



**YENİ NESİL STATİK MAKAS SİSTEMİNE SAHİP
ENTEĞRE 3 NOKTA EMNİYET KEMER
UYGULAMALI MUAVİN KOLTUĞU TASARIMI VE
GELİŞTİRMESİ**

Veli ÖZTÜRK



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YENİ NESİL STATİK MAKAS SİSTEMİNE SAHİP ENTEGRE 3 NOKTA
EMNİYET KEMER UYGULAMALI MUAVİN KOLTUĞU TASARIMI VE
GELİŞTİRMESİ**

Veli ÖZTÜRK

Doç. Dr. Ali DURMUŞ
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
BURSA-2017

Her Hakkı Saklıdır.

TEZ ONAYI

Veli ÖZTÜRK tarafından hazırlanan “YENİ NESİL STATİK MAKAS SİSTEMİNE SAHİP ENTEGRE 3 NOKTA EMNİYET KEMER UYGULAMALI MUAVİN KOLTUĞU TASARIMI VE GELİŞTİRMESİ” 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: Doç. Dr. Ali DURMUŞ

Başkan: Doç. Dr. Ali DURMUŞ
U. Ü. Mühendislik Fakültesi,
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye : Doç. Dr. Kadir ÇAVDAR
U. Ü. Mühendislik Fakültesi,
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye : Yrd. Doç. Dr. Hüseyin LEKESİZ
B.T.Ü Doğa Bilimleri, Mimarlık ve
Mühendislik Fakültesi,
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

İmza

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım.



Prof. Dr. Ali BAYRAM

Enstitü Müdürü

07.08.2017 (Tarih)

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

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

31/07/2017

Veli ÖZTÜRK

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YENİ NESİL STATİK MAKAS SİSTEMİNE SAHİP ENTEĞRE 3 NOKTA EMNİYET KEMER UYGULAMALI MUAVİN KOLTUĞU TASARIMI VE GELİŞTİRMESİ

Veli ÖZTÜRK

Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ali DURMUŞ

Araçların yakıt tüketimini ve buna bağlı olarak emisyon oranlarını azaltmada en etkili çözümlerden biri taşıt ağırlığındaki hafifletmedir. Araç koltuğunun ağırlığının azaltılması da aracın tüm parçaları gibi önemli bir faktördür. Ürün tasarım aşamasında uygun malzemeler ve yenilikçi tasarımlar ile koltuk ağırlığı düşürmek mümkündür. Bu aşamada, koltuk yatırım maliyetlerini azaltmaya yönelik tasarım çalışmaları yapılmalıdır. Tasarım aşamasında koltuk tasarım kriterleri metodik teknikler kullanılarak yapılmalı, üretilen birliktir değerlendirilmelidir. Bu çalışmada, ağır ticari araçlar için kullanılacak yeni bir statik makas sistemine sahip muavin koltuğu tasarım ve geliştirme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Mevcutta 3 nokta kemer uygulaması bulunmayan muavin koltuğuna 3 nokta kemer adaptasyonu da yapılarak koltuk daha ağır test şartlarına tabi tutulmuştur. 3 nokta emniyet kemeri adapte ettiğimiz yeni muavin koltuğunda emniyet kemer güvenlik bölgeleri ECE 14 yönetmeliğine göre incelenmiştir. Emniyet kemer üst etkin ve alt etkin noktaları bu güvenlik bölgesine göre belirlenerek koltuk tasarımı geliştirilmiştir. Tasarım geliştirme aşamasında, koltuk parçaları farklı malzeme ve kalınlıklarda seçilip, analiz sonuçları değerlendirilerek optimize edilmiştir. Bilgisayar destekli sonlu elemanlar analizleri ile koltuk tasarımı tamamlanmıştır. Muavin koltuklarından güvenlik testlerinde yeterli dayanım değeri ve yönetmeliklerde belirtilen aralık deplasman değerleri hedeflenmektedir. Bu testler ECE yönetmeliklerinde belirtilmiştir. Yeni muavin koltuğu tasarım doğrulama aşamalarında sonlu elemanlar analizleri ile prototip çalışmaları sonrası yapılan gerçek test sonuçları karşılaştırılmıştır. Gerçek test sonuçları ile tasarım aşamasında yapılan analiz sonuçları % 90-95 oranında uyumludur. Tasarım aşamasında 3 aşamalı olarak yapılan sonlu elemanlar analizleri ile tespit edilen yerel deformasyon bölgeleri gerçek testlerde de aynı bölgelerde görülmüş ve gerekli iyileştirmeler yapılmıştır. Yeni tasarım ile muavin koltuğunda dayanımdan ödün vermeden %15-20 oranında ağırlık düşüşü sağlanmıştır. Muavin koltuğunda yükseklik ayarı fonksiyonu sağlayan statik makas sistemi ve 3 nokta kemer adaptasyonu ilk defa uygulanmıştır. Koltuk ECE R14 güvenlik testini başarıyla geçmiştir.

Anahtar Kelimeler: Muavin koltuğu, tasarım, makas sistemi, emniyet kemeri, dayanım testi, emniyet kemer bağlantı bölgesi, sonlu elemanlar analizi

2017, viii + 52 sayfa

ABSTRACT

MSc Thesis

THE CO-DRIVER SEAT WITH INTEGRATED 3 POINT SEAT BELT AND STATIC SCISSOR MECHANISM OF A NEW GENERATION APPLIED DESIGN AND DEVELOPMENT

Veli ÖZTÜRK

Uludağ University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ali DURMUŞ

The most effective solution tools of reducing fuel consumption and emissions mitigation are related to the vehicle weight ratio. Like all parts of the vehicle, reducing the weight of the vehicle seat is an important factor. In the design phase, reducing the seat weight is possible by selecting appropriate materials and innovative designs. At the same time, it should focus on reducing investment costs in seat design. Seat design criteria are determined by methodical techniques, and manufacturability should be examined. In this study, the design and development studies of co-driver seat with new scissors system used in heavy commercial vehicles were realized. The 3-point belt adaptation was applied to the co-driver seat which does not have 3 point belt application in the present, and the seat was subjected to more difficult test conditions. The new co-driver seat which we have integrated the 3-point seat belt system has been examined according to ECE R14 regulation of the safety belt anchorage zone. In seat design, the seat belt upper and lower effective points are defined to be within this safety zone. During the design stage, different materials and thicknesses were selected and optimized by evaluating the analysis results. The result of this new design was developed by simulations and finite element analysis. Sufficient strength values and suitable backrest displacement values were aimed at safety tests in the co-driver seats. These tests are stated in ECE regulations. For the validation of the new co-driver seat design, the results of full-scale tests following prototype studies were compared with those of final analysis. The full-scale test results were compatible with the analysis results with a ratio of 90-95%. In the design phase, the local deformation zones determined by the finite element analysis were observed in the same regions compared to the actual tests and necessary improvements were made in these regions. The new seat frame without compromising on strength, an overall 15-20% weight reduction was achieved. A static scissor system and 3-point belt adaptation were applied to provide height adjustment function in the co-driver seat for the first time and the new design meets ECE R14 safety norms.

Keywords: Co-driver seat, design, scissor mechanism, seat belt system, strength test, safety belt anchorages zone, finite element analysis

2017, viii + 52 pages

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasını hazırlamamda; bana destek ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Ali DURMUŞ'a, teşekkür ederim.

Araştırma, tasarım ve doğrulama süreçlerinde test imkânlarından dolayı Grammer Koltuk A.Ş.'e teşekkür ederim. Görüş ve önerileriyle her zaman yönlendirmelerde bulunan çalışma arkadaşım ve şefim Serhat DİYAROĞLU'na, analizler ve mekanizma doğrulama testleri konusunda yardımını esirgemeyen çalışma arkadaşım Gökhan ŞENDENİZ'e ayrıca teşekkür ederim.

Ayrıca; her zaman oldukları gibi bu süreçte de yanımda olan sevgili eşim Nazmiye ÖZTÜRK'e teşekkür ederim.

Veli ÖZTÜRK

31/07/2017

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	10
3.1. Materyal	10
3.2. Koltuk Mekanizması	10
3.3. Koltuk Tasarım Kriterleri.....	14
3.4. Koltuk Tasarım Çalışmaları	15
3.4.1. Koltuk Emniyet Kemer Bölgesinin ECE R14 Yönetmeliğine Göre Kontrolü	16
3.4.2. Koltuk Analiz Çalışmaları.....	22
3.4.3 Koltuk Tasarım Doğrulama Çalışmaları	25
3.4.3.1. Tahrikli Esneme Ömür Testi.....	26
3.4.3.2 Serbest Esneme Ömür Testi	26
3.4.3.3. Koltuk Düşme Testi	27
3.4.3.4. Arkalık Dayanım Testi.....	28
3.4.3.5 Çuval Düşme Testi.....	28
3.4.3.6. İnme binme testi.....	29
3.4.3.7. Çekme testi (ECE R14 – 76/115 EWG).....	30
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	33
4.1. Analiz Sonuçları.....	33
4.2. Mekanik Çekme Testi Sonuçları.....	38
5. SONUÇLAR	49
KAYNAKLAR	50
ÖZGEÇMİŞ	52

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Açıklama

α_1	L_1 noktasından geçen yatay düzlem açısı
α_2	L_2 noktasından geçen yatay düzlem açısı
L_1	Koltuk sol tarafındaki alt efektif nokta
L_2	Koltuk sağ tarafındaki alt efektif nokta
R_m	Çekme dayanımı
R_{eH}	Akma dayanımı
ρ	Yoğunluk
E	Elastisite modülü
ν	Poisson oranı

Kısaltmalar

Açıklama

ECER	Avrupa Ekonomik Komisyonu Yönetmeliği
CAD	Bilgisayar Destekli Tasarım
DFMEA	Tasarım Hata Türleri ve Etkileri

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. N1 sınıf araç görüntüsü (Anonim 2017)	4
Şekil 2.2. N2 sınıf araç görüntüsü (Anonim 2017)	5
Şekil 2.3. N3 sınıf araç görüntüsü (Anonim 2017)	5
Şekil 3.1. N2-N3 sınıf araçlar için sürücü koltuğu görüntüsü.....	12
Şekil 3.2. N2-N3 sınıfı statik süspansiyonlu araç sürücü koltuğu	13
Şekil 3.3. N2-N3 sınıf araçlar için muavin koltuğu katı model görüntüsü	13
Şekil 3.4. Koltuk tasarım geliştirme basamakları	14
Şekil 3.5. Yeni tasarım muavin koltuğu oturak iskeleti görünüşü	16
Şekil 3.6. Koltuğun araç kabinindeki konumu (ECE R14 UNECE 2006).....	17
Şekil 3.7. Koltuğun araç kabinindeki konumu (ECE R14 UNECE 2006).....	18
Şekil 3.8. Muavin koltuğu emniyet kemer etkin noktaları.....	19
Şekil 3.9. Muavin koltuğu emniyet kemer etkin noktaları.....	20
Şekil 3.10. Muavin koltuğu emniyet kemer etkin noktaları L ₁ ve L ₂ noktaları görüntüsü	21
Şekil 3.11. Muavin koltuğu üst ve alt etkin nokta sınır bölgesi	22
Şekil 3.12. Yeni muavin koltuğunun Hyper Works programındaki mesh modeli.....	23
Şekil 3.13. 3 nokta emniyet kemerli koltuk çekme testi analiz görüntüsü.....	24
Şekil 3.14. Tahrikli esneme ömür testi görünüşü	26
Şekil 3.15. Esneme ömür testi (serbest) görünüşü	27
Şekil 3.16. Koltuk düşme testi görünüşü	27
Şekil 3.17. Arkalık dayanım testi görünüşü	28
Şekil 3.18. Çuval düşme testi görünüşü	29
Şekil 3.19. İnme binme testi.....	30
Şekil 3.20. Çekme testi cihaz görüntüsü	31
Şekil 3.21. Alt ve üst çekme blokları	31
Şekil 3.22. Çekme testi cihazı piston açısı	32
Şekil 4.1. İlk analiz plastik deformasyon değerleri.....	34
Şekil 4.2. İlk analiz von-Mises gerilme değerleri	34
Şekil 4.4. İkinci analiz plastik deformasyon değerleri	36
Şekil 4.5. İkinci analiz von-Mises gerilme dağılımı	36
Şekil 4.6. İkinci analiz koltuk arkalık iskeleti deplasman değeri.....	37
Şekil 4.7. Üçüncü analiz plastik deformasyon değerleri.....	37
Şekil 4.8. Üçüncü analiz koltuk arkalık iskeleti deplasman değeri.....	38
Şekil 4.9. Mekanik test öncesi ön çekme yükleri altındaki prototip muavin koltuğu görüntüsü.....	39
Şekil 4.10. Mekanik test öncesi prototip muavin koltuğu görüntüsü.....	40
Şekil 4.11. Mekanik test öncesi prototip muavin koltuğu görüntüsü.....	41
Şekil 4.12. Test esnasındaki çekme kuvvetleri etkisindeki prototip koltuk görüntüsü...	41
Şekil 4.13. Gerçek Çekme Testindeki Kuvvete-Zaman Eğrisi	42
Şekil 4.14. Test sonrasındaki koltuk arkalık iskeleti üst emniyet kemer bölgesi	43
Şekil 4.15. Mekanik test sonrasındaki koltuk oturak grubu boru profil bölgesi	44
Şekil 4.16. Mekanik test sonrasındaki koltuk ikincil kemer bölgesi.....	44
Şekil 4.17. Mekanik test sonrasındaki koltuk ikincil kemer bölgesi.....	45
Şekil 4.18. Mekanik test sonrasındaki koltuk oturak boru profil bölgesi	45
Şekil 4.19. Mekanik test sonrasındaki koltuk üst makas sabitleme sacı.....	46
Şekil 4.20. Mekanik test sonrasındaki koltuk statik makas görüntüsü	46

Şekil 4.21. Mekanik test sonrasındaki koltuk alt makas ve gaz piston bağlantı bölgesi.	47
Şekil 4.22. Mekanik test sonrasındaki koltuk üst makas bölgesi.....	48



ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. S235JR ve S420MC profil malzemesinin mekanik özellikleri.....	10
Çizelge 3.2. S235JR ve S420MC profil malzemesinin kimyasal kompozisyonları (% ağırlık).....	10
Çizelge 3.3. Muavin koltuğu emniyet kemer etkin nokta koordinatları	19
Çizelge 3.4. ECE-R14 üst ve alt blok çekme kuvveti değerleri (ECE R14 UNECE 2006)	24
Çizelge 3.5. ECE R14 Çekme test cihazı fonksiyonel çalışma değerleri.....	32



1. GİRİŞ

Günümüzde ülkelerin hızla artan nüfusları ve ekonomik faaliyetlerinin büyümesi, birçok sektörde olduğu gibi otomotiv sektörünün de gelişimini arttırmaktadır. Bu sektördeki artan taşıt ihtiyaçları ile birlikte taşıtlarda kullanılan yakıt kullanımı sonucu ortaya çıkan sera gazı emisyonları çevreyi olumsuz yönde etkilemektedir. Bu olumsuz etkinin en aza indirilmesi içinde taşıt üreticileri birçok çalışmalar yapmaktadır. Bu çalışmalardan en önemlilerinden biride araç ağırlığının azaltılmasıdır. İnsan hayatının büyük önem taşıdığı günümüzde de araçların gün geçtikçe zorlaştırılan uluslararası güvenlik şartlarını da sağlaması beklenmektedir.

Aracın yeterince güvenli olmasının yanı sıra, aynı zamanda tasarım, test, analiz ve verimli üretim gibi yöntemlerinin kullanılması da büyük önem taşımaktadır. Otomotiv sektöründeki katma değeri arttırmak için yenilikçi yönü yüksek uluslararası standartlarda kaliteli ürünler üretmek gerekmektedir. Bu durum yeni ürünlerin geliştirilmesi ve Ar-Ge faaliyetlerini ön plana çıkarmaktadır.

Koltuk endüstrisi düşünüldüğünde, araç üreticilerinin beklediği en önemli hedeflerden biri de koltuk ağırlık oranının da azaltılmaya gidilmesidir. Araç ağırlık azaltmada koltuğun tasarımı da önemlidir. Koltuk tasarımı sırasında koltuk yapısını karmaşıklıkta uzaklaştırılarak daha sade ve hafif yapılar elde edilmelidir. Böylece üretilen birli ve parça maliyeti açısından da büyük kazanımlar elde edilir. Koltuğun hafif olması temel hedef olsa da, bunu elde etmek için en ucuz ve en kolay üretim yöntemleri seçilmelidir.

Bu tez kapsamında, yük taşımak amacıyla imal edilmiş kütlesi 3,5 tonu aşan N2-N3 sınıfı ağır ticari araçlar için kullanılacak yeni bir statik makas sistemine sahip muavin koltuğu tasarım ve geliştirme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Muavin koltuğu tasarımı ve geliştirilmesi sonrasında prototip imalat çalışmaları yapılarak, gerçek testler ile karşılaştırılması sağlanmıştır. Mevcutta 3 nokta kemer uygulaması bulunmayan muavin koltuğuna 3 nokta kemer adaptasyonu da yapılarak koltuk daha ağır test şartlarına tabi tutulmuştur. 3 nokta emniyet kemeri adapte edilen yeni muavin koltuğunda emniyet kemer güvenlik bölgeleri ECE 14 yönetmeliğine göre incelenmiştir. Emniyet kemer üst

etkin ve alt etkin noktaları bu güvenlik bölgesine göre belirlenerek koltuk tasarımı geliştirilmiştir. Tasarım geliştirme aşamasında, koltuk parçaları farklı malzeme ve kalınlıklarda seçilip, analiz sonuçları değerlendirilerek optimize edilmiştir.

Koltuk iskelet alt grubunda dayanımı yüksek malzeme ile imal edilmiş güçlendirilmiş profiller kullanılarak seri şartlarda üretilen muavin koltuğuna göre yapısal olarak sade ve sağlam yapı elde edilmiştir. Bu iskelet yapısı işçilik, yatırım maliyetlerini ve toplam koltuk ağırlığını azaltacak yönde olmuştur. Yeni tasarım aşamasında analiz ve test sonuçları değerlendirilip tasarımın geliştirilmesi sağlanmıştır. Yeni tasarlanan muavin koltuğu, endüstrinin beklentilerini karşılar niteliktedir. Gerçek test sonuçları ile tasarım aşamasında yapılan analiz sonuçları % 80-95 oranında uyumludur. Tasarım aşamasında 3 aşamalı olarak yapılan sonlu elemanlar analizleri ile tespit edilen yerel deformasyon bölgeleri gerçek testlerde de aynı bölgelerde görülmüş ve gerekli iyileştirmeler yapılmıştır. Yeni tasarım ile muavin koltuğunda dayanımdan ödün vermeden %15-20 oranında ağırlık düşüşü sağlanmıştır. Muavin koltuğunda yükseklik ayarı fonksiyonu sağlayan statik makas sistemi ve 3 nokta kemer adaptasyonu ilk defa uygulanmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Altay (2010) otomotiv kümeleri için kapasite oluşturma projesi kapsamında yaptığı araştırmada, otomotiv sanayinde taşıtlarda yaratılan katma değer önemli bir kısmı marka sahiplerinden tedarikçilere kaydığını belirtmiştir. Gelecekte aracın değerinin %75'ten fazlası otomobil tedarik zinciri tarafından yaratılacaktır. Dolayısı ile tüm aracın tasarımı ve geliştirme süreci dünyanın farklı ülkelerindeki tedarikçilerin operasyonları arasındaki ortak bir etkinlik olarak gerçekleştirilecektir. Bu nedenle tedarikçilere teknolojiye yetkinlik kazandırılması, verimlilik ve maliyetlerin azaltılması konusu ile birlikte ele alınması gerektiğini vurgulamıştır.

Birçok araştırmacı, araçların yakıt tüketimini azaltmaya yönelik teknoloji etkisini incelemiştir. Bu doğrultuda, güç aktarma organlarının geliştirilmesi, araç ağırlığı azaltılması, aerodinamik tasarımlar ve küçük hacimli motorların kullanımı gibi teknolojik gelişmeler daha da önem kazanmıştır. Bu teknolojilerin her biri, aracın enerji etkinliğini ve yakıt tüketimini farklı oranlarda etkilemektedir (King 2007).

Araç ağırlığının azaltılması, yakıt tasarrufu ve CO₂ emisyonu seviyesinde iyileşme sağlar. Ayrıca aracın hızlanma performansını da olumlu etkilemektedir (Bjelkengren 2008).

Gelecek yıllarda uygun malzemelerin kullanılması araçların kütle azaltılması için daha aktif bir rol oynayacaktır. Malzeme, parça prosesleri ve imalat stratejilerinin kombinasyonu, otomotiv üreticileri için araç sektörünün pazar konumunu belirleyecektir (Lotus Engineering 2010). Uygun malzemelerin kullanılmasıyla, araç ağırlık oranı mukavemetten ödün vermeden düşürülebilir ve aynı zamanda maliyetler de büyük oranda azaltılabilmektedir (Ghassemieh 2011).

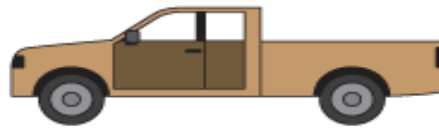
Farag (2008) çalışmasında tasarım aşamasında uygun malzeme seçimi konusunda sistematik yaklaşımlardan bahsetmektedir. Mühendislik çalışmaları sırasında ürünün tasarım ve üretim süreçlerinde yeni ürün için uygun malzeme ve proses değerlendirilmesine rağmen, malzemedeki sürekli yenilik ve gelişmeler hangi malzemenin o ürün için avantajlar sağladığı ya da sınırlamalar getirdiği bütünüyle

incelenmelidir. Tasarımın erken safhalarında malzemedeki beklenen fiyat performans etkisi de ayrıca değerlendirilmelidir.

Mayyas ve ark. (2012) çalışmasında araçların yaşam döngüsü içinde ömrünü analiz eden birçok çalışmanın çevreye olan etkilerini sürdürülebilirlik modelleri aracılığıyla araştırmalar yapmıştır. Bu araştırmada çevre, ekonomik ve toplumsal değerler açısından yaşam döngüsü değerlendirme yaklaşımı, yaşam sonu perspektifi, hafif tasarımlar ve uygun malzeme seçimi gibi sürdürülebilirlik çalışmaları yapılması gerektiği belirtilmiştir. Bu bağlamda, yenilikçi çalışmalar sürdürülebilirlik için önemli bir rol oynamaktadır.

Araç sınıflarını tanımlamak adına (United Nations 2016) belirli kategoriler oluşturulmuştur. Ağır ticari araç sınıfını incelenir ise; bunlar N ve M sınıfı olarak isimlendirilir. M sınıfı yolcu taşımak amacıyla tasarlanmış ve imal edilmiş, en az 4 tekerlekli araçları kapsamaktadır. N sınıfı ise yük taşımak amacıyla tasarlanmış ve imal edilmiş, en az 4 tekerlekten oluşan araçları kapsamaktadır. N sınıfı araçların kategorilerini incelenirse;

N1 Kategorisi: Yük taşıma amacıyla imal edilmiş, azami kütlesi 3,5 ton'u aşmayan motorlu araçlardır (United Nations 2016).



Şekil 2.1. N1 sınıf araç görüntüsü (Anonim 2017)

N2 Kategorisi: Yük taşıma amacıyla imal edilmiş, azami kütlesi 3,5 ton'u aşan, 12 ton'u aşmayan motorlu araçlardır (United Nations 2016).



Şekil 2.2. N2 sınıf araç görüntüsü (Anonim 2017)

N3 Kategorisi: Yük taşıma amacıyla imal edilmiş, azami kütlesi 12 ton'u aşan motorlu araçlardır (United Nations 2016).



Şekil 2.3. N3 sınıf araç görüntüsü (Anonim 2017)

Tez kapsamında tasarımı ve geliştirilmesi yapılan yeni muavin koltuğu N2-N3 sınıfı ağır ticari araçlarda kullanılandır.

Ağır ticari araç üreticileri, araç ağırlık oranını düşürme eğilimi ile araçlarında ağırlık azaltma çalışmalarını hızla artırmaktadır. Takip eden yıllarda bu üreticilerin 2020'de % 5, 2030'da % 18 ve 2050'de % 27,4 oranında ağırlık azaltma hedeflerini arttırması beklenmektedir (US Department of Energy Vehicle Technologies Office 2013).

Tan ve ark (2008) ağır ticari araçların ergonomik, maliyet ve ağırlık etkilerini araştırmıştır. Bu çalışma, araç ağırlığını azaltmak için hafif koltuklara sahip olmanın gerekli olduğunu göstermiştir.

Kale ve Dhamejani (2015), Pachling ve Prof. Chaitanya (2013) otomobiller için sürücü koltuğu tasarım parametrelerini araştırmışlardır. Ergonomi, termal, ağırlık ve güvenlik gibi özellikler koltuk tasarımını etkilemektedir.

Mandal (2015), otomobillerde kullanılan yolcu ve sürücü koltuk tasarımını etkileyen parametreleri antropometrik, ergonomik, güvenlik açısından incelemiştir. Koltuk tasarımı yapılırken araç kabin yapısına ve yolcu kapasitesine, kullanıcıya uygunluk, seyahat konforu ve yolcu güvenliği konuları bütünüyle ele alınmalıdır.

More ve Bindu (2015) araçlarda kullanılan yolcu koltukları için konfor analizleri yapmıştır. Koltuk tasarımını etkileyen parametrelerden koltuk sırtlık açısı ayarı, sünger sertlik, koltuk genişlik ve yükseklik etkilerini inceleyerek bilgisayar destekli simülasyonlar ile gerçek deney sonuçlarını karşılaştırmıştır.

Yang ve ark. (2014) son kullanıcıyı benzetim eden % 5 ve % 95 insan modeli ile fiziksel ölçümler yaparak koltuk üzerindeki antropometrik etkisini incelemiştir. Koltuk tasarımı aşamasında bu tür insan modeli boyutsal ölçüleri değerlendirilmeli ve koltuk boyutsal ölçüleri son kullanıcının konforu yönünde geliştirilmelidir.

Basri ve Griffin (2014) çalışmalarında koltuktaki arkalık grubunun kullanıcıya olan etkilerini deneysel olarak incelemişlerdir. Araç hareketini simüle eden deneysel düzenekler ile koltuk kullanıcısı için arkalık pozisyonunun ve yapısının hangi açıda daha uygun olduğunu araştırmışlardır. Çalışmalarındaki koltuk kullanıcılarının konforları koltuk arkalık grubunun farklı açısı pozisyonlarında araçtan gelen titreşimlere bağlı olarak artan ve azalan yönde olmuştur. Tasarım aşamasında koltuk tasarım pozisyonu ergonomik etkiler göz önünde bulundurularak iyi belirlenmelidir.

Du ve ark. (2013) araç kabininde % 50 model kullanarak koltuk oturak grubuna etki eden basınç dağılımı etkilerini incelemiştir. Bu aşamada basınç dağılımı, gerilme ve kesme kuvvetleri sonlu elemanlar metodu ile birebir simüle edilmiştir. Tasarım aşamasında bu tür etkiler incelenerek koltuk tasarımı optimizasyon çalışmalarıyla geliştirilebilir.

Koltuk tasarımını etkileyen önemli faktörlerden biri de aracın kabin yerleşimidir. Araç kabin düzeni, araç tasarımı sırasında üreticiler tarafından belirlenen bazı geometrik

ölçüler, koltuk tasarım parametrelerini etkilemektedir. Bu konu, koltuk tasarım aşamasında düşünülmelidir (Parkinson ve ark. 2007).

Reed ve ark. (2000), Fatollahzadeh (2006) çalışmalarında kamyon ve otobüs kabin yerleşimlerinin sürücü duruşu ve pozisyonu üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Bu çalışmalar koltuk tasarım aşamasında ağır ticari araçların kabin ölçülerini, koltuk geometrisini ve koltuktan beklenen özellikleri direk olarak etkilemektedir.

Koltuklardan yenilikçi ve hafif tasarımların dışında güvenlik kıstaslarını da sağlamaları beklenmektedir. Sürücü ve yolcu koltukları, kaza anında koltuk üzerine etki eden kuvvetleri simüle eden güvenlik testlerinden geçmelidir. Bu koltuklar, Birleşmiş Milletler'in motorlu taşıt yönergelerinde bulunan güvenlik kıstaslarına göre değerlendirilmektedir. Bu güvenlik kıstasları ECE yönetmeliklerinde belirlenmiştir (ECE R14 UNECE 2006).

Cho ve ark. (2015) çalışmasında koltuklardaki emniyet kemer mekanizmasının çekme kuvveti etkilerini araştırmıştır. Bu çalışma, son kullanıcıların ve koltuk üreticilerinin ergonomik beklentilerine dayanmaktadır.

Mooren ve Ann (2013) hazırladıkları raporda ulaşım ve yolcu güvenliği açısından ağır ticari araç sürücülerinin emniyet kemeri kullanımıyla ilgili mevcut tutum ve uygulamaları kapsamlı bir şekilde anlamak adına literatür taraması yapmıştır. Bu araştırmanın amacı ağır ticari araç sürücülerinin emniyet kemer kullanımını arttırmaya yönelik stratejiler belirlemektir. Bu aşamada koltuk tasarımı ve emniyet kemer uygulamaları üzerine incelemeler yapıp koltuk tasarımını, yolcu konfor ve güvenliğini etkileyen parametreler incelenmiştir.

Hsiao ve ark. (2015) itfaiye çalışanlarının kullandığı yangın aparatları ve koltuk güvenlik ekipmanlarını antropometrik açıdan incelemiştir. Bu çalışmada, itfaiyecilerin insan hayatını kurtarmak için kullandığı giysi ve ekipmanların artmasıyla araçta kullanılan koltukların uygun sırt yüksekliği ve genişliğinde, uygun koltuk kafalık yüksekliğinde ve araç kabinindeki uygun diz mesafesi ve kalça boşluğu gibi

antropometrik parametreler belirlenmişlerdir. Koltuk tasarımı bu tür çalışmalar yapılarak ergonomik ve güvenlik beklentileri karşılanmalıdır.

Yüce ve ark (2013), Prashant ve Kumar (2016) M3 sınıf yolcu otobüsleri için ikili koltuk hafifletme üzerine çalışmalar yapmıştır. Tasarım ve doğrulama aşamasında sonlu elemanlar analizi ile farklı malzemeler ve tasarım yöntemleri kullanmışlardır. Prototip çalışmalarından sonra ECE yönetmelikleri tarafından belirlenen güvenlik testlerine tabi tutmuşlardır. Bu çalışmalar sonucunda, koltuk güvenliği testlerinin sağlanmasının yanında koltuklarda belirli oranlarda hafiflik sağlanmıştır.

Thiyagarajan (2008) çalışmasında koltuk arkalık iskeleti için doğrusal olmayan sonlu elemanlar analizi yapmıştır. Koltuk arkalık iskeletin bazı bölgelerinde plastik deformasyonların sınır değerlerin üzerinde olduğu görülmüştür. Gerekli geliştirmeler yapılarak, üretim, düşük maliyet, kullanılacak malzemeye kolay erişilebilirlik ve yeterli mukavemet açısından en uygun malzemenin ne olması gerektiği konularında çalışmalar yapılmıştır.

Hessenberger (2003) ağır ticari araç koltukları için LS-Dyna ve Abaqus programlarını kullanarak sonlu elemanlar analizleri yapmıştır. Sonlu elemanlar testlerinde ECE-14 çekme testi simüle edilmiştir. Elde edilen iki simülasyon test sonuçları karşılaştırılmıştır. İki analiz sonuçlarına göre emniyet kemer bölgelerindeki analiz sonuçları gerçek testlerde elde edilen değerler ile uyumludur.

Kolich (2014) çalışmasında tasarım hataların en aza indirilmesi için koltuk DFMEA (Tasarım Hata Türleri ve Analizi) çalışmalarından bahsetmiştir. Araç üreticilerinin koltuktan konfor ve opsiyonel çeşitlilik beklentileri gün geçtikçe artmaktadır. Bu beklentilerin yanında araç üreticilerinin rekabet koşulları gereği koltuk tedarik ettiği koltuk üreticilerinden ayrıca koltuk maliyetlerinde ve tedarik süresinde düşüş beklentileri vardır. Koltuk üreticileri de bu beklentileri karşılamak için koltuk projelerini düşürmeye çalışmaktadır. Kısa sürelerde yapılan koltuk tasarım çalışmaları birçok riski mevcuttur. Tasarım aşamasında projeyi istenilen zamanda yetiştirmek adına yapılan yoğun çalışmalar esnasında gözden kaçırılan detaylar tasarım doğrulama ve

prototip imalat aşamasında kötü sonuçlar doğurabilir. Bu çalışmada zorlu koşullarda yapılan tasarım sonrası oluşabilecek riskleri en aza indirmek için koltuk tasarım hata türleri ve analizi metodu çalışmaları yapılarak sistematik geliştirilmiştir. Tasarım sonrasında oluşabilecek riskler tasarım öncesinde firmaların tasarım geliştirme projesinde yer alacak Ar-ge, Proje, Üretim, Kalite bölümlerinin katılımı ile ekip halinde değerlendirilmelidir.

Yukarıda tasarım kriterlerinin detaylı bir şekilde incelenmesi ve uygun malzeme seçimiyle araç ve koltuk ağırlığının düşürebileceği üzere yapılan çalışmalardan bahsedilmiştir. İnsan modelinin antropometrik boyutları araç ve koltuk tasarımını doğrudan etkilediği çalışmalar incelenmiştir. Bu konfor beklentilerinin yanında düşük maliyetli projelerin kısa zamanda tamamlanması sonucunda doğabilecek riskler anlatılmıştır. Yapılan tasarımın doğrulama çalışmalarıyla tasarım optimizasyonu ile maliyetin düşürülebildiği, koltuk güvenlik testlerinden başarıyla geçebildiği üzerine yapılan çalışmalara değinilmiştir.

Bu tez kapsamında yeni muavin koltuğu tasarım aşamasında uygun malzeme seçimi ile koltuk ağırlığında hafifletme çalışmaları yapılmıştır. Araç üreticilerinin konfor muavin koltuklarındaki konfor beklentileri doğrultusunda statik makas sistemi geliştirilerek aynı zamanda 3 nokta emniyet kemer adaptasyonu yapılmıştır. 3 nokta emniyet kemer adaptasyonu % 50 insan modeli antropometrik ölçüleri ile emniyet kemer etkin bölgesi incelenerek belirlenmiştir. Yapılan tasarım aşamalı olarak analiz çalışmaları yapıp koltuk parçalarındaki deformasyon bölgeleri incelenmiştir. Gerçek testler ile karşılaştırılmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada, yeni tasarlanan muavin koltuğu oturak iskeletinde kullanılan boru ve sac profil yapıları için 1,5-2,5 mm et kalınlığı aralığında, S235JR ve S420MC malzemeleri seçilmiştir. S235JR ve S420MC malzemelerinin mekanik özellikleri ve kimyasal bileşimi sırasıyla Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Bu profil yapıların farklı et kalınlıklarda seçilerek analiz sonuçlarına etkisi ile tasarım geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu süreçte analiz sonuçları değerlendirilip gerçek testlere uygunluğu incelenmiştir.

Çizelge 3.1. S235JR ve S420MC profil malzemesinin mekanik özellikleri

Malzeme Özellikleri	S235 JR (1.0038) DIN EN 10025-2	S420MC (1.0980) DIN EN 10149-2
ρ (kg/m ³)	7850	7850
E (GPa)	210	210
ν	0,3	0,3
R _{eH} , (MPa)	235	420
R _m , (MPa)	360-510	480-620

Çizelge 3.2. S235JR ve S420MC profil malzemesinin kimyasal kompozisyonları (% ağırlık)

	C	Si	Mn	P	S	N	Cu	Al	Nb	V	Ti
S235JR (1.0038)	0,17	-	1,4	0,035	0,035	0,012	0,55	-	-	-	-
S420MC (1.0980)	0,12	0,5	1,6	0,025	0,015	-	-	0,015	0,09	0,2	0,15

3.2. Koltuk Mekanizması

Ağır ticari araç koltuklarını sürücü ve muavin koltuğu olmak üzere 2 gruba ayırabiliriz. Bu koltuklar temel olarak arkalık, oturak ve koltuğun araç zeminiyle bağlantısını sağlayan konsol grubundan oluşmaktadır.

Sürücü ve yolcu koltukları için ağır ticari araç üreticileri ve sürücüler tarafından uzun saatler boyunca zorlu ve engebeli arazi şartlarında da sürüş güvenliğinin ve konforun ergonomik açıdan en üst seviyede tutulmasını sağlayacak özellik beklentileri vardır. Bu nedenle ağır ticari araçlar da kullanılacak koltuk tasarımı büyük önem kazanmış, hızlı bir gelişim sürecine girmiştir. Bu gelişim sürecinde koltuk özelliklerinden bazıları; arkalık açısı ayarı, koltuk yükseklik ayarı, oturak eğiklik ayarı, süspansiyon sertlik ayarı, klima ve kalorifer sayılabilecek özelliklerden birkaçıdır (Öztürk ve Durmuş 2016).

Sürücü koltuklarında genel olarak yükseklik ayarını sağlayan aktif ve yarı aktif süspansiyon mekanizması ve statik makas mekanizması olmak üzere 2 tip mekanizma bulunmaktadır.

- Aktif ve yarı aktif süspansiyon mekanizması

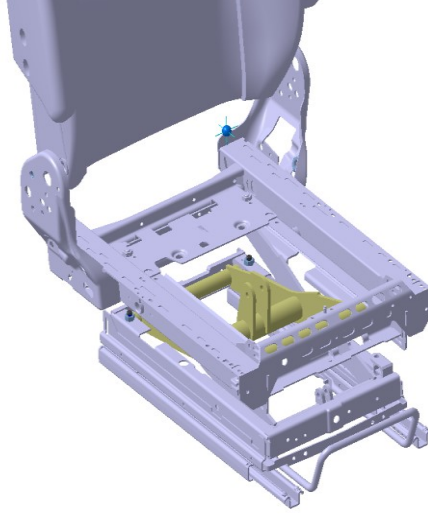
Hava ile çalışır ve koltuğa aynı zamanda esneme özelliği kazandırır. Sürüş esnasında arazi koşullarından gelen darbe ve titreşimleri azaltan sönümleyiciler bulunur. Şekil 3.1’de aktif bir süspansiyon sistemine sahip sürücü koltuğu görünüşü gösterilmiştir.



Şekil 3.1. N2-N3 sınıf araçlar için sürücü koltuğu görüntüsü

- Statik makas mekanizması

Temel makas sistemi prensibi gibi çalışmaktadır. Makas sistemi bir piston veya itme kuvveti ile hareket ettirildiğinde, koltuk yukarı veya aşağı doğru hareket eder. Şekil 3.2’de statik makas sistemi ile sürücü koltuğunun görünüşünü gösterilmiştir. Statik makas sistemine sahip sürücü koltuklarında 3 nokta kemer uygulaması bulunmamaktadır. Koltuk oturak üst grubu, karmaşık bir kaynaklı gruptan oluşmaktadır. Bu durum, koltuk maliyetlerini ve ağırlığını olumsuz etkilemektedir.



Şekil 3.2. N2-N3 sınıfı statik süspansiyonlu araç sürücü koltuğu

Şekil 3.3'deki muavin koltuğu gösterilmiştir. Bu koltukta, arkalık açısı ayarı ve koltuk ileri geri ayarı gibi temel özellikler bulunmaktadır. Bazı ağır ticari araç üreticileri zaman zaman araçlarında muavin koltuğu yerine statik makaslı sürücü koltuğu kullanmışlardır. Böylece, muavin içinde koltuk yükseklik ayar konforu sağlanmaktadır.



Şekil 3.3. N2-N3 sınıf araçlar için muavin koltuğu katı model görüntüsü

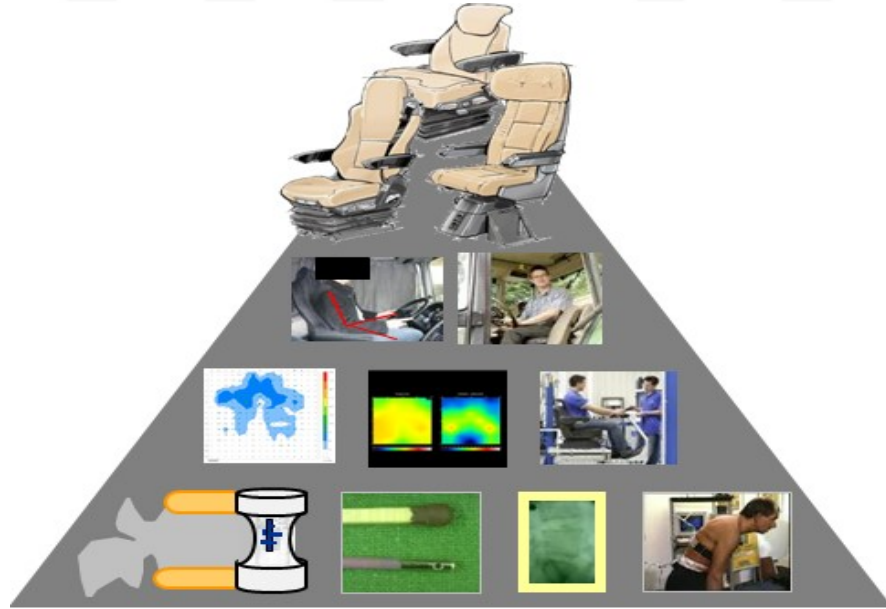
Muavin koltuklarında iki çeşit emniyet kemeri sistemi vardır. Bunlardan biri 2 noktalı emniyet kemeridir. Emniyet kemeri koltuk üzerinde bulunur. Diğer 3 noktalı emniyet kemeri uygulamasıdır. Muavin koltuğunda uygulanan emniyet kemerinin 3. noktası, aracın B sütunundan gelir. Bu durumda kaza anında, koltuk arkalık iskeletine uygulanan

yük daha az olmaktadır (Mooren ve Ann 2013). Bu nedenle muavin koltuğunun iskelet grubu, sürücü koltuğunun iskelet yapısına göre daha basit bir gruptan oluşmaktadır.

3.3. Koltuk Tasarım Kriterleri

Tasarım kriterleri koltuk geliştirme konusunda önemli bir rol oynamaktadır. Bu kriterler son kullanıcıyı doğrudan etkilemektedir. Buna ek olarak, koltuktan beklenen bu özellikler, koltuk parçalarının geometrik ölçülerini de etkilemektedir. Ergonomik beklentiler göz önüne alındığında, koltuk yüksekliği, sünger sertliği, sıcaklık, yoğunluk, çevre koşulları ve kullanılan malzemeler koltuk tasarımında dikkate alınmalıdır. Bu kriterler koltuğun kalitesine ve ömrüne etkisi bulunmaktadır.

Şekil 3.4'de gösterildiği gibi koltuk geliştirme aşamasında son kullanıcı, pazar araştırması ve teknik araştırma gibi konular incelenmiştir. Bu aşamadan sonra sonlu elemanlar analizi ve mekanik testler ile tasarım doğrulama çalışmaları yapılarak tasarım değişkenlerinin etkisi incelenmiştir.



Şekil 3.4. Koltuk tasarım geliştirme basamakları

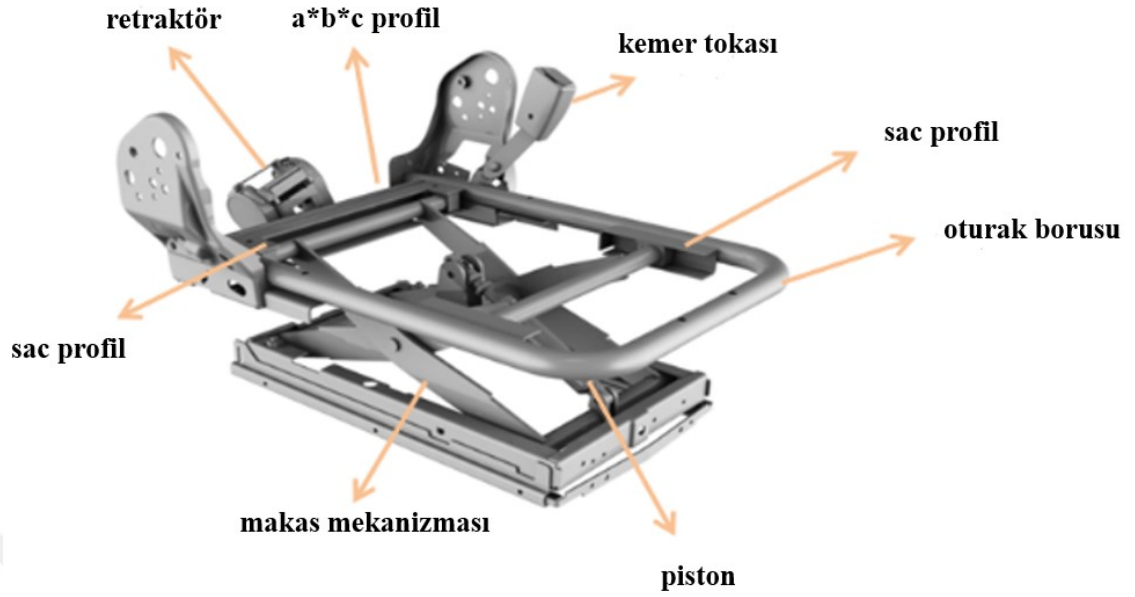
Koltuğun parçaları bir CAD platformunda oluşturulmuştur. Koltuk bileşenlerinin bağlantıları tanımlanıp, belirli yük koşulları altında sonlu eleman modeli oluşturulmuştur.

Bu çalışmada katı modelleme CATIA V5 programında yapılmıştır. Analizlerde ve tasarım doğrulama aşamasında, sonlu elemanlar modeli HyperMesh programı kullanılmıştır. Malzeme özellikleri ve sac kalınlığı Radioss programında tanımlanmıştır (Dassault Systems 2013, Altair Engineering Inc 2007).

3.4. Koltuk Tasarım Çalışmaları

Yeni muavin koltuğu tasarımında yeni bir statik makas sistemi geliştirilerek mevcut koltuğun maliyet ve ağırlık dezavantajları azaltılmıştır. Koltuk oturak iskeleti basit boru profil yapı olarak tasarlanmıştır. Üst oturak grubu için takviye edilmiş sac profiller kullanılmıştır. Koltuk iskeletine 3 nokta kemer adaptasyonu ile mevcut ürünlerden parça sayısı bakımından azalma ve % 20 oranında hafifleme sağlanmıştır.

Şekil 3.5'da yeni tasarlanmış muavin koltuğu oturak iskelet grubu görüntüsü verilmiştir. Koltuk oturak iskeleti yeni bir makas mekanizmasından oluşmuştur. Sac metal profiller, makas mekanizmasının üst grubunu yataklar arasında sabitlemek ve desteklemek için kullanılmıştır. Piston hareket ettiğinde, makasın üst kısmı sac metal parçalar arasında kayma hareketi ile ileri ve geriye doğru hareket ederek ve koltuğun yukarı ve aşağı yönde hareket etmesine izin verecektir. Koltuk makas mekanizması 50 mm yukarı yönde ve 50 mm aşağı yönde hareket edecek şekilde toplamda 100 mm lik hareket yapacak şekilde tasarlanmıştır. 3 nokta emniyet kemer adaptasyonu ile retraktör mekanizması, arka profile sabitlenecek şekilde konumlandırılmıştır. Retraktör ile sac metal parçası arasında $a * b * c$ emniyet kemer profili kullanılmıştır. Bu profil, koltuğun gücünü artıracak ve ikincil kemer bağlantısı yapılarak koltuğun yukarı doğru daha fazla hareketini sınırlayacaktır. Koltuk oturak iskeletinde sac profiller kaynak edilebilecek şekilde yerleştirilmiştir. (Ozturk ve Durmus, 2016.)



Şekil 3.5. Yeni tasarım muavin koltuğu oturak iskeleti görünüşü

Yeni tasarlanan koltukta ağır test şartlarından geçmek hedeflendiğinden, analiz sonuçlarına göre malzeme ve parça kalınlıkları değiştirilmiştir. Tasarım geliştirme aşamalarında analiz sonuçları değerlendirilip kademeli bir şekilde en uygun tasarımı elde etmek temel hedefimiz olmuştur.

3.4.1. Koltuk Emniyet Kemer Bölgesinin ECE R14 Yönetmeliğine Göre Kontrolü

Koltuk tasarımında dikkat edilmesi gereken konulardan biride koltuk araç kabinindeki konumu ve emniyet kemer bölgelerinin belirlenmesidir. ECE R14 yönetmeliğinde koltuk emniyet kemer bağlantı bölgelerinin olması gereken konumları belirtilmiştir.

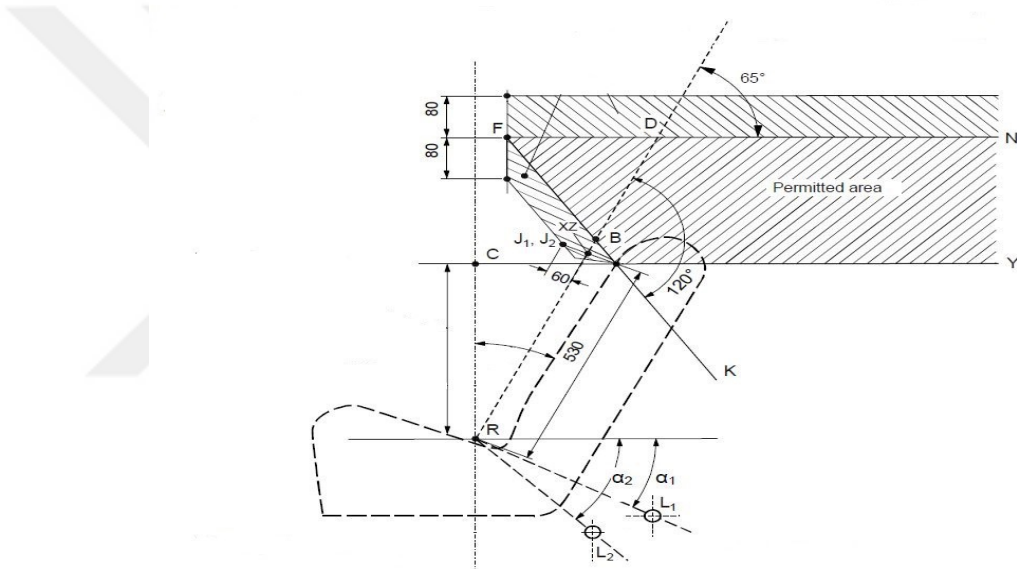
Şekil 3.6 ve şekil 3.7’de koltuğun araç konumundaki yerini belirten görseller paylaşılmıştır. Bu görsellerde H noktası koltuk referans noktasıdır. Koltuğun kullanıldığı normal pozisyon için belirlenir. L₁ ve L₂ noktaları alt efektif noktalarını belirtir. C noktası, R noktasından dikey olarak 450 mm yükseklikteki bir noktadır. Bu durumda C ve R arasındaki düşey mesafe 500 mm olacaktır. S, bir referans düzleminden efektif üst emniyet bağlantılarının mm cinsinden mesafesidir (ECE R14 UNECE 2006).

S mesafesi 280 mm'den büyük ise alternatif formül,

$$BR = 260 \text{ mm} + 0,8 S \quad (3.1)$$

$$DR = 315 \text{ mm} + 1,8 S \quad (3.2)$$

Sırasıyla α_1 ve α_2 yatay bir düzlem ile araç orta uzunlamasına dik olan, H noktasından ve L_1 ve L_2 noktalarından geçen düzlemler arasındaki açılardır (ECE R14 UNECE 2006).



Şekil 3.6. Koltuğun araç kabindeki konumu (ECE R14 UNECE 2006)

RZ: R'den yukarı doğru yönde ve 530 mm uzunluğunda ölçülen gövde hattının bir parçasıdır (ECE R14 UNECE 2006).

ZX: aracın ortanca boylam düzlemine dik olan, emniyet kemer bağlantı doğrultusunda Z noktasından ölçülen ve 120 mm uzunluğunda bir noktadır (ECE R14 UNECE 2006).

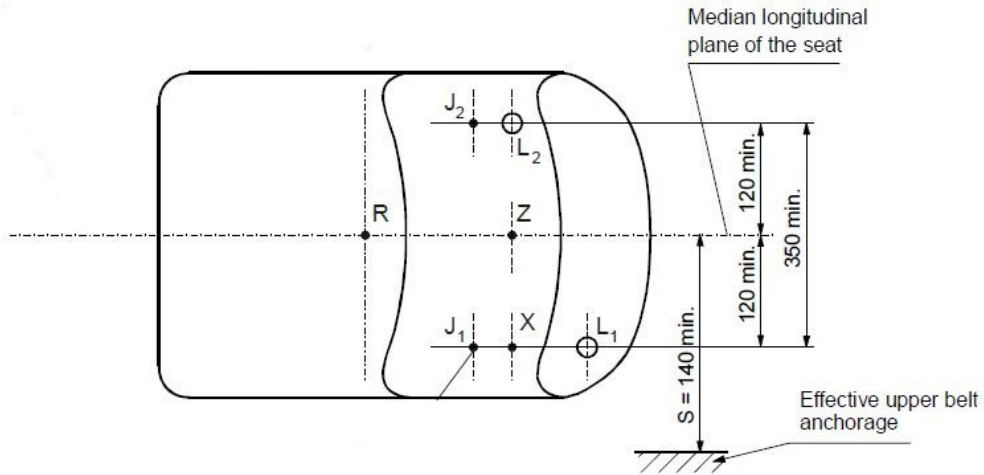
XJ₁: X noktasından ileri yönde ve 60 mm uzunluğunda ölçülen, RZ ve ZX düzlemleri tarafından tanımlanan dik bir kesittir (ECE R14 UNECE 2006).

Alt emniyet kemer efektif noktası için M_1 dışındaki motorlu taşıtlarda, ön koltukların normal yolculuk pozisyonları için α_1 ve α_2 açısı 30 ila 80 derece arasında olmalıdır (ECE R14 UNECE 2006).

Üst emniyet kemer efektif noktası için ECE R14 yönetmeliğine göre S değeri 140 mm'den az olmamalıdır. Koltuğun uzunlamasına ortanca düzlemine dik olarak uzanan ve gövde hattını B noktasında 120° 'lik bir açı ile kesen bir FK düzleminin arkasında;

$$BR = 260 \text{ mm} + S, \quad (3.3)$$

olacak şekilde yerleştirilmelidir (ECE R14 UNECE 2006).



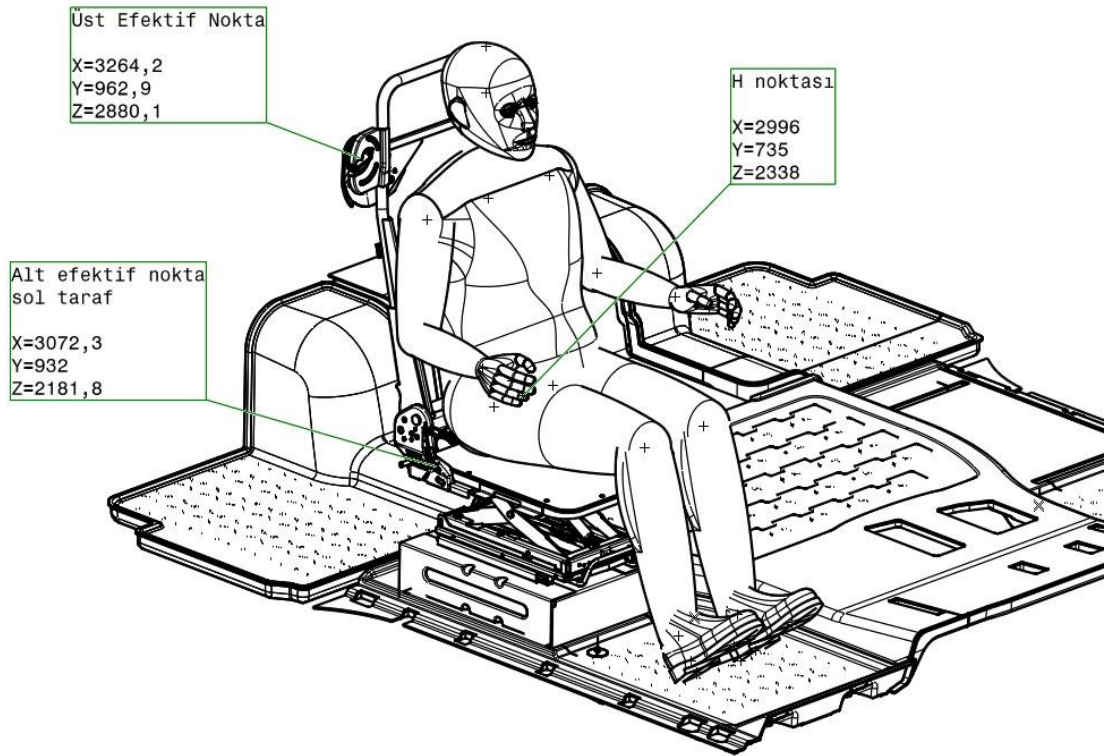
Şekil 3.7. Koltuğun araç kabinindeki konumu (ECE R14 UNECE 2006)

Koltuk tasarım aşamasında önemli konulardan biride 3 nokta emniyet kemeri adapte edeceğimiz yeni muavin koltuğu için alt ve üst etkin noktalarının belirlenmesidir. Çizelge 3.3'de muavin koltuğu için belirlediğimiz üst kemer merkezi, alt kemer dış noktası ve alt kemer iç noktası koordinatları verilmiştir.

Çizelge 3.3. Muavin koltuğu emniyet kemer etkin nokta koordinatları

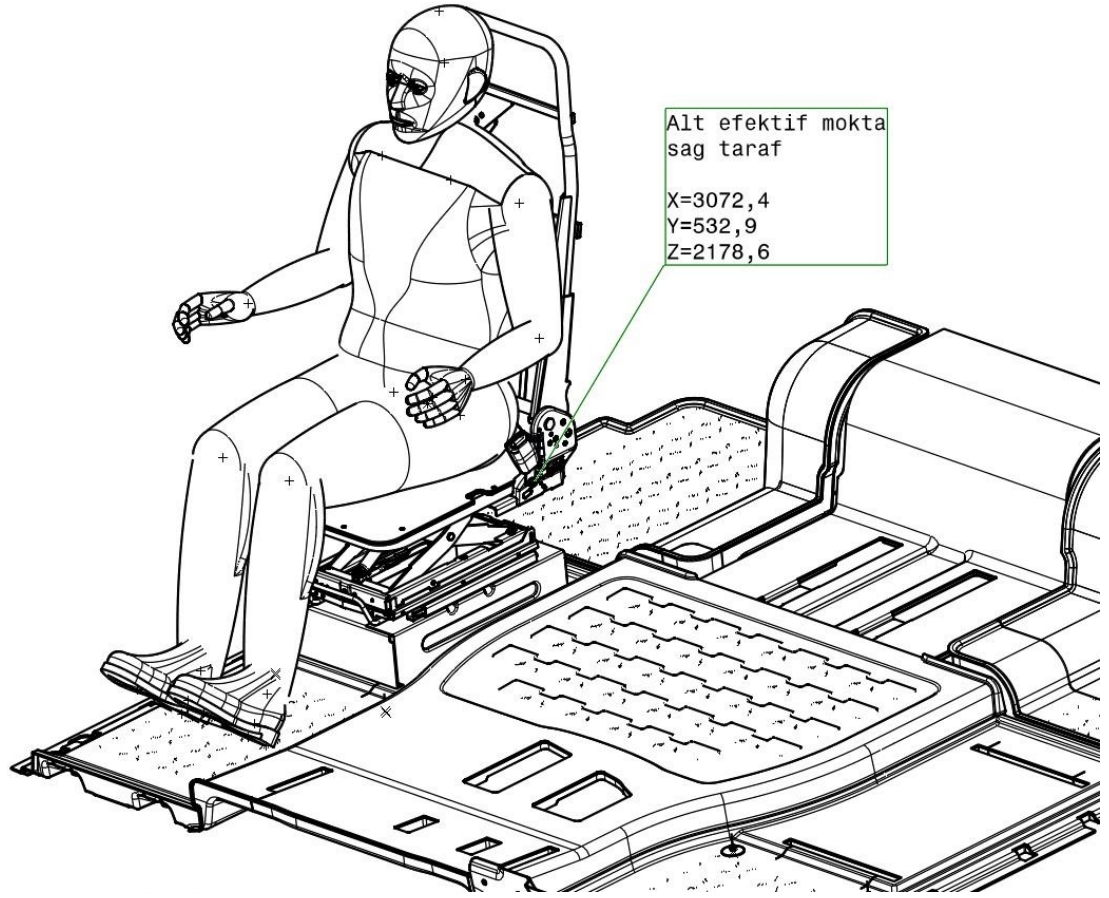
Efektif Nokta	Koltuk etkin nokta yerleşimi	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
1	Üst kemer merkezi	3264,2	962,9	2880,1
2	Alt kemer dış noktası	3072,3	932	2181,8
3	Alt kemer iç noktası	3072,4	532,9	2178,6

Şekil 3.8’de temsili araç kabini içinde konumlanmış çalışma kapsamında tasarlanan muavin koltuğu görüntüsü verilmiştir. Bu kontroller aşamasında % 50’lik insan modeli kullanılmıştır. Bu model ve muavin koltuğunun H noktası araç referans noktasıyla çakıştırılarak konumlandırılmıştır. Bu görselde üst efektif nokta ve alt etkin noktalardan alt kemer dış noktası gösterilmiştir.



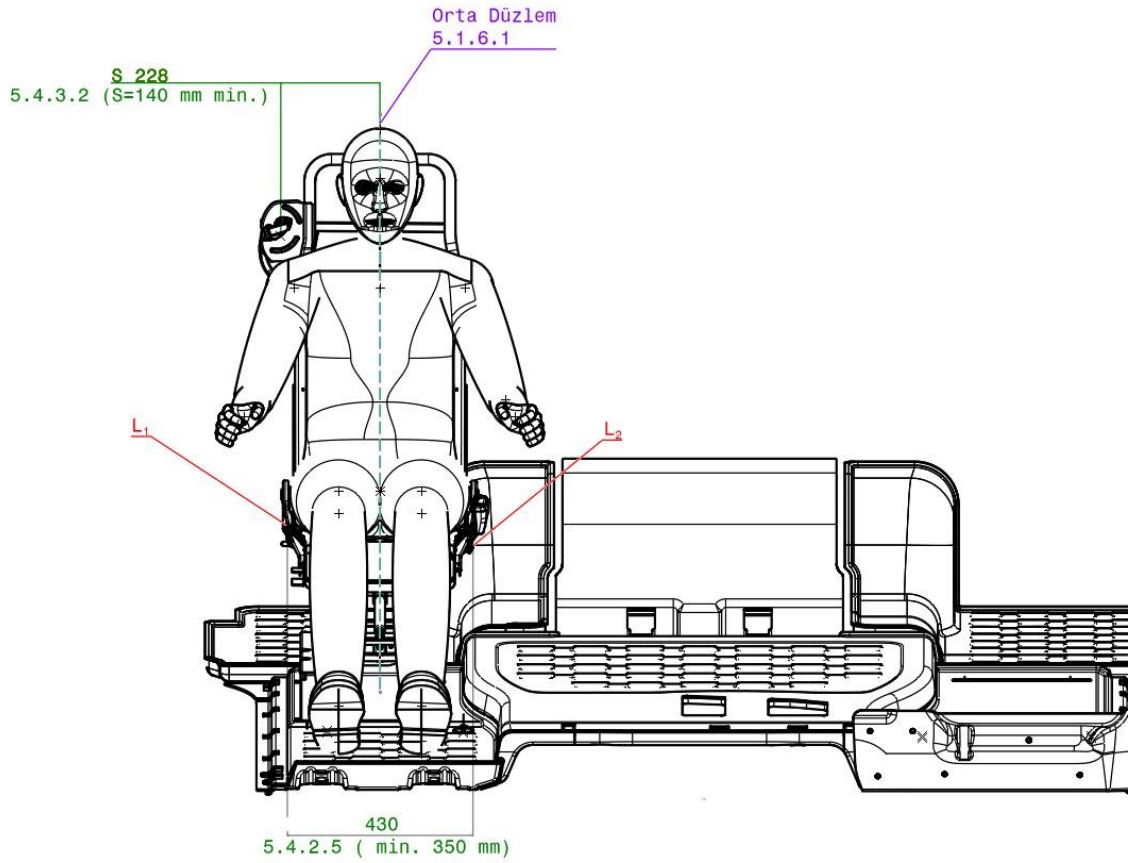
Şekil 3.8. Muavin koltuğu emniyet kemer etkin noktaları

Şekil 3.9’da alt efektif noktalarından biri olan emniyet kemer iç noktası gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Muavin koltuğu emniyet kemer etkin noktaları

Şekil 3.10’da muavin koltuğunun konumlandırıldığı kabin datasının önden görünüşü gösterilmiştir. L_1 ve L_2 noktaları arasındaki mesafe 430 mm’dir. Emniyet kemer üst efektif nokta yatay ekseninde 228 mm olarak belirlenmiştir.



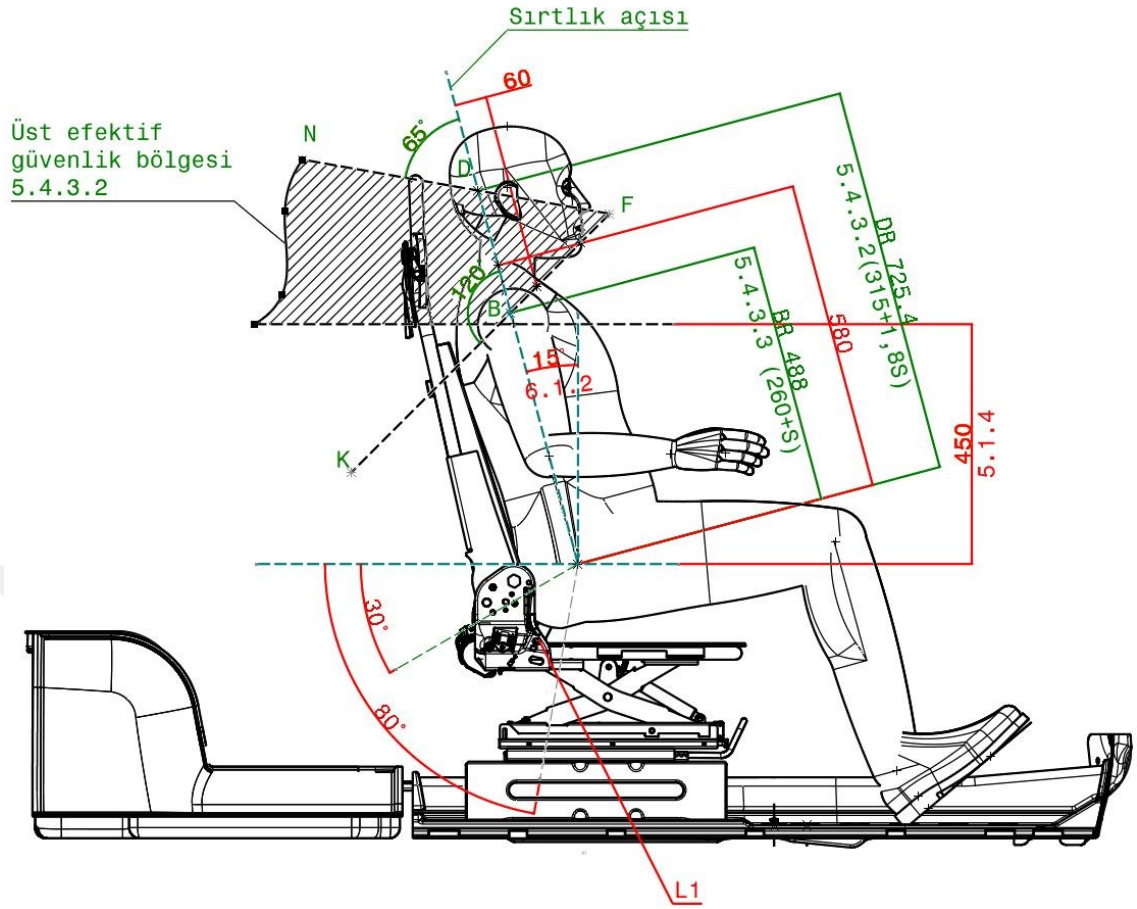
Şekil 3.10. Muavin koltuğu emniyet kemer etkin noktaları L₁ ve L₂ noktaları görüntüsü

Şekil 3.11’de üst efektif nokta ile alt efektif noktaların olması gereken güvenlik bölgesi belirtilmiştir. Koltuk N2-N3 sınıfı araçlarda kullanılacağı için formül (Bkz. 3.2) ve (Bkz. 3.3) ile hesaplanır.

$BR=260+228=488$ mm’dir.

$DR=315+1,5*228=725,4$ mm’dir.

Ayrıca şekil 3.11’de sırasıyla 30° ve 80° aralığındaki bölge gösterilmiştir.

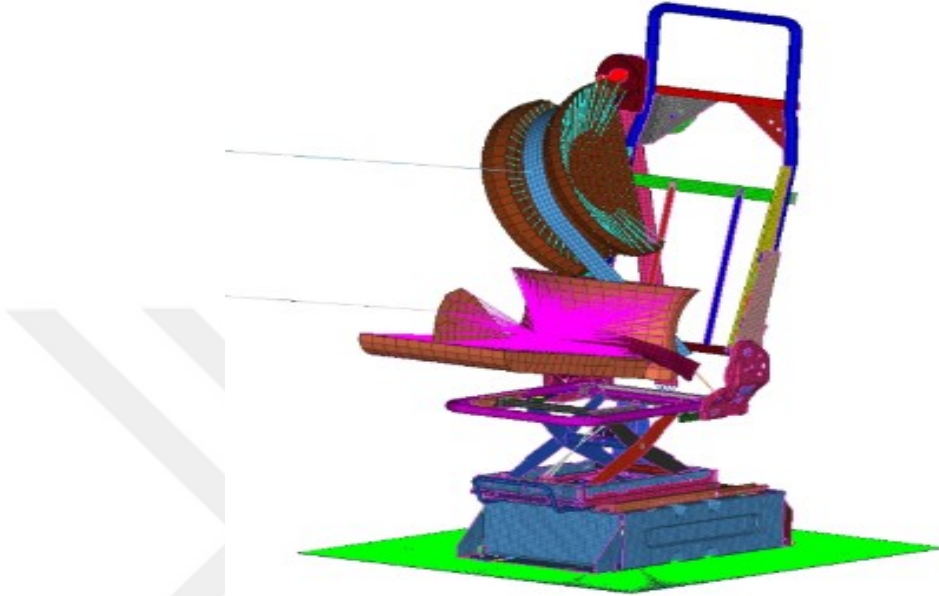


Şekil 3.11. Muavin koltuğu üst ve alt etkin nokta sınır bölgesi

3.4.2. Koltuk Analiz Çalışmaları

Yeni koltuk tasarımı mesh modeli oluşturmak için Hyper Works programına aktarılmıştır. Şekil 3.12 yeni muavin koltuğu mesh modelini göstermektedir. Sonlu elemanlar modelinde 1, 2, ve 3 boyutlu elemanlar kullanılmıştır. Kalınlık ve katı modelin müsaade ettiği bileşenlerde 3 boyutlu dörtgen elemanlar kullanılmıştır. Yüzeyin müsaade etmediği yerlerde üçgen elemanlar kullanılmıştır. Kaynak kısımlarında ve mekanizma bağlantılarında sabit elemanlar tanımlanmıştır. Emniyet kemerinin modellenemediği kısımlarda ise yay elemanlara başvurulmuştur. Yay elemanlar kuvveti doğru şekilde iletmesi açısından yüksek k katsayısı ile modellenmiştir. Kuvvetin üst ve alt bloklara aktarılması için kiriş elemanlar kullanılmıştır. Meshler arası kontak tanımlamalarında TYPE 7 kullanılmıştır. TYPE 7 genel bir kontak tipi olup özellikle 2 ve 3 boyutlu elemanların birbiri ile etkileşiminde

edinilen bilgi birikimine göre doğru sonuçlar vermektedir. Ayrıca 2 boyutlu elemanların dik bir şekilde kesiştiği durumları önlemek için meshlerin kenar kısımlarına çubuk elemanlar tanımlanmıştır. Çubuk elemanların 2 boyutlu elemanlar ile kontakları TYPE 11 ile modellenmiştir.



Şekil 3.12. Yeni muavin koltuğunun Hyper Works programındaki mesh modeli

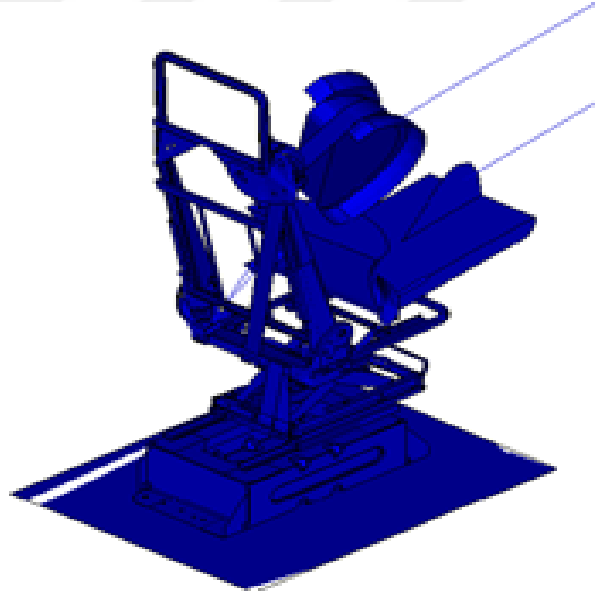
Analiz modelinin oluşturulduğu koltuk için malzeme tanımlanması da çok önemlidir. Bu çalışmada, tasarımda kritik kabul edilen koltuk oturak borusu, çelik sac parçalar ve emniyet kemeri profili için seçilen et kalınlıkları ve malzemeler, analiz sonuçlarına göre değiştirilip ECER-14 test şartlarını sağlanması amaçlanmıştır.

Yeni muavin koltuğunda 3 nokta emniyet kemeri entegre edildiği için emniyet kemeri koltuk oturak iskeleti ve arkılığına sabitlenmiştir. Üst blok kuvvetleri yeni muavin koltuğunun oturak ve arkalık iskeletini doğrudan etkilemektedir. Yeni koltuk yapısı, diğer muavin koltuklarına kıyasla daha dayanıklı olmalıdır. Koltuğa etki edecek çekme kuvvetleri ECE 14 yönetmeliğinde tanımlanmıştır.

Çizelge 3.4. ECE-R14 üst ve alt blok çekme kuvveti değerleri (ECE R14 UNECE 2006)

Araç Sınıfı	Alt Blok Çekme Kuvveti (N)	Üst Blok Çekme Kuvveti (N)
N1	$13500N + (20 \times m_{\text{koltuk}} \times 9.81 \text{ m/s}^2)$	13500
N2	$6750N + (10 \times m_{\text{koltuk}} \times 9.81 \text{ m/s}^2)$	6750
N3	$4500N + (6.6 \times m_{\text{koltuk}} \times 9.81 \text{ m/s}^2)$	4500

Alt çekme bloğundan 7300 N üst bloktan 4500 N kuvvet uygulanmıştır. Arkalık iskeleti deplasman değeri ECE-R14 yönetmeliğine göre en fazla 378 mm olmalıdır (ECE R14 UNECE 2006). Koltuk oturak grubu ve arkalık grubuna etki eden kuvvetler sonrası bu yapılardaki deformasyonlar sonlu elemanlar analizi aşamasında HyperGraph programında incelenmiştir. Bir sonraki aşamada prototip imalat çalışmaları yapıp gerçek mekanik testler ile analiz sonuçları arasında karşılaştırma yapılmıştır.



Şekil 3.13. 3 nokta emniyet kemerli koltuk çekme testi analiz görüntüsü

İlk aşamada, Şekil 3.6’da gösterilen koltuk oturak borusunun ve sac parçalarının malzemesi S235JR malzemesi olarak seçilmiştir. Malzeme kalınlığı boru profil için 1,5 mm ve metal sac parçalar için 2 mm olarak belirlenmiştir. Emniyet kemeri profili için 20 * 10 * 1,5 mm profil ve S235JR malzeme kullanılmıştır.

İkinci aşamada, oturak boru profili malzemesi S420MC ve kalınlık tekrar 1,5 mm seçilmiştir. Sac metal parçaların et kalınlıklarında değişiklik yapılmayıp malzemeleri S420MC olarak seçilmiştir. Çizelge 1 ve Çizelge 2’de belirtilen S420MC malzeme özellikleri analiz modelinde tanımlanıp güncellenmiştir.

Üçüncü aşamada ise oturak boru profili için ikinci aşamada olduğu gibi malzemesi S420MC malzeme seçilmiştir. İkinci analiz sonucunda oturak boru profilinin bazı bölgelerinde yüksek deformasyon ve stres görüldüğünden malzeme kalınlığı 1,5 mm'den 2 mm'ye çıkarılmıştır. Ayrıca Şekil 4,2 ve 4,5 deki birinci analiz sonuçları incelediğinde emniyet kemer profilindeki deformasyon yüksek olduğu için üçüncü aşamada profil kesit ölçüleri 20 * 10 * 1,5 mm'den 30 * 10 * 2 mm'ye olarak değiştirilip ve malzemesi de S235JR'den S420MC olarak tanımlanmıştır. Diğer sac parça gruplarında ikinci aşamadaki tanımlanan değerler ve kalınlıklar değişmemiştir.

Analiz çalışmaları sırasında, analiz sonuçlarının değerlendirilmesi ile koltuk oturak iskeleti grubunda kullanılan sac parça ve profil yapılar da farklı malzeme ve kalınlıklar seçilerek yeni yapı optimize edilmiştir. Analiz aşamalarında kademeli olarak sonlu elemanlar analizi yapılmıştır. Analiz sonuçları değerlendirilip ve yapının geliştirilmesi sağlanarak gerçek testlerle uygunluğu incelenmiştir.

3.4.3 Koltuk Tasarım Doğrulama Çalışmaları

Taşıtların yaşamımızdaki giderek daha yüksek hızlarda kullanımı, maksimum seviyede güvenlik şartlarını karşılaması gerekmektedir. Bu nedenle araçlarda kullanılan ürünler, yıllar süren araştırma, geliştirme ve pek çok test süreçlerinden geçmektedir. Bu testlerin temel amacı yasal zorunluluk gereği, ürünün emniyetini ölçmek, ürünün ömrünü ölçmek ve daha önce tasarım çalışmaları esnasında yapılmış analiz çalışmalarına destek vermek amacıyla yapılmaktadır.

Tasarlanacak koltuğun birçok test şartlarını sağlaması gerektiğini düşünürsek, küçük bir tasarım hatası yatırım maliyetlerinin boşa gitmesine neden olabilmektedir. Bu nedenle,

bilgisayar destekli nümerik ve analitik teknikler, üretim öncesi oluşabilecek riskleri azaltacaktır.

3.4.3.1. Tahrikli Esneme Ömür Testi

Havalı süspansiyona sahip koltuğun oturak grubu test düzeneğine bağlanarak koltuk yükseklik ayarı en üstte ve eğiklik ayarı en üstte, koltuk yükseklik ayarı ortada ve eğiklik ayarı ortada ve koltuk yükseklik ayarı en altta ve eğiklik ayarı en altta konumda olacak şekilde toplam 5 000 000 çevrim test gerçekleştirilir.



Şekil 3.14. Tahrikli esneme ömür testi görünüşü

3.4.3.2 Serbest Esneme Ömür Testi

Havalı süspansiyona sahip bir koltuk test düzeneğine bağlanarak 5 farklı koltuk ayarında 0,2 s periyotta 90 kg'lık model olacak şekilde 10 000 000 çevrim gerçekleştirilmektedir.



Şekil 3.15. Esneme ömür testi (serbest) görünüşü

3.4.3.3. Koltuk Düşme Testi

Test uygulanacak koltuk şekil 3.16’da olduğu gibi test düzeneğine bağlanarak 0,3 s periyodda 125 mm yüksekten düşürülerek 60 000 çevrim gerçekleştirilmektedir.



Şekil 3.16. Koltuk düşme testi görünüşü

3.4.3.4. Arkalık Dayanım Testi

Test edilecek olan arkalık koltuğa bağlı bir şekilde test düzeneğine monte edilir. Arkalık 400 N yük 1,5 s periyotta 300 000 defa tekrarlanır. Test sonucunda arkalıkta ve bağlantı noktalarında herhangi bir kırılma olmaması ve arkalık çalışma fonksiyonlarının çalışır durumda olması şartı aranmaktadır.



Şekil 3.17. Arkalık dayanım testi görünüşü

3.4.3.5 Çuval Düşme Testi

Koltuk süngerinin ezilme miktarının ve kullanılan kumaşın dayanıklılığı dolayısı ile sünger ömrünün ölçülmesi amacı ile bu test yapılmaktadır. İçerisinde 75 kg yük (bilye) bulunan bir çuval koltuk oturağına 40 mm yükseklikten 300 000 defa düşürülerek test gerçekleştirilmektedir. Test sonucunda oturaktaki süngerin çökme derinliği ve oturağın bağlantı noktalarında bir problem olup olmadığı ve kullanılan kumaşın deformasyonu kontrol edilmektedir.



Şekil 3.18. Çuval düşme testi görünüşü

3.4.3.6. İnme binme testi

Kullanıcının araçtan inerken koltuğa uyguladığı sürtünme ve kuvveti simüle etmek amacı ile bu test gerçekleştirilir. İçerisinde 75 kg yük (bilye) bulunan bir çuval oturak üzerine 40 mm yüksekten düşürülüp yana doğru sürtünerek aşağıya doğru indirilir. Bu işlem 300 000 çevrim gerçekleştirilmektedir. Test sonunda sünger ve kumaşta herhangi bir yırtılma olmaması şartı aranmaktadır.



Şekil 3.19. İnme binme testi

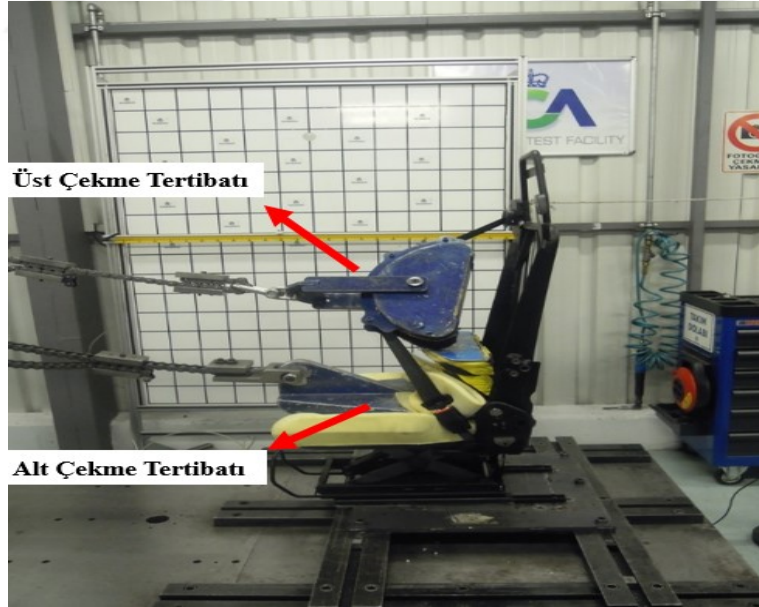
3.4.3.7. Çekme testi (ECE R14 – 76/115 EWG)

Çekme testi, araçta emniyet kemerinin bağlantılarını kontrol etmenin en iyi yoludur. Çekme kuvvetleri aracın kaza anında koltuğa gelen yükleri simüle etmektedir. Şekil 3.20’de 3 nokta emniyet kemeri mekanizmasının çekme testini göstermektedir. Bu test ECE-R14 yönetmeliği ile tanımlanmıştır (ECE R14 UNECE 2006). Her bir koltuk ECE-R14 yönetmeliğine göre bağımsız ve fiziksel olarak test edilmektedir.



Şekil 3.20. Çekme testi cihaz görüntüsü

Şekil 3.22’de çekme test cihazının üst ve alt çekme tertibatları gösterilmiştir. Bu alt ve üst tertibat çekme kuvveti değerleri çekme testinde kullanılmıştır.



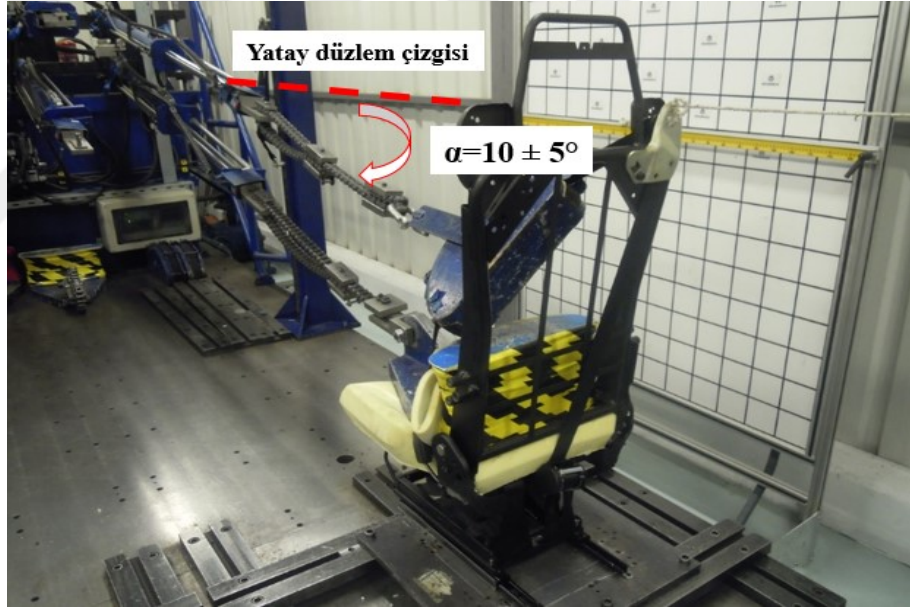
Şekil 3.21. Alt ve üst çekme blokları

Yeni tasarlanan muavin koltuğuna etki eden edilen 3 nokta emniyet kemer üst ve alt blok çekme kuvvet değerleri Çizelge 3.5’de gösterilmektedir.

Çizelge 3.5. ECE R14 Çekme test cihazı fonksiyonel çalışma değerleri

Yükleme Ayarı	(N3) Yüzde Yüz
Çekme kuvveti(N) / üst blok	4500
Çekme kuvveti(N) / alt blok	7300
Bekleme süresi (saniye)	4,00
Çekme açısı (derece)	10°

Sanal analizler ve gerçek testler sonucunda koltuk yapısının bütünlüğünü koruması istenmektedir. Bu test koşullarında, kuvvet değerleri 0,2 s’de maksimuma ulaşmalı ve koltuk bu kuvvetlere dayanmalıdır. Bu kuvvetler test cihaz pistonu 10 ± 5 derece olacak şekilde uygulanır (Hessenberger 2003). Şekil 3.22’de yeni muavin koltuğunun çekme testi cihazının çekme testi esnasında piston açısı görsel olarak verilmiştir.



Şekil 3.22. Çekme testi cihazı piston açısı

Koltuğun çekme testi sonrasında koltuk parça grupları üzerinde ve zemin bağlantı noktalarındaki deformasyonlar incelenmektedir.

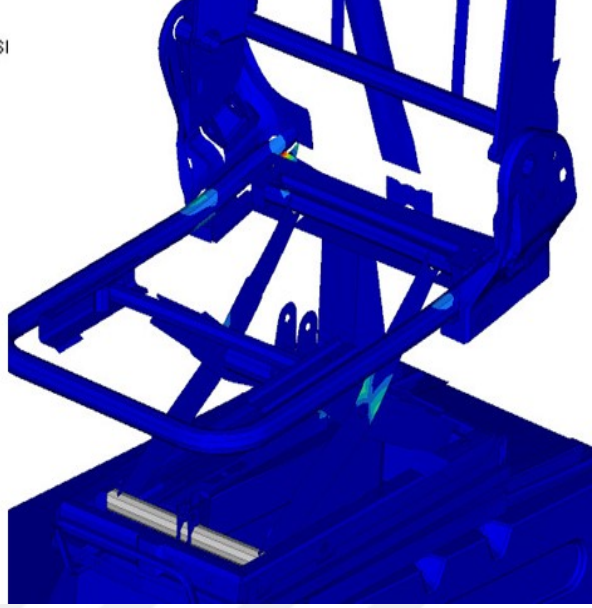
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Koltuk güvenlik testlerinden en önemlisi ECE-R14 testidir ve koltuk tasarımını doğrudan etkilemektedir. Yeni muavin koltuğu tasarımının sonlu elemanlar modeli hazırlanarak, bu yeni koltuk iskelet yapısının ECE-R14 testi geçip geçmeyeceği ve hangi bölgelerin geliştirilmesi gerektiği konuları incelenmiştir. Böylece prototip imalat aşamasından önce koltuk yapısının gerçek mekanik testlerden geçip geçemeyeceği konusunda öngörüle bulunulmuştur. Ancak yeni koltuk iskelet yapısı sonlu elemanlar modelinde güvenlik testlerini karşılıyor olsa da kesin olarak emin olabilmemiz için bu yapıları gerçek mekanik testlerle doğrulayıp karşılaştırmak gerekmektedir.

4.1. Analiz Sonuçları

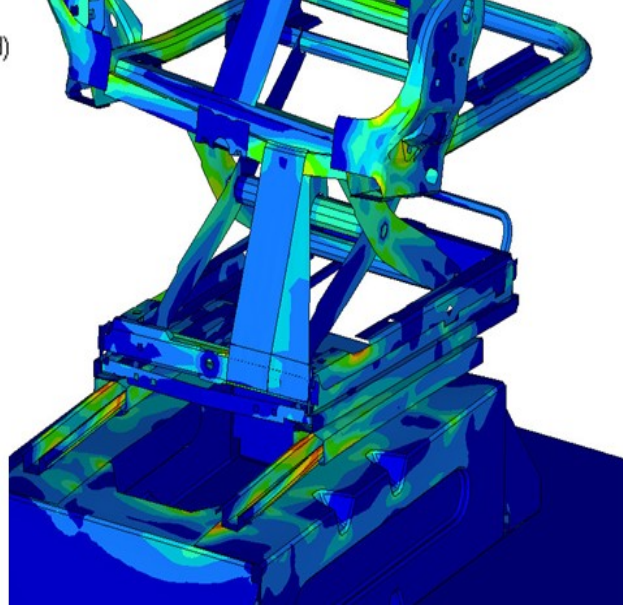
İlk tasarım aşamasında yapılan analiz sonuçlarında plastik deformasyon, von-Mises gerilmesi, arkalık deplasman değerleri sırasıyla şekil 4.1, şekil 4.2, şekil 4.3’de gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre, sırtlık yer değiştirme değeri 309 mm ve istenilen sınırlar içindedir. Ancak, bu değer daha önce koltuk tasarım çalışmalarında elde edilen elde edilen bilgi birikimlerine göre gerçek test koşulunda daha yüksek olacaktır. von-Mises gerilme değerleri oturak boru profilinde 300-450 MPa aralığındadır. Plastik deformasyon değeri, emniyet kemeri profili ve koltuk yapısının bazı bağlantı bölgelerinde yaklaşık % 13 olarak elde edilmiştir. Bu durumun iyileştirilmesi gerekmektedir.

Contour Plot
Plastic Strain along the thickness
Simple Average
1.344E-01
1.195E-01
1.045E-01
8.961E-02
7.467E-02
5.974E-02
4.480E-02
2.987E-02
1.493E-02
0.000E+00
■ No result
Max = 1.344E-01
Node 46718
Min = 0.000E+00
Node 41234

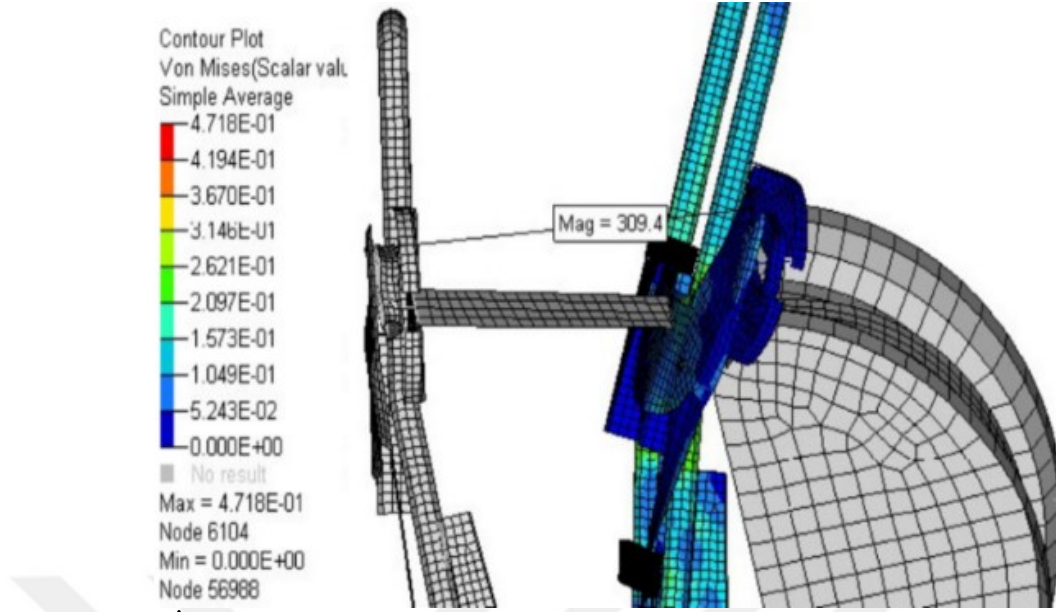


Şekil 4.1. İlk analiz plastik deformasyon değerleri

Contour Plot
Von Mises(Scalar value, Mid)
Simple Average
4.718E-01
4.194E-01
3.670E-01
3.146E-01
2.621E-01
2.097E-01
1.573E-01
1.049E-01
5.243E-02
0.000E+00
■ No result
Max = 4.718E-01
Node 6104
Min = 0.000E+00
Node 56988



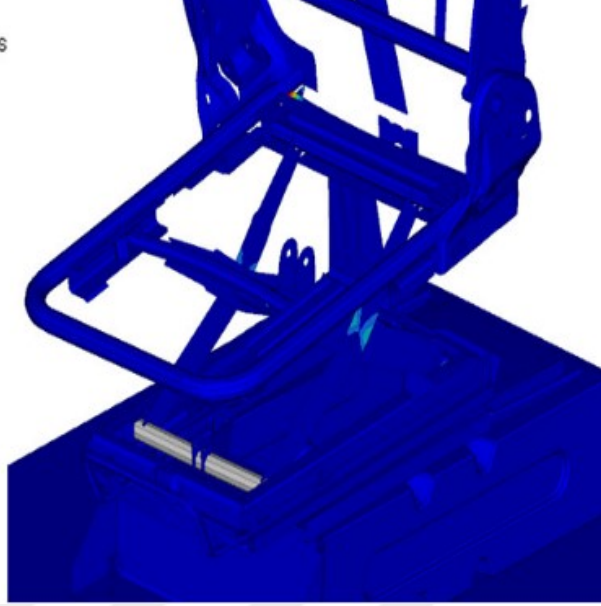
Şekil 4.2. İlk analiz von-Mises gerilme değerleri



Şekil 4.3. İlk analiz koltuk arkalık iskeleti deplasman değeri

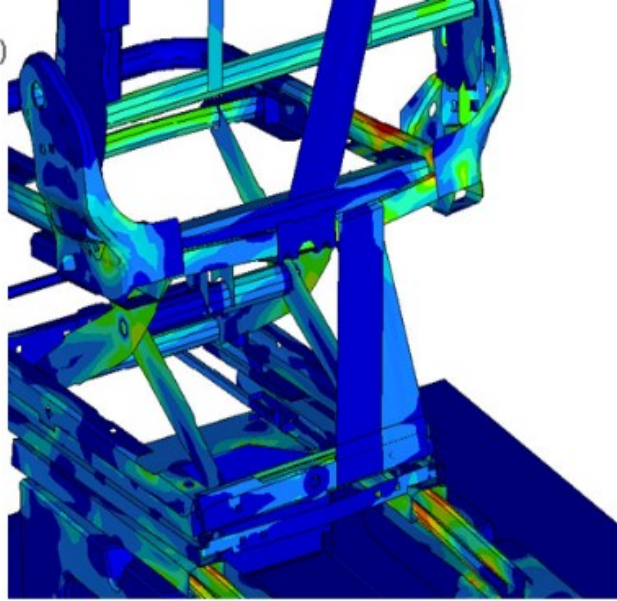
İkinci tasarım geliştirme aşamasında yapılan analizde plastik deformasyon, von-Mises gerilmesi ve arkalık deplasman değerleri sırasıyla şekil 4.4, şekil 4.5, ve şekil 4.6'da gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre oturak grubu kritik bölgelerinde plastik deformasyon değeri yaklaşık % 7-8 olarak elde edilmiştir. von-Mises gerilme değeri, emniyet kemer profilinde hala yüksek iken, boru ve sac parçalarda düşmüştür. Emniyet kemer profilinin malzeme ve geometrik boyutları iyileştirilmesine karar verilmiştir. İkinci analiz aşamasında malzemeler S420MC seçilerek koltuk iskeleti arkalık deplasman değeri 309 mm'den 242 mm'ye düşmüştür.

Contour Plot
Plastic Strain along the thickness
Simple Average
1.062E-01
9.444E-02
8.263E-02
7.083E-02
5.902E-02
4.722E-02
3.541E-02
2.361E-02
1.180E-02
0.000E+00
■ No result
Max = 1.062E-01
Node 46718
Min = 0.000E+00
Node 41234

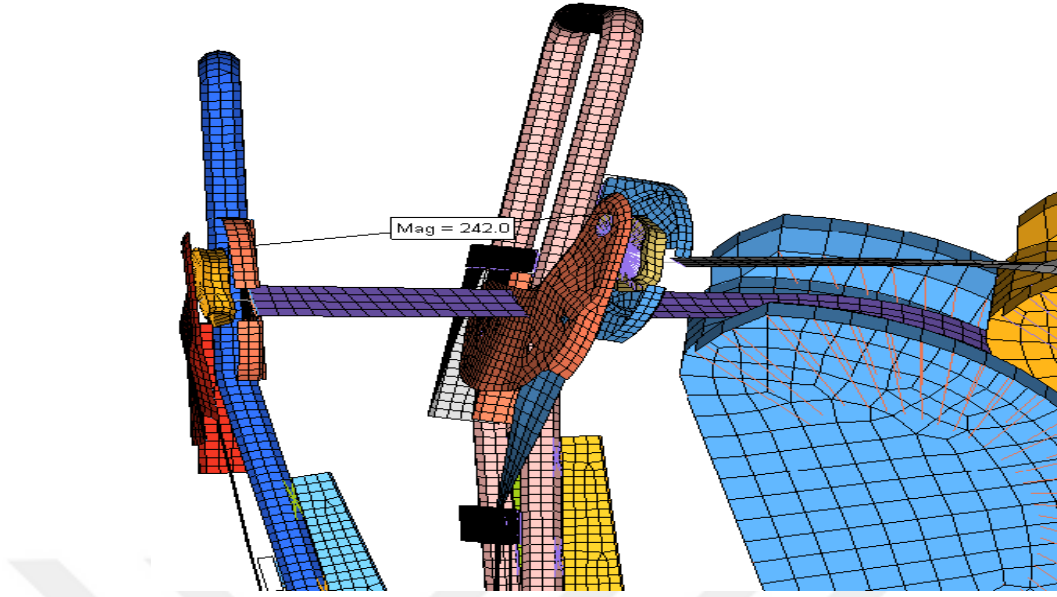


Şekil 4.4. İkinci analiz plastik deformasyon değerleri

Contour Plot
Von Mises(Scalar value, Mid)
Simple Average
4.767E-01
4.238E-01
3.708E-01
3.178E-01
2.648E-01
2.119E-01
1.589E-01
1.059E-01
5.297E-02
0.000E+00
■ No result
Max = 4.767E-01
Node 4981
Min = 0.000E+00
Node 56988

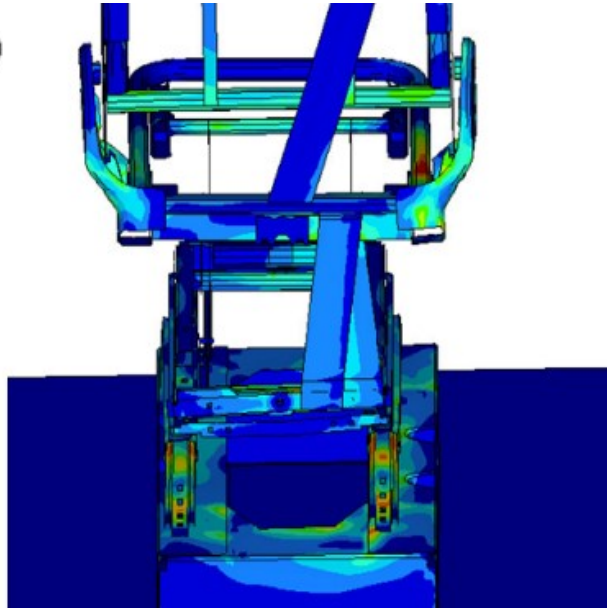
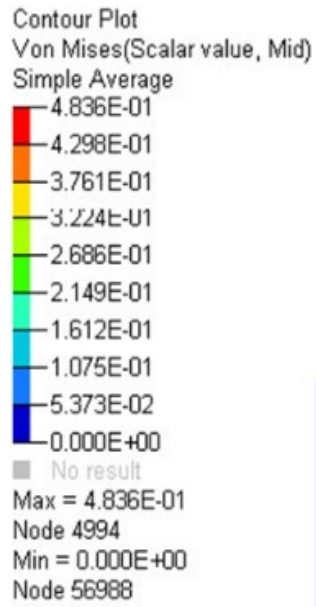


Şekil 4.5. İkinci analiz von-Mises gerilme dağılımı

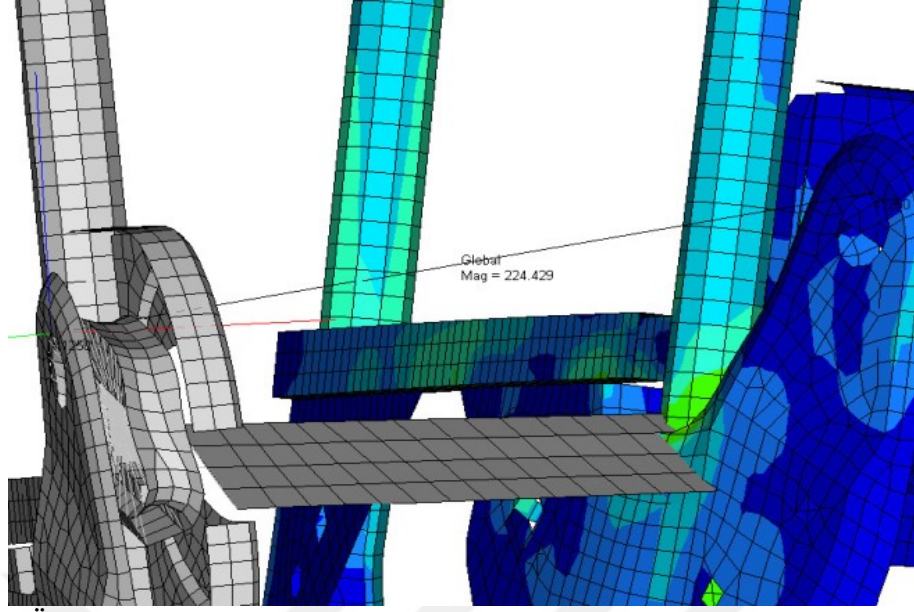


Şekil 4.6. İkinci analiz koltuk arkalık iskeleti deplasman değeri

Üçüncü tasarım geliştirme aşamasında yapılan analizde boru profilin kritik bölgelerindeki von-Mises gerilme değerleri 250-300 MPa civarındadır. Von-Mises gerilme ve arkalık deplasman değerleri şekil 4.7 ve şekil 4.8’de gösterilmiştir. Arkalık deplasman değeri 224 mm'ye kadar düşmüştür.



Şekil 4.7. Üçüncü analiz plastik deformasyon değerleri



Şekil 4.8. Üçüncü analiz koltuk arkalık iskeleti deplasman değeri

4.2. Mekanik Çekme Testi Sonuçları

Sonlu elemanlar analiz sonuçlarının değerlendirilmesi sonrasında prototip çalışmalarında, sanal analizler ve gerçek testler karşılaştırılmıştır. Gerçek testlerde elde edilecek sonuçların yeni tasarlanan koltuğun analiz sonuçları ile uyumlu olması beklenmektedir.

İlk prototip çalışmasında ilk analizde olduğu gibi oturak boru profili S23JR malzeme ve 1,5 mm et kalınlığı seçilmiştir. Metal sac parçalarda malzeme S235JR olarak seçilmiştir. Parça kalınlıkları 2 mm olarak seçilmiştir. Emniyet kemeri profili için ilk analizin aksine üçüncü analizde olduğu gibi 30*10*2 mm profil ve S420MC malzeme seçilmiştir. İlk prototip çalışmasında emniyet kemer profilinin 30*10*2 mm seçilmesinin nedeni 1. ve 2. analiz sonuçlarında bu parçada çok yüksek deformasyon olmasıdır. Bu parça direk arkalık deplasman değerine etki etmese de ikincil kemerin moment etkisinden dolayı koltuğun daha fazla yükselmesini engellemek amacıyla bu şekilde seçilmiştir.

Prototip çalışmaları ve çekme testi Grammer Koltuk A.Ş. Ar-Ge merkezinde yapılmıştır. Mekanik çekme testi öncesinde koltuk kızak bağlantıları araç zeminini

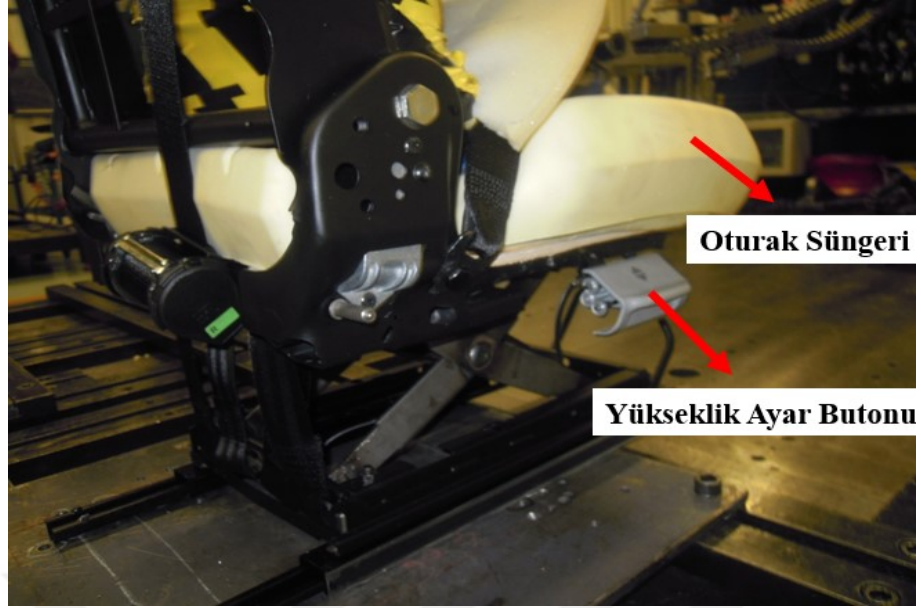
simüle eden bir ortamda sabitlenmiştir. Analiz çalışmalarında olduğu gibi en kötü durum koşullarında test edilmiştir. Koltuk en kötü durumunda yükseklik ayarı en yüksek ve koltuk en önde olacak şekilde bağlanmıştır. Bu durumda koltuğa etki eden alt ve üst blok çekme kuvvetleri en fazla etkiyi gösterecektir. Koltuğu bu pozisyonda test etmek diğer koltuk pozisyonlarının denenmesin gerek kalmadan bize koltuğun geliştirilmesi gereken bölgeleri detaylı incelediğimizde gösterecektir.

Şekil 4.9’da test öncesinde ön yükleme yapılmış prototip koltuğu görüntüsü verilmiştir. Çekme testi esnasında test cihazı bilgisayar ile kontrol edilmektedir. Prototip çalışmaları sonunda koltuk ağırlığı ölçülerek çekme kuvveti değerleri Çizelge 3.4’deki formül ile hesaplanıp tanımlamalar yapılmıştır.



Şekil 4.9. Mekanik test öncesi ön çekme yükleri altındaki prototip muavin koltuğu görüntüsü

Şekil 4.10’da yeni tasarım muavin koltuğu prototip koltuğunda test esnasında gerekli oturak süngeri ve yükseklik ayar butonu gösterilmiştir. Bu parçaları eklememizin nedeni yeni statik makas sistemini piston tahriki ile en kötü durum pozisyonu olan 100 mm yukarı çıkarmaktır.



Şekil 4.10. Mekanik test öncesi prototip muavin koltuğu görüntüsü

Koltuk temsili yükseklik ayar butonu yardımıyla kademeli olarak en yüksek konuma getirilerek sabitlenmiştir. Oturak süngeri alt çekme bloğunun koltuğa iyi bir şekilde sabitlenmesi ve ayrıca koltuk oturak iskeletine zarar vermemesi açısından gerçek koşulları sağlaması için eklenmiştir.

Bu parçalar tamamen temsili olarak eklenmiştir. Bu parçaların koltuğa çekme kuvvetlerini engelleyici yönünde etkisi bulunmamaktadır.

Şekil 4.11’de mekanik çekme testi öncesindeki ikincil kemer ve rekraktör mekanizmasının görülmektedir. İkincil kemer, koltuğun çekme testi esnasında daha fazla yükselmesini engellemektedir. İkincil kemerin üst tarafı emniyet kemer profili olan 30*10*2 mm profile sabitlenip alt kısmı ise oturak alt esneme grubuna sabitlenmiştir.



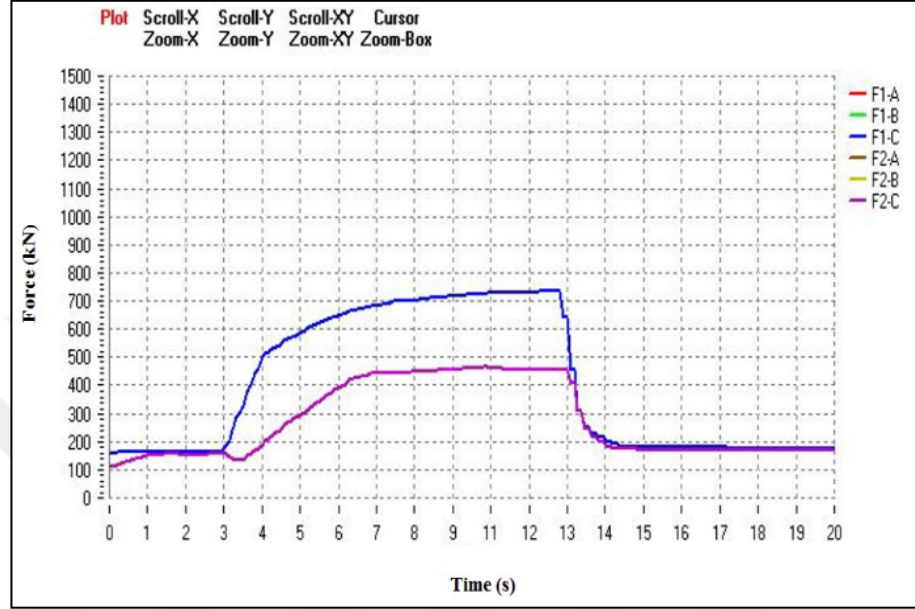
Şekil 4.11. Mekanik test öncesi prototip muavin koltuğu görüntüsü



Şekil 4.12. Test esnasındaki çekme kuvvetleri etkisindeki prototip koltuk görüntüsü

Şekil 4.13 de mekanik çekme testi esnasında koltuk üst ve alt blok kuvvetlerine etki eden kuvvetin zamanla değişimi verilmiştir. Çekme testi esnasında test cihazı bilgisayar kontrolüyle test süresi boyunca tüm değişimler kayıt altına alınıp koltuğa gelen kuvvetlerin bire bir yansıttığı durum incelenmiştir.

Grafiği inceldiğimizde 3 s boyunca 100-200 N aralığında ön yükleme yapıldıktan sonra koltuk 7 ile 13 s aralığında maksimum alt ve üst blok çekme kuvvetlerine maruz kalmıştır.



Şekil 4.13. Gerçek Çekme Testindeki Kuvvete-Zaman Eğrisi

Şekil 4.14'de koltuk emniyet kemer 3. noktasının bulunduğu güvenlik bölgesi gösterilmiştir. Bu bölge test esnasında üst çekme kuvvetlerinin en fazla yüke maruz kaldığı ve deplasman değerinin ölçüldüğü bölgedir. Mekanik test sonucu arkalık deplasman değeri 303 mm'dir. Görüldüğü gibi ilk analiz sonuçları ile uyumludur.



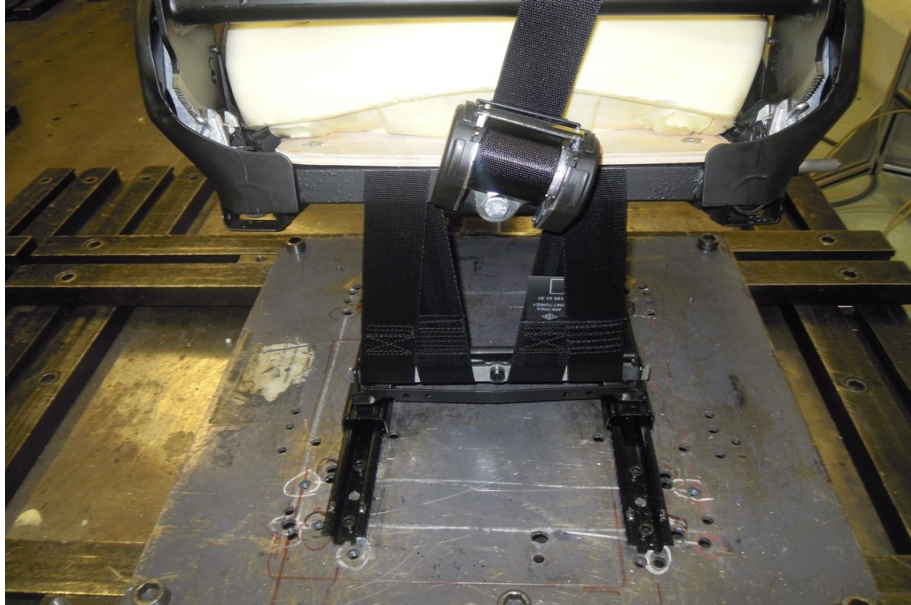
Şekil 4.14. Test sonrasındaki koltuk arkalık iskeleti üst emniyet kemer bölgesi

İlk sonlu elemanlar analiz sonuçlarını mekanik test sonrası elde edilen veriler ile karşılaştırdığımız da oturak boru profilindeki yerel deformasyonlar, Şekil 4.15’de görüldüğü gibi aynı bölgelerde gözlemlenmiştir. Birinci analizin aksine mekanik testlerde kullanılan 30*10*2 mm emniyet kemer profilinin, boru profil ve diğer sac parçalara göre etkisi daha düşüktür. Gerçek test sonuçlarını incelediğimizde de emniyet kemeri profilinin etkisinin boru profil ve sac parçalara göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.15. Mekanik test sonrasındaki koltuk oturak grubu boru profil bölgesi

Koltuğun diğer kısım grupları detaylı olarak incelendiğinde, şekil 4.16 ve 4.17’de gösterilen ikincil kemerin başlandığı emniyet kemer profilinde herhangi bir deformasyon görülmemiştir. Bu bölge üçüncü analiz sonuçları ile uyumludur ve herhangi bir deformasyon gözlenmemiştir.



Şekil 4.16. Mekanik test sonrasındaki koltuk ikincil kemer bölgesi

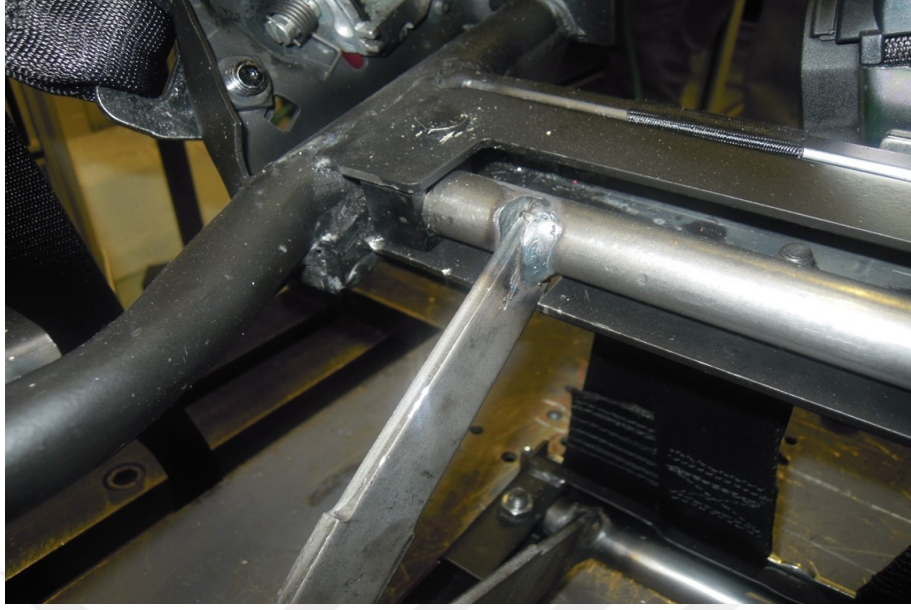


Şekil 4.17. Mekanik test sonrasındaki koltuk ikincil kemer bölgesi

Şekil 4.19’da koltuk oturak üst bölgesinde şekil 4.18’de gösterilen makas üst borusu ile retraktör mekanizmasının sabitlendiği üst makas sabitleme sacı gösterilmiştir. Prototip imalat aşamasında, bu sac parça oturak boru profil yapıya kaynak ile birleştirilmiş olup, statik makas düzlemselliğine etkisi de fonksiyonel olarak incelenmiştir.



Şekil 4.18. Mekanik test sonrasındaki koltuk oturak boru profil bölgesi



Şekil 4.19. Mekanik test sonrasındaki koltuk üst makas sabitleme sacı

Koltuğun diğer parça gruplarından şekil 4.20’de gösterilen koltuk statik makas grubunu incelediğimizde herhangi bir deformasyon gözlenmemiştir. Yeni makas yapısı istenilen dayanıma sahiptir.



Şekil 4.20. Mekanik test sonrasındaki koltuk statik makas görüntüsü

Şekil 4.21’de gösterilen koltuk oturak alt esneme grubunda alt makas borusunun yatakladığı bağlantı bölgelerinde herhangi bir kalıcı deformasyon görülmemiştir.

Statik makas alt borusu piston tahriki ile bu kanalda ileri geri hareketi yaparak koltuk yükseklik ayar fonksiyonu gerçekleşir. Ayrıca yükseklik ayarı için kullanılan gazlı piston ve bağlantı bölgelerde herhangi deformasyon görülmemiştir.



şekil 4.21. Mekanik test sonrasındaki koltuk alt makas ve gaz piston bağlantı bölgesi

şekil 4.22’de st makas borusunun yataklandığı kızak sac profil gösterilmektedir. Bu sac profil oturak borusuna kaynakla birleştirilip makas hareketinin doğrusal bir şekilde sağlanması için ölçüleri kontrol altına alınmıştır. Bu bölgede herhangi kalıcı bir deformasyon görülmemiş, makas st borusunun yataklaması fonksiyonel olarak da istenilen seviyelerdedir.



Şekil 4.22. Mekanik test sonrasındaki koltuk üst makas bölgesi

Analiz sonuçları ve test sonuçları değerlendirildiğinde, yapılan yeni mekanik koltuk testlerinde yüksek dayanım ve ömür beklentisi için 1,5 mm kalınlık ve S420 malzeme boru profilinin kullanılmasına karar verilmiştir. Sac parçalarda S420MC malzeme ve 2 mm kalınlık seçilmiştir. Yeni muavin koltuğu ECE R14 güvenlik testlerine tabi tutulmuş ve başarıyla geçmiştir.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada ağır ticari araçlara yönelik muavin koltuğu tasarlanmış ve geliştirilmiştir. Tasarımdaki kritik parçalar farklı malzeme ve kalınlıklarda seçilip tasarım doğrulama testleri gerçekleştirilmiştir. Uygun malzeme seçimi esnasında imal edilebilirlik, erişilebilirlik ve düşük maliyet gibi çeşitli ölçütler araştırılmıştır. Tasarım aşamasında, koltuğun bir CAD modeli birçok tasarım parametresinin varlığında tamamlanmıştır.

Koltuğa adapte ettiğimiz 3 nokta emniyet kemer alt ve üst etkin noktalarının ECE R14 yönetmeliğine göre incelemelerde uygun olduğu görülmüştür. Üst ve alt etkin noktalar belirlenen bölge sınırlarını aşmayacak şekilde güncellenebilmektedir.

Tasarımın fonksiyonel performansını doğrulamak ve mukavemeti artırmak için sonlu elemanlar analizi yapılmıştır. Kritik parçalardan oturak boru profili, makas kolu yataklama sacları ve emniyet kemeri bağlantı noktaları, uygulanan kuvvetlerden kaynaklanan yüksek gerilimlerden etkilenmiş ancak bu etkiler seçilen malzemelerin gerilme mukavemetlerinin sınır koşulları altındadır. Olası yerel deformasyonlar tasarım aşamasında tespit edilip ve yapıyla ilgili gerekli önlemler alındıktan sonra ve yeni yapı testlerden geçmiştir. Bilgisayar destekli analiz sonuçlarındaki elde edilen koltuk arkalık iskeleti deplasman değeri ile mekanik test sonuçlarından elde edilen arkalık deplasman değerleri % 95 uyumludur. Mekanik test sonuçlarına göre yeni muavin koltuğunun ECE R14 yönetmeliğinde belirtilen dayanım gereksinimlerini karşıladığı görülmüştür.

Muavin koltuğuna yeni özellikler eklenerek koltuk iskelet yapısında daha basit bir yapı elde edilmiştir. 3 nokta kemer testinden geçen statik makas sistemine sahip ilk muavin koltuğudur. Yeni prototip koltuk sayesinde güvenlik ve konfor kriterlerinden ödün vermeden % 15-20 ağırlık düşüşü elde edilmiştir.

Koltuk yatırım maliyetleri de koltuk parça sayısının azaltılması ile yaklaşık % 25 oranında düşmüştür. Ürün gruplarının fizibilite çalışmaları sonrasında kaynak ve montaj işçiliğinde önemli bir düşüş sağlanmıştır. Ayrıca koltuk birim parça maliyetlerindeki düşüş ile lojistik açısından da fiyat avantajı sağlanıp sektördeki pazar payı artmıştır.

KAYNAKLAR

- Altair Engineering Inc. 2007.** HyperMesh 8,0, User's Guide.
- Altay, A. T. 2010.** Otomotiv Kümeleri için Kapasite Oluşturma Projesi: OKÜMKAP.
- Anonim, 2017** Appendix A: Vehicle Classification Using FHWA 13-Category Scheme http://onlinemanuals.txdot.gov/txdotmanuals/tri/vehicle_classification_using_fhwa_13category_scheme.htm-(Erişim tarihi:11.01.2017)
- Bjelkengren, C. 2008.** The Impact of Mass Decompounding on Assessing the Value of Vehicle Lightweighting, *M.Sc. Thesis*, Massachusetts Institute of Technology, USA.
- Basri, B., & Griffin, M. J. 2014.** The application of SEAT values for predicting how compliant seats with backrests influence vibration discomfort. *Applied ergonomics*, 45(6): 1461-1474.
- Cho, H.Y., Kang, H. S., Lee, S. K. 2015.** Objective evaluation for the pulling force of seat belt in a vehicle, *Journal of Mechanical Science and Technology*, 29 (7): 2785-2791.
- Dassault Systems, 2013.** CATIA/CAD User's Manual. CATIA V5 R19.
- Du, X., Ren, J., Sang, C., & Li, L. 2013.** Simulation of the interaction between driver and seat. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, 26(6): 1234-1242.
- ECE R14 UNECE, 2006.** Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to safety-belt anchorages, ISOFIX anchorages systems and ISOFIX top tether anchorages, Addendum 13: Regulation No. 14 ECE R80 UNECE: Geneva, Switzerland.
- Fatollahzadeh, K. 2006.** A laboratory vehicle mock-up research work on truck driver's selected seat position and posture: A mathematical model approach with respect to anthropometry, body landmark locations and discomfort. *Doctoral thesis*, Royal Institute of Technology Department of Industrial Economics and Management Division of Industrial Ergonomics Lindstedtsvägen 30 S-100 44 Stockholm.
- Farag, M. M. 2008.** Quantitative methods of materials substitution: application to automotive components, *Materials & Design* 29(2): 374-380.
- Ghassemieh, E. 2011.** Materials in automotive application, state of the art and prospects, In: Marcello C, editor. New trends and developments in automotive industry, Rijeka InTech: 365-394.
- Hessenberger, K. 2003.** Strength analysis of seat belt anchorage according to ECE R14 and FMVSS. In Proceedings of the 4th European LS-DYNA Users Conference Crash/Automotive Applications II 22-23 May, Ulm, Germany.
- Hsiao, H., Whitestone, J., Wilbur, M., Lackore, J. R., & Routley, J. G. 2015.** Seat and seatbelt accommodation in fire apparatus: anthropometric aspects. *Applied ergonomics*, 51: 137-151.
- King, J. 2007.** The King Review of low-carbon cars-Part I: the potential for CO2 reduction, HM Treasury, London, ISBN-13: 978-1-84532-335-6.
- Kolich, M. 2014.** Using Failure Mode and Effects Analysis to design a comfortable automotive driver seat. *Applied ergonomics*, 45(4): 1087-1096.
- Kale, H. N., Dhamejani, C. L. 2015.** Design parameters of driver seat in automobile. *International Journal of Research in Engineering and Technology*. ISSN: 2319-1163.
- Lotus Engineering, 2010.** An Assessment of Mass Reduction Opportunities for a 2017-2020 Model Year Vehicle Program, March 2010- Rev 006A, Lotus Engineering: Norwich, UK.
- Mayyas, A., Qattawi, A., Omara, M., Shan, D. 2012.** Design for sustainability in automotive industry: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16: 1845-1862.

- Mooren, L., Ann, W. 2013.** Literature Review of Heavy Vehicle Driver Seatbelt Use. Centre for Road Safety Transport for New South Wales, Australia.
- More, R. U., Bindu R. S. 2015.** Comfort Analysis of Passenger Car Vehicle Seat. *International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT)* Volume 4, Issue 4: 95-100. ISSN: 2319-5967.
- Mandal, S. K., Maity, A., Ashok P. 2015.** Automotive Seat Design: Basic Aspects. *Asian Journal of Current Engineering and Maths* 4:5 September-October: 62-68.
- Ozturk, V., Durmus, A. 2016.** The Co-Driver Seat to Heavy Commercial Vehicles that Static Scissor Mechanism of a New Generation Applied Design in Turkish. Congress of Automotive Technology OTEKON 23-24 May, Bursa, Turkey.
- Parkinson, M. B., Reed, M. P., Kokkolaras, M., & Papalambros, P. Y. 2007.** Optimizing truck cab layout for driver accommodation. *Journal of Mechanical Design* 129(11): 1110-1117.
- Pachling, V. K., Prof. Chaitanya S. V. 2013.** Revive of design aspects of major components of Automotive Seat. *Asian Journal of Engineering and Technology Innovation* 01(01): 33-38.
- Prashant, M. P., Kumar, M. S, 2016.** Lightweight Options for Seat Structure in a Bus. *Journal of Advanced Engineering Research.* ISSN: 2393-8447 Volume 3, Issue 1: 72-77.
- Reed, M. P., Michelle M. L., Lawrence, W. S., 2000.** Methods for laboratory investigation of truck and bus driver postures. SAE Technical Paper 2000-01-3405.
- Thiyagarajan, P.B. 2008.** Non-Linear Finite Element Analysis and Optimization for Light Weight Design of an Automotive Seat Backrest. *Master's Thesis*, Clemson University, Clemson, SC, USA.
- Tan, C., Delbressine, F., Chen, W., Rauterberg, M. 2008.** Subjective and objective measurements for comfortable truck driver's seat. In Proceedings of the Ninth International Symposium on Advanced Vehicle Control: 851-856. Kobe, Japan.
- US Department of Energy Vehicle Technologies Office, 2013.** Trucks and Heavy Duty Vehicles Technical Requirements and Gaps for Lightweight and Propulsion Materials, Workshop Final Report, USA.
- United Nations, 2016.** Consolidated Resolution on the Construction of Vehicles (R.E.3). ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.4.
- Yuce, C., Karpas, F., Yavuz, N., Kaynaklı, O., Sendeniz, G., Dolaylar, E. 2013.** Prototyping a Lightweight Passenger Seat. IMECE2013-64381 ASME International Mechanical Engineering Congress & Exposition November 15-21 San Diego, California, USA.
- Yang, J., Lee, I., Choi, Sah, H. S. 2014.** Development of aspect dummy considering seat dimension factor, *Journal of Mechanical Science and Technology*, 28 (7): 2489-2492.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Veli ÖZTÜRK

Doğum Yeri ve Tarihi : 31.01.1988 / KIRCALI

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Bursa Hürriyet Anadolu Lisesi / 2006

Lisans : Bülent Ecevit Üniversitesi Makine Mühendisliği / 2011

Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi Otomotiv Mühendisliği /2017

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl : Baykal Makine A.Ş. 2012-2014

Rollmech Otomotiv A.Ş. 2014-2015

Grammer Koltuk Sistemleri A.Ş./2015-Devam

İletişim

: veli.ozturk@grammer.com

ozturk.velin@gmail.com

Yayınları

:

Öztürk, V., Durmus, A., 2016. Ağır Ticari Araçlar İçin Yeni Nesil Statik Makas Sistemine Sahip Muavin Koltuğu Tasarımı. *Uludağ Üniversitesi 8. Otomotiv Teknolojileri Kongresi OTEKON'16*, Bursa.

TEZ ÇOĞALTMA VE ELEKTRONİK YAYIMLAMA İZİN FORMU

Yazar Adı Soyadı	Veli ÖZTÜRK
Tez Adı	YENİ NESİL STATİK MAKAS SİSTEMİNE SAHİP ENTEĞRE 3 NOKTA EMNİYET KEMER UYGULAMALI MUAVİN KOLTUĞU TASARIMI VE GELİŞTİRMESİ
Enstitü	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Makine Mühendisliği
Tez Türü	Yüksek Lisans
Tez Danışman(lar)ı	Doç. Dr. Ali DURMUŞ
Çoğaltma (Fotokopi Çekim) izni	☐ Tezimden fotokopi çekilmesine izin veriyorum ☐ Tezimin sadece içindekiler, özet, kaynakça ve içeriğinin % 10 bölümünün fotokopi çekilmesine izin veriyorum ☒ Tezimden fotokopi çekilmesine izin vermiyorum
Yayımlama izni	☐ Tezimin elektronik ortamda yayımlanmasına izin Veriyorum

Hazırlamış olduğum tezimin belirttiğim hususlar dikkate alınarak, fikri mülkiyet haklarım saklı kalmak üzere Uludağ Üniversitesi Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığı tarafından hizmete sunulmasına izin verdiğimi beyan ederim.

Tarih: 31.07.2017

İmza: