

## OTOMOTİV KULLANICILARINDA GÖRÜNTÜLEME YÖNTEMİ KULLANILARAK KONFOR AÇILARININ ARAŞTIRILMASI

Onur ÜLKER<sup>1\*</sup>, Mehmet Ali ALTIN<sup>2</sup>, Mercan Haddad DERAFFSHI<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık Bölümü

ORCID No: <https://orcid.org/0000-0002-8108-6269>

<sup>2</sup> Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık Bölümü Eskişehir

ORCID No: <https://orcid.org/0000-0001-8992-7088>

<sup>3</sup> University of Tennessee at Martin, Department of Family and Consumer Sciences College of Agriculture

ORCID No: <https://orcid.org/0000-0001-8887-2185>

### Anahtar Kelimeler

Duruş analizi  
Otomotiv ergonomisi  
Kas ve İskelet Sistemi  
Zorlanma  
Konfor Açıları

### Öz

Ülkemizde ve Dünya’da karayolu ağlarının gelişmesi ve otomotiv kullanımının artmasıyla otomotiv içinde insanların geçirmiş olduğu süre geçmişe kıyasla daha da artmıştır. Otomotiv içinde geçirilen sürenin artması, kas ve iskelet sisteminde zorlanmaları da beraberinde getirmektedir. Literatür incelendiğinde otomotiv firmaları ve akademisyenler tarafından ürün ergonomilerini geliştirilmesi ve yaşam kalitesinin yükseltilmesi için yapılan pek çok çalışmaya rastlanılmaktadır. Bu çalışmalar, otomotiv kullanımında oturuştaki konfor açılarının hesaplanmasını ve kullanıcıların trafikte yola daha iyi hakim olmalarını hedeflemektedir. Bu çalışmada ise günlük hayattaki farklı senaryolar üzerinden, otomotiv kullanıcılarının oluşturduğu farklı vücut pozisyonlarının eklem açıları, kullanılan referans noktalarıyla yaratılan iskelet modeli üzerinden incelenmektedir. Açılar BTS Bio-Engineering vücut görüntüleme teknolojisi ile hesaplanmıştır. Çalışma kapsamında 4 adet otomotiv kullanıcısı 30 kişilik topluluk içinden seçilmiş ve seçilen kişilerin farklı grupları temsil etmesi hedeflenmiştir. Araştırma Oklahoma State Üniversitesi Mixed Reality Araştırma Lab.’da yapılmıştır. Araştırma bulgularına göre L4-L5 ve C6-C7 bölgesinde zorlanmalar olduğu ve kadın kullanıcıların otomotiv kullanması esnasında oluşan konfor açılarının erkek kullanıcılara göre daha dar açılar olduğu tespit edilmiştir.

## INVESTIGATION OF COMFORT ANGLES BY USING THE IMAGING METHOD

### Keywords

Posture analysis  
Car Ergonomics  
Musculoskeletal System  
Stress  
Comfort angles

### Abstract

With the development of highway networks and the increase in automotive use in our country and in the world, the time spent in automotive vehicles has increased compared to the past. Prolonged driving causes difficulties in the musculoskeletal system. Extensive literature conducted by automotive companies and academicians, aimed to improve product ergonomics, and increase the quality of life. These studies assessed comfort angles in automotive use and addressed driver comfort in high traffic. In our study, different body angles were examined by creating a skeleton model. This model represents automotive users who drive on a daily basis. Angles were calculated by BTS Bio-Engineering software. Four participants were chosen from a group of 30 drivers to represent diverse daily drivers. The study was conducted at the Mix Reality Lab of Oklahoma State University. Research findings indicate that there are strains in the lumbar spine (L4-L5), cervical spine (C6-C7), and that the comfort angles of female drivers are narrower than their male counterparts.

Araştırma Makalesi

Research Article

Başvuru Tarihi : 29.06.2021

Submission Date : 29.06.2021

Kabul Tarihi : 11.08.2021

Accepted Date : 11.08.2021

\* Sorumlu yazar e-posta: onurulker@eskisehir.edu.tr

## 1. Giriş

Ergonomi bilimi insan-mekan ve insan-makine ilişkisinin en konforlu biçimde oluşturulmasını hedefler. Ergonomi biliminin temel amacı, insan makine ara kesitinde, insanları makinelere göre pozisyon almaktansa, makine tasarımının uygun hale getirilmesini sağlamaktır (Carayon and Smith 2000; Ulker, 2020).

Ergonomi bilimi imalat esnasında verilen işlerin çalışana göre planlanmasını hedefler böylelikle çalışanlarda oluşabilecek zorlanma ve stresin en az seviyeye indirilmesini sağlar. İşveren ve işçi sağlık harcamalarının da azalmasını sağlayarak ülke ekonomisine katkıda bulunur.

Otomotiv sektörü ile ilişkili iç mekan konfor çalışmalarının pek çoğu son atmış yılda yapılmıştır. Bu çalışmada ve literatürdeki araştırmalarda otomotiv kullanıcılarının kas ve iskelet sisteminde deformasyon ve zorlanmalar ile ilişkili sorunlara ve çözüm önerilerine değinilmiştir. Son yirmi yılda yapılan araştırmaların ise; otomotiv iç mekan tasarımı ve otomotiv koltukları ile ilişkili olduğu gözlemlenmektedir. İnsan anatomisine uygun olmayan koltuk tasarımları nedeniyle, uzun mesafe sürüşlerinde kas, iskelet ve endokrin sisteminde hasar oluştuğu gözlemlenmiştir (Zhang vd., 2000; Kaya ve Akalp, 2017; Straker ve Mekhora, 2000, Gowtham vd., 2020)

Bu çalışmada, daha önce yapılmış araştırmalardan farklı olarak, uzun süreli ve kısa süreli otomotiv kullanan kadın ve erkek sürücülerde konfor açılarının ve vücut duruşlarının dijital kameralar yardımı ile tespiti hedeflenmiştir.

Otomotiv kullanıcılarının duruşlarını incelemek için kızıl ötesi kameralar kullanılarak bilgisayar destekli görüntü yakalama analizi yapılmıştır.

Daha önce yapılmış olan çalışmalar incelendiğinde, görüntüleme tekniği kullanılarak otomotiv kullanıcılarının konfor açılarının araştırıldığı çalışmalarla karşılaşmış ama cinsiyet ve yaş farkına göre ve farklı senaryolara göre araç içi duruşlarının incelendiği bir çalışma olmadığı gözlemlenmiştir. Literatüre katkı sağlamak amacıyla, farklı duruşlardaki konfor açıları araştırılmıştır.

Literatür incelendiğinde, araç iç mekan tasarımdaki en önemli 3 noktadan birisi olan koltuk tasarımı pek çok araştırmacının ilgisini çekmiştir (Zhang vd., 1996; Guenaelle 1995; Kamp 2002; Schmidt vd., 2014).

Otomotiv firmaları ve bağımsız araştırmacılar, konfor açılarına dayalı ergonomik oturma postürünü araştırmış ve belirli aralıkta konfor açıları önerilmiştir. Bu çalışmada da görüntüleme tekniği kullanılarak optimum açıların bulunması hedeflenmiştir.

## 2. Bilimsel Yazın Taraması

Günümüzde, ticari kaygılar duyan otomotiv imalat firmaları, tasarladıkları araçlarda iç mekan tasarımlarını standart ölçüye sahip insan formuna göre planlamaktadır. Otomobillere ölçüsü ayarlanabilen koltuk, direksiyon gibi donanımlar yerleştirilmiş olsa bile, firmaların oluşturmuş olduğu bu aralık seviyeleri dünya üzerindeki bütün toplumlara hitap etmemektedir. İnsan ölçüleri farklı coğrafyalarda yaşayan toplumlara ve ırklara göre farklılıklar göstermektedir. Alman ve Japon toplumunu örnek olarak gösterecek olursak, vücut ölçülerindeki ortalama farkı 30 cm gibi önemli büyüktür (Eldem vd., 2019).

Otomotiv iç mekan tasarımı yapılırken, güvenli sürüş ve kullanıcı konforu öne çıkar. Doğru ölçülerde imal edilmemiş otomotivler kazaya neden olabilir. Sürücü koltuklarının yükseklik ayarları doğru olmalı, direksiyon simidi kullanıcıların dizine değmemeli, otomotiv kullanımı esnasında kullanıcıların göz mesafesi yolu tamamen tarayacak yükseklikte olmalıdır. Gaz, fren ve debriyaj pedallarının mesafesi iyi ayarlanmalı ve kullanıcıların antropometrik değerlerine uygun olmalıdır (Kaya ve Özok, 2017).

Otomotiv sektöründe çalışan firmalar, araç iç mekan ergonomisinin gelişimi ve sürüş konforunun artması için koltuk tasarımı ve araç kullanımı esnasındaki vücut duruşlarının araştırılmasına önem vermektedir (Gyi vd 1998; Guenaelle 1995; Andreoni vd., 1999). Otomotiv kullanımı esnasında ve otomotiv tasarımındaki en önemli unsur kullanıcıların ve yolcuların vücut duruşudur (Gyi vd., 1998).

Araç iç konforu ve güvenliği ergonomik risk faktörlerine bağlıdır (Zhang vd., 1996). Otomotivler için iyi bir koltuk tasarlanmadığı durumda, bel ağrısı, sırt ağrısı ve boyun ağrısı kronikleşebilir ve kas iskelet sisteminde kalıcı problemlere yol açabilir (Grieco, 1998). Otomotiv koltuk tasarımı, konutlarda kullanılan koltuklara kıyasla daha kompleks ve zor kriterlere bağlıdır. Konutlarda kullanılan koltukla otomotivde kullanılan koltukların arasındaki en önemli fark ayakların pedallara basması gerekliliğidir. Araç kullanılırken sürekli gaz, debriyaj ve fren pedallarının kullanılmasından dolayı bel ve sırt kısmının mutlaka destekli olması gerekmektedir. Bel ve sırt kısımlarında yeterli destek olmadığı durumda vücut dengesi kaybolmakta sağ veya sol bölgelere fazla yük binmektedir.

Yük dağılımını dengelemek amacıyla koltuk tasarımında çeşitli eklentiler yapılmakta, koltuklara yapılan bu eklentiler sürücünün hareketlerini de kısıtlamaktadır. Hareketleri kısıtlanan sürücülerin belirli bir süre sonra sürüş güvenliği tehlikeye düşer. Otomotiv koltukları tasarlanırken sadece kullanıcıların nasıl rahat edeceği değil aynı zamanda kullanıcıların trafik içerisindeki görüş alanı ve araç

içindeki kumanda yeteneğinin de kaybolmaması amaçlanmalıdır. (Chaffin ve Anderson 1991).

Araç kullanırken, lomber bölgesinde deformasyonlar ve vücudun boyun ve sırt bölgelerinde ağrılar oluşmaktadır. Uzun yolculuklar sonunda sürekli gaz pedalına basmaktan bacak kaslarında kramplar ve kan dolaşımında bozulmalar yaşanmaktadır. Büyük şehirlerde dur-kalk yaparak ilerlenmesi durumunda omurilik disklerinde dejenerasyon oluşmaktadır. (Huang vd., 2004)

Literatür incelendiğinde, otomotiv sektöründe faaliyet gösteren Ar-Ge birimleri ve bağımsız araştırmacıların yaptığı 30'dan fazla yayınlanmış çalışmaya ulaşılmıştır. Çalışmaların pek çoğunda, sağlıklı vücut duruşunun araştırılmasında en doğru çalışma yönteminin eklemlerdeki açıların incelenmesi olduğu belirtilmiştir. Araç içi oturma duruşlarına dair ilk çalışma, 1940 yılında Lay ve Fisher tarafından yapılmıştır. Lay ve Fisher, çalışmasında 250 kişinin katılımıyla, kalça eklem açısının 104-107 derece arasında olması gerektiğini belirtmiştir. Konu hakkında en çarpıcı çalışma ise 1979 yılında Babbs tarafından yapılmış, bütün eklemlerin açıların hesaplamaları ve ölçümleri yapılmıştır. Bu çalışma DIN 33408 standardına (1987) ışık tutmuş ve optimum açıları standartlaşmıştır. Son yıllarda ise dijital modelleme ile RAMSIS (1994) yazılımı oluşturulmuş, bilgisayar ortamında optimum açıları hesaplanmıştır (Lay ve Fisher 1940; DIN 33408; Seidl, 1997).

Graf vd., 1995 yılında, beş farklı günlük oturma eylemini incelemiş ve vücut duruşları hakkında araştırma yapmışlardır. Vücut duruşumuzun sağlıklı olması için eklemlerimiz vücudumuzun her hareketinde doğru pozisyonu alması gereklidir. Vücudumuz kas aktivitesi sırasında ligamentlerin (bağ) desteği ile stabil kalmak için, birçok kasın uyumlu çalışmasını sağlar. (Graf vd., 1995).

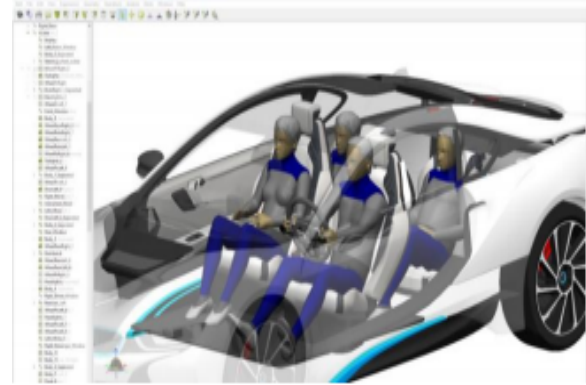
Andreoni vd., 2002 yılında otomotiv kullanımındaki vücut duruşlarının araştırılması ve kullanılan otomotiv koltuklarının üzerindeki basınç değerlerini ölçmek için metot analizi yapmışlardır. Araştırma kapsamında kullanılan görüntüleme yönteminde vücut üzerindeki 21 noktaya ve koltuk üzerinde 7 noktaya fosforlu işaretleyici toplar yerleştirilmiş, vücut üzerinde 14 farklı bölgenin açısı hesaplanmıştır. Leğen kemiği bölgesinin %66, Lomber bölgesinin %27 ve sırt bölgesinin %7 basınç uyguladığı iddia edilmiştir (Andreoni vd.,1999).

Zhou vd., 2017 yılında otomotiv kullanıcılarının rahatsız oldukları vücut açıları araştırmışlardır. 2 farklı araç kokpit numunesini oluşturmuşlar, bu numunelerde, direksiyon açısı, koltuk açısı, pedalların yerleşimi ve açıları incelenmiş, ideal kullanım koşullarını önermişlerdir (Zhou vd., 2017).

2012 yılında Kamp, hafif ve konfor değeri yüksek

olan araç koltuğu tasarımı üzerinde çalışmalar yapmıştır. Çalışmalar BMW firmasıyla birlikte yürütülmüş, 21 katılımcı ile çalışılmış ve 3 farklı koltuk modeli tasarlanmıştır. Kullanıcıların otomotiv koltuğundan, rahatlık, şıklık, sportiflik ve kaza esnasında koruyucu olmasını beklediklerini ifade etmişlerdir (Kamp, 2012).

Vogt vd., 2005 yılında yaptıkları çalışmada, RAMSIS (Rechergestütztes Anthropometrisches Menschmodell zur Insassen-Simulation) yazılımının gelişim sürecini ve optimum açı değerlerini açıklamışlardır. RAMSIS yazılımı, Alman Ergonomi Enstitüsü ve Münih Teknik Üniversitesi tarafından geliştirilmiştir. RAMSIS yazılımının hedefi ergonomik araç iç tasarımı yapmaktır (Vogt vd., 2005). RAMSIS yazılımı hazırlanırken, insan- araç birleşiminde en önemli unsur olan konfor açıları ele alınmıştır. RAMSIS yazılımına ait kullanıcı arayüzü Şekil 1'de verilmiştir.



**Şekil 1. RAMSIS Yazılımı Kullanıcı Arayüz Görüntüsü (Kuebler vd., 2018)**

Schmidt vd., 2014 yılında otomotiv kullanıcılarının, konfor açılarının yer aldığı 30 adet makaleyi incelemiş ve derleme yapmışlardır. Yapılan derlemede çalışmaları ele alan bir tablo hazırlanmış ve 14 konfor açısı üzerinde durulmuştur (Schmidt vd., 2014).

Daha önce yapılmış olan akademik çalışmalarda RULA (Rapid Upper Limb Assessment), RAMSIS (Rechergestütztes Anthropometrisches Menschmodell zur Insassen-Simulation), OWAS (Ovako Working Postures Analysing System), CATIA V5 araştırma yöntemleri ve yazılımları kullanılarak kas iskelet sistemi incelenmiştir (Brisson vd., 1999). Bu çalışmada ise BTS Bio-Engineering Motion Capture görüntü yakalama tekniği kullanılarak sayısal değerler elde edilmiştir.

### 3. Yöntem

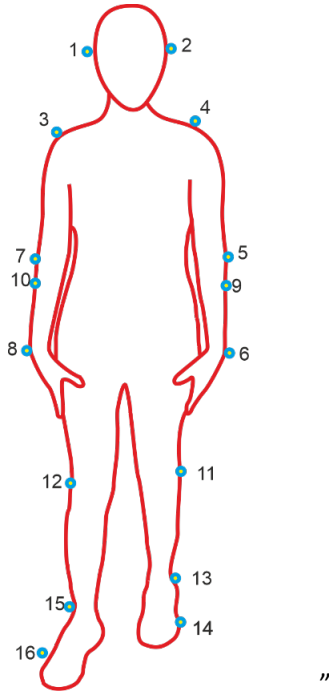
Araştırmamız, 22-06-2018 ile 22-06-2019 tarihleri arasında, Oklahoma State Üniversitesi 19-171 sayılı ve numaralı etik kurul kararına bağlı kalınarak, Stillwater kentinde bulunan Oklahoma State Üniversitesi kampüsünde yapılmıştır.

Oklahoma eyaletinde yaşayan, 30 kişilik Türk grubu içerisinde, 4 kişi rastgele seçim yöntemi ile seçilmiştir. Seçilen kişilerin boy ortalaması erkekler için, 175 cm, kadınlar için 162 cm, kilo ortalaması erkekler için 78 kg, kadınlar için, 59 kg. olarak ölçülmüştür.

Araştırmaya katılanların vücutlarında 14 farklı noktaya eklem hareketlerini ve açıları tespit etmek için fosforlu işaretleyici küreler yapıştırılmıştır. Şekil 1. Fosforlu işaretleyici kürelerin yapıştırıldığı yerler gösterilmiştir. Şekil 2'de katılımcıların vücutlarına yapıştırılan işaretleyici kürelerin yerleri verilmiştir.

Eğitim ve İnsan Bilimleri Fakültesinde yer alan Mixed Reality laboratuvarına otomotiv simülasyonu yapmak için düzenek kurulmuştur. Kurulan düzenekte, otomatik vites kullanımı modellenmiştir. Düzenek hazırlığı, ikinci el Ford marka bir araca ait koltuk vites ve fren-gaz takımları sökülerek ve laboratuvarında kutu profiller kullanılarak gerçek koşulları aratmayacak şekilde yapılmıştır.

Son yıllarda otomatik vitesli araçların satış rakamları yüksek olduğu için otomatik vites düzeneği tercih edilmiştir. Araştırmamızda manuel vites takımı ile çalışan bir otomotiv tercih edilmiş olsaydı sonuçlarda farklılık olabilirdi.



Şekil 2. Vücutta İşaretleyici Kürelerin Yapıştırıldığı Bölgeler

Deneye katılanların otomotiv sürüş esnasında aldıkları pozisyonlar modellenmiştir. Sürüş esnasında oluşabilecek pozisyonlar BTS Bio-Engineering yazılımı ve kamera sistemi kullanılarak görselleştirilmiştir. Çalışma yapılan "Mixed Reality" laboratuvarı ve kızılötesi kamera düzeneğine ait görsel Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Mixed Reality Lab. BTS Bio-Engineering Dijital Kamera Sistemi

Araştırma kapsamında kullanılmış olan, BTS Bio-Engineering Motion Capture yazılım ve donanımının teknik özellikleri incelendiğinde, çözünürlüğü 1 mega piksel ve en yüksek frekans yakalama miktarı 300 fps olan yedi adet kızılötesi dijital kamera bulunduğu görülmektedir.

Konfor açıları kamera yardımı ile kayıt altına alınmıştır. Konfor açılarına ait hesaplamalara ait denklemler aşağıda verilmiştir (1-7).

$$\Theta(t) = [\theta_1(t) \dots \theta_j(t) \dots \theta_n(t)]^T, \quad (1)$$

$\theta_j^*$  ( $\theta_j=1, \dots, n$ ), bağımsız  $j$  vücut açı noktalarını ve  $t$   $[0, T]$  ise zaman aralığını temsil etmektedir. Burada amaç, bağımsız hareketlerin nicel şekilde ölçülmesi ve hareketlerin görev alanlarındaki gruplara göre sınıflandırılmasıdır.

$$C_x^i = \int_0^T (x(t) - x^i(t)) dt, \quad (2)$$

$$C_y^i = \int_0^T (y(t) - y^i(t)) dt, \quad (3)$$

$$C_z^i = \int_0^T (z(t) - z^i(t)) dt, \quad (4)$$

Burada,  $[x(t) \ y(t) \ z(t)]^T$  ve  $[x^i(t) \ y^i(t) \ z^i(t)]^T$  etki yörüngesini ifade etmektedir.  $C_x^i$ ,  $C_y^i$  ve  $C_z^i$  eklem

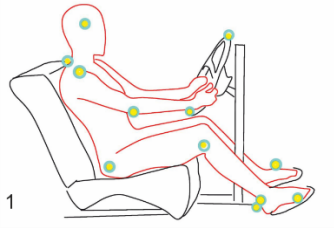
hareketindeki bağımlı yörünge dengeleyicileridir. Farklı eklem rotasyonlarındaki etkilerinin 100 'lük sistemde karşılaştırılması için 5-6 ve 7 denklemleri kullanılır (Park vd., 2005).

$$PC_x^i = 100 \frac{C_x^i}{\sum_{j=1}^J |C_x^j|}, \quad (5)$$

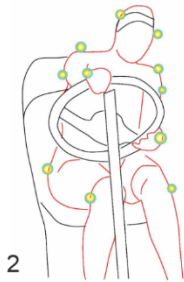
$$PC_y^i = 100 \frac{C_y^i}{\sum_{j=1}^J |C_y^j|}, \quad (6)$$

$$PC_z^i = 100 \frac{C_z^i}{\sum_{j=1}^J |C_z^j|}. \quad (7)$$

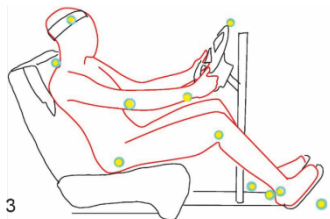
1-Numaralı sürüş simülasyonu



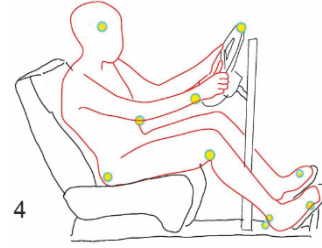
2-Numaralı sürüş simülasyonu



3-Numaralı sürüş simülasyonu



4-Numaralı sürüş simülasyonu

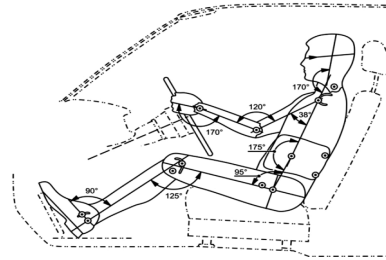


Şekil 4. Farklı Sürüş Duruşlarına Ait Görseller

Şekil 4' de görüntüleme yöntemi kullanılarak yapılmış farklı simülasyonlara ait duruşların görselleri verilmiştir. Otomotiv kullanımı esnasında sıklıkla oluşan hareketler,

1. Şerit değiştirmeden yolu takip etmek,
2. Sola doğru viraj alma pozisyonu,
3. Sağa doğru viraj alma pozisyonu,
4. Aniden şerit değiştirme durumu,

Otomotiv kullanımdaki konfor açıları, DIN 33408-1:2008-3 standardına bağlı kalarak oluşturulmuştur. DIN 33408 standardına ait görsel Şekil 5'te paylaşılmıştır.

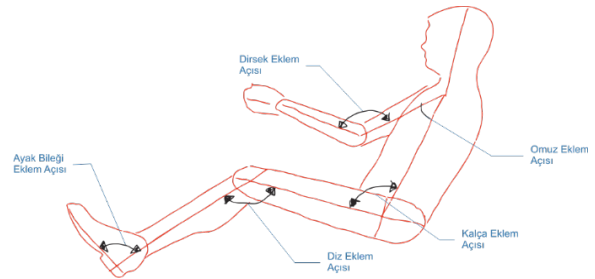


Şekil 5. DIN 33408'e konfor açıları (DIN 33408)

Otomotiv kullanıcılarının:

- Dirsek eklemi açısı,
- Omuz eklemi açısı,
- Kalça eklem açısı,
- Diz eklem açısı,
- Ayak Bileği Eklem Açısı,

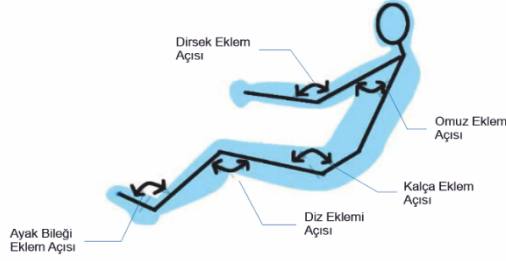
İncelenmiştir ve sayısallaştırılmıştır. Ölçüm yapılan konfor açılarına ait görsel Şekil 6'da verilmiştir.



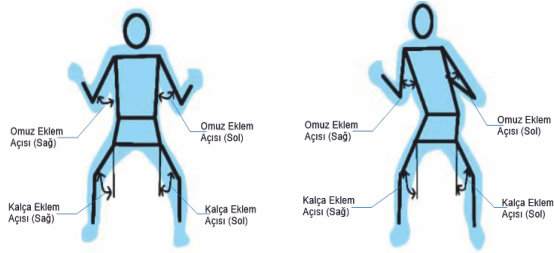
Şekil 6. Ölçüm Yapılan Konfor Açıları

#### 4. Sonuçlar

Araştırmamıza gönüllü katılan dört kişiden, ikisi kadın, ikisi erkektir. Böylelikle erkek ve kadınların otomotiv içerisindeki olası farklı duruşları analiz edilmiştir. Katılımcıların ayak bileği açısı, diz eklem açısı, kalça eklem açısı, omuz eklem açısı, dirsek eklem açısı incelenmiştir. Ölçüm yapılan konfor açıları Şekil 7’de verilmiştir.

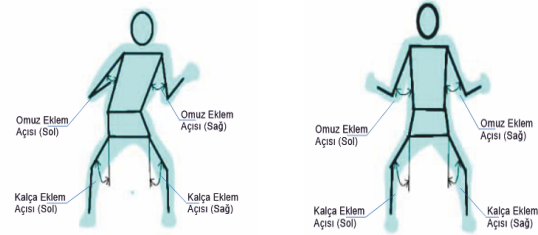


Otomotiv kullanırken oluşan vücut duruşunda sağ profilden ölçüm yapılan açıları



50km mesafeden daha az otomotiv kullanılması hali

Sola keskin dönüş yapılması hali



Sağa keskin dönüş yapılması hali

50 km mesafen daha fazla otomotiv kullanılması hali

#### Şekil 7. Hesaplanan Konfor Açıları

SPSS paket programı kullanılarak, BTS Bio-Engineering yazılımı ile elde edilen verilerin normal dağılıma sahip olup olmadığına bakılmış, verilerin Kolmogorov Simirnov ve Shapiro Wilk testlerinin sonuçlarına bakılmış, çarpıklık ve basıklık değerleri incelenmiş ayrıca varyasyon katsayısı %16 çıkmıştır, bu değerlere göre konfor açılarının normal dağılıma sahip olduğu tespit edilmiştir.

Konfor açıları, kullanım şekline ve kullanıcıların verilerine bağlı kalınarak çift yönlü varyans analizi yapılmıştır.

Tespit edilen değerlerin gruplandırılması amacıyla Duncan çoklu aralık testi tercih yapılmıştır. Araç kullanımı esnasındaki vücut açılarının tespitinin ve analizinin yapılması için hesaplanan açıları, katılımcılar (yaş cinsiyet), sürüş modu ve sürüş duruş türleri ile ilişkili olarak tekli veya grup etkileşimi vücut açıları üzerindeki etkisine ait varyans analizi Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. Varyans Analiz Tablosu

Değişkenler	Karelerin Toplamı	Serbestlik Derecesi	Karelerin Ortalaması	F	Hata Seviyesi
Eklem bölgeleri	1923371,05	13	147951,62	69697,504	,00
Sürüş koşulları	1574,647	3	524,882	247,263	,000
Katılımcılar (yaş-cinsiyet)	997,362	3	332,454	156,613	,000
Vücut açıları* sürüş koşulları	11263,478	39	288,807	136,052	,000
Vücut açıları* katılımcılar	214,388	39	5,497	2,590	,000
Sürüş koşulları* katılımcılar	822,165	9	91,352	43,034	,000
Vücut açıları* sürüş koşulları* katılımcılar	489,835	117	4,187	1,972	,000
Hata	1426,500	672	2,123		
Toplam	6600300,000	896			
Düzeltilmiş toplam	1940159,460	895			

Varyans analiz sonuçları incelendiğinde;

- Eklem bölgeleri,
- Sürüş koşulları,
- Katılımcılar (Yaş-Cinsiyet)

Tekli faktörlerin ana etkileri, ikili etkileşim grupları ve üçlü etkileşim grupları ( $p < 0.005$ ) vücut açılarındaki etkilidir.

Vücut açılarındaki etkili olan değişkenlerin aralıklarının ve gruplarının bulunması amacıyla Duncan çoklu aralık testi yapılmıştır. Tablo 5 ‘de otomotiv kullanımı esnasında oluşan konfor açılarının sağdan

alınan ölçümleri ile soldan alınan ölçümlerinin farklı gruplarda olduğu gözlemlenmiştir.

**Tablo 5. Vücut Açıları ve Homojenlik Grupları**

Vücut Açıları	Homojenlik Grupları													
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
Sola viraj dön.														
Kalça eklemi açısı	64	10,43												
Sola viraj dön.														
Omuz eklemi açısı	64		11,44											
Sağa viraj dön.														
Omuz eklemi açısı	64			14,42										
Sağa viraj dön. Kalça eklemi açısı	64													
Sol omuz eklemi açısı	64													
Sağ omuz eklemi açısı	64													
Sağ kalça eklemi açısı	64													
Sol kalça eklemi açısı	64													
Sağ ayak bileği eklemi açısı	64													
Sol-diz eklemi açısı	64													
Sol-ayak bileği eklem açısı	64													
Sağ diz eklem açısı	64													
Sol dirsek açısı	64													
Sağ dirsek açısı	64													

Bu bulgular, otomotiv kullanımı esnasında sağda vites, multimedya cihazı ve bazı sinyallerin olması,

solda ise dikiz aynasının bulunmasının oturma duruşunu etkilediğini göstermektedir. Ev ortamında herhangi bir koltukta otururken sağ ve sol açılarda bu derece farklılıklar olmamaktadır. Konfor açılarının sayısal değerleri incelendiğinde, en küçük değer sol viraj dönüşlerinde oluşan kalça eklemi açısı ( $10,43^\circ$ ) olduğu görülmüştür. En yüksek değerde olan konfor açısı ise sağ dirsek ( $127,1^\circ$ ) açısıdır.

**Tablo 6. Kullanım Şekli ve Homojenlik Grupları**

Kullanım Şekli	Adet	Homojenlik Grupları			
		A	B	C	D
Sağ-viraja girerek manevra yapmak	224	70,41°			
50-km mesafen kısa-araç kullanmak	224		71,53°		
Sola-viraja girerek manevra yapmak	224			72,50°	
50-km mesafeden uzun-araç kullanmak	224				74,02°

Tablo 6'da dört farklı sürüş kullanım formunda oluşan vücut açıları incelenmiştir. Duncan analizine göre sağ yönde viraja girmek ile sol yönde viraja girmek arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmaktadır. Uzun mesafeli araç kullanımı ile kısa mesafeli araç kullanımı arasında ise istatistiksel olarak fark olduğu gözlemlenmiştir.

**Tablo 7. Katılımcılar ve Homojenlik Grupları**

Yaş	Adet	Homojenlik Grupları			
		A	B	C	D
Kadın < 45 yaş	224	70,38°			
Kadın > 45 yaş	224		72,23°		
Erkek < 45 yaş	224			72,66°	
Erkek > 45 yaş	224				73,19°

Tablo 7'de 45 yaş altı kadın kullanıcıların vücut açıları ile 45 yaş üzeri kadın kullanıcıların vücut açıları arasında fark olduğu, aynı şekilde 45 yaş altı ile 45 yaş üzeri erkek kullanıcılar arasında da fark olduğu gözlemlenmiştir. Yaş ile sürüş esnasında oluşan konfor açıları arasında farklılık olduğu görülmüştür.

**Tablo 8. Konfor Açılarının DIN, REBIFE ve RAMSIS ile karşılaştırılması**

		Konfor Açılarının Ortalaması	Standart Sapma	DIN	Rebiffe	RAMSIS
Ayak Bileği,	Sağ	99,31°	0,816497	90°	90°	103°
Diz	Sağ	119,06°	12,11318	125°	95°	119°
Kalça	Sağ	97,56°	3,68273	95°	95°	99°
Omuz	Sağ	31,69°	1,47196	38°	10°	22°
Dirsek	Sağ	127,17°	1,707825	120°	80°	127°
Ayak Bileği	Sol	118,67°	11,2574	90°	110°	103°
Diz	Sol	112,22°	5,822013	125°	135°	119°
Kalça	Sol	92,5°	3,937004	95°	120°	99°
Omuz	Sol	30,86°	1,414214	38°	45°	22°
Dirsek	Sol	122,59°	2,286737	120°	120°	127°
Omuz Viraj-1	Sağ	14,42°	0,645497	***	20°	15°
Omuz Viraj-2	Sol	11,44°	0,645497	***	30°	12°
Kalça Viraj-1	Sağ	21,72°	2,25	***	9°	24°
Kalça Viraj-2	Sol	10,44°	0,866025		11°	11°

Tablo 8’de sürüş konforunu etkileyen 14 farklı vücut açısı incelenmiş, ölçümler sonucunda elde edilen verilerin RAMSIS ve DIN standartlarına yakın değerler taşıdığı tespit edilmiştir. Otomotiv iç mekan tasarımında koltuk tasarımı önemli yere sahiptir. Veriler incelendiğinde Kadın kullanıcıların daha dar açılarda otomotiv kullandığı, erkek kullanıcıların daha geniş açılarda otomotiv kullandıkları tespit edilmiştir. Bu durum kadın ve erkek fizyolojisinin farklı olmasıyla ilişkili olarak açıklanabilir. 50km’den daha az mesafede araç kullanımında daha

geniş açı hesaplanırken, sağa keskin dönüş yapılması durumunda açılarının ortalamasının daraldığı tespit edilmiştir. Eklem açıları incelendiğinde sola viraj dönüşündeki kalça eklem açısı (10,43°) en düşük değere sahipken, en geniş eklem açısının ise sağ dirsek açısı (127,17°) olduğu gözlemlenmiştir.

#### 4. Sonuçlar

Hayatımızın önemli bir parçası olan otomotivlerde her geçen gün daha fazla vakit geçirmekteyiz. Büyük şehirlerde sıkışık trafikte dur kalk yaparak bir noktadan bir noktaya ulaşmak bazen saatler sürmekte, bu durum, yanlış vücut duruşları yüzünden otomotiv kullanıcılarının kas ve iskelet sistemlerinde oluşan risk altına sokmaktadır. Pek çok bilim adamı otomotiv iç mekanı ve konforu hakkında araştırma yapmış sonuç olarak eklemelerde oluşan konfor açıları belirli sınırlar çerçevesinde olması gerektiğini belirtmişlerdir.

Otomotiv ergonomisi için yapılan çalışmaları üç farklı temel alanda görmekteyiz. Bu üç farklı temel alanın içinde otomotiv ergonomisi için hazırlanmış yazılımlar, REBA ve RULA analizleri ve görüntüleme teknolojileridir. Bizim çalışmamızda, laboratuvar ortamında otomotiv koltuğu, direksiyon ve pedal takımları 1/1 ölçekli otomotiv modeli kullanılmış, cinsiyet ve yaş farkına bağlı değişebilen konfor açıları incelenmiştir. Kadın ve erkek sürücüler arasında sürüş konforu açısından büyük ölçüde fark olduğu gözlemlenmiştir. Kadınların erkeklerden daha dar açılar ile araç kullandığı, uzun mesafe sürüşlerde konfor açıları genişlediği kısa mesafede daraldığı gözlemlenmiştir. Otomotiv kullanıcıları için ilerleyen senelerde firmaların uzun yol ve şehir içi kullanımı için koltuk, direksiyon ve pedallarda, farklı ölçüler ve sertlikler sunması önerilmektedir. Gelecek çalışmalarda, farklı araç sınıfları içinden uygun koltuk modelinin araştırılması planlanmaktadır.

#### 5. Tartışma

Günlük otomotiv kullanımında, kas ve iskelet sistemimizin risk altında olup olmadığını anlamak için yapılmış olan bu çalışmada cinsiyet ve yaş farklarına göre konfor açıları incelenmiştir. Otomotiv kullanıcılarının konfor açıları 1945’lerden sonra merak konusu olmuş hem otomotiv imalatı yapan firmalar hem de bilim adamları konuyu detaylı olarak araştırmışlar, hatta otomotiv kullanımını daha rahat ve fonksiyonel hale getirmek için yeni buluşlara imza atmışlardır. Eldem ve arkadaşları (2019) yapmış oldukları çalışmada, otomotiv kullanıcılarında CATIA V5 programı kullanarak insan otomotiv modellemesi yapmışlar, REBA ve RULA analiz yöntemleri kullanarak otomobil sürücülerinde kas iskelet sisteminde oluşan risk analizlerini yapmışlardır. Yapılan ergonomik değerlendirmelere göre; sürücü koltuğu ve gaz pedalı arasındaki mesafelerin yeniden tasarlanması, sürücü koltuklarının sırt eğimlerinin düzenlenmesi ve



sol ayak için özel bir ayak koyma yeri planlanması şeklinde olmuştur. Naddeo ve Memoli (2009) yapmış oldukları çalışmada FIAT otomotiv firmasının geliştirmiş olduğu "Manikin" yazılımını kullanarak dijital insan modelleri oluşturmuşlar oluşturdukları modellere REBA analizi yapmışlardır, "Manikin" yazılımı ile elde edilen konfor açılarının en sağlıklı çözüm olduğunu iddia etmişlerdir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde iki boyutlu veya üç boyutlu modellerin farklı sonuçlar verdiği, ülkeden ülkeye farklı sonuçlar alındığı hatta koltuktan koltuğu bile farklı konfor açıların olduğu gözlemlenmiştir.

### Teşekkür

Çalışmamızın görüntüleme yöntemi analizi kısmının yapılması aşamasında, Oklahoma State Üniversitesi OSU- Mixed Reality Laboratuvarını kullanma imkanı sundukları için İnsan Bilimleri Fakültesi yönetimine teşekkür ederiz.

### Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

### Kaynaklar

Andreoni, G., Rabuffetti, M., Pedotti, A., Quattrocchio, S., Cerrone, M., & Tarzia, A. (1999). *Accessibility Simulation and Ergonomic Evaluation for Virtual Prototyping* (No. 1999-01-1925). SAE Technical Paper.

Carayon, P., Smith, M. J. (2000). Work organization and ergonomics. *Applied ergonomics*, 31(6), 649-662.

Chaffin, D.B. & Andersson, G.B., (1991). *Occupational Biomechanics*. 2<sup>nd</sup> ed. Wiley, New York, USA.

DIN 33408-1:2008-03, Körperumriss-schablonen - Teil 1: Für Sitzplätze

Eldem, C., Neslihan, T. O. P., Şahin, H. (2019). Dijital insan modelleri kullanarak otomobil sürücüsü duruş pozisyonlarının ergonomik değerlendirilmesi üzerine bir çalışma. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi (GMBD)*, 5(1), 22-31.

Graf, M., Guggenbühl, U., Krueger, H. (1995). An assessment of seated activity and postures at five workplaces. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 15(2), 81-90.

Grieco, A. (1998). Application of the concise exposure index (OCRA) to tasks involving repetitive movements of the upper limbs in a variety of manufacturing industries: preliminary validations. *Ergonomics*, 41(9), 1347-1356.

Gowtham, S., Ramnaath, M., Sudharsan, S., Kumar, B. L., Praneeth, V., Dinesh, S., Subramaniyam, M. (2020, August). Seating comfort analysis: a virtual ergonomics study of bus drivers in private transportation. *3rd International Conference on Advances in Mechanical Engineering (ICAME 2020)* (Vol. 912, No. 2, p. 022018). IOP Publishing. doi:10.1088/1757-899X/912/2/022018

Guenaelle, P. (1995, March). One methodology to evaluate automotive seat comfort. In *Proceedings of the Third International Conference on Vehicle Comfort and Ergonomics, Bologna, Italy* (pp. 29-31).

Gyi, D. E., Porter, J. M., Robertson, N. K. (1998). Seat pressure measurement technologies: considerations for their evaluation. *Applied Ergonomics*, 29(2), 85-91.

Huang, Y. H., Robertson, M. M. Chang, K. I., (2004). The role of environmental control on environmental satisfaction, communication, and psychological stress: effects of office ergonomics training. *Environment and Behavior*, 36(5), 617-637.

Kamp, I. (2012). The influence of car-seat design on its character experience. *Applied ergonomics*, 43(2), 329-335.

Kaya, Ö., Akalp, G. (2017). İş sağlığı ve güvenliği açısından elle taşıma işlerinin değerlendirilmesi (tekstil ve otomotiv sektörü örneği). *Is, Güc: Endüstri İlişkileri ve İnsan Kaynakları Dergisi*, 19(2), 79-90.

Kaya, Ö., Özok, A. F. (2017). Tasarımda antropometrinin önemi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 5, 309-316.

Kuebler, T., Wirsching, H., Barnes, D. (2018). Ramsis-Digital Human Modeling for Optimized Safety and Survivability of the Warfighter.

Latko, W. A., Armstrong, T. J., Franzblau, A., Ulin, S. S., Werner, R. A. Albers, J. W., (1999). Cross-Sectional Study Of The Relationship Between

- Repetitive Work and The Prevalence of Upper Limb Musculoskeletal Disorders. *American Journal of Industrial Medicine*, 36(2), 248-259.
- Lay, W. E., & Fisher, L. C. (1940). *Riding comfort and cushions* (No. 400171). SAE Technical Paper.
- Mah, C.D., Hulliger, M., Lee, R.G. O'Callaghan, I., (1994). Quantitative Analysis Of Human Movement Synergies: Constructive Pattern Analysis for Gait. *Journal of Motor Behavior*, 26, 83-102.
- Naddeo, A., Cappetti, N., Vallone, M., Califano, R. (2014). New trend line of research about comfort evaluation: proposal of a framework for weighing and evaluating contributes coming from cognitive, postural and physiologic comfort perceptions. In *Advances in Social and Organizational Factors*, Edited by Peter Vink, Published By "Advances in Human Factors and Ergonomics" Conference.
- Park, W., Martin, B. J., Choe, S., Chaffin, D. B. Reed, M. P. (2005). Representing and Identifying Alternative Movement Techniques for Goal-Directed Manual Tasks. *Journal of Biomechanics*, 38(3), 519-527.
- Schmidt, S., Amereller, M., Franz, M., Kaiser, R., Schwirtz, A. (2014). A literature review on optimum and preferred joint angles in automotive sitting posture. *Applied ergonomics*, 45(2), 247-260.
- Seidl, A. (1997). *RAMSIS-A new CAD-tool for ergonomic analysis of vehicles developed for the German automotive industry* (No. 970088). SAE Technical Paper.
- Straker, L. & Mekhora, K. (2000). An Evaluation of Visual Display Unit Placement by Electromyography, Posture, Discomfort and Preference. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 26(3), 389-398.
- Ulker O. (2020). Koltuk İmalatındaki Zorlanmaların BAUA Yöntemi ile Değerlendirilmesi, *Ergonomi*, 3(1), 45-54.
- Vogt, C., Mergl, C., Bubb, H. (2005). Interior layout design of passenger vehicles with RAMSIS. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 15(2), 197-212.
- Zhang, X., & Chaffin, D. B. (1996, October). Task effects on three-dimensional dynamic postures during seated reaching movements: an analysis method and illustration. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 40, No. 13, pp. 594-598). Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications.
- Zhang, X., Nussbaum, M. A. Chaffin, D. B. (2000). Back Lift Versus Leg Lift: an Index and Visualization of Dynamic Lifting Strategies. *Journal of Biomechanics*, 33(6), 777-782.
- Zhou, B., Chen, L., Tian, J., Peng, Z. (2017, June). Learning-based seat belt detection in image using salient gradient. In *2017 12th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA)* (pp. 547-550). IEEE.