



**OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE KOLTUK İSKELETİNİN  
ALTERNATİF MALZEMELERLE OPTİMİZASYONU**

**Mücahit GÖLEÇ**



T.C.  
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE KOLTUK İSKELETİNİN ALTERNATİF  
MALZEMELERLE OPTİMİZASYONU**

**Mücahit GÖLEÇ**  
**(ORCID ID: 0000-0001-9527-2911)**

Prof. Dr. Yahya IŞIK  
(ORCID ID: 0000-0002-1982-9666)  
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2019  
Her Hakkı Saklıdır

## TEZ ONAYI

Mücahit GÖLEÇ tarafından hazırlanan "Otomotiv Sektöründe Koltuk İskeletinin Alternatif Malzemelerle Optimizasyon" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman:** Prof. Dr. Yahya IŞIK

Başkan : Prof. Dr. Yahya IŞIK  
U.Ü. Mühendislik Fakültesi  
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı  
ORCID ID: 0000-0002-1982-9666

İmza

Üye : Prof. Dr. Ali Rıza YILDIZ  
U.Ü. Mühendislik Fakültesi  
Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Selçuk KARAGÖZ  
B.T.Ü. Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi  
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Üye :

İmza

Üye :

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN  
Enstitü Müdürü

.....

**U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;**

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
  - görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
  - başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
  - atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
  - kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
  - ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı
- beyan ederim.**

**01/08/2019**

**Mücahit GÖLEÇ**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE KOLTUK İSKELETİNİN ALTERNATİF MALZEMELERLE OPTİMİZASYONU

**Mücahit GÖLEÇ**

Uludağ Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Prof. Dr Yahya IŞIK

Bu çalışmada, ticari araçlarda yolcu koltuğu iskeletinde alternatif malzemelerle tasarım değişikliği ile hafifletilmesi ve maliyet azaltılması sağlanmıştır. Koltuk iskeletleri genel anlamda, ayak braketleri, oturak, sırt, başlık ve bağlantı elemanları gibi bileşenlerden oluşmaktadır. Koltuklarda mekanik özellikler yanında konfor da önemli bir parametredir. Koltuk sırt borularında üç farklı metot kullanılarak optimizasyon çalışmaları yapılmıştır. Bu metotlar; aynı malzemede kesit azaltılması, oturak iskeletinde alternatif malzeme ile daha ince kesitlerin kullanılması ve ayak braketlerinde tasarım değişikliklerinin yapılmasıdır. Uygulanan metotlarda hafifletme ve maliyet değişimleri incelenmiştir. Geometrik şekil değişiklikleri yapılan koltuğun, uluslararası ECE R14 emniyet kemeri çekme testine göre sonlu elemanlar metodu analizleri ile doğrulanmıştır. Ayrıca geliştirilen koltuk tasarımlarına, mekanik çekme yapılarak, uluslararası standartlara uygunluğu doğrulanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Çekme, emniyet kemeri, hafifletme, optimizasyon, sonlu elemanlar analizi, yolcu koltuğu,

**2019, vii+51sayfa**

## **ABSTRACT**

MSc Thesis

### **OPTIMIZATION WITH ALTERNATIVE MATERIALS OF THE SEATS IN THE AUTOMOTIVE SECTOR**

**Mücahit GÖLEÇ**

Uludağ University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Mechanical Engineering

**Supervisor:** Prof. Dr. Yahya IŞIK

In this study, it is provided to reduce the cost by reducing the design changes with alternative materials in the skeleton of the passenger seat of commercial vehicles. In general, seat brackets, foot brackets, seat, back, head and consists of components such as fasteners. Seats are an important parameter in comfort as well as mechanical properties. Optimization studies were done by using three different methods in seat back pipes. These methods; reducing the cross-section in the same material, using thinner sections with alternate material in the seat frame and making design changes in the foot brackets. In the applied methods, lightening and cost changes were investigated. The conformity of the seats with geometric shape changes to the international ECE R14 safety belt pull was confirmed by finite element method analysis. In addition, the mechanical thrust tests was carried out on the designs of the developed seats and the compliance with the international standards was confirmed.

**Key words:** Elimination, optimization, passenger seat, reduction, safety belt, traction, finite element analysis

**2019, vii+51pages**

## TEŞEKKÜR

Tez çalıőmamda bilgisi, tecrübeleri ile yardımlarını esirgemeyen, yol gösteren Sayın Prof. Dr. Yahya IŞIK hocama, bu tezin tamamlanması yönünde destek veren Martur Fompak International ailesine teşekkür ederim.

Ayrıca tezimi tamamlama aşamasındaki desteklerinden dolayı eőim Sevde GÖLEÇ'e, kızım Hüma GÖLEÇ'e, annem Havva GÖLEÇ'e, kardeőim Özlem GÖLEÇ'e, ve rahmetli babam Halil GÖLEÇ'e teşekkür ederim. Bu çalışmanın, yeni çalışmalara yol göstermesini temenni ederim.

Mücahit GÖLEÇ

## İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	vii
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	13
3.1. Araç Tiplerinin Sınıflandırılması .....	13
3.2. Emniyet Kemerlerinin Sınıflandırılması .....	14
3.2.1. Üç noktalı kucaktan ve çapraz saran emniyet kemeri.....	14
3.2.2. İki noktalı kucaktan saran kemer .....	15
3.2.3. Tekli çapraz saran kemer .....	16
3.2.4. Tam vücut kemeri .....	16
3.3. Ticari Araçların Koltukları İçin Belirlenen Güvenlik Şartları .....	17
3.3.1. ECE R14 emniyet kemeri çekme testi şartname kapsamı.....	17
3.3.2. ECE R14 Emniyet kemeri çekme testi şartname içeriği .....	18
3.3.4. H noktasının tanımlanması.....	22
3.3.5. ECE R14 Emniyet kemeri çekme testinin sonuçlarının değerlendirilmesi.....	25
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	26
4.1. Koltuk İskeleti Üzerinde Yapılan Çalışmalar .....	26
4.1.1. Tasarım üzerinde değerlendirme.....	26
4.1.1. Koltuk iskeleti üzerinde her bir parçanın ağırlık kıyaslamaları .....	29
4.1.2. Koltuk iskeleti üzerinde her bir parçanın finansal kıyaslamaları.....	30
4.1.3. M2 sınıfta bulunan araç yerleşim planı .....	31
4.2. Sonlu Elemanlar Yöntemi .....	32
4.2.1. Sonlu elemanlar analizinin hesaplamaları sonuçlarının incelenmesi.....	32
4.3. Yolcu Koltuğu İçin Fiziksel Testin Gerçekleştirilmesi.....	37
4.4. Ekonomik Analiz ve Ağırlık Azaltma .....	43
5. SONUÇ .....	47
ÖZGEÇMİŞ .....	51



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
°	Açı (derece)
E	Elastisitemodülü (N/mm <sup>2</sup> )
CO <sub>2</sub>	Karbondioksit
kg	Kütle (kilogram)
m	Kütle
l	Litre
mm	Milimetre
F	Kuvvet (N)
ms	Zaman (Milisaniye)
s	Zaman (Saniye)

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
ECE	Avrupa Ekonomik Komisyonu (Economic Commission for Europe)
ICCT	Uluslararası Temiz Ulaşım Konseyi (The International Council on Clean Transportation)
OEM	Orijinal Ürün Üreticisi (Original Equipment Manufacturer)
SAE	Otomotiv Mühendisleri Kurumu (Society of Automotive Engineers)

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 2.1. Şoför koltuğu plastik gerilmesi.....	6
Şekil 2.2. Ortada yer alan yolcu koltuğu bağlantılarının gerilim dağılımı.....	7
Şekil 2.3. Arkada yer alan yolcu koltukların bağlantılarının gerilim dağılımı .....	7
Şekil 2.4. Tarihsel olarak ortalama CO <sub>2</sub> emisyon değerleri, hedefler ve Avrupa'da yıllara göre oranlardaki azalmalar.....	8
Şekil 2.5. CO <sub>2</sub> yönetmeliklerine göre araçların dünya çapında kıyaslanması .....	8
Şekil 2.6. Avrupa üyesi ülkelerin 2016 yılında CO <sub>2</sub> emisyonu kıyaslaması .....	9
Şekil 2.7. Optimizasyon sonucu ağırlık kazanımı.....	10
Şekil 2.8. Emniyet kemerlerinin modellenmesi .....	11
Şekil 3.1. Üç noktalı kucaktan ve çapraz saran emniyet kemeri.....	14
Şekil 3.2. İki noktalı kucaktan saran kemer.....	15
Şekil 3.3. Tekli çapraz saran kemer .....	16
Şekil 3.4. Tam vücut kemeri .....	17
Şekil 3.5. Yükleri belirten taslak, oturak ve omuzlara gelen temsil eden bloklar.....	19
Şekil 3.6. Oturakta bulunan emniyet kemerini çekmeye yarayan blok.....	20
Şekil 3.7. Omuz emniyet kemerini çekmeye yarayan blok.....	21
Şekil 3.8. H noktası .....	22
Şekil 3.9. H point mankeni üzerindeki belirlenen bölgeler.....	23
Şekil 3.10. H point mankeni üzerindeki uzunluk ölçüleri.....	24
Şekil 4.1. Yolcu koltuğunun mevcut ve yeni iskelet tasarımı.....	26
Şekil 4.2. M2 sınıfı araç yolcu koltuğu sırt iskeletinde, boru profilinde daha ince kesitli malzeme kullanılması.....	27
Şekil 4.3. M2 sınıfı araç yolcu koltuğu oturak iskeleti ayak sacları üzerinde kesitte yapılan daraltmalar.....	28
Şekil 4.4. M2 sınıfı araç yolcu koltuğu oturak iskeletinde enine profilde alternatif malzeme ve daha ince kesitli malzeme kullanılması .....	28
Şekil 4.5. M2 sınıfı araç yolcu koltuğu oturak iskeletinde boyuna profilde alternatif malzeme ve daha ince kesitli malzeme kullanılması .....	29
Şekil 4.6. M2 sınıfı aracın yolcu koltuklarının dizilimi.....	32
Şekil 4.7. Yeni tasarlanan koltuğun ECE R14 analiz gösterimi .....	33
Şekil 4.8. Üst ve alt blok çekme kuvvetlerinin gösterimi .....	34
Şekil 4.9. ECE R14 analizinin limit düzleme yaklaşma aşamalarının gösterimi.....	35
Şekil 4.10. ECE R14 analiz sonuçlarının limit düzleme yaklaşma aşamalarının üstten görünümü .....	35
Şekil 4.11. Analiz sonucunun kuvvet değerlerinin gösterimi .....	36
Şekil 4.12. Sol koltuk fiziksel test sonuç eğrileri.....	38
Şekil 4.13. Sağ koltuk fiziksel test sonuç eğrileri .....	38
Şekil 4.14. ECE R14 Emniyet kemer çekme testi üst ve alt blok gösterimi.....	41
Şekil 4.15. ECE R14 Emniyet kemer çekme ayak bağlantıları.....	41
Şekil 4.16. ECE R14 Emniyet kemer testi sonrası görünüm .....	42
Şekil 4.17. ECE R14 Emniyet kemer testinin sonrası ayak bağlantılarının test sonrası görünümü .....	42
Şekil 4.18. Testte ayak bağlantılarında meydana gelen olumsuzlukların görünümü.....	43

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Farklı firmalara ait araç ağırlığındaki hafifletmelere örnekler .....	5
Çizelge 2.2. FMVSS şartnamesi ve ECE R14 kıyaslanması .....	11
Çizelge 3.1. Üç nokta emniyet kemerine uygulanması gereken kuvvetlerin hesabı.....	21
Çizelge 3.2. İki nokta emniyet kemerine uygulanması gereken kuvvetlerin hesabı .....	21
Çizelge 3.3. H Point mankenin ağırlık ölçüleri.....	24
Çizelge 4.1. Koltuk sırt boru profilin malzeme ve ağırlık karşılaştırmaları .....	29
Çizelge 4.2. Koltuk oturak enine profilin malzeme ve ağırlık karşılaştırmaları (ikili koltuk) .....	30
Çizelge 4.3. Koltuk oturak boyuna profilin malzeme ve ağırlık karşılaştırmaları (ikili koltuk) .....	30
Çizelge 4.4. Koltuk oturak boyuna profilin malzeme ve ağırlık karşılaştırmaları (tekli koltuk) .....	30
Çizelge 4.5. Koltuk oturak ayak sacının malzeme ve ağırlık karşılaştırmaları (ikili koltuk) .....	30
Çizelge 4.6. Koltuk sırt boru profilin ekonomik analizi .....	31
Çizelge 4.7. Koltuk oturak enine profilin ekonomik analizi.....	31
Çizelge 4.8. Koltuk oturak boyuna profilin ekonomik analizi.....	31
Çizelge 4.9. Koltuk oturak boyuna profilin ekonomik analizi (tekli).....	31
Çizelge 4.10. Koltuk oturak ayak sacı ekonomik analizi.....	31
Çizelge 4.11. Test Merkezine ait sol koltuğun fiziksel test sonuçları.....	39
Çizelge 4.12. Test Merkezine ait sağ koltuğun fiziksel test sonuçları.....	40
Çizelge 4.13. İkili ve tekli koltuk finansal değerlendirmeleri.....	44
Çizelge 4.14. Araç başı finansal değerlendirme.....	44
Çizelge 4.15. Koltuk başı hafifletme değerlendirmeleri .....	44
Çizelge 4.16. Araç başı ağırlık azaltma .....	45
Çizelge 4.17. Araç başı kullanılan ayak adetleri.....	45
Çizelge 4.18. Kaç yılda kâr edilebileceğinin belirlenmesi.....	46
Çizelge 4.19. Ayak sacı araç başı ağırlık hesabı .....	46

## 1. GİRİŞ

Günümüzde otomotiv sektöründe karlılık oranlarını yüksek tutmak ve nihai kullanıcıya ekonomik olarak daha uygun araç sunabilmek amacıyla, araç üretiminde maliyetlerin düşük tutulması oldukça önem arz etmektedir. Maliyetin yanında yakıt tüketimini azaltmak, enerji verimliliği arttırmak ve CO<sub>2</sub> salınımını azaltmak amacıyla araç için üretilen ürünlerin ağırlığını hafifletmek de önemli konular arasında yer almaktadır. Araç için üretilen ürünlerin hafifliğini azaltarak maliyetten kazanç sağlamak mümkündür. Araçlarda hafifletme ekonomik olarak kazanç sağlamasına ek olarak, yakıt tüketiminde azalmaya, enerji verimliliğinin artmasına ve CO<sub>2</sub> salınımının azalmasına da katkı sağlamaktadır. Bu beklentilerin yanında güvenliğin ön planda, konforun ise üst seviyede olması asıl hedefler arasındadır.

Mali ucuzlatmalar, aracın seri hayata geçmediği, kullanıcılarla henüz tanışmadığı ilk tasarımlarda olduğu gibi; zaman kısıtlarının olması, tasarımların bir an önce dondurulup diğer OEM'ler (Original Equipment Manufacturer) (Orijinal Ürün Üreticisi) ile yarış içine girilmesi gibi hedeflerden dolayı seri üretim süreci tamamlanıncaya kadar da gündemde tutulan konular arasındadır.

Araç içi ürünlerinin önemli parçalar arasında araç koltuğu da gelmektedir. Araç koltukları OEM'lerin ucuzlatmak ve hafifletmek için talep ettiği başlıca konular arasında yer almaktadır. Koltuklar genellikle oturak iskeleti, sırt iskeleti, bağlantı elemanları, başlıklar, plastik kapaklar, kolçak, sünger ile kılıftan oluşmaktadır. Araç tipine göre araçta bulunan koltuk sayıları da değişkenlik göstermektedir. Minibüs, otobüs gibi toplu taşıma araçlarında kullanılan koltuk adetlerinin fazla olması sebebiyle ve yıllık üretim adetleri de göz önünde bulundurulduğunda ciddi kazanımların sağlanması söz konusudur.

Avrupa Birliği ülkelerine pazarlanması planlanan araçların uymaları gereken yasal zorunluluklar yani regülasyonlar ECE (Economic Commission for Europe) standartlarıdır. Yapılan ve yapılacak olan çalışmaların bir sınırı olması açısından yasal yükümlülükler bu standartlarda belirlenmiştir. Bu yükümlülüklerin onayları için yapılan işlemler homologasyon olarak tanımlanmıştır. Her bir araç tipine, satılacak olan pazara

göre farklı şartlar aranmaktadır.

Bu çalışmada, bir ticari araç yolcu koltuğunun iskeletindeki hafifletme işlemleri ile, maliyet azaltılmasına ilişkin tasarım ve imalat durumları incelenmiştir. Yapılan çalışmada, koltuklarda üç farklı tasarım değişkenleri kullanılarak optimizasyon işlemleri yapılmıştır. Yapılan çalışmalar aşağıda belirtildiği gibidir;

a) Koltuk sırt borusunda mevcut malzeme ile daha ince geometrili malzeme kullanılması,

b) Koltuk oturak iskeletinde alternatif malzeme ile daha ince kesitli malzeme kullanılması,

c) Koltuk ayak sacları üzerinde boşaltmalar yapılmasıdır.

Yapılan hafifletme sonucunda ECE R14 emniyet kemeri çekme testinden geçip geçmeyeceği öncelikle sonlu elemanlar analizleri aracılığıyla doğrulanmıştır. Ayrıca sonlu elemanlar analizinden başarılı bir şekilde geçen koltuk tasarımının ECER14 emniyet kemer çekme fiziksel testine tabi tutulmuş ve koltuğun yönetmeliğe göre uygunluğu doğrulanmıştır.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu tez çalışmasında M2 Sınıfı araç koltuğu malzemeleri üzerinde hafifletme ve ucuzlatma çalışmaları ile araç yakıt tüketimini azaltmak, enerji verimliliği arttırmak ve CO<sub>2</sub> salınımını azaltmak gibi hedefler esas alınmıştır. Yapılan çalışmaların yasal hükümlüklere göre testlere uygunlukları incelenmiştir. Bu bölümde hafifletme, ucuzlatma, yakıt tüketimini azaltma, enerji verimliliği arttırmak ve CO<sub>2</sub> salınımını azaltmak üzerine yapılan çalışmalara örnekler sunulmuştur.

Kılınçdemir ve ark. (2018) araştırmalarında, otomotivde kullanılan bağlantı elemanlarının, ağırlık azaltma konusunu ele almışlardır. Yapılan çalışmada malzeme özelliğinde değişim, tasarım güncellenmesi ve farklı özel bağlantı elemanlarının kullanımı gibi yaklaşımlar incelenmiştir. 2020 yılından itibaren Avrupa'da geçerli olacak 95 gram CO<sub>2</sub> /km'lik emisyon sınırlandırılmasının geleceğini, bu durumun ağırlık azaltma başta olmak üzere emisyonu etkileyecek, bütün alanlardaki araştırmalara öncelik verilmesine neden olacağını bildirmişlerdir. Ayrıca ham petrol fiyat artışı ve elektrikli araçların km olarak mesafe problemleri göz önünde bulundurularak hafifletme konularının devam edeceğini öngörmüşlerdir.

Başer (2012) araştırmasında alüminyum malzeme kullanılarak hafifletme çalışmalarını incelemiştir. Yapılan hafifletme çalışmalarında yakıt ve enerji tasarrufu konuları incelenmiş ve araç ağırlığındaki her %10'luk azalma ile %5-10 oranında yakıtta tasarruf sağlanabileceği vurgulanmıştır.

Akay (2014) araştırmasında; yakıt tüketimini ve hafifletme konularını plastik parçalar üzerinden incelemiştir. Araç üreticilerinin en önemli hedeflerinden birisinin, yakıt tüketimini mümkün olduğunca en aza indirmek olduğu belirtilmiştir. Yakıt tüketimi ne kadar motor özellikleri ile de bağlantılı da olsa aracın ağırlığı ile de doğrudan bağlantılı olduğunu bildirmiştir. 1 kg'lık hafifletme yakıtın sarfiyatında 100 kilometrede 0.004 litre kazanç ile birlikte CO<sub>2</sub> tüketimi için ise km'ye 0.1 gr kadar pozitif yönde katkısı olacağını hesaplamıştır. Ortalama 190 bin km yol üzerinde deneme yapılan bir araç üzerinde belirlenen rakamlar; CO<sub>2</sub> tüketiminde yaklaşık olarak 1900 kg azalma ve yakıt

tüketiminde ise 760 litre daha az kullanımdır. Hem çevresel hem de maliyet açısından yüksek rakamlar olduğu belirtilmiştir. Yapılacak hafifletmenin, araçların kaza yapma riskini düşünerek yolcuların da kazalardan zarar görmemesi adına hafifletilmiş aracın, uluslararası belirlenen güvenlik testlerine tabi tutulmasını ve testlerden geçmesini ve standartları karşılaması gerektiği belirtilmiştir.

Akarçay (2017) çalışmasında ticari araç kapı menteşelerinin alüminyum alaşımları ile hafifletilmesini amaçlamış ve yapılan çalışmaları test ederek doğrulamıştır. Yapılan çalışmalarda araç tasarımının en önemli parametrelerinden birinin ağırlık olduğunu ve ağırlık artışına paralel yakıt tüketimini de arttırdığı bildirilmiştir. Yapılan tasarımların otomotiv parçalarının hafifletilmesi üzerine gerçekleştirilmesini değerlendirmiştir.

Çıbık ve ark. (2017) çalışmasında otomotiv salıncak kollarında, alternatif tasarım etkilerini sonlu elemanlar metodu ile karşılaştırmıştır. Ağırlık hafifletme çalışmaları kapsamında farklı tasarım çalışmalarını yaparak, sıcak şekillendirme ve soğuk şekillendirme gibi üretim yöntemlerini denemiştir. Sonlu elemanlar ve fizibilite analizleri ile ihtiyacı karşılayan en uygun geometride ürün elde etmişlerdir. Amaçlarının ağırlık hafifletme olduğunu belirttiği çalışmada, dünyadaki karbondioksit salınım oranının %20'sinin otomobiller yüzünden olduğunu bildirmiştir. Ayrıca yakıt tüketiminin %25'inin araç ağırlığının etken olduğunu bu yüzden de hafifletme çalışmalarının ne kadar önem arz ettiğini savunmuştur.

Lutsey (2010) çalışmasında farklı OEM'lerde yapılan hafifletme çalışmalarını bir arada toplamış ve Çizelge 2.1'de özet halinde sunulmuştur.

**Çizelge 2.1.** Farklı firmalara ait araç ağırlığındaki hafifletmelere örnekler

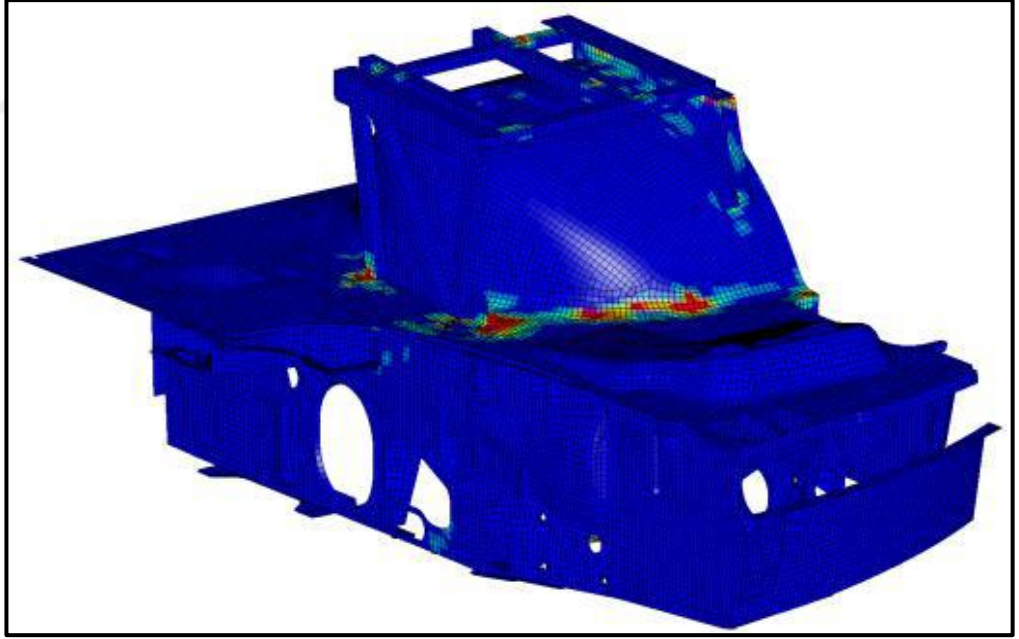
Araç Modeli	Özellikler	Ağırlık Kazancı (yaklaşık)	Yüzde Kazanç (yaklaşık)	Kaynak
Honda NSX (1990)	Yaklaşık olarak tüm alüminyum gövde, şasi, süspansiyon Alüminyum içeriği %7den %31'e çıkarılmıştır. Dış gözde ağırlığı 350 kg'dan 210 kg'a hafifletilmiştir. Araçın genel ağırlığı 1565 kg'dan 1365 kg'a hafifletilmiştir.	200 kg	%13	Muraoka ve Miyaoka, 1993
Audi A2 (2000)	Alüminyum kafes yapı Ana gövden ağırlık kazancı 134 kg İkinci kazanç motor, şasi, güç aktarım organından 75 kg	209 kg	%18	EAA 2007, Autointel 199
Jaguar XJ (2010)	Alüminyum iskelet gövde ve far yuvası Yapıştırıcılardan %10 kazanç Kompozit malzemeler Araç üzerinde ortalama %15 hafifletme	325 kg	%15	Birch 2010
Porche Cayenne (2011)	Yüksek mukavemeteli çeliklerin geliştirilmesi ve şasi parçaları Alüminyum çamurluk, kapı, kaput, tavan Kapılar için yeni üretim prosesi	181 kg	%8	Carney 2010, Stahl 2010
Mazda Mazda2 (2008)	Alüminyum motor başlıkları, bloklar ve tekerlekler	100 kg	%9	Brown 2007
Audi TT (2008)	Alüminyum-çelik karışımı iskelet yapı	100 kg	%7	Brooke ve Evans 2009
Nissan 370Z (2011)	Alüminyum kapı paneller, kilit, kanca yapıları	43 kg	%3	Keith 2010

Güzelsoy (2011) yüksek lisans tezinde ticari araçların mevzuata göre koltuk bağlantı dayanımını arttırmaya yönelik uygulama yapmıştır. Yaptığı çalışma ile 25 km/saat çarpma etkisine kadar dayanım gösterebilen koltuk bağlantılarını yeni tasarımla birlikte 40 km/saat çarpma etkisine kadar yükselterek sonuçlar elde edilmiştir. Yapılan tasarım öncelikle sonlu elemanlar analiz programları ile kontrol edilmiş daha sonra önden çarpma ve ECE R14 emniyet kemeri çekme testleri ile birlikte koltuk tasarımları doğrulanmıştır.

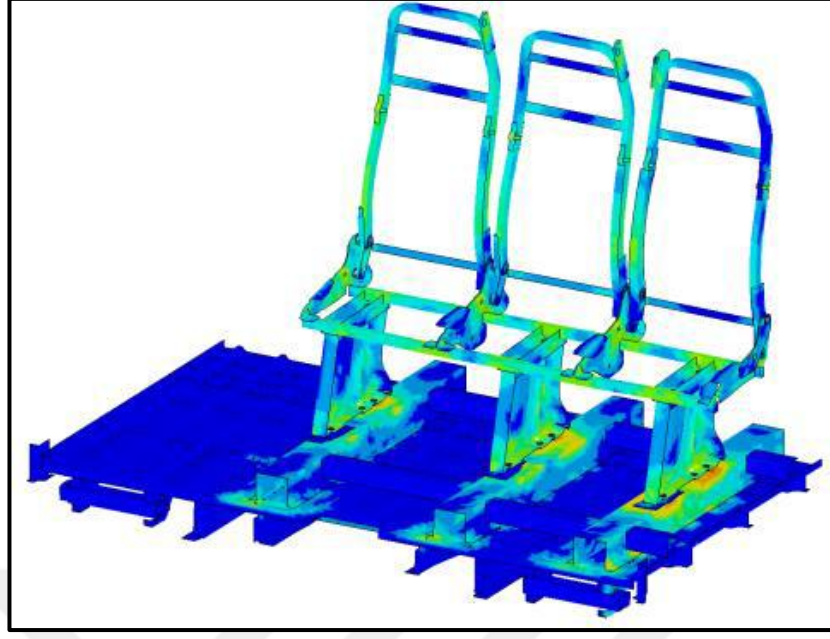
Thiyagarajan (2011) araç koltuğu sırtlarında hafifletme çalışması yapmıştır. Yaptığı çalışmaların ECE R17 sırt itme ve başlık testleri ile yasal şartlara uygunluğu testler ile kontrol edilmiştir. Koltuk sırtlarında %15,2 oranında hafifletme elde edilmiştir. Analizler ABAQUS yazılımı ile gerçekleştirilmiştir.



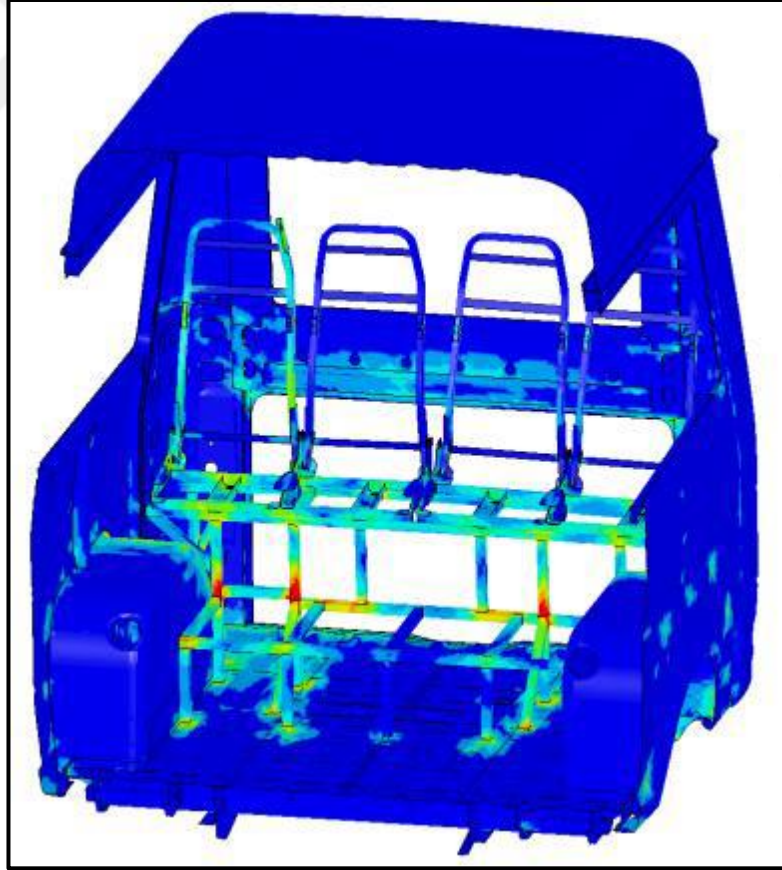
Arslan ve ark. (2010) koltuk bağlantılarının geliştirilmesine ait çalışmalar yapmışlardır. Bu kapsamda, öncelikle sonlu elemanlar analizi ile doğrulanan tasarımların, ECE R-14 testinde uygunluğu kontrol edilmiştir. Yapılan araştırmada ticari araç koltuklarının geliştirilmesi hedeflenmiştir. Orta sıranın üçlü yolcu koltukları ve arka sıranın dördü yolcu koltukları ve şoför koltuğu farklı başlıklar altında incelenmiştir. Şoför koltuğunun gövde bağlantısında kullanılan malzemeler geliştirilmiş ve tabana yapılan punta kaynakları ve kaynak yapılacak noktanın koordinatları belirlenmiştir. Orta sıra üçlü yolcu koltuklarında kullanılan profillerin kalınlıklarında optimizasyon yapılmış ve teorik hesaplamalara göre en uygun ölçüler saptanmıştır. Arka sıra dördü koltuklarda ise bağlantıları yapılan kafes yapıya ve gövde bağlantılarına iteratif analizler yapılmıştır. Şoför koltuğunda bulunan plastik gerilmeler Şekil 2.1’de, ortada yer alan yolcu koltuğu bağlantılarının gerilim dağılımı Şekil 2.2’de ve arkada yer alan yolcu koltukların bağlantılarının gerilim dağılımı ise Şekil 2.3’te sunulmuştur.



**Şekil 2.1.** Şoför koltuğu plastik gerilmesi

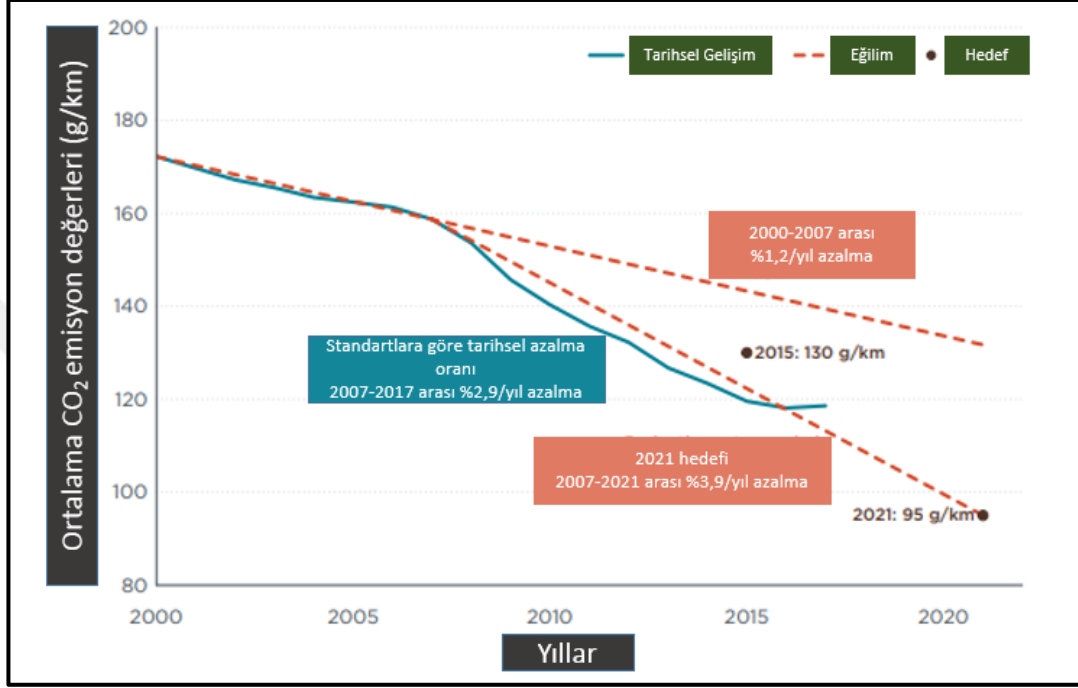


Şekil 2.2. Ortada yer alan yolcu koltuğu bağlantılarının gerilim dağılımı

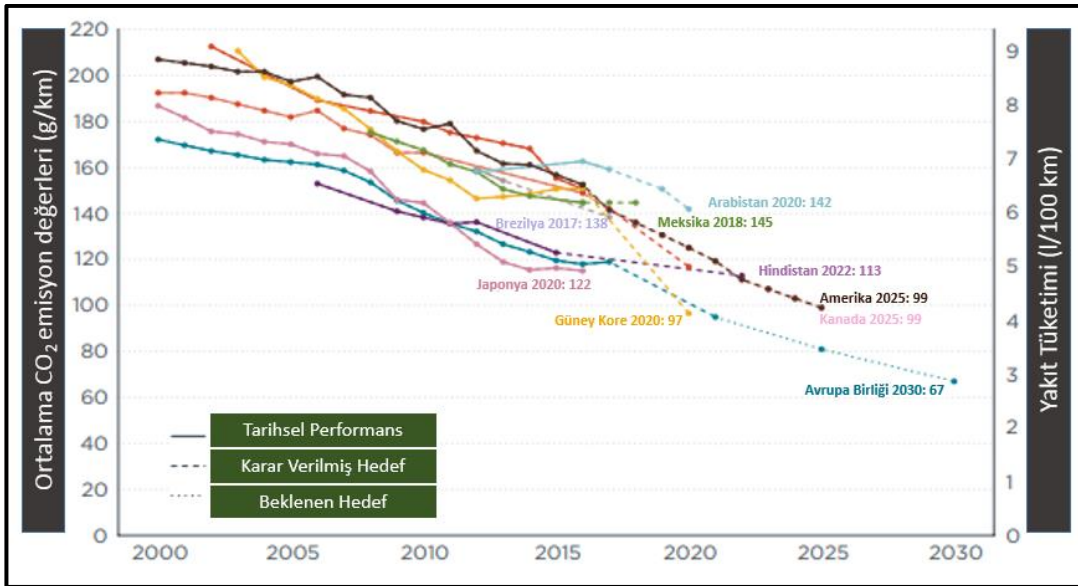


Şekil 2.3. Arkada yer alan yolcu koltukların bağlantılarının gerilim dağılımı

Uluslararası Temiz Ulaşım Konseyi (ICCT) (2018) tarafından yapılan araştırma sonucu hazırlanan, geçmişten günümüze araç emisyon oranları hedeflerini içeren bilgiler Şekil 2.4'te görülmektedir. Ayrıca yine geçmişten günümüze otomobiller için küresel anlamda CO<sub>2</sub> düzenlemelerinin karşılaştırılması Şekil 2.5'te aktarılmıştır.

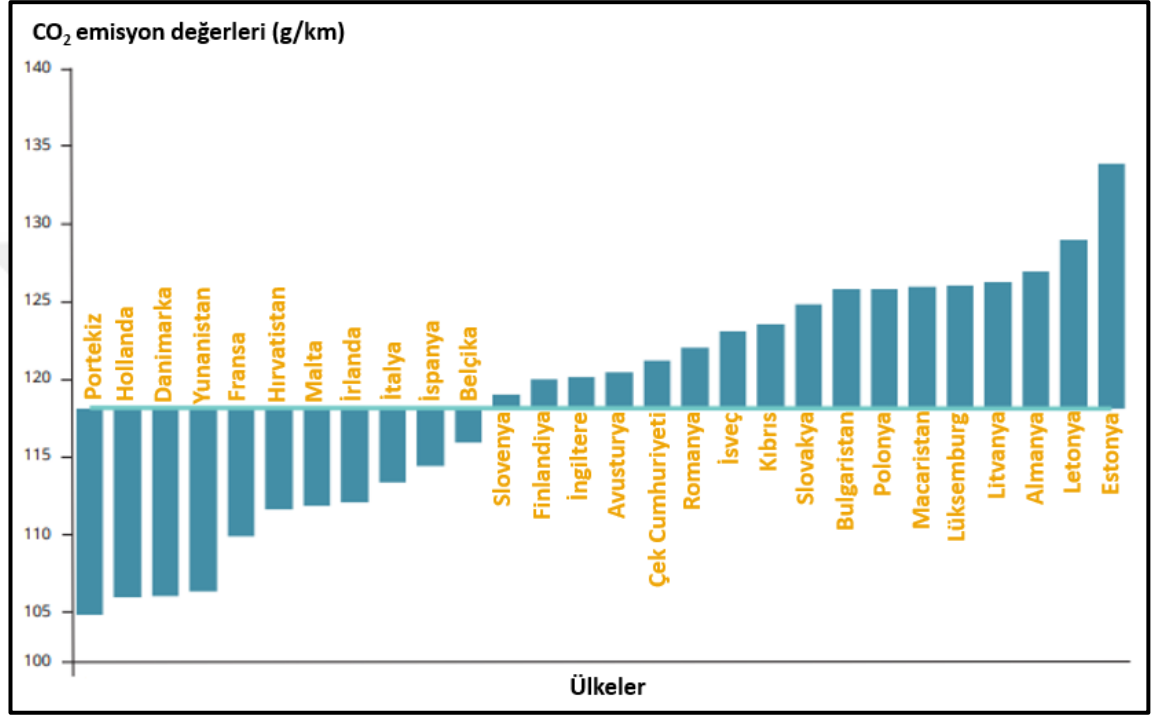


Şekil 2.4. Tarihsel olarak ortalama CO<sub>2</sub> emisyon değerleri, hedefler ve Avrupa'da yıllara göre oranlardaki azalmalar



Şekil 2.5. CO<sub>2</sub> yönetmeliklerine göre araçların dünya çapında kıyaslanması

Avrupa Çevre Ajansının (2017) yapılan bildiriye göre 2020 yılından sonra Avrupa’da 95 gram CO<sub>2</sub>/km’lik emisyon sınırlandırılmasının geleceğini belirtmişlerdir. Yaptıkları araştırmada 2016 yılında Avrupa Birliği üyesi olan ülkelerin Şekil 2.6’da kıyaslamalarını göstermiş ve Avrupa ortalamasını 119.5 g CO<sub>2</sub> /km olarak hesaplamışlardır.



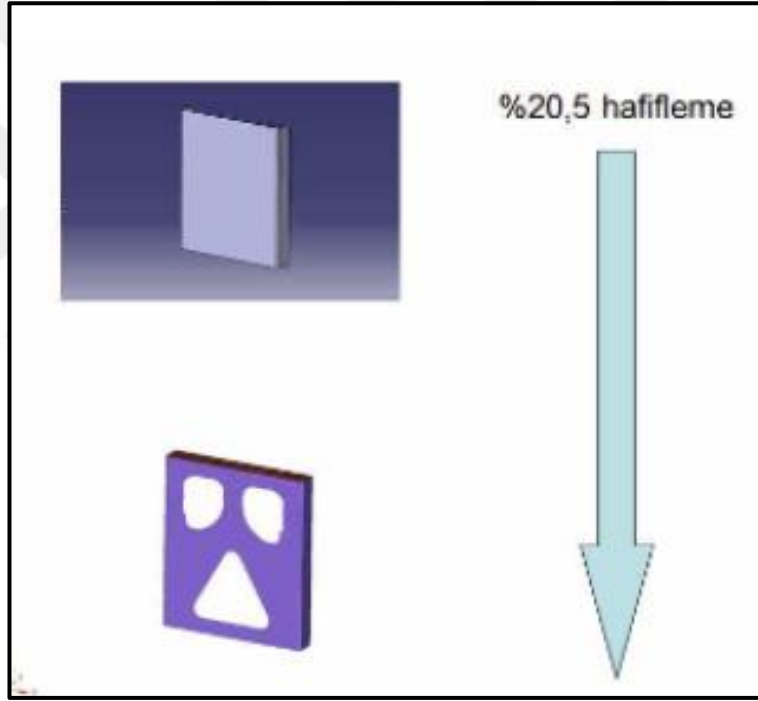
Şekil 2.6. Avrupa üyesi ülkelerin 2016 yılında CO<sub>2</sub> emisyonu kıyaslaması

Düvenci (2017) yüksek lisans tezinde ticari araç yolcu koltuğuna ait ayaklara farklı malzemeler atayarak kıyaslamalar yapmıştır. Ayak sacına atadığı her malzemeyi sonlu elemanlar analizine tabi tutarak ECE R14 emniyet kemer testine uygunluğunu kontrol etmiştir. Sonlu elemanlar analizinden olumlu sonuç alınan malzeme ile üretilen ayaklar ile hazırlanan koltuk fiziksel teste tabi tutulmuş ve testten başarılı bir şekilde geçilmiştir. Yaptığı çalışmada ayaklarda %17,72 oranında hafifletme sağlamış fakat alüminyum malzeme mevcut malzemeye göre %65,72 oranında finansal olarak pahalı olduğu hesaplanmıştır.

Sarısaç (2016) yüksek lisans tezinde; optimizasyon araçları kullanılarak ticari araç koltuğunun yan elemanında 0,138 kg hafifletme sağlanmıştır. İkili koltukta kullanılan

4 adet malzemeden toplamda 0,550 kg'lık daha hafif bir tasarım yapıldığını hesaplanmıştır. Yapılan çalışmalar sonlu elemanlar analizi, ECE R80 ve ECE R14 testleri ile doğrulamasını yapmıştır.

Öztürk ve ark. (2014) araştırmasında sınıfı M3 olan aracın koltuğunda emniyet kemeri çekme analizinde, koltuğun ayaklarına etki eden yükleri ölçmüşlerdir. Bu yükler altında ayak için Şekil 2.7'de görüldüğü üzere koltuk ayağı optimize edilmiştir. Koltuk ayağında yapılan boşaltmalar ile belirlenen yeni tasarımın, ECE R14 test şartlarına uygunluğu testlerle doğrulanmıştır. Analiz ve test ile doğrulanan tasarım ile %20,5'lik hafifletme sağlanmıştır.

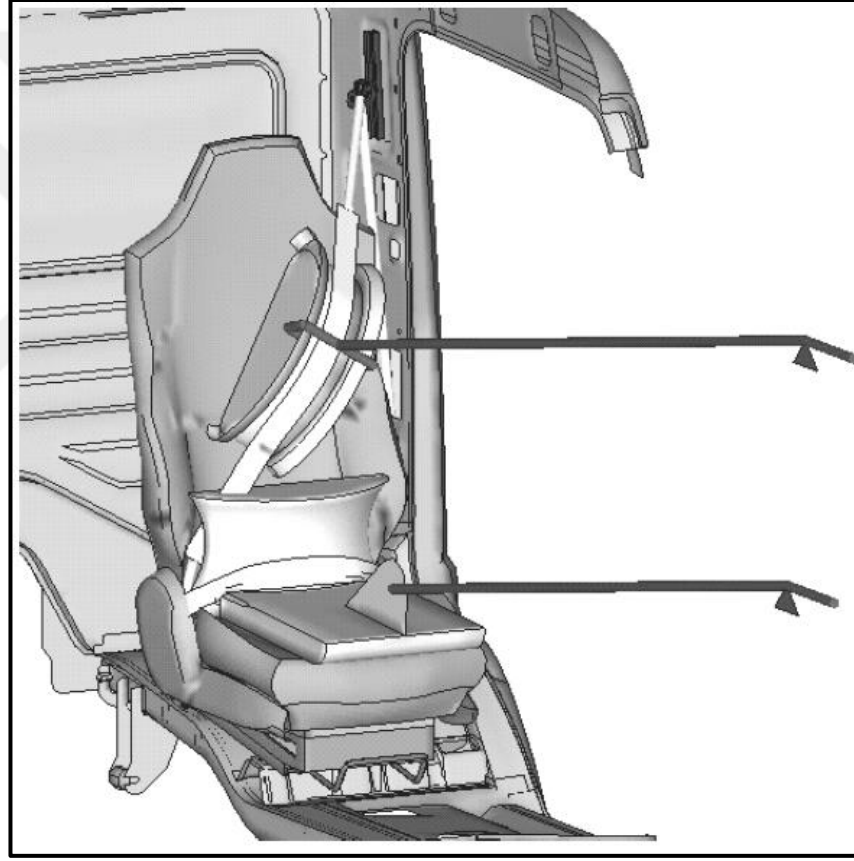


**Şekil 2.7.** Optimizasyon sonucu ağırlık kazanımı

Hessenberger (2003) araştırmasında emniyet kemerlerinin standartlara uygunluğu ECE R14 ve FMVSS210 standartlarına göre kontrol edilmiştir. ECE R14 ve FMVSS regülasyonları arasında 2 farkın varlığından bahsetmiştir. Bu farklar Tablo 2.2'de görülmektedir. Sonuç olarak bu iki metotla daha gerçekçi sonuçlar elde edildiği tespit edildiğini bildirmiştir. Şekil 2.8'de emniyet kemer çekme testinin modellenmesi sunulmuştur.

**Çizelge 2.2.** FMVSS şartnamesi ve ECE R14 kıyaslanması

FMVSS şartnamesinde	ECE R14
13500 N yük tüm araç tipleri için uygulanır	Araç sınıflarına göre uygulanan yükler farklıdır.
Maksimum belirlenen yük değerine 30 saniyede bir eğri ile çıkılır ve 10 saniyede yükün etkisinde kalması istenmektedir.	Maksimum belirlenen yük değerine en kısa süre içerisinde çıkılarak ve 0.2 saniye yükün etkisinde kalması istenir.



**Şekil 2.8.** Emniyet Kemerlerinin Modellenmesi (Hessenberger 2003)

Koltuk olarak hafifletme çalışmalarının yönetmelikte bulunan ECE R14 testi için belirlenen yasal koşullara göre uygun olması gerekmektedir. Literatür araştırmasına göre kütle hafifletme konularında farklı çalışmalar yapılmıştır. Hafifletme yapılırken mali açıdan kazanımlar olduğu gibi, kullanılan malzemelere göre birim maliyette artışın da olabileceği gözlemlenmiştir. Yapılan hafifletme çalışmalarının emisyonu etkisinin

oldukça fazla olduğu ve önem arz ettiği tespit edilmiştir. Emisyon konusunda yasaların belirlediği sınırlamalar doğrultusunda aracın ağırlılığının hafifletilmesinin emisyon katkısı sağlayacak başlıca parametreler arasında olduğu belirlenmiştir.

Kütle hafifletme konularında yapılacak olan çalışmalarda fiziksel numuneler ve fiziksel test işlemlerinden önce sonlu elemanlar metodu ile yapılacak analizlerin mali açıdan kayıpları önleyeceği anlaşılmaktadır. Ayrıca test sonuçları ile sonlu elemanlar metodu ile yapılan analizlerin büyük ölçüde benzerlik gösterdiği gözlemlenmiştir.



### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde ticari araç koltuğunda yapılan optimizasyon çalışmaları sonucu hafifletme, ve mali ucuzlatma çalışmaları için Uluslararası ECE R14 standardına uygun testlerin yapılması ve test sonuçlarının sonlu elamanlar metodu ile yapılan analizlerle karşılaştırılması ve otomotiv endüstrisinde kullanılan araç tiplerine ilişkin bilgilendirmeler yapılmıştır.

#### 3.1. Araç Tiplerinin Sınıflandırılması

Otomotiv endüstrisinde kullanılan araç tipleri; 26 Ekim 2016 tarihli 29869 sayılı resmi gazetenin Ek 1'inde yer alan 2007/46/AT, AB/167/2013 ve AB/168/2013 numaralı yönetmeliklerinde aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

“M Kategorisi Araçlar: En az dört tekerlekli, motorlu yolcu taşıma amaçlı araçlardır.

M1 kategorisi araçlar: Sürücü dışında en fazla sekiz kişilik oturma yeri olan, yolcu taşımaya yönelik motorlu araçları tanımlar.

M2 kategorisi araçlar: Sürücü dışında sekizden fazla oturma yeri olan, yolcu taşımaya yönelik ve azami kütlesi 5 tonu aşmayan, motorlu araçları tanımlar.

M3 kategorisi araçlar: Sürücü dışında sekizden fazla oturma yeri olan, yolcu taşımaya yönelik ve azami kütlesi 5 tonu aşan, motorlu araçları tanımlar.

N Kategorisi Araçlar: En az dört tekerlekli, motorlu yük taşıma araçlardır.

N1 kategorisi araçlar: Azami kütlesi 3,5 tonu aşmayan, motorlu yük taşıma araçlarını tanımlar.

N2 kategorisi araçlar: Azami kütlesi 3,5 tonu aşan, 12 tonu aşmayan, motorlu yük araçlarını tanımlar.

N3 kategorisi araçlar: Azami kütlesi 12 tonu aşan, motorlu yük taşıma araçlarını tanımlar.”

Bu çalışmada M2 sınıfı bir araç koltuğunda yapılan çalışmaların güvenlik, dayanım konuları incelenecektir.

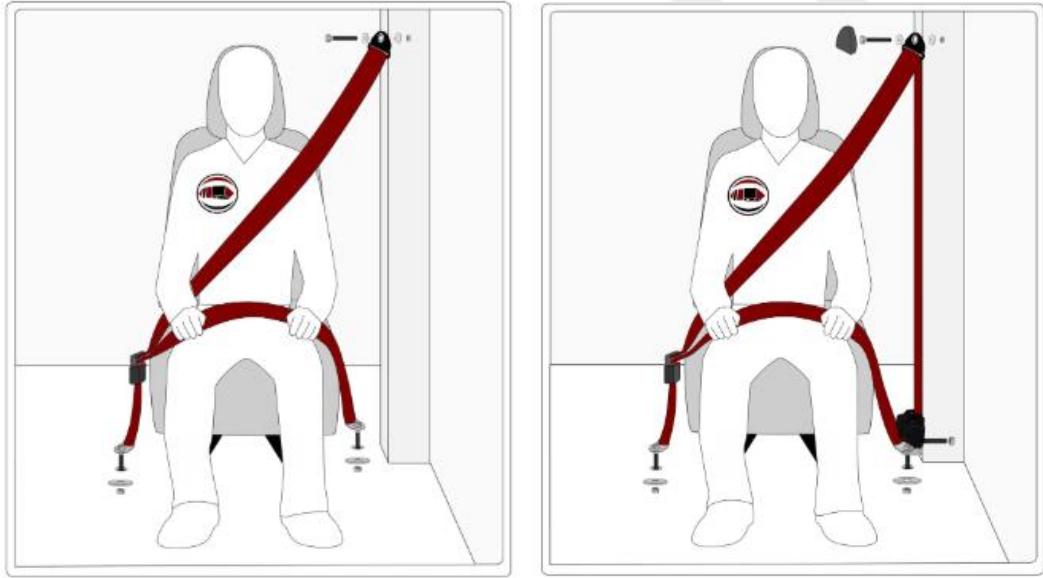


### 3.2. Emniyet Kemerlerinin Sınıflandırılması

2009 yılında yayınlanan karar organları ve uygulayıcılar için karayolları el kitabında emniyet kemerleri aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır:

#### 3.2.1. Üç noktalı kucaktan ve çapraz saran emniyet kemeri

Kullanım kolaylığının ve yararının, diğerlerine göre daha yüksek olarak değerlendirilen bu kemer tipi otomobil, kamyonet, minibüs, kamyon ve otobüslerin sürücü koltuklarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Şekil 3.1’de belirttiği gibi emniyet kemerlerinin dili, araçların ön koltuklarında genellikle ana gövdeye veya direkt koltuğa takılarak tokaya oturtulmaktadır. Kemer sisteminde geri çekme mekanizması bulunduğundan gevşekliği / boşluğu otomatik olarak giderilmektedir. Dili ve tokayı tek eliyle rahat bir şekilde bağlayabilmekte ve oturma konumu aldıktan sonra yerinden fırlamayı önlemektedir.

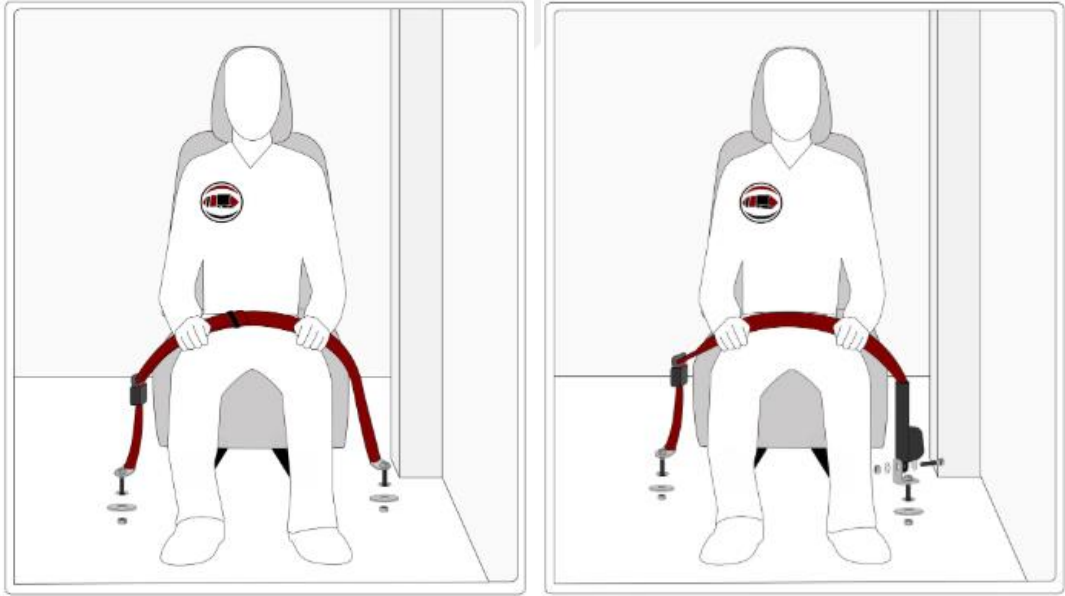


Şekil 3.1. Üç noktalı kucaktan ve çapraz saran emniyet kemeri (Anonim 2019a,b)

### 3.2.2. İki noktalı kucaktan saran kemer

Üç noktalı kemerde olduğu gibi geri çekme düzeneği bulunan bu kemer tipinde, farklı olarak tarafı Şekil 3.2’de belirttiği gibi çapraz saran bölümün olmamasıdır. Diğerine göre daha az koruyucu olsa da özellikle otobüs yolcularının, çarpışma anında, oturma konumunda kalmalarını sağlamak mümkündür.

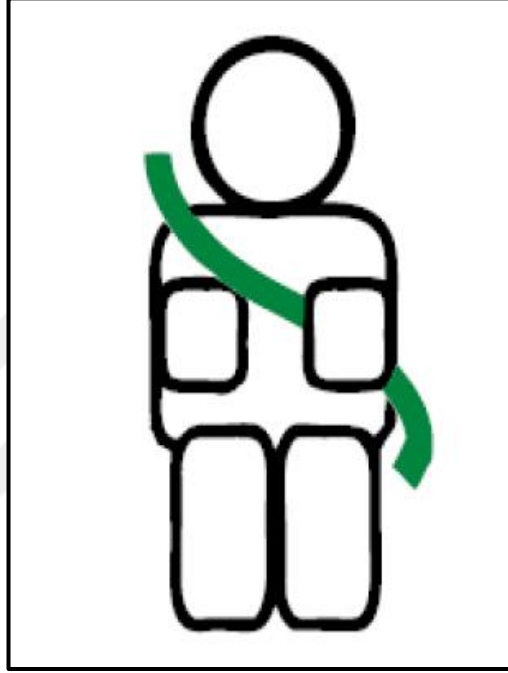
Trafik kazalarında, araçlarda meydana gelen çarpışmalara ilişkin araştırmalarda; bu tip kemerlerin fırlama riskini azalttığı, fakat baş ve gövdenin üst kısımlarının öne hareketini engellemediği ve aracın iç kısımlarına çarpma riskinin bulunduğu belirlenmiştir. Bu durum sürücü için direksiyona çarpmaya bağlı olarak ciddi baş yaralanmalarına sebebiyet verebilmektedir. Fakat boyut ve hacmi dikkate alındığında otobüslerin herhangi bir araçla çarpışma durumunda araç içinde bulunan yolcuların ciddi zarar görme ihtimali, otomobil ya da kamyonete göre daha düşük oranlarda kalmaktadır.



Şekil 3.2. İki noktalı kucaktan saran kemer (Anonim 2019c,d)

### 3.2.3. Tekli çapraz saran kemer

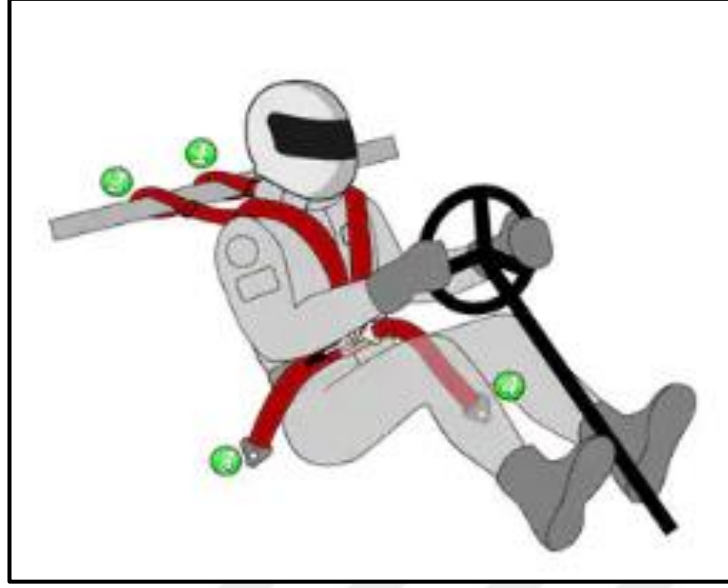
Kullanıcı açısından Şekil 3.3'te gösterilen kemer tipi iki noktaya göre gövdenin üst kısmını daha iyi kavramasına rağmen, taşıttan fırlama ve kemerin altından kaymayı önlemeyeceğinden diğerlerine göre daha az güvenlidir.



Şekil 3.3. Tekli çapraz saran kemer (Emniyet Kemeri ve Çocuk Koruma Sistemleri)

### 3.2.4. Tam vücut kemeri

Merkezi toka düzeneği olan, her iki omuzdan, kucak ve kalçalardan saran bantları olan Şekil 3.4'te belirtilen bu kemer tipi, hem taşıttan fırlamaya hem de taşıttan savrulmaya karşı, çok iyi koruma sağlamaktadır. Ancak kemerin takılması çok zor olmakta ve tek elle kolayca takılamamaktadır. Kullanımı zor olduğundan, yalnızca sürücü ve yardımcı sürücülerin yüksek risk altında olduğu motor sporlarında kullanılan araçlarda, tam vücut kemeri kullanımı yaygın olarak kullanılmaktadır.



**Şekil 3.4.** Tam vücut kemeri (Anonim 2019e)

Bu tez çalışmasında M2 sınıfı bir araç koltuğunun üzerinde üç noktalı kucaktan ve çapraz saran emniyet kemeri ile ilgili çalışma yapılacaktır.

### **3.3. Ticari Araçların Koltukları İçin Belirlenen Güvenlik Şartları**

Ticari araçların koltukların tasarım aşamasında veya seri hayat devam ederken araç koltuğunda yapılacak herhangi bir iyileştirme sonucunda belirlenen güvenlik şartları arasında bulunan testlerle doğrulanması gereklidir. Bu çalışmada araç koltuğunun oturak ve sırt iskeletinde yapılan değişiklikler sonucu tekrarlanması zorunlu test arasında bulunan ECE R14 emniyet kemeri çekme testi incelenmiştir.

#### **3.3.1. ECE R14 emniyet kemeri çekme testi şartname kapsamı**

Aşağıda belirtilen konular ECE R14 regülasyonuna uymak zorundadır; (ECE/TRANS/505/Rev.1/Add.13/ Rev.5 Addendum 13: Regulation No.14; 2012)

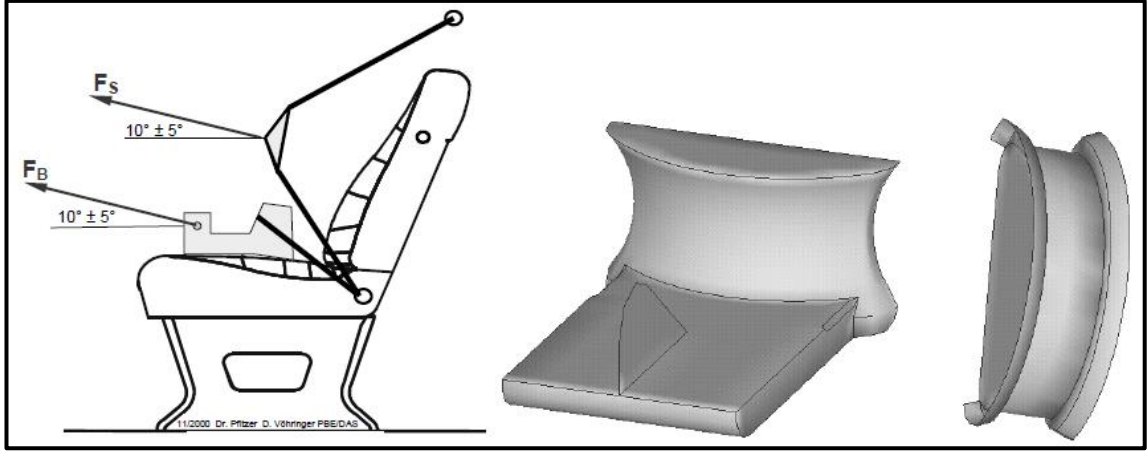
- a) Kategorisi M ve N olan taşıtların montajları yapılan koltuklar için yetişkin insanlar adına tasarlanmış emniyet kemeri bağlantı parçaları

- b) Kategorisi M1 olan taşıtlarda bulunması gereken çocuklar için ISOFIX bağlantı bölgeleri için tasarlanmış bebek / çocuk koltuklarının bağlanan bölgeleri ve çocuk koltuğunun toptether parçaları
- c) Diğer sınıftaki araçların ISOFIX bağlantıları

### **3.3.2. ECE R14 Emniyet kemeri çekme testi şartname içeriği**

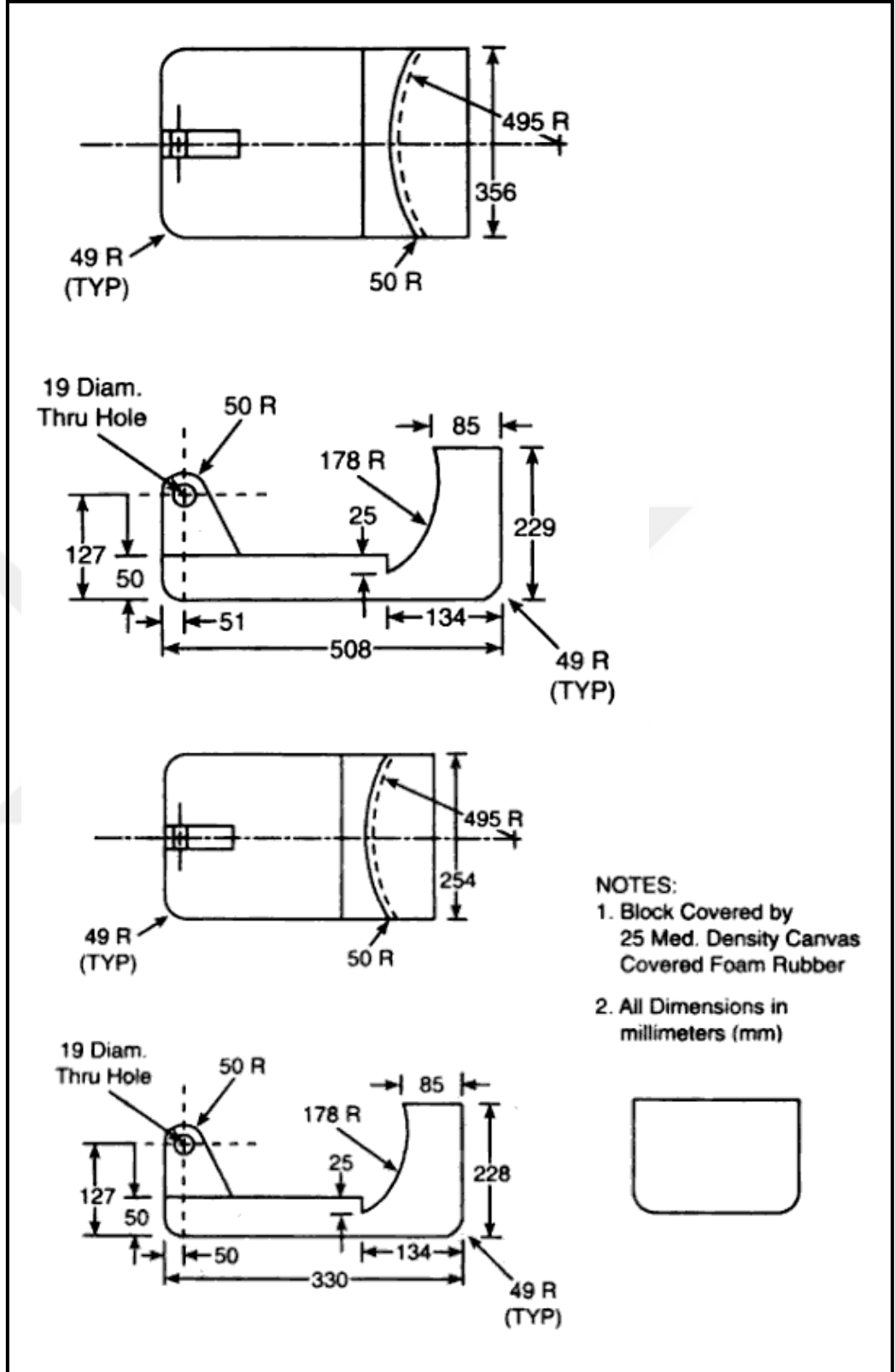
Araçlarda kullanılan koltukların yasal yükümlülüklerine göre doğrulama testleri arasında en önemli testler emniyet kemeri çekme testidir. ECE R14 testi araçların kaza yaptığı yani tam çarpışma esnasında yolcunun emniyet kemeri üzerine uyguladığı yükleri içermektedir. Bu test için aynı tipte koltuklar test edilmeli ve tüm emniyet kemerlerinin her biri için standartlarda belirtilen şartlar altında testin gerçekleştirilmesi zorunludur. Test sonrası değerlendirmede; araç yapısı, koltuk yapısı, kemer bağlantıları, araç bağlantı bölgeleri, koltuk bağlantılarına dikkat edilmelidir.

Testlerde emniyet kemeri üzerine uygulanacak olan kuvvet, araç yatay düzleminden Şekil 3.5'teki gösterildiği gibi  $10^{\circ} \pm 5^{\circ}$  yukarıya doğru yönde açı yapacak şekilde uygulaması yapılmalıdır. Uygulanacak olan hedef yükten %10 kadar ön yük uygulanması gerekmekte ve bu hedef yük değerine mümkün olan en kısa sürede ulaşılması sağlanmalıdır. Koltuk hedeflenen yüke eriştiğinde 0,2 saniyeden daha da uzun bu yüke dayanabilecek özellikte ve sürede olmalıdır.

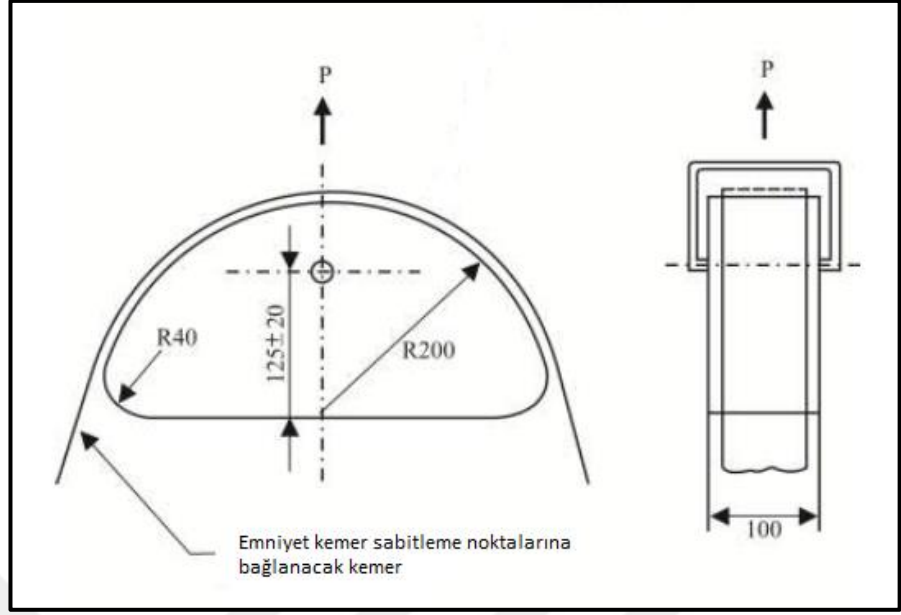


**Şekil 3.5.** Yükleri belirten taslak, oturak ve omuzlara gelen temsil eden bloklar (Hessenberger 2003)

Şekil 3.6’da ve Şekil 3.7’de ECE R14 testini gerçekleştirmek üzere uygulanacak olan yükler için gerekli bloklar gösterilmiştir. Araç koltuğunda yer alan oturağa montajı yapılan süngerin üzerine Şekil 3.6’da belirtilen blok yerleştirilmeli ve olabildiğince sırtta bulunan süngere doğru yaslanması sağlanmalıdır. Emniyet kemeri, yük uygulama bloğunun etrafından gerginliği kontrol edilerek konumlandırılır. Aynı şekilde Şekil 3.7’de belirtilen sırtta uygulanacak kuvvet için kullanılacak olan blok, kemerin gergin olarak durmasını sağlayacak şekilde konumlandırılmalıdır. Uygulama blokları mümkün olduğu kadar H noktasına yakın pozisyonda bulunmalıdır. Blokların yerine yerleştirme anında yük değeri, minimum ön yük değerini aşmamalıdır. Emniyet kemerinin altta bulunan bağlantı noktalarının açıklığı ölçülerek Şekil 3.6’da gösterilen 254 mm veya 406 mm bloklar arası mesafe ölçüsüne en uygun olanı kullanılmalıdır.



Şekil 3.6. Oturakta bulunan emniyet kemerini çekmeye yarayan blok (alt çekme bloğu) (ECE/ TRANS/505/Rev.1/Add.13/Rev.5 ECE R-14 Regulation No.14 2012)



**Şekil 3.7.** Omuz emniyet kemerini çekmeye yarayan blok (Üstte bulunan çekme bloğu) (ECE/ TRANS /505/ Rev.1/Add.13/Rev.5 ECE R-14 Regulation No.14 2012)

Araç sınıfı, emniyet kemer tipi (iki noktalı ve üç noktalı) ve emniyet kemer bağlantısına bağlı olarak; bel ve omuz (alt ve üst) emniyet kemerlerine uygulanması gereken kuvvetler Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2’te sunulmuştur (Yüce 2014).

**Çizelge 3.1.** Üç nokta emniyet kemerine uygulanması gereken kuvvetlerin hesabı

Araç Tipi	Üç Nokta Emniyet Kemerleri Uygulanan Çekme Kuvvetleri		
	Üst Kemer	Alt Kemer	Alt Kemer Ek Yükler
M1 ,N1	13 500N ± 200N	13 500N ± 200N	20 x 9,81 m/s <sup>2</sup> x koltuk kütlesi
M2, N2	6 750N ± 200N	6 750N ± 200N	10 x 9,81 m/s <sup>2</sup> x koltuk kütlesi
M3, N3	4 500N ± 200N	4 500N ± 200N	6,6 x 9,81 m/s <sup>2</sup> x koltuk kütlesi

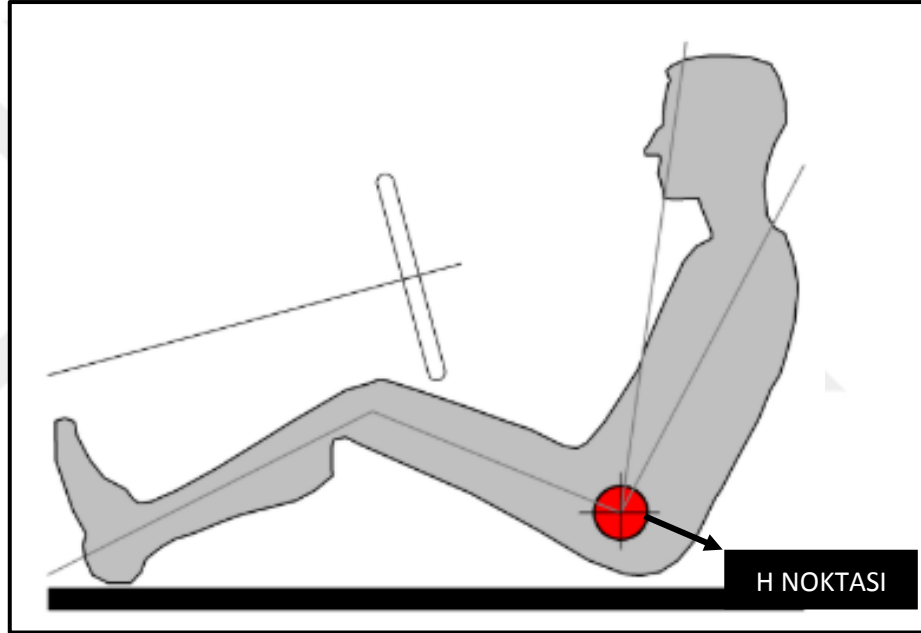
**Çizelge 3.2.** İki nokta emniyet kemerine uygulanması gereken kuvvetlerin hesabı

Araç Tipi	İki Nokta Emniyet Kemerleri Uygulanan Çekme Kuvvetleri	
	Alt Kemer	Alt Kemer Ek Yükler
M1 ,N1	22 500N ± 200N	20 x 9,81 m/s <sup>2</sup> x koltuk kütlesi
M2, N2	11 100N ± 200N	10 x 9,81 m/s <sup>2</sup> x koltuk kütlesi
M3, N3	7 400N ± 200N	6,6 x 9,81 m/s <sup>2</sup> x koltuk kütlesi



### 3.3.4. H noktasının tanımlanması

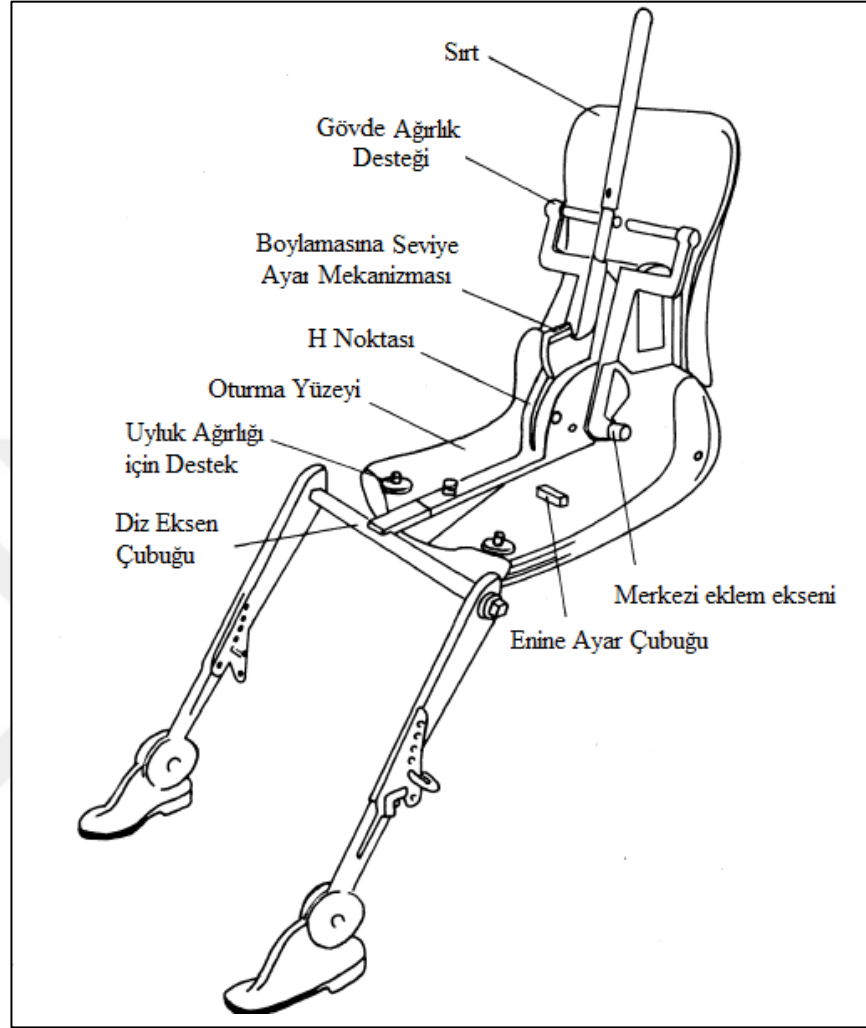
Bir insan vücudunun bacaklar ile gövde arasındaki teorik dönme eksenlerinin, boylamasına düşey düzlemdeki izi, vücudun kalçasının ve bacaklarının üst kısmı arasında kalan noktaya, yani kuyruk sokumu diye tabir edilen nokta H noktası olarak tanımlanmaktadır. Şekil 3.8’de H noktası görülmektedir. Araç tasarımında bulunan her bir elaman, H noktasının konumuna göre belirlenmektedir. Bu ölçü, vücut ölçüleri ortalama değerlere sahip insanın yapısına ve bu yapıya ait boyutların değerlerine göre hesaplanmıştır.



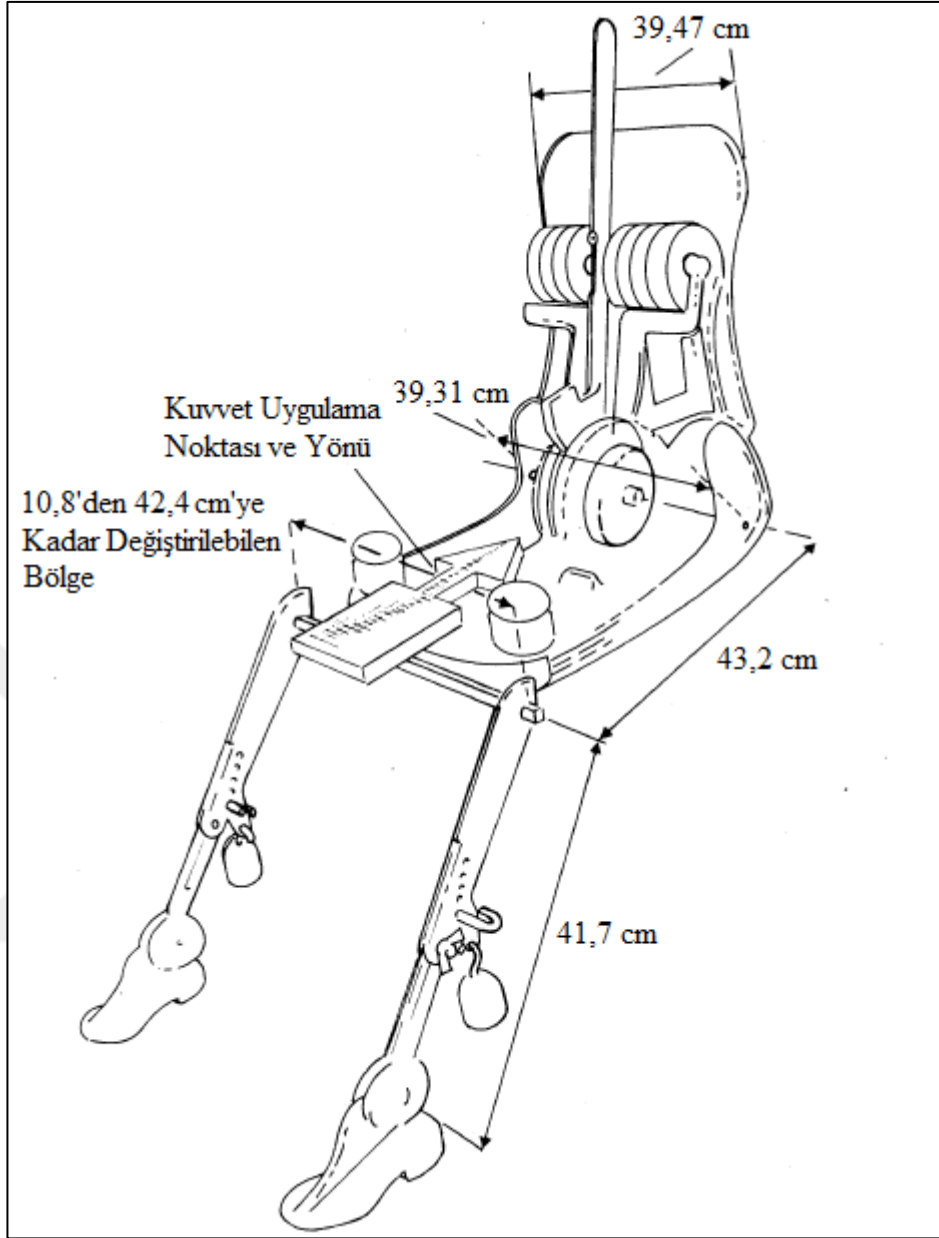
**Şekil 3.8.** H noktası (Global Automotive Safety Regulations in Nutshell 2015)

Otomotiv Mühendisleri Kurumu (SAE) otomotiv sektörüne, uzay araçlarına ve endüstriyel sektörü araçlarına standartlar geliştiren bir kurumdur. Bu kurum, insan yapısına göre tanımlanan ve doğrulanan ve hatta aracın içindeki yerleşimleri belirterek tasarımcılara son derece yararlı bilgiler sunmaktadır. SAE J826 referanslı manken ile H noktasının ölçümüne kolaylık sağlanmaktadır. Mankenin belirli bölgeleri Şekil 3.9’da gösterilmiştir.

Manken üzerinde ağırlıkların asıldığı yerler ve mankenin üzerinde bulunan ölçüler Şekil 3.10'da belirtilmiştir. Mankenin ağırlıkları ise Çizelge 3.3'te belirtilmiştir.



**Şekil 3.9.** H point mankeni üzerindeki belirlenen bölgeler (ECE/ TRANS/505/ Rev.1/ Add.13 / Rev.5 ECE R-14 Regulation No.14 2012)



**Şekil 3.10.** H point mankeni üzerindeki uzunluk ölçüleri (ECE/ TRANS /505/ Rev.1/ Add.13 / Rev.5 ECE R-14 Regulation No.14 2012)

**Çizelge 3.3** H Point mankenin ağırlık ölçüleri (ECE/ TRANS/505/Rev.1/ Add.13/Rev.5 ECE R-14 Regulation No.14 2012)

<b>MANKEN AĞIRLIĞI</b>	<b>Kg</b>
Vücutun Arka ve Oturma Desteklerini Temsil Eden Bileşenler	16,6
Gövde Ağırlığı	31,2
Oturma Yüzeyi Ağırlığı	7,8
Uyluk Ağırlığı	6,8
Bacak Ağırlıkları	13,2
<b>TOPLAM</b>	<b>75,6</b>

### 3.3.5. ECE R14 Emniyet kemeri çekme testinin sonuçlarının değerlendirilmesi

ECE R14 testinden koltuğun uygun bir şekilde geçebilmesi için belirlenen kuvvetleri karşılayabilecek dayanıma sahip olması gerekmektedir. Koltuk hedeflenen yüke ulaştıktan sonra 0,2 saniyeden daha uzun süre yüke dayanmalı ve bu süre sonrası herhangi bir yırtık, kalıcı deformasyon olmaması testin pozitif değerlendirilmesi için zorunludur. Test sonuçlarında araç tipi M1 olan koltuklarda omuz bölgesi emniyet kemerinin bağlantı noktalarının yer değiştirmesi, H noktasının üzerinden geçen dik düzlemi aşmamalıdır. Araç tipi M2 sınıfı, M3 sınıfı ve N sınıfındaki araçların koltuklarındaki yer değiştirmeler ise H noktasından dış yönde oluşturulacak olan 10° açılık düzlemi geçmemesi gerekmektedir.

#### 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

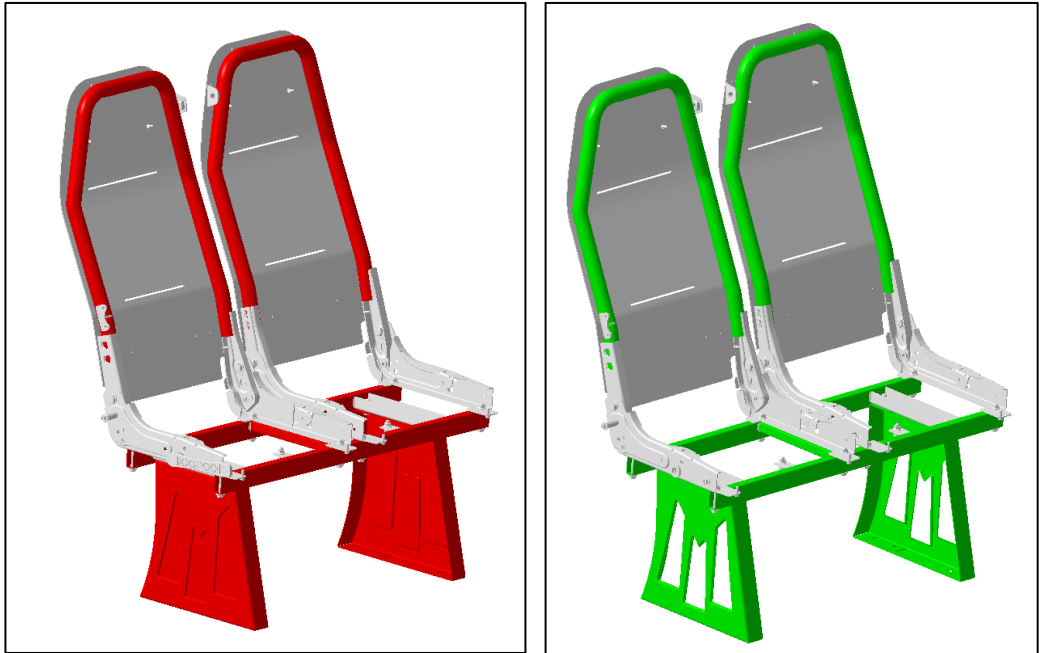
Bu çalışmada sınıfı M2 olan ticari araç yolcu koltuğunun hafifletme işlemleri incelenmiştir. Bununla birlikte de maliyet azaltılmasına ilişkin tasarım ve imalat durumları incelenerek, sonlu elemanlar analizi yöntemiyle modellenmesi yapılmıştır. Oluşturulan bu modelin ECE R14 emniyet kemeri çekme testi ile analiz edilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve son nihai tasarımın fiziksel testlerle regülasyonlara göre karşılaştırarak uygunluğunun incelenmiştir.

##### 4.1. Koltuk İskeleti Üzerinde Yapılan Çalışmalar

Bu çalışmada araç koltuğunun oturak ve sırt iskeletinde yapılan çalışmaları detaylı bir şekilde belirtilmiştir.

###### 4.1.1. Tasarım üzerinde değerlendirme

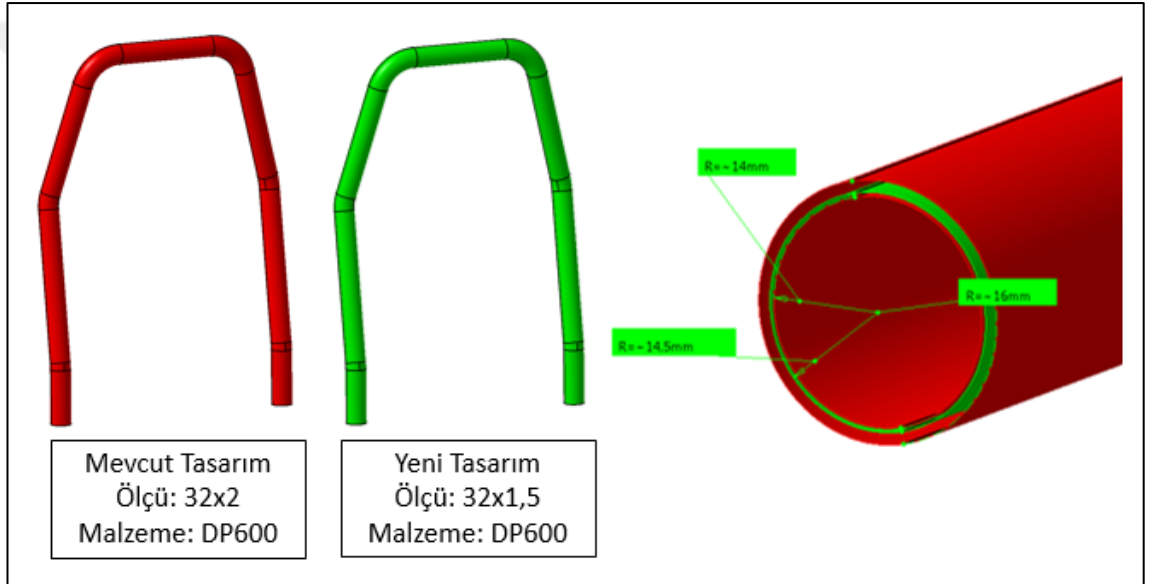
Bu çalışmada, çalışmaya konu olan M2 sınıfı araç yolcu koltuğunda yapılan tasarım değişiklikleri Şekil 4.1’de mevcut tasarım ve yeni tasarım olarak gösterilmiştir.



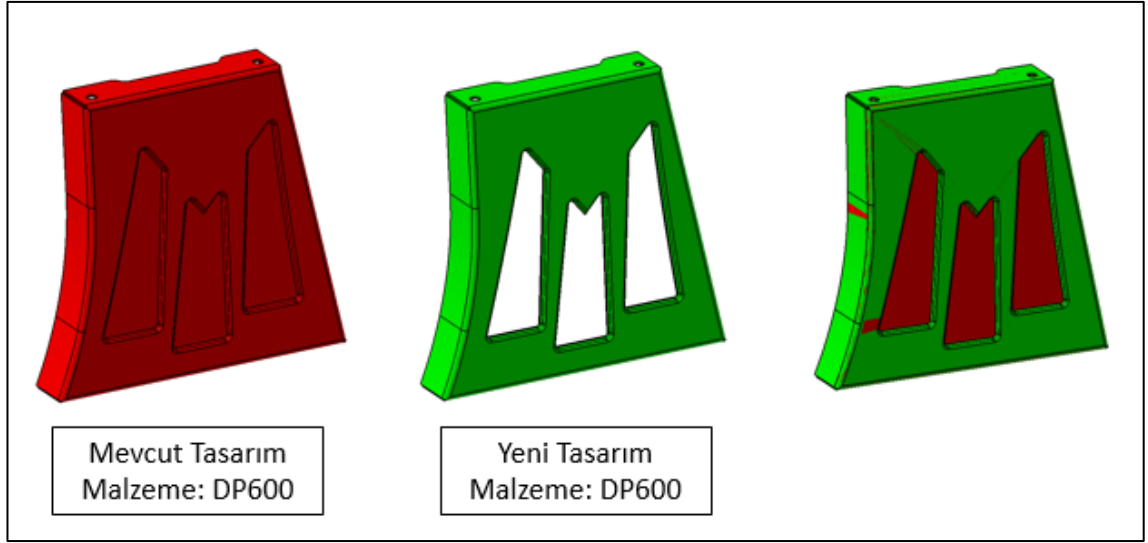
Şekil 4.1. Yolcu koltuğunun mevcut ve yeni iskelet tasarımı

Koltuk iskeletinde 3 farklı tasarım değişkenleri kullanılarak, optimizasyon işlemleri yapılmıştır. Tasarımlarda yapılan değişiklikler aşağıda belirtildiği gibidir;

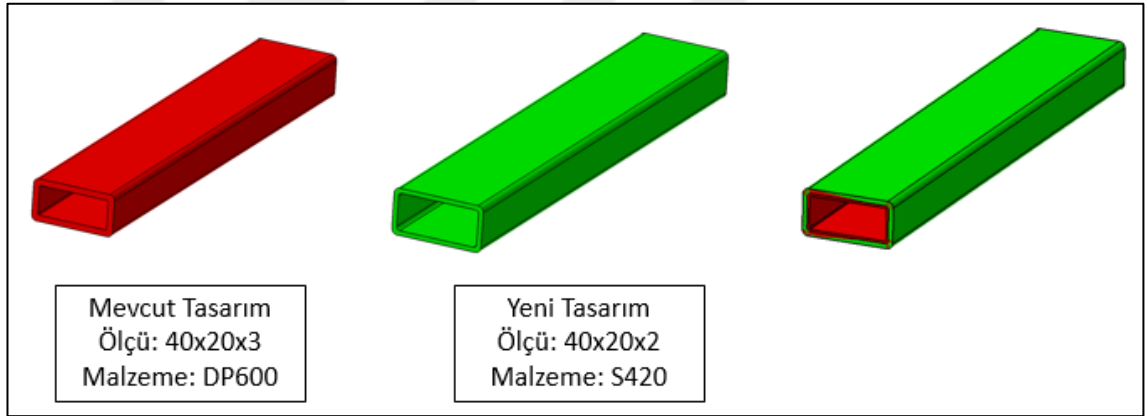
- Yolcu koltuğu sırt borusunda, mevcut malzeme ile daha ince geometrili malzeme kullanılması. (Şekil 4.2)
- Koltuk ayak sacları üzerinde kesit daraltmalarının yapılması (Şekil 4.3).
- Oturak iskeletinde, Şekil 4.4'te enine ve Şekil 4.5'te boyuna profillerin alternatif malzemeler ve daha ince kesitli malzemelerin kullanılması.



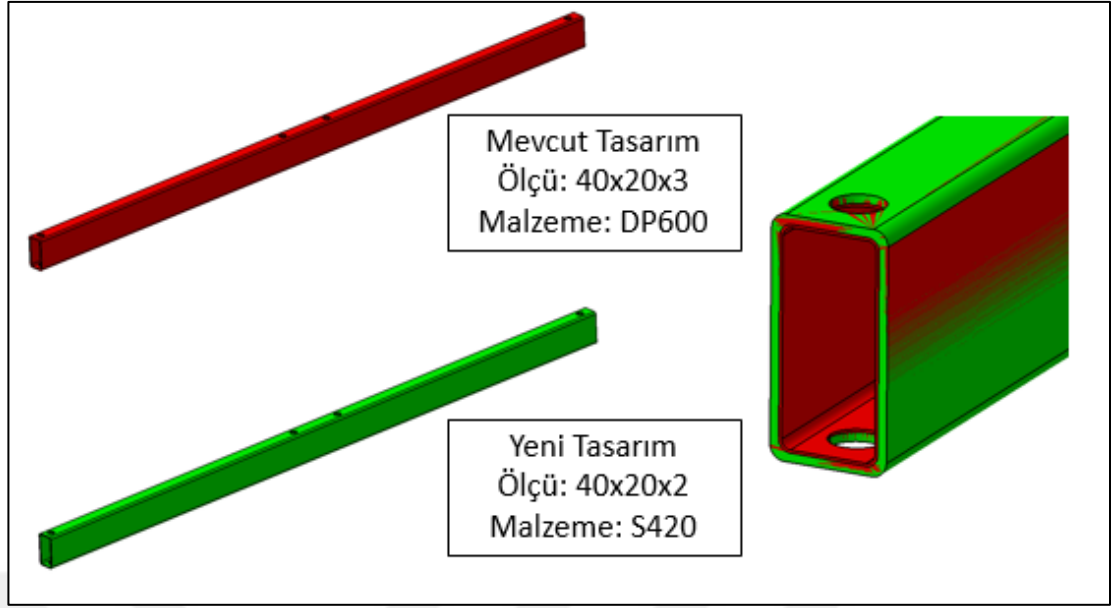
**Şekil 4.2.** M2 sınıfı araç yolcu koltuğu sırt iskeletinde, boru profilinde daha ince kesitli malzeme kullanılması



**Şekil 4.3.** M2 sınıfı araç yolcu koltuğu oturak iskeleti ayak sacları üzerinde kesitte yapılan daraltmalar



**Şekil 4.4.** M2 sınıfı araç yolcu koltuğu oturak iskeletinde enine profilde alternatif malzeme ve daha ince kesitli malzeme kullanılması



**Şekil 4.5.** M2 sınıfı araç yolcu koltuğu oturak iskeletinde boyuna profilde alternatif malzeme ve daha ince kesitli malzeme kullanılması

#### 4.1.1. Koltuk iskeleti üzerinde her bir parçanın ağırlık kıyaslamaları


Araçlarda ikili koltuk üzerinde yapılan çalışmaların mevcut ve yeni durumda ağırlıkları arasındaki farkları ve ikili koltuk üzerinde kullanım adetleri bu bölümde sunulmuştur. Araç koltuğu sırt boru profilin malzeme ve ağırlık karşılaştırmaları Çizelge 4.1’de, oturakta bulunan enine profilin malzeme ve ağırlık karşılaştırmaları Çizelge 4.2’de, ikili koltuğun oturağında bulunan boyuna profilin malzeme ve ağırlık karşılaştırmaları Çizelge 4.3’te, tekli koltuğun oturağında bulunan boyuna profilin malzeme ve ağırlık karşılaştırmaları Çizelge 4.4’te ve oturak ayak sacının malzeme ve ağırlık karşılaştırmaları Çizelge 4.5’te gösterilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Koltuk sırt boru profilin malzeme ve ağırlık karşılaştırmaları


		Malzeme	Kalınlık	Birim Ağırlık	Toplam Fark
Sırt Borusu	Mevcut	DP600	32x2	2,038kg	0,484 kg
	Yeni	DP600	32x1,5	1,554kg	




**Çizelge 4.2.** Koltuk oturak enine profilin malzeme ve ağırlık karşılaştırmaları (ikili koltuk)

		Malzeme	Kalınlık	Birim Ağırlık	Toplam Fark
Enine Profil	Mevcut	DP600	40x20x3	0,561kg	0,173 kg
	Yeni	S420	40x20x2	0,388kg	


**Çizelge 4.3.** Koltuk oturak boyuna profilin malzeme ve ağırlık karşılaştırmaları (ikili koltuk)

		Malzeme	Kalınlık	Birim Ağırlık	Toplam Fark
Boyuna Profil	Mevcut	DP600	40x20x3	1,473kg	0,344 kg
	Yeni	S420	40x20x2	1,129kg	

**Çizelge 4.4.** Koltuk oturak boyuna profilin malzeme ve ağırlık karşılaştırmaları (tekli koltuk)

		Malzeme	Kalınlık	Birim Ağırlık	Toplam Fark
Boyuna Profil	Mevcut	DP600	40x20x3	0,7365kg	0,172 kg
	Yeni	S420	40x20x2	0,5645kg	


**Çizelge 4.5.** Koltuk oturak ayak sacının malzeme ve ağırlık karşılaştırmaları (ikili koltuk)

		Malzeme	Birim Ağırlık	Toplam Fark
Ayak Sacı	Mevcut	DP600	2,009kg	0,355 kg
	Yeni	DP600	1,654kg	


#### 4.1.2. Koltuk iskeleti üzerinde her bir parçanın finansal kıyaslamaları

Araçlarda ikili koltuk üzerinde yapılan çalışmaların mevcut ve yeni durumda ekonomik analizleri bu bölümde sunulmuştur. Araç koltuğu sırt boru profilin ekonomik analizi Çizelge 4.6’da, oturak enine profilin ekonomik analizi Çizelge 4.7’de, ikili koltuğun oturak boyuna profilin ekonomik analizi Çizelge 4.8’de, tekli koltuğun oturak boyuna profilin ekonomik analizi Çizelge 4.9’da ve oturak ayak sacı ekonomik analizi ise Çizelge 4.10’da gösterilmiştir.


**Çizelge 4.6.** Koltuk sırt boru profilin ekonomik analizi

		Birim fiyat	Toplam Kazanç
Sırt Borusu	Mevcut	3,64 €	0,71 €
	Yeni	2,93 €	


**Çizelge 4.7.** Koltuk oturak enine profilin ekonomik analizi

		Birim fiyat	Toplam Kazanç
Enine Profil	Mevcut	0,79 €	0,31 €
	Yeni	0,48 €	


**Çizelge 4.8.** Koltuk oturak boyuna profilin ekonomik analizi

		Birim fiyat	Toplam Kazanç
Boyuna Profil	Mevcut	2,08 €	0,857 €
	Yeni	1,22 €	

**Çizelge 4.9.** Koltuk oturak boyuna profilin ekonomik analizi (tekli)

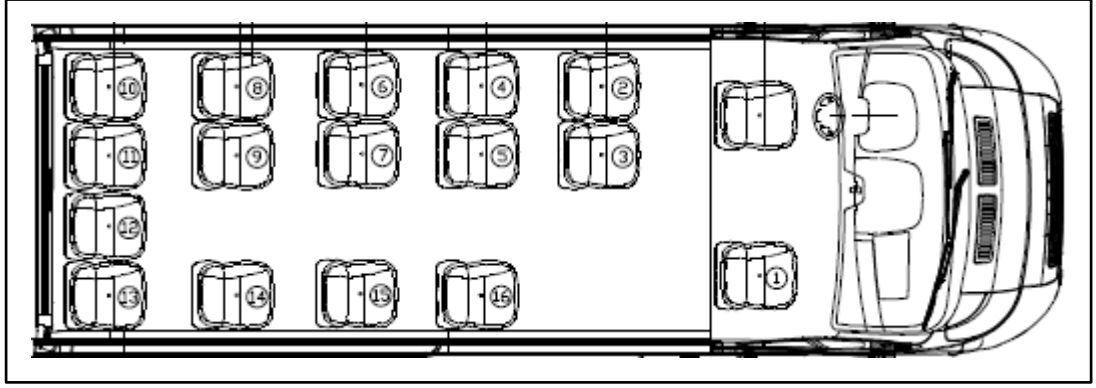
		Birim fiyat	Toplam Kazanç
Boyuna Profil	Mevcut	1,07 €	0,435 €
	Yeni	0,64 €	

**Çizelge 4.10.** Koltuk oturak ayak sacı ekonomik analizi

		Birim fiyat	Toplam Kazanç
Ayak Sacı	Mevcut	2,41 €	0,098€
	Yeni	2,31 €	

#### 4.1.3. M2 sınıfta bulunan araç yerleşim planı

Yapılan çalışmada kullanılan koltukların Şekil 4.6'da belirtilen dizilim ile araca montajı yapılmaktadır. Araçlarda 6 adet ikili yolcu koltuğu 3 adet de tekli koltuk bulunmaktadır. Ön koltukların tasarımı farklı olduğundan bu çalışmanın kapsamına dâhil edilmemiştir.



**Şekil 4.6.** M2 sınıfı aracın yolcu koltuklarının dizilimi

## **4.2. Sonlu Elemanlar Yöntemi**

Sonlu elemanlar yöntemi, fiziki olarak kurulan veya kurulmak istenen sistem veya sistemlerin matematiksel olarak ifade edilmesidir. Belirlenen sistem veya sistemler alt detaylarına ayrılarak model oluşturulur. Ayrıca sistem malzeme özellikleri yönünden ve sınır şartlarını sağlayacak bir yapıda olmalıdır.

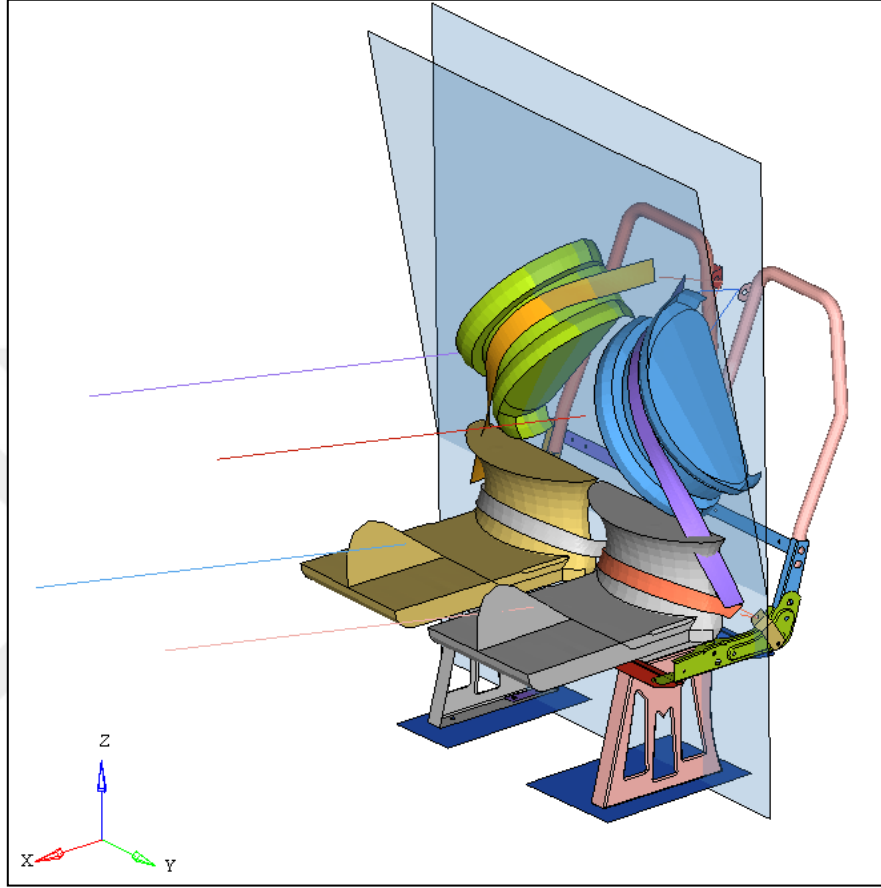
Sonlu elemanlar analizi; karmaşık halde olan problemleri basite indirgeyerek birbirinden ayrılması her bir problemin içlerinde çözümlenmesi ile sonuca ulaşılan bir metod olarak tanımlanır.

Yeni tasarımda üretimi yapılacak olan koltuk üretilmeden önce Altair Hypermesh programı aracılığıyla modellenmiştir. Değişikliğe uğrayacak olan parçaların her biri için malzeme ve kalınlık bilgileri tanımlanmıştır. Tüm parçaların kendi içlerinde ve temas ettiği parçaları tanımlamak için Hypercrash programından faydalanılmıştır.

### **4.2.1. Sonlu elemanlar analizinin hesaplamaları sonuçlarının incelenmesi**

ECE R14 testinin şartnamesinde belirtilen bloklar, sonlu elemanlar analizi ile modellenmiştir. Şekil 4.7’de sonlu elemanlar metodu ile modellenen bloklar ve koltuk iskeleti gösterilmiştir. Testin başlangıç durumundan koltuk düzlemine göre 10 derecelik açı oluşturulacak şekilde yerleşimi sağlanmıştır. Belirlenen bu 10°lik açı, sınır şart olarak

belirlenmiştir. Fiziksel test ile sonlu elemanlar modeli arasında oluşabilecek hata farkını da ortadan kaldırmak amacıyla analizlerde emniyet katsayısı olarak uygulanan kuvvetlerin 200 N fazlası girilmiştir.



**Şekil 4.7.** Yeni tasarlanan koltuğun ECE R14 analiz gösterimi (sonlu elemanlar analizi)

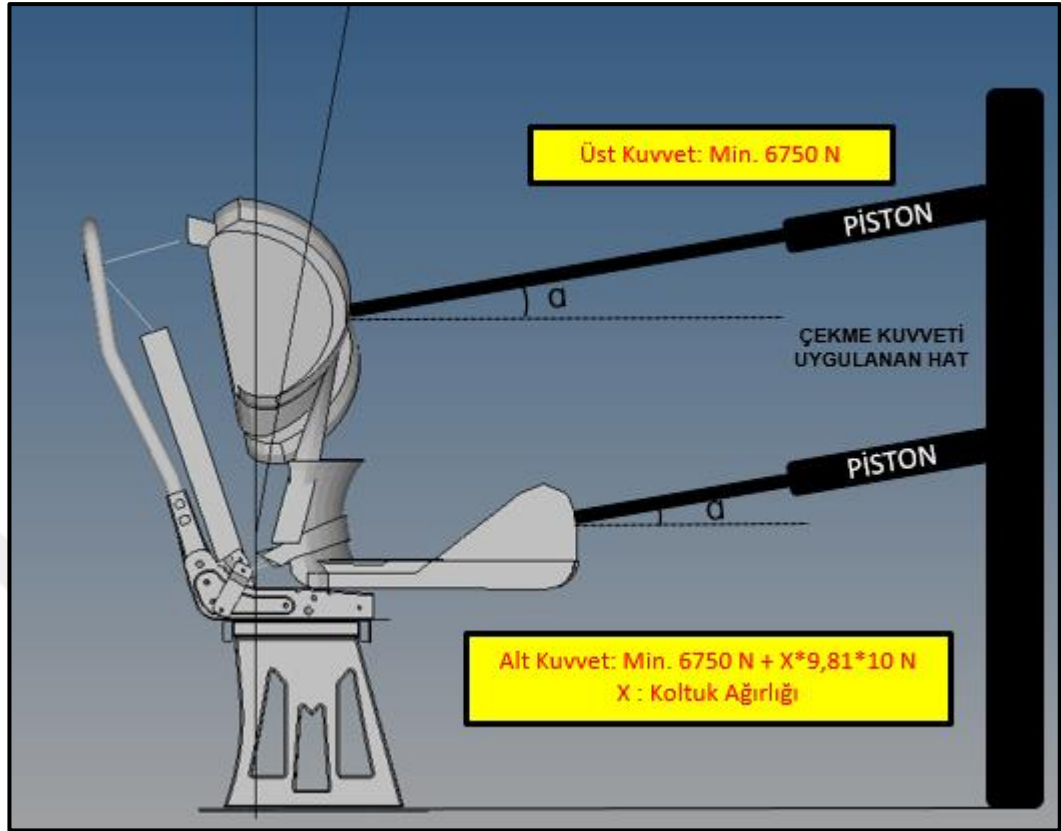
Analizde ve fiziksel teste kullanılacak olan üst ve alt blok hesaplamaları Şekil 4.8’de gösterilmiştir. Hesaplamalarda koltuk ağırlığı denklemlerde görüleceği üzere önemli bir kriterdir. Teze konu olan koltuğun ağırlığı 27 kg’dır. Hesaplama yapmak adına koltuğu tekil olarak ele almamız gerekiyor. Bu yüzden ikili koltuğun ağırlığını ikiye böldüğümüzde 13,5 kg hesaplanmaktadır.

Üstteki bloğun çekme kuvveti 4.1 denklem yardımıyla 6 950 N hesaplanmıştır.

$$F_{(üst blok çekme)} = 6\ 750 + 200 \quad (4.1)$$

Altındaki bloğun çekme kuvveti 4.2 denklem yardımıyla 8 274,35 N hesaplanmıştır.

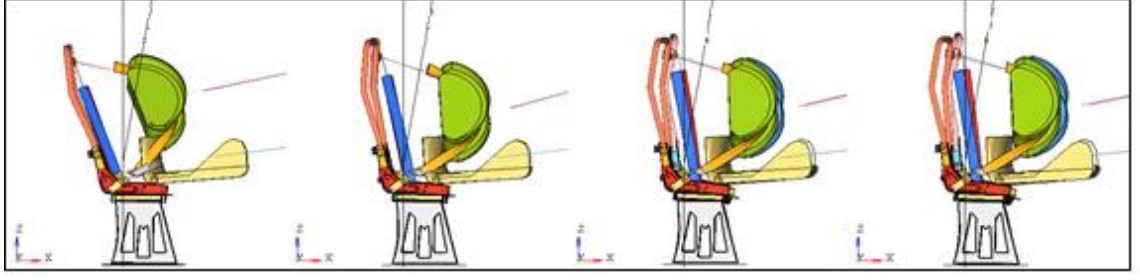
$$F_{(alt blok çekme)} = (6\ 750 + 13,5 \times 9,81 \times 10) + 200 \quad (4.2)$$



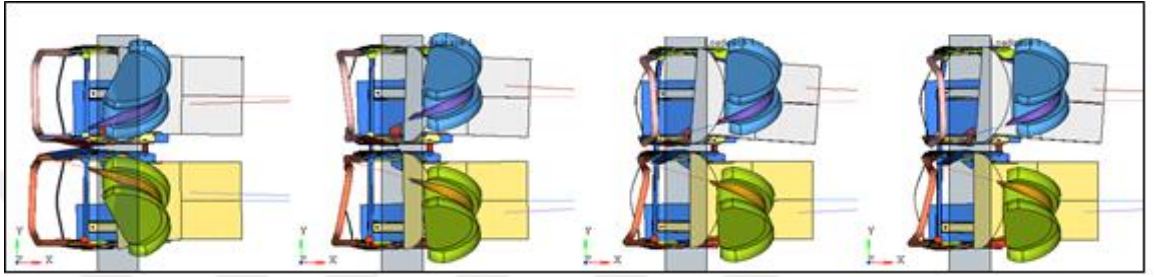
Şekil 4.8. Üst ve alt blok çekme kuvvetlerinin gösterimi

#### 4.2.2. ECE R14 Sonlu elemanlar analizinin sonuç incelemeleri

Sonlu elemanlar analizinde kuvvetler  $10^\circ \pm 5^\circ$  yukarı doğru bir açıyla uygulanmıştır. Analize göre  $10^\circ$ 'lik açı ile çizilen limit düzlemi geçmemesi zorunludur.  $10^\circ$ 'lik açı H düzlemi dikkate alınarak çizilmektedir. Koltuk hedeflenen yüke geldiğinde en az 0,2 saniye direnç gösterebilmeli ve daha uzun süre bu yüke dayanabiliyor olmalıdır. Analizde deformasyon durumları Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da görüldüğü gibi 125, 250, 375 ve 500. ms'de aşama aşama gösterilmiştir. 500 ms sonunda gerçekleşen deplasman, belirlenen limit düzlemin gerisinde kaldığı için sonlu elemanlar metodu analizi olumlu olarak sonuçlanmıştır. Hesaplama yapıldığında koltuk sırtının üst noktası, belirlenen sınır düzleme 432 mm uzaklıktadır.



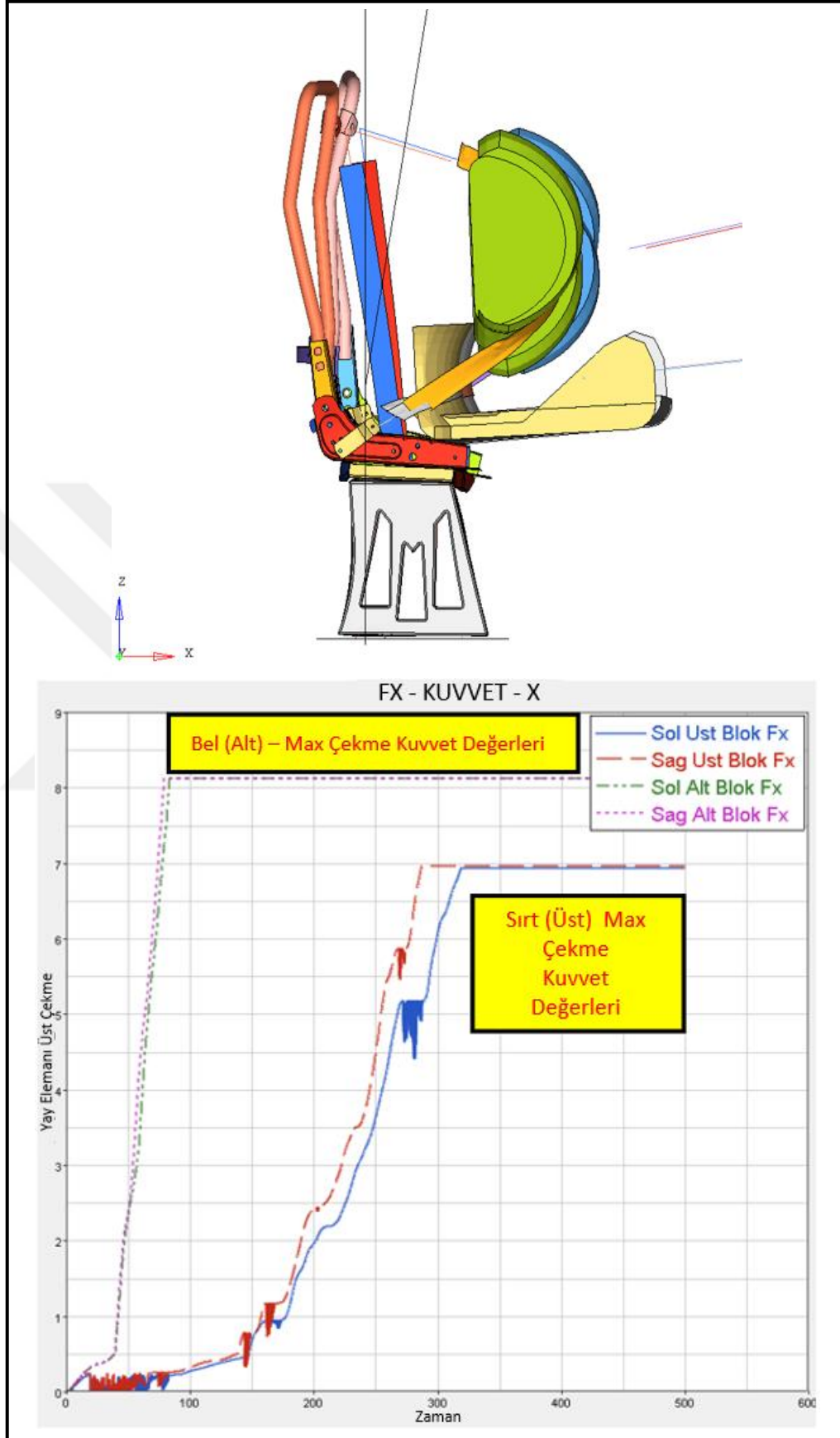
**Şekil 4.9.** ECE R14 analizinin limit düzleme yaklaşma aşamalarının gösterimi



**Şekil 4.10.** ECE R14 analiz sonuçlarının limit düzleme yaklaşma aşamalarının üstten görünümü

Analiz sonucunu Şekil 4.11’de görülen grafiği yorumladığımızda aşağıdaki sonuçlar okunmaktadır;

- Bel bölgesindeki istenilen çekme kuvvetine 80 ms’de ulaşılmıştır.
- Bel bölgesindeki istenilen yük değerine ulaştıktan sonra, gerekli direnci sağladığından dolayı yük eğrisi sabit kalmıştır.
- Sırt bölgesindeki istenilen çekme kuvvetine 300 ms civarında ulaşılmıştır.
- Sırt bölgesindeki istenilen yük değerine ulaşıldıktan sonra, gerekli direnci sağladığından yük eğrisi sabit kalmıştır. Grafikte görülen dalgalanmalar sırt iskeletinde bulunan sırt borusunda meydana gelen şekil değiştirmeleridir.
- Koltuk 0,2 saniyenin üzerinde direnç gösterdiği için sonuç uygun olarak değerlendirilmiştir.
- Koltuğun testten geçebilmesi için diğer kriter; limit düzlem olarak belirlenen 10°’lik açıyla çizilen düzlemi geçmemesidir. (432 mm’yi geçmemesi) Analize göre deplasman en fazla 288 mm olduğundan analiz sonucu uygun olarak değerlendirilmiştir.



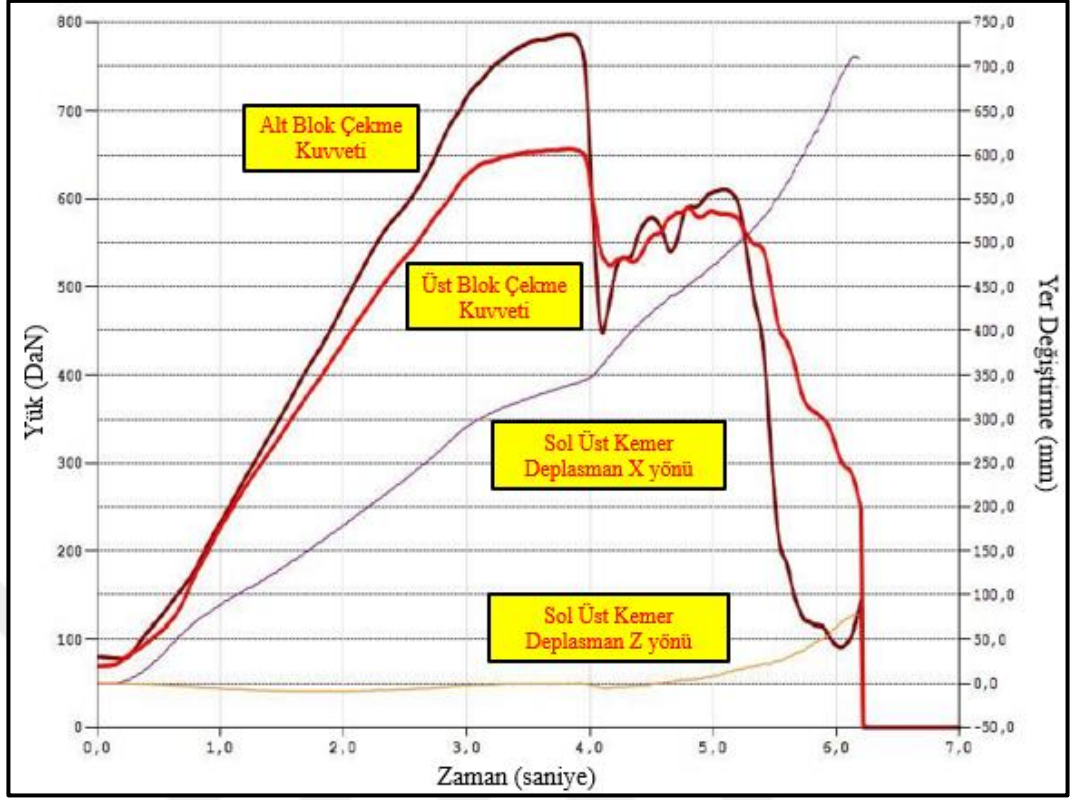
Şekil 4.11. Analiz sonucunun kuvvet değerlerinin gösterimi

### 4.3. Yolcu Koltuğu İçin Fiziksel Testin Gerçekleştirilmesi

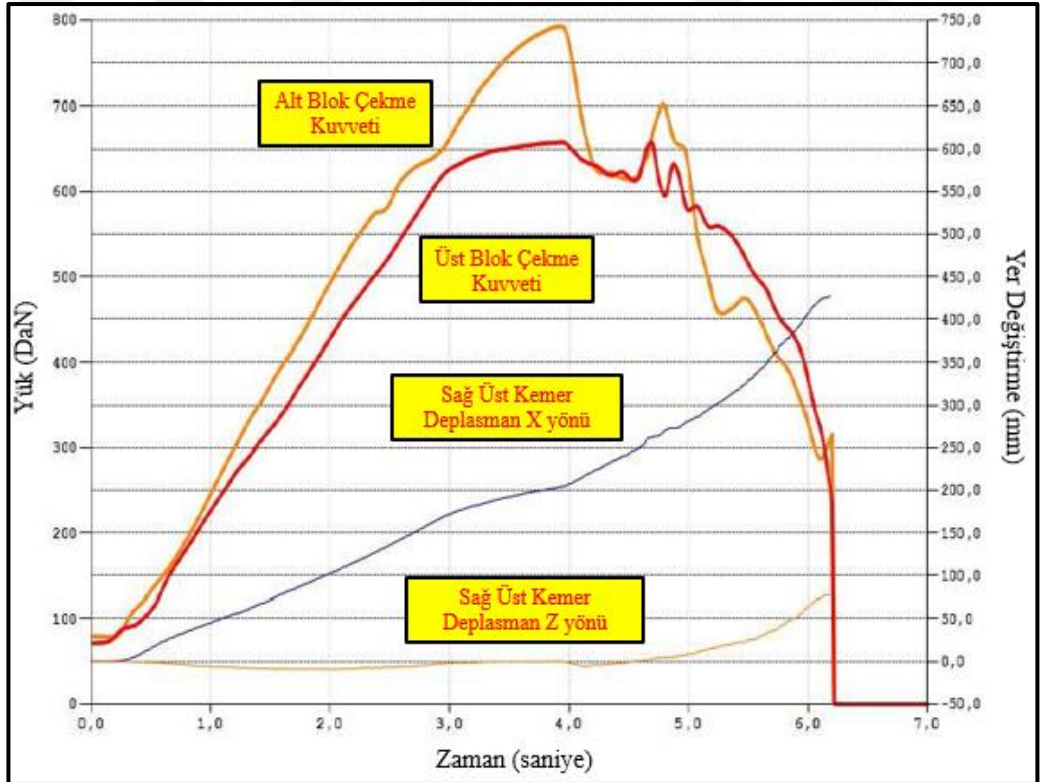
Sonlu elemanlar metodu analizinde ECE R14 emniyet kemeri çekme analizi ile uygun olarak değerlendirilen yeni tasarım, Martur Fompak International Arge merkezine bağlı test merkezinde yapılan fiziksel test ile doğrulanmıştır. şartnamede verilen hesaplama yöntemine göre nominal ölçüler dikkate alınarak hedef yükler belirlenmiştir. Sonlu elemanlar analizinde maksimum değerler girilerek analiz yapılmıştır. Fiziksel testte hesaplanan nominal değerler esas alınarak  $\pm 200$  N'luk tolerans girilmiştir. Buna göre fiziksel testte üst çekme bloğuna  $6750 \pm 200$  N, alt çekme bloğuna ise  $8075 \pm 200$  N uygulanmıştır. şekil 4.12'de sol ve şekil 4.13'te sağ koltuğun test sonuçları yer almaktadır.

Koltuğun testten geçebilmesi için en az 0,2 sn'lik direnç gösteriyor olması gerekmektedir. Araç tabanını yansıtan, profil ve plakalardan oluşturulan koltuğun ayaklarının bağlandığı alt tablada, test öncesi fark edilmeyen araç tabanı bağlantı elemanlarının bulunduğu bölgede yaşanılan deformasyondan dolayı test başladıktan sonra koltuk öne doğru eğilmiştir. Yaşanılan bu olumsuzluk, grafikte dalgalanmalara neden olsa da test sonucuna olumsuz etkisi olmamıştır.





Şekil 4.12. Sol koltuk fiziksel test sonuç eğrileri



Şekil 4.13. Sağ koltuk fiziksel test sonuç eğrileri

Martur Fompak International test merkezinden alınan rapor sonuçları sağ ve sol koltuk için değerler Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12’de görülmektedir. Test sonuçlarına göre sol koltuğun sırtında 0,235 saniye, oturakta 0,238 saniye, sağ koltuğun sırtında 214 saniye, oturakta ise 0,21 saniye dayanım gösterdiği için test pozitif olarak sonuçlanmıştır.

**Çizelge 4.11.** Test Merkezine ait sol koltuğun fiziksel test sonuçları

	Adım	Hedef Yük (daN)	Ölçülen Yük (daN)	Hedef Bekleme Süresi (Saniye)	Ölçülen Bekleme Süresi (Saniye)
Sırt	Ön Yük	70	-	-	-
	1	675 ± 20	660	0,2	0,235
	2	-	-	-	-
	3	-	-	-	-
	4	-	-	-	-
Oturak	Ön Yük	80	-	-	-
	1	807 ± 20	788	0,2	0,236
	2	-	-	-	-
	3	-	-	-	-
	4	-	-	-	-
Ağırlık Merkezi	Ön Yük	-	-	-	-
	1	-	-	-	-
	2	-	-	-	-
	3	-	-	-	-
	4	-	-	-	-
SONUÇ					
Yer Değişirme (mm)		Hedef		Ölçülen	
		380		340	
SONUÇ		Açıklama	Z:0 mm		
Pozitif	✘				
Negatif					

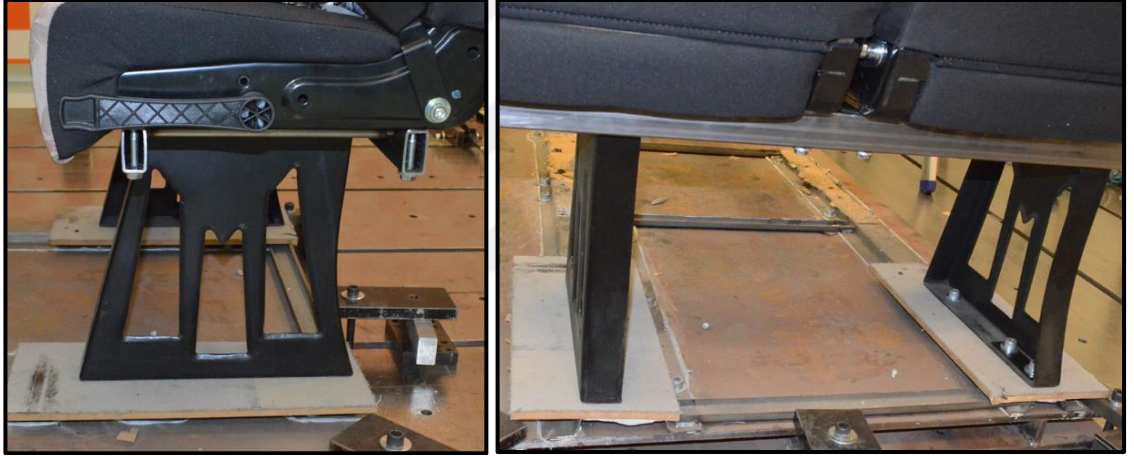
**Çizelge 4.12.** Test Merkezine ait sağ koltuğun fiziksel test sonuçları

	Adım	Hedef Yük (daN)	Ölçülen Yük (daN)	Hedef Bekleme Süresi (Saniye)	Ölçülen Bekleme Süresi (Saniye)
Sırt	Ön Yük	70	-	-	-
	1	675 ± 20	660	0,2	214
	2	-	-	-	-
	3	-	-	-	-
	4	-	-	-	-
Oturak	Ön Yük	80	-	-	-
	1	808 ± 20	790	0,2	0,21
	2	-	-	-	-
	3	-	-	-	-
	4	-	-	-	-
Ağırlık Merkezi	Ön Yük	-	-	-	-
	1	-	-	-	-
	2	-	-	-	-
	3	-	-	-	-
	4	-	-	-	-
SONUÇ					
Yer Değişirme (mm)		Hedef		Ölçülen	
		380		204	
SONUÇ		Açıklama	Z:0 mm		
Pozitif	✘				
Negatif					

Test merkezinde emniyet kemer çekme testi için koltuğun ön hazırlık aşaması Şekil 4.14 gösterilmiştir. Şekil 4.15'te ise ayak bağlantı bölgeleri belirtilmiştir. Görsellerde koltuk üst ve alt çekme bloklarının yerleşimleri, ayak bağlantıları belirtilmiştir.



Şekil 4.14. ECE R14 Emniyet kemer çekme testi üst ve alt blok gösterimi



Şekil 4.15. ECE R14 Emniyet kemer çekme ayak bağlantıları

Fiziksel test grafikleri ve sonuçlarda görüldüğü gibi testler olumlu olarak sonuçlanmıştır. Fiziksel test sonrası koltuk detayları Şekil 4.16’da görülmektedir. Şekil 4.17’de ise ayak bağlantısının test sonrasındaki görünümü sunulmuştur. Testler sırasında taban bağlantı bölgesinde meydana gelen olumsuzluklar Şekil 4.18’de görülmektedir. Bu fotoğrafta da görüldüğü üzere koltuğun ayağında değil, taban bağlantısından kaynaklı olumsuzluklar meydana geldiği görülmektedir. Taban bağlantısında herhangi bir problem olmaması durumunda koltuğun öne eğilmeden, ilk konumuna yakın bir bölgede durması beklenmektedir.



**Şekil 4.16.** ECE R14 Emniyet kemer testi sonrası görünüm



**Şekil 4.17.** ECE R14 Emniyet kemer testinin sonrası ayak bağlantılarının test sonrası görünümü



Şekil 4.18. Testte ayak bağlantılarında meydana gelen olumsuzlukların görünümü

#### 4.4. Ekonomik Analiz ve Ağırlık Azaltma

M2 sınıfı koltukta yapılan toplam ağırlık azaltmaları ve birim maliyetteki toplam ekonomik kazanç hesaplamaları bu bölümde sunulmuştur.

Çizelge 4.13'te ikili ve tekli koltukların finansal değerleri ortaya konulmuştur. Araç başına sağlanan kazanç ise Çizelge 4.14'te hesaplanmış ve elde edilen kazancın 17,61 € olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 4.13.** İkili ve tekli koltuk finansal değerlendirmeleri

Koltuk Üzerindeki Parça	Birim Maliyet Kazancı	İkili Koltuk Kullanım Adedi	Tekli Koltuk Kullanım Adedi
Sırt Borusu	0,71 €	2	1
Enine Profil	0,31 €	2	1
Boyuna Profil - 1	0,857 €	2	-
Boyuna Profil - 2	0,435 €	-	2
Ayak Sacı	0,098 €	2	2
<b>Koltuk Başına Toplam Kazanç</b>		<b>2,33 €</b>	<b>1,21 €</b>

**Çizelge 4.14.** Araç başı finansal değerlendirme

15 Yolcu Koltuğu Bulunan Araç (Ön Koltuklar Hariç)	Birim Maliyet Kazancı	Araçta Bulunan İkili Koltuk Adedi	Araçta Bulunan Tekli Koltuk Adedi
İkili Koltuk	2,33 €	6	-
Tekli Koltuk	1,21 €	-	3
<b>Araç Başına Toplam Finansal Kazanç</b>		<b>17,61 €</b>	

Çizelge 4.15’te ikili ve tekli koltukların ağırlıklarında bulunan hafifletmeler ortaya konulmuştur. Araç başına sağlanan kazanç ise Çizelge 4.16’da hesaplanmış ve elde edilen hafifletmenin 21,405 kg olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 4.15.** Koltuk başı hafifletme değerlendirmeleri

Koltuk Üzerindeki Parça	Birim Ağırlıkta Kazanç	İkili Koltuk Kullanım Adedi	Tekli Koltuk Kullanım Adedi
Sırt Borusu	0,484 kg	2	1
Enine Profil	0,173 kg	2	1
Boyuna Profil - 1	0,344 kg	2	-
Boyuna Profil - 2	0,172 kg	-	2
Ayak Sacı	0,355 kg	2	2
<b>Koltuk Başına Toplam Ağırlık Kazancı</b>		<b>2,712 kg</b>	<b>1,711 kg</b>

**Çizelge 4.16.** Araç başı ağırlık azaltma

15 Yolcu Koltuğu Bulunan Araç (Ön Koltuklar Hariç)	Birim Maliyet Kazancı	Araçta Bulunan İkili Koltuk Adedi	Araçta Bulunan Tekli Koltuk Adedi
İkili Koltuk	2,712 kg	6	-
Tekli Koltuk	1,711 kg	-	3
<b>Araç Başına Toplam Kazanç</b>		<b>21,405 kg</b>	

Araç koltuklarında sağlanan bu kazançların yanında dikkat edilmesi gereken konu da modif maliyetleridir. Modif maliyetleri mevcut parçayı yeni seviyede yani istenen değişiklikler ile birlikte üretebilmek için parça kalıbında yapılacak olan değişikliklerin yatırım giderleridir. Profil ve borularda iç çap değişikliği olduğu için herhangi bir yatırım bulunmamaktadır. Ayak sacında yapılan değişiklikte ise kalıp modif maliyeti bulunmaktadır. Çizelge 4.17’te bir araçta 18 adetlik ayak ihtiyacının olduğu hesaplanmıştır. Yapılacak olan modif ortalama 10.000€ civarında olduğu belirlenmiştir. Bu maliyetin birim maliyetteki kazanç ile kıyaslandığında yaklaşık 2,5 yılda karşılanabileceği ve sonrasında kâra geçilebileceği Çizelge 4.18’de hesaplanmıştır.

Yapılan diğer bir hesaplama göre ayak sacında yapılan iyileştirme ile birlikte Çizelge 4.19’de görüldüğü üzere araç başı 6,39 kg’lık bir hafifletme olabileceği belirlenmiştir.

**Çizelge 4.17.** Araç başı kullanılan ayak adetleri

Araç	Bir Koltukta Kullanılan Ayak Adedi	2 Adet
Hesabı	Bir Araçta Kullanılan Koltuk Adedi	9 Adet
	Bir Araçta Kullanılan Toplam Ayak Adedi	18 Adet



**Çizelge 4.18.** Kaç yılda kâr edilebileceğinin belirlenmesi

Yıllık Hesap	Kalıp Modif Maliyeti	10.000 €
	Birim Maliyetteki Delta Fark	0,098 €
	Üretilmesi Gerekli Olan Ayak Sayısı	$10.000/0,098 = 102041$ Adet
	Kaç Araç Üretilmesi Gerekliyor?	$102041 / 18 = 5668$ Adet
	Yıllık Araç Üretim Adetleri	2500 Adet
	<b>Kaç Yılda Kâra Geçebiliyoruz?</b>	$5668 / 1500$ Adet = <b>2,26 Yıl</b>

**Çizelge 4.19.** Ayak sacı araç başı ağırlık hesabı

Araç Başı Ayak Ağırlığı	Bir Koltukta Kullanılan Ayak Adedi	2 Adet
	Bir Araçta Kullanılan Koltuk Adedi	9 Adet
	Bir Araçta Kullanılan Toplam Ayak Adedi	18 Adet
	Bir Ayakta Yapılacak Olan Hafifletme	0,355
	<b>Bir Araçta Ağırlık Kazancı</b>	$0,355 \times 18 = \mathbf{6,39}$ kg

## 5. SONUÇ

Bu tez çalışmasında; M2 sınıfı bir ticari araç yolcu koltuğunun iskeletindeki hafifletme işlemleri ile maliyet azaltılmasına yönelik çalışmalar yapılmıştır. Koltuk iskeletlerinde yapılan tasarım değişkenlikleri sonucu elde edilen kazanımlar aşağıda belirtilmiştir.

1. Tasarım değişiklikleri sonucu yapılan hafifletmeler ile araç başı 17,61 € kazanç elde edilmekte birlikte 21,405 kg da araç başı hafifletme sağlanmıştır.
2. Tasarım değişkenliklerinde özellikle dikkat edilmesi gereken konu; oturak profillerinde ve sırt borularında herhangi bir yatırım maliyetlerinin olmaması ve değişikliğin hemen devreye alınması durumunda kâra geçiyor olunmasıdır.
3. Ayak sacında yapılmak istenen boşaltmalar, kalıplarda modif gerekliliğini doğurmaktadır. Kalıp modif maliyetlerinden dolayı kâra geçilebilmesi için yaklaşık 2,5 yıl beklenilmesi gerekiyor. 2,5 yıllık bekleme süresi, yapılacak iyileştirmenin tercih edilmemesine yol açabilir.
4. Ayak sacında yapılacak olan değişiklik ile birlikte her bir araç için 6,39 kg'lık hafifletme göz ardı edilmemesi gereken bir durumdur. Bu hafifletme ile birlikte az da olsa yakıt tasarrufuna da faydası olabilecektir.
5. Tüm bu hesaplamalar ve değerlendirmeler ile birlikte talep edilen değişikliklerin yapılan analiz ve fiziksel test sonuçlarının olumlu olmasından dolayı devreye alınmasında herhangi bir teknolojik ve ekonomik engelin bulunmadığı ortaya konulmuştur.

## KAYNAKLAR

**Anonim, 2011.** Emniyet Kemerleri ve Çocuk Koruma Sistemleri. Karar Organları ve Uygulayıcılar İçin Karayolu Güvenliği El Kitabı, Ankara, 186 s.

**Anonim, 2012.** Hyperworks 12.0 Software, Hyperworks Online Help.

**Anonim, 2015.** Seating Crash Regulation. Global Automotive Safety Regulations in Nutshell 2015, 21-24 January 2015, Nigdi Pradhikarn, India.

**Anonim, 2016.** AB İklim Mevzuatı. [https://www.avrupa.info.tr/sites/default/files/2016-08/brochure\\_3\\_v2.pdf](https://www.avrupa.info.tr/sites/default/files/2016-08/brochure_3_v2.pdf) - (Erişim Tarihi: 24.06.2019).

**Anonim, 2016.** Araçların İmal, Tadil ve Montajı Hakkında Yönetmelik. Resmi Gazete, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2016/10/20161026-3.htm> - (Erişim Tarihi: 24.06.2019).

**Anonim, 2017.** Monitoring CO2 emissions from new passenger cars and vans in 2016. European Environment Agency, <http://www.indiaenvironmentportal.org.in/files/file/Monitoring%20CO2%20emissions%20from%20new%20passenger%20cars%20and%20vans%20in%202016.pdf> - (Erişim Tarihi: 31.12.2018).

**Anonim, 2019a.** 3-Point Lap and Shoulder Seat Belts. <https://www.seatbeltsplus.com/category/3-Point-Lap-Shoulder-Seat-Belts.html> - (Erişim Tarihi: 24.06.2019).

**Anonim, 2019b,** 3-Point Retractable Lap & Shoulder Seat Belts. <https://www.seatbeltsplus.com/category/3-Point-Retractable-Seat-Belts.html> - (Erişim Tarihi: 24.06.2019).

**Anonim, 2019c.** 2-Point Lap and Shoulder Seat Belts. <https://www.seatbeltsplus.com/category/2-Point-Lap-Seatbelts.html> - (Erişim Tarihi: 24.06.2019).

**Anonim, 2019d.** 2-Point Retractable Lap Seat Belts. <https://www.seatbeltsplus.com/category/2-Point-Lap-Seatbelts.html> - (Erişim Tarihi: 24.06.2019).

**Anonim, 2019e.** 4-Point Race Harnesses. <https://www.seatbeltsplus.com/category/4-Point-Race-Harness.html> - (Erişim Tarihi: 24.06.2019).

**Arslan, A., Kaptanoğlu, M. 2010.** Bir Ticari Araç İçin ECE R14 Regülasyonuna Uygun Koltuk Bağlantılarının Geliştirilmesi. OTEKON 2010 – 5. Otomotiv Teknolojileri Kongresi, 07-08 Haziran 2010, Bursa.

**Akay, A. 2014.** Daha Hafif Daha Çevreci Arabalar Çağı. Açık Bilim, <http://www.acikbilim.com/2014/09/dosyalar/daha-hafif-daha-cevreci-arabalar-cagi-2.html> - (Erişim Tarihi: 24.06.2019).

**Akarçay, E. (2017).** Ticari Araç Menteşelerinin Alüminyum Alaşımları ile Hafifletilmesi ve Test Edilmesi. IMSEC 2017 - 2. Uluslararası Akdeniz Bilim ve Mühendislik Kongresi, 25-26 Ekim 2017, Adana.

**Başer, T. A. 2012.** Alüminyum Alaşımları ve Otomotiv Endüstrisinde Kullanımı. *Mühendis ve Makine*, 53: 51-58

**Çıbık, M., Efe, N. (2017).** Salıncak Kollarında Alternatif Tasarım Etkilerinin Sonlu Elemanlar Analizleri ile Kıyaslanması. IMSEC 2017 - 2. Uluslararası Akdeniz Bilim ve Mühendislik Kongresi, 25-26 Ekim 2017, Adana.

**Demir, C. 2004.** Makine Mühendisliğinde Sonlu Elemanlar Yöntemi. [http://www.yildiz.edu.tr/~cdemir/sonlu\\_elemanlar.pdf](http://www.yildiz.edu.tr/~cdemir/sonlu_elemanlar.pdf) - (Erişim Tarihi: 23.04.2019)

**Düvenci, F. 2017.** Araç Yolcu Koltuk Ayaklarında Farklı Malzemelerin Kullanmanın Sonlu Elemanlar Yöntemi ve Testler ile Mekanik Etkisinin Karşılaştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.

**ECE/TRANS/505/Rev.1/Add.13/Rev.5 Addendum 13: Regulation No. 14 2012.** Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to safety-belt anchorages, ISOFIX anchorage systems and ISOFIX top tether anchorages. United Nations Economic and Social Council.

**ECE/TRANS/505/Rev.1/Add.79/Rev.2 Addendum 79: Regulation No. 80 2012.** Uniform provisions concerning the approval of seats of large passenger vehicle and of these vehicles with regard to the strength of the seat and their anchorages. United Nations Economic and Social Council.

**ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.3 2014.** Consolidated Resolution on the Construction of Vehicles (R.E.3). United Nations Economic and Social Council.

**Güzelsoy, F. A. 2011.** Ticari Araçlarda Güvenlik Mevzuatı Gereği Koltuk Bağlantı Dayanımını Artırmaya Yönelik Bir Uygulama, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

**Hessenberger, K. 2003.** Strength Analysis of Seat Belt Anchorage According To ECE R14 and FMVSS. 4<sup>th</sup> European LS-DYNA Users Conference Crash/Automotive Applications II, 22-23 May 2003, Ulm, Germany.

**Korkmaz, K. 2015.** Otomotiv İçin Akıllı Koltuk Araştırmaları. *Yüksek Lisans Tezi*, Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Ürünleri Tasarımı Anabilim Dalı, İstanbul.

**Lutsey, N. 2010.** Review of technical literature and trends related to automobile

massreduction technology. Institute of Transportation Studies UCD-ITS-RR-10-10, University of California

**Öztürk, F., Şendeniz, G. 2014.** Yolcu Koltuklarında Topoloji Tasarım Yaklaşımları İle Optimizasyon. OTEKON 2014 – 7 Otomotiv Teknolojileri Kongresi, 26-27 Mayıs 2014, Bursa.

**Patil, P. M., Kumar, S. M. 2016.** Lightweight Options for Seat Structure in a Bus. Journal of Advanced Engineering Research, [https://dl.jaeronline.com/papers/vol03issue012016/13\\_JAER\\_V3N1.pdf](https://dl.jaeronline.com/papers/vol03issue012016/13_JAER_V3N1.pdf) - (Erişim Tarihi: 24.06.2019).

**Sarısaç, S. 2016.** Araç Koltuğu Destek Sac Parçalarının Topografya Optimizasyonu ile Tasarımı ve Analizi. *Yüksek Lisans Tezi*, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.

**Thiyagarajan, P.B. 2008.** Non-Linear Finite Element Analysis and Optimization for Light Weight Design of an Automotive Seat Backrest. *Msc Thesis*, Clemson University, Mechanical Engineering, Clemson, United States

**Tietge, U. 2018.** CO<sub>2</sub> emissions from new passenger cars in the EU: Car manufacturers' performance in 2017. The International Council on Clean Transportation (ICCT)., [https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/EU\\_manufacturers\\_performance\\_CO2\\_20180712.pdf](https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/EU_manufacturers_performance_CO2_20180712.pdf) - (Erişim Tarihi: 31.12.2018).

**Toparlı, M. B., Kılınçdemir, N. E., Yurtdaş, S., Tanrıkulu, B., İnce, U. 2018.** Otomotiv Sanayinde Kullanılan Bağlantı Elemanlarında Ağırlık Azaltma. OTEKON 2018 – 9. Otomotiv Teknolojileri Kongresi, 07-08 Mayıs 2018, Bursa.

**Yüce, C. 2013.** Yeni Nesil Ticari Araçlar İçin Hafifletilmiş Yolcu Koltuğu Tasarımı ve Prototip İmalatı. *Yüksek Lisans Tezi*, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.

**Yüce, C., Karpat, F., Yavuz, N., Şendeniz, G. 2014.** A Case Study: Designing for Sustainability and Reliability in an Automotive Seat Structure. *Sustainability 2014*, 6: 4608-4631

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mücahit Göleç  
Doğum Yeri ve Tarihi : Bursa, 1989  
Yabancı Dil : İngilizce

### Eğitim Durumu

Lise : Çınar Lisesi, 2007  
Lisans : Balıkesir Üniversitesi, Makine Mühendisliği, 2011  
Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens, Mak. Müh. ABD

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : Martur Fompak International, 2015 – Halen  
Ermetal Group, 2013 – 2015

İletişim (e-posta) : [mucahitgolec@gmail.com](mailto:mucahitgolec@gmail.com)