



MOBİL VİNÇLERDE TELESKOBİK BOMLARIN OPTİMİZASYONU

¹Yunus GÜDER, ²Ali Serhat ERSOYOĞLU

^{1,2}Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, KONYA
¹yunusguder@hotmail.com, ²aersoy@selcuk.edu.tr

(Geliş/Received: 21.10.2014; Kabul/Accepted in Revised Form: 30.10.2014)

ÖZET: Bu çalışmada 100 ton kapasiteli 8x8 mobil vincin üst yapısının optimal konstrüksiyon tasarımı yapılmış olup, nümerik hesaplamalar ve sistemin sonlu elemanlar yöntemi ile statik ve dinamik analizleri yapılmıştır. TÜBİTAK Projesi kapsamında geliştirilen vinç, tek hidrolik uzatma silindir tahrikli teleskobik bomlara sahiptir. İnşaat sektöründen limanlara, rüzgar türbinlerinden taşımacılığa kadar bir çok alanda ağır yük tonajlarında gereksinim haline gelen vinç sistemlerinin üretimi özellikle Avrupalı firmalar tarafından yapılmaktadır. Tez çalışmasında üretimi yapılacak olan vincin, çalışma şartları ve kapasitesi göz önüne alınarak, bilgisayar ortamında optimum tasarım modeli kurulmuş ve yine bilgisayar ortamında gerçekleştirilen analiz çalışmaları incelenmiştir. Analiz sonuçlarına dayanarak tasarımda iyileştirme gerektiği öngörülen adımlar prototip üretiminden sonra geliştirilmesi planlanan model üzerinde uygulanacaktır. Bu yayın kapsamında yapılan çalışmalar ile analiz ortamında yazılan makro ile kalınlık, malzeme akma dayanımı ve emniyet katsayısı değerlerini dikkate alarak gerilme optimizasyonu otomatikleştirilmiş olup, tüm ürün çeşitlerine uygun hala getirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mobil vinç, teleskobik bom, optimizasyon

Optimization Of Telescopic Booms In The Mobile Cranes

ABSTRACT: In this study, the optimal construction design of the superstructure of 8x8 mobile crane with 100 tones of capacity, with the numerical calculations and system's finite elements method the statical and dynamical analyses have been done. Developed within the context of the TÜBİTAK Project this crane, has got mono hydraulic extention cylinder driven telescopic booms. The production of crane systems which have become the requirement in too many fields from the construction sector to ports, from wind turbines to the transportation within the heavy weight tonnages, is being carried out particularly by the European companies. By taking the operation conditions and capacity of the crane to be produced within the structure of the thesis study, into consideration, the optimum design model has been established in the computer environment and ageing the analysis studies realised in the computer environment have been examined. Basing on the analysis consequences the steps foreseen to be requiring the betterment in the design, will be applied on the model planned to be developed after the prototype production. By the studies realized within the context of the thesis, by taking the macro and thickness written in the analysis environment, material yield strength and security parameter values into consideration the strain optimisation is automised, and made appropriate for all the product sorts.

Keywords: Mobile crane, telescopic boom, optimization

GİRİŞ (INTRODUCTION)

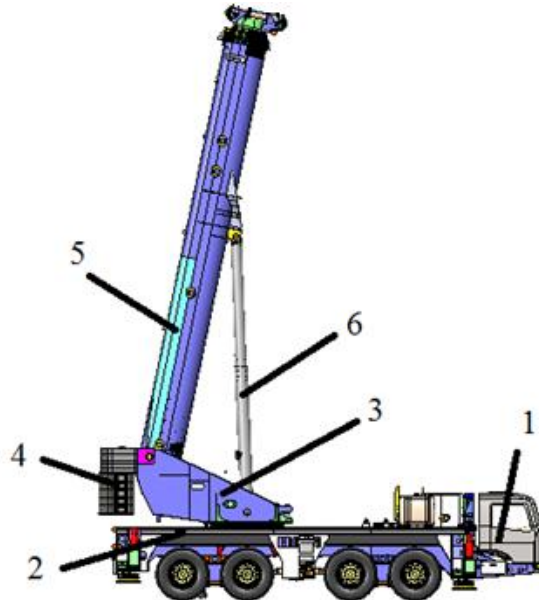
Her geçen gün teknoloji, sanayi ve inşaat sektörlerinin gelişmesi ile birlikte daha ağır tonajlı kaldırma makinelerine olan ihtiyacın önemli ölçüde arttığı ve buna bağlı olarak vinç imalat sektörünün de gün geçtikçe kendilerini geliştirme girişimleri görülmektedir. İnşaat sektöründeki gelişmeler ve

büyük yapıların oluşturulması ile birlikte kule vinci, mobil vinç ve çeşitli kaldırma makineleri gibi yardımcı araçların kullanılması hızla yaygınlaşmaktadır. Yüzyıllardır kıtalar arası taşımacılığın yapıldığı limanlarda ise kaldırma ekipmanlarına olan ihtiyaç her zaman güncelliğini korumuştur. Özellikle son yıllarda alternatif enerji kaynaklarına yönelmeyle birlikte devasa büyüklükte rüzgar türbinleri kullanılmakta olup bunların üretimi, taşınması ve montaj işlemleri için yüksek uzanma mesafesine sahip, daha ağır kaldırma kapasiteli vinçlere olan talep hızla artmaktadır. Bu talebi karşılamak için vinç imalat sanayisinde birçok üretici firma kurulmuş olup, artan rekabet ile birlikte üreticiler ürünlerinin gün geçtikçe daha verimli hale getirmek ve aynı zamanda üretim maliyetlerini düşürmek için mühendislik ile teknolojinin tüm imkanlarından yararlanmaktadırlar. Vinç imalatında özellikle Avrupa endüstrisi kalite, verimlilik, güvenlik ve maliyet açısından dünyadaki çitayı belirlemektedir.

Teleskobik mobil vinç ile kaldırılacak olan yük, teleskop şeklindeki iç içe bulunan bomların çalışma şartları göz önüne alınarak, belirli bir yerden alınıp başka bir yere taşınabilir. İç içe bulunan bu teleskobik bomların hareketi bir uzatma silindiri ve makara-halat sistemi ile gerçekleştirilmektedir. En yaygın olarak kullanılan bu uzatma sistemi en fazla üç teleskobik bom ile kullanıldığında verimlilik göstermektedir. Üçün üzerindeki teleskobik boma sahip vinçlerde ise halat-makara sistemi, yükün etkisi altında güvenilirliğini kaybetmektedir. Daha uzun mesafelerde kaldırma işlemi ihtiyacını karşılamak için teleskobik bom sayısının fazla olması, uzatma sisteminde farklı bir yöntem uygulanmasını gerektirmektedir. Üretimi yapılmakta olan teleskobik mobil vinci bir teleskobik anabom ve beş teleskobik boma sahip olup, uzatma sistemi kilit mekanizmalı telesilindir ile gerçekleştirilmektedir (Özkor, 2012; Yurt, 2012).

100 ton kapasiteli teleskobik mobil vinci 3 boyut olarak tasarımı Şekil 1.'de görülmektedir. Bu tasarımı SolidWorks programı kullanılarak yapılmıştır. Analitik hesaplar yaparken kesit alanları, ağırlıkları, ağırlık merkezleri, atalet momentleri, açıları, yüksekliği ve mesafeleri SolidWorks programından yararlanılmıştır.

Tasarlanan model sonlu elemanlar metoduyla statik ve dinamik analizleri gerçekleştirilmiştir. Sonlu elemanlar metodu olarak MSC SimXpert programı kullanılmıştır.



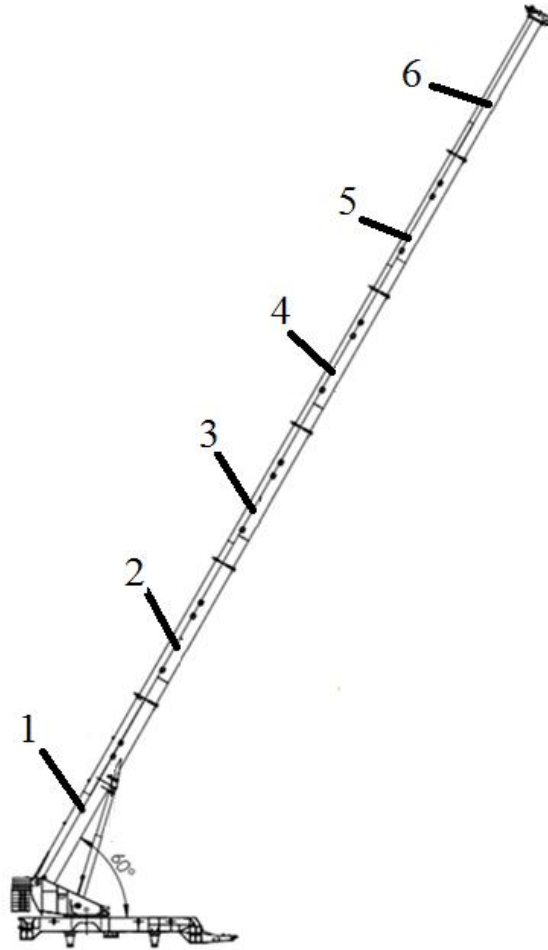
Şekil 1. Teleskobik Mobil Vinç (All Terrain Crane)

Teleskobik Mobil Vinç Şekil 1. 'de gösterildiği gibi bölümlere ayrılmaktadır.

- | | |
|----------|---------------------|
| 1.Kamyon | 4.Denge Ağırlık |
| 2.Şase | 5.Teleskobik Bom |
| 3.Dikbom | 6.Kaldırma Silindir |

Tablo 1. Teleskobik mobil vincin teknik özellikleri

Maksimum Kaldırma kapasitesi	1000 kN
Teleskobik bom	6 adet
Teleskobik bom uzunluğu	11,5 – 52 m
Teleskobik bom çalışma açısı	10° - 82°
Kaldırma hızı	50 sn
Dönüş hızı	1,5 dev/dk
Denge ağırlık	250 kN

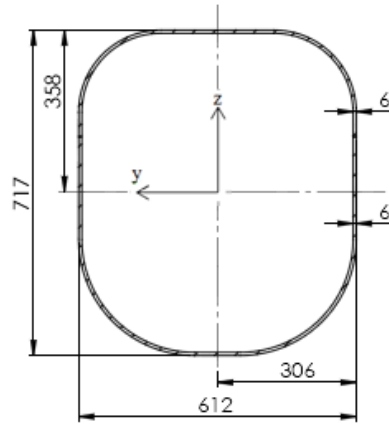
**Şekil 2.** Teleskobik Bomlar (Telescopic Booms)

Teleskobik Bomlar Şekil 2.'de gösterildiği gibi bölümlere ayrılmaktadır.

- | | |
|----------------------|---------------------|
| 1. Teleskobik anabom | 4. 3.Teleskobik bom |
| 2. 1.Teleskobik bom | 5. 4.Teleskobik bom |
| 3. 2.Teleskobik bom | 6. 5.Teleskobik bom |

ANALİTİK HESAPLAMA (ANALYTICAL CALCULATION)

Teleskobik bomlar yük altında eğilme, basma ve kesme gerilmelerine maruz kalmaktadır. Vinç hesaplamalarında uygulanan yük, beyan kapasitesinin 1,25 katı olmalıdır (TS EN 12999, 2005). Teleskobik bomların son uzatması olan 5.Teleskobik bomun kesiti Şekil 3.'de verilmiştir.



Şekil 3. 5. Teleskobik Bomun Kesiti (Section of the 5th Telescopic Boom)

Teleskobik bomlarda kullanılan malzeme weldox 960 yapı çeliği mekanik özellikleri Tablo 2.'de verilmiştir (<http://www.ssab.com>).

