

STANDARTLARA UYGUN TASARLANAN BİR OFİS SANDALYESİNİN XSSENS VASITASIYLA ERGONOMİ ANALİZİ

Melike ÜNLÜ^{1*}, Bülent KAYA², Kadir Cem TUĞCU³

¹ Ersi Mobilya, ORCID No: <http://orcid.org/0009-0003-7051-1527>

² Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstriyel Tasarım Mühendisliği

ORCID No: <http://orcid.org/0000-0002-7943-8683>

³ Ersi Mobilya, ORCID No: <http://orcid.org/0000-0002-4071-2139>

Anahtar Kelimeler	Öz
Ergonomi Hareket yakalama Antropometri Sandalye tasarımı Ofis mobilyaları	<i>Uzun süre hareketsiz kalınan günümüz ofis çalışma ortamları, çalışanlar için birtakım ergonomi tabanlı sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Bu durumu minimize etmek için, ofis mobilyaları tasarım sürecinde yönlendirici bir dizi standart kullanılmaktadır. Bu çalışmada, ilgili standartlar ve dünya genelinde kabul gören antropometrik verilere göre tasarlanan bir ofis koltuğunun, kullanıcı davranışları üzerindeki etkisini incelemektir. Bu amaç doğrultusunda, şu araştırma soruları cevaplanacaktır. Hareketli pozisyonlarda, kullanılan antropometrik veriler günümüz kullanıcılarının ihtiyaçlarını karşılayabiliyor mu? Kullanıcı davranışları, antropometrik verilerin güncellenmesini gerektiriyor mu? Günümüzde kabul gören antropometrik veriler ışığında üretilen ofis mobilyaları, kullanıcıların genel ve bilinçsiz davranışlarını nasıl etkilemektedir? Bu amaçla bu çalışmada 5 kullanıcı üzerine Xsens IMU sensörleri yerleştirildi ve oturma sürecinde kullanıcı davranışları kaydedildi. Bu veriler her vücut segmenti için ayrı olacak şekilde Scalefit Ergonomi yazılımı ile analiz edilmiştir. Bu çalışma ile elde ettiğimiz bulgular, ilgili standartlara göre tasarlanan bir ofis koltuğunun ergonomisinin değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Elde edilen bulgular, katılımcılar arasındaki postürel farklılıkların, mevcut antropometrik verilerin dinamik oturma davranışlarını tam olarak karşılayamadığını ortaya koymaktadır.</i>

ERGONOMIC ANALYSIS OF AN OFFICE CHAIR DESIGNED IN ACCORDANCE WITH STANDARDS BY UTILIZING XSSENS

Keywords	Abstract
Ergonomics Motion capture Anthropometry Chair design Office furniture	<i>Today's office working environments, where employees are sedentary for long periods of time, cause a number of ergonomics-based health problems for employees. In order to minimize this situation, a number of standards are used to guide the design process of office furniture. This study seeks to answer the question to what extent an office chair designed according to the relevant standards and anthropometric data accepted worldwide meets user needs. In this context, the following research questions will be explored: Do current anthropometric datasets adequately accommodate users in dynamic postures? Do observed user behaviors indicate a need to update anthropometric standards? How does office furniture produced with today's accepted anthropometric data affect the general and unconscious behaviors of users? For this purpose, Xsens IMU sensors were placed on 5 users and user behaviors were recorded during the sitting process. These data were analyzed separately for each body segment with Scalefit Ergonomics software. The findings of this study were used to evaluate the ergonomics of an office chair designed according to the relevant standards. The findings reveal that postural differences among participants indicate that current anthropometric data do not fully capture dynamic sitting behaviors.</i>

Araştırma Makalesi	Research Article
Başvuru Tarihi : 10.10.2024	Submission Date : 10.10.2024
Kabul Tarihi : 04.06.2025	Accepted Date : 04.06.2025

* Sorumlu yazar e-posta: unlu.melike.96@gmail.com

1. Giriş

Günümüz çalışma ortamlarında, ofis çalışanlarının uzun süre sabit pozisyonunda kalmaları, kas-iskelet sistemi problemleri, yorgunluk ve konsantrasyon eksikliği gibi çeşitli sağlık sorunlarına yol açmaktadır. Özellikle masa başında uzun süre çalışan bireylerde, bu tür sorunlar daha sık gözlemlenmektedir. Yapılan araştırmalar, uzun süreli oturma ve hareketsizliğin postür bozukluklarına, bel ve boyun ağrılarına neden olabileceğini göstermektedir.

National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) verilerine göre, ofis çalışanlarının %60'ından fazlası çalışma hayatları boyunca en az bir kez bel veya boyun ağrısı yaşamaktadır. (NIOSH, 2020) Ergonomi bilimi, bu tür sorunları en aza indirmek ve iş yerinde çalışanların verimliliğini artırmak amacıyla, çalışma ortamlarının ve araçlarının insan vücudu ile uyumlu hale getirilmesini hedefleyen, çalışanın iş ortamına uyumunu gözetken bir bilim dalıdır. Ergonomik tasarımlar, antropometrik verilere dayanarak yapılmakta olup, bu veriler insanların fiziksel ölçümlerine ve ihtiyaçlarına göre belirlenir. Ancak, insan vücudu zamanla, yaşam sürecinde değişiklik gösterebilir. Veya genetik olarak farklı çağlarda popülasyonlar arasında antropometrik farklılıklar gözlemlenebilir (Claire vd., 2012). Bu durum ise, ilgili standartlarda kullanılan, mevcut antropometrik verilerin, zamanla güncelliğini kaybedebileceğine işaret etmektedir. Oysa antropometrik veriler, ergonomik tasarımın temelini oluşturur ve bu veriler ışığında üretilen ofis mobilyaları, kullanıcıların konforunu ve sağlığını en üst düzeye çıkarmayı hedefler. Uluslararası Ergonomi Derneği'ne göre, ergonomik mobilyalar, doğru oturma pozisyonlarını destekleyerek, kullanıcıların kas-iskelet sistemi üzerindeki yükü %30 oranında azaltabilir ve uzun süreli çalışma koşullarında bile rahatlık sağlar. (Ergonomics Association, n.d.)

Dünya genelinde yapılan araştırmalar, ofis çalışanlarının %60'ından fazlasının ergonomik sıkıntılar yaşadığını ortaya koymaktadır. Özellikle, uzun süre sabit pozisyonunda oturma nedeniyle bel, sırt ve boyun ağrıları en yaygın sorunlar arasında yer almaktadır (World Health Organization, 2020).

Bu veriler ışığında yapılan bu çalışmanın amacı, mevcut antropometrik standartlara göre tasarlanmış bir ofis sandalyesinin, farklı kullanıcı profillerinde oturma davranışları üzerindeki ergonomik etkilerini Xsens hareket yakalama sistemi ile analiz etmektir.

2. Bilimsel Yazın Taraması

Literatüre bakıldığında, ofis koltuklarının ergonomisi alanında yürütülen çeşitli çalışmalar göze çarpmaktadır. Bu alandaki araştırmalar

genellikle daha iyi duruşu teşvik etmek, kas-iskelet sistemi sorunlarını azaltmak ve işyerinde genel refahı artırmak için ofis koltuklarının tasarımına, ayarlanabilirliğine ve konforuna odaklanmaktadır. Çalışmalar genellikle bel desteği, koltuk yüksekliği, kolçaklar ve eğim mekanizmaları gibi sandalye özelliklerinin kullanıcı memnuniyeti ve sağlık sonuçları üzerindeki etkisini araştırmaktadır. Ayrıca, araştırmacıların uzun süreli oturma fiziksel sağlık ve üretkenlik üzerindeki etkilerini araştırdığı gözlenmektedir. Genel olarak, bu çalışmalardan elde edilen bulgular, ergonomik olarak tasarlanmış bir ofis koltuğu seçmenin ve iş günü boyunca optimum konfor ve performansı desteklemek için iyi oturma alışkanlıklarını uygulamanın önemini vurgulamaktadır.

Literatürde, ofis koltuğu ergonomisini değerlendirmek için çeşitli sensörler kullanılmıştır. Plastik fiber optik sensörler, tekstil kapasitif sensörler, basınç sensörleri ve kızılötesi yansıtıcı mesafe sensörleri, oturma pozisyonlarını izlemek ve kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarına yol açabilecek yanlış duruşları tespit etmek için akıllı ofis koltuklarında kullanılan sensörler arasındadır (Tavares vd., 2022; Martinez-Estrada vd., 2023; Jeong ve Park, 2021; Vlaović vd., 2007).

Bu sensörler, kullanıcılara gerçek zamanlı geri bildirim sağlamak için sandalyeye entegre edilmiştir ve yetersiz bir duruş tespit edildiğinde veya uzun süre aynı pozisyonunda oturdıklarında onları uyarır. Ek olarak, IoT duruş izleme sistemlerinde, otururken kullanıcılar tarafından uygulanan basınç noktalarını tespit etmek, farklı oturma duruşlarını tanımlama yardımcı olmak ve kas-iskelet sistemi hasarı riskini azaltmak için Kuvvete Duyarlı Dirençler (FSR) kullanılmıştır (Vlaović vd., 2022). Bu sensörlerin kombinasyonu oturma duruşlarının doğru bir şekilde izlenmesini ve sınıflandırılmasını sağlayarak oturma ile ilgili kas-iskelet sistemi bozukluklarının önlenmesine katkıda bulunur.

Literatürde yapılan bazı çalışmalar ise, sadece antropometri ve ergonomi analizi için değil aynı zamanda akıllı koltuk sistemleri tasarımı üzerindedir.

Lee vd. (2019), yaşlı insanların bazı yaygın günlük aktivitelerini algılayabilen ve sınıflandırabilen basit ve sofistike cihazlardan ve sensörlerden yapılmış, ancak hareketsiz konumlardaki bireylerin beş aktivitesini (yemek yemeyi, masa başında çalışmayı, televizyon izlemeyi, uyuklamayı ve öksürmeyi) tespit edecek kadar sağlam bir akıllı sandalye geliştirdi. Akıllı koltuk, altı basınç sensörü, bir analogdan dijitale dönüştürücü, mini bilgisayar ve bir geleneksel ofis koltuğundan oluşmaktadır. Kullanıcı otururken veri toplamak için koltuğa dört, dik oturduğunda bilgi toplamak için sırtlığa iki basınç sensörü yerleştirmiştir. Bu deneyden yola

çıkarak, yeni tasarlanan akıllı font ve standart sapma özelliklerini kullanarak, mevcut sistemin aktivite tanıma için %89'dan daha yüksek ve aktivite düzeyi tanıma için %98'den daha yüksek doğruluk elde ettikleri sonucuna ulaşılar.

Zazula vd. (2015), işlevsel sağlık durumunu ölçen, koltuğun arkasına ve oturmağında kapasitif sensörler bulunan bir akıllı sandalye sundular. Koltukta sensörler olmasına rağmen yazarlar koltuk kolçaklarındaki bir sensör cihazı tarafından yapılan ölçümlere odaklandılar. Bu ölçümler tahmini nabız geçiş süreleri arasındaki ilişki ile istirahat ve egzersizden sonra sistolik kan basınçlarının yetersiz uyumunu ortaya çıkarttı. Sonuç olarak referanslar ve modellenmiş tahminler arasındaki uyumun sistolik basınçlar için yeterince doğru olmadığını, ancak diyastolik basınçlar için kabul edilebilir olduğu sonucuna ulaşılar.

Kumar vd. (2016), oturarak yapılan aktivitelerin sonuçlarını ve koltuk arkasında akıllı algılama ile davranışları değerlendirmesi gerektiğini düşünen yazarlar, koltukta oturan kişinin günlük hareketsiz aktivitelerini ve davranışlarını müdahