

**T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**REGÜLASYON 58.03'E GÖRE ARKA KORUMA DONANIMI
TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Engin AKIN

Enstitü Anabilim Dalı : İMALAT MÜHENDİSLİĞİ
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Salim ASLANLAR

Haziran 2021

T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

REGÜLASYON 58.03'E GÖRE ARKA KORUMA DONANIMI
TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Engin AKIN

Enstitü Anabilim Dalı : İMALAT MÜHENDİSLİĞİ

**Bu tez 30/06/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından
oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.**

JÜRİ	BAŞARI DURUMU
Jüri Başkanı: Prof. Dr. Salim ASLANLAR	BAŞARILI
Üye: Doç. Dr. Nuri AKKAŞ	BAŞARILI
Üye: Dr. Volkan ONAR	BAŞARILI

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Engin AKIN

30/06/2021

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Prof. Dr. Salim ASLANLAR' a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam boyunca desteklerini esirgemeyen değerli arkadaşlarım, Furkan MEMİGÜVEN, Yasin KÜTÜK, Mert KUŞ ve İsmet Taygun ERTEN'e teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmalarım esnasında gösterdikleri hoşgörü, destek ve teşvikleri için Sn. Ahmet YILMAZ, Sn. Ayhan ÖZDOĞAN ve Sn. Uğur APAYDIN'a olmak üzere tüm Tırsan Treyler San. ve Tic. A.Ş. çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, her zaman yanımda olan ve desteklerini esirgemeyen eşim Selda AKIN ve kızlarım Eylül AKIN ve Elif AKIN'a teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	i
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	i
TABLolar LİSTESİ.....	i
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ii
ÖZET.....	i
SUMMARY	ii
BÖLÜM 1. GİRİŞ	3
1.1. Ağır Yük Taşıtları Kaza Tipleri	13
1.1.1. A tipi Kazalar.....	13
1.1.2. B Tipi Kazalar.....	15
1.1.3. C Tipi Kazalar.....	17
BÖLÜM 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	19
2.1. Araç Kategoriler.....	19
2.1.1. M Kategorisi	19
2.1.1.1. M1 kategorisi	19
2.1.1.2. M2 kategorisi	19
2.1.1.3. M3 kategorisi	20
2.1.2. N Kategorisi.....	20
2.1.2.1. N1 kategorisi	20
2.1.2.2. N2 kategorisi	20
2.1.2.3. N3 kategorisi	20
2.1.3. O Kategorisi.....	20

2.1.3.1. O1 kategorisi	21
2.1.3.2. O2 kategorisi	21
2.1.3.3. O3 kategorisi	21
2.1.3.4. O4 kategorisi	21
2.2. O Kategorisi Araç Çeşitleri.....	21
2.2.1. Yarı Römork(DA).....	21
2.2.2. Tam Römork(DB).....	22
2.2.3. Merkezi Dingilli Römork(DC)	22
2.2.4. Sabit Çeki Oklu Römork(DE)	22
2.3. Regülasyon 58.02 ve 03 Seviyesi Yürürlük Tarihleri.....	22
2.4. Arka Koruma Donanımı Tasarımında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar.....	23
2.4.1. Arka Koruma Donanım Onayları	23
2.4.2. Onaylı Bir Arka Koruma Donanımının Araca Montajına İlişkin Onay	25
2.4.3. Arka Koruma Donanımına Sahip Araç Onayı.....	27
2.5. Test Koşulları ve Kuralları.....	31
2.5.1. Arka Koruma Donanımı İçin Test Koşullar	31
2.5.2. Araçlar İçin Test Koşulları	32
2.5.3. Test Şartları.....	33
2.6. Çalışmanın Kapsamı ve Amacı.....	34
BÖLÜM 3. SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE YAPILAN ANALİZ	
SONUÇLARININ DOĞRULANMASI.....	36
3.1. Arka Koruma Donanımı Statik Test ve Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması ...	37
3.1.1. P1L Test Noktası Test ve Analiz Karılaştırması	38
3.1.1.1. P1L testi	38
3.1.1.2. P1L analizi	41
3.1.1.3. P1L karşılaştırması.....	42
3.1.2. P2L Test Noktası Test Ve Analiz Karılaştırması	42
3.1.2.1. P2L testi	42
3.1.2.2. P2L analizi	45
3.1.2.3. P2L karşılaştırması.....	46
3.1.3. P3 Test Noktası Test Ve Analiz Karılaştırması	46
3.1.3.1. P3 testi.....	46
3.1.3.2. P3 analizi.....	49

3.1.3.3. P3 karşılaştırması	50
3.1.4. Statik Test İle Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi	50
BÖLÜM 4. YENİ ARKA KORUMA DONANIMI TASARIMI	51
4.1. Alüminyum Arka Koruma Donanımının Analizi	51
4.1.1. 1300 mm Şasi Bağlantı Eksenli Donanımın Analizi	52
4.1.1.1. P2L analizi	54
4.1.1.2. Analiz sonuçlarının değerlendirilmesi ve tasarımın iyileştirilmesi.....	57
4.1.1.3. Analiz sonuçlarının değerlendirilmesi	60
4.1.2. 750 mm Şasi Bağlantı Eksenli Donanımının Analizi	60
4.1.2.1. P1L analizi	60
4.1.3. 980 mm Şasi Bağlantı Eksenli Donanımının Analizi	62
4.1.3.1. P1L analizi	62
4.1.4. 1100 mm Şasi Bağlantı Eksenli Donanımının Analizi	63
4.1.4.1. P1L analizi	64
4.2. Arka Koruma Donanımı Statik Testi	65
4.2.1. P1L Testi.....	66
4.2.2. P3 Testi	68
4.2.3. P1R Testi	70
4.2.4. P2L Testi.....	73
4.2.5. P2R Testi	76
BÖLÜM 5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	80
KAYNAKLAR	82

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

%	: Yüzde
E	: Elastisite Modülü
AB	: Avrupa Birliği
AT	: Avusturya
BE	: Belçika
BG	: Bulgaristan
CAE	: Computer Aided Analysis
CAD	: Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
Cm	: Santimetre
CY	: Kıbrıs Rum Kesimi
CZ:	: Çekya
daN	: Dekanewton
DE	: Almanya
DK	: Danimarka
E	: Young Modülü
EE	: Estonya
EKS	: Emniyet Katsayısı
EPS	: Gerilim Değerleri
ES	: İspanya
ES	: Gerinim Değerleri
ETAN	: Tangent Modülü
EU	: European Union
F	: Kuvvet
FAIL	: Kopma Dayanımı
FI	: Finlandiya

FR	: Fransa
GR	: Yunanistan
HGV	: Ağır Yük Taşıtları
HR	: Hırvatistan
HU	: Macaristan
IE	: İrlanda
IT	: İtalya
Kg	: Kilogram
kN	: Kilo Newton
LT	: Litvanya
LU	: Lüksemburg
LV	: Letonya
m	: Metre
MID	: Malzeme Numarası
mm	: Milimetre
mm ²	: Milimetre kare
MPa	: Mega Paskal
MT	: Malta
NL	: Hollanda
PR	: Poisson Oranı
PL	: Polonya
PT	: Portekiz
RO	: Romanya
RO	: Malzeme Yoğunluğu
SE	: İsveç
SEM	: Sonlu Elemanlar Metodu
SI	: Slovenya
SIGY	: Akma Gerilmesi
SK	: Slovakya
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
VRU	: Savunmasız Yol Kullanıcıları

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1. 1 : Ülkelere göre ağır yük taşıtlarının karıştığı kazalarda ölenlerin sayısı(2007-2016).	8
Tablo 1. 2 : Ülkelere göre otobüs veya yolcu otobüslerinin karıştığı kazalarda ölenlerin sayısı(2007-2016).....	9
Tablo 1. 3 : AB karayollarında ağır yük taşıtları, otobüs veya yolcu otobüslerini içeren kazalardaki ölüm yüzdeleri(2007-2016).	10
Tablo 1. 4 . Ülkelere göre ağır yük taşıtları, otobüsler veya yolcu otobüslerini içeren kazalarda milyon nüfus başına ölüm oranları(2016).....	11
Tablo 1. 5 : Ağır yük taşıt kazalarında yol kullanıcısına göre ölüm oranları (AB, 2016).	12
Tablo 1. 5(devam) : Ağır yük taşıt kazalarında yol kullanıcısına göre ölüm oranları (AB, 2016).	13
Tablo 1. 6 : A tipi kaza tablosu.	14
Tablo 1. 7 : B tipi kaza tablosu.	16
Tablo 1. 8 : C tipi kaza tablosu.	17
Tablo 3. 1 : St 52 malzeme özellikleri.	37
Tablo 3. 2 : P1L testi zaman bağlı yük ve hareket tablosu.	39
Tablo 3. 3 : P2L testi zaman bağlı yük ve hareket tablosu.	43
Tablo 3. 4 : P3 testi zaman bağlı yük ve hareket tablosu.	47
Tablo 4. 1 : P1L testi zamana bağlı yük ve hareket tablosu.....	67
Tablo 4. 2 : P3 testi zaman bağlı yük ve hareket tablosu.	69
Tablo 4. 3 : P1R testi zaman bağlı yük ve hareket tablosu.	71
Tablo 4. 4 : P2L testi zaman bağlı yük ve hareket tablosu.	74
Tablo 4. 5 : P2R testi zaman bağlı yük ve hareket tablosu.	77

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. 1 : Dört ülke toplam trafik kazalarındaki ölüm sayıları.	6
Şekil 1. 2 : Yıllara göre tescil edilen araç sayıları(Türkiye).	6
Şekil 1. 3 : Yıllara göre trafik kazalarında ölen sayıları(Türkiye).	7
Şekil 1. 4 : AB tüm karayollarında meydana gelen kazalarda, ağır yük taşıtları, otobüslerin veya yolcu otobüslerinin karıştığı kazalarında ölenlerin sayısı(2006, 2017). ...	7
Şekil 1. 5 : AB karayollarında ağır yük taşıtları, otobüs veya yolcu otobüslerini içeren kazalardaki ölüm yüzdeleri ve sayıları(2007-2016).	10
Şekil 1. 6 : Ülkelere göre ağır yük taşıtları, otobüsler veya yolcu otobüslerini içeren kazalarda milyon nüfus başına ölüm oranları(2016).	12
Şekil 1. 7 : Ağır yük taşıt kazalarında yol kullanıcısına göre ölüm oranları.	13
Şekil 2. 1: R58.03 geçiş tarihleri.	23
Şekil 2. 2 : Kalkar tampon etiket görseli.	24
Şekil 2. 3 : Kuyruk kaldırma platformu.	24
Şekil 2. 4 : Uzaklaşma açısı.	25
Şekil 2. 5 : Arka koruma donanımının test tezgahına yerleşimi.	31
Şekil 2. 6 : Çapraz destekli arka koruma donanımının test tezgahına yerleşimi.	32
Şekil 2. 7 : Test yükleri.	33
Şekil 2. 8 : Test noktaları.	34
Şekil 2. 9 : B6 tipi kaza görseli.	35
Şekil 3. 1 : R58.02 test noktaları ve yükleri.	37
Şekil 3. 2 : St 52 gerilme gerinim eğrisi.	37
Şekil 3. 3 : R58.02 Arka koruma donanımı analiz görüntüsü.	38
Şekil 3. 4 : Analiz Kaynak gösterimi.	38
Şekil 3. 5 : Analiz Kaynak gösterimi.	38
Şekil 3. 6 : P1L test görüntüsü.	39
Şekil 3. 7 : P1L yük-yer değiştirme grafiği.	41
Şekil 3. 8 : P1L test kuvveti uygulama noktası.	41

Şekil 3. 9 : P1L yük altında yer değiştirme.....	41
Şekil 3. 10 : P1L yük altında gerilimler.	42
Şekil 3. 11 : P2L test görüntüsü.	43
Şekil 3. 12 : P2L yük-yer değiştirme grafiği.....	45
Şekil 3. 13 : P2L test kuvveti uygulama noktası.....	45
Şekil 3. 14 : P2L yük altında yer değiştirme.....	45
Şekil 3. 15 : P1L yük altında gerilimler.	46
Şekil 3. 16 : P3 test görüntüsü.....	47
Şekil 3. 17 : P3 yük-yer değiştirme grafiği.	49
Şekil 3. 18 : P3 test kuvveti uygulama noktası.	49
Şekil 3. 19 : P3 yük altında yer değiştirme.	49
Şekil 3. 20 : P3 yük altında gerilimler.	50
Şekil 4. 1 : Arka koruma donanımı profil görüntüsü.	52
Şekil 4. 2 : Alüminyum 6082 gerilme-gerinim eğrisi.	52
Şekil 4. 3 : Alüminyum 6082 malzeme özellikleri.	52
Şekil 4. 4 : Arka koruma donanımı şasi bağlantı ayak görüntüsü.....	53
Şekil 4. 5 : S700 malzeme özellikleri.	53
Şekil 4. 6 : Arka koruma donanımı profili bağlantı plakası görüntüsü.....	53
Şekil 4. 7 : St 52 gerilme-gerinim eğrisi.	54
Şekil 4. 8 : St 52 malzeme özellikleri.	54
Şekil 4. 9 : Araç şasi görseli.....	54
Şekil 4. 10 : P2L yük altında yer değiştirme.....	55
Şekil 4. 11 : P2L yük altında gerilimler.	55
Şekil 4. 12 : Araç şasisi üzerindeki deformasyon.	55
Şekil 4. 13 : Araç şasisi üzerinde oluşan gerilimler.	56
Şekil 4. 14 Araç şasisine eklenen takviye görseli.	56
Şekil 4. 15 : İyileştirme sonucu P2L yer değiştirme.	56
Şekil 4. 16 : İyileştirme sonucu P2L gerilimleri.	57
Şekil 4. 17 : Arka koruma donanımı profili üzerindeki gerilimler.	57
Şekil 4. 18 : Şasi bağlantı ayağı üzerindeki gerilimler.....	57
Şekil 4. 19 : Alm 6063 T66 gerilme-gerinim eğrisi.....	58
Şekil 4. 20 : Alm 6063 T66 malzeme özellikleri.	58
Şekil 4. 21 : P2L yük altında yer değiştirme.....	58
Şekil 4. 22 : P2L yük altında yer değiştirme üstten görünüş.	59

Şekil 4. 23 : P2L analizi zaman bağlı yer değiştirme.....	59
Şekil 4. 24 : P2L analizinde arka koruma donanımında oluşan gerilimler.	59
Şekil 4. 25 : P2L analizinde şasi bağlantı ayağında oluşan gerilimler.....	59
Şekil 4. 26 : P2L analizinde araç şasisinde oluşan gerilimler.	60
Şekil 4. 27 : : 750 mm şasi bağlantı ekseninde P1L'nin yük altında yer değiştirmesi....	61
Şekil 4. 28 : 750 mm şasi ekseninde P1L analizinde araç şasisi üzerindeki gerilmeler. 61	
Şekil 4. 29 : 750 mm şasi ekseninde P1L analizinde şasi bağlantı ayakları yük altında gerilimler.	61
Şekil 4. 30 : 750 mm şasi eksen P1L analizinde arka koruma donanımı profili üzerindeki gerilimler.	61
Şekil 4. 31 : 980 mm şasi bağlantı ekseninde P1L'nin yük altında yer değiştirmesi.	62
Şekil 4. 32 : 980 mm şasi ekseninde P1L yük yer değiştirme grafiği.....	63
Şekil 4. 33 : 980 mm şasi ekseninde P1L analizinde şasi bağlantı ayakları yük altında gerilimler.	63
Şekil 4. 34 : 980 mm şasi eksen P1L analizinde arka koruma donanımı profili üzerindeki gerilimler.	63
Şekil 4. 35 : 1100 mm şasi bağlantı ekseninde P1L'nin yük altında yer değiştirmesi....	64
Şekil 4. 36 : 1100 mm şasi ekseninde P1L analizinde araç şasisi üzerindeki gerilmeler.	64
Şekil 4. 37 : 1100 mm şasi ekseninde P1L analizinde şasi bağlantı ayakları yük altında gerilimler.	64
Şekil 4. 38 : 1100 mm şasi eksen P1L analizinde arka koruma donanımı profili üzerindeki gerilimler.	65
Şekil 4. 39 : Kısmi araç şasi kompleksi.	65
Şekil 4. 40 : R58.03'e göre test noktaları ve test yükleri.....	66
Şekil 4. 41 : P1L test görüntüsü.	66
Şekil 4. 42 : P1L yük-yer değiştirme grafiği.....	68
Şekil 4. 43 : P3 test görüntüsü.....	68
Şekil 4. 44 : P3 yük-yer değiştirme grafiği.	70
Şekil 4. 45 : P1R test görüntüsü.....	71
Şekil 4. 46 : P1R yük-yer değiştirme grafiği.	73
Şekil 4. 47 : P2L test görüntüsü.	74
Şekil 4. 48 : P2L yük-yer değiştirme grafiği.....	76
Şekil 4. 49 : P2R test görüntüsü.....	77
Şekil 4. 50 : P2R yük-yer değiştirme grafiği.	79

REGÜLASYON 58.03'E GÖRE ARKA KORUMA DONANIMI TASARIMI

ÖZET

Dünyada lojistiğin önemi her geçen gün artmaktadır. Lojistik biçimleri arasında karayolu taşımacılığı önemli bir yer tutmaktadır. Karayolu taşımacılığında kullanılan ağır yük taşıtlarının hacimsel büyüklükleri ve ağırlık kapasiteleri itibari ile karayolunda seyahat eden diğer araçlar için önemli risk faktörü olarak ortaya çıkmaktadır.

Ağır yük taşıtlarında araç ağırlıklarının azaltılması, aracın daha fazla yük taşıyabilmesine imkan sağlanması nedeniyle lojistik firmalarının karlılığını artırmaktadır. Bununla birlikte aracın daha fazla yük taşıyabilmesi, karayollarındaki araç sayısının azalmasına etki etmekte, buna bağlı olarak trafikteki kaza riskinin ve karbon salınımının azalmasını sağlamaktadır. Bu nedenle ağır yük taşıtları mümkün olan en hafif donanımlarla imal edilmesi lojistik firmalarının satın alacakları aracın belirlenmesinde önemli bir kriterdir.

Ağır yük taşıtlarına arkadan çarpma durumundaki trafik kazalarında ortaya çıkan ölümlerin azaltılması için arka koruma donanımına ilişkin Regülasyon 58'in 02'inci versiyonuna güncelleme yapılarak 03'üncü versiyonu yayınlanmıştır.

Çalışmada, arka koruma donanımında yasal olarak yapılan bu değişiklikler nedeni ile arka koruma donanımı ağırlığının asgari düzeyde etkilenmesi ve donanımdaki bu ağırlık değişikliğinin araç taşıma kapasitesine asgari etkisi için yeni arka koruma donanımı tasarımı yapılmıştır. Yapılan tasarım sonlu elemanlar yöntemi ile analiz edilerek doğrulanmıştır. Doğrulanan tasarıma Regülasyon 58'de belirtilen yeni test kuvvetlerine göre statik testler yapılarak arka koruma donanımı uygunluğu doğrulanmıştır.

Anahtar kelimeler: Regülasyon 58.03, Arka koruma donanımı.

REAR UNDERRUN PROTECTION DEVICE DESIGN ACCORDING TO REGULATION 58.03

SUMMARY

The importance of logistics in the world is increasing day by day. Road transport has an important place among the forms of logistics. Heavy goods vehicles used in road transport emerge as an important risk factor for other vehicles traveling on the road due to their volumetric size and weight capacity.

It increases the profitability of logistics companies by reducing vehicle weights in heavy load vehicles and allowing the vehicle to carry more loads. However, the fact that the vehicle can carry more load has an effect on the decrease in the number of vehicles on the highways, thus reducing the risk of accidents and carbon emissions in traffic. For this reason, the production of heavy-duty vehicles with the lightest possible devices is an important criterion in determining the vehicle to be purchased by logistics companies.

In order to reduce the deaths caused by traffic accidents in the case of rear-end collisions with heavy goods vehicles, the 02nd version of Regulation 58 regarding the rear underrun protection devices was updated and the 03th version was published.

In the study, due to these legal changes in the rear underrun protection devices, the weight of the rear underrun protection is minimally affected and a new rear underrun protection devices has been designed for the minimum effect of this weight change on the vehicle carrying capacity. The design has been analyzed and verified using the finite element method. Static tests were performed according to the new test forces specified in Regulation 58 to the confirmed design and the compatibility of the rear underrun protection devices was verified.

Keywords: Regulation 58.03, Rear underrun protection devices.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Dünyada lojistiğin önemi her geçen gün daha da artmaktadır. Üretim veya tüketim maliyetlerinin belirlenmesinde lojistik giderleri önemli bir yer tutmaktadır. Bu nedenle kişi ve kurumlar lojistik operasyonlarını azami verimlilik ve asgari maliyet ile gerçekleştirmeye çalışmaktadırlar.

Ticari hayatta rekabet ve buna bağlı olarak maliyet konuları şirketlerin devamlılığı için çok önemlidir. Karayolu taşımacılığında ortaya çıkan maliyetler lojistik şirketleri için en önemli kalemi oluşturmaktadır (Görkem, 2019).

Fiyatlandırmada karlılığın önemi büyük olup, lojistik operasyonları ürün fiyatının belirlenmesinde en önemli kalemler arasında yer almaktadır (Budak, 2017). Maliyetlerin belirlenmesinde lojistik sektöründe kullanılan araçların operasyonel özellikleri de ön plana çıkmaktadır.

Eşya ve yolcu taşımacılığında, karayolu taşımacılığı en yoğun tercih edilen taşımacılık türüdür. Eşya ve yolcu taşımacılığında Türkiye’de %90 düzeyinde karayolu taşımacılığı kullanılmaktadır (Görkem, 2019). Karayolu taşımacılığının diğer taşıma yöntemlerine üstünlükleri aşağıda verilen şekilde özetlenebilir (Gökmen, 2014).

- a) Düşük miktardaki yüklerin kısa ve orta mesafede esnek ve hızlı biçimde taşınması.
- b) Karayolu taşımacılığında kullanılan araçların kapasitelerinin denizyolu, demiryolu, ve havayolu araçlarına kıyasla daha küçük olması ve böylece taşıma operasyonuna kazandırdığı esneklik.
- c) Karayolunun olduğu heryere taşımanın yapılabilmesi ve böylelikle diğer taşıma türlerinde operasyonun tamamlayıcı en önemli unsurudur.
- d) Karayolu taşımacılığında diğer taşıma istasyonlarındaki(limanlarda, hava alanlarında ve tren istasyonlarında) bekleme sürelerinin ortadan kalkması.

Karayolu ile yapılan taşımacılık faaliyetleri kamyonet, kamyon ve çekici-yarı römork birleşimi araçlar ile yapılmaktadır (Şenalp ve Bezer, 2006). Bu araçlar istahap haddi ve yükleme alanı kapasitesinin fazla olması nedeni ile en yaygın kullanılan araçlar arasında yer almaktadır. Belirtilen araç tiplerinden çekici-yarı römork birleşimleri, personel ve işletme maliyetlerinde önemli bir fark olmadan, diğer araç tiplerine göre ilave maliyetin düşük olmasına karşın sundukları istahap haddi ve yükleme avantajları nedeniyle özellikle büyük firmalar tarafından tercih edilmektedir (Tolun, 2007). Yarı römork birleşimleri çoğunlukla uluslararası karayollarında kullanılmaktadır. Yarı römorklar ihtiyaca göre farklı tip, ölçü ve özelliklerde üretilebilmektedir (Tolun ve Eren 2007).

Üretimi yapılan bu araçların bir kısmı standartlaşmış olup seri üretim olarak üretilmektedir. Standartlaştırılan yarı römorkların en belirginleri, kuru yük veya paletli yüklerin taşınması için imal edilen tenteli-perdeli ve kutu üst yapılı yarı römorklar, sıvı yüklerin taşınması için tanker üst yapılı yarı römorklar, inşaat ve hafriyat yüklerinin taşınması için damper üst yapılı yarı römorklar ve ağır yüklerin veya iş makinalarının taşınması için lowbed yarı römorklarıdır. Belirtilen tiplerin dışında örneğin araç taşıyıcı yarı römork gibi amaca özel araçlarda imal edilmektedir (Kütük, 2019).

Yarı römork birleşimleri ağır yük taşıtları olarak nitelendirilmektedir. Bu taşıtların azami yüklü kütleleri yasal düzenlemelerce sınırlandırıldığından, araçlarda taşınabilecek yük miktarının belirlenmesinde araç boş ağırlığı çok önemlidir. Ağır yük taşıtlarında araç ağırlıklarının azaltılması, aracın daha fazla yük taşıyabilmesine olanak sağlanması nedeniyle lojistik firmalarının karlılığını artırmaktadır. Bununla birlikte aracın daha fazla yük taşıyabilmesi, karayollarındaki araç sayısının azalmasına etki etmekte, buna bağlı olarak trafikteki kaza riskinin ve karbon salınımının azalmasını sağlamaktadır (Çetin, 2019). Bu nedenle ağır yük taşıtlarındaki taşıma kapasitesi çok önemli olup, aracın mümkün olan en hafif donanımlarla imal edilmesi lojistik firmalarının satın alacakları aracın seçiminde önemli bir kriterdir.

Karayollarında seyreden araçlar üzerinde bulunan donanımların araçların trafiğe kayıt edileceği ülkenin ulusal olarak yayınladığı yönetmeliklerde veya uluslararası yönetmeliklerdeki teknik şartlara uygun olması gerekmektedir. İlgili donanımların uygunluğu bağımsız bir kuruluş tarafında test edilerek belgelendirilmelidir. Uluslararası yönetmelikler arasında Birleşmiş Milletler Regülasyonları ve Avrupa Birliği Direktifleri önemli bir yer tutmaktadırlar.

Türkiye’de Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından Motorlu Araçlar ve Römorkları İle Bunların Aksam, Sistem ve Ayrı Teknik Ünitelerinin Tip Onayı ve Piyasa Gözetimi ve Denetimi Hakkında Yönetmeliğinde(AB/2018/858) araç kategorilerine göre araçların sahip olması gereken onaylı donanımların listesi yer almaktadır.

Yönetmeliklerde yer alan teknik gereksinimlerin temel amacı, karayollarında seyreden araçların yol ve can güvenliği bakımından asgari kriterlerinin belirlenmesidir. Teknolojik gelişmelere ya da kazaların oluş biçimlerine göre alınan önlemlere göre yönetmelikler sürekli güncellenmektedir.

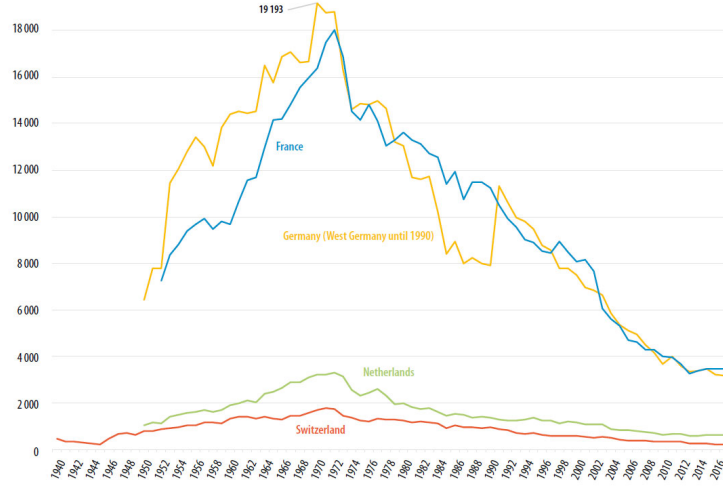
İkinci Dünya Savaşı’ndan sonra, Batı Avrupa ülkeleri motorizasyonda hızlı bir büyüme ve daha da önemlisi karayolu trafik kazalarındaki ölümlerde ve yaralanmalarda artış yaşadılar (United Nations, 2020).

1970'lerde, karayolu trafik kazalarında meydana gelen ölümler birçok ülkede zirveye ulaştı. Sonraki yıllarda hem araç sayısı hem de motorlu trafik hacmi artmaya devam etse de istikrarlı bir düşüşe başladı (United Nations, 2020).

Şekil 1.1’de görüldüğü gibi yaklaşık 2010’dan itibaren, dört ülke karayolu trafik kazalarında meydana gelen düşük sayıları korumuştur (United Nations, 2020).

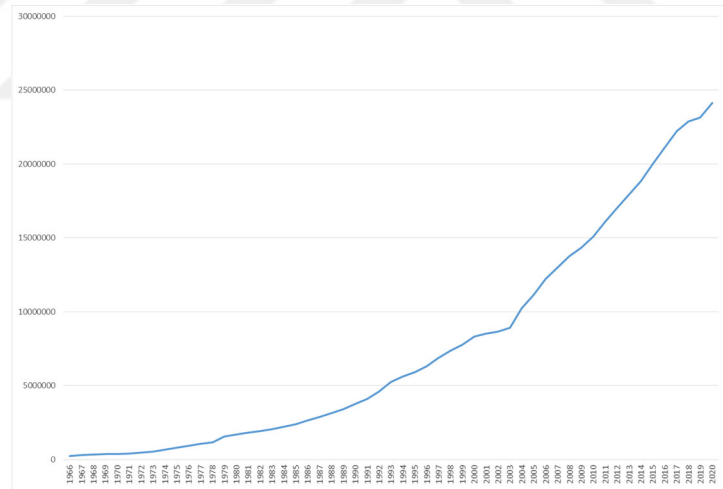
Çoğu gelişmiş ülke, karayolu güvenliği performansında benzer bir model veya eğilim izlemektedir. Bir milyon kişi başına düşen ölüm sayısı bakımından 2017 yılında en güvenli Birleşmiş Milletler üye devleti Norveç’tir (United Nations, 2020).

Son on yılda bazı ülkelerde karayolu güvenliğini iyileştirmede önemli ilerleme kaydedilmiş olsa da, genel küresel sonuçlar çok daha kötüdür ve küresel karayolu ölümleri ve yaralanmalarını önemli ölçüde azaltmak için acilen değişikliklere ihtiyaç vardır. Karayolu trafik kazaları, küresel olarak kaza sonucu ölümlerin ilk nedenini oluşturmaktadır. Karayolu trafik kazaları, her yıl 1,3 milyondan fazla ölümden sorumluyken, ölümcül olmayan yaralanmalara ilişkin tahminler 20 milyon ila 50 milyon arasında değişiyor (United Nations, 2020).



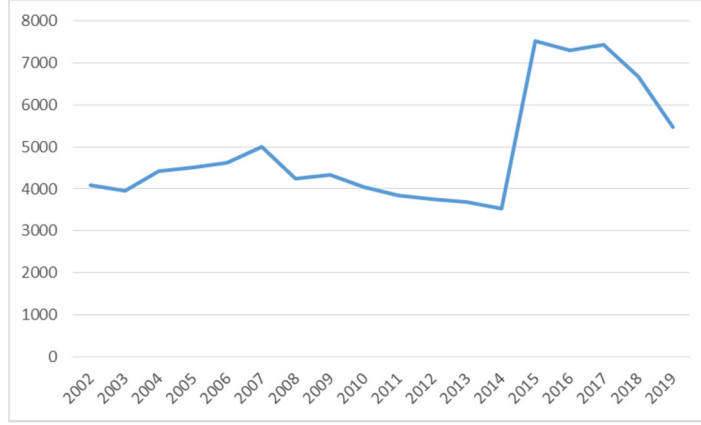
Şekil 1. 1 : Dört ülke toplam trafik kazalarındaki ölüm sayıları.

Şekil 1.2’de yıllara göre Türkiye’de trafiğe kayıt edilen araç sayıları görülmektedir (TUİK 2021). Tablodan da görüldüğü gibi trafikte bulunan araç sayısı hızla artmaktadır. Şekil 1.3’de Türkiye karayollarında gerçekleşen kazalardaki ölüm sayıları verilmiştir¹ (TUİK 2020).



Şekil 1. 2 : Yıllara göre tescil edilen araç sayıları(Türkiye).

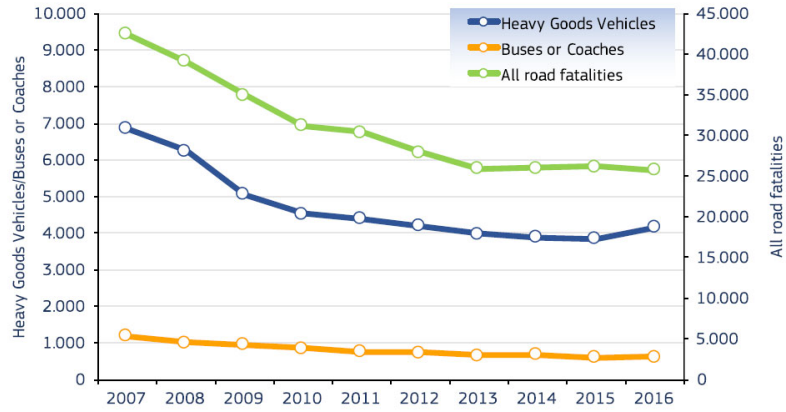
¹ Ölü sayıları 2015 yılına kadar sadece kaza yerinde tespit edilen ölümleri kapsarken, 2015 yılından itibaren trafik kazasında yaralanıp sağlık kuruluşuna sevk edilenlerden kazanın sebep ve tesiriyle 30 gün içinde ölenleri de kapsamaktadır.



Şekil 1. 3 : Yıllara göre trafik kazalarında ölen sayıları(Türkiye).

Ağır yük taşıtları (HGV), izin verilen azami brüt ağırlığı 3,5 tonun üzerindeki yük taşıtları olarak tanımlanır. Ağır yük taşıtlarını içeren yol kazaları, bu araçların kütlesi nedeniyle diğer kazalardan daha şiddetli olma eğilimindedir (European Road Safety Observatory 2018).

Şekil 1.4'de ağır yük taşıtlarını içeren kazalarda ve otobüs veya yolcu otobüslerinin karıştığı kazalardaki ölümlerin sayısının 2007 ile 2016 yılları arasında düştüğünü göstermektedir (ağır yük taşıtlarını içeren kazalardaki ölümlerin sayısı son zamanlarda biraz artmış olsa da) (European Road Safety Observatory 2018).



Şekil 1. 4 : AB tüm karayollarında meydana gelen kazalarda, ağır yük taşıtları, otobüslerin veya yolcu otobüslerinin karıştığı kazalarında ölenlerin sayısı(2006, 2017).

2007 yılından bu yana, AB'de ağır yük taşıtlarının karıştığı toplam ölüm sayısı neredeyse %40 azalmıştır. Ancak Tablo 1.1'de görüldüğü gibi son zamanlarda biraz artış görülmektedir (European Road Safety Observatory 2018).

Tablo 1. 1 : Ülkelere göre ağır yük taşıtlarının karıştığı kazalarda ölenlerin sayısı(2007-2016).

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
BE	156	122	117	111	116	111	100	130	106	109
BG	-	200	179	121	90	93	109	91	121	-
CZ	220	169	163	175	159	139	124	138	145	136
DK	66	62	35	36	33	29	32	24	17	47
DE	687	625	536	534	564	812	759	601	604	620
EE	35	32	21	3	6	7	7	4	2	-
IE	40	44	22	13	20	12	22	17	-	-
EL	141	138	113	127	91	58	74	73	69	79
ES	528	452	353	333	297	245	217	262	262	284
FR	658	596	504	552	576	485	463	474	473	493
HR	104	119	77	44	37	29	41	39	38	39
IT	1.017	977	785	358	337	280	267	272	252	403
CY	1	0	0	1	0	1	3	0	0	3
LV	97	46	38	41	21	36	37	38	38	29
LT	-	-	-	-	-	-	42	33	45	-
LU	7	2	2	9	3	3	8	5	6	4
HU	218	173	118	144	101	118	106	112	109	93
MT	0	1	0	1	-	-	-	-	1	1
NL	123	107	95	80	76	73	83	71	73	76
AT	89	111	81	97	70	77	50	51	66	74
PL	1.246	1.155	952	947	1.018	816	748	708	649	783
PT	145	112	120	95	107	77	80	78	68	59
RO	271	296	252	191	169	169	139	147	146	96
SI	20	7	12	7	6	3	7	23	25	31
SK	144	141	69	106	-	-	-	-	-	-
FI	97	106	70	92	85	98	70	59	64	73
SE	92	72	45	41	46	41	30	55	40	46
UK	449	380	287	269	265	278	264	279	300	284
EU	6.707	6.104	4.977	4.422	4.294	4.091	3.841	3.752	3.691	4.002
Yıllık Değişim		-9,00%	-18,50%	-11,20%	-2,90%	-4,70%	-6,10%	-2,30%	-1,60%	8,40%
IS	4	4	3	1	2	1	1	4	2	2
LI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NO	59	53	56	71	55	35	48	33	28	36
CH	34	39	45	29	33	35	31	25	34	27

Tablo 1.2’de son on yılda otobüs ve yolcu otobüslerinin karıştığı kazalarda hayatını kaybedenlerin sayısı görülmektedir. AB’de bu kazalarda ölenlerin sayısı 2007’de

1.148'den iken 2016'da %49 oranında bir düşüş gerçekleştirerek 594'e düştüğü görülmektedir. (European Road Safety Observatory 2018).

Tablo 1. 2 : Ükelere göre otobüs veya yolcu otobüslerinin karıştığı kazalarda ölenlerin sayısı(2007-2016).

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
BE	30	23	22	17	23	31	23	19	17	14
BG	-	35	58	28	34	18	21	15	19	-
CZ	35	27	28	20	26	21	21	18	19	17
DK	20	10	9	13	-	-	-	-	-	-
DE	94	75	66	91	64	53	70	50	50	40
EE	7	4	4	21	22	21	18	18	15	-
IE	7	10	7	7	2	10	7	3	-	-
EL	35	33	33	31	29	23	22	18	18	12
ES	73	81	69	51	48	40	37	54	31	64
FR	110	80	66	60	49	61	45	58	22	38
HR	20	38	11	6	8	16	12	6	13	-
IT	91	102	71	50	22	23	14	17	18	19
CY	0	0	0	0	0	1	0	0	1	3
LV	16	10	8	11	10	-	-	7	3	5
LT	-	-	-	-	-	-	3	6	3	-
LU	0	1	2	1	0	1	2	0	0	0
HU	48	33	39	41	50	26	25	39	28	26
MT	1	3	0	1	0	0	0	0	1	0
NL	15	14	14	11	11	7	10	13	9	13
AT	17	9	15	17	1	12	8	9	6	8
PL	148	142	128	119	97	107	88	89	80	75
PT	33	21	15	-	-	-	-	-	-	-
RO	132	100	123	89	77	73	48	61	86	63
SI	2	4	8	3	-	-	0	-	-	-
SK	39	15	35	18	-	-	-	-	-	-
FI	13	13	8	9	10	-	-	-	-	-
SE	15	13	17	16	16	18	11	12	4	7
UK	151	121	102	-	-	-	-	-	-	-

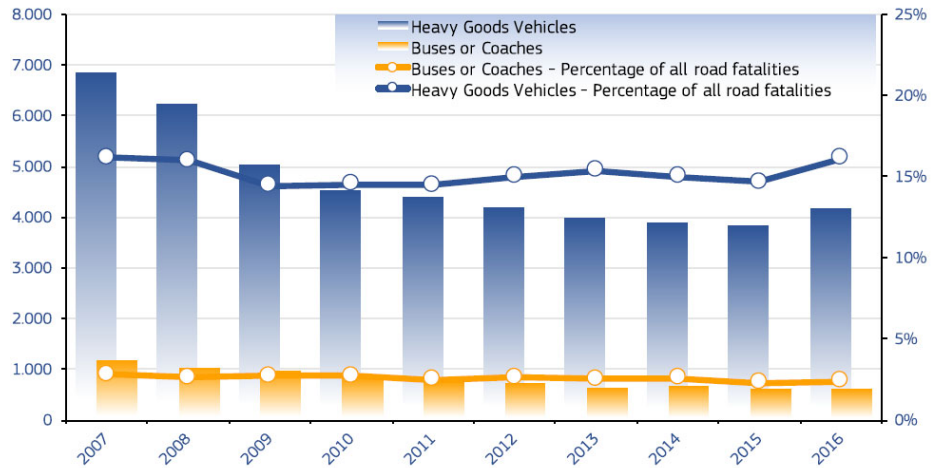
Tablo 1. 2(devam) : Ükelere göre otobüs veya yolcu otobüslerinin karıştığı kazalarda ölenlerin sayısı(2007-2016).

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
EU	1.148	1.001	922	830	732	712	629	646	583	594
Yıllık Değişim		-12,8%	-7,9%	-10,1%	-11,8%	-2,6%	-11,7%	2,7%	-9,8%	1,9%
IS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NO	15	8	4	6	4	6	8	6	2	3
CH	6	11	3	4	6	37	1	3	2	1

Tüm karayolu kazalarındaki ölümlerde otobüsler, yolcu otobüsleri ve ağır yük taşıtlarının karıştığı kazalardaki ölümlerin yüzdesi tablo 1.3 ve şekil 1.5’de görülmektedir. Otobüsler, yolcu otobüsleri ve ağır yük taşıtlarını içeren kazalardaki ölümlerin sayısı 2007 ile 2016 arasında yaklaşık %40 düşerken, ağır yük taşıtları ve otobüsleri veya yolcu otobüslerini içeren kazalardaki ölümlerin yüzdesi önemli ölçüde azalmadığı görülmektedir. Bununla birlikte 2016 yılında ağır yük taşıtları içeren kazalarda meydana gelen ölümlerin arttığı görülmektedir (European Road Safety Observatory 2018).

Tablo 1. 3 : AB karayollarında ağır yük taşıtları, otobüs veya yolcu otobüslerini içeren kazalardaki ölüm yüzdeleri(2007-2016).

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Ağır Yük Taşıtları	16%	16%	14%	15%	14%	15%	15%	15%	15%	16%
Otobüs veya Yolcu Otobüsü	3%	3%	3%	3%	2%	3%	3%	3%	2%	2%

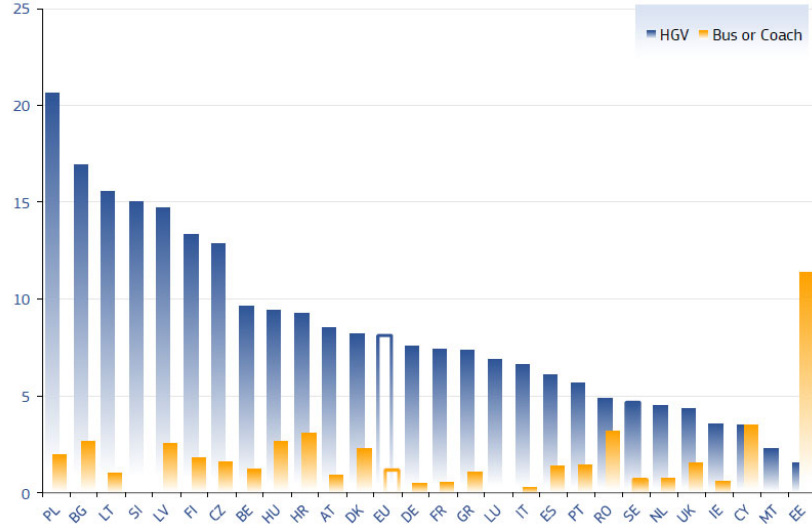


Şekil 1. 5 : AB karayollarında ağır yük taşıtları, otobüs veya yolcu otobüslerini içeren kazalardaki ölüm yüzdeleri ve sayıları(2007-2016).

Tablo 1.4 ve Şekil 1.6’da Avrupa Birliği üye ülkeleri için ağır yük taşıtları ve otobüslerin karıştığı bir kazada ölme riski, milyon nüfus başına ölüm oranları kullanılarak verilmiştir (European Road Sefety Observatory 2018).

Tablo 1. 4 . Ülkelere göre ağır yük taşıtları, otobüsler veya yolcu otobüslerini içeren kazalarda milyon nüfus başına ölüm oranları(2016).

	Ağır Yük Taşıtlarındaki Ölüm Oranları	Otobüs ve Yolcu Otobüslerindeki Ölüm Oranları
BE	9,6	1,2
BG	16,9	2,7
CZ	12,9	1,6
DK	8,2	2,3
DE	7,5	0,5
EE	1,5	11,4
IE	3,6	0,6
EL	7,3	1,1
ES	6,1	1,4
FR	7,4	0,6
HR	9,3	3,1
IT	6,6	0,3
CY	3,5	3,5
LV	14,7	2,5
LT	15,6	1,0
LU	6,9	0,0
HU	9,5	2,6
MT	2,3	0,0
NL	4,5	0,8
AT	8,5	0,9
PL	20,6	2,0
PT	5,7	1,5
RO	4,9	3,2
SI	15,0	0,0
SK	19,5	3,3
FI	13,3	1,8
SE	4,7	0,7
UK	4,3	1,6
EU	8,1	1,2
IS	6,0	-
LI	-	-
NO	6,9	0,6
CH	3,2	0,1



Şekil 1. 6 : Ülkelere göre ağır yük taşıtları, otobüsler veya yolcu otobüslerini içeren kazalarda milyon nüfus başına ölüm oranları(2016).

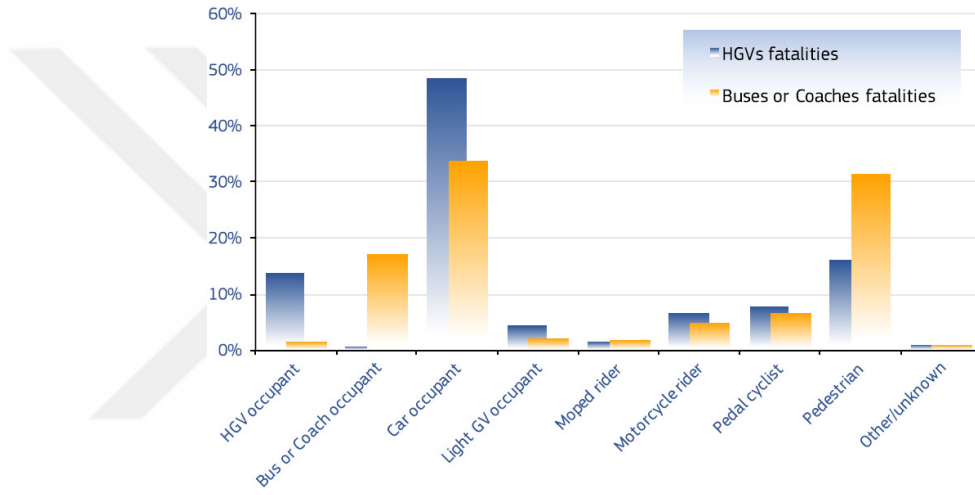
Ağır yük taşıtlarını içeren kazalarda AB ortalama ölüm oranı, milyon nüfus başına 8,1'dir. Şekil 1,6'da görüldüğü gibi asgari oran Estonya'da yaklaşık 1,5 ile azami oran Polonya'da 20,6 arasında değişmektedir. Otobüsler veya yolcu otobüslerini içeren kazalar için, AB ortalama ölüm oranı milyon kişi başına 1,2'dir (European Road Safety Observatory 2018). Ağır vasıta, otobüsler veya yolcu otobüslerini içeren kazalarda, bu araç türlerinin dışındakilerinin yanı sıra içindeki kişilerde zarar görmüştür. AB genelinde, 2016 yılında ağır vasıta kazalarında ölenlerin %14'ü ağır vasıta araçlarında yaşamını yitirdi ve otobüs veya yolcu otobüs kazalarında ölenlerin %17'si otobüslerin yolcu bölümünde oturanlardı. Tablo 1.5'de bu kazalarda ölenlerin yol kullanıcısı türüne göre listesi verilmiştir. Dağılımlara ilişkin grafik Şekil 1.7'de verilmiştir (European Road Safety Observatory 2018).

Tablo 1. 5 : Ağır yük taşıt kazalarında yol kullanıcısına göre ölüm oranları (AB, 2016).

	İçerdiği Kazalar			
	Ağır Yük Taşıtları		Otobüs veya Yolcu Otobüsleri	
	Ölümler	%	Ölümler	%
Ağır vasıta yolcusu	570	14%	9	1%
Otobüs veya yolcu otobüs yolcusu	26	1%	106	17%
Taksi yolcusu	2018	49%	206	34%

Tablo 1. 6(devam) : Ağır yük taşıt kazalarında yol kullanıcısına göre ölüm oranları (AB, 2016).

	İçerdiği Kazalar			
	Ağır Yük Taşıtları		Otobüs veya Yolcu Otobüsleri	
	Ölümler	%	Ölümler	%
Hafif yük taşıt yolcusu	184	4%	13	2%
Moped sürücüsü	56	1%	11	2%
Motosiklet sürücüsü	274	7%	30	5%
Pedallı bisiklet	322	8%	41	7%
Yaya	662	16%	193	31%
Diğer / bilinmiyor	41	1%	6	1%
EU	4.153	100%	615	100%



Şekil 1. 7 : Ağır yük taşıt kazalarında yol kullanıcısına göre ölüm oranları.

1.1. Ağır Yük Taşıtları Kaza Tipleri

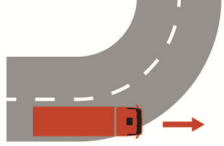
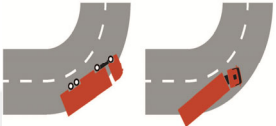
Ağır yük taşıtlarının karıştığı kazalar üç grupta ele alınmaktadır (Volvo, 2017).

1.1.1. A tipi Kazalar

Ağır yük taşıt kazalarının %10-20'si Tablo 1.6'da verilen A tipi kaza çeşitlerinden oluşmaktadır. Bu kaza türlerinin de kendi içinde ağırlıklı dağılımları, kazaların oluş biçimlerine ilişkin örnekler ve nedenleri Tablo 1.6'da verilmiştir. Bu ağır yük taşıt kazaları, ağır yük taşıt yolcuları için ciddi yaralanmalara veya ölümlere neden olan kazalar arasında yer almaktadır. En yaygın türler, şeritten ayrılma kazaları (A1) ve yolda devrilme veya yalpalama sonucu oluşan kazalardır (A2). A kaza türlerinde ciddi

yaralanmalara sıklıkla katkıda bulunan faktörlerden biri yolcunun emniyet kemeri takmamasıdır (Volvo, 2017).

Tablo 1. 7 : A tipi kaza tablosu.

Kaza Tipi	Dağılım Oranı	Açıklama	Görsel
A1	%35-40	Senaryo: Ağır yük taşıtının yoldan çıktığı tek araç kazası. Çoğunlukla bir nesneye devrilme veya çarpışmayla sonuçlanır. Tipik neden: Sürücünün dikkatsizliği veya yorgunluğu, sürücü bir engelden kaçınmak için yoldan çıkar.	
A2	%20	Senaryo: Yolda devrilme veya yalpalama dengesizliği nedeniyle tek araç kazası. Genellikle bunu şeritten ayrılma, yoldan çıkma veya devrilme izler. Tipik neden: Aşırı hız, sürücünün dikkatsizliği veya yanlış yargıları, dengesiz araç kombinasyonu, kaygan yollar, lastik patlaması.	
A3	%5-10	Senaryo: Karşıdan gelen ağır yük taşıtıyla önden çarpışma. Sapma ve darbe açısı değişiklik gösterir. Ancak ana etki normalde sürücü tarafındadır. Tipik neden: Sürücünün dikkatsizliği, görüşün zayıf olduğu virajlar, dar veya kaygan yollar.	
A4	%15-20	Senaryo: Aynı yöne giden başka bir ağır yük taşıtıyla çarpışma (öndeki ağır yük taşıtının arkasına doğru sürüş). Sapma ve çarpma açısı büyük ölçüde değişiklik gösterir. Ancak ana etki normalde yolcu tarafında olur. Tipik neden: Sürücünün dikkatsizliği, sınırlı görüş mesafesi, kaygan yollar veya öndeki aracın yeterince dikkat çekici olmaması.	
A5	≤%5	Senaryo: Karşıdan gelen bir otomobil ile önden çarpışma. Sapma ve çarpma açısı değişir. Ancak ana etki normalde her iki aracın önünden yapılır. Ağır yük taşıtında yolcusunun yaralanması normalde ikincil bir senaryoda meydana gelir, örneğin devrilme veya yoldan çıkma. Tipik neden: Çoğu zaman aracın yanlış şeritte olması.	
A6	%5	Senaryo: Ağır yük taşıtının yoldaki nesneyle çarpışması(örneğin köprü veya köprü sütunları gibi). Tipik neden: Sürücünün dikkatsizliği, mesafe veya yükseklik konusunda yanlış karar vermesi.	
Diğer	≤%10	Senaryo örnekleri: Kavşakta ağır yük taşıtları arasında çarpışma (biri diğerinin yanına geçer). Kavşakta ağır yük taşıtları ile raylı araç arasında çarpışma (tren veya tramvay kamyon tarafına geçer). Tipik neden: Ağır yük taşıtları geçiş hakkı vermiyor veya örneğin kaygan yol veya yanlış değerlendirilmiş durma mesafesi nedeniyle duramıyor.	

1.1.2. B Tipi Kazalar

Ağır yük taşıtı kazalarının %50-55'i B tipi kaza çeşitlerinden oluşmaktadır (Tablo 1.7). Bunlar, otomobiller ve ağır vasıtalar arasında, araçtaki yolcuların ciddi şekilde yaralanmasına veya ölümüne neden olan kazalardır. Ağır vasıtalarla çarpışmalarda ölen otomobil yolcuları, tüm araba yolcu ölümlerinin yaklaşık % 16'sını oluşturmaktadır (Volvo, 2017).

En yaygın kaza türü ağır yük taşıtı ile otomobilin önden çarpışmasıdır (B1). Yüksek hızlar, araçlar arasındaki kütle ve geometri farklılıkları, yüksek çarpışma etkisine ve araçların önemli ölçüde deformasyonuna neden olur. İkinci en sık kaza türü, her iki aracın da aynı yöne giderken otomobilin önü ile ağır yük taşıtının arkası arasındaki çarpışmadır (B6). Araçlar arasındaki kütle farkı ve hız farkı araçların büyük ölçüde deformasyonuna, yaralanmalara ve ölümlere neden olur (Volvo, 2017). Bu kaza türünde otomobilin ağır yük taşıtına arkadan çarpması sonucu otomobilin ağır yük taşıtı altına girmesi, ağır yük taşıtı konstrüksiyonu nedeni ile otomobildeki yolcular için ciddi yaralanmalara ve ölümlere neden olabilmektedir.

Önden çarpışmalar (B1) ve karşıdan gelen otomobilin şeridi geçerken (B3) ağır yük taşıtına çarpan otomobil daha iyi bir yol altyapısı ile önlenabilir. Kırsal alanlardaki merkezi yol bariyerleri ve şekil 1.8'de gösterilen "İspanyol dönüşleri" bunlara örnek verilebilir (Volvo, 2017).



Şekil 1. 8 : İspanyol dönüşü.

Tablo 1. 8 : B tipi kaza tablosu.

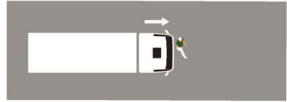
Kaza Tipi	Dağılım Oranı	Açıklama	Görsel
B1	%25-35	Senaryo: Karşıdan gelen bir otomobille önden çarpışma. Ofset ve darbe açısı değişiklik gösterir. Tipik neden: Çoğunlukla aracın kayması veya sollanması ya da sürücünün dikkatsizliğinden kaynaklanır. Bazen intihar girişimlerinden kaynaklanır.	
B2	%10	Senaryo: Karşıdan gelen bir otomobille çarpışma, yandan çarpma (kamyon önu asla arabaya çarpmaz). Kamyon üzerindeki ana deformasyon yan taraftadır. Tipik neden: Çoğunlukla aracın kayması veya sollanması veya sürücünün dikkatsizliğinden kaynaklanır.	
B3	≤%5	Senaryo: Karşıdan gelen bir otomobille yoldan çıkan ve doğrudan kamyonun önünde çarpışma. Kamyon arabaya yandan çarpar. Tipik neden: Otomobilin dikkatsizce yoldan çıkması, genellikle sınırlı görüş mesafesinden kaynaklanır.	
B4	%10	Senaryo: Aynı yöne giden araba ile çarpışma (öndeki arabanın arkasına doğru giderken). Ofset ve darbe açısı değişiklik gösterir. Tipik neden: Kamyon, dikkatsizlik, sınırlı görüş mesafesi veya aracın yeterince göze çarpmamasından kaynaklanır.	
B5	%10-15	Senaryo: Kavşakta araba ile çarpışma, ağır yük taşıtı taksinin yan tarafına çarpar. Tipik neden: Dikkatsizlik, sınırlı görünürlük nedeniyle geçiş hakkı verememek veya ağır yük taşıtı yeterince görülebilir olmadığı için.	
B6	%10-15	Senaryo: Aynı yöne giden taksi ile çarpışma(taksi ağır yük taşıtının arkasına çarpar). Tipik neden: Dikkatsizlik veya sınırlı görüş mesafesinden veya kamyonun yeterince dikkat çekici olmamasından kaynaklanır.	
B7	%5-10	Senaryo: Kavşakta taksi ile çarpışma, taksi ağır yük taşıtının yan tarafına çarpar. Tipik neden: Ağır yük taşıtı veya taksi(çoğu zaman taksi) dikkatsizlik, sınırlı görüş alanı veya diğer aracın yeterince dikkat çekici olmaması nedeniyle geçiş hakkını veremiyor.	
B8	%15-20	Senaryo: Şerit değiştirme, birleştirme veya kesme sırasında taksi ile çarpışma. Şerit değiştiren ağır yük taşıtı veya taksi olabilir. Bu nedenle iki araç yan yana çarpışır. Tipik neden: Çoğu zaman kamyondan kaynaklanır: dikkatsizlik, sınırlı görüş veya yoldan sapma.	
Diğer	≤%10	Senaryo örneği: Yavaş manevra yaparken, park ederken veya geri giderken araba ile çarpışma. Tipik neden: Dikkatsizlik veya sınırlı görünürlük.	

1.1.3. C Tipi Kazalar

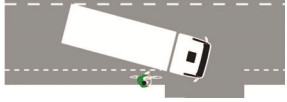
Ağır yük taşıtı kazalarının %30-35'i C tipi kaza çeşitlerinden oluşmaktadır (Tablo 1.8). Bunlar, savunmasız yol kullanıcılarında ciddi yaralanmalara veya ölümlere neden olan, savunmasız yol kullanıcıları ve ağır vasıtalar arasındaki kazalardır. Avrupa'daki tüm trafik ölümlerinin neredeyse yarısı savunmasız yol kullanıcı kazalarıdır. Tüm savunmasız yol kullanıcı ölümlerinin yaklaşık %10'u ağır vasıtaları içeren kazalardan kaynaklanmaktadır (Volvo, 2017).

Savunmasız yol kullanıcılarında ciddi yaralanmalara ve ölümlere neden olan en yaygın üç kaza türü, geçiş kazaları(C3), ağır yük taşıtının köşeyi döndüğü kazalar (C4) ve yandan silkeleme kazalarıdır(C5). Hem yayalar hem de bisikletliler için en yaygın ölümcül senaryo, genellikle yukarıda bahsedilen kaza türlerinin ikincil bir sonucu olarak ağır vasitanın bir veya daha fazla tekerleğinin savunmasız yol kullanıcılarının üzerinden geçmesidir (Volvo, 2017).

Tablo 1. 9 : C tipi kaza tablosu.

Kaza Tipi	Dağılım Oranı	Açıklama	Görsel
C1	%5	VRU: Ağırlıklı olarak yayalar. Senaryo: Düşük hızlı manevra sırasında veya kavşaklarda veya yaya geçitlerinde VRU ile çarpışma. Ağır yük taşıtının ön tarafına etki. Tipik neden: Kabinden sınırlı görüş (ön, sol veya sağ), yanlış ayarlanmış veya ön ve yan aynaların olmaması. VRU ile sürücü arasında iletişim eksikliği. Sürücü veya VRU stresli, dikkatsiz veya dikkati dağılmış. VRU: Ağırlıklı olarak yayalar. Senaryo: Düşük hızda geri giderken VRU ile çarpışma. Kamyon veya römorkun arkasından çarpışma.	
C2	%5	Genellikle malları teslim ederken dağıtım kamyonları veya çöp toplayıcıları. Tipik neden: Ağır yük taşıtının arkasında sınırlı görüş alanı. Harici sesli uyarı sinyali yeterli değil veya eksik. Kötü çalışma rutinleri veya bilgi eksikliği. Sürücü veya VRU stresli, dikkatsiz veya dikkati dağılmış. VRU: Yayalar (en yaygın), bisikletliler ve mopedliler. Senaryo: Kavşakta, orta veya yüksek hızda VRU ile çarpışma. Örneğin, VRU kavşaktan ağır yük taşıtının önünden aniden karşıya geçiyor.	
C3	%30	Tipik neden: VRU dikkatsizliği, yargı eksikliği veya ağır yük taşıtının hızına ilişkin yanlış yargı. Ağır yük taşıtının sürücüsünün dikkatsizliği veya sınırlı görüş alanı.	

Tablo 1. 8(devam): C tipi kaza tablosu.

Kaza Tipi	Dağılım Oranı	Açıklama	Görsel
C4	%20	VRU: Bisikletliler (en yaygın), yayalar ve mopedliler. Senaryo: Düşük hızda dönüşte (sağdan akan trafikte sağdan veya soldan akan trafikte soldan) VRU ile çarpışma. Ağır yük taşıtı dönerken sabit VRU'ya (genellikle kırmızı ışıktaki veya kavşakta) önden/yandan çarpması veya hareket halindeki bisikletlinin ağır yük taşıtına yandan çarpması. Tipik neden: Kabinden sınırlı görüş (yolcu tarafı), yanlış ayarlanmış veya yolcu yan aynasının olmaması. VRU ile sürücü arasındaki iletişim eksikliği veya VRU stresli, dikkatsiz veya dikkati dağılmış. Bisikletlinin ağır yük taşıtı hızını veya seyahat yönünü yanlış değerlendirmesi. VRU: Bisikletçiler, mopedliler ve motosikletliler.	
C5	%15	Senaryo: Şeritte VRU ile orta ila yüksek hızda çarpışma, örneğin şerit çıkışı, şerit değiştirme, birleştirme veya kesme sırasında. Ağır yük taşıtının yan tarafı VRU'ya çarpıyor. Tipik neden: Görüş eksikliği, karşıdan gelen trafiğin olduğu dar yollar, sürücü stresli, dikkatsiz veya dikkati dağılmış. VRU: Ağırıklı olarak mopedliler ve motosikletliler.	
C6	%5	Senaryo: Tüm hızlarda VRU ile önden çarpışma. Tipik neden: Ağır yük taşıtının veya VRU'nun şeritten çıkması (en yaygın), sollama, hız ve mesafenin yanlış yargılanması ve dikkatsizlik. VRU: Bisikletçiler, mopedler ve motosikletliler.	
C7	%5	Senaryo: VRU'nun öndeki ağır yük taşıtı arkasına veya yanına sürüş yönünde çarpışma, ağır yük taşıtı düşük hızda ve VRU orta ila yüksek hızda. Tipik neden: VRU'nun dikkat eksikliği, ağır yük taşıtı hızının yanlış yargılanması veya ağır yük taşıtının yeterince göze çarpmaması. VRU: Yayalar, bisikletliler, mopedliler ve motosikletliler.	
C8	%5	Senaryo: Ağır yük taşıtının ilerideki VRU'ya, yol çalışanları veya lastik değiştiren insanlar gibi yoldaki diğer korunmasız kişilerle çarpışma. Tipik neden: Sürücü dikkatsizliği, VRU beklenmedik şekilde davranır, öndeki VRU'ya çok kısa mesafe, VRU yeterince göze çarpmaz. VRU: Yayalar, bisikletliler, mopedliler ve motosikletliler.	
Diğer	≤%5-10	Senaryo örneği: Park ederken veya yavaşça dönerken (geri giderken) kamyonun VRU'ya çarptığı çarpışma. Tipik neden: Sınırlı görüş, dikkati dağılmış sürücü, dikkati dağılmış VRU, yanlış mesafe yargısı. VRU: Yayalar. Senaryo örneği: VRU atlar veya kamyonun önüne uzanır. Tipik neden: İntihar.	

BÖLÜM 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Araç Kategoriler

2.1.1. M Kategorisi

Öncelikli olarak yolcuların ve eşyalarının taşınması amacıyla tasarlanmış ve imal edilmiş motorlu araçlar (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2020; Avrupa Parlamentosu, 2018).

2.1.1.1. M1 kategorisi

Sürücü oturma yerine ilave olarak sekizden fazla oturma yeri olmayan M kategorisi araçlardır (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2020; Avrupa Parlamentosu, 2018).

M1 kategorisi araçlar yolcuların ayakta duracağı alana sahip olmamalıdır.

Oturma yerlerinin sayısı birle sınırlanabilir (sürücü oturma yeri).

2.1.1.2. M2 kategorisi

Sürücü oturma yerine ilave olarak sekizden fazla oturma yeri olan ve 5 tonu aşmayan bir azami kütleye sahip M kategorisi araçlardır (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2020; Avrupa Parlamentosu, 2018).

M2 kategorisi araçlar, oturma yerlerine ilave olarak yolcuların ayakta duracağı alana sahip olabilir (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2020; Avrupa Parlamentosu, 2018).

2.1.1.3. M3 kategorisi

Sürücü oturma yerine ilave olarak sekizden fazla oturma yeri olan ve 5 tonu aşan bir azami kütleye sahip M kategorisi araçlardır (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2020; Avrupa Parlamentosu, 2018).

M3 kategorisi araçlar, yolcuların ayakta duracağı alana sahip olabilir.

2.1.2. N Kategorisi

Öncelikli olarak yük taşıma amacıyla tasarlanmış ve imal edilmiş motorlu araçlar (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2020; Avrupa Parlamentosu, 2018).

2.1.2.1. N1 kategorisi

Azami kütlesi 3,5 tonu aşmayan N kategorisi araçlar (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2020; Avrupa Parlamentosu, 2018).

2.1.2.2. N2 kategorisi

Azami kütlesi 3,5 tonu aşan, 12 tonu aşmayan N kategorisi araçlar (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2020; Avrupa Parlamentosu, 2018).

2.1.2.3. N3 kategorisi

Azami kütlesi 12 tonu aşan N kategorisi araçlar (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2020; Avrupa Parlamentosu, 2018).

2.1.3. O Kategorisi

Yük veya insan taşınması, aynı zamanda insanların yaşaması amacıyla tasarlanmış ve imal edilmiş römorklardır (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2020; Avrupa Parlamentosu, 2018).

2.1.3.1. O1 kategorisi

Azami kütlesi 0,75 tonu aşmayan O kategorisi araçlar (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2020; Avrupa Parlamentosu, 2018).

2.1.3.2. O2 kategorisi

Azami kütlesi 0,75 tonu aşan, 3,5 tonu aşmayan O kategorisi araçlar (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2020; Avrupa Parlamentosu, 2018).

2.1.3.3. O3 kategorisi

Azami kütlesi 3,5 tonu aşan, 10 tonu aşmayan bir sahip O kategorisi araçlar (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2020; Avrupa Parlamentosu, 2018).

2.1.3.4. O4 kategorisi

Azami kütlesi 10 tonu aşan O kategorisi araçlar (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2020; Avrupa Parlamentosu, 2018).

2.2. O Kategorisi Araç Çeşitleri

Motorlu Araçlar ve Römorkları İle Bunların Aksam, Sistem ve Ayrı Teknik Ünitelerinin Tip Onayı ve Piyasa Gözetimi ve Denetimi Hakkında Yönetmeliğinde(AB/2018/858) O kategorisi araçlar dört sınıfa ayrılmıştır (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2020; Avrupa Parlamentosu, 2018).

2.2.1. Yarı Römork(DA)

Çekiciye veya dolly'e bağlanmak için ve çekici araç üzerinde veya dolly üzerine önemli bir düşey yük transfer etmek için tasarımılanan ve imal edilen bir römork. Bir araç birleşimi için kullanılan kavrama, king pin ve bir beşinci tekerden oluşur (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2020; Avrupa Parlamentosu, 2018).

2.2.2. Tam Römork(DB)

En az iki dingili olan ve bunlardan en az biri dümenlenebilir dingil olan bir römorklar (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2020; Avrupa Parlamentosu, 2018). Tam römorklar aşağıda belirtilen özelliklere uygun olmalıdır.

- a) Dikey hareket edebilen bir çekme cihazı ile donatılan (römorka göre) ve
- b) Çekici araca statik düşey bir yük olarak 100 daN'dan daha az ileten

2.2.3. Merkezi Dingilli Römork(DC)

Römorkun maksimum kütlesine göre %10 u geçmeyen veya 1000 daN'luk (hangisi daha az ise) küçük statik düşey bir yükün çekici araca iletildiği, dingil/dingilleri aracın ağırlık merkezine yakın konumlandırılmış bir römork (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2020; Avrupa Parlamentosu, 2018).

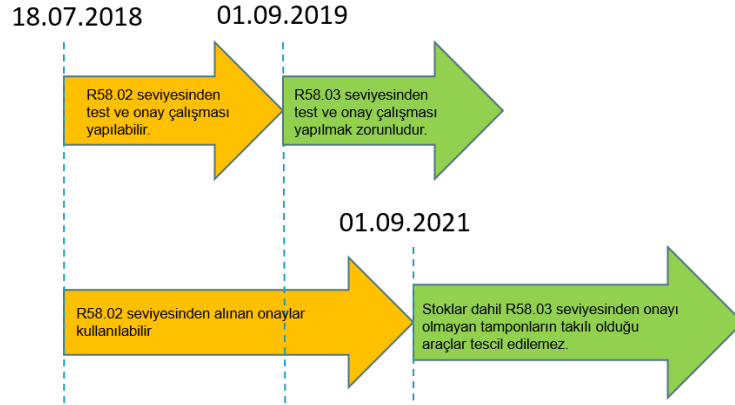
2.2.4. Sabit Çeki Oklu Römork(DE)

Yapımı nedeniyle çekici araca 4000 daN'u geçmeyen bir statik yük ileten ve merkez dingil römorku tanımını karşılamayan, çeki oku ile donatılmış bir dingil gruplu veya bir dingilli römork. Bir araç kombinasyonu için kullanılan kavrama, bir king pin ve bir beşinci tekerden oluşmamalıdır (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2020; Avrupa Parlamentosu, 2018).

2.3. Regülasyon 58.02 ve 03 Seviyesi Yürürlük Tarihleri

Şekil 2.1'de tariflendiği şekilde 01.09.2019 tarihine kadar imalatçılar tarafından Regülasyon 58.02 seviyesinden test ve belgelendirmesi yapılan tamponların 01.09.2021 tarihine kadar regülasyon 58.03 seviyesine göre test ve belgelendirmesi yapılmak zorundadır (United Nations, 2017).

Regülasyon 58.03 mevzuatına göre 01.09.2021 tarihinden sonra bu mevzuatta belirtilen şartlara göre test ve belgelendirilmesi yapılmayan tamponların araçta takılı bulunması durumunda aracın trafik tescilinin yapılmayacağı hükmü yer almaktadır (United Nations, 2017).



Şekil 2. 1: R58.03 geçiş tarihleri.

2.4. Arka Koruma Donanımı Tasarımında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Regülasyon 58'e göre arka koruma donanımları üç bölümde incelenmektedir (United Nations, 2017).

- a) Arka koruma donanımı onayları.
- b) Onaylı bir arka koruma donanımının araca montajına ilişkin onay.
- c) Arka koruma donanımına sahip araç onayı.

2.4.1. Arka Koruma Donanım Onayları

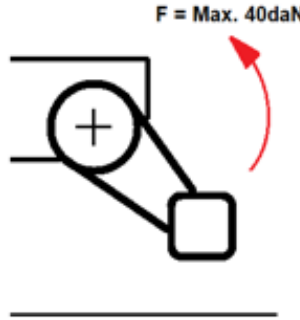
Bu kapsamda test ve onay çalışması yapılan arka koruma donanımları ayrı teknik ünite donanımdır. Araç imalatçısının bu onaylı donanımı araca takabilmesi için, onaylı bir arka koruma donanımının araca montajına ilişkin onay alması gerekir. Araç imalatçısı aynı zamanda arka koruma donanımı imalatçısı ise her iki bölümde belirtilen onayları alması gerekir(United Nations, 2017).

Arka koruma donanımı aşağıda belirtilen şartlara uygun olmalıdır.

1. Arka koruma donanımı kros kesit yüksekliği asgari 120 mm olmalıdır. M, N1, O1, O2, azami kütlesi 8 tonu geçmeyen N2 kategorisi araçlar ve bunların G kategorisine sahip versiyonlarında kuyruk kaldırma platformu bulunması durumunda asgari kros kesit yüksekliği 100 mm olmalıdır (United Nations, 2017).
2. Arka koruma donanımı yan uçları arkaya doğru bükümlü olmamalı ve keskin köşelere sahip olmamalıdır. Köşeler asgari 2,5 mm radüslü olmalıdır (United Nations, 2017).

3. Arka koruma donanımı birden fazla konumda konumlandırılabilir olarak tasarlanabilir. Bu durumda herhangi bir kasıtsız pozisyon değişikliğini önlenmesi ve istenilen konumda kullanımını güvence altına alan bir yöntem kullanılmalıdır. Cihazın konumunu değiştirmek için operatör tarafından uygulanan kuvvet 40 daN'ı geçmemelidir (United Nations, 2017).

Aracın arkasında birkaç pozisyona sahip olacak şekilde tasarlanmış arka koruma donanımlarında, operatörü standart konumu hakkında bilgilendirmek ve hatalı kullanıma etkili önlem almak için asgari 60x120 mm ölçülerinde, şekil 2.2'de örneği verildiği şekilde, üzerinde sembollerin veya donanımın satıldığı ülkenin dilinde bilgilendirici bilgilerin bulundurduğu bir etiket bulunmalıdır (United Nations, 2017).



Şekil 2. 2 : Kalkar tampon etiket görseli.

4. Şekil 2.3'de görseli verildiği şekilde araçta kuyruk kaldırma platformu bulunması durumunda arka koruma donanımı kesintiye uğrayabilir. Bu durumda aşağıda belirtilen özel gereksinimler geçerlidir (United Nations, 2017).



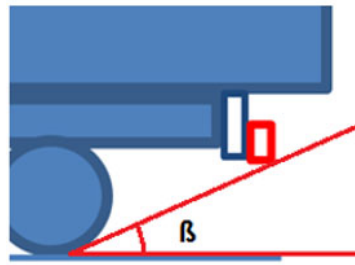
Şekil 2. 3 : Kuyruk kaldırma platformu.

- a) Kaldırıcı çalıştırıldığında kesinti boyunca hareket eden ve kesintiyi gerekli kılan, alt tertibat elemanları ile kuyruk kaldırma platformu elemanları arasında ölçülen maksimum yanal boşluk 2,5 cm'den fazla olamaz (United Nations, 2017).
- b) Kalıdrma mekanizması dışta olanlarda dahil olmak üzere arka koruma donanımının münferit unsurları 420 cm²'lik etki yüzey alanına sahip olacaktır. Kesit yüksekliği 120 mm'den daha az sahip arka koruma donanımında bu etki yüzey alanı asgari 350 cm² olmalıdır (United Nations, 2017).

2.4.2. Onaylı Bir Arka Koruma Donanımının Araca Montajına İlişkin Onay

Onaylı bir arka koruma donanımı aşağıdaki şartlara uygun olarak araca montajı yapılmalıdır (United Nations, 2017).

1. N3, O3, O4 ve azami kütlesi 8 tonu aşan N2 kategorisi araçlar yüksüz olsa bile koruyucu tertibatın alt tarafına göre yerden yükseklik aşağıda belirtilen kriterlere uygun olmalıdır (United Nations, 2017).
 - a) Hidropnömatik, hidrolik veya pnömatik süspansiyonlu veya yüke göre otomatik seviye ayarı yapan bir cihaz bulunan motorlu araçlar ve römorklar için azami 450 mm. Her durumda şekil 2.4'de gösterildiği şekilde ISO 612: 1978'e göre 8° 'ye kadar olan uzaklaşma açısının sağlanması için azami 550 mm'ye kadar yüksekliğin gereksinimleri karşıladığı kabul edilir (United Nations, 2017).



Şekil 2. 4 : Uzaklaşma açısı.

- b) A şıkkında belirtilen araçlar dışındaki araçlar için 500 mm veya ISO 612: 1978'e göre 8° olan uzaklaşma açısından hangisi daha düşükse. Her durumda şekil 2.4'de gösterildiği şekilde ISO 612: 1978'e göre 8° 'ye kadar

olan uzaklaşma açısının sağlanması için azami 550 mm'ye kadar yüksekliğin gereksinimleri karşıladığı kabul edilir (United Nations, 2017).

2. M, N1, O1, O2 ve azami kütlesi 8 tonu aşmayan N2 kategorisi araçlar yüksüz olsa bile koruma donanımının yerden yüksekliği 550 mm yi aşmayacaktır. Test kuvvetleri uygulama noktalarının zeminden yüksekliği azami 600 mm olacaktır (United Nations, 2017).
3. Arka koruma donanımının genişliği, arka dingilin genişliğini hiçbir noktada aşmayacak ve lastiklerin yere yakın yüzeylerindeki şişkinlik hariç tekerlerin yan yüzeyinden 100 mm'den fazla içeride olmayacaktır. Donanımın arka dingil genişliğini aşan üstyapının içinde bulunması veya bu gövdeyi içerdiği durumlarda arka koruma donanımı genişliğinin arka dingil genişliğini aşmaması gerekliliği uygulanmayacaktır. Bununla birlikte O1 ve O2 kategorisindeki araçlarda lastiklerin yarısından fazlası üstyapı dışında (tekerlek siperleri hariç) veya üstyapının bulunmaması durumunda şasinin dışına çıkıntı yaptığıında arka koruma donanımı genişliği, lastiklerin yere yakın yüzeylerindeki şişkinlik hariç tekerlerin iç yan yüzeyinden 100 mm'den daha az olmayacaktır. Birden fazla arka dingil olduğunda dikkate alınması gereken genişlik en geniş arka dingildir (United Nations, 2017).
4. M, N1, O1, O2 ve azami kütlesi 8 tonu aşmayan N2 kategorisi araçlarda herhangi bir kuyruk kaldırma platformu donanımları dahil olmak üzere, aracın en arka noktası ile arka koruma donanımının arkaya bakan yüzeyi arasındaki mesafe, test sırasında ölçülen ve kaydedilen noktaların herhangi birindeki hem plastik hemde elastik deformasyon dahil en büyük toplam deformasyonla 400 mm'yi geçemez. Bu mesafenin ölçülmesinde, aracın her yükleme durumu için yerden 2 m'den daha yüksek olan herhangi bir parçası hariç tutulacaktır (United Nations, 2017).

N3, O3, O4 ve azami kütlesi 8 tonu aşan N2 kategorisi araçların kuyruk kaldırma platformu ile donatılması veya damper römork olarak tasarlanması durumunda yukarıda belirtilen gereksinimler geçerlidir. Bununla birlikte, bu kategori araçlar için arka koruma donanımına test kuvvetleri uygulanmadan önce aracın arkasına olan mesafe 300 mm'yi aşamaz (United Nations, 2017).

O3 ve O4 kategorilerindeki araçlarında herhangi bir kuyruk kaldırma platformu donanımı bulunmaması veya damperli römork olarak tasarlanmaması durumunda test kuvvetleri uygulanmadan önce azami yatay mesafe 200 mm'ye düşürülür. Test kuvvetlerinin uygulandığı noktalardan herhangi birinde test sırasında plastik ve elastik deformasyon her ikisi de dahil olmak üzere en büyük toplam deformasyonla 300 mm'yi aşamaz (United Nations, 2017).

Her durumda, örneğin kauçuk tamponlar, esnek tamponlar, menteşeler ve mandallar, arka lambalar gibi herhangi bir yönde 50 mm'den küçük yapısal olmayan çıkıntılar arka uçtan geriye olan mesafenin belirlenmesinin dışında tutulacaktır (United Nations, 2017).

Test kuvvetlerinin uygulanmasından önce arka koruma donanımının tekli, parçalı veya eğimli bir traversinin izin verilen maksimum yatay mesafesi, aracın uzunlamasına düzleminde en ön noktada ölçülen travesin arkası ile en arkaya bakan noktada ölçülen traversin arka kısmı arasında 100 mm'dir (United Nations, 2017).

5. N3, O3, O4 ve azami kütlesi 8 tonu aşan N2 kategorisi araçlara test kuvvetleri uygulandıktan sonra koruyucu donanımın zeminden olan açıklığı araç yüksüz konumuna göre test kuvvetleri uygulanmadan önceki konumuna göre 60 mm'den fazla artış olmamalıdır. Uzaklaşma açısı 8° 'ye kadar olan araçlar için maksimum yerden yükseklik 600 mm'yi aşmayacaktır (United Nations, 2017).

2.4.3. Arka Koruma Donanımına Sahip Araç Onayı

Araç gövdesi, şasi parçaları veya diğer bileşenler aşağıda belirtilen şartlara uyması durumunda tamamen veya kısmen arka koruma donanımı şartlarına uygun olduğu kabul edilir (United Nations, 2017).

1. N3, O3, O4 ve azami kütlesi 8 tonu aşan N2 kategorisi araçlar yüksüz olsa bile koruyucu tertibatın alt tarafına göre yerden yükseklik aşağıda belirtilen kriterlere uygun olacaktır (United Nations, 2017).
 - a) Hidropnömatik, hidrolik veya pnömatik süspansiyonlu veya yüke göre otomatik seviye ayarı yapan bir cihaz bulunan motorlu araçlar ve

römorklar için azami 450 mm. Her durumda ISO 612: 1978'e göre 8° 'ye kadar olan uzaklaşma açısının sağlanması için azami 550 mm'ye kadar yüksekliğin gereksinimleri karşıladığı kabul edilir (United Nations, 2017).

b) A şikkında belirtilen araçlar dışındaki araçlar için 500 mm veya ISO 612: 1978'e göre 8° olan uzaklaşma açısından hangisi daha düşükse. Her durumda ISO 612: 1978'e göre 8° 'ye kadar olan uzaklaşma açısının sağlanması için azami 550 mm'ye kadar yüksekliğin gereksinimleri karşıladığı kabul edilir (United Nations, 2017).

2. M, N1, O1, O2 ve azami kütlesi 8 tonu aşmayan N2 kategorisi araçlar yüksüz olsa bile koruma donanımının yerden yüksekliği 550 mm yi aşmayacaktır. Test kuvvetleri uygulama noktaları azami 600 mm olacaktır (United Nations, 2017).

3. M, N1, O1, O2 ve azami kütlesi 8 tonu aşmayan N2 kategorisi araçlarda arka koruma donanımı aracın mümkün olduğunca arkasına yakın yerleştirilmelidir. Herhangi bir kuyruk kaldırma platformu donanımları dahil olmak üzere, aracın en arka noktası ile arka koruma donanımının arkaya bakan yüzeyi arasındaki mesafe test kuvvetleri uygulandığında 400 mm'yi geçemez (United Nations, 2017).

N3, O3, O4 ve azami kütlesi 8 tonu aşan N2 kategorisi araçların kuyruk kaldırma platformu ile donatılması veya damper römork olarak tasarlanması durumunda yukarıda belirtilen gereksinimler geçerlidir. Bununla birlikte, bu kategori araçlar için arka koruma donanımına test kuvvetleri uygulanmadan önce aracın arkasına olan mesafe 300 mm'yi aşamaz (United Nations, 2017).

O3 ve O4 kategorilerindeki araçlarında herhangi bir kuyruk kaldırma platformu bulunmaması ve bir damperli römork olarak tasarlanmaması durumunda test kuvvetleri uygulanmadan önce azami yatay mesafe 200 mm, test kuvvetleri uygulandığında aşamaz (United Nations, 2017).

Her durumda, örneğin kauçuk tamponlar, esnek tamponlar, menteşeler ve mandallar, arka lambalar gibi herhangi bir yönde 50 mm'den küçük yapısal olmayan çıkıntılar arka uçtan geriye olan mesafenin belirlenmesinin dışında tutulacaktır (United Nations, 2017).

Test kuvvetlerinin uygulanmasından önce arka koruma donanımının tekli, parçalı veya eğimli bir traversinin izin verilen maksimum yatay mesafesi, aracın uzunlamasına düzleminde en ön noktada ölçülen traversin arkası ile en arkaya bakan noktada ölçülen traversin arka kısmı arasında 100 mm'dir (United Nations, 2017).

4. Arka koruma donanımının genişliği arka dingilin genişliğini hiçbir noktada aşmayacak ve lastiklerin yere yakın yüzeylerindeki şişkinlik hariç tekerlerin yan yüzeyinden 100 mm'den fazla içeride olmayacaktır. Donanımın arka dingil genişliğini aşan üstyapının içinde bulunması veya bu gövdeyi içerdiği durumlarda arka koruma donanımı genişliğinin arka dingil genişliğini aşmaması gerekliliği uygulanmayacaktır. Bununla birlikte O1 ve O2 kategorisindeki araçlarda lastiklerin yarısından fazlası üstyapı dışında (tekerlek siperleri hariç) veya üstyapının bulunmaması durumunda şasinin dışına çıkıntı yaptığında arka koruma donanımı genişliği, lastiklerin yere yakın yüzeylerindeki şişkinlik hariç tekerlerin iç yan yüzeyinden 100 mm'den daha az olmayacaktır. Birden fazla arka dingil olduğunda dikkate alınması gereken genişlik en geniş arka dingilinkidir (United Nations, 2017).

5. Arka koruma donanımı kros kesit yüksekliği asgari 120 mm olmalıdır. Arka koruma donanımı yan uçları arkaya doğru bükümlü olmamalı ve keskin köşelere sahip olmamalıdır. Köşeler asgari 2,5 mm radüslü olmalıdır (United Nations, 2017).

M, N1, O1, O2, azami kütlesi 8 tonu aşmayan N2 kategorisi araçlar ve bunların G kategorisine sahip versiyonlarında kuyruk kaldırma platformu bulunması durumunda asgari kros kesit yüksekliği 100 mm olmalıdır (United Nations, 2017).

6. Arka koruma donanımı birden fazla konumda konumlandırılabilir olarak tasarlanabilir. Bu durumda herhangi bir kasıtsız pozisyon değişikliğini önlenmesi ve istenilen konumda kullanımını güvence altına alan bir yöntem kullanılmalıdır. Cihazın konumunu değiştirmek için operatör tarafından uygulanan kuvvet 40 daN'ı geçmemelidir (United Nations, 2017).

Aracın arkasında birkaç pozisyona sahip olacak şekilde tasarlanmış arka koruma donanımlarında asgari 60x120 mm ölçülerinde, donanımın satıldığı ülkenin

dilinde bilgilendirici bilgilerin bulunduğu bir etiket bulunmalıdır (United Nations, 2017).

Operatöre arka koruma donanımının standart konumu hakkında bilgi vererek hatalı kullanıma karşı etkili koruma sağlamak için, etiket aracın arka alanında arka koruma donanımının yanına açıkça ve kalıcı olarak görünür şekilde yerleştirilecektir (United Nations, 2017).

7. Arka koruma donanımı aracın boylamasına eksenine paralel olarak uygulanan kuvvetlere yeterli direnç sunacak ve sürüş pozisyonundayken şasi yan elemanlarına veya bunların yerine geçen her şeye bağlanacaktır. Herhangi bir kuyruk kaldırma platformu dahil olmak üzere test kuvvetlerinin uygulanması sırasında ve sonrasında arka koruma donanımının arkası ile aracın arka ucundaki en arkaya bakan nokta arasındaki yatay mesafe 400 mm'yi geçemez. Bu mesafenin ölçülmesinde, aracın yüksüz haldeyken yerden 2 m'den daha yüksek olan herhangi bir kısmı hariç tutulacaktır (United Nations, 2017).

N3, O3, O4 ve azami kütlesi 8 tonu aşan N2 kategorisi araçlara test kuvvetleri uygulandıktan sonra koruyucu donanımın zeminden olan açıklığı araç yüksüz konumuna göre test kuvvetleri uygulanmadan önceki konumuna göre 60 mm'den fazla artış olmamalıdır. Uzaklaşma açısı 8° 'ye kadar olan araçlar için maksimum yerden yükseklik 600 mm'yi aşmayacaktır (United Nations, 2017).

8. Araçta kuyruk kaldırma platformu bulunması durumunda arka koruma donanımı kesintiye uğrayabilir. Bu durumda aşağıda belirtilen özel gereksinimler geçerlidir (United Nations, 2017).

- a) Kaldırıcı çalıştırıldığında kesinti boyunca hareket eden ve kesintiye gerekli kılan, alt tertibat elemanları ile kuyruk kaldırma platformu elemanları arasında ölçülen maksimum yanal boşluk 2,5 cm'den fazla olamaz (United Nations, 2017).
- b) Kalıdrma mekanizması dışta olanlarda dahil olmak üzere arka koruma donanımının münferit unsurları 420 cm²'lik etki yüzey alanına sahip olacaktır. Kesit yüksekliği 120 mm'den daha az sahip arka koruma donanımında bu etki yüzey alanı asgari 350 cm² olmalıdır (United Nations, 2017).

2.5. Test Koşulları ve Kuralları

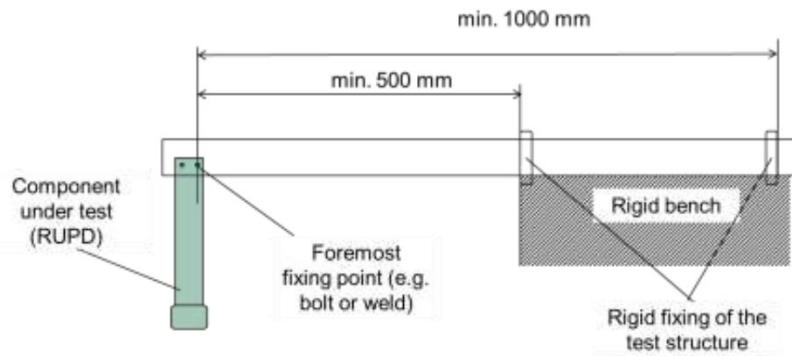
2.5.1. Arka Koruma Donanımı İçin Test Koşullar

1. Üreticinin talebi üzerine test şu şekilde yapılabilir (United Nations, 2017):

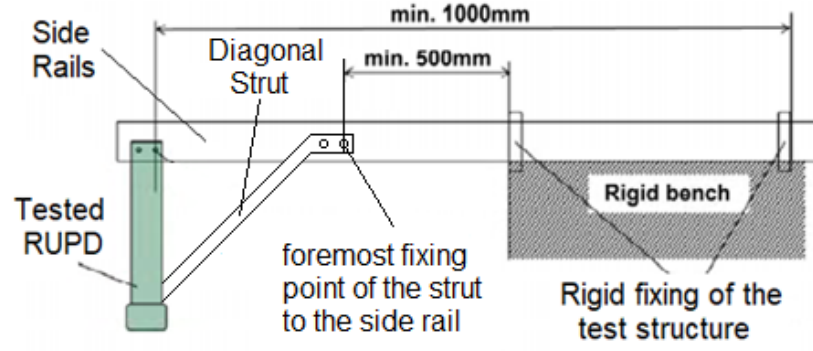
- a) Arka koruma donanımı testi kullanımı amaçlandığı tipteki bir araçta yapılmak istendiğinde 2. paragrafta belirtilen koşullara uyulacaktır; veya
- b) Arka koruma donanımı amaçlandığı araç tipi şasisinin bir kısmında; bu kısım söz konusu araç tiplerini temsil eder.

2. 1. Maddenin b bendi seçilmesi durumunda; arka koruma donanımının araç şasisinin bir kısmına bağlamak için kullanılan parçalar, araca monte edildiğinde arka koruma donanımını sabitlemek için kullanılan parçalara eşdeğer olacaktır. Arka koruma donanımı şekil 2.5 ve şekil 2.6'da gösterildiği gibi, yerine getirilmesi gereken asgari gereksinimleri temsil eden bir test tezgahına sabitlenmelidir. Yan ray olarak kullanılan yapılar arka koruma donanımının kullanılmasının amaçlandığı araç şasisini temsil etmelidir (United Nations, 2017).

Arka koruma donanımının öndeki bağlantı noktası ile sabit deney tezgahı arasındaki mesafe 500 mm'den az olmayacaktır. Şekil 2.6'da görüldüğü üzere, arka koruma donanımını desteklemek için çapraz bir destek kullanılıyorsa bu mesafe, çapraz desteğin yan raylar üzerindeki bağlantı noktası ile sabit test tezgahı arasındaki mesafe olarak ölçülecektir (United Nations, 2017).



Şekil 2. 5 : Arka koruma donanımının test tezgahına yerleşimi.



Şekil 2. 6 : Çapraz destekli arka koruma donanımının test tezgahına yerleşimi.

3. Üreticinin talebi ve teknik servisin onayı ile arka koruma donanımı testi matematiksel yöntemle yapılabilir. Matematiksel model, gerçek test koşulları ile karşılaştırılarak doğrulanacaktır. Bu amaçla, matematiksel model kullanılırken elde edilen sonuçların fiziksel bir testin sonuçlarıyla karşılaştırılması amacıyla bir fiziksel test yapılacaktır. Test sonuçlarının karşılaştırılabilirliği kanıtlanacaktır. İmalatçı veya teknik servis tarafından bir doğrulama raporu hazırlanacak ve tip onay otoritesine sunulacaktır (United Nations, 2017).

Yeni bir doğrulama sürecinin yürütülmesini gerektirebilecek, matematiksel modelde veya yazılımda yapılan doğrulama raporunu geçersiz kılma ihtimali olan herhangi bir değişiklik tip onay otoritesinin onayına sunulacaktır (United Nations, 2017).

2.5.2. Araçlar İçin Test Koşulları

- a) Araç düz, sabit ve pürüzsüz bir yüzeyde durmalıdır (United Nations, 2017).
- b) Ön tekerlekler düz konumda olmalıdır (United Nations, 2017).
- c) Lastikler, araç imalatçısı tarafından tavsiye edilen basınçta şişirilecektir (United Nations, 2017).
- d) Hidro pnömatik, hidrolik veya pnömatik süspansiyon ile donatılmış araçlar veya otomatik seviye ayarı donanımına sahip araçlar, imalatçı tarafından belirtilen normal sürüş konumunda test edilecektir (United Nations, 2017).

2.5.3. Test Şartları

1. Test kuvvetleri 250 mm yüksekliğinde, 200 mm genişliğinde ve kenarları 5 ± 1 mm radüs ile yuvarlatılmış bir plaka ile ayrı ayrı ve art arda uygulanacaktır. Arka koruma aracın boylamasına eksenine paralel uygulanan kuvvetlere yeterli direnç sunacaktır. Test plakası arka korumaya sabitlenmeyecek ve tüm yönlerde mafsallı olacaktır. Kuvvetlerin uygulanma sırası imalatçı tarafından belirtilebilir (United Nations, 2017).

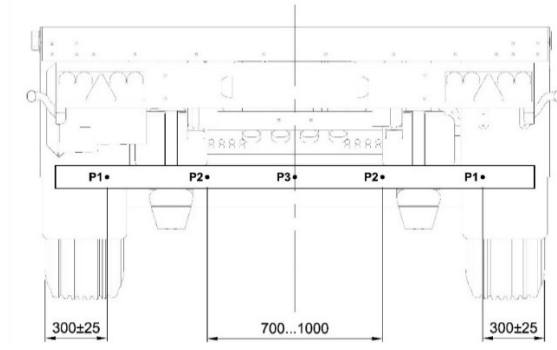
Test kuvvetini belirtilen düz yüzey üzerinde dağıtmak için kullanılan plaka, bir döner mafsallı aracılığıyla kuvvet aktüatörüne bağlanmalıdır. Çekmeli veya itmeli kuvvet aktüatörünün düzeni, alt koruma sistemi yapısına herhangi bir sertlik veya stabilite eklemeyecek, yani ne dengesizlik eşik kuvvetini artırmayacak ne de alt koruma sisteminin maksimum sapmasını azaltmayacak şekilde düzenlenecektir (United Nations, 2017).

- a) Şekil 2.7’de tariflendiği şekilde aracın azami yüklü kütlesinin %85’i veya 180 kN kuvvetlerden hangisi daha küçük ise P2 test kuvveti olarak belirlenir. Şekil 2.8’de görüldüğü gibi donanımın yada aracın orta ekseninden simetrik olarak iki P2 noktası arasındaki mesafe 700 mm ila 1000 mm arasında imalatçı tarafından belirlenir. Kuvvet belirlenen noktalara arka arkaya uygulanır (United Nations, 2017).

Yukarıdaki hükme rağmen, yükleme alanı kabin ile ayrı olmayan ve azami kütlesi 8 tonu geçmeyen N2 kategorisi araçlar için yatay kuvvetler 100 kN veya yüzde 50’ye düşürülebilir (United Nations, 2017).



Şekil 2. 7 : Test yükleri.



Şekil 2. 8 : Test noktaları.

- b) Madde 2.4.1 ve 2.4.3’de tarifli arka koruma donanımları için Şekil 1.14’de tariflendiği şekilde aracın azami yüklü kütlesinin %50’si veya 100 kN kuvvetlerden hangisi daha küçük ise P1 ve P3 test kuvveti olarak belirlenir. P1 test noktası, lastiklerin dış yanaklarından 300 mm ± 25 mm içeride olacak şekilde, P3 test noktası arka koruma donanımı veya aracın orta noktası olarak belirlenir (United Nations, 2017).

Yukarıdaki hükme rağmen, yükleme alanı kabin ile ayrı olmayan ve azami kütlesi 8 tonu geçmeyen N2 kategorisi araçlar için yatay kuvvetler 50 kN veya yüzde 25’e düşürülebilir (United Nations, 2017).

- c) Aşağıda belirtilen araçlar için, üreticinin talebi üzerine kuvvet seviyeleri a bendinde belirtilen gerekliliğin yüzde 80’ine düşürülebilir (United Nations, 2017).

- Devirme gövdeli araçlar;
- Arkada bir kuyruk kaldırma platformu bulunan araçlar.

2.6. Çalışmanın Kapsamı ve Amacı

Kaza tipleri arasında, otomobilin ağır yük taşıtına arkadan çarpması(B6 tipi kaza) durumunda Regülasyon 58 mevzuatına göre araçlarda bulunması gereken arka koruma donanımı hayati önem taşımaktadır. B6 tipi kaza görseli şekil 2.9’de verilmiştir.

B6 kaza tipinde ağır yük taşıtın üzerinde bulunan arka koruma donanımı, otomobilin hızı ve kütlesine bağlı olarak ortaya çıkan çarpışma kuvveti ile deforme olarak otomobilin ağır yük taşıtı altına girmesine engel olamamaktadır.



Şekil 2. 9 : B6 tipi kaza görseli.

Bu tür kazalarda yaşanan ölüm oranlarının düşürülmesi için Regülasyon 58 mevzuatında güncelleme yapılarak 03 seviyesi yayınlanmıştır. Regülasyon 58.03 seviyesinde arka koruma donanımı imalatçıları için önemli değişiklikler yapılmıştır.

Çalışmada, Regülasyon 58.03 seviyesinde tariflenen yeni arka koruma donanımı tasarımı yapılmıştır. Yapılan tasarım, sonlu elemanlar yöntemi ile analiz edilmiş, analiz sonuçlarına göre arka koruma donanımı ve araç şasisi üzerinde optimizasyonlar yapılmış ve arka koruma donanımı tasarımında dikkat edilmesi gereken kritik noktalar tespit edilmiştir.

Araç donanımlarının ağırlıkları toplam araç boş ağırlığını, dolayısıyla aracın taşıyabileceği yük miktarını etkilemektedir. Bu nedenle arka koruma donanımının maliyet kriteri dikkate alınarak asgari ağırlıkta üretilmesi büyük önem arz etmektedir.

Tasarım çalışmalarında ön doğrulama işlemleri için sonlu elemanlar yöntemi ile analiz çalışmaları yapılmıştır. Analizler çalışmalarında ANSYS ve Ls-Dyna yazılımları kullanılmıştır.

Tasarım çalışmalarında analiz sonuçlarının doğru değerlendirilebilmesi için Regülasyon 58.02 seviyesine göre statik testi yapılan arka koruma donanımının sonlu elemanlar yöntemi ile analiz çalışması yapılarak statik test sonucuna ne derece yaklaştığı tespit edilmiştir.

BÖLÜM 3. SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE YAPILAN ANALİZ SONUÇLARININ DOĞRULANMASI

Sonlu elemanlar yöntemi ile analiz çalışmaları karmaşık mühendislik hesaplamalarının çözümünde etkin olarak kullanılan bir yöntemdir (Şen, 2017). Sonlu elemanlar yöntemindeki temel mantık, karmaşık bir problemi parçalara ayırarak küçük problemler haline getirerek çözümünü sağlamaktır. Bu yöntemde çözüm bölgesi sonlu eleman olarak adlandırılan küçük parçalara bölünür. Bu sonlu elemanlar birbirine düğüm noktaları adı verilen noktalarla bağlanır. Her bir sonlu elemanın davranışı diferansiyel denklemlerle tanımlanır. Sonlu elemanların boyutlarının küçülmesi doğru sonuca etki ederken, boyutunun küçülmesi nedeni ile analizi yapılmak istenen ürünlerdeki sonlu eleman sayısının artması çözülecek diferansiyel denklem sayısını arttırdığından işlem uzun sürmektedir (Şen, 2017; Erhan, 2011).

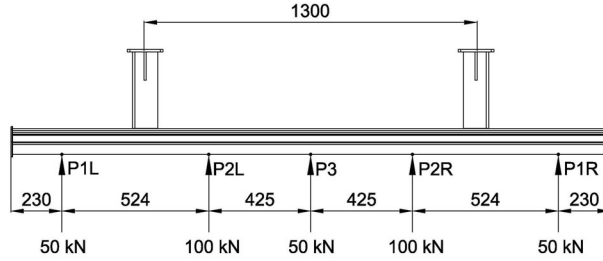
Günümüzde sonlu elemanlar yöntemi ile analiz çalışmaları otomotiv, havacılık, inşaat ve çeşitli tüketici ve endüstriyel mal endüstrilerinde tasarım sürecinin ayrılmaz bir parçası haline geldi. Sonlu elemanlar yöntemi ile analiz çalışmaları ürünün çalışma ortamında meydana gelebilecek birçok yapısal problemin görülmesini sağlar. Maliyetli testlere onalan ihtiyacı azaltarak tasarımcıların ürünü üretmeden ve kullanmadan optimize etmelerine imkan sağlar. Daha hızlı bilgisayarların ve güçlü sonlu eleman yazılımlarının ortaya çıkışı, tasarım mühendislerinin daha büyük, karmaşık modeller oluşturmalarına ve bunun sonucunda müşteri sorunlarına zamanında, uygun maliyetli, doğru ve bilgilendirici çözümler sunmasına olanak tanır (Ghazaly, 2014).

Tasarım çalışmalarında sonlu elemanlar yönteminin kullanılması tasarım geliştirme sürecini son derece kısaltmakta ve analizi yapılan donanımın üzerindeki gerilmelerin görülmesine imkan vermektedir (Şenalp ve Bezer, 2006).

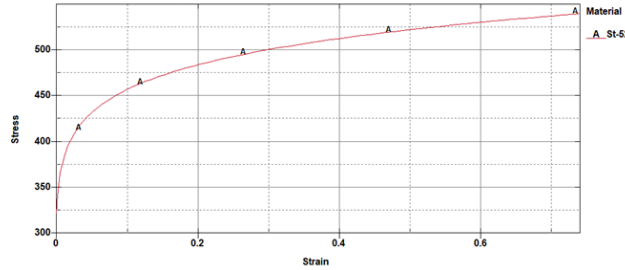
3.1. Arka Koruma Donanımı Statik Test ve Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

Yapılacak yeni tasarımlara yön vermesi için sonlu elemanlar yöntemi ile yapılacak analizlerin doğru sonuca ne derece yaklaştığının tespit edilmesi gerekmektedir. Bunun için Regülasyon 58.02 seviyesinde arka koruma donanımının sonlu elemanlar yöntemi ile analiz sonuçlarının statik test sonuçları ile karşılaştırılması gerekmektedir.

58.02’de belirtilen test kuvvetleri ve test noktaları şekil 3.1’de, arka koruma donanımının malzemesine ilişkin gerilme gerinim eğrisi şekil 3.2’de ve malzeme özellikleri tablo 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3. 1 : R58.02 test noktaları ve yükleri.



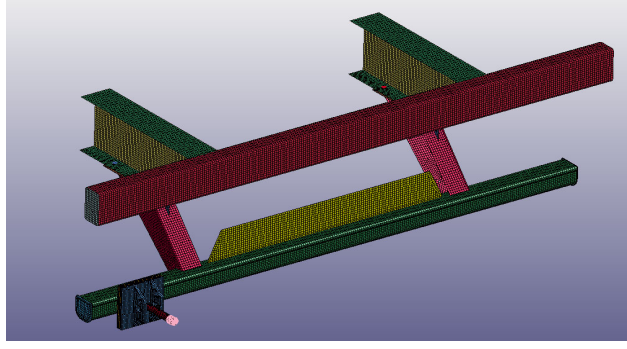
Şekil 3. 2 : St 52 gerilme gerinim eğrisi.

Tablo 3. 1 : St 52 malzeme özellikleri.

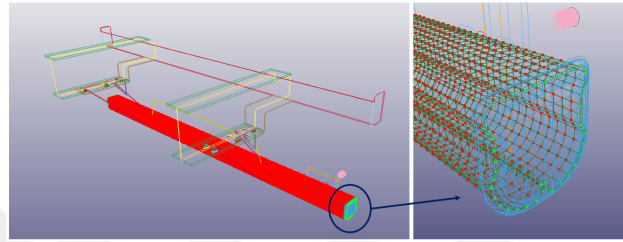
Elastisite Modülü (MPa)	Poison Oranı	Akma Dayanımı (MPa)
206800	0,3	355

Analiz için hazırlanan modelin genel görüntüsü şekil 3.3’de verilmiştir. Modeldeki kaynaklı birleştirme detayları da şekil 3.4 ve 3.5’de görülmektedir.

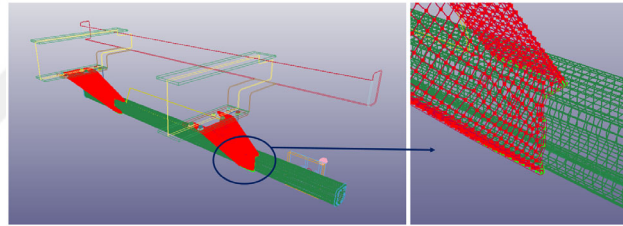
P1L, P1R ve P2L, P2R test noktaları birbirinin simetriği olup, analiz çalışması simetrik test noktalarından sadece birine yapılmıştır.



Şekil 3. 3 : R58.02 Arka koruma donanımı analiz görüntüsü.



Şekil 3. 4 : Analiz Kaynak gösterimi.



Şekil 3. 5 : Analiz Kaynak gösterimi.

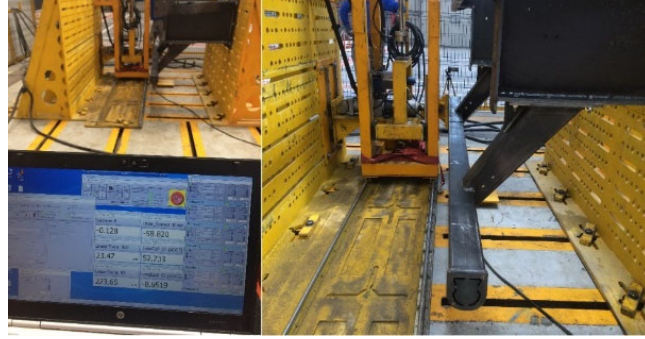
3.1.1. P1L Test Noktası Test ve Analiz Karılaştırması

3.1.1.1. P1L testi

P1L noktasına test yükünün uygulanma resmi şekil 3.6’da, yük silindirinin zamana göre doğrusal hareketi ve uyguladığı kuvvet tablo 3.2’de verilmiştir. Tablo 3.2’den elde edilen yüke baēlı yer deēiřtirme grafiēi şekil 3.7’de verilmiştir.

Tablo 3.2 incelendiēinde 58,9’uncu saniyede test yükünün 53,3074 kN’a ulaştığı, test başlangıcında ilk 18 saniyenin test silindirinin boşluk alma hareketi ile ilerlediēi görölmektedir. Testin 18. saniyesindeki sistemdeki yaē basıncı nedeni ile oluşan 2,411111 kN’luk kuvvetin 53,3074 kN’dan çıkartılması sonucu arka koruma donanımına 50,896289 kN’luk kuvvetin uygulandıēı görölmektedir.

Testin 58,9'uncu saniyede 23,48 mm doğrusal hareket olduğu, bundan testin 18. saniyesindeki 8,2 mm'nin çıkarılması ile 15,28 mm yer değiştirme olduğu görülmektedir.



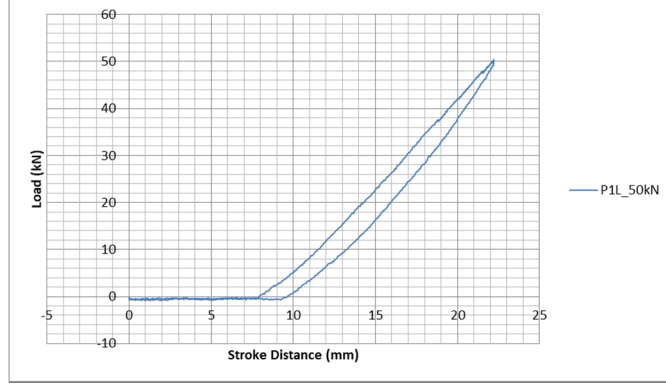
Şekil 3. 6 : P1L test görüntüsü.

Tablo 3. 2 : P1L testi zaman bağlı yük ve hareket tablosu.

Zaman(Saniye)	Yük Ölçer(kN)	Doğrusal Hareket(mm)	Zaman(Saniye)	Yük Ölçer(kN)	Doğrusal Hareket(mm)
0	2,388889	1,27	26	12,974074	12,78
1	2,414815	1,27	27	15,059259	13,34
2	2,392593	1,27	28	17,12963	13,93
3	2,388889	1,27	29	19,118519	14,49
4	2,277778	1,33	30	21,322222	15,07
5	2,303704	1,54	31	23,144444	15,63
6	2,322222	1,86	32	25,203704	16,21
7	2,514815	2,25	33	27,633333	16,78
8	2,525926	2,7	34	29,485185	17,35
9	2,333333	3,19	35	31,914815	17,92
10	2,488889	3,71	36	34,133333	18,49
11	2,437037	4,25	37	36,662963	19,06
12	2,574074	4,81	38	38,737037	19,64
13	2,248148	5,37	39	40,37037	20,09
14	2,47037	5,93	40	40,166667	20,14
15	2,359259	6,5	41	41,022222	20,29
16	2,533333	7,06	42	41,52963	20,48
17	2,588889	7,63	43	42,874074	20,72
18	2,411111	8,2	44	43,618519	20,95
19	2,540741	8,78	45	44,562963	21,2
20	3,314815	9,34	46	45,492593	21,45
21	4,714815	9,92	47	46,37037	21,7
22	5,811111	10,49	48	47,507407	21,95
23	7,496296	11,06	49	48,437037	22,19
24	9,259259	11,63	50	49,448148	22,44
25	10,944444	12,21	51	50,492593	22,69

Tablo 3. 2(devam): P1L testi zaman bağı yük ve hareket tablosu.

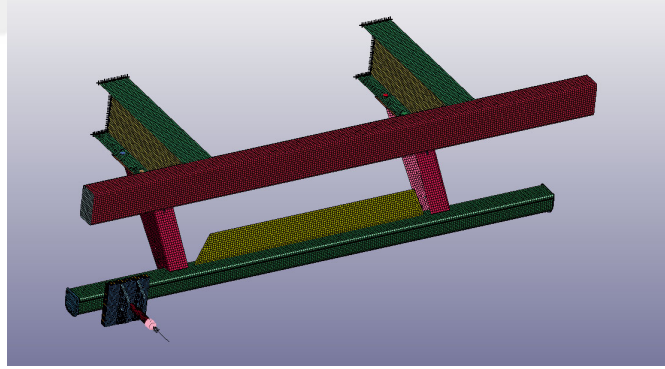
Zaman(Saniye)	Yük Ölçer(kN)	Doğrusal Hareket(mm)	Zaman(Saniye)	Yük Ölçer(kN)	Doğrusal Hareket(mm)
52	50,644444	22,78	91	51,959259	23,43
53	50,514815	22,8	92	50,907407	23,24
54	50,688889	22,84	93	49,088889	22,93
55	50,848148	22,92	94	46,962963	22,5
56	51,537037	23,05	95	44,448148	22,03
57	52,048148	23,21	96	42,185185	21,56
58	52,714815	23,35	97	39,648148	21,08
58.9	53,307407	23,48	98	36,892593	20,53
59	52,833333	23,47	99	34,222222	19,96
60	52,981481	23,47	100	31,607407	19,37
61	52,992593	23,47	101	29,277778	18,75
62	52,659259	23,48	102	26,4	18,08
63	52,555556	23,47	103	23,811111	17,41
64	52,725926	23,47	104	21,162963	16,74
65	52,677778	23,47	105	18,42963	16,1
66	52,488889	23,47	106	15,888889	15,4
67	52,525926	23,47	107	13,711111	14,73
68	52,666667	23,47	108	11,57037	14,07
69	52,525926	23,47	109	9,862963	13,39
70	52,481481	23,47	110	7,577778	12,73
71	52,514815	23,47	111	5,759259	12,06
72	52,422222	23,47	112	3,922222	11,39
73	52,448148	23,47	113	2,7	10,72
74	52,488889	23,47	114	2,259259	10,06
75	52,32963	23,47	115	2,437037	9,39
76	52,225926	23,47	116	2,37037	8,72
77	52,574074	23,47	117	2,296296	8,06
78	52,411111	23,47	118	2,485185	7,38
79	52,425926	23,47	119	2,396296	6,71
80	52,311111	23,47	120	2,274074	6,05
81	52,466667	23,47	121	2,292593	5,71
82	52,196296	23,47	122	2,27037	5,57
83	52,259259	23,47	123	2,414815	5,32
84	52,325926	23,47	124	2,27037	4,99
85	52,181481	23,47	125	2,251852	4,6
86	52,388889	23,47	126	2,266667	3,89
87	52,559259	23,47	127	2,292593	2,99
88	52,377778	23,47	128	2,2	2,09
89	52,081481	23,47	129	2,144444	1,65
90	52,22963	23,47	130	2,337037	1,65



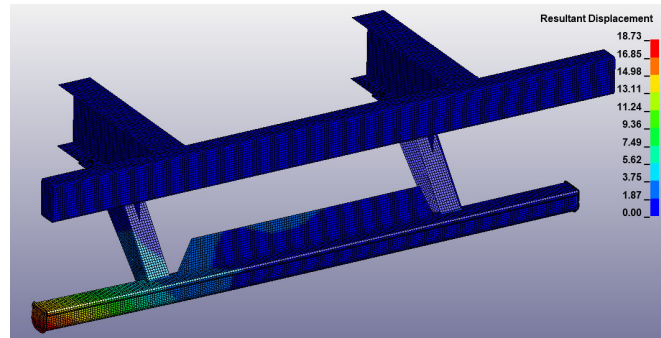
Şekil 3. 7 : P1L yük-yer değiştirme grafiği.

3.1.1.2. P1L analizi

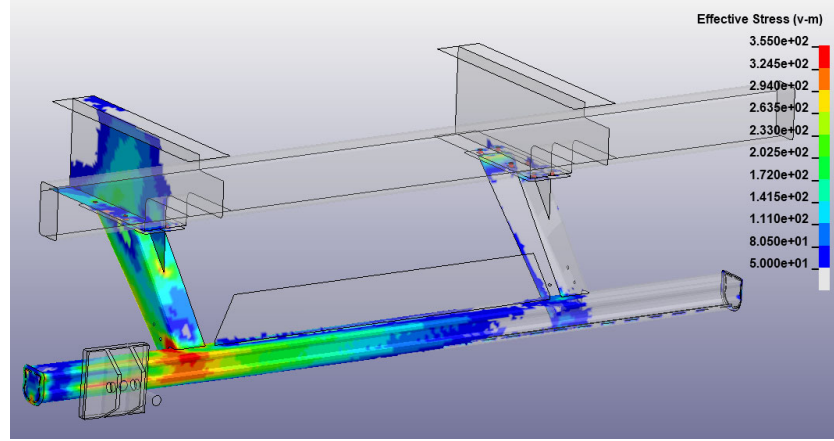
Şekil 3.8’de test kuvveti uygulama noktası görülmektedir. Yapılan analiz çalışması sonucunda şekil 3.9’da görüldüğü gibi test noktasına 50 kN yük uygulandığında 12,326 mm yer değiştirme olduğu, arka koruma donanımının en uç konumundaki yer değiştirmenin 18,73 mm olduğu görülmüştür. Şekil 3.10’de kuvvet altındaki arka koruma donanımındaki gerilimler görülebilmektedir.



Şekil 3. 8 : P1L test kuvveti uygulama noktası.



Şekil 3. 9 : P1L yük altında yer değiştirme.



Şekil 3. 10 : P1L yük altında gerilimler.

3.1.1.3. P1L karşılaştırması

Analiz sonucunda elde edilen 12,326 mm yer değiştirme ile test sonucunda elde edilen 15,28 mm kıyaslandığında analiz sonucunun statik test sonucuna %80 oranda yaklaştığı tespit edilmiştir.

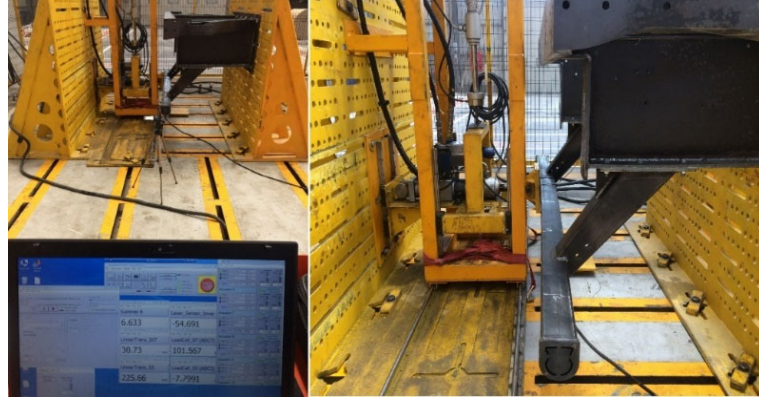
3.1.2. P2L Test Noktası Test Ve Analiz Karşılaştırması

3.1.2.1. P2L testi

P2L noktasına test yükünün uygulanma resmi şekil 3.11’de, yük silindirinin zamana göre doğrusal hareketi ve uyguladığı kuvvet tablo 3.3’de verilmiştir. Tablo 3.3’den elde edilen hareket yük grafiği şekil 3.12’de verilmiştir.

Tablo 3.3 incelendiğinde 79,4’üncü saniyede test yükünün 102,359259 kN’a ulaştığı, test başlangıcında ilk 20 saniyenin test silindirinin boşluk alma hareketi ile ilerlediği görülmektedir. Testin 20. saniyesindeki sistemdeki yağ basıncı nedeni ile oluşan 2,340741 kN’luk kuvvetin 102,359259 kN’dan çıkartılması sonucu arka koruma donanımına 100,018518 kN’luk kuvvetin uygulandığı görülmektedir.

Testin 79,4’üncü saniyesinde 30,23 mm doğrusal hareket oluştuğu, bundan testin 20. saniyesindeki 6,52 mm’nin çıkarılması ile 23,71 mm yer değiştirme olduğu görülmektedir.



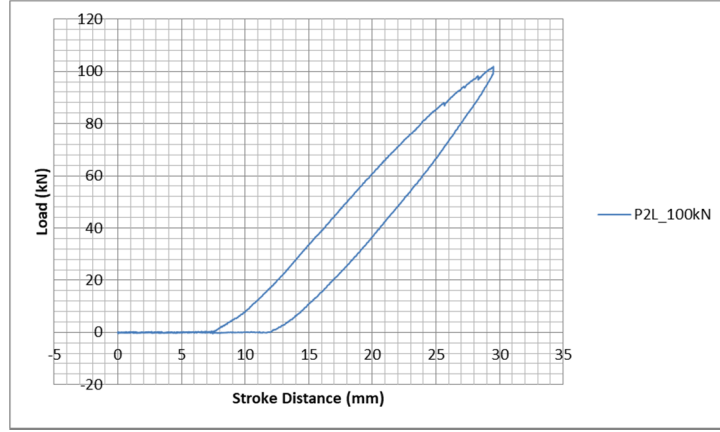
Şekil 3. 11 : P2L test görüntüsü.

Tablo 3. 3 : P2L testi zaman bağlı yük ve hareket tablosu.

Zaman(Saniye)	Yük Ölçer(kN)	Doğrusal Hareket(mm)	Zaman(Saniye)	Yük Ölçer(kN)	Doğrusal Hareket(mm)
0	2,32963	1,23	29	2,525926	8,74
1	2,303704	1,23	30	2,52963	8,74
2	2,044444	1,23	31	2,496296	8,73
3	2,337037	1,23	32	2,462963	8,8
4	2,303704	1,23	33	3,481481	9,03
5	2,374074	1,34	34	4,37037	9,39
6	2,348148	1,58	35	5,485185	9,8
7	2,411111	1,87	36	7,22963	10,26
8	2,611111	2,17	37	8,625926	10,74
9	2,403704	2,48	38	10,27037	11,24
10	2,285185	2,64	39	12,644444	11,75
11	2,485185	2,71	40	14,877778	12,25
12	2,340741	2,9	41	17,388889	12,78
13	2,214815	3,22	42	19,822222	13,3
14	2,548148	3,61	43	22,559259	13,81
15	2,407407	4,05	44	25,325926	14,35
16	2,507407	4,51	45	28,251852	14,87
17	2,318519	5	46	31,325926	15,4
18	2,262963	5,5	47	34,062963	15,91
19	2,407407	6,02	48	37,111111	16,45
20	2,340741	6,52	49	39,903704	16,98
21	2,462963	7,04	50	42,559259	17,49
22	2,625926	7,55	51	45,703704	18,02
23	2,655556	8,05	52	48,451852	18,55
24	2,848148	8,57	53	51,507407	19,08
25	2,688889	8,75	54	54,288889	19,6
26	2,755556	8,74	55	57,181481	20,11
27	2,462963	8,74	56	60,114815	20,65
28	2,3	8,73	57	62,92963	21,17

Tablo 3. 3(devam): P2L testi zaman bağı yük ve hareket tablosu.

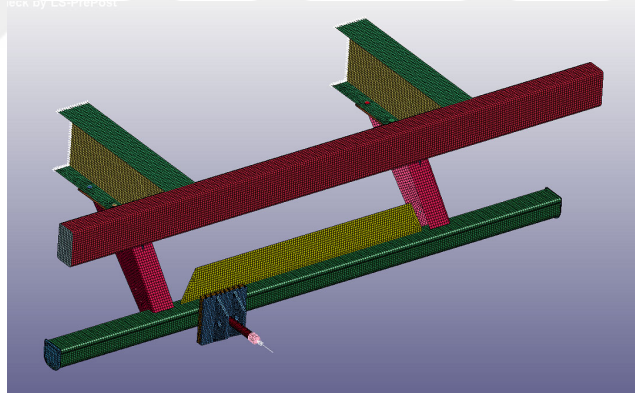
Zaman(Saniye)	Yük Ölçer(kN)	Doğrusal Hareket(mm)	Zaman(Saniye)	Yük Ölçer(kN)	Doğrusal Hareket(mm)
58	65,759259	21,7	94	102,322222	30,73
59	68,207407	22,22	95	102,17037	30,73
60	71,066667	22,75	96	102,122222	30,73
61	73,755556	23,28	97	101,748148	30,73
62	76,288889	23,8	98	101,82963	30,73
63	78,559259	24,33	99	101,811111	30,73
64	81,151852	24,86	100	101,592593	30,73
65	83,777778	25,38	101	101,651852	30,73
66	86,396296	25,91	102	101,685185	30,73
67	88,611111	26,43	103	101,766667	30,73
68	89,944444	26,95	104	101,692593	30,73
69	92,544444	27,48	105	101,677778	30,73
70	94,82963	28	106	101,522222	30,73
71	96,4	28,53	107	101,859259	30,73
72	98,648148	29,05	108	101,966667	30,73
73	100,466667	29,54	109	101,677778	30,73
74	99,585185	29,54	110	101,433333	30,73
75	99,311111	29,55	111	101,418519	30,73
76	99,440741	29,61	112	100,948148	30,68
77	99,966667	29,72	113	98,933333	30,43
78	101,022222	29,93	114	96,096296	30,08
79	102,037037	30,14	115	92,748148	29,66
79,4	102,359259	30,23	116	89,392593	29,18
80	102,903704	30,35	117	85,851852	28,67
81	103,337037	30,57	118	82,062963	28,14
82	103,788889	30,74	119	78,174074	27,59
83	103,3	30,74	120	74,403704	27,03
84	102,992593	30,74	121	70,614815	26,48
85	102,859259	30,74	122	66,807407	25,92
86	102,759259	30,74	123	63,403704	25,36
87	102,585185	30,74	124	60,022222	24,81
88	102,488889	30,73	125	56,640741	24,25
89	102,274074	30,74	126	53,307407	23,69
90	102,2	30,73	127	50,148148	23,14
91	102,207407	30,73	128	46,848148	22,58
92	102,192593	30,73	129	43,585185	22,03
93	102,148148	30,73	130	40,451852	21,47



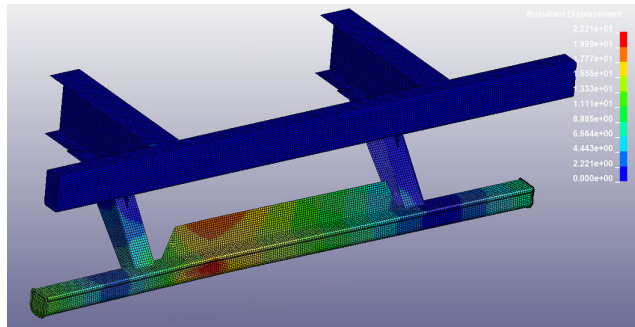
Şekil 3. 12 : P2L yük-yer değiştirme grafiği.

3.1.2.2. P2L analizi

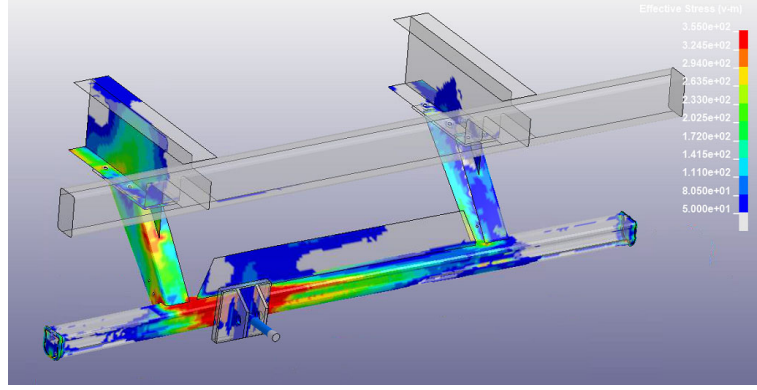
Şekil 3.13’de test kuvveti uygulama noktası görülmektedir. Yapılan analiz çalışması sonucunda şekil 3.14’de görüldüğü gibi test noktasına 100 kN yük uygulandığında 22,21 mm yer değiştirme olduğu görülmüştür. Şekil 3.15’de kuvvet altındaki arka koruma donanımındaki gerilimler görülebilmektedir.



Şekil 3. 13 : P2L test kuvveti uygulama noktası.



Şekil 3. 14 : P2L yük altında yer değiştirme.



Şekil 3. 15 : P1L yük altında gerilimler.

3.1.2.3. P2L karşılaştırması

Analiz sonucunda elde edilen 22,21 mm yer değiştirme ile test sonucunda elde edilen 23,71 mm kıyaslandığında analiz sonucunun statik test sonucuna %93 oranda yaklaştığı tespit edilmiştir.

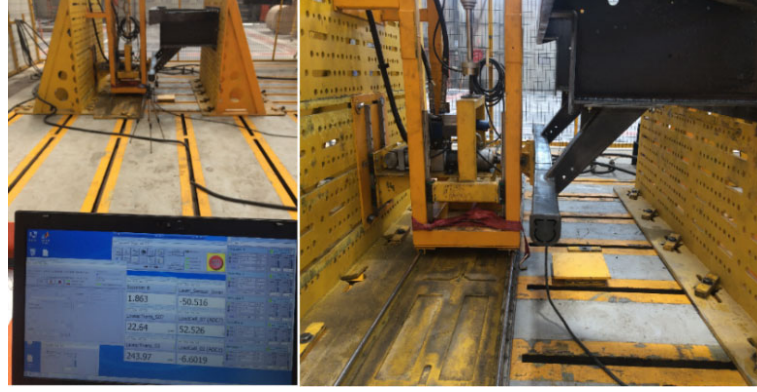
3.1.3. P3 Test Noktası Test Ve Analiz Karşılaştırması

3.1.3.1. P3 testi

P3 noktasına test yükünün uygulanma resmi şekil 3.16’de, yük silindirinin zamana göre doğrusal hareketi ve uyguladığı kuvvet tablo 3.4’de verilmiştir. Tablo 3.4’den elde edilen hareket yük grafiği şekil 3.17’de verilmiştir.

Tablo 3.4 incelendiğinde 82,3’üncü saniyede test yükünün 52,7185 kN’a ulaştığı, test başlangıcında ilk 23 saniyenin test silindirinin boşluk alma hareketi ile ilerlediği görülmektedir. Testin 23. saniyesindeki sistemdeki yağ basıncı nedeni ile oluşan 2,396296 kN’luk kuvvetin 52,7185 kN’dan çıkartılması sonucu arka koruma donanımına 50,322204 kN’luk kuvvetin uygulandığı görülmektedir.

Testin 82,3’üncü saniyede 22,64 mm doğrusal hareket olduğu, bundan testin 23. saniyesindeki 6,23 mm’nin çıkarılması ile 16,41 mm yer değiştirme olduğu görülmektedir.



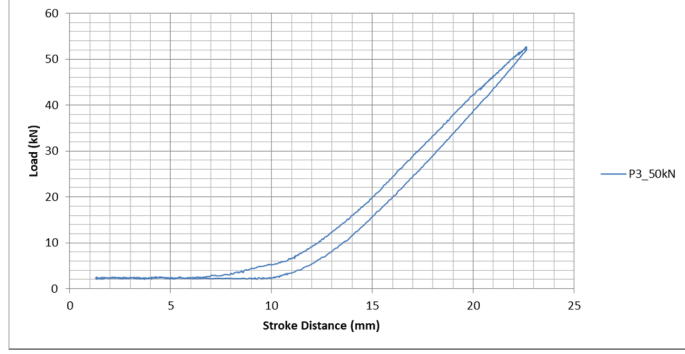
Şekil 3. 16 : P3 test görüntüsü.

Tablo 3. 4 : P3 testi zaman bağlı yük ve hareket tablosu.

Zaman(Saniye)	Yük Ölçer(kN)	Doğrusal Hareket(mm)	Zaman(Saniye)	Yük Ölçer(kN)	Doğrusal Hareket(mm)
0	2,37037	1,34	29	4,818519	9,45
1	2,322222	1,34	30	5,196296	9,99
2	2,322222	1,34	31	5,833333	10,54
3	2,388889	1,34	32	6,803704	11,08
4	2,281481	1,4	33	7,044444	11,16
5	2,107407	1,61	34	7,018519	11,15
6	2,303704	1,92	35	7,040741	11,16
7	2,359259	2,31	36	6,92963	11,15
8	2,477778	2,75	37	6,840741	11,14
9	2,533333	3,2	38	6,722222	11,15
10	2,207407	3,66	39	6,666667	11,14
11	2,4	4,06	40	6,892593	11,14
12	2,381481	4,06	41	7,177778	11,2
13	2,288889	4,05	42	7,692593	11,42
14	2,325926	4,05	43	8,722222	11,78
15	2,137037	4,04	44	9,822222	12,19
16	2,385185	4,05	45	11,314815	12,67
17	2,303704	4,05	46	12,911111	13,16
18	2,481481	4,18	47	14,618519	13,66
19	2,381481	4,45	48	16,537037	14,16
20	2,37037	4,81	49	18,444444	14,65
21	2,207407	5,25	50	20,562963	15,15
22	2,222222	5,72	51	22,725926	15,65
23	2,396296	6,23	52	25,044444	16,14
24	2,662963	6,75	53	27,314815	16,64
25	2,833333	7,29	54	29,4	17,13
26	3,096296	7,83	55	31,67037	17,63
27	3,444444	8,37	56	33,762963	18,13
28	4,251852	8,91	57	36,025926	18,62

Tablo 3. 4(devam) : P3 testi zaman bağı yük ve hareket tablosu.

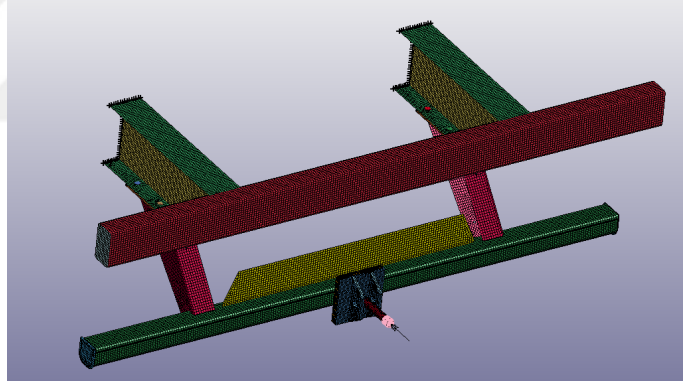
Zaman(Saniye)	Yük Ölçer(kN)	Doğrusal Hareket(mm)	Zaman(Saniye)	Yük Ölçer(kN)	Doğrusal Hareket(mm)
58	38,477778	19,12	96	52,162963	22,64
59	40,766667	19,62	97	52,348148	22,64
60	42,648148	20,12	98	52,255556	22,64
61	43,592593	20,35	99	51,996296	22,64
62	43,42963	20,36	100	52,318519	22,64
63	43,859259	20,45	101	52,333333	22,64
64	44,47037	20,57	102	52,17037	22,64
65	44,988889	20,69	103	52,255556	22,64
66	45,662963	20,84	104	52,07037	22,64
67	46,448148	21,04	105	51,255556	22,49
68	47,396296	21,27	106	49,081481	22,09
69	48,333333	21,51	107	45,862963	21,46
70	49,22963	21,76	108	42,237037	20,76
71	50,514815	22	109	38,955556	20,03
72	51,437037	22,24	110	34,792593	19,22
73	51,151852	22,25	111	30,859259	18,38
74	51,144444	22,27	112	26,588889	17,5
75	51,311111	22,31	113	22,711111	16,62
76	51,522222	22,33	114	18,692593	15,73
77	51,555556	22,38	115	14,959259	14,85
78	51,87037	22,44	116	11,533333	13,98
79	52,037037	22,5	117	8,577778	13,09
80	52,488889	22,58	118	5,992593	12,22
81	52,611111	22,64	119	4,077778	11,34
82	52,537037	22,64	120	3,266667	10,8
82,3	52,718519	22,64	121	3,12963	10,65
83	52,459259	22,64	122	2,555556	10,39
84	52,511111	22,64	123	2,407407	10,05
85	52,214815	22,64	124	2,296296	9,65
86	52,362963	22,64	125	2,159259	9,23
87	52,266667	22,64	126	2,125926	8,8
88	52,288889	22,64	127	2,244444	7,56
89	52,159259	22,64	128	2,311111	5,73
90	52,096296	22,64	129	2,277778	3,86
91	52,151852	22,64	130	2,311111	1,99
92	52,285185	22,64	131	2,218519	1,3
93	52,359259	22,64	132	2,225926	1,31
94	52,259259	22,64	133	2,32963	1,32
95	52,111111	22,64			



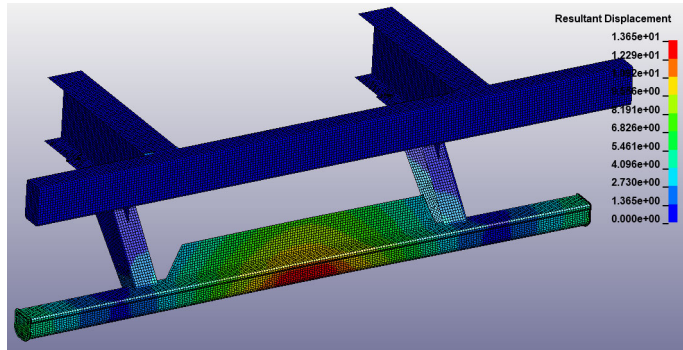
Şekil 3. 17 : P3 yük-yer değiştirme grafiği.

3.1.3.2. P3 analizi

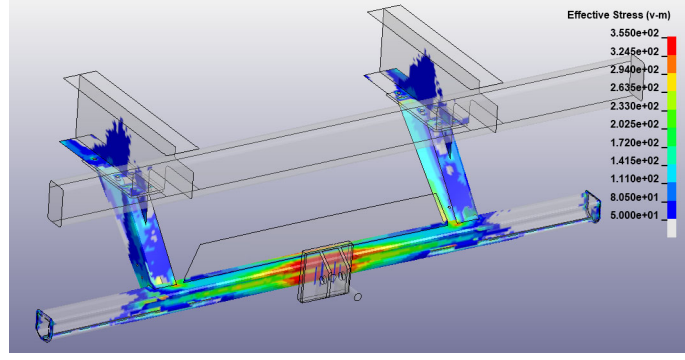
Şekil 3.18’de test kuvveti uygulama noktası görülmektedir. Yapılan analiz çalışması sonucunda şekil 3.19’da görüldüğü gibi test noktasına 50 kN yük uygulandığında 13,65 mm yer değiştirme olduğu görülmüştür. Şekil 3.20’de kuvvet altındaki arka koruma donanımındaki gerilimler görülebilmektedir.



Şekil 3. 18 : P3 test kuvveti uygulama noktası.



Şekil 3. 19 : P3 yük altında yer değiştirme.



Şekil 3. 20 : P3 yük altında gerilimler.

3.1.3.3. P3 karşılaştırması

Analiz sonucunda elde edilen 13,65 mm yer değiştirme ile test sonucunda elde edilen 16,41 mm kıyaslandığında analiz sonucunun statik test sonucuna %83 oranda yaklaştığı tespit edilmiştir.

3.1.4. Statik Test İle Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Statik test ile analiz sonuçları değerlendirildiğinde P1L analiz çalışmasının en kötü oran olan %80 oran ile gerçek test sonucuna yaklaşılmıştır.

Tasarımlara ilişkin ön doğrulama olarak kullanılacak analiz çalışmalarında da sonuçların değerlendirilmesinde %80 doğruluk kriteri dikkate alınacaktır.

BÖLÜM 4. YENİ ARKA KORUMA DONANIMI TASARIMI

Yeni arka koruma donanımı tasarım çalışmasında R58.03 şartlarını sağlamakla birlikte maliyetler ve ağırlık hususları da ön planda yer almıştır.

Bu kapsamda yapılan tasarım ve analiz çalışmaları sonucu çelik malzemeden üretilen arka koruma donanımlarının ağır olması nedeni ile malzeme değişikliğine gidilerek arka koruma donanımı profilinde alüminyum kullanılma kararı verildi.

4.1. Alüminyum Arka Koruma Donanımının Analizi

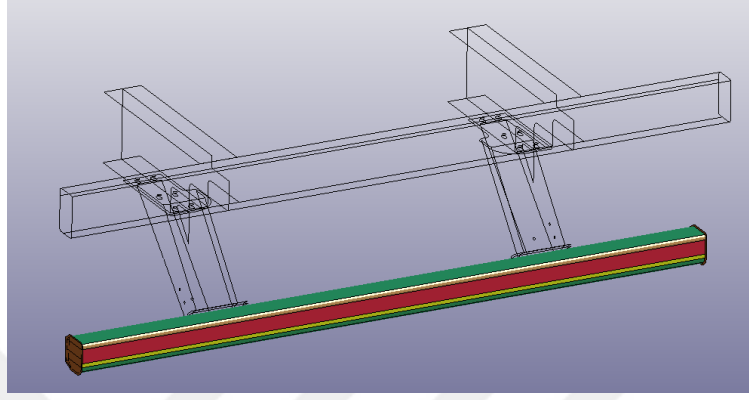
Araç şasi ekseninin değişmesi, arka koruma donanımının şasi bağlantı eksenlerinin değişimine neden olacaktır. Test noktalarına uygulanacak kuvvetlerin şasi bağlantı ayaklarına olan mesafeleri nedeni ile oluşacak moment kuvveti için şasi bağlantı ayaklarının konumları önemlidir. Bu nedenle tasarımı amaçlanan 1300 mm şasi eksenli arka koruma donanımının farklı şasi eksenlerinde kullanılması durumunda hangi şasi eksenlerine uygun olduğu tespit edilmelidir.

Analiz çalışması 1300 mm şasi eksenine göre yapılarak tasarım sabitlendikten sonra tasarımın hangi şasi eksenlerinde kullanılabileceğinin tespiti için farklı şasi eksenlerinde analiz çalışması tekrarlanacaktır.

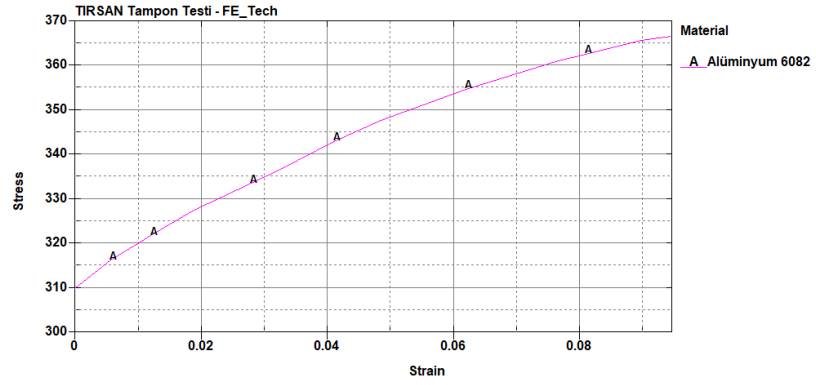
Analiz çalışmasında test kuvveti ve moment etkisi dikkate alınarak, 1300 mm şasi bağlantı ekseninde P2L ve P2R test noktalarının, 750, 980 ve 1100 mm şasi bağlantı eksenlerinde P1L ve P1R test noktalarının kritik test noktaları olduğu tespit edilmiştir. Sol ve sağ test noktaları birbirinin simetriği olması nedeni ile çalışma sadece bir nokta üzerinde yapılmıştır.

4.1.1. 1300 mm Şasi Bağlantı Eksenli Donanımın Analizi

Modeldeki alüminyum ekstrüzyon profil şekil 4.1’de, gerilme gerinim şekil 4.2’de ve malzeme özellikler şekil 4.3’de verilmiştir.



Şekil 4. 1 : Arka koruma donanımı profil görüntüsü.

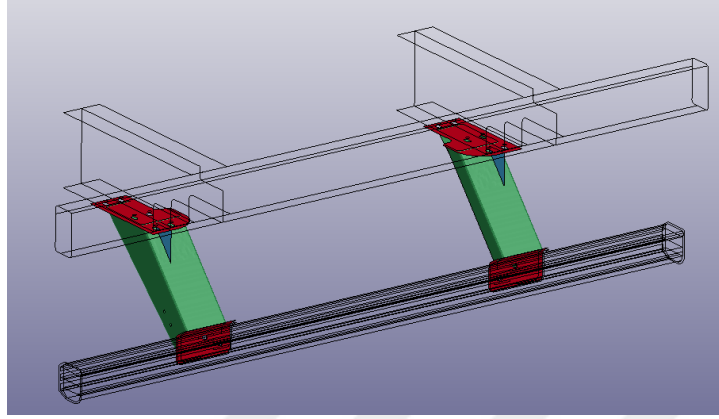


Şekil 4. 2 : Alüminyum 6082 gerilme-gerinim eğrisi.

TITLE							
Al 6082							
MID	RO	E	PR	SIGY	ETAN	FAIL	TDEL
6	2.770e-09	7.100e+04	0.3000000	309.97931	0.0	0.0946361	0.0
C	P	LCSS	LCSR	VP			
0.0	0.0	4	0	0.0			
EPS1	EPS2	EPS3	EPS4	EPS5	EPS6	EPS7	EPS8
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ES1	ES2	ES3	ES4	ES5	ES6	ES7	ES8
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Şekil 4. 3 : Alüminyum 6082 malzeme özellikleri.

Modeldeki şasi bağlantı ayakları şekil 4.4’de ve malzeme özellikler şekil 4.5’de verilmiştir.

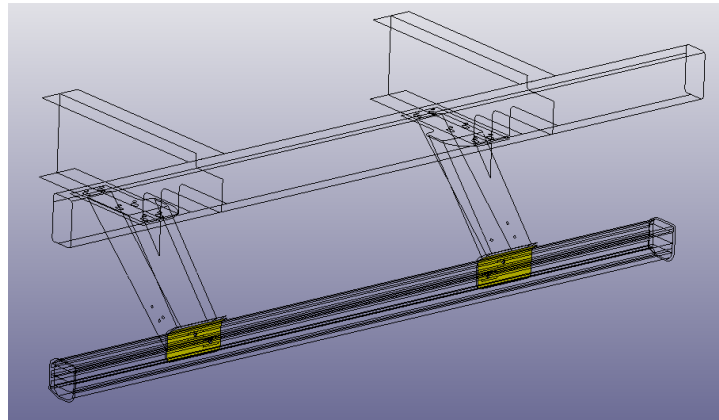


Şekil 4. 4 : Arka koruma donanımı şasi bağlantı ayak görüntüsü.

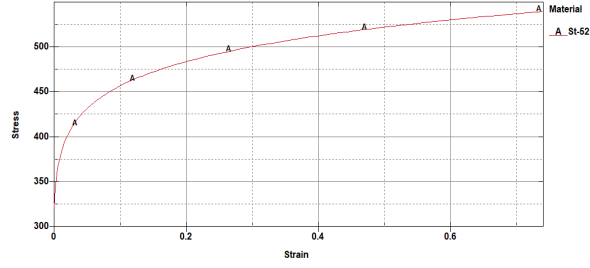
TITLE							
S700 Malzeme Özellikleri							
MID	RO	E	PR	SIGY	ETAN	FAIL	IDEL
8	7.833e-09	2.068e+05	0.2900000	700.00000	0.0	0.1800000	0.0
C	P	LCSS	LCSR	VP			
0.0	0.0	0	0	0.0			
EPS1	EPS2	EPS3	EPS4	EPS5	EPS6	EPS7	EPS8
0.0	0.0420000	0.0870000	0.1330000	0.1790000	0.0	0.0	0.0
ES1	ES2	ES3	ES4	ES5	ES6	ES7	ES8
700.00000	925.00000	1000.00000	1050.0000	1080.0000	0.0	0.0	0.0

Şekil 4. 5 : S700 malzeme özellikleri.

Modeldeki alüminyum ekstrüzyon profil ile şasi bağlantı ayakları arasında bulunan bağlantı plakası şekil 4.6’da, gerilme gerinim eğrisi şekil 4.7’de ve malzeme özellikler şekil 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4. 6 : Arka koruma donanımı profili bağlantı plakası görüntüsü.

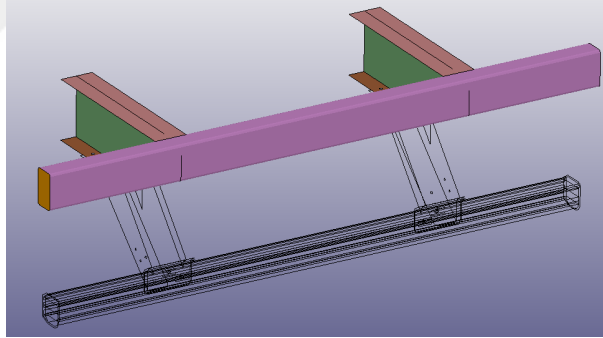


Şekil 4. 7 : St 52 gerilme-gerinim eğrisi.

TITLE							
STEEL CARBON A656 St-52							
MID	BO	E	PR	SIGY	ETAN	FAIL	IDEL
7	7.833e-09	2.068e+05	0.2900000	322.07999	0.0	0.7403000	0.0
C	P	LCS5	LCSB	VP			
0.0	0.0	5	0	0.0			
EPS1	EPS2	EPS3	EPS4	EPS5	EPS6	EPS7	EPS8
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ES1	ES2	ES3	ES4	ES5	ES6	ES7	ES8
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Şekil 4. 8 : St 52 malzeme özellikleri.

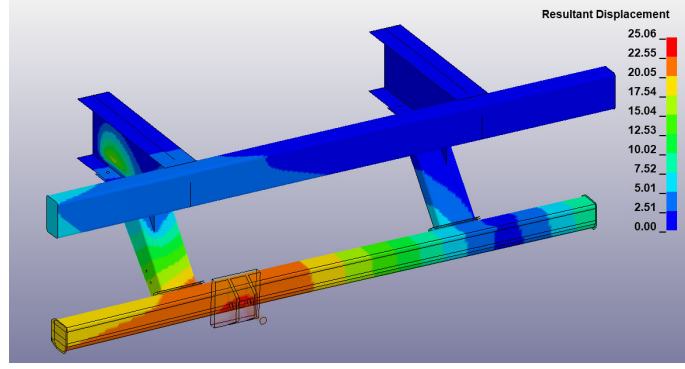
Modeldeki araç şasi bileşenleri şekil 4.9’da görülmektedir. Malzeme olarak St 52 malzeme tanımlanmıştır.



Şekil 4. 9 : Araç şasi görseli.

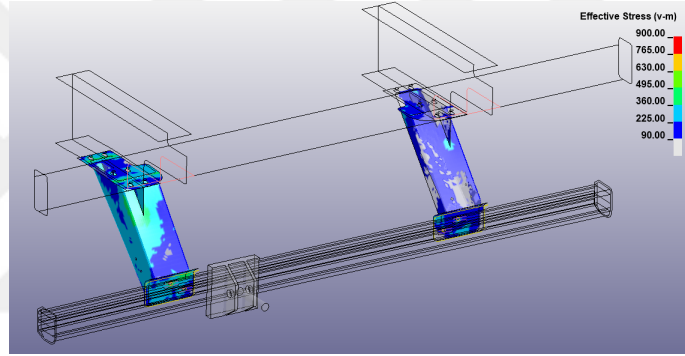
4.1.1.1. P2L analizi

Yapılan analizde P2L noktasına 180 kN kuvvet uygulanmıştır. Şekil 4.10’da görüldüğü gibi arka koruma donanımı profilinin 25,06 mm yer değiştirdiği görüldü. Regülasyon 58.03’e göre izin verilen azami 100 mm’lik yer değiştirme içerisinde kaldığından arka koruma donanımı analiz sonucu başarılı olarak değerlendirilmiştir.



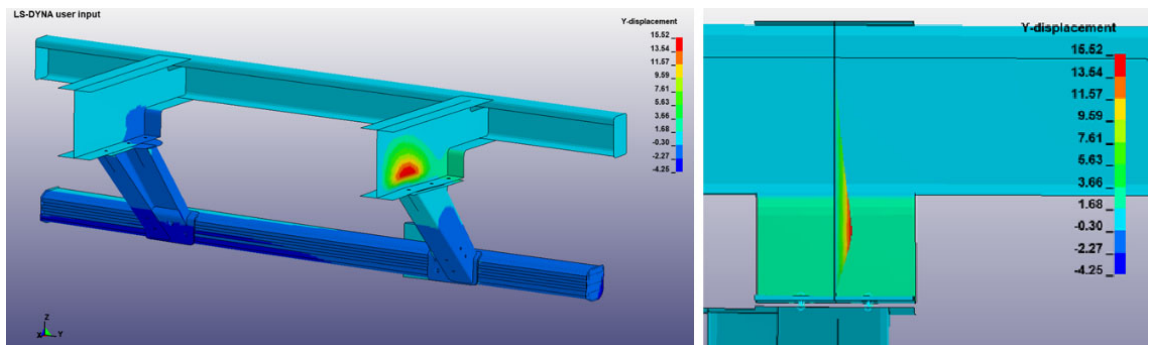
Şekil 4. 10 : P2L yük altında yer değiştirme.

Yapılan analiz çalışmasında şekil 4.11’de görüldüğü gibi şasi bağlantı ayaklarında oluşan gerilme değeri malzeme akma değerinin altında olduğu görülmektedir.

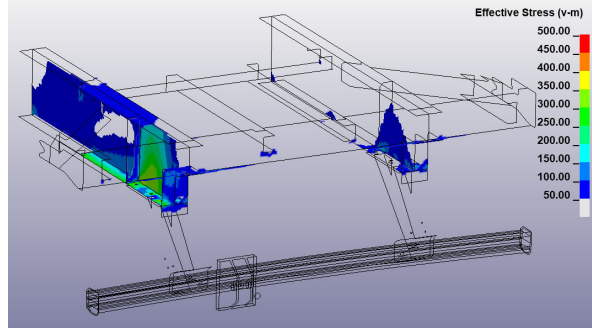


Şekil 4. 11 : P2L yük altında gerilimler.

Ancak analiz sonucunda şekil 4.12 ve 4.13’de görüldüğü gibi araç şasisi üzerinde deformasyon gözlenmiştir.

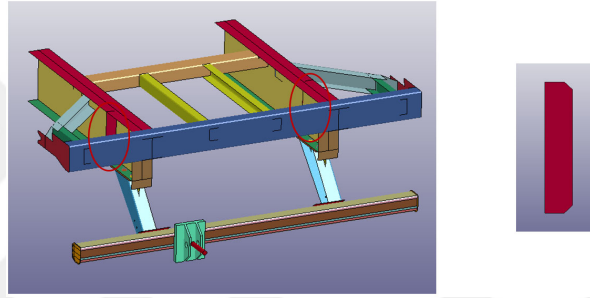


Şekil 4. 12 : Araç şasisi üzerindeki deformasyon.



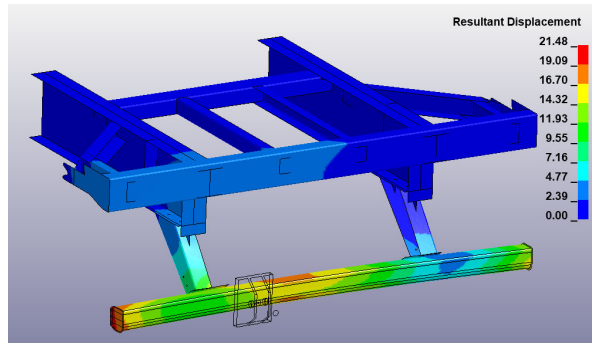
Şekil 4. 13 : Araç şasisi üzerinde oluşan gerilimler.

Araç şasisinde oluşan deformasyonu önlemek için deformasyonun olduğu bölgeye şekil 4.14’de görüldüğü gibi takviye malzeme eklenmiştir.

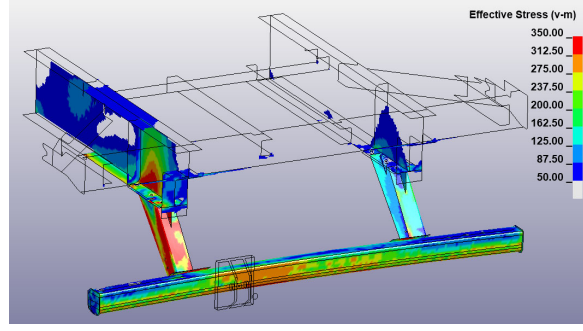


Şekil 4. 14 Araç şasisine eklenen takviye görseli.

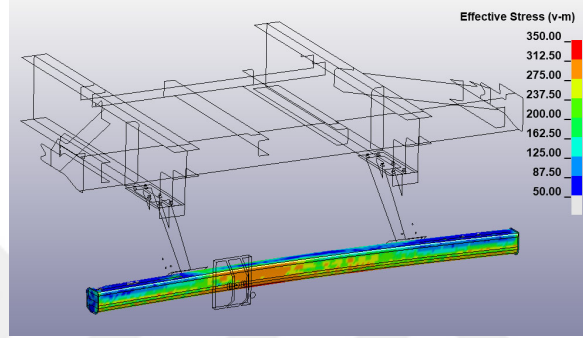
Yapılan iyileştirme sonucunda arka koruma donanımı P2L analizi yenilenmiştir. P2L test noktası için yapılan analiz görseli şekil 4.15’de verilmiştir. Şekil 4.16’da görüldüğü gibi şasiye eklenen takviye parçası sayesinde araç şasisinde oluşan gerilmeler engellenmiştir. Şekil 4.17’de arka koruma donanımı profili üzerinde oluşan gerilimler görülebilmektedir. Şekil 4.18’de arka koruma donanımı profil şasi bağlantı ayağı üzerinde oluşan gerilimler görülebilmektedir.



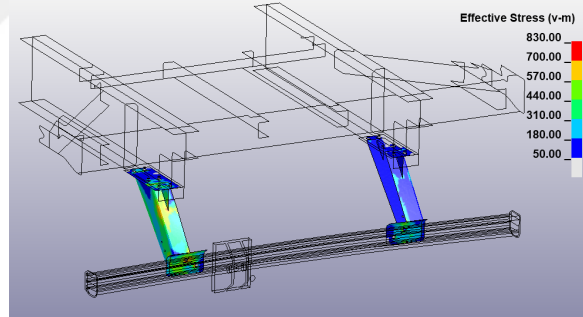
Şekil 4. 15 : İyileştirme sonucu P2L yer değiştirme.



Şekil 4. 16 : İyileştirme sonucu P2L gerilimleri.



Şekil 4. 17 : Arka koruma donanımı profili üzerindeki gerilimler.



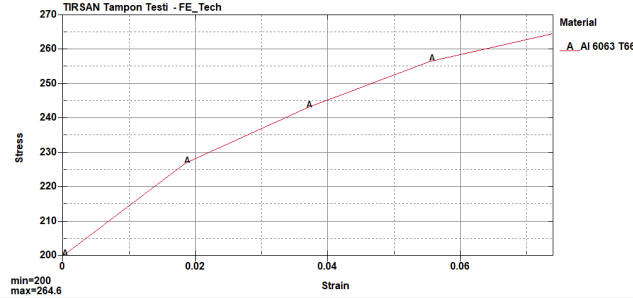
Şekil 4. 18 : Şasi bağlantı ayağı üzerindeki gerilimler.

4.1.1.2. Analiz sonuçlarının değerlendirilmesi ve tasarımın iyileştirilmesi

Analiz çalışmasından elde edilen sonuçlara göre arka koruma donanımı mevcut tasarımı statik teste alınabilir. Ancak, R58.03 şartlarını sağlamak şartı ile maliyet ve ağırlık kriterlerinin de önemli olması nedeni analiz sonuçları doğrultusunda arka koruma donanımı profili üzerinde iyileştirme yapılabileceği değerlendirilmiştir.

Bu nedenle üretim maliyetleri dikkate alınarak Alm 6082 T6 olan profil malzemesinin Alm 6063 T66 ile değiştirilmesi, ağırlık kriteri nedeni ile profil kesitinde değişik kararı verilmiştir.

Belirtilen değişiklikler doğrultusunda yapılacak yeni analiz çalışmasında kullanılacak Alm 6063 T66 malzemesine ilişkin gerilme gerinim eğrisi şekil 4.19’da ve malzeme özellikleri şekil 4.20’de verilmiştir.



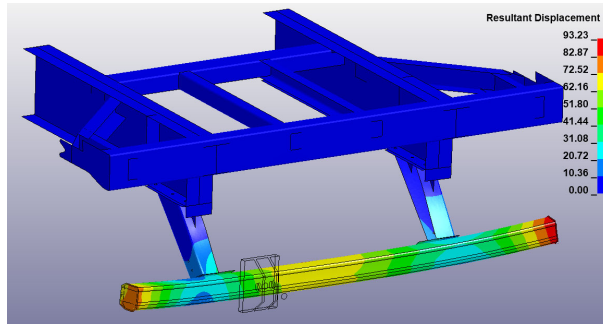
Şekil 4. 19 : Alm 6063 T66 gerilme-gerinim eğrisi

TITLE							
Al 6063 T66							
MID	RO	E	PR	SIGY	ETAN	FAIL	IDEL
11	2.770e-09	6.740e+04	0.3300000	200.00000	0.0	0.0800000	0.0
C	P	LCSS	LCSR	VP			
0.0	0.0	5	0	0.0			
EPS1	EPS2	EPS3	EPS4	EPS5	EPS6	EPS7	EPS8
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ES1	ES2	ES3	ES4	ES5	ES6	ES7	ES8
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

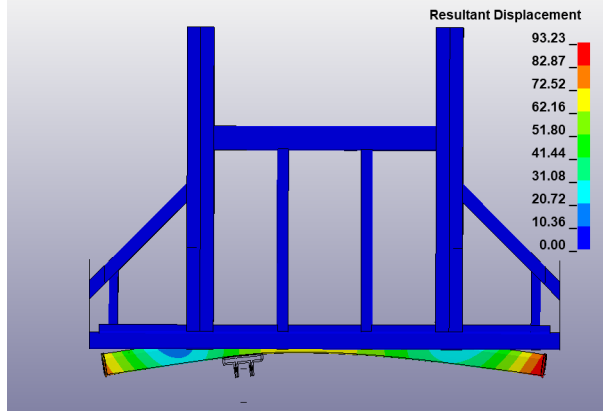
Şekil 4. 20 : Alm 6063 T66 malzeme özellikleri.

Arka koruma donanımı profil kesiti ve malzemesi üzerinde yapılan iyileştirme ile arka koruma donanımı analizi yenilenmiştir. Şekil 4.21 ve 4.22’de yeni kesit ile yapılan analiz sonucunda yerdeğişirmesi görülebilmektedir.

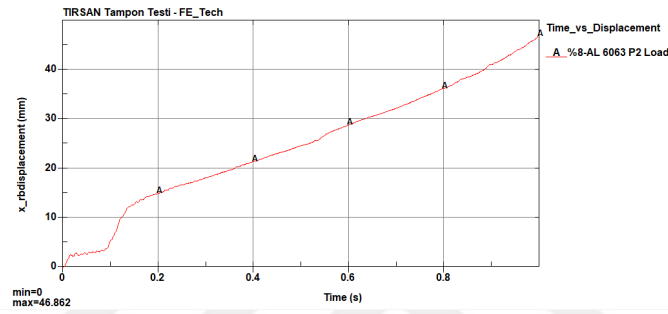
Test noktasında yük silindirinin hareket grafiğı şekil 4.23’de, arka koruma donanımı profili üzerindeki gerilmeler şekil 4.24’da, şasi bağlantı ayağı üzerindeki gerilmeler şekil 4.25’de ve şasi üzerindeki gerilmeler şekil 4.26’de verilmiştir.



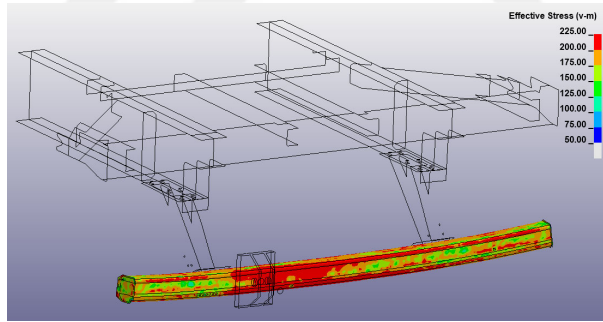
Şekil 4. 21 : P2L yük altında yer değışirme.



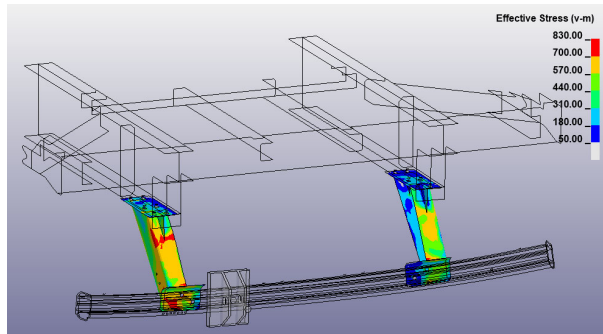
Şekil 4. 22 : P2L yük altında yer değiştirme üstten görünüş.



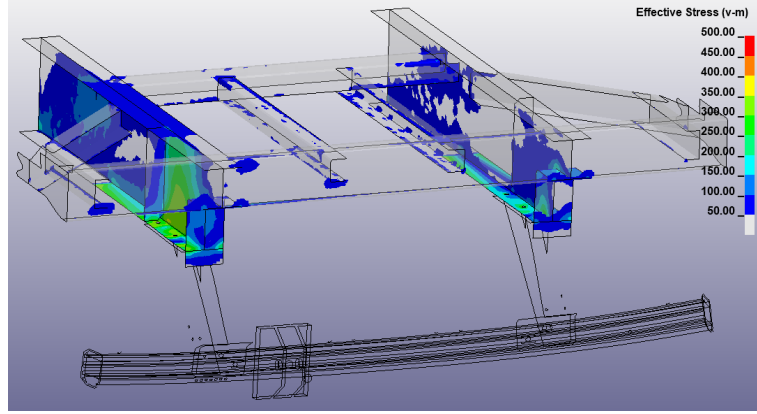
Şekil 4. 23 : P2L analizi zaman bağı yer değiştirme.



Şekil 4. 24 : P2L analizinde arka koruma donanımında oluşan gerilimler.



Şekil 4. 25 : P2L analizinde şasi bağlantı ayağında oluşan gerilimler.



Şekil 4. 26 : P2L analizinde araç şasisinde oluşan gerilimler.

4.1.1.3. Analiz sonuçlarının değerlendirilmesi

Analiz sonuçları doğrultusunda yapılan iyileştirmelerle birlikte arka koruma donanımının mevcut tasarım ile statik teste hazır olduğu değerlendirilmiştir. Bu nedenle tasarımın bu noktada sabitlenerek statik teste geçilmesine karar verildi.

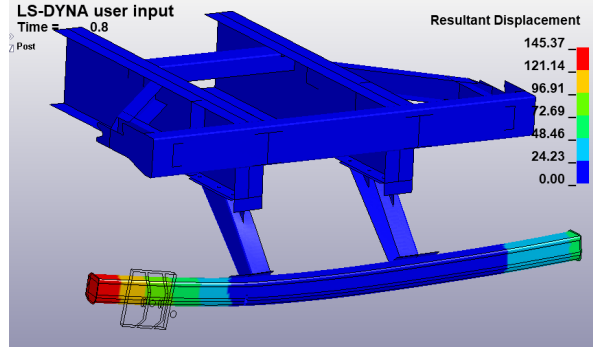
4.1.2. 750 mm Şasi Bağlantı Eksenli Donanımının Analizi

1300 mm şasi bağlantı eksenli ile tasarım ve analiz çalışması tamamlanan arka koruma donanımının 750 mm şasi bağlantı ekseninde P1L ve P1R test noktalarına uygulanacak test kuvvetinin moment kuvveti etkisi ile nasıl bir sonuç elde edileceği incelenmiştir. P1L ve P1R test noktaları birbirinin simetriği olması nedeni ile test kuvveti sadece bir noktaya uygulanmıştır.

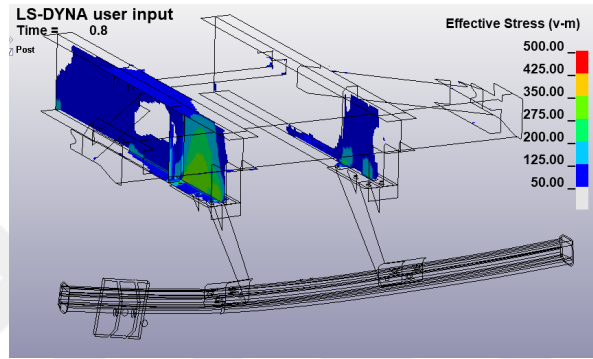
4.1.2.1. P1L analizi

Yapılan analizde P1L noktasına 100 kN kuvvet uygulanmıştır. Şekil 4.27’de görüldüğü gibi arka koruma donanımı profilinin 145,37 mm yer değiştirdiği görüldü. Regülasyon 58.03’e göre izin verilen azami 100 mm’lik yer değiştirmenin üzerine çıkması nedeni ile tasarımın 750 mm şasi ekseninde kullanılamayacağı görülmüştür.

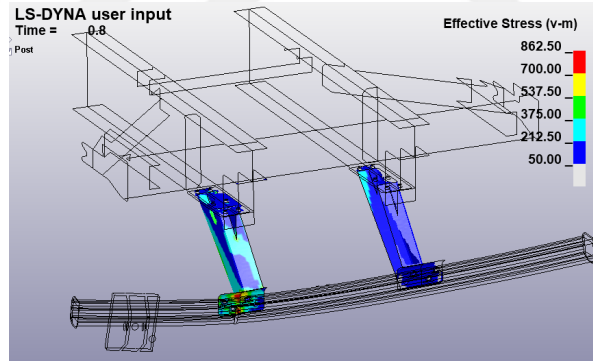
Şekil 4.28’de şasi üzerindeki gerilmeler, şekil 4.29’da şasi bağlantı ayakları üzerinde oluşan gerilmeler ve 4.30’da arka koruma donanımı profili üzerinde oluşan gerilmeler verilmiştir.



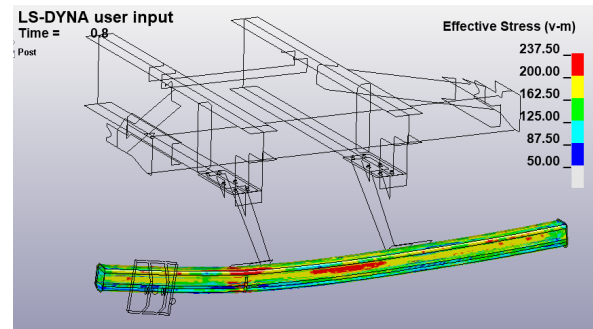
Şekil 4. 27 : 750 mm şasi bağlantı ekseninde P1L'nin yük altında yer değiştirmesi.



Şekil 4. 28 : 750 mm şasi ekseninde P1L analizinde araç şasisi üzerindeki gerilmeler.



Şekil 4. 29 : 750 mm şasi ekseninde P1L analizinde şasi bağlantı ayakları yük altında gerilimler.



Şekil 4. 30 : 750 mm şasi eksen P1L analizinde arka koruma donanımı profili üzerindeki gerilimler.

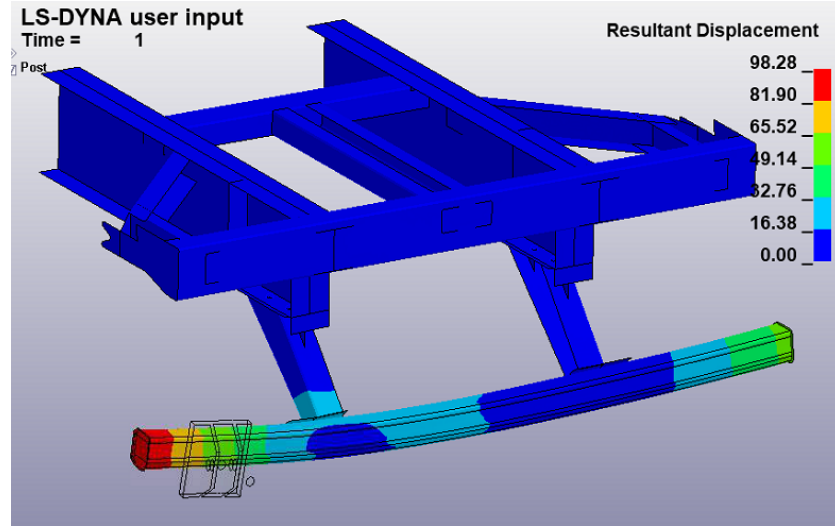
4.1.3. 980 mm Şasi Bağlantı Eksenli Donanımının Analizi

1300 mm şasi bağlantı eksenli ile tasarım ve analiz çalışması tamamlanan arka koruma donanımının 980 mm şasi bağlantı ekseninde P1L ve P1R test noktalarına uygulanacak test kuvvetinin moment kuvveti etkisi ile nasıl bir sonuç elde edileceği incelenmiştir. P1L ve P1R test noktaları birbirinin simetrisi olması nedeni ile test kuvveti sadece bir noktaya uygulanmıştır.

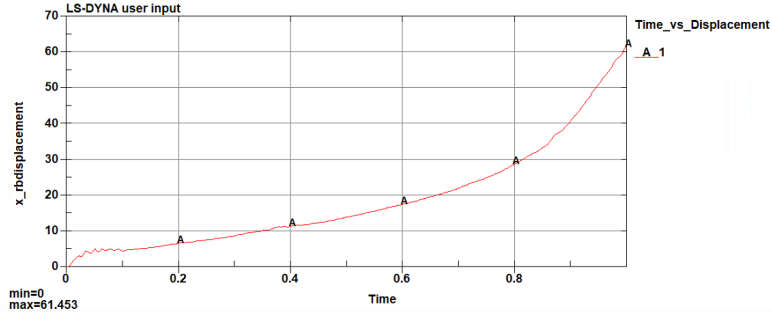
4.1.3.1. P1L analizi

Yapılan analizde P1L noktasına 100 kN kuvvet uygulanmıştır. Şekil 4.31 incelendiğinde 98,28 mm yer değiştirme gözükmemektedir. Ancak bu değer arka koruma donanımının uç kısmında gerçekleşen yer değiştirme olup, şekil 4.32’de görüldüğü gibi arka koruma donanımı profili üzerinde yükün uygulanma noktasındaki yer değiştirme 61,453 mm’dir. Regülasyon 58.03’e göre izin verilen azami 100 mm’lik yer değiştirmenin üzerine çıkmaması nedeni ile tasarımın 980 mm şasi ekseninde kullanılabileceği görülmüştür.

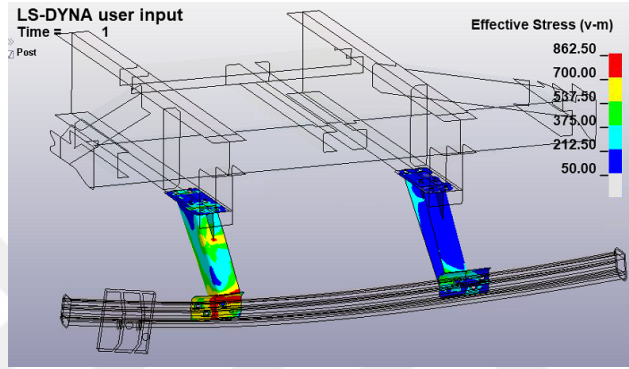
Şekil 4.33’de şasi bağlantı ayakları üzerinde oluşan gerilmeler ve 4.34’de arka koruma donanımı profili üzerinde oluşan gerilmeler verilmiştir.



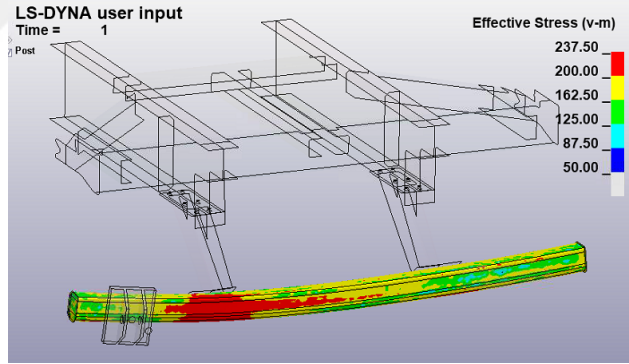
Şekil 4. 31 : 980 mm şasi bağlantı ekseninde P1L'nin yük altında yer değiştirmesi.



Şekil 4. 32 : 980 mm şasi ekseninde P1L yük yer değıştirme grafiğı.



Şekil 4. 33 : 980 mm şasi ekseninde P1L analizinde şasi bağlantı ayakları yük altında gerilimler.



Şekil 4. 34 : 980 mm şasi eksen P1L analizinde arka koruma donanımı profili üzerindeki gerilimler.

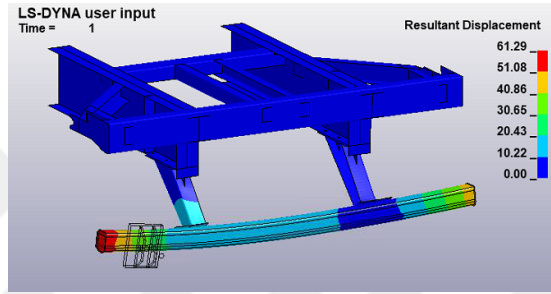
4.1.4. 1100 mm Şasi Bağlantı Eksenli Donanımının Analizi

1300 mm şasi bağlantı eksenine ile tasarım ve analiz çalışması tamamlanan arka koruma donanımının 1100 mm şasi bağlantı ekseninde P1L ve P1R test noktalarına uygulanacak test kuvvetinin moment kuvveti etkisi ile nasıl bir sonuç elde edileceğı incelenmiştir. P1L ve P1R test noktaları birbirinin simetriğı olması nedeni ile test kuvveti sadece bir noktaya uygulanmıştır.

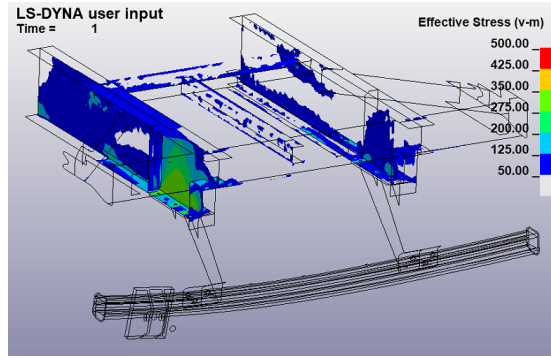
4.1.4.1. P1L analizi

Yapılan analizde P1L noktasına 100 kN kuvvet uygulanmıştır. Şekil 4.35’de görüldüğü gibi arka koruma donanımı profilinin 61,29 mm yer değiştirdiği görüldü. Regülasyon 58.03’e göre izin verilen azami 100 mm’lik yer değiştirmenin üzerine çıkmaması nedeni ile tasarımın 1100 mm şasi ekseninde kullanılabileceği görülmüştür.

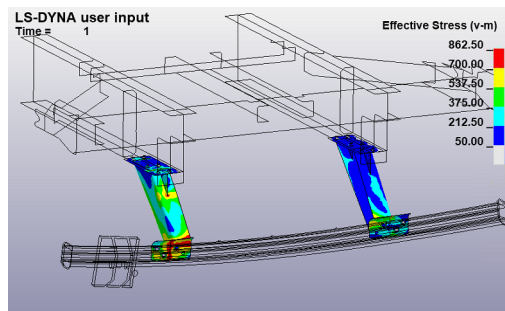
Şekil 4.36’da şasi üzerindeki gerilmeler, şekil 4.37’de şasi bağlantı ayakları üzerinde oluşan gerilmeler ve 4.38’de arka koruma donanımı profili üzerinde oluşan gerilmeler verilmiştir.



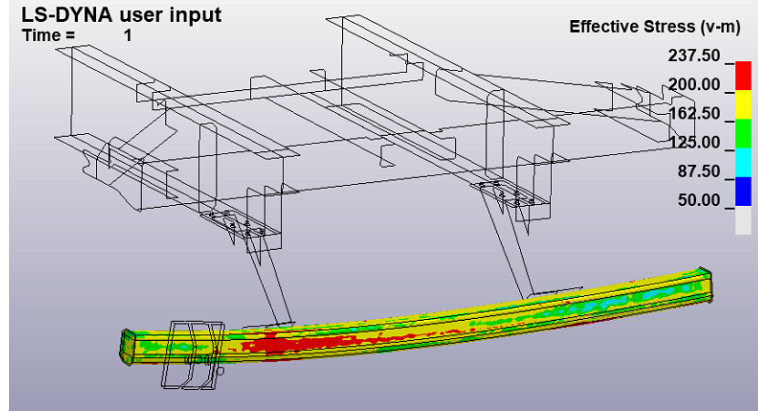
Şekil 4. 35 : 1100 mm şasi bağlantı ekseninde P1L’nin yük altında yer değiştirmesi.



Şekil 4. 36 : 1100 mm şasi ekseninde P1L analizinde araç şasisi üzerindeki gerilmeler.



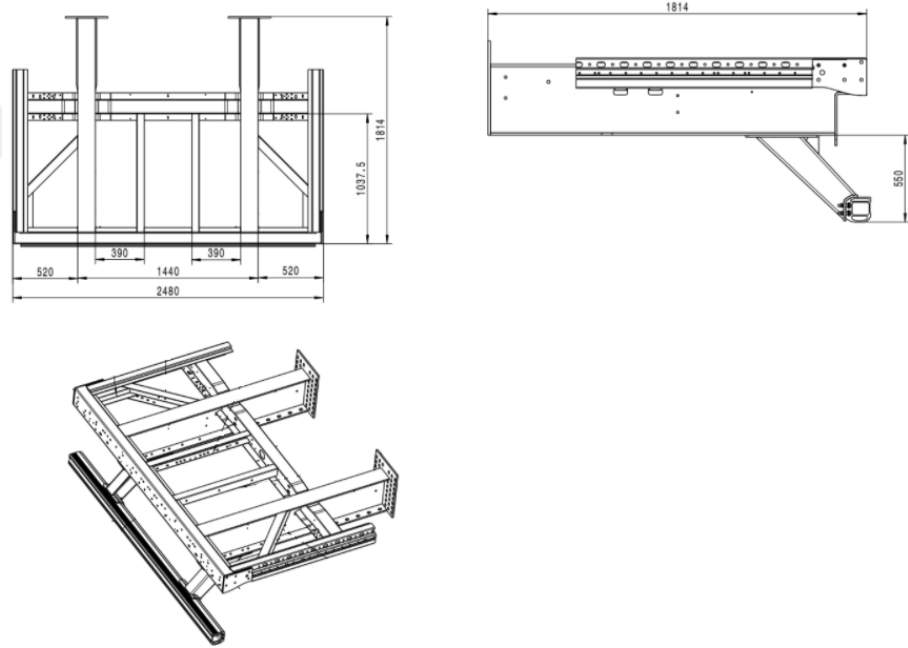
Şekil 4. 37 : 1100 mm şasi ekseninde P1L analizinde şasi bağlantı ayakları yük altında gerilimler.



Şekil 4. 38 : 1100 mm şasi ekseni P1L analizinde arka koruma donanımı profili üzerindeki gerilimler.

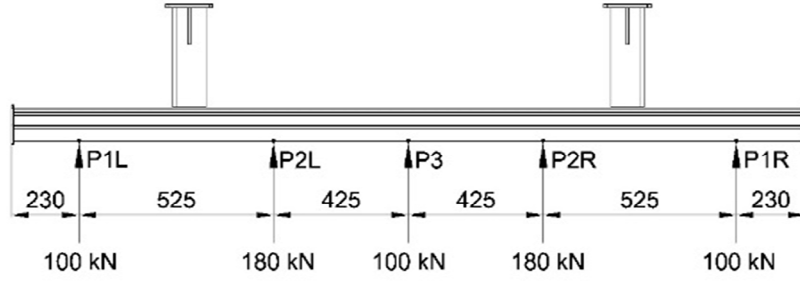
4.2. Arka Koruma Donanımı Statik Testi

Statik testi yapılacak arka koruma donanımı testi için hazırlanan kısmi şasi kompleksi resmi şekil 4.39’da verilmiştir.



Şekil 4. 39 : Kısmi araç şasi kompleksi.

Test kuvvetleri ve test noktaları şekil 4.40’da, test ve analizi yapılan arka koruma donanımı profili kesit görüntüsü, arka koruma donanımı ve şasi bileşenlerine ilişkin malzeme bilgisi analiz bölümünde detaylı olarak verilmiştir.



Şekil 4. 40 : R58.03'e göre test noktaları ve test yükleri.

4.2.1. P1L Testi

P1L noktasına test yükünün uygulanma resmi şekil 4.41’de, yük silindirin zamana göre doğrusal hareketi ve uyguladığı kuvvet tablo 4.1’de verilmiştir. Tablo 4.1’den elde edilen hareket yük grafiği şekil 4.42’de verilmiştir.

Tablo 4.1 incelendiğinde 48’inci saniyede test yükünün 107,102576 kN’a ulaştığı görülmektedir. Testin başlangıcında sistemdeki yağ basıncı nedeni ile oluşan 3,144444 kN’luk kuvvetin 107,102576 kN’dan çıkartılması sonucu arka koruma donanımına 103,958132 kN’luk kuvvetin uygulandığı görülmektedir.

Testin 48’inci saniyede 75,280595 mm doğrusal hareket oluştuğu, bundan testin başlangıcındaki 41,274608 mm’nin çıkarılması ile 34,005987 mm yer değiştirme olduğu görülmektedir.

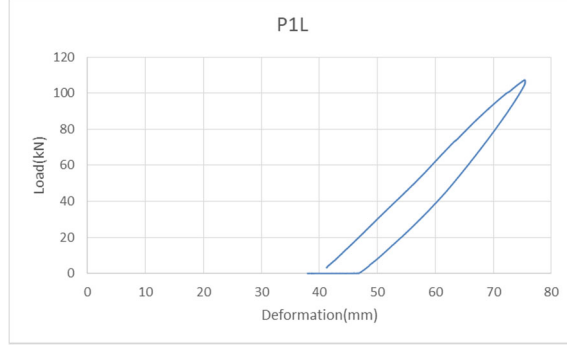
Regülasyon 58.03’de belirtilen azami 100 mm yer değiştirme şartına uyduğundan test sonucu başarılı olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 4. 41 : P1L test görüntüsü.

Tablo 4. 1 : P1L testi zamana bağı yük ve hareket tablosu.

Zaman(Saniye)	Yük Ölçer(kN)	Doğrusal Hareket(mm)	Zaman(Saniye)	Yük Ölçer(kN)	Doğrusal Hareket(mm)
0	3,144444	41,274608	40	95,718519	70,719431
1	3,180341	41,258267	41	97,859605	71,489475
2	3,216237	41,273238	42	99,914573	72,240538
3	3,438678	41,30468	43	100,654828	72,674627
4	4,409407	41,631204	44	101,520183	73,0659
5	5,761963	42,127171	45	102,897615	73,551329
6	7,25626	42,660354	46	104,366667	74,083343
7	9,588889	43,395791	47	105,825252	74,718871
8	12,146726	44,22337	48	107,102576	75,280595
9	14,619736	45,098178	49	106,875507	75,475475
10	17,434333	45,979313	50	106,375188	75,475475
11	20,41147	46,940489	51	105,994334	75,507663
12	23,486031	47,88327	52	105,65934	75,479908
13	26,490761	48,848849	53	105,292593	75,45176
14	29,496464	49,783116	54	105,027194	75,453231
15	32,439332	50,767223	55	104,044673	75,286398
16	35,37606	51,671156	56	100,82708	74,733348
17	38,347058	52,630277	57	96,100513	73,818263
18	41,304871	53,612852	58	90,551852	72,692922
19	44,201577	54,550414	59	84,728231	71,417623
20	47,17296	55,495673	60	78,987641	70,13765
21	50,197283	56,457272	61	72,359655	68,578935
22	53,366667	57,412969	62	64,876765	66,802148
23	56,459645	58,353956	63	56,885185	64,851295
24	59,680676	59,32019	64	48,906388	62,796452
25	62,955737	60,231397	65	41,417408	60,763531
26	66,237037	61,21234	66	34,302758	58,669418
27	69,45307	62,128795	67	27,573239	56,605901
28	72,597209	63,109083	68	21,548363	54,653607
29	73,859068	63,579058	69	15,123611	52,447586
30	74,776892	63,930174	70	9,101637	50,366167
31	76,41043	64,380544	71	3,447098	48,292072
32	78,162963	64,909515	72	-0,010145	46,233915
33	79,946125	65,465465	73	-0,012896	44,137223
34	82,072551	66,164856	74	0,034843	42,065193
35	84,448557	66,875642	75	0,022313	40,006401
36	86,844122	67,644214	76	-0,043492	38,640533
37	89,157042	68,42398	77	-0,054495	38,27232
38	91,37455	69,193308	78	-0,018599	37,975778
39	93,5593	69,947726			



şekil 4. 42 : P1L yük-yer değiştirme grafiği.

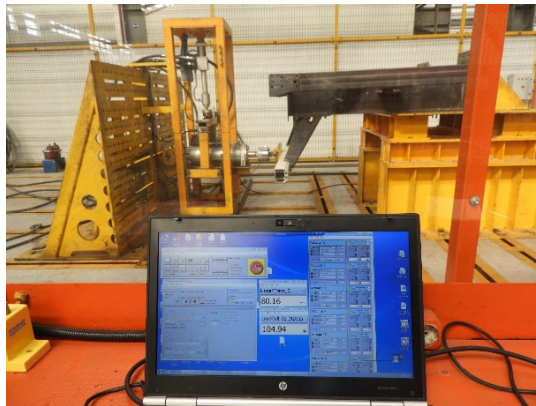
4.2.2. P3 Testi

P3 noktasına test yükünün uygulanma resmi şekil 4.43’de, yk silindirinin zamana göre doğrusal hareketi ve uyguladığı kuvvet tablo 4.2’de verilmiştir. Tablo 4.2’den elde edilen hareket yük grafiği şekil 4.44’de verilmiştir.

Tablo 4.2 incelendiğinde 43’üncü saniyede test yükünün 105,41246 kN’a ulaştığı görülmektedir. Testin başlangıcında sistemdeki yağ basıncı nedeni ile oluşan 1,274074 kN’luk kuvvetin 105,41246 kN’dan çıkartılması sonucu arka koruma donanımına 104,138386 kN’luk kuvvetin uygulandığı görülmektedir.

Testin 43’üncü saniyede 80,156958 mm doğrusal hareket oluştuğu, bundan testin başlangıcındaki 52,975197 mm’nin çıkarılması ile 27,181761 mm yer değiştirme olduğu görülmektedir.

Regülasyon 58.03’de belirtilen azami 100 mm yer değiştirme şartına uyduğundan test sonucu başarılı olarak değerlendirilmiştir.



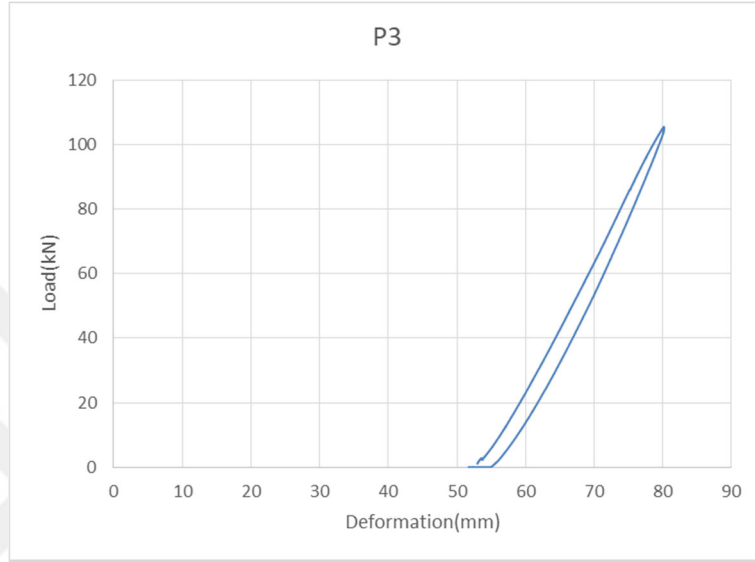
şekil 4. 43 : P3 test görüntüsü.

Tablo 4. 2 : P3 testi zaman bağı yük ve hareket tablosu.

Zaman(Saniye)	Yük Ölçer(kN)	Doğrusal Hareket(mm)	Zaman(Saniye)	Yük Ölçer(kN)	Doğrusal Hareket(mm)
0	1,274074	52,975197	41	102,647112	79,308405
1	1,191311	52,975197	42	104,744686	79,868758
2	1,171652	52,98632	43	105,41246	80,156958
3	1,315238	53,02422	44	105,133105	80,161522
4	2,28803	53,309549	45	104,854237	80,157936
5	2,452852	53,603815	46	104,71466	80,146813
6	3,288466	54,049521	47	104,589375	80,146521
7	5,016174	54,684858	48	104,458454	80,122151
8	7,6792	55,601415	49	104,292928	80,118958
9	10,872806	56,555317	50	104,132401	80,121567
10	14,352442	57,608897	51	104,033988	80,12339
11	18,164758	58,669781	52	104,003744	80,073391
12	22,080636	59,73546	53	103,932706	80,08008
13	26,234269	60,80525	54	103,761494	80,054088
14	30,401154	61,888902	55	103,683276	80,079002
15	34,568257	62,973239	56	103,673162	80,067427
16	38,713688	64,011193	57	103,616465	80,046713
17	42,663181	65,020314	58	103,600127	80,049091
18	45,212379	65,627342	59	103,523621	80,048476
19	47,960836	66,277388	60	103,407931	79,994487
20	50,771256	66,963542	61	103,19173	79,991102
21	53,747907	67,712973	62	100,942418	79,611939
22	56,866667	68,433309	63	97,317401	78,965409
23	59,940741	69,169169	64	92,904777	78,133689
24	63,058696	69,911457	65	87,084142	77,004762
25	66,106384	70,662551	66	80,705938	75,714422
26	69,251865	71,412536	67	74,3458	74,445964
27	72,545713	72,131371	68	67,994552	73,106964
28	75,885185	72,885526	69	61,436111	71,731454
29	79,173883	73,649243	70	54,577348	70,225781
30	82,420813	74,363252	71	47,76661	68,664518
31	85,524913	75,06092	72	41,05628	67,110347
32	85,922759	75,19742	73	34,491767	65,525278
33	86,741214	75,386498	74	28,165982	63,957758
34	88,125926	75,719641	75	22,691596	62,462462
35	89,828606	76,076076	76	16,733481	60,829146
36	91,675242	76,522174	77	11,328439	59,235584
37	93,842982	77,002778	78	6,459259	57,656509
38	96,064063	77,578525	79	2,232122	56,067924
39	98,331542	78,139825	80	1,108749	55,516225
40	100,509179	78,723168	81	0,162762	54,988352

Tablo 4. 2(devam) : P3 testi zaman bağı yük ve hareket tablosu.

Zaman(Saniye)	Yük Ölçer(kN)	Doğrusal Hareket(mm)	Zaman(Saniye)	Yük Ölçer(kN)	Doğrusal Hareket(mm)
82	0,01042	54,276499	86	0,060608	52,133817
83	-0,002664	53,503191	87	-0,037419	51,849857
84	0,030113	52,776327	88	0,002872	51,711212
85	0,048581	52,463575			



Şekil 4. 44 : P3 yük-yer değişirme grafiği.

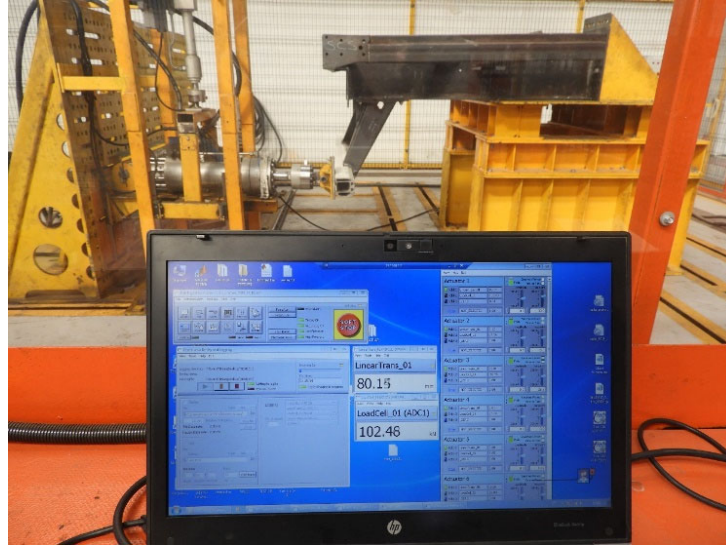
4.2.3. P1R Testi

P1R noktasına test yükünün uygulanma resmi şekil 4.45’de, yük silindirinin zamana göre doğrusal hareketi ve uyguladığı kuvvet tablo 4.3’de verilmiştir. Tablo 4.3’den elde edilen hareket yük grafiği şekil 4.46’da verilmiştir.

Tablo 4.3 incelendiğinde 55’inci saniyede test yükünün 103,375641 kN’a ulaştığı görülmektedir. Testin başlangıcında sistemdeki yağ basıncı nedeni ile oluşan 1,644444 kN’luk kuvvetin 103,375641 kN’dan çıkartılması sonucu arka koruma donanımına 101,731197 kN’luk kuvvetin uygulandığı görülmektedir.

Testin 55’inci saniyede 80,160092 mm doğrusal hareket olduğu, bundan testin başlangıcındaki 48,948949 mm’nin çıkarılması ile 31,211143 mm yer değişirme olduğu görülmektedir.

Regülasyon 58.03’de belirtilen azami 100 mm yer değişirme şartına uyduğundan test sonucu başarılı olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 4. 45 : PIR test görüntüsü.

Tablo 4. 3 : PIR testi zaman bağlı yük ve hareket tablosu.

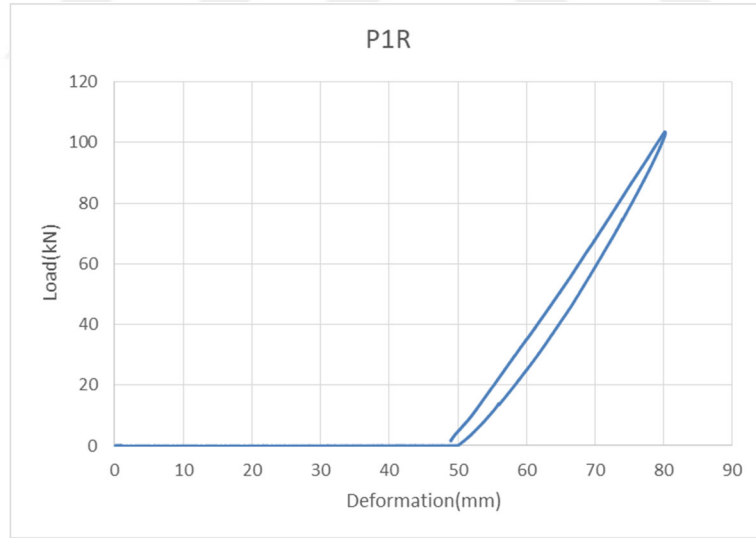
Zaman(Saniye)	Yük Ölçer(kN)	Doğrusal Hareket(mm)	Zaman(Saniye)	Yük Ölçer(kN)	Doğrusal Hareket(mm)
0	1,644444	48,948949	25	43,801114	62,733899
1	1,694515	48,960071	26	45,579663	63,29663
2	1,672793	48,960756	27	47,477727	63,91204
3	1,653351	48,982316	28	49,464359	64,507422
4	2,278637	49,139397	29	51,429821	65,096054
5	3,354556	49,503136	30	53,437923	65,688333
6	4,659541	49,972194	31	55,391928	66,30469
7	6,002922	50,510041	32	57,393773	66,877828
8	7,486903	51,085788	33	59,482558	67,503705
9	8,91402	51,675135	34	61,605663	68,079976
10	10,725631	52,274074	35	63,669756	68,688566
11	12,578137	52,863975	36	65,31715	69,170378
12	14,735628	53,541585	37	66,371833	69,53575
13	17,495374	54,453346	38	67,585735	69,868923
14	20,300409	55,355355	39	69,107407	70,320895
15	23,31252	56,256679	40	70,70577	70,742562
16	26,2416	57,187784	41	72,283803	71,219901
17	29,071897	58,069311	42	74,173833	71,763914
18	31,94688	59,012092	43	76,238664	72,350128
19	34,698423	59,860807	44	78,404308	72,951091
20	35,714224	60,233744	45	80,683343	73,595818
21	36,935306	60,604233	46	83,015586	74,263152
22	38,447316	61,118465	47	85,497756	74,930778
23	40,129784	61,61277	48	87,986634	75,672774
24	41,927053	62,181505	49	90,404207	76,365254

Tablo 4. 3(devam) : P1R testi zaman bağı yük ve hareket tablosu.

Zaman(Saniye)	Yük Ölçer(kN)	Doğrusal Hareket(mm)	Zaman(Saniye)	Yük Ölçer(kN)	Doğrusal Hareket(mm)
50	92,74851	77,085197	91	40,922222	64,965479
51	95,222444	77,778564	92	35,61821	63,387462
52	97,781455	78,50298	93	30,422222	61,831518
53	100,324044	79,179179	94	25,670746	60,238016
54	102,699799	79,883567	95	21,432857	58,773075
55	103,375641	80,160092	96	16,523671	57,073982
56	103,152093	80,191302	97	12,367136	55,47499
57	102,986836	80,156636	98	8,218015	53,88712
58	102,811111	80,164686	99	4,554217	52,338722
59	102,616214	80,169058	100	1,420746	50,772995
60	102,39223	80,133999	101	0,031773	49,172331
61	102,308595	80,139147	102	-0,052717	47,601587
62	102,220196	80,113447	103	-0,031632	46,014503
63	102,148521	80,110999	104	0,029576	44,459999
64	101,904777	80,080241	105	0,038265	42,879171
65	101,329563	79,999454	106	0,022162	41,331045
66	99,550644	79,67968	107	-0,070196	37,126277
67	97,065154	79,17119	108	-0,0343	27,613362
68	94,55098	78,644788	109	-0,001053	14,010861
69	92,096991	78,124652	110	-0,033561	0,193732
70	89,678596	77,586967	111	-0,024487	0,155258
71	87,032226	76,973159	112	-0,102738	0,166834
72	83,932689	76,284981	113	-0,040003	0,177734
73	80,822635	75,522765	114	-0,013164	0,175357
74	77,763741	74,789907	115	-0,021065	0,167065
75	74,836675	74,078577	116	-0,038057	0,173201
76	74,363111	73,929485	117	-0,069475	0,166834
77	74,380421	73,898264	118	-0,096296	0,163307
78	74,392633	73,937283	119	-0,008283	0,155711
79	74,393824	73,929485	120	-0,014976	0,174571
80	74,446377	73,929485	121	-0,08494	0,173654
81	74,570068	73,940577	122	-0,09378	0,189078
82	74,62247	73,94909	123	-0,035558	0,171639
83	74,599708	73,940607	124	-0,005381	0,180978
84	74,387399	73,88826	125	-0,009726	0,207706
85	72,28496	73,418517	126	-0,082206	0,266934
86	68,684736	72,518916	127	-0,040741	0,360485
87	63,770753	71,264713	128	-0,039667	0,411523
88	57,934165	69,728505	129	-0,018347	0,483515
89	52,00366	68,144584	130	-0,068351	0,506041
90	46,229086	66,550669	131	-0,081451	0,578356

Tablo 4. 3(devam) : P1R testi zaman bağı yük ve hareket tablosu.

Zaman(Saniye)	Yük Ölçer(kN)	Doğrusal Hareket(mm)	Zaman(Saniye)	Yük Ölçer(kN)	Doğrusal Hareket(mm)
132	-0,080797	0,610635	148	-0,038594	0,872451
133	-0,018482	0,636214	149	-0,109883	0,846277
134	-0,017525	0,64509	150	-0,100725	0,882888
135	-0,05317	0,685921	151	-0,01714	0,867534
136	-0,098041	0,701748	152	-0,028127	0,900901
137	-0,054059	0,703824	153	-0,067965	0,886243
138	-0,031481	0,74519	154	-0,089151	0,902331
139	-0,060148	0,760654	155	-0,076117	0,878656
140	-0,069122	0,759777	156	-0,018599	0,88313
141	-0,070481	0,799048	157	-0,022222	0,912023
142	-0,040741	0,819559	158	-0,060501	0,878656
143	0,002888	0,801869	159	-0,123923	0,896488
144	-0,094686	0,834168	160	-0,055233	0,901707
145	-0,058303	0,801566	161	-0,026466	0,946317
146	-0,04527	0,842489	162	-0,041043	0,900961
147	-0,021719	0,8507			



Şekil 4. 46 : P1R yük-yer değiştirme grafiği.

4.2.4. P2L Testi

P2L noktasına test yükünün uygulanma resmi şekil 4.47’de, yük silindirin zamana göre doğrusal hareketi ve uyguladığı kuvvet tablo 4.4’de verilmiştir. Tablo 4.5’den elde edilen hareket yük grafiği şekil 4.48’de verilmiştir.

Tablo 4.4 incelendiğinde 71'inci saniyede test yükünün 181,8979 kN'a ulaştığı görülmektedir. Testin başlangıcında sistemdeki yağ basıncı nedeni ile oluşan 1,496296 kN'luk kuvvetin 181,8979 kN'dan çıkartılması sonucu arka koruma donanımına 180,401604 kN'luk kuvvetin uygulandığı görülmektedir.

Testin 71'inci saniyede 87,016868 mm doğrusal hareket oluştuğu, bundan testin başlangıcındaki 46,958069 mm'nin çıkarılması ile 40,058799 mm yer değiştirme olduğu görülmektedir.

Regülasyon 58.03'de belirtilen azami 100 mm yer değiştirme şartına uyduğundan test sonucu başarılı olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 4. 47 : P2L test görüntüsü.

Tablo 4. 4 : P2L testi zaman bağlı yük ve hareket tablosu.

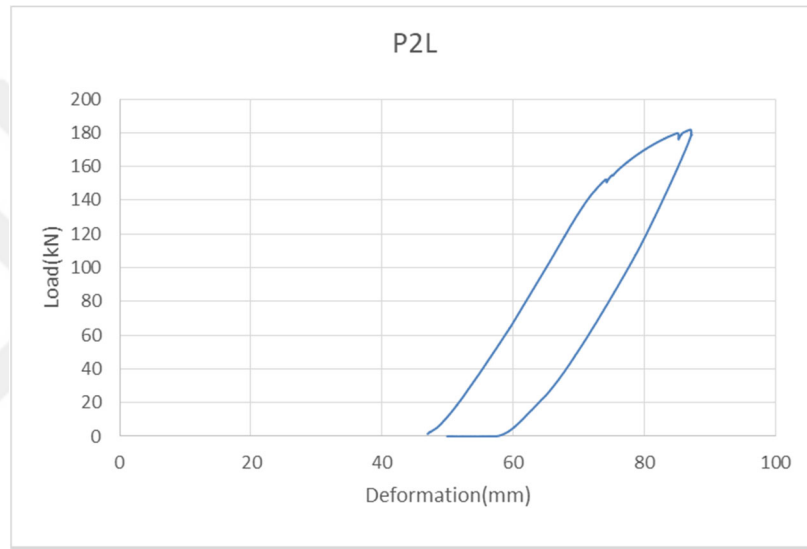
Zaman(Saniye)	Yük Ölçer(kN)	Doğrusal Hareket(mm)	Zaman(Saniye)	Yük Ölçer(kN)	Doğrusal Hareket(mm)
0	1,496296	46,958069	9	16,595028	51,027567
1	1,495156	46,977704	10	20,793297	51,848003
2	1,549571	46,957384	11	25,414456	52,701806
3	1,953774	47,088242	12	30,203422	53,544487
4	2,614251	47,424518	13	34,580586	54,332664
5	3,977778	47,957146	14	39,170947	55,159951
6	6,096437	48,650704	15	44,339241	56,078301
7	8,997655	49,386695	16	49,352979	56,909567
8	12,512265	50,161272	17	54,274728	57,757627

Tablo 4. 4(devam) : P2L testi zaman bağı yük ve hareket tablosu.

Zaman(Saniye)	Yük Ölçer(kN)	Doğrusal Hareket(mm)	Zaman(Saniye)	Yük Ölçer(kN)	Doğrusal Hareket(mm)
18	59,171115	58,611691	56	175,440741	82,477889
19	64,146021	59,449284	57	176,609974	83,056698
20	69,447853	60,282505	58	177,758877	83,688056
21	74,920864	61,107182	59	178,630891	84,306529
22	80,401322	61,987793	60	179,614452	84,896007
23	86,059568	62,851741	61	178,97652	85,196307
24	91,776087	63,756752	62	177,920545	85,223609
25	97,57037	64,610555	63	177,109269	85,22233
26	103,29266	65,529982	64	176,497638	85,207268
27	109,3172	66,421978	65	176,121246	85,232485
28	115,533333	67,356245	66	177,913265	85,452844
29	121,725798	68,294885	67	179,604539	85,757275
30	127,823994	69,214504	68	180,334863	86,065413
31	133,52493	70,149951	69	180,991667	86,355105
32	138,875523	71,07091	70	181,443626	86,715359
33	143,658786	71,994216	71	181,8979	87,016868
34	146,643572	72,62897	72	180,979791	87,141489
35	149,35001	73,29317	73	180,049654	87,144099
36	151,831643	73,929485	74	179,585232	87,146708
37	151,88594	74,233795	75	179,132971	87,133692
38	150,898973	74,241855	76	178,783535	87,124242
39	151,717663	74,394957	77	177,689818	87,05372
40	153,412292	74,688376	78	173,712782	86,664442
41	154,685876	75,041708	79	167,891392	86,03122
42	154,580737	75,156195	80	160,877939	85,24934
43	155,786084	75,410697	81	153,015066	84,339926
44	157,027966	75,734873	82	144,642566	83,343609
45	158,568257	76,176176	83	135,638205	82,277033
46	160,081944	76,61226	84	124,714291	80,893333
47	161,755069	77,110444	85	112,637903	79,366947
48	163,453623	77,668973	86	100,325134	77,614853
49	165,089392	78,206135	87	87,661554	75,742409
50	166,792593	78,812145	88	74,892297	73,787394
51	168,419605	79,434991	89	62,381394	71,813581
52	170,003744	80,015563	90	50,30316	69,86987
53	171,448088	80,62507	91	38,870089	67,893991
54	172,767633	81,251602	92	28,766358	65,916843
55	174,140855	81,869682	93	21,087178	64,148992

Tablo 4. 4(devam) : P2L testi zaman bağı yük ve hareket tablosu.

Zaman(Saniye)	Yük Ölçer(kN)	Doğrusal Hareket(mm)	Zaman(Saniye)	Yük Ölçer(kN)	Doğrusal Hareket(mm)
94	12,554771	61,99825	102	0,022665	52,106877
95	5,067988	60,042661	103	-0,009776	50,908285
96	0,693559	58,087073	104	-0,011218	50,579484
97	0,075352	57,173982	105	0,082095	50,586879
98	-0,002865	56,489823	106	0,054301	50,635116
99	-0,061071	55,527206	107	-0,105337	50,342643
100	-0,043693	54,46469	108	-0,034501	50,031674
101	0,023588	53,276435			



Şekil 4. 48 : P2L yük-yer değiştirme grafiği.

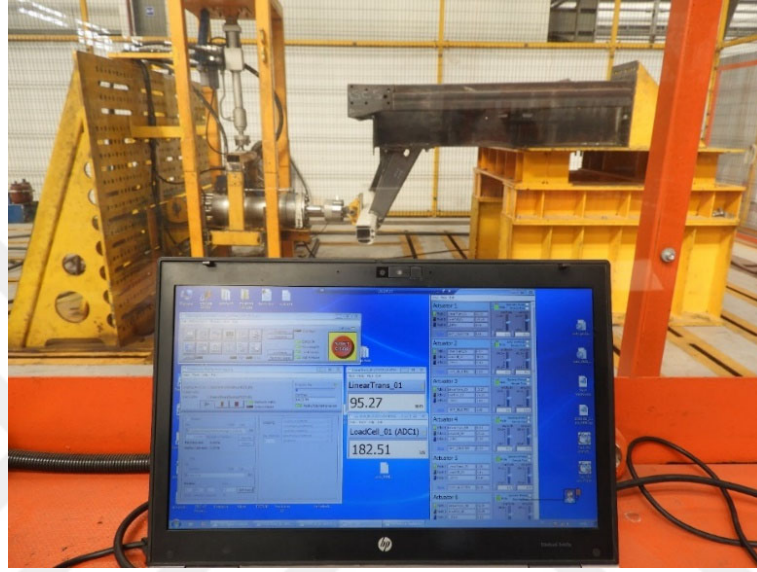
4.2.5. P2R Testi

P2R noktasına test yükünün uygulanma resmi şekil 4.49’da, yük silindirin zamana göre doğrusal hareketi ve uyguladığı kuvvet tablo 4.5’de verilmiştir. Tablo 4.6’dan elde edilen hareket yük grafiği şekil 4.50’de verilmiştir.

Tablo 4.5 incelendiğinde 76’ıncı saniyede test yükünün 185,155113 kN’a ulaştığı görülmektedir. Testin başlangıcında sistemdeki yağ basıncı nedeni ile oluşan 0,155415 kN’luk kuvvetin 185,155113 kN’dan çıkartılması sonucu arka koruma donanımına 184,999698 kN’luk kuvvetin uygulandığı görülmektedir.

Testin 76'ıncı saniyede 95,122619 mm doğrusal hareket oluştuğu, bundan testin başlangıcındaki 44,161855 mm'nin çıkarılması ile 50,960764 mm yer değiştirme olduğu görülmektedir.

Regülasyon 58.03'de belirtilen azami 100 mm yer değiştirme şartına uyduğundan test sonucu başarılı olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 4. 49 : P2R test görüntüsü.

Tablo 4. 5 : P2R testi zaman bağlı yük ve hareket tablosu.

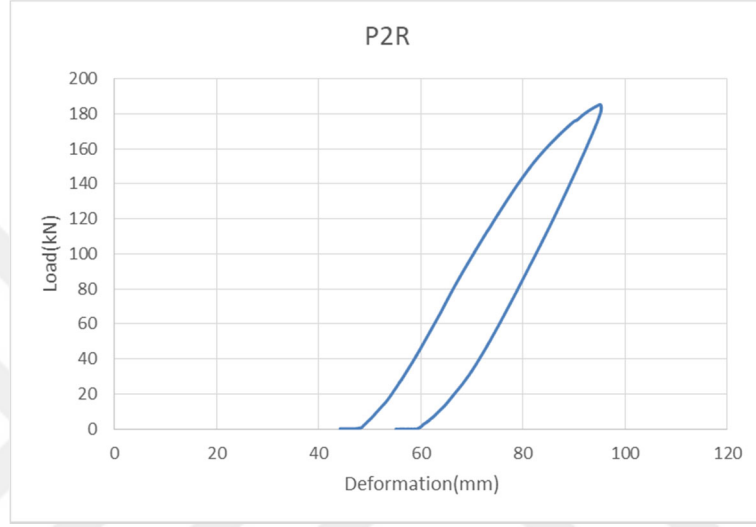
Zaman(Saniye)	Yük Ölçer(kN)	Doğrusal Hareket(mm)	Zaman(Saniye)	Yük Ölçer(kN)	Doğrusal Hareket(mm)
0	0,155415	44,161855	15	32,751479	57,169095
1	0,172138	44,559646	16	34,975396	57,635413
2	0,223349	45,16876	17	37,218904	58,131511
3	0,280213	46,143668	18	39,500322	58,61828
4	0,304703	47,399533	19	41,980277	59,124291
5	2,32963	48,875758	20	44,638909	59,656335
6	6,681481	50,405962	21	47,44688	60,175
7	11,730579	51,951398	22	50,494082	60,792596
8	16,845766	53,497942	23	53,58493	61,392542
9	23,271961	55,065754	24	56,810407	61,995329
10	27,908535	56,106026	25	60,01146	62,587839
11	28,161873	56,189392	26	63,134514	63,224255
12	28,068257	56,195688	27	66,284239	63,811487
13	29,297323	56,42309	28	69,68279	64,442482
14	30,711406	56,730241	29	73,118109	65,018229

Tablo 4. 5(devam) : P2R testi zaman bağı yük ve hareket tablosu.

Zaman(Saniye)	Yük Ölçer(kN)	Doğrusal Hareket(mm)	Zaman(Saniye)	Yük Ölçer(kN)	Doğrusal Hareket(mm)
30	76,463285	65,648378	71	178,766928	91,469247
31	79,717009	66,2587	72	180,2	92,111012
32	82,906857	66,868761	73	181,654324	92,837282
33	86,05462	67,473603	74	183,07037	93,592788
34	89,171551	68,090313	75	184,403452	94,394394
35	92,193877	68,693553	76	185,155113	95,122619
36	95,14223	69,272533	77	184,153184	95,290046
37	98,142817	69,922549	78	183,273068	95,280909
38	101,125322	70,492352	79	182,730495	95,273706
39	104,053714	71,131609	80	182,249047	95,248852
40	106,912191	71,709673	81	181,747957	95,25537
41	109,848148	72,349251	82	181,305743	95,21349
42	112,760386	72,90624	83	181,010353	95,223202
43	114,255556	73,301129	84	179,123812	94,971481
44	115,737037	73,609942	85	174,687084	94,424396
45	117,646407	74,029192	86	168,440741	93,537982
46	119,788835	74,463352	87	161,920511	92,584493
47	121,95681	74,949789	88	155,408568	91,579885
48	124,026892	75,39762	89	148,734471	90,547754
49	126,121766	75,854709	90	141,534138	89,41115
50	128,371766	76,366785	91	134,297574	88,263334
51	130,947635	76,918525	92	127,253375	87,098209
52	133,737037	77,546206	93	120,235225	85,944006
53	136,652345	78,248438	94	113,39223	84,813034
54	139,808293	78,989255	95	106,650097	83,658044
55	142,965013	79,739502	96	100,136594	82,547644
56	146,068693	80,49666	97	93,406438	81,318295
57	149,138154	81,301078	98	86,077751	80,044457
58	152,106871	82,081921	99	78,388255	78,671637
59	154,861987	82,874531	100	70,430945	77,263213
60	157,606804	83,662165	101	62,072702	75,721303
61	160,21565	84,481351	102	53,219324	74,063073
62	162,631159	85,286333	103	44,409004	72,311996
63	164,996296	86,065927	104	36,007636	70,586347
64	167,345263	86,864642	105	28,506109	68,857747
65	169,650248	87,661957	106	22,457917	67,204725
66	171,825604	88,478575	107	19,865929	66,471917
67	173,827298	89,2434	108	18,075503	66,024176
68	175,706676	90,027366	109	15,978164	65,420977
69	176,310658	90,490763	110	13,649678	64,722653
70	177,42182	90,93538	111	11,500775	63,963964

Tablo 4.5(Devam) : P2R testi zaman bağı yük ve hareket tablosu.

Zaman(Saniye)	Yük Ölçer(kN)	Doğrusal Hareket(mm)	Zaman(Saniye)	Yük Ölçer(kN)	Doğrusal Hareket(mm)
112	9,003073	63,107552	118	-0,032354	57,769887
113	6,53486	62,259512	119	-0,041194	56,886335
114	4,404911	61,359669	120	0,025181	56,473805
115	2,705938	60,482705	121	0,05566	55,849307
116	0,669975	59,573382	122	-0,006388	55,266055
117	0,036	58,690424			



Şekil 4. 50 : P2R yük-yer değiştirme grafiği.

BÖLÜM 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bölüm 4’de arka koruma donanımı tasarımı sonlu elemanlar yöntemiyle analiz edilerek tasarım üzerinde iyileştirmeler yapılmıştır. Analiz çalışmaları sonucu sabitlenen tasarım statik teste tabi tutulmuştur.

Bu çalışma sonucunda;

- a) Regülasyon 58.03’de belirtilen test kuvvetleriyle yapılan statik test sonuçlarına göre, azami yer değiştirme P2R noktasında 50,960764 mm olarak gerçekleşmiştir. Regülasyon 58.03’de belirtilen azami 100 mm yer değiştirme şartına uyduğundan arka koruma tasarımı testi başarılı bir şekilde geçmiştir.
- b) Arka koruma donanımına ilişkin eski mevzuat olan Regülasyon 58.02 seviyesinden arka koruma donanımına göre 4 kg’lık bir artış gerçekleşmiş olup, toplamda 50 kg ağırlıkla tasarlanan arka koruma donanımı ile yeni test şartları sağlanmıştır.
- c) Madde 3.1.2’de görüldüğü gibi arka koruma donanımının Regülasyon 58.03’de belirtilen test yüklerine dayanımında araç şasi yapısının önemli olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle özellikle Regülasyon 58.03’ün bölüm 2’sine göre onayı alınan arka koruma donanımlarının montajı yapılacak araç şasi bileşenlerinin de test kuvvetlerine dayanımından emin olunmalıdır.
- d) Tasarım 1300 mm şasi bağlantı eksenini için tasarlanmış olup farklı şasi eksenlerindeki kullanım durumları için bölüm 4’de 750, 980 ve 1100 mm şasi bağlantı eksenlerine göre analiz çalışması yapılmıştır. Yapılan analiz çalışmalarında şasi bağlantı eksenine göre arka koruma donanımı üzerindeki kritik test noktasının değiştiği görülmüştür. Farklı şasi eksenlerine göre yapılan analiz çalışmasında 1300 mm şasi bağlantı eksenine göre tasarlanan arka koruma donanımının 1100 ve 980 mm şasi bağlantı eksenlerinde kullanılabileceği, 750 mm şasi bağlantı ekseninde kullanılamayacağı tespit edilmiştir.

Öneriler;

Alternatif malzemeler ile arka koruma donanımının ağırlığının düşürülmesi sağlanabilir.

Regölasyon 58.03’de belirtilen yeni test yüklerine uygun arka koruma donanımının çarpışma testlerindeki davranışını analiz edilebilir.

Arka koruma donanımına çarpışma kuvvetini sönümleyecek ilave donanımların eklenmesi ve bu donanımların çarpışma testlerindeki davranışları incelenebilir.



KAYNAKLAR

- Avrupa Parlamentosu ve Konseyi. (2018). Motorlu araçlar ve römorkları ile bunların aksam, sistem ve ayrı teknik ünitelerinin tip onayı ve piyasa gözetimi hakkında yönetmelik(EU/2018/858).
- Budak A. (2017). Lojistik sektörü karayolu taşımacılığında dinamik fiyat tahmin sisteminin tasarlanması (Doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çetin V. (2019). Treyler şaselerinde kullanılan S700MC çelik saclarının elektrik direnç nokta kaynağında mekanik özelliklerinin incelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı, Sakarya.
- Erdemir Ürün Kataloğu, 2017.
- https://www.erdemir.com.tr/Sites/1/upload/files/Urun_Katalogu-2017-1269.pdf
- Erhan E. E. (2011). Kiriş elemanlardan oluşan bir yapının sonlu eleman analizi. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- European Road Safety Observatory. (2018). Heavy Goods Vehicles and Buses. https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/pdf/statistics/dacota/bfs20xx_hgvs.pdf
- Tolun, F. ve Eren, İ. (2007). Yük taşıtlarının taşıyıcı aksamalarının gerçek yol yükleri altında analiz edilmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Balıkesir.
- Tolun, F. (2007). Yük taşıtlarının taşıyıcı aksamalarının gerçek yol yükleri altında analiz edilmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Balıkesir.
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2021). Motorlu kara taşıt sayıları.
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2020). Yıllara Göre Kaza, Ölü ve Yaralı Sayısı.
- Şen, Ş. (2017). 'Dorse tasarımında ağırlık optimizasyonu ve malzeme seçimi'. Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Bölümü.
- Şenalp, A. Z. ve Bezer, Y. İ. (2006). 'Treyler Şasinin Bilgisayar Destekli Tasarımı ve Sonlu Elemanlar Metoduyla Yapısal Analizi'. Timak, ss: 558-569.

- Görkem E. (2019). Türkiye’de faaliyet gösteren karayolu taşımacılık Firmalarının etkinliğinin analizi (Yüksek lisans tezi). İstanbul Aydın Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Gökmen Z. (2014). Karayolu taşımacılığının diğer taşımacılık modlarıyla karşılaştırılması ve sağladığı avantajlar. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Ulaştırma ve haberleşme uzmanlığı tezi, Ankara.
- Kütük Y. (2019). Lowbed treyler araçları için rampa tasarımı ve yapısal analizi. (Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı, Sakarya.
- Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2020). Motorlu araçlar ve römorkları ile bunların aksam, sistem ve ayrı teknik ünitelerinin tip onayı ve piyasa gözetimi ve denetimi hakkında yönetmelik(AB/2018/858).
- Nouby M. Ghazaly. (2014). Applications of finite element stress analysis of heavy truck chassis, Survey and recent development. Journal of Mechanical Design and Vibration, Vol. 2, No. 3, 69-73.
- United Nations. (2017). Regulation 58, Rear underrun protective. <https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2017/R058r3e.pdf>
- United Nations. (2020). A foundational safety system concept to make roads safer in the Decade 2021-2030.
- Volvo Trucks. (2017). Safety Report. <https://www.volvotrucks.com/content/dam/volvo/volvo-2952/global/news-stories/magazine/2018/Safety-Report-2017.pdf.coredownload.pdf>