Tablo 2. Weldom 960 mekanik özellikleri (Weldom 960 mechanical properties)

Kalınlık mm	Akma Mukavemeti min MPa	Kopma Mukavemeti min MPa	Uzama min %	Sertlik HBW
4-53	960	980-1150	12	310-370

Çekme ve Basma Gerilmesi:

$$\sigma_c = F/A \quad ; \quad \sigma_b = F/A \quad (1)$$

Kesme Gerilmesi:

$$\tau_b = F/A \quad (2)$$

Eğilme Gerilmesi:

$$\sigma_e = M_e \times c/I \quad (3)$$

Nominal gerilmeler:

Eleman basma ve eğilmeye zorlandığı durumda toplam gerilmeler;

$$\sigma = \sigma_e + \sigma_b \quad (4)$$

Toplam gerilmeler:

Eğilme ve kesme gerilmeleri hesaplanır; daha sonra belirli bir mukavemet varsayımına göre birleştirilir (Akkurt, 1990).

$$\sigma_{top} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad (5)$$

Emniyet gerilmesine dayanan hesap yönteminde s emniyet faktörü olmak üzere (Koçer, 2009);

$$\sigma_{em} = \sigma_{Ak}/s \quad (6)$$

$$\tau_{em} = \tau_{Ak}/s \quad (7)$$

Statik analiz sonuçları Von Mises teorine göre elde edilmiştir.

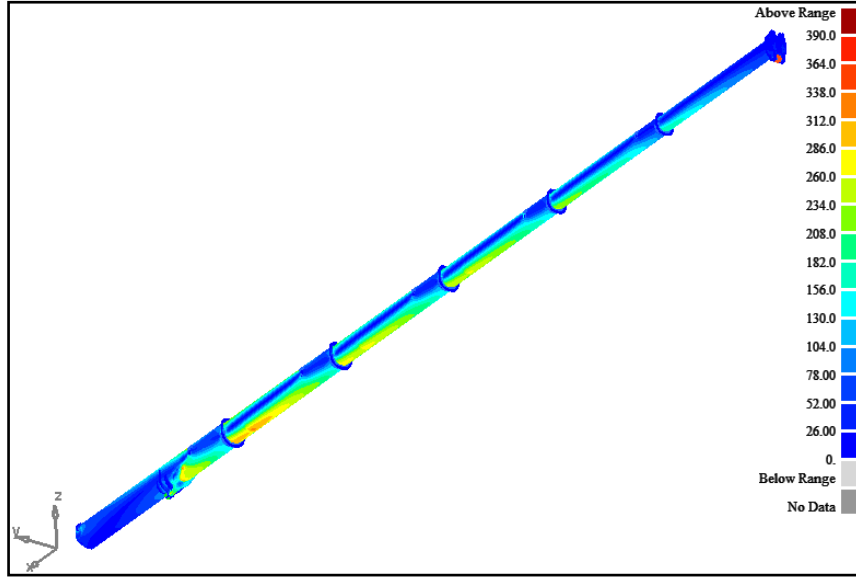
TELESKOBİK BOMLARIN STATİK ANALİZİ (STATIC ANALYSIS OF TELESCOPIC BOOMS)

Sonlu elemanlar metodunun (SEM) temelindeki fikir, karmaşık bir problemin yerine eşdeğer ancak daha basit bir problem konularak çözüme gidilmesidir. Gerçek problemin yerine başka bir problem yerleştirildiği için alınacak sonuç genellikle tam doğru sonuç değil, yaklaşık bir sonuçtur.

Mevcut matematiksel yöntemler ve bilgisayar programları yardımıyla sonlu elemanlar metodu ile hemen her problemde tatmin edici yaklaşıklıkta sonuçlar elde etmek mümkündür (Erdil, 2007;Karamolla, 2005).

Sonlu elemanlar metodu kullanarak statik çözüm yapılmış ve gerilme değerleri elde edilmiştir. Teleskobik mobil vinçlerde genelde çalışma açıları 45° - 75° 'dir. Teleskobik bomlar $45^\circ, 60^\circ$ ve 75° konumunda statik analiz yapılmıştır.

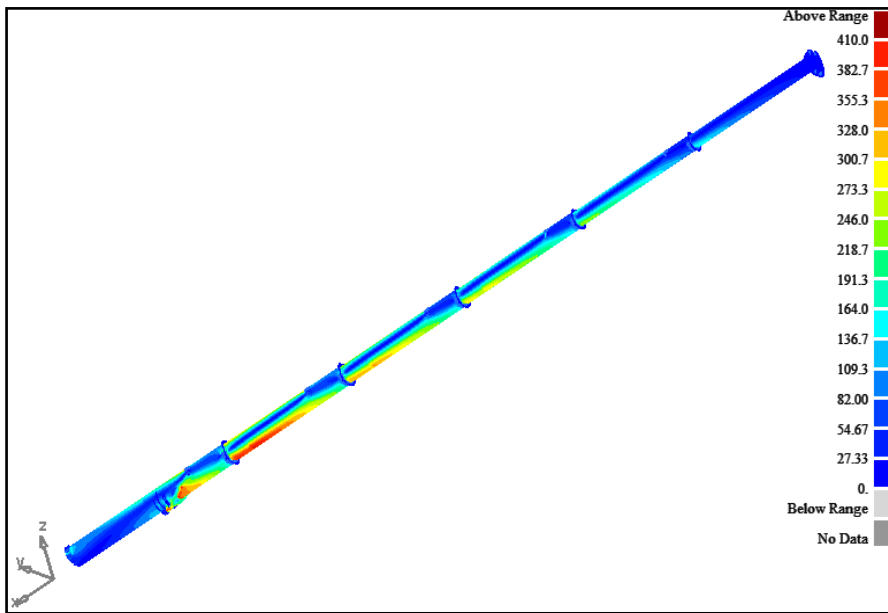
Teleskobik bomlar 75° konumunda 137500 N yük asılı halde statik analiz sonuçları;



Şekil 4. Teleskobik bomlar komple açık ve 75° konumundaki gerilme analizi
(Stress analysis of the telescopic booms at 75° position and wide opened)

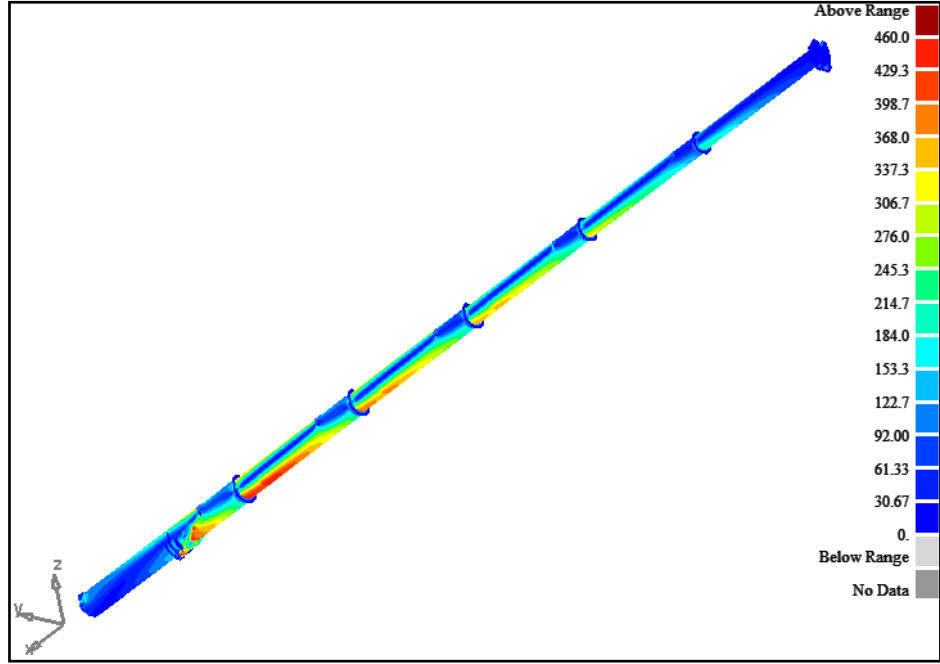
Teleskobik bomlar 75° konumunda maksimum gerilme 390 MPa olarak elde edilmiştir.

Teleskobik bomlar 45° konumunda 56250 N yük asılı halde statik analiz sonuçları;



Şekil 5. Teleskobik bomlar komple açık ve 45° konumundaki gerilme analizi
(Stress analysis of the telescopic booms at 45° position and wide opened)

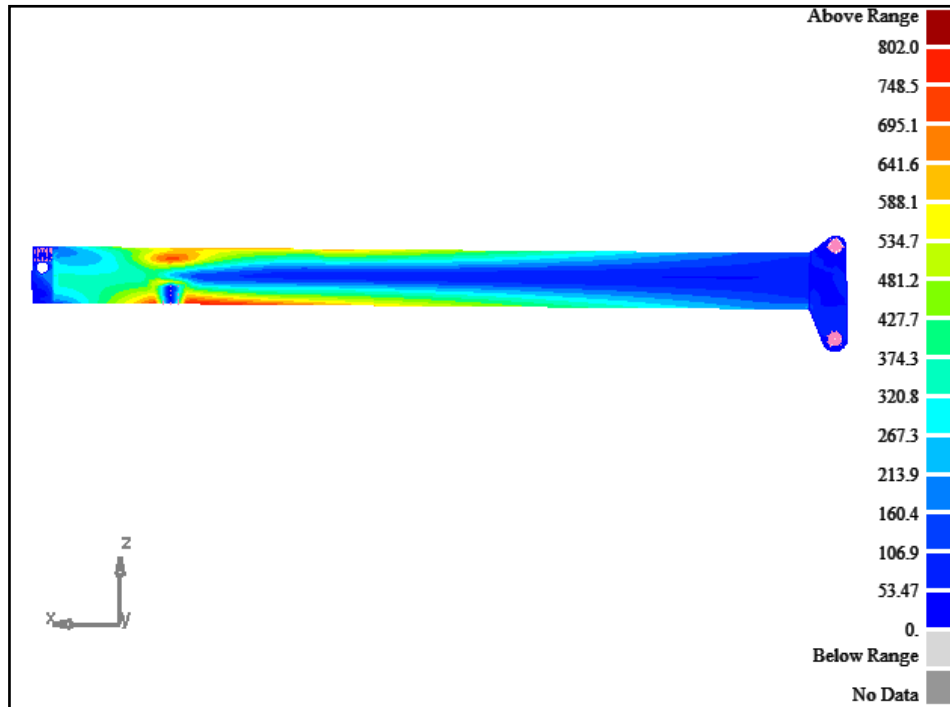
Teleskobik bomlar 45° konumunda maksimum gerilme 410 MPa olarak elde edilmiştir.
Teleskobik bomlar 60° konumunda 106250 N yük asılı halde statik analiz sonuçları;



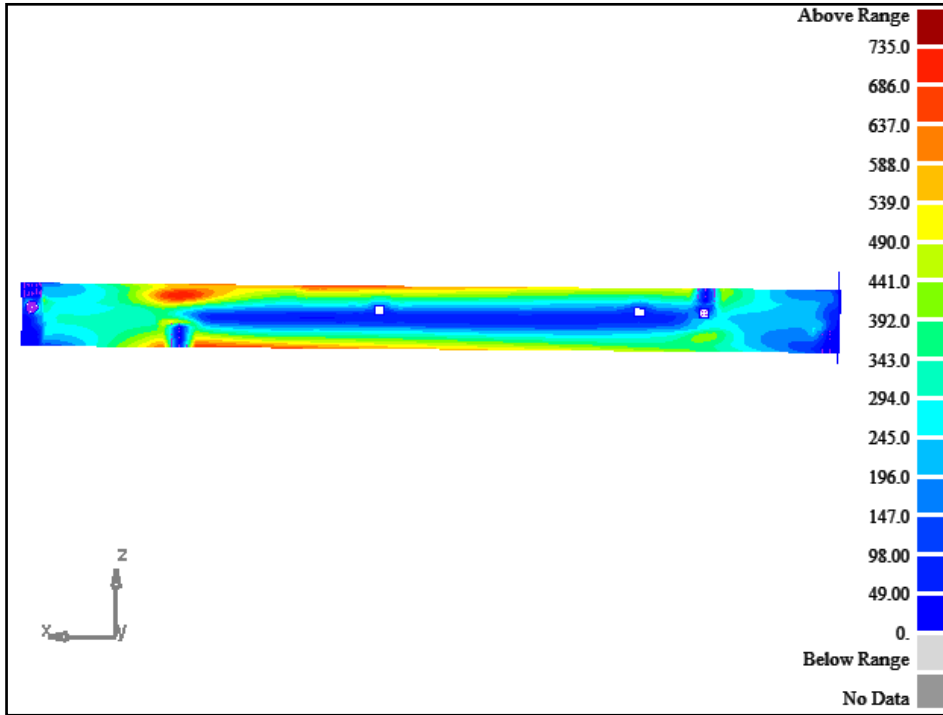
Şekil 6. Teleskobik bomlar komple açık ve 60° konumundaki gerilme analizi
(Stress analysis of the telescopic booms at 60° position and wide opened)

Teleskobik bomlar 60° konumunda maksimum gerilme 460 MPa olarak elde edilmiştir.
Teleskobik bom analiz yapılırken maksimum gerilme elde edilen 60° konumunda yapılmıştır.

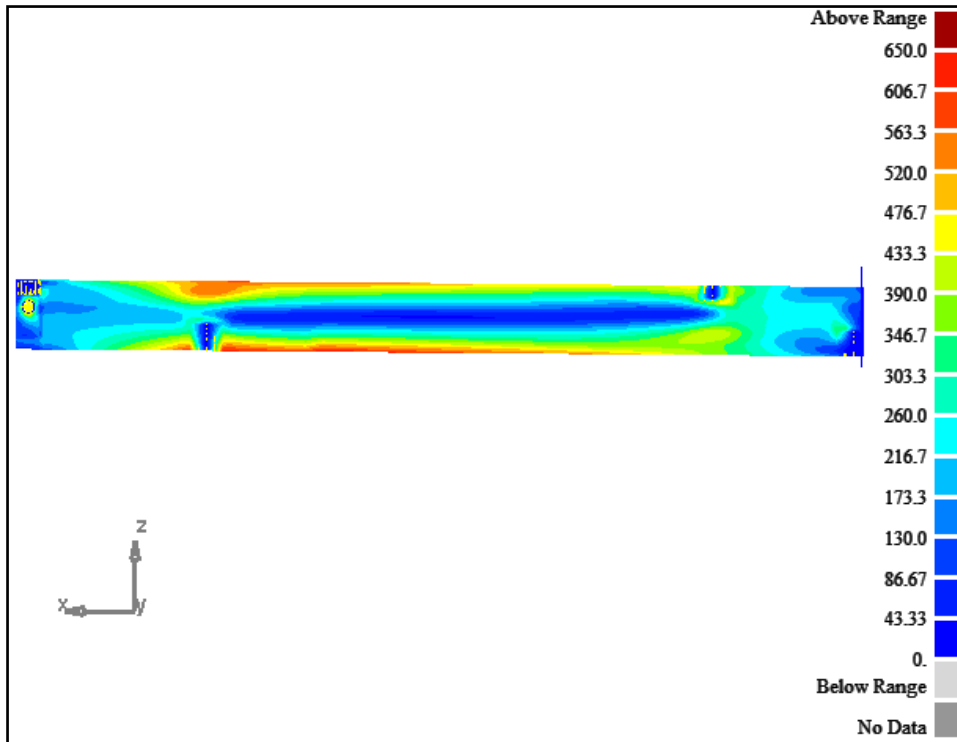
Telesilidir sistemli teleskobik bomların çalışma prensibine göre son uzatmadan bomlar açılmaya başlamaktadır. Bundan dolayı 5. teleskobik bomdan başlayarak statik analizler yapılmıştır.



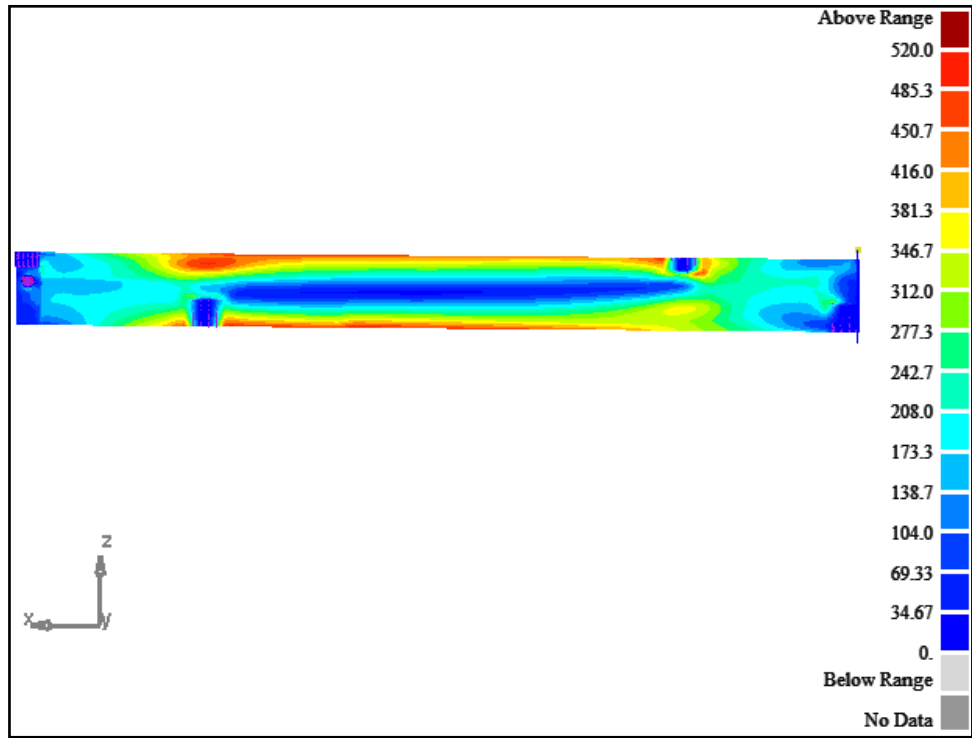
Şekil 7. 5. Teleskobik bomdaki gerilme analizi (Stress analysis of the 5th telescopic booms)



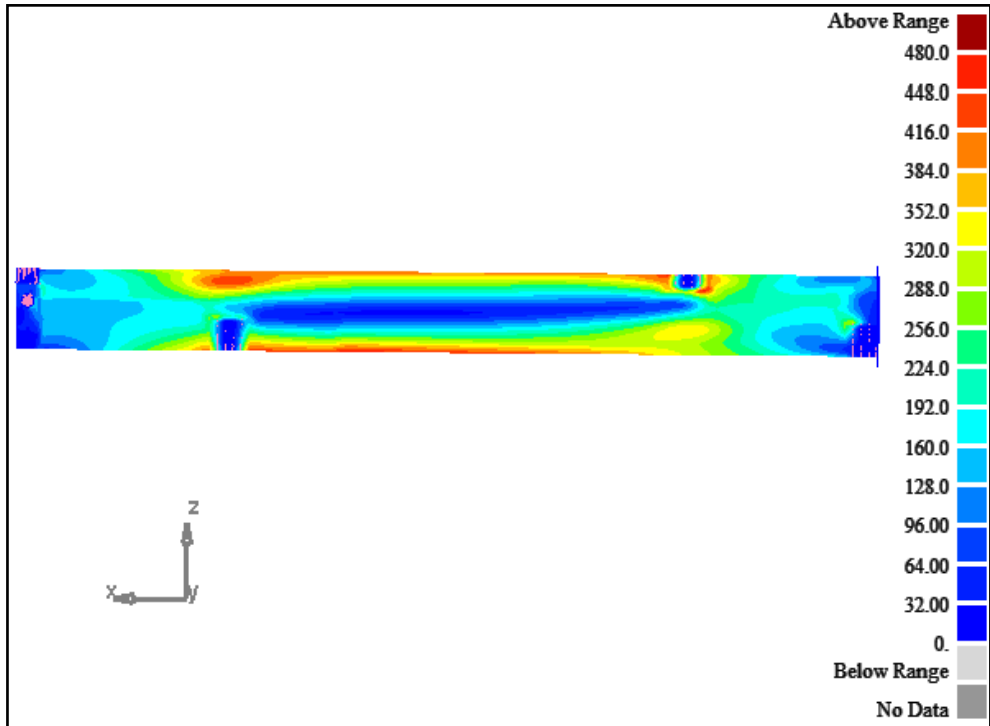
Şekil 8. 4. Teleskobik bomdaki gerilme analizi (Stress analysis of the 4th telescopic booms)



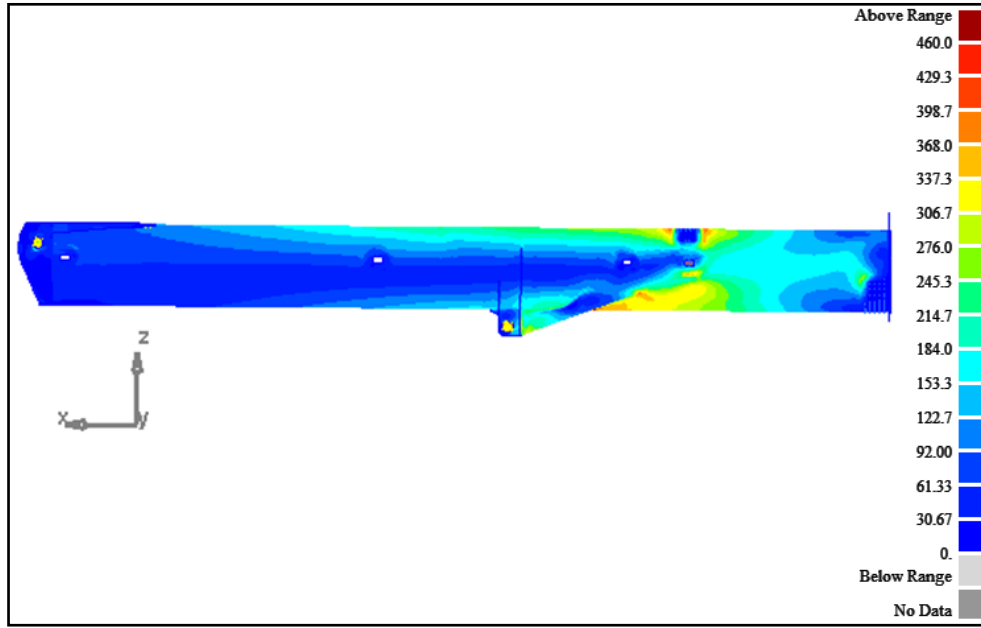
Şekil 9. 3. Teleskobik bomdaki gerilme analizi (Stress analysis of the 3rd telescopic booms)



Şekil 10. 2. Teleskobik bomdaki gerilme analizi (Stress analysis of the 2nd telescopic booms)



Şekil 11. 1. Teleskobik bomdaki gerilme analizi (Stress analysis of the 1st telescopic booms)

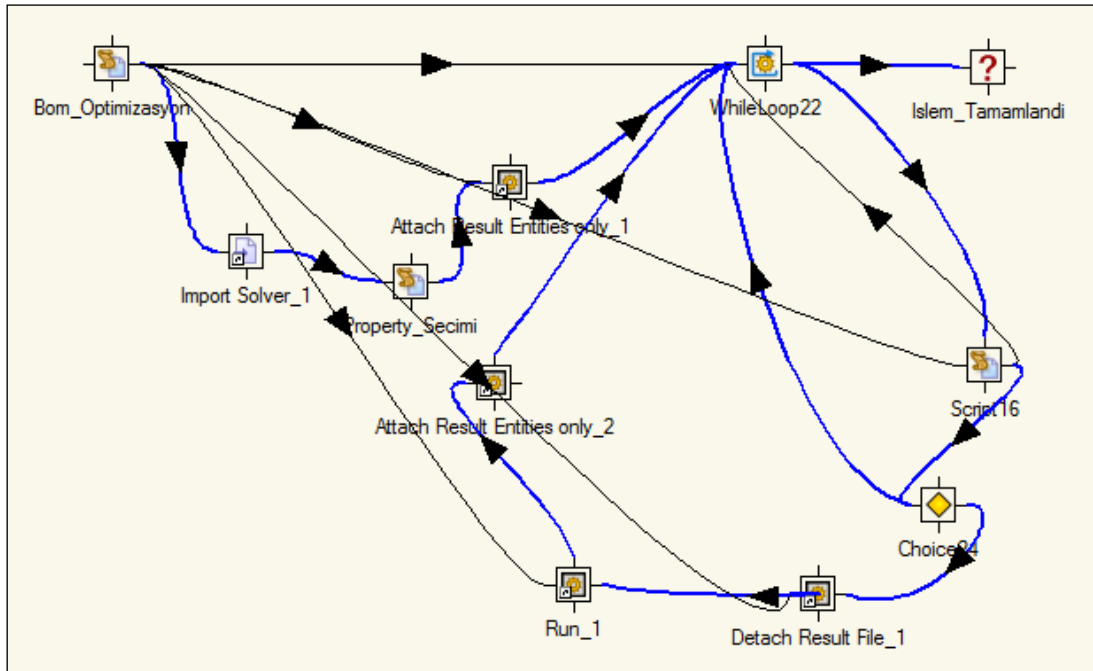


Şekil 12. Teleskobik anabomdaki gerilme analizi (Stress analysis of the teleskopik main boom)

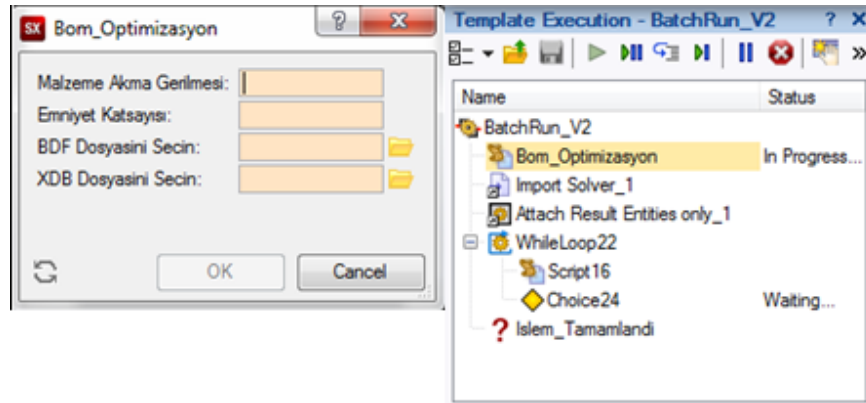
TELESKOBİK BOMLARIN GELİŞTİRİLEN MAKRO İLE OPTİMİZASYONU

Optimizasyon, kısıtlar sağlanacak şekilde amaç fonksiyonunu/fonksiyonlarının minimum/maksimum değerlerini veren tasarım değişkenlerinin en ideal değerlerinin bulunmasıdır (Yıldız, 2006).

Yayın kapsamında teleskobik bom optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Optimizasyon yöntemi olarak, MSC SimXpert programında template modülü ile özel makro yazılmıştır (<https://simcompanion.mscsoftware.com>). Bu makro yazılımında malzemenin akma gerilme ve emniyet katsayısına göre optimum malzeme kalınlığı elde edilmiştir.



Şekil 13. Optimizasyon işleminin template builder algoritması
(Template builder algorithm of the optimization process)



Şekil 14. Optimizasyon template arayüzü (Interface of the optimization template)

Şartlar;

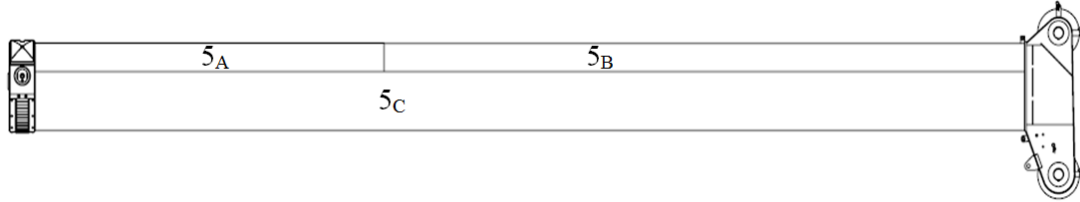
$$\sigma_{max} = \frac{\sigma_{Ak}}{s} \quad (8)$$

$$\sigma_{min} = \sigma_{max} - 100 \quad (9)$$

$$\sigma_{min} < \sigma < \sigma_{max} \quad (10)$$

Kısıtlar sağlanana kadar iterasyon devam eder ve amaç fonksiyonunu sağlayınca optimizasyon işlemi tamamlanır. Farklı kalınlıklar için elde edilmiş maksimum gerilmeleri içeren bir tablo çıktısı verir.

5. Teleskobik bomdaki 3 plaka üzerinde kalınlık optimizasyonu yapılmıştır.



Şekil 15. 5.TB'deki optimizasyon işleminin uygulanacağı plakalar
(The sheet metal of the 5th telescopic boom that optimization process will be applied)

5_A : 5.TB üst arka plaka

5_B : 5.TB üst ön plaka

5_C : 5.TB alt plaka

Tablo 3. 5. Teleskobik bomdaki optimizasyon sonuçları (Results of the 5th telescopic boom optimization)

5. TELESKOBİK BOM					
5 _A		5 _B		5 _C	
Kalınlık(mm)	Gerilme (MPa)	Kalınlık(mm)	Gerilme (MPa)	Kalınlık(mm)	Gerilme (MPa)
4.0	1193	4.0	800	4.0	1261
5.0	908	5.0	640	5.0	970
6.0	726	5.0	628	6.0	802
7.0	600	5.0	618	7.0	715
7.0	583	5.0	602	8.0	653
7.0	566	5.0	587	9.0	595

Geliştirilen makro diğer bomlar da aynı şekilde uygulanıp elde edilen sonuçlar sırasıyla tablo halinde verilmiştir.

Tablo 4. 4.Telekobik bomdaki optimizasyon sonuçları (Results of the 4th telescopic boom optimization)

4.TELESKOBİK BOM					
4A		4B		4c	
Kalınlık(mm)	Gerilme (MPa)	Kalınlık(mm)	Gerilme (MPa)	Kalınlık(mm)	Gerilme (MPa)
3.0	1164	3.0	1787	3.0	1662
4.0	884	4.0	1272	4.0	1238
5.0	710	5.0	962	5.0	986
6.0	593	6.0	732	6.0	822
6.0	587	7.0	627	7.0	735
6.0	573	7.0	609	8.0	630

Tablo 5. 3.Telekobik bomdaki optimizasyon sonuçları (Results of the 3rd telescopic boom optimization)

3.TELESKOBİK BOM					
3A		3B		3c	
Kalınlık(mm)	Gerilme (MPa)	Kalınlık(mm)	Gerilme (MPa)	Kalınlık(mm)	Gerilme (MPa)
3.0	1700	3.0	1746	3.0	1579
4.0	1215	4.0	1280	4.0	1171
5.0	926	5.0	1012	5.0	928
6.0	737	6.0	838	6.0	768
7.0	608	7.0	717	7.0	650
7.0	593	8.0	645	8.0	585
7.0	577	9.0	584	8.0	589

Tablo 6. 2.Telekobik bomdaki optimizasyon sonuçları (Results of the 2nd telescopic boom optimization)

2.TELESKOBİK BOM					
2A		2B		2c	
Kalınlık(mm)	Gerilme (MPa)	Kalınlık(mm)	Gerilme (MPa)	Kalınlık(mm)	Gerilme (MPa)
3.0	1174	3.0	1522	3.0	1555
4.0	915	4.0	1110	4.0	1146
5.0	797	5.0	870	5.0	897
6.0	678	6.0	776	6.0	731
7.0	565	7.0	695	7.0	632
7.0	540	8.0	622	7.0	615

Tablo 7. 1.Telekobik bomdaki optimizasyon sonuçları (Results of the 1st telescopic boom optimization)

1.TELESKOBİK BOM					
1A		1B		1c	
Kalınlık(mm)	Gerilme (MPa)	Kalınlık(mm)	Gerilme (MPa)	Kalınlık(mm)	Gerilme (MPa)
3.0	1526	3.0	1461	3.0	1284
4.0	1128	4.0	1059	4.0	948
5.0	886	5.0	825	5.0	788
6.0	668	6.0	742	6.0	697
7.0	514	7.0	683	7.0	611
7.0	495	8.0	598	7.0	595

Tablo 8. Teleskobik anabomdaki optimizasyon sonuçları (Results of the main telescopic boom optimization)

TELESKOBİK ANABOM					
T _A		T _B		T _C	
Kalınlık(mm)	Gerilme (MPa)	Kalınlık(mm)	Gerilme (MPa)	Kalınlık(mm)	Gerilme (MPa)
3.0	591	3.0	1205	3.0	1169
3.0	554	4.0	912	4.0	839
3.0	527	5.0	763	5.0	644
3.0	505	6.0	667	6.0	684
3.0	492	7.0	535	7.0	544

Tablo 9. Teleskobik bomlarda elde edilen gerilme değerleri (Stress results of the telescopic booms)

TELESKOBİK BOM STATİK GERİLME DEĞERLERİ				
Teleskobik bom no	Analitik hesaplar sonucundaki gerilme değerleri (MPa)	Analiz sonucundaki gerilme değerleri (MPa)	Analitik ve analiz gerilme değerleri arasındaki % sapma	Optimizasyon sonucundaki gerilme değerleri (MPa)
5. Teleskobik bom	737.3	802	8.78	635
4. Teleskobik bom	713.0	735	3.09	630
3. Teleskobik bom	595.4	650	9.17	645
2. Teleskobik bom	479.9	520	8.36	622
1. Teleskobik bom	434.2	480	10.55	598
Teleskobik anabom	417.2	460	10.26	544

SONUÇ ve TARTIŞMALAR (RESULTS and DISCUSSIONS)

Yapılan bu çalışma kapsamında ilk olarak teleskobik bomların tasarımı SolidWork programında yapılmıştır. Bu program sayesinde ağırlık, kesit alanı, atalet momenti ve konum bilgileri alınmıştır. Mukavemet hesaplama formüllerinden analitik hesaplamalar yapılmıştır. SEM ile çalışan paket programı olan MSC SimXpert'te model kurulmuştur. Bu programda modelin kısıtlamaları ve analitik hesaplamalarda elde edilen kuvvet değerleri girilerek statik analizler yapılmıştır ve gerilme değerleri elde edilmiştir. Teleskobik bomların optimizasyonu için MSC SimXpert programında template modülü ile makro yazılmıştır. Bu makro yazılımında malzemenin akma gerilme ve emniyet katsayısına göre optimum malzeme kalınlığı elde edilmiştir. Analitik hesaplama değerleri, analiz değerleri karşılaştırılarak yüzde sapmalarına bakılmıştır. Analiz hesaplarının doğruluğu kontrol edilmiştir. Makro ile elde edilen optimizasyon çıktıları tablo olarak elde edilmiştir ve tatmin edici sonuçlar verdiği kanısına varılmıştır. Ayrıca diğer optimizasyon çalışmalarına uygun hale getirilmiştir. Fakat bom kesit boyutları makroya eklenerek daha optimal sonuçlar elde edilebilecektir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışmada yardım ve desteklerini esirgemeyen, Sayın Genel Müdürüm Memiş KÜTÜKCÜ ve Arge Müdürüm Seyit Ali ÖZDAĞ ve tüm HİDROKON çalışanlarına teşekkürü bir borç bilirim.

Bu makale Yunus GÜDER'in yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

Bu çalışma, 1501 Sanayi Arge Projeleri Destekleme Programı çerçevesinde TÜBİTAK tarafından desteklenen 3100057 No.lu proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Akkurt, M., 1990, Makine Elemanları Cilt II, Birsen Yayınevi, İstanbul
- Erdil, A., 2007, Portal kreyinlerin tasarım ve sonlu elemanlar yöntemiyle gerilme analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- <https://simcompanion.mscsoftware.com/infocenter/index?page=content&channel=DOCUMENTATION>, ziyaret tarihi: 15 Kasım 2013.
- <http://www.ssab.com/tr/Brands/Weldox/Products/Weldox-960/>, ziyaret tarihi: 12 Ocak 2014.
- Karamolla, M., 2005, Kule vinçlerin matematik modellemesi, Doktora Tezi, Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa
- Koçer, H., 2009, "Bir hidrolik mobil vincin tasarım, analiz ve optimizasyonu", Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya
- Özkur, M., 2012, "Dört kademeli teleskobik vincin hareket mekanizmasının tasarımı ve analizi", Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze
- TS EN 12999, Aralık 2005, Vinç ve Yükleyici Vinçler
- Yıldız, A.R., 2006, Tasarım optimizasyon problemlerinin çözümü için çok amaçlı arama tabanlı bir sistemin geliştirilmesi, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fens Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 10-33.
- Yurt, H., 2012, 60 tm kapasiteli krenin mukavemet ve dinamik kontrolü, Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul