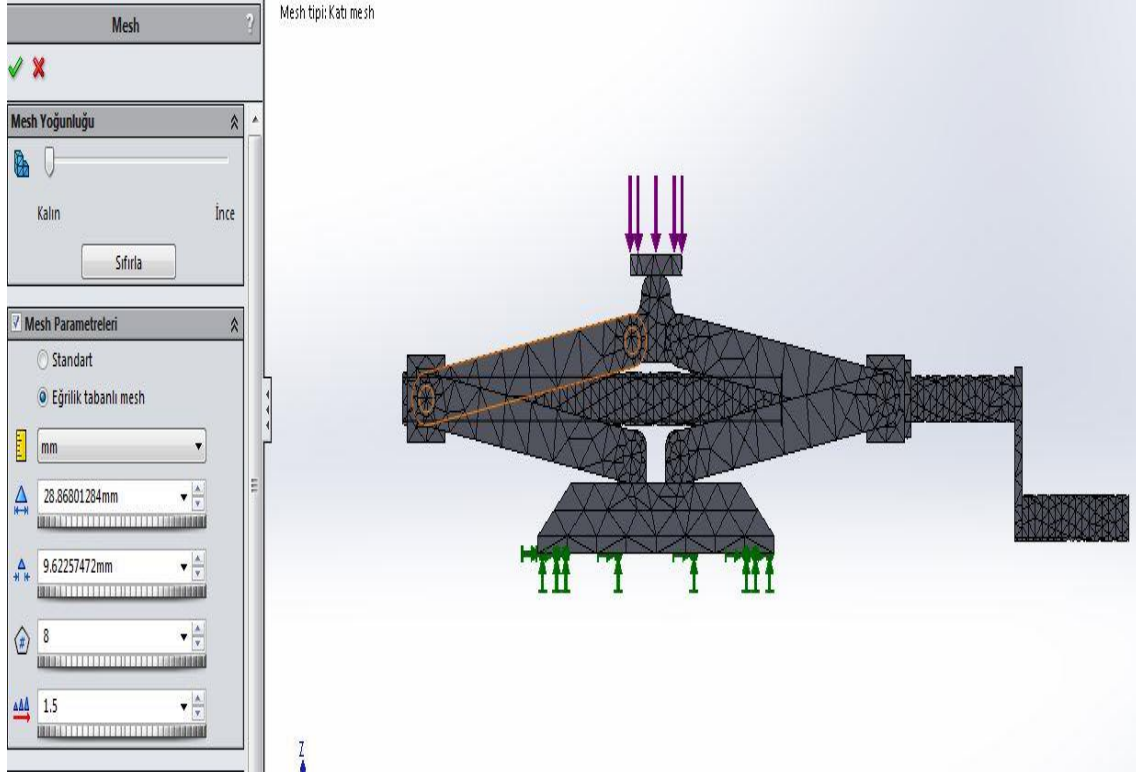
Statik analizi yapılan kriko modelinde DIN çelik (alaşimsız) 1.0601 (C60) malzemesi kullanılıp, 5000 N'luk kuvvet uygulanıp Von Mises, yer değiştirme, şekil değiştirme, güvenlik faktörleri ve tasarım kavrama sonuçları elde edilmiştir.

Bu analizde kriko manimum kapalı hale (17 cm) getirilip, farklı mesh yapıları (düşük, orta ve yüksek değerler) oluşturularak işlem gerçekleştirilmiştir.

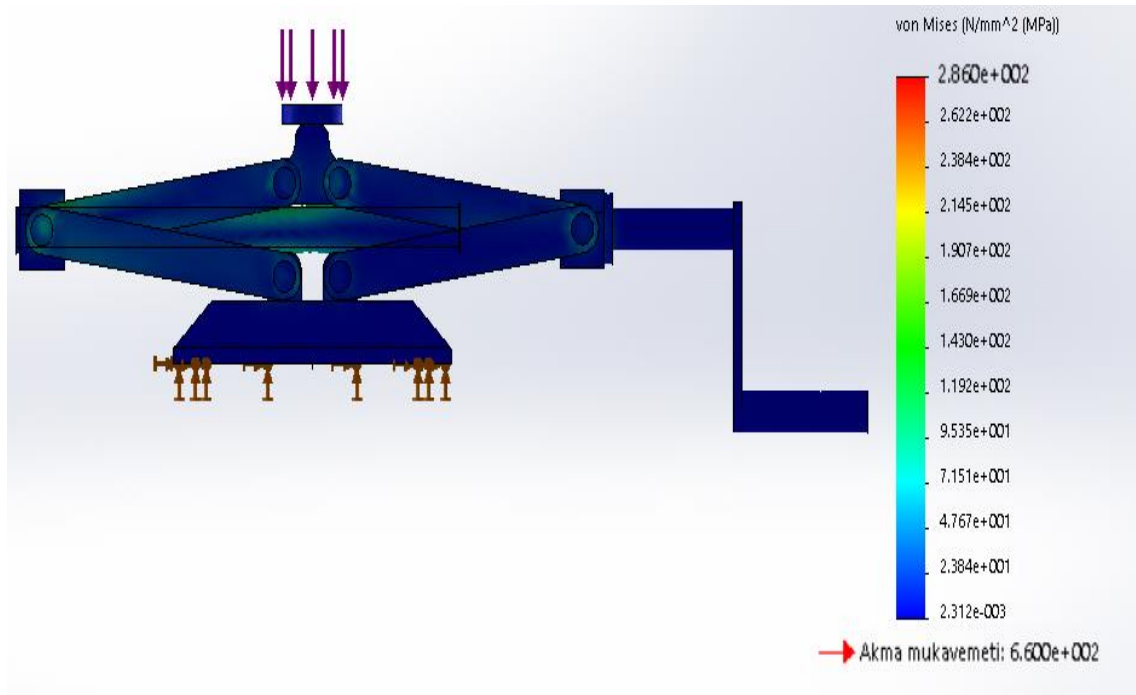


**Resim 4.5** Krikonun minimum kapalı halinin ölçüsü.

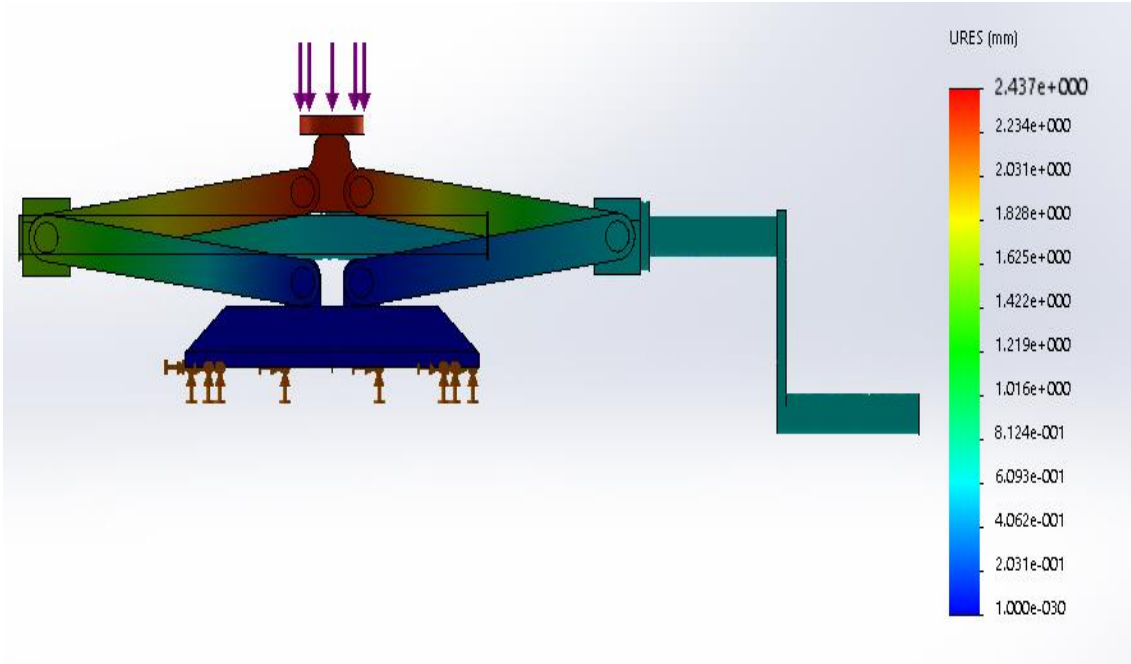




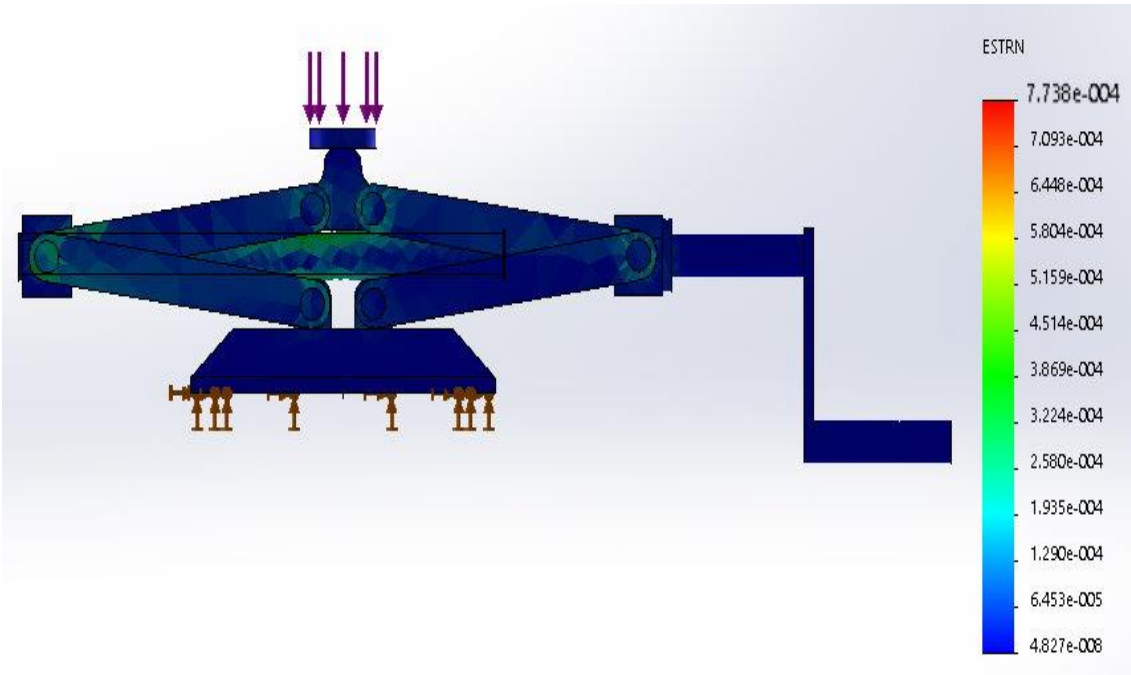
**Resim 4.6** Krikonun kapalı hali ve seçilen düşük mesh yapısı.



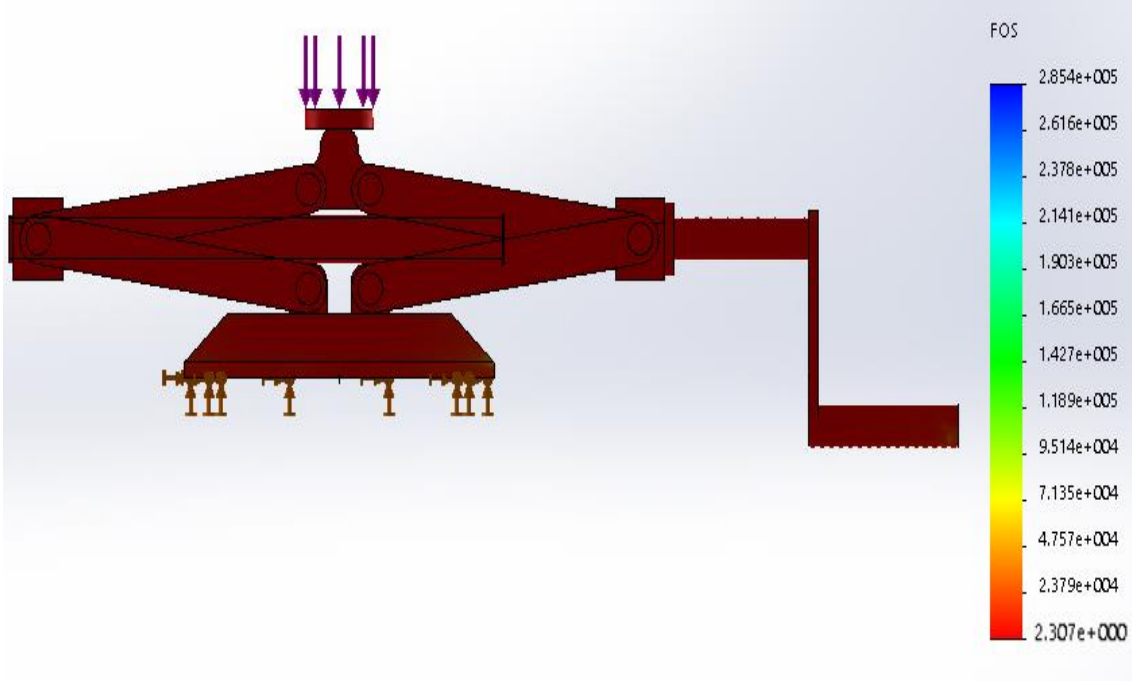
**Şekil 4.16** Von Mises.



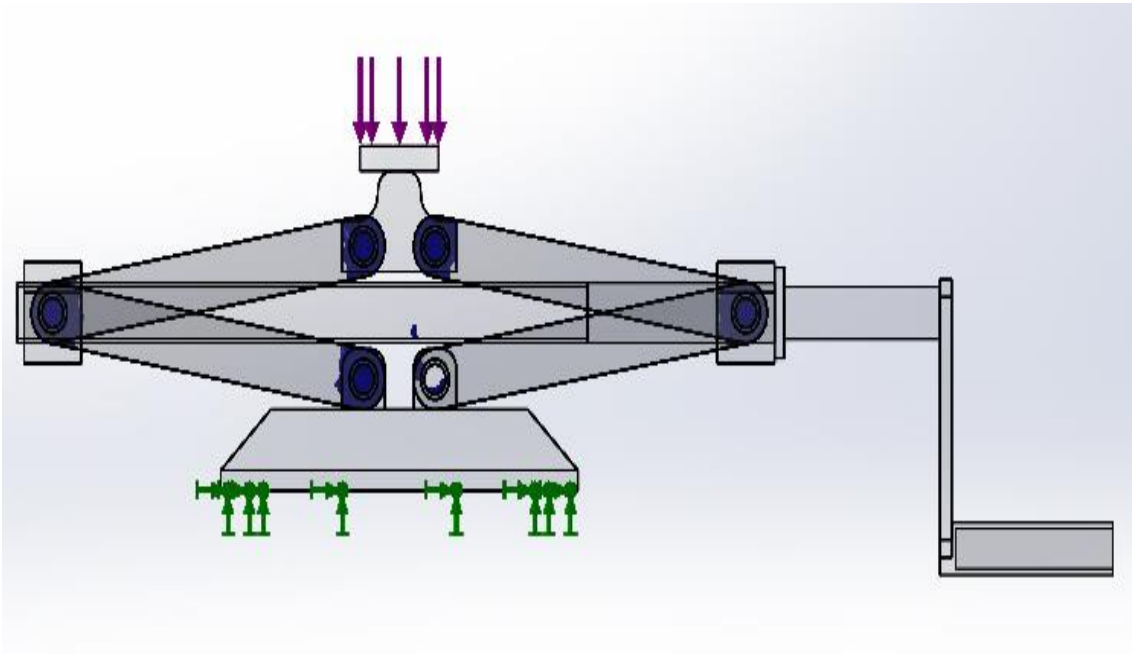
Şekil 4.17 Yer değiştirme.



Şekil 4.18 Şekil değiştirme.



Şekil 4.19 Güvenlik faktörü.



Şekil 4.20 Tasarım tablosu.

Sonuçlar incelendiğinde seçilen malzeme, uygulanan kuvvet ve belirtilen sınır şartlarına bakıldığında elde edilen sonuçların güvenilir olduğu görülmüştür. Malzemenin akma mukavemet değeri ile analiz sonucu oluşan Von Mises gerilme değeri güvenlik faktörü yönünde uygun bir analiz olduğunu göstermektedir.

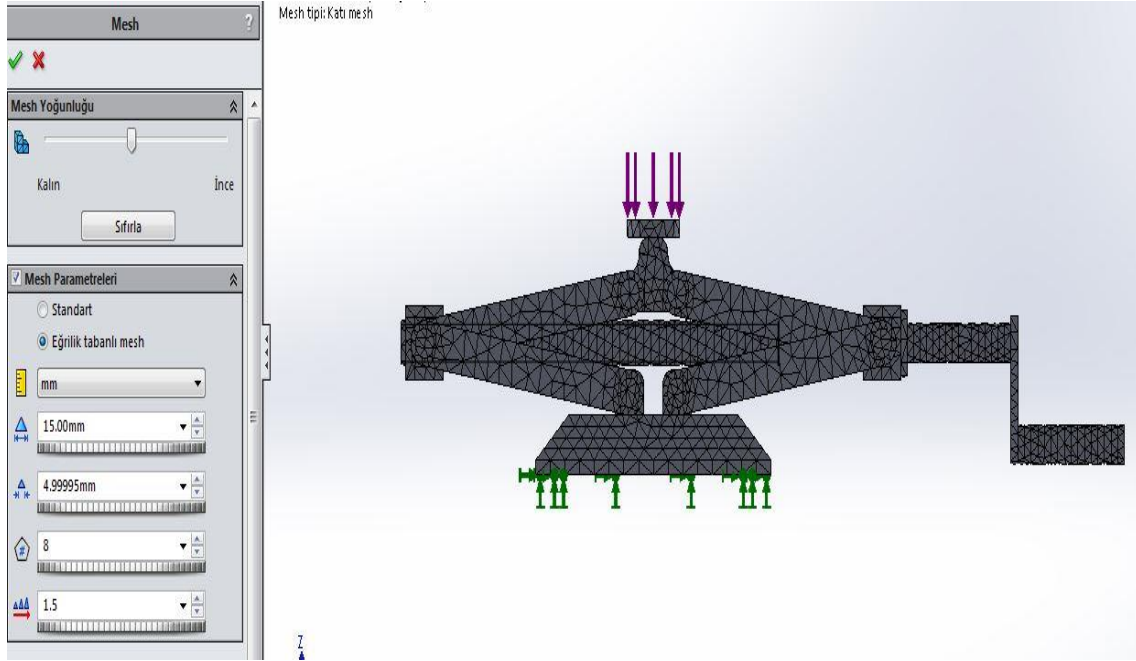
Analiz sonucunda kriko modelinin üzerinde 2.437 mm (Şekil 4.17) maksimum yer değiştirme meydana gelmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda uygulanan kuvvet (5000 N) ve seçilen malzeme kriterleri göz önünde bulundurularak güvenilir bir analiz gerçekleştirilmiştir.

Tasarım tablosu (Şekil 4.20) sonucuna bakılarak kriko modelinin üzerinde en fazla zorlamaya maruz kalan bölgeler gösterilmiştir. En fazla zorlamaya maruz kalan noktalar bağlantı bölgeleri olduğu görülmektedir.

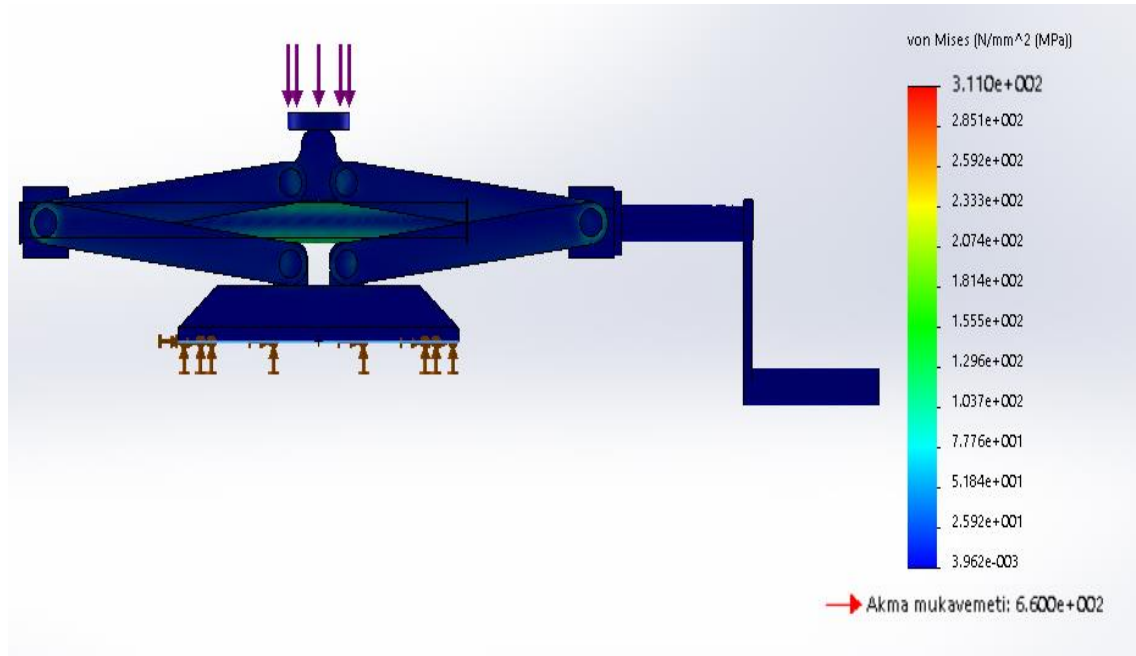
Bu konumda Şekil 4.16' deki Von Mises gerilmesi (286 N/mm<sup>2</sup>) ile krikoya uygulanan malzemenin akma mukavemeti (660 N/mm<sup>2</sup>) kullanılarak elde edilen sonuç kontrol edilmiş ve analiz sonucunda elde edilen değer ile örtüştüğü görülmüştür.

$$EK = \frac{\text{Akma Mukavemeti}}{\text{Von Mises Gerilmesi}} = \frac{660}{286} = 2.307$$

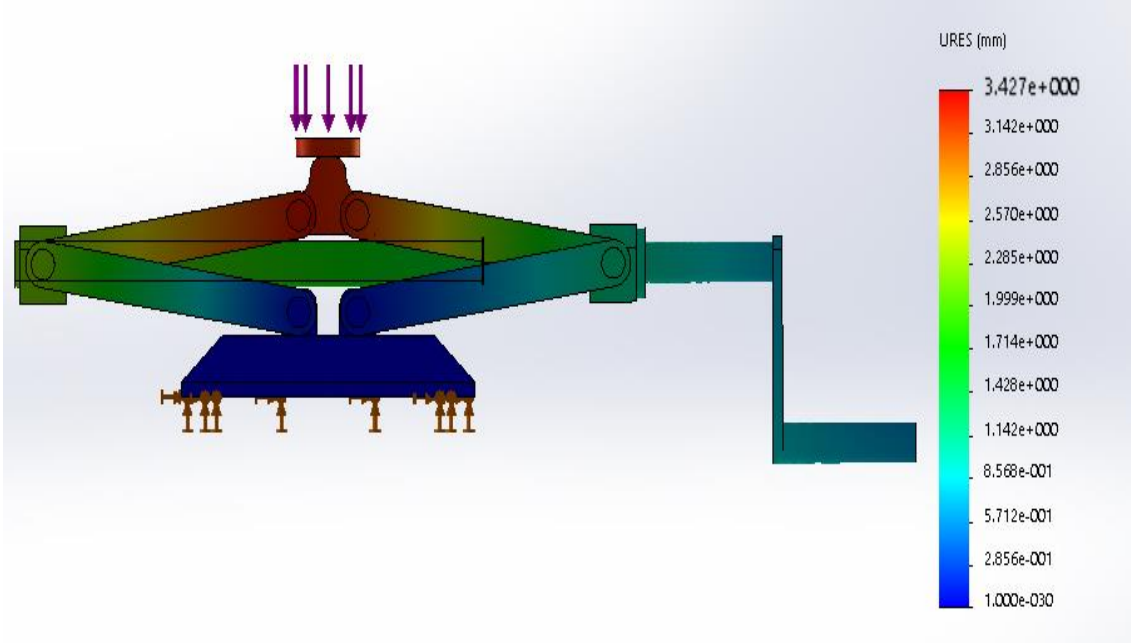
Bu analizde mesh yapısı orta değerler seçilerek analiz gerçekleştirilmiştir.



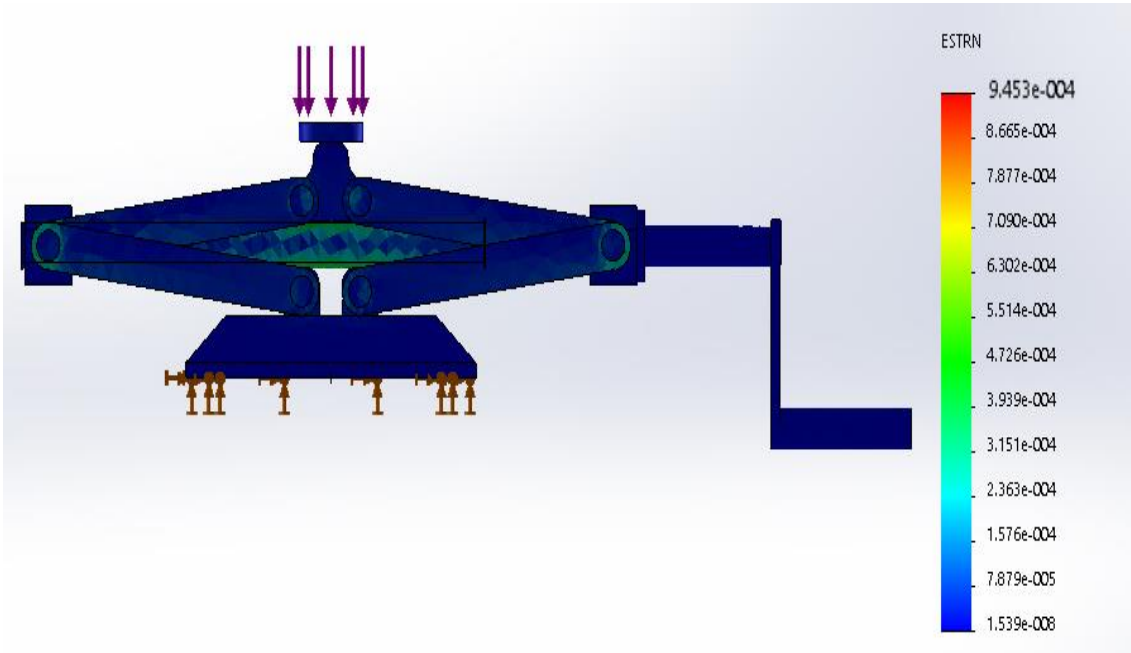
Resim 4.7 Krikonun kapalı hali ve seçilen orta mesh yapısı.



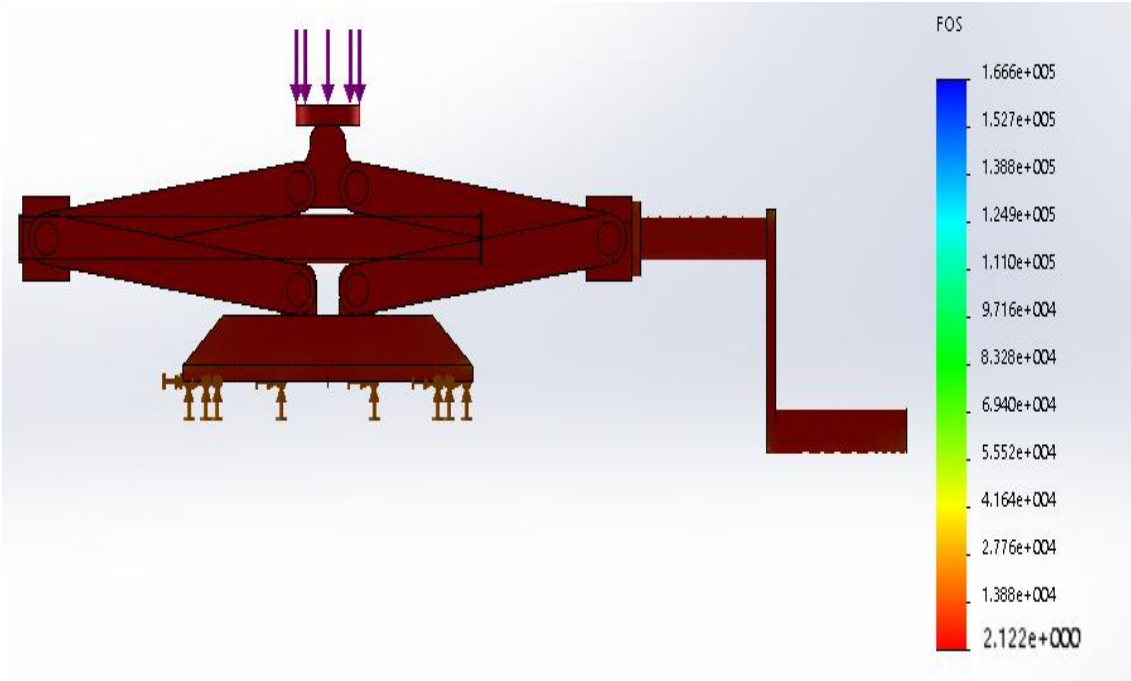
şekil 4.21 Von Mises.



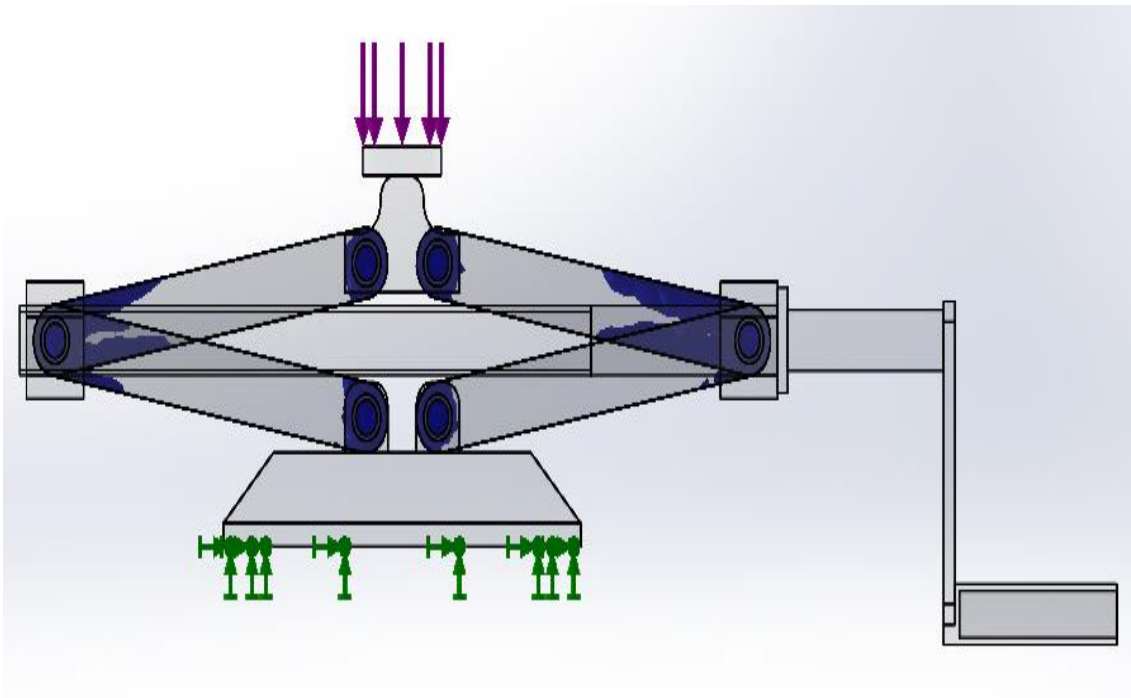
Şekil 4.22 Yer değiştirme.



Şekil 4.23 Şekil değiştirme.



Şekil 4.24 Güvenlik faktörü.



Şekil 4.25 Tasarım tablosu.

Sonuçlar incelendiğinde seçilen malzeme, uygulanan kuvvet ve belirtilen sınır şartlarına bakıldığında elde edilen sonuçların güvenilir olduğu görülmüştür. Malzemenin akma mukavemet değeri ile analiz sonucu oluşan Von Mises gerilme değeri güvenlik faktörü yönünde uygun bir analiz olduğunu göstermektedir.

Analiz sonucunda kriko modelinin üzerinde 3.427 mm (Şekil 4.22) maksimum yer değiştirme meydana gelmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda uygulanan kuvvet (5000 N) ve seçilen malzeme kriterleri göz önünde bulundurularak güvenilir bir analiz gerçekleştirilmiştir.

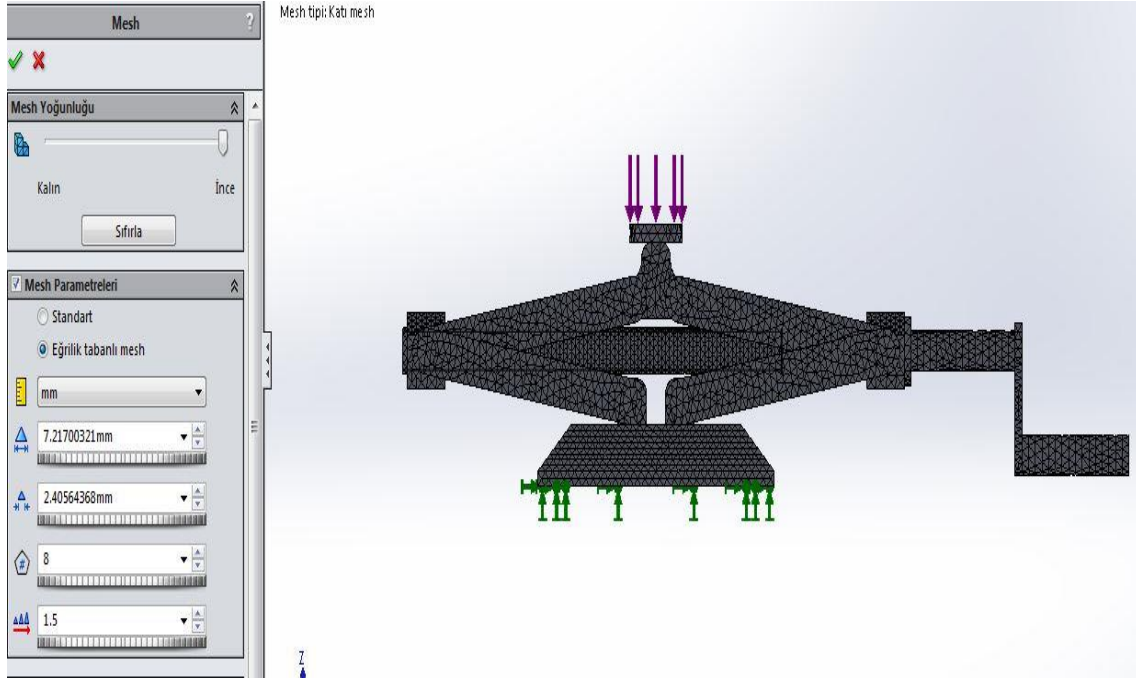
Tasarım tablosu (Şekil 4.25) sonucuna bakılarak kriko modelinin üzerinde en fazla zorlamaya maruz kalan bölgeler gösterilmiştir. En fazla zorlamaya maruz kalan noktalar bağlantı bölgeleri olduğu görülmüştür.

Bu konumda Şekil 4.21' deki Von Mises gerilmesi (311 N/mm<sup>2</sup>) ile krikoya uygulanan malzemenin akma mukavemeti (660 N/mm<sup>2</sup>) kullanılarak elde edilen sonuç kontrol edilmiş ve analiz sonucunda elde edilen değer ile örtüştüğü görülmüştür.

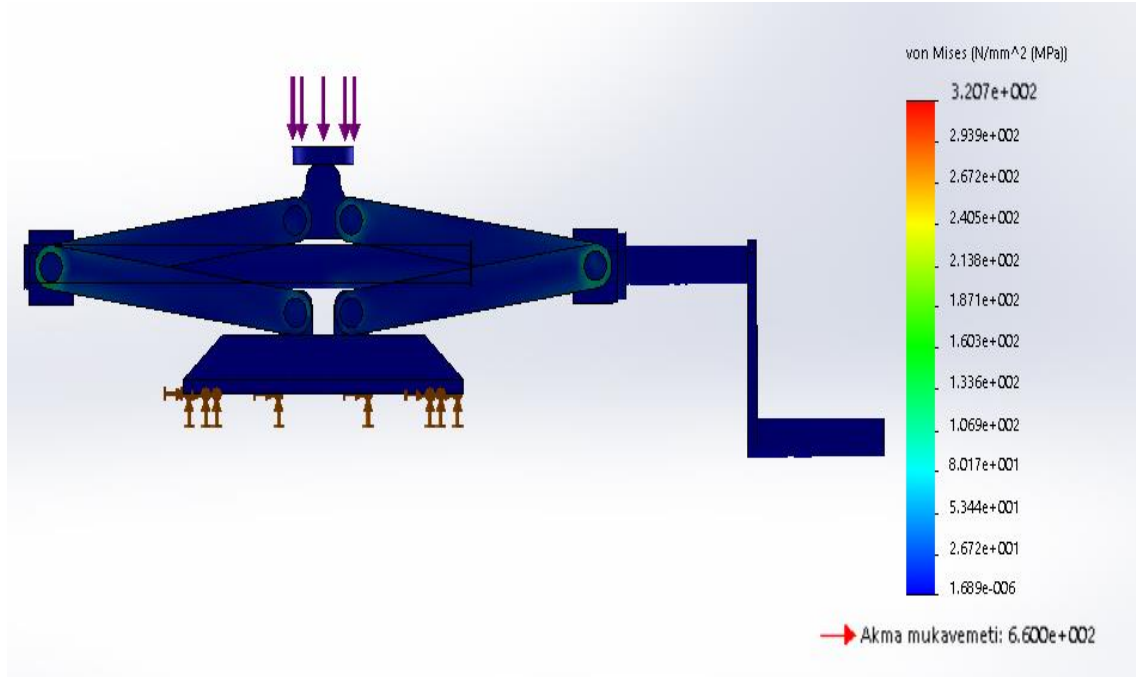
$$EK = \frac{\text{Akma Mukavemeti}}{\text{Von Mises Gerilmesi}} = \frac{660}{311} = 2.122$$



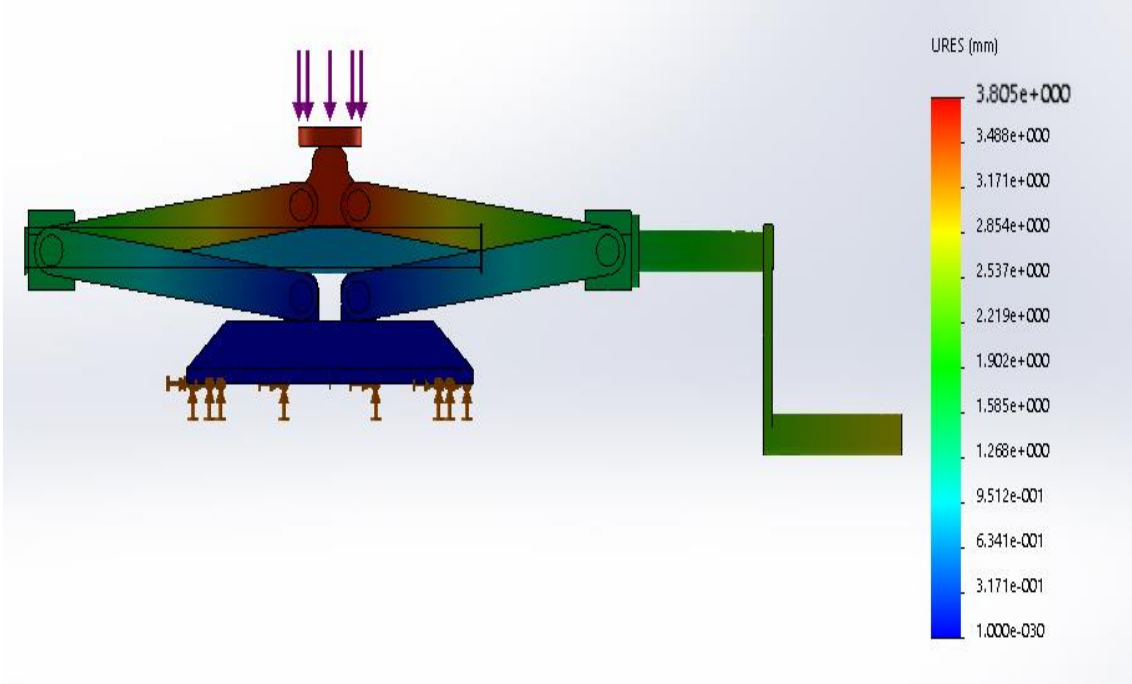
Bu analizde mesh yapısı yüksek değerler seçilerek analiz gerçekleştirilmiştir.



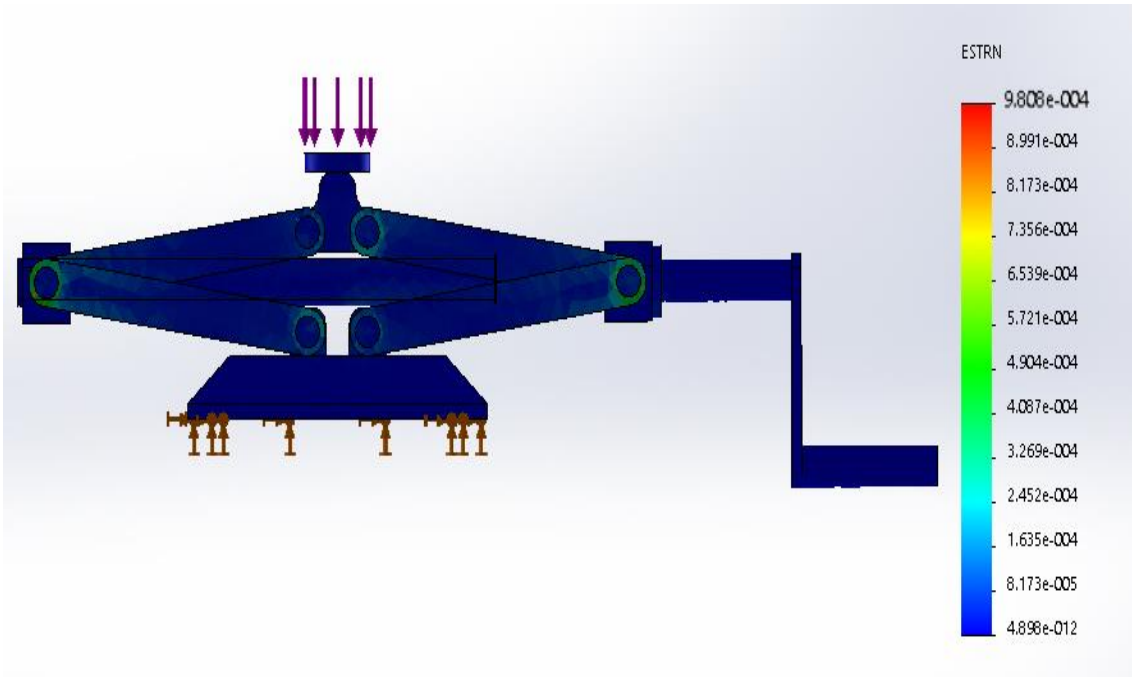
Resim 4.8 Krikonun kapalı hali ve seçilen yüksek mesh yapısı.



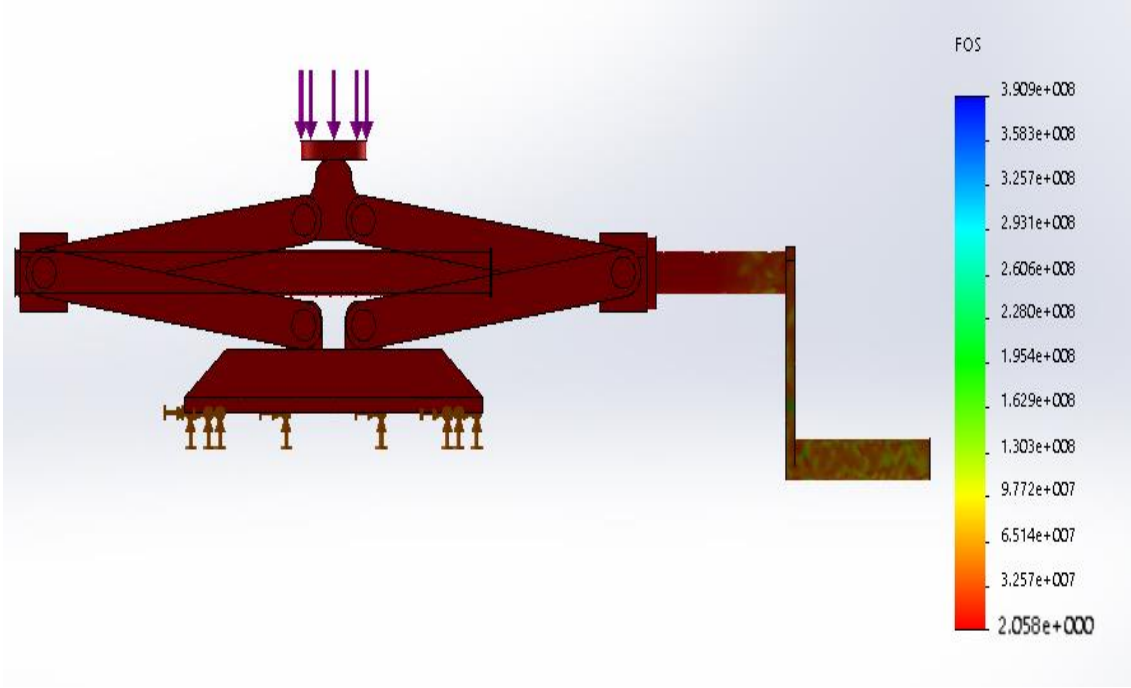
Şekil 4.26 Von Mises.



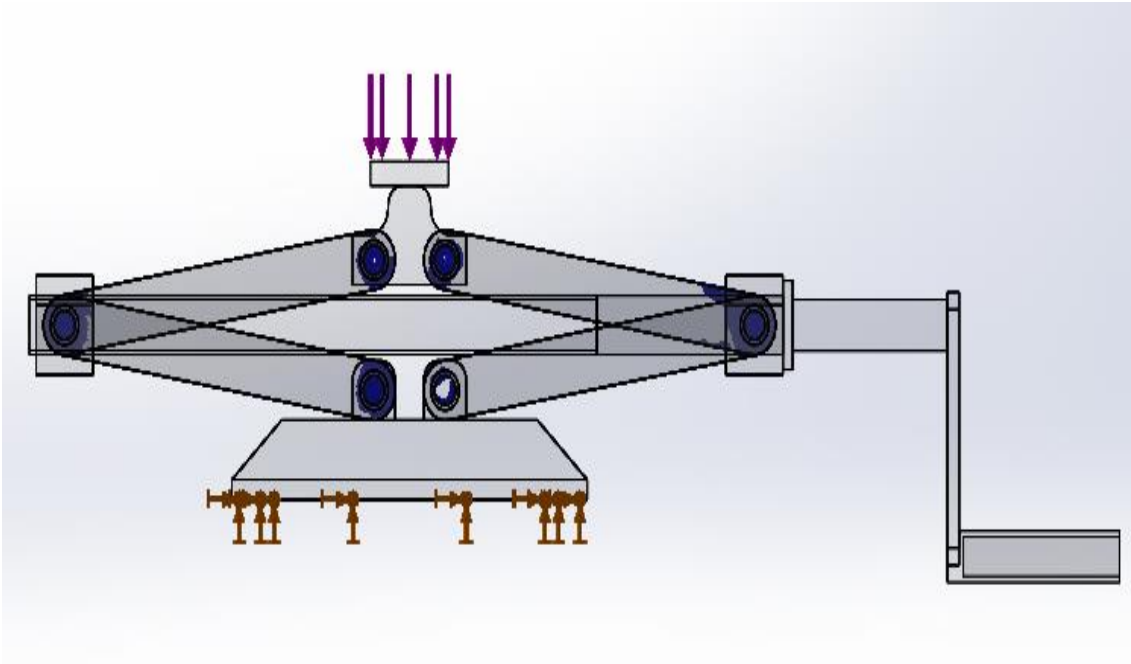
Şekil 4.27 Yer değiştirme.



Şekil 4.28 Şekil değiştirme.



Şekil 4.29 Güvenlik faktörü.



Şekil 4.30 Tasarım tablosu.

Sonuçlar incelendiğinde seçilen malzeme, uygulanan kuvvet ve belirtilen sınır şartlarına bakıldığında elde edilen sonuçların güvenilir olduğu görülmüştür. Malzemenin akma mukavemet değeri ile analiz sonucu oluşan Von Mises gerilme değeri güvenlik faktörü yönünde uygun bir analiz olduğunu göstermektedir.

Analiz sonucunda kriko modelinin üzerinde 3.805 mm (Şekil 4.27) maksimum yer değiştirme meydana gelmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda uygulanan kuvvet (5000 N) ve seçilen malzeme kriterleri göz önünde bulundurularak güvenilir bir analiz gerçekleştirilmiştir.

Tasarım tablosu (Şekil 4.30) sonucuna bakılarak kriko modelinin üzerinde en fazla zorlamaya maruz kalan bölgeler gösterilmiştir. En fazla zorlamaya maruz kalan noktalar bağlantı bölgeleri olduğu görülmektedir.

Bu konumda Şekil 4.26’ deki Von Mises gerilmesi (320 N/mm<sup>2</sup>) ile krikoya uygulanan malzemenin akma mukavemeti (660 N/mm<sup>2</sup>) kullanılarak elde edilen sonuç kontrol edilmiş ve analiz sonucunda elde edilen değer ile örtüştüğü görülmüştür.

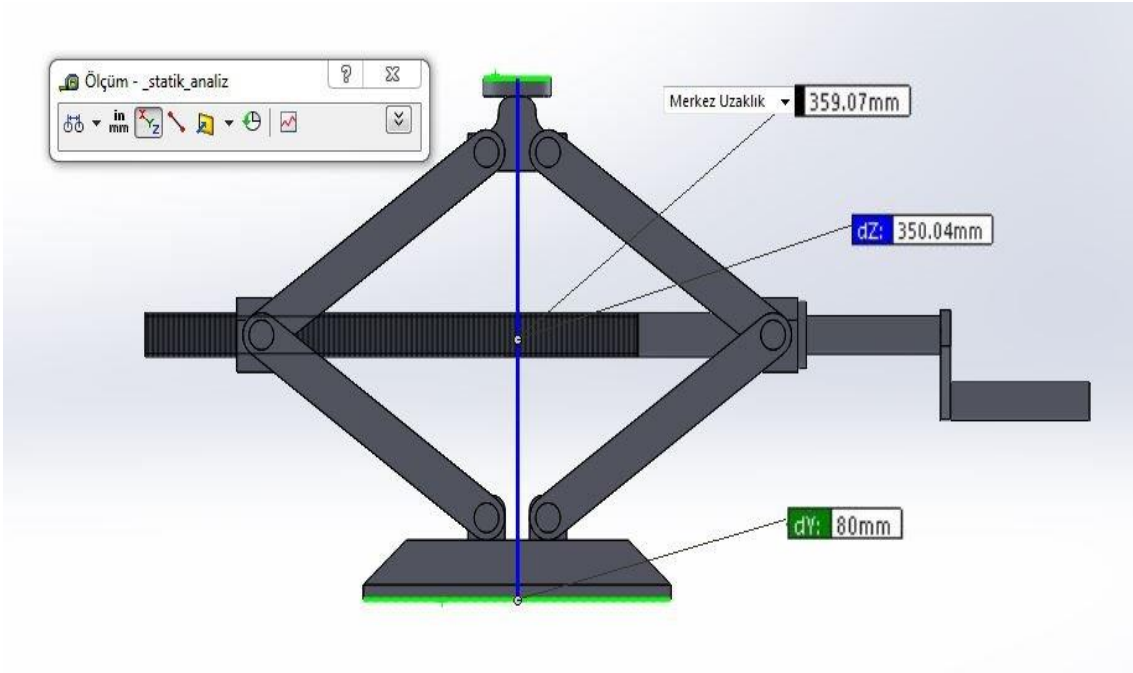
$$EK = \frac{\text{Akma Mukavemeti}}{\text{Von Mises Gerilmesi}} = \frac{660}{320} = 2.058$$

**Çizelge 4.2** Krikonu kapalı halinin sonuçlar tablosu.

|                           | Von Mises<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Yer<br>Değiştirme<br>(mm) | Şekil<br>değiştirme<br>(MPa) | Güvenlik<br>Faktörü |
|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------|
| <b>Düşük mesh yapısı</b>  | 286                               | 2.437                     | 7.738                        | 2.307               |
| <b>Orta mesh yapısı</b>   | 311                               | 3.427                     | 9.453                        | 2.122               |
| <b>Yüksek mesh yapısı</b> | 320                               | 3.805                     | 9.808                        | 2.058               |

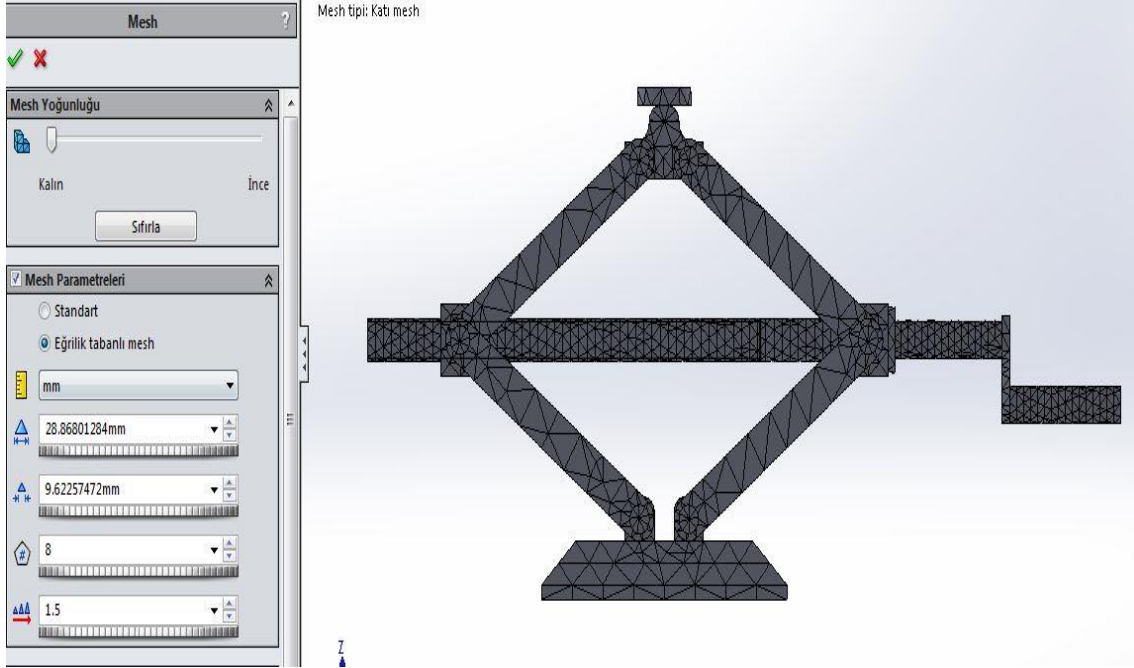
Statik analizi yapılan kriko modelinde DIN çelik (alaşimsız) 1.0601 (C60) malzemesi kullanılıp, 5000 N'luk kuvvet uygulanıp Von Mises, yer değiştirme, şekil değiştirme, güvenlik faktörleri ve tasarım kavrama sonuçları elde edilmiştir.

Bu analizde kriko yarı açık hale (35 cm) getirilip, farklı mesh yapıları (düşük, orta ve yüksek değerler) oluşturularak işlem gerçekleştirilmiştir.

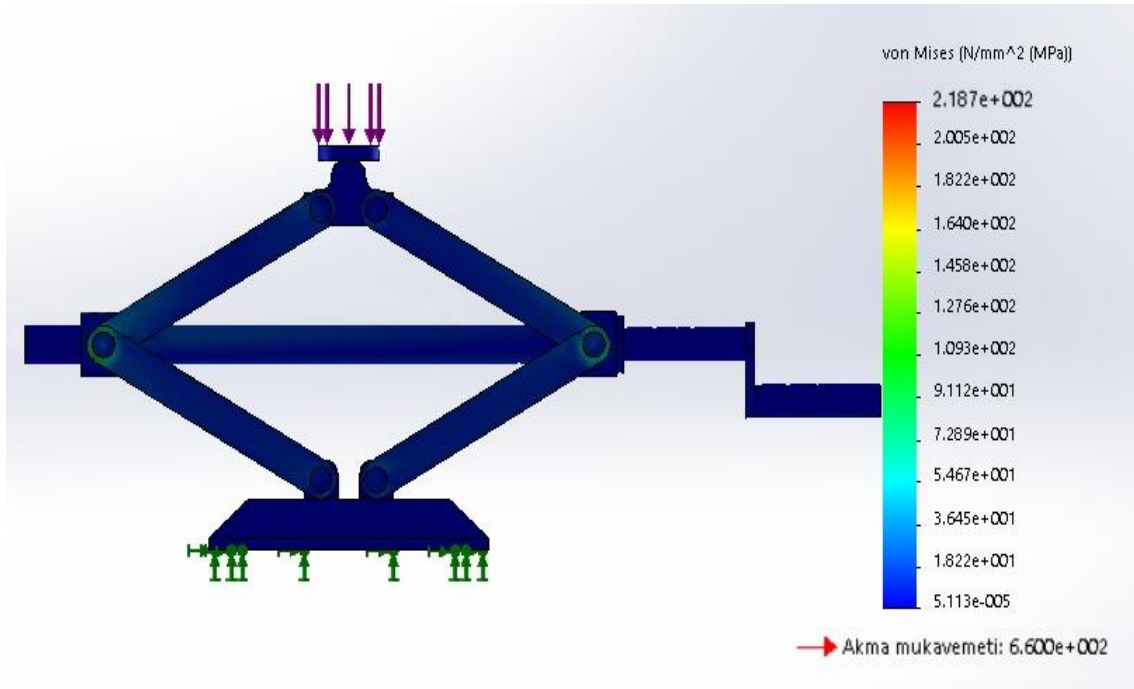


**Resim 4.9** Krikonun yarı açık halinin ölçüsü.

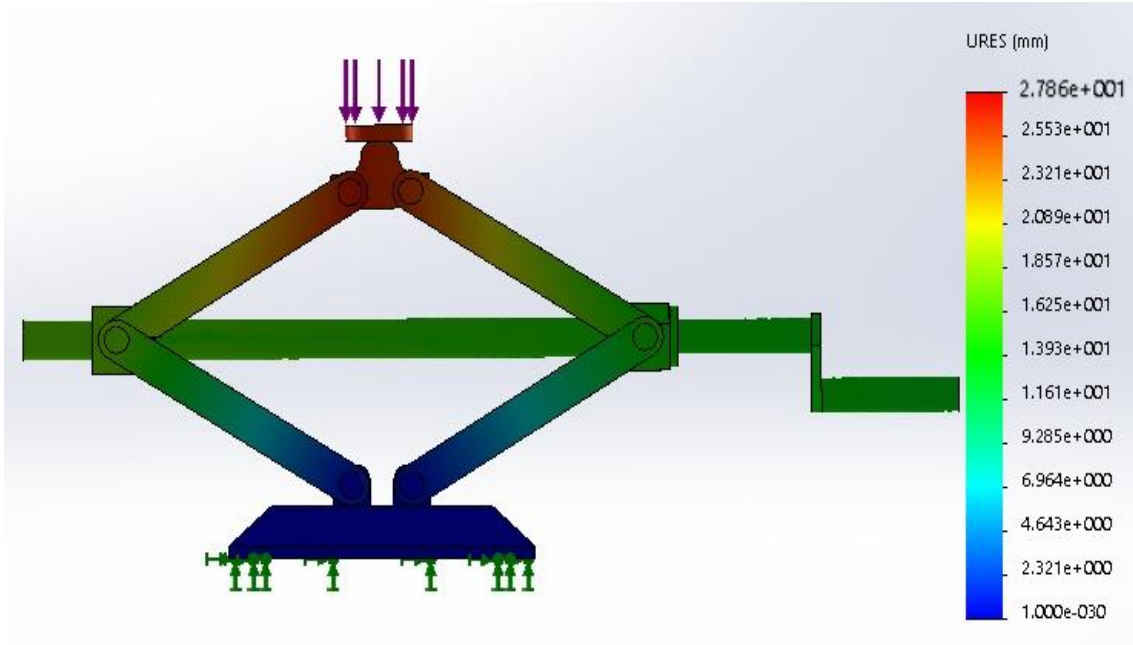
Bu analizde mesh yapısı düşük değerler seçilerek analiz gerçekleştirilmiştir.



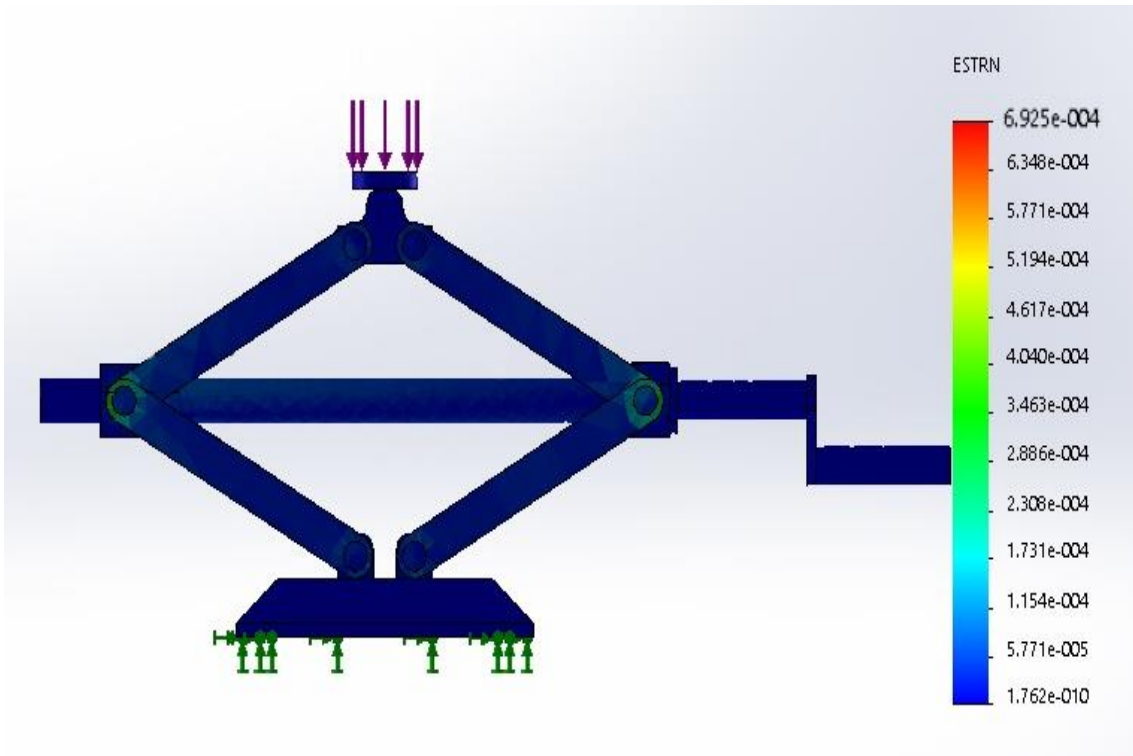
Resim 4.10 Krikonun yarı açık hali ve seçilen düşük mesh yapısı.



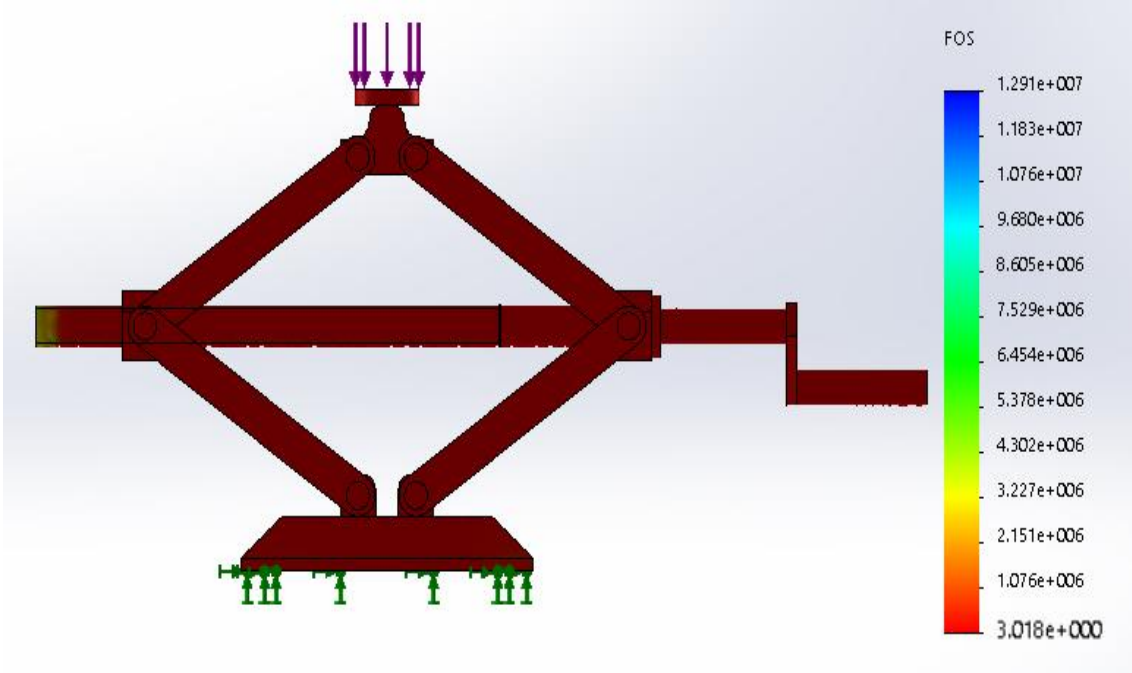
Şekil 4.31 Von Mises.



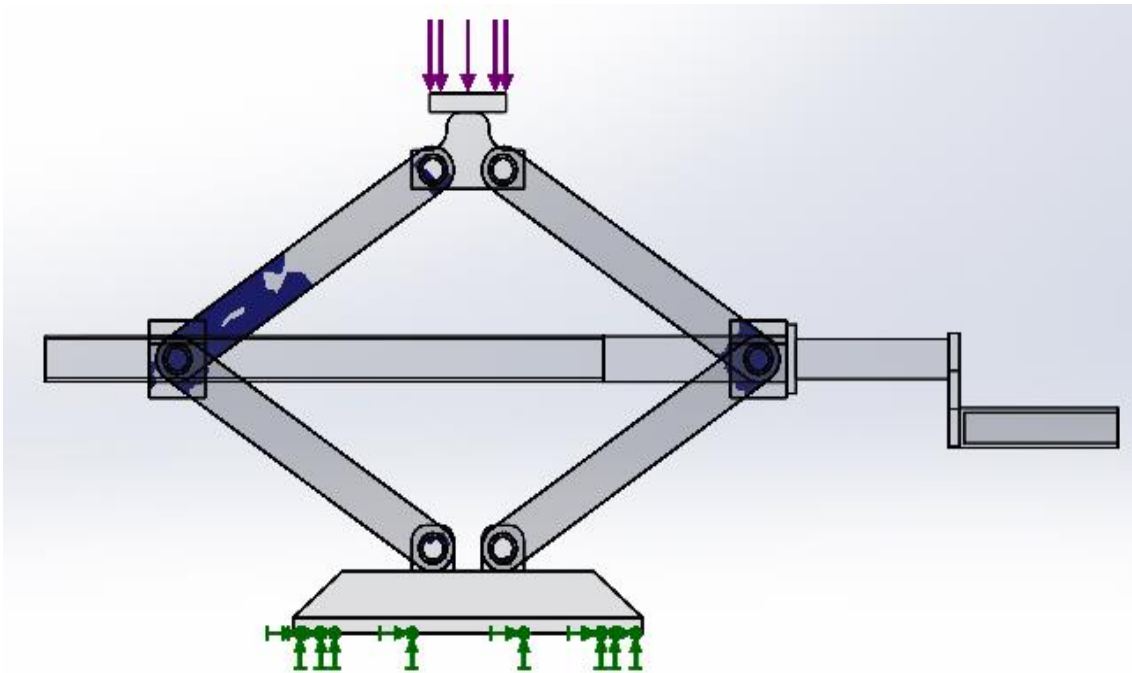
Şekil 4.32 Yer değiştirme.



Şekil 4.33 Şekil değiştirme.



Şekil 4.34 Güvenlik faktörü.



Şekil 4.35 Tasarım tablosu.



Sonuçlar incelendiğinde seçilen malzeme, uygulanan kuvvet ve belirtilen sınır şartlarına bakıldığında elde edilen sonuçların güvenilir olduğu görülmüştür. Malzemenin akma mukavemet değeri ile analiz sonucu oluşan Von Mises gerilme değeri güvenlik faktörü yönünde uygun bir analiz olduğunu göstermektedir.

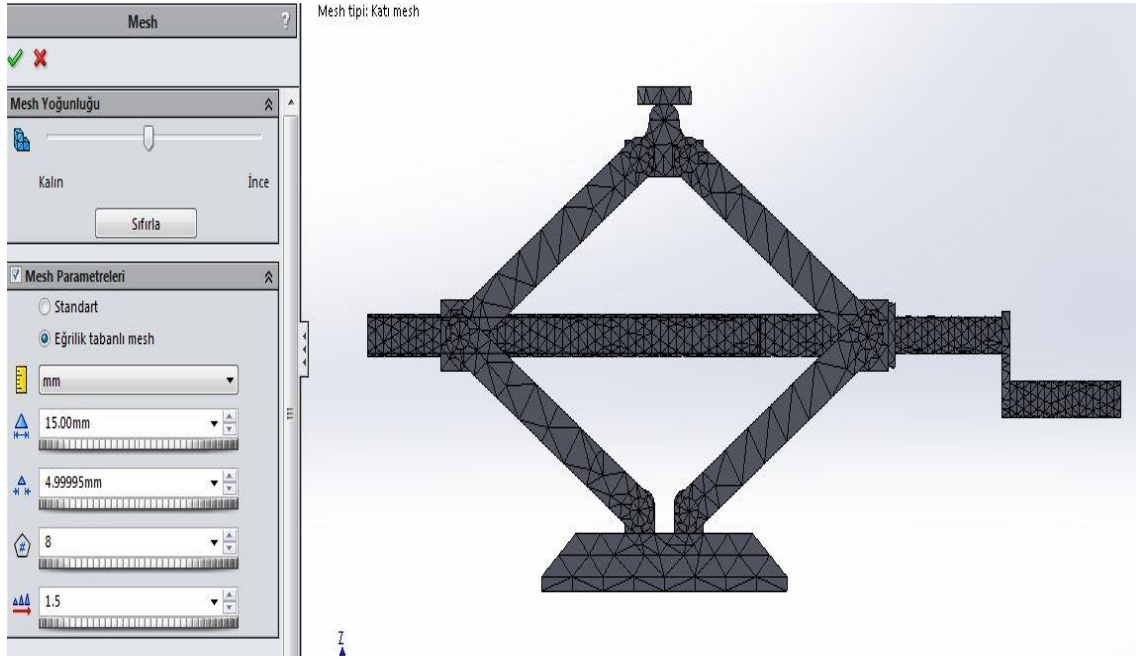
Analiz sonucunda kriko modelinin üzerinde 2.786 mm (Şekil 4.32) maksimum yer değiştirme meydana gelmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda uygulanan kuvvet (5000 N) ve seçilen malzeme kriterleri göz önünde bulundurularak güvenilir bir analiz gerçekleştirilmiştir.

Tasarım tablosu (Şekil 4.35) sonucuna bakılarak kriko modelinin üzerinde en fazla zorlamaya maruz kalan bölgeler gösterilmiştir. En fazla zorlamaya maruz kalan noktalar bağlantı bölgeleri olduğu görülmektedir.

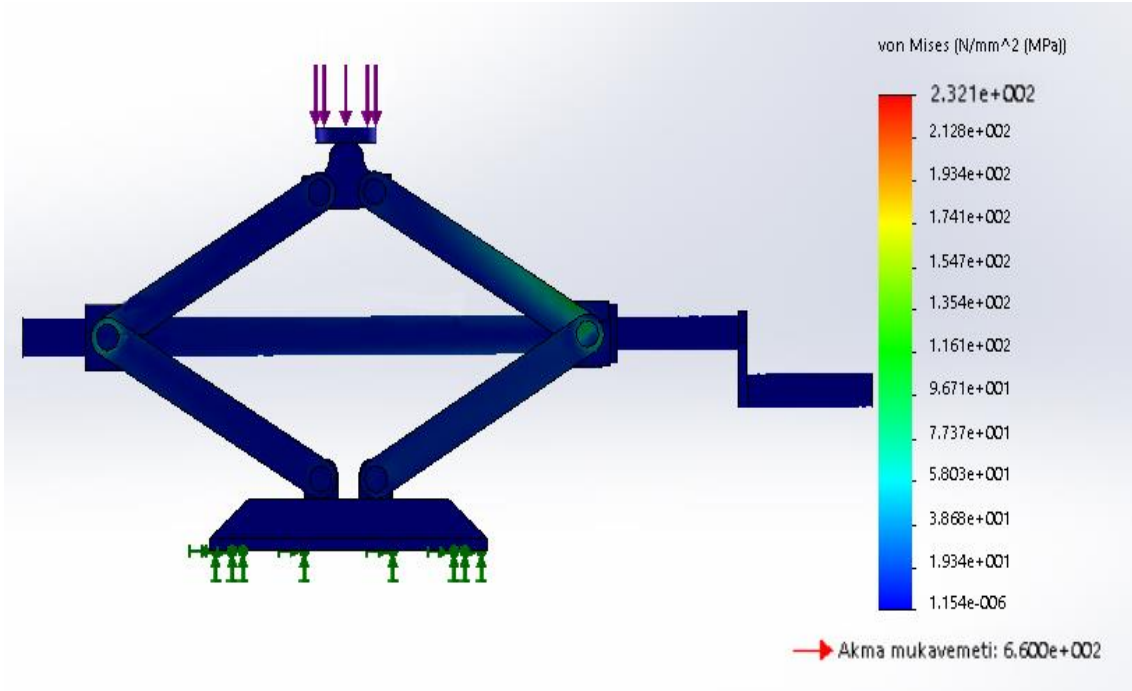
Bu konumda Şekil 4.31' deki Von Mises gerilmesi (218 N/mm<sup>2</sup>) ile krikoya uygulanan malzemenin akma mukavemeti (660 N/mm<sup>2</sup>) kullanılarak elde edilen sonuç kontrol edilmiş ve analiz sonucunda elde edilen değer ile örtüştüğü görülmüştür.

$$EK = \frac{\text{Akma Mukavemeti}}{\text{Von Mises Gerilmesi}} = \frac{660}{218} = 3.018$$

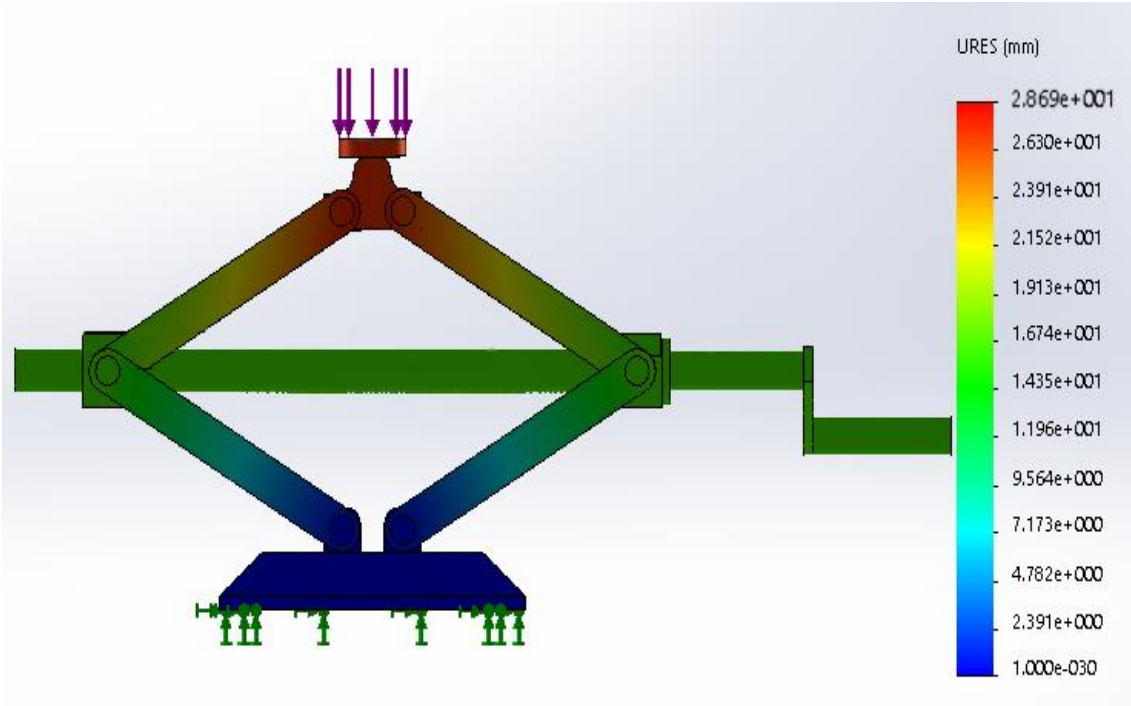
Bu analizde mesh yapısı orta değerler seçilerek analiz gerçekleştirilmiştir.



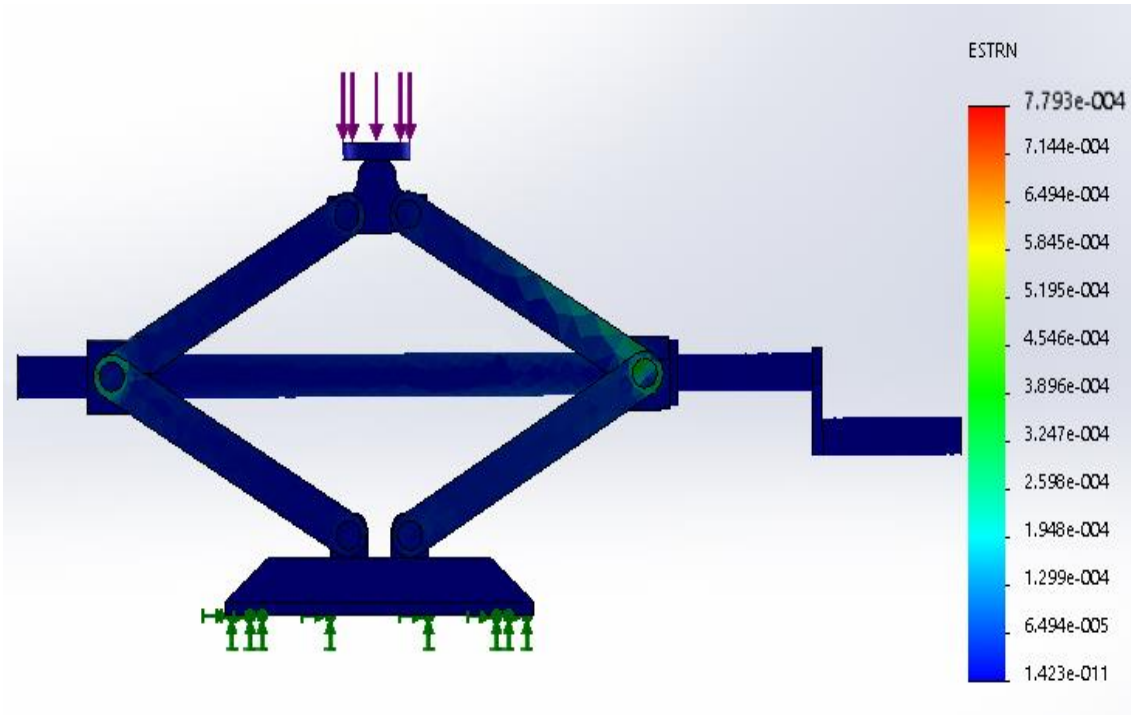
Resim 4.11 Krikonun yarı açık hali ve seçilen orta mesh yapısı.



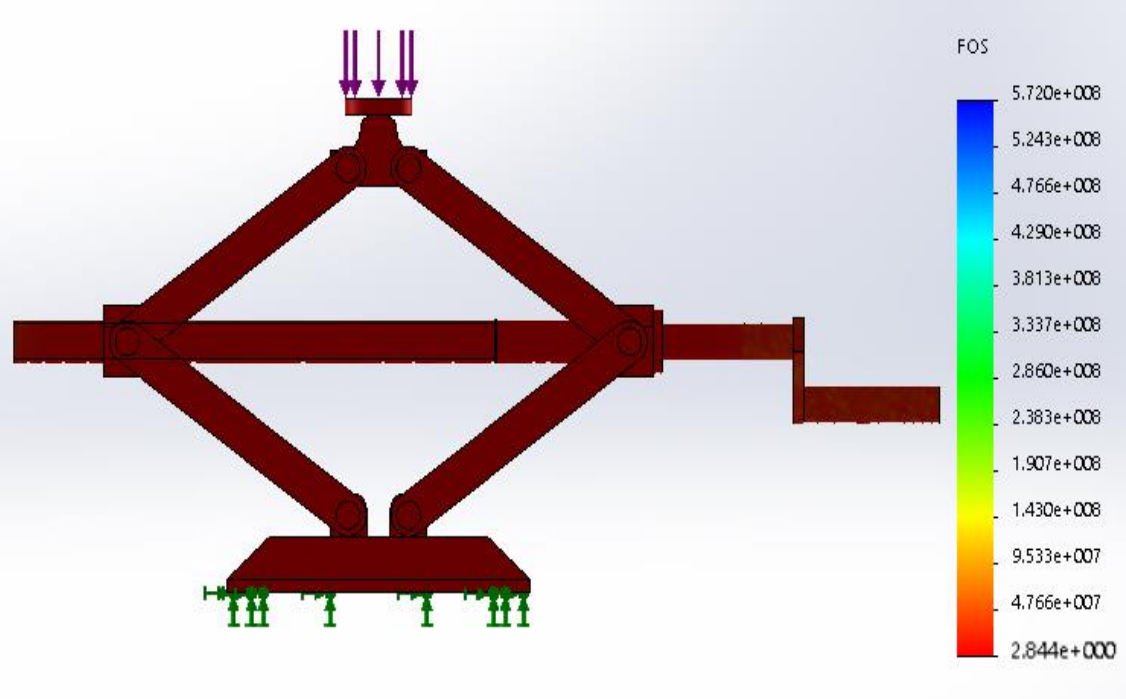
Şekil 4.36 Von Mises.



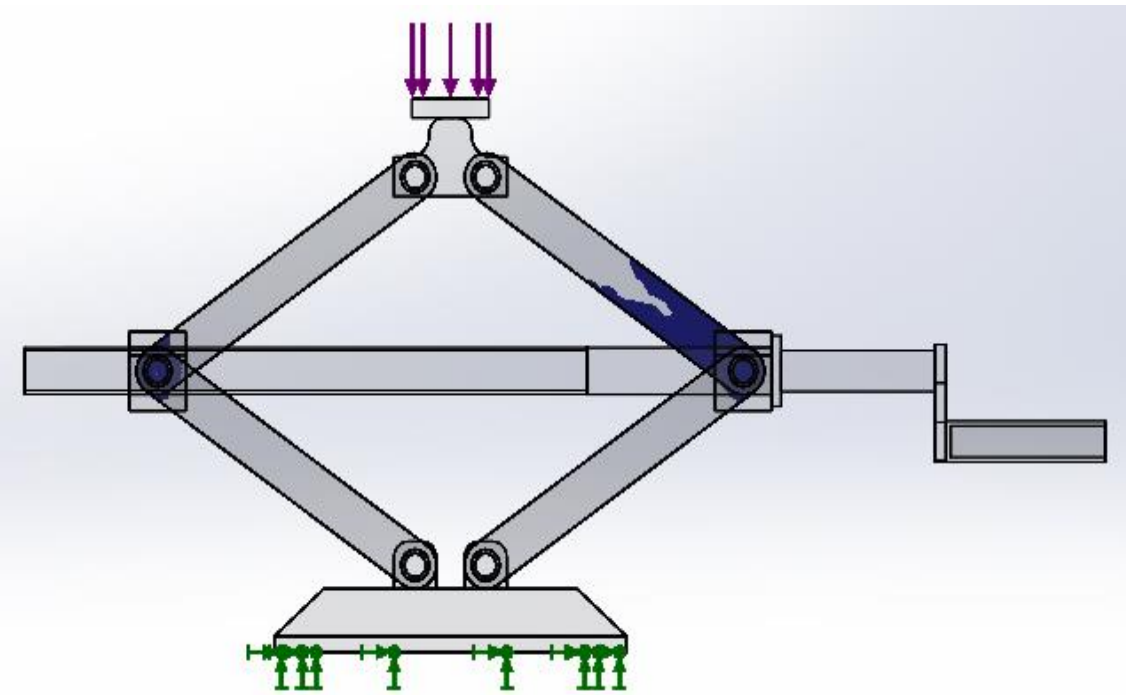
Şekil 4.37 Yer değiştirme.



Şekil 4.38 Şekil değiştirme.



Şekil 4.39 Güvenlik faktörü.



Şekil 4.40 Tasarım tablosu.

Sonuçlar incelendiğinde seçilen malzeme, uygulanan kuvvet ve belirtilen sınır şartlarına bakıldığında elde edilen sonuçların güvenilir olduğu görülmüştür. Malzemenin akma mukavemet değeri ile analiz sonucu oluşan Von Mises gerilme değeri güvenlik faktörü yönünde uygun bir analiz olduğunu göstermektedir.

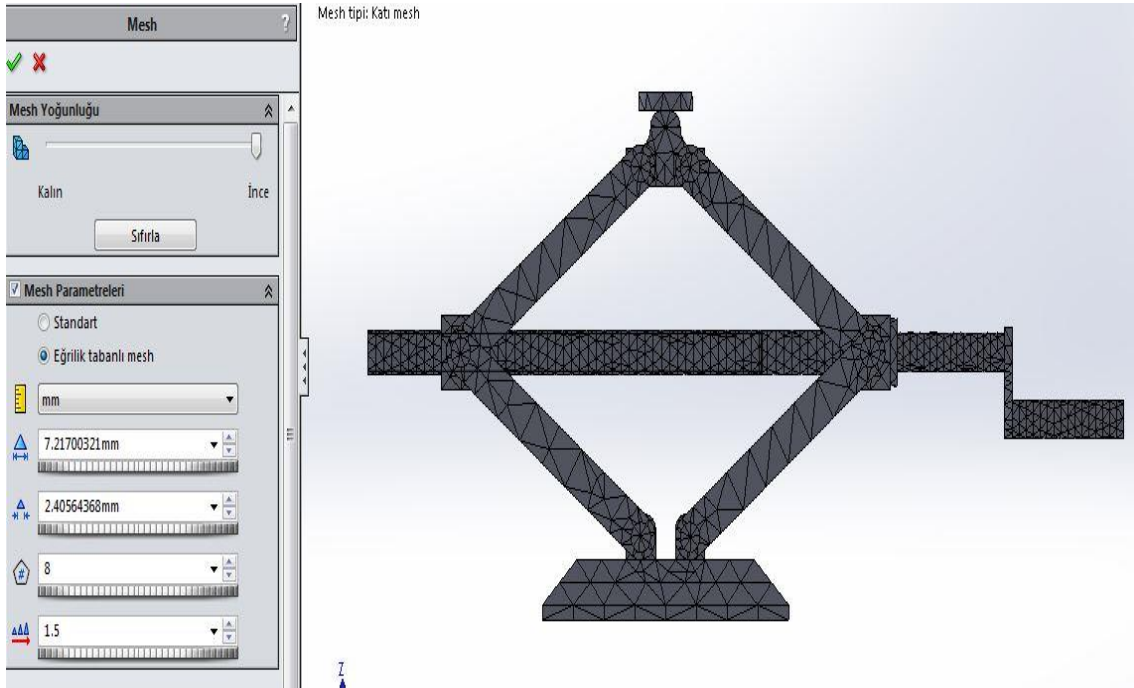
Analiz sonucunda kriko modelinin üzerinde 2.869 mm (Şekil 4.37) maksimum yer değiştirme meydana gelmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda uygulanan kuvvet (5000 N) ve seçilen malzeme kriterleri göz önünde bulundurularak güvenilir bir analiz gerçekleştirilmiştir.

Tasarım tablosu (Şekil 4.40) sonucuna bakılarak kriko modelinin üzerinde en fazla zorlamaya maruz kalan bölgeler gösterilmiştir. En fazla zorlamaya maruz kalan noktalar bağlantı bölgeleri olduğu görülmektedir.

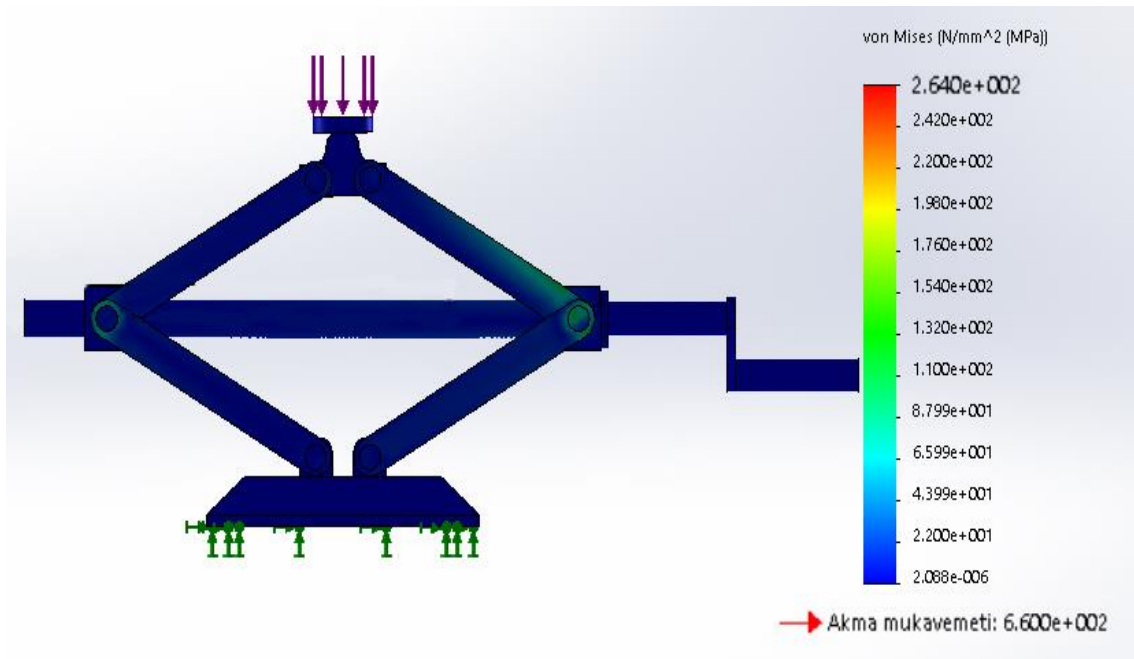
Bu konumda Şekil 4.36' deki Von Mises gerilmesi (232 N/mm<sup>2</sup>) ile krikoya uygulanan malzemenin akma mukavemeti (660 N/mm<sup>2</sup>) kullanılarak elde edilen sonuç kontrol edilmiş ve analiz sonucunda elde edilen değer ile örtüştüğü görülmüştür.

$$EK = \frac{\text{Akma Mukavemeti}}{\text{Von Mises Gerilmesi}} = \frac{660}{232} = 2.844$$

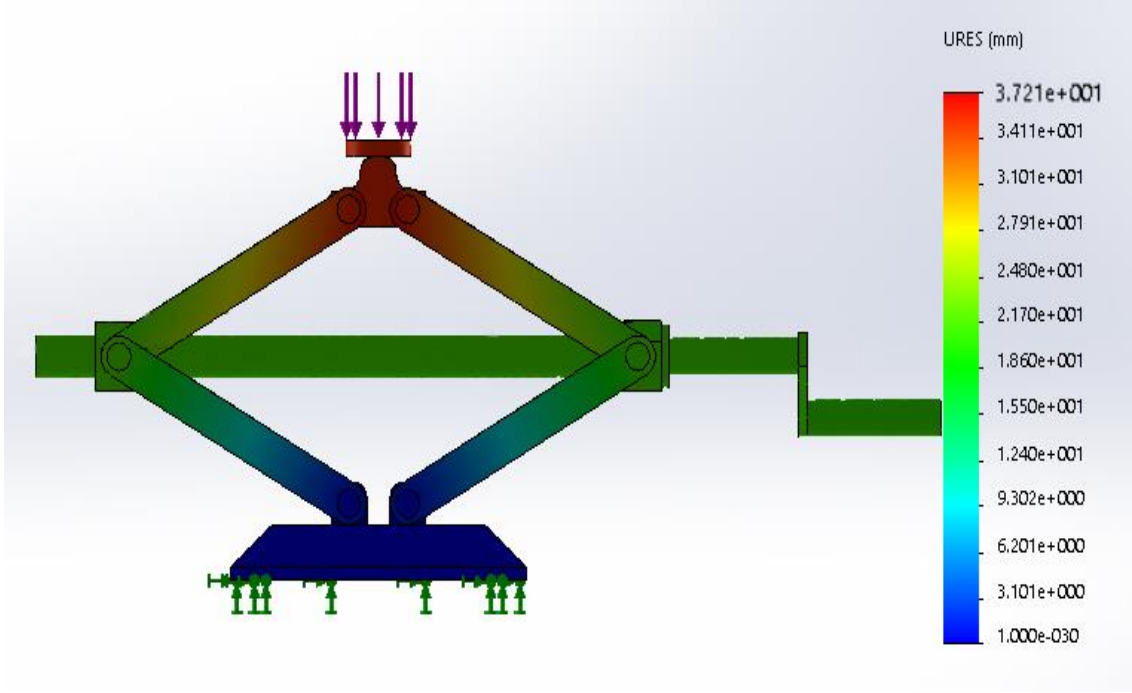
Bu analizde mesh yapısı yüksek değerler seçilerek analiz gerçekleştirilmiştir.



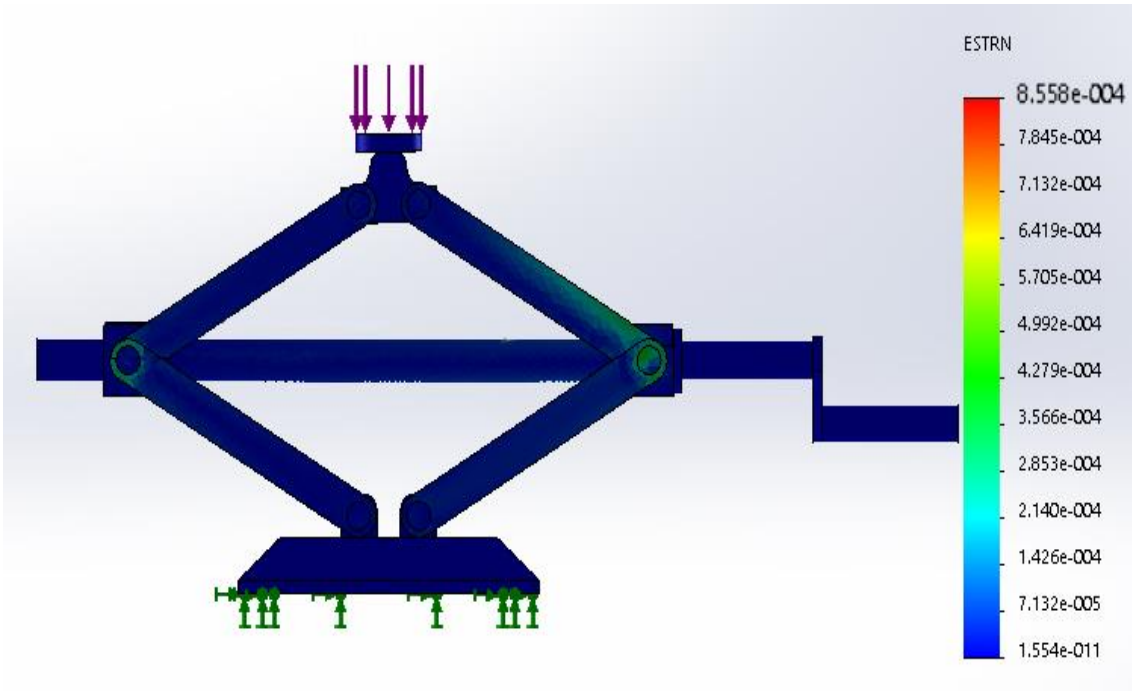
Resim 4.12 Krikonun yarı açık hali ve seçilen yüksek mesh yapısı.



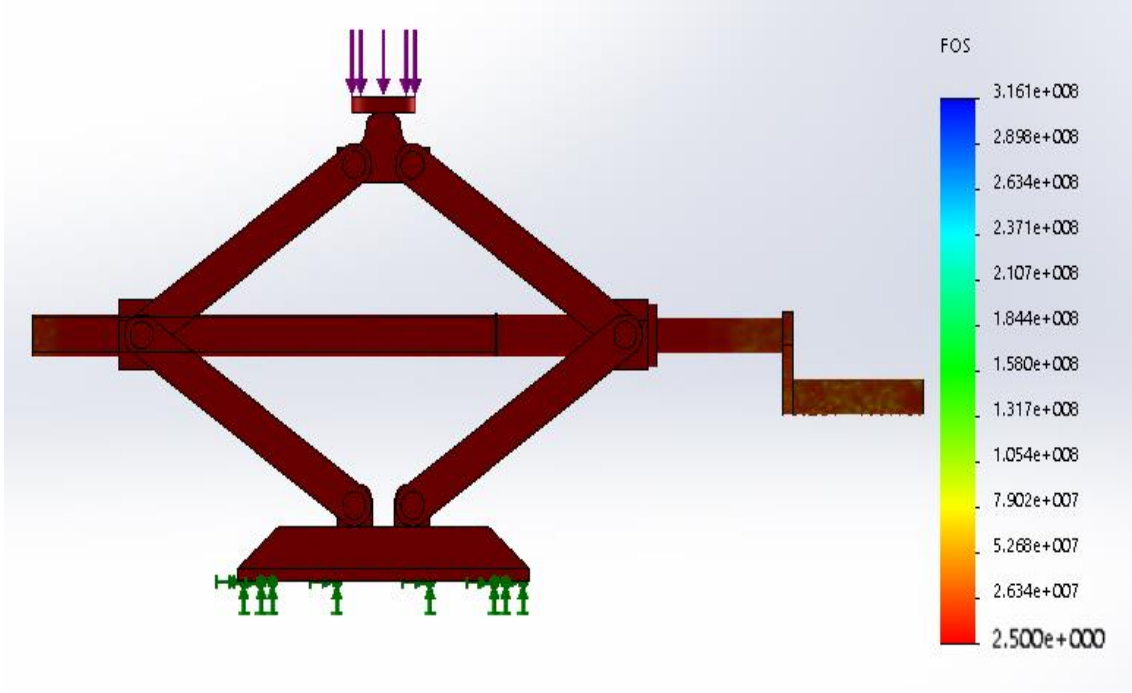
şekil 4.41 Von Mises.



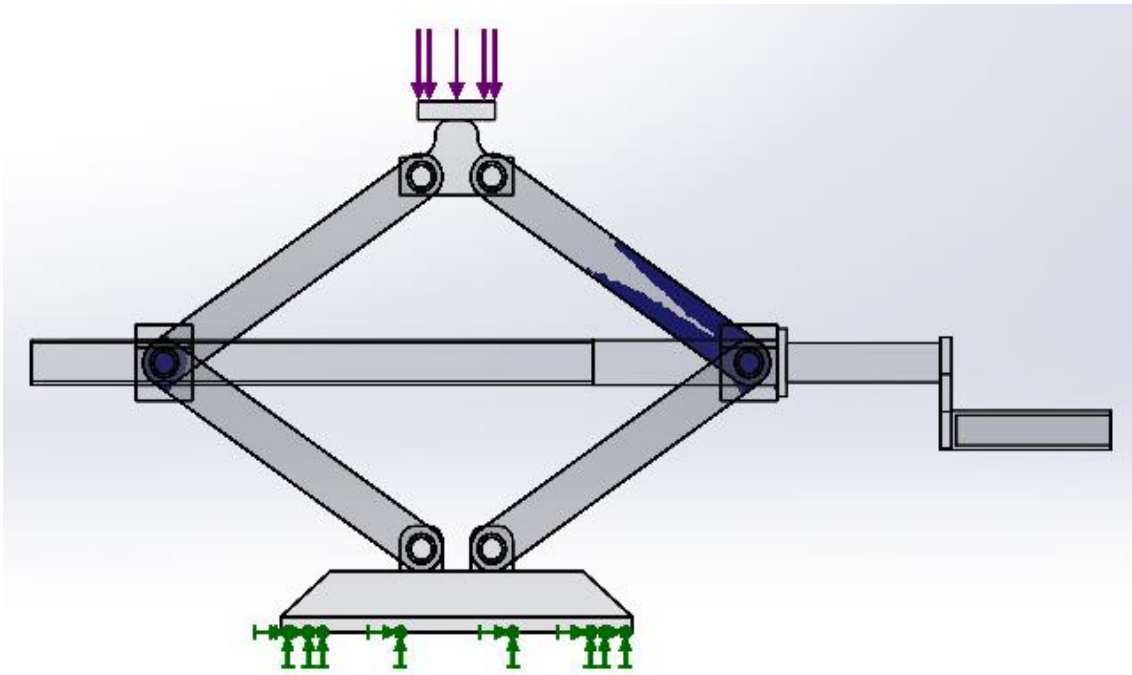
Şekil 4.42 Yer değiştirme.



Şekil 4.43 Şekil değiştirme.



Şekil 4.44 Güvenlik faktörü.



Şekil 4.45 Tasarım tablosu.



Sonuçlar incelendiğinde seçilen malzeme, uygulanan kuvvet ve belirtilen sınır şartlarına bakıldığında elde edilen sonuçların güvenilir olduğu görülmüştür. Malzemenin akma mukavemet değeri ile analiz sonucu oluşan Von Mises gerilme değeri güvenlik faktörü yönünde uygun bir analiz olduğunu göstermektedir.

Analiz sonucunda kriko modelinin üzerinde 3.721 mm (Şekil 4.42) maksimum yer değiştirme meydana gelmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda uygulanan kuvvet (5000 N) ve seçilen malzeme kriterleri göz önünde bulundurularak güvenilir bir analiz gerçekleştirilmiştir.

Tasarım tablosu (Şekil 4.45) sonucuna bakılarak kriko modelinin üzerinde en fazla zorlamaya maruz kalan bölgeler gösterilmiştir. En fazla zorlamaya maruz kalan noktalar bağlantı bölgeleri olduğu görülmektedir.

Bu konumda Şekil 4.41' deki Von Mises gerilmesi (264 N/mm<sup>2</sup>) ile krikoya uygulanan malzemenin akma mukavemeti (660 N/mm<sup>2</sup>) kullanılarak elde edilen sonuç kontrol edilmiş ve analiz sonucunda elde edilen değer ile örtüştüğü görülmüştür.

$$EK = \frac{\text{Akma Mukavemeti}}{\text{Von Mises Gerilmesi}} = \frac{660}{264} = 2.5$$

**Çizelge 4.3** Krikonu yarı açık halinin sonuçlar tablosu.

|                           | Von Mises<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Yer<br>Değiştirme<br>(mm) | Şekil<br>değiştirme<br>(MPa) | Güvenlik<br>Faktörü |
|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------|
| <b>Düşük mesh yapısı</b>  | 218                               | 2.786                     | 6.925                        | 3.018               |
| <b>Orta mesh yapısı</b>   | 232                               | 2.869                     | 7.793                        | 2.844               |
| <b>Yüksek mesh yapısı</b> | 264                               | 3.721                     | 8.558                        | 2.5                 |

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada Solidworks 2013 programıyla bilgisayar ortamında 3D katı modelleme ile klasik bir kriko modeli tasarlanmıştır. Tasarlanan kriko mekanizmasının hareketli parçalarının bilgisayar ortamında gerçeğe yakın çalışma hareketleri içerisinde bulunduğu görülmüştür.

Solidworks programında tasarlanan, kriko mekanizması Solidworks Simulation ile statik analizi yapılmıştır. Bu durum da tasarlanan parçaların başka bir analiz programına aktarılmasına gerek duyulmadan ilave tanımlar ve ayarlara gerek kalmadan, modellenen ortamda istenilen analizlerin yapılması sağlanmıştır.

Analizlerde istenilen sonuçların çıkması için yüksek mukavemet değerine de sahip DIN çelik (alaşimsız) 1.0601 (C60) malzemesi seçilerek uygun değerlere ulaşılmıştır. Analiz sonuçları incelendiğinde seçilen malzeme, uygulanan kuvvet ve belirtilen sınır şartlarına bakıldığında elde edilen sonuçların güvenilir olduğu görülmüştür. Malzemenin akma mukavemet değeri ile analiz sonucu oluşan Von Mises değeri güvenlik faktörü (emniyet katsayısı) yönünde uygun bir analiz olduğunu göstermektedir.

Analiz sonuçları doğrultusunda krikonun kapalı haldeki konumunun analizinde yüksek değerler ortaya çıktığı ispatlanmıştır. Kriko kapalı halden, açık hale doğru hareket ettikçe analizler sonucu elde edilen Von Mises, yer değiştirme ve gerilme değerlerinin azaldığı görülmüştür. Analizler için oluşturulan farklı mesh yapıları incelendiğinde, yüksek mesh yapısına (yani eleman ve düğüm sayısının sık olması) sahip kriko analizinde daha güvenilir sonuçlar elde edilmiştir.

Solidworks ortamında tasarlanan 3D katı modelleme ile oluşturulan parçaların ve mekanizmaların, statik analizlerinin yapılabilmesi özellikle çok parçalı ve pahalı makinelerin prototip üretimi öncesinde imalatçılara ve tasarımcılara önemli oranda zaman tasarrufunun yanında maliyetlerinin de düşürülmesine katkı sağlayacağı görülmüştür.

## 6. KAYNAKLAR

- Çalık, A. (2004). Ansys Uygulamaları, Karaelmas Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Zonguldak.
- Çetinkaya, C. (2011). Klasik Bir Biçerdöverin Sarsak Mekanizmasının Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Kinematik Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Çolakoğlu, K. (1995). Fen ve Mühendislik İçin Fizik, Palme Yayıncılık, Ankara.
- Çolakoğlu, M. (1984). Genel Fizik, Hatiboğlu Yayınevi. Ankara
- Halkacı, H, S. ve Yiğit, O. (2004). Parametrik tasarım ve Solidworks CAD Programı İle Bir Uygulama, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendis ve Makina. 45-537.
- Işık, Y. (2004). Talaşlı İmalatta Kesici Takımların Kırılma Öncesi Davranışlarının Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Analizi, Uludağ Üniversitesi, *Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*. 9-1.
- Köksal, E. ve Köksal M,K. (2003). Kabuk ve Plakaların Statik Stabilite ve Dinamik Analizi Örnek Çözümler ve Tablolar, Literatür Yayıncılık, İstanbul.
- Meslekî Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi (MEGEP). (2012) Makine Teknolojileri. Kaldırma ve Taşıma Araçları, Ankara.
- Özdemir, Ö,N. (2009). Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Yorulma Mekaniği ve Uygulamaları, Karadeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Trabzon.
- Soyuçok, A, ve Soyuçok, Ö. (2015). Mühendislik Mekaniği Statik, Literatür Yayınları, İstanbul.

Taşgetiren, S. (2000). Makine Elemanları Ders Notları, Kocatepe Üniversitesi, Makine Bölümü, Afyonkarahisar.

### **İnternet kaynakları**

1-[www.polimak.com/Download/Polimak%20Screw%20Jack%20Vidali%20Kriko.pdf](http://www.polimak.com/Download/Polimak%20Screw%20Jack%20Vidali%20Kriko.pdf), 08/10/2015

2-[www.caraskal.com.tr/urun/atlas-pehlivan-kriko-16-ton.html](http://www.caraskal.com.tr/urun/atlas-pehlivan-kriko-16-ton.html), 08/10/2015

3-[www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/sonlu-elemanlar-analizi-yuksek-maliyetten-yuksek-verime-dogru-yolculuk/8947#ad-image0](http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/sonlu-elemanlar-analizi-yuksek-maliyetten-yuksek-verime-dogru-yolculuk/8947#ad-image0), 05/02/2015

4-<http://www.sayisalanaliz.net/index.php/teknik-egitimler/bilgisayar-destekli-muhendislik/solidworks-simulation-kursu.html>, 12/06/2014

5-<http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/sonlu-elemanlar-analizi-yuksek-maliyetten-yuksek-verime-dogru-yolculuk/8947#ad-image0>, 09/06/2014

6-<http://www.anova.com.tr/122/yapısal-analiz-simulasyonları>, 20/12/2013

7-[http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya\\_ekler/e7c423cc774b5a1\\_ek.pdf](http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/e7c423cc774b5a1_ek.pdf), 11/12/2013

8-<http://www.il kaymeseli.com/2010/12/von-mises-gerilmesi/>, 09/06/2014

9-<http://www.analizokulu.com/abaqus-ile-sonlu-elemanlar-analizi/>, 05/02/2015

10-[http://www.exen.com.tr/E5E0E9816C734E91B76FA2F5FB2FC1BB/ls\\_dyna](http://www.exen.com.tr/E5E0E9816C734E91B76FA2F5FB2FC1BB/ls_dyna), 05/02/2015

11-<http://www.exen.com.tr/A4DA7F11C2B14AC9BE29B49149F123F4/mscnastran>, 05/02/2015

## ÖZGEÇMİŞ

**Adı Soyadı** : Veysel TİMOÇİN  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : Saruhanlı - 12.01.1989  
**Yabancı Dili** : İngilizce  
**İletişim (Telefon/e-posta)** : 05343454902 – veyseltimocin@gmail.com

### Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

**Lise** : Manisa Teknik Lisesi – Makine Bölümü (2007)  
**Lisans** : Afyon Kocatepe Üniversitesi – Makine Resim ve  
Konstrüksiyon Öğretmenliği (2011)  
**Yüksek Lisans** : Afyon Kocatepe Üniversitesi – Makine Mühendisliği  
(2015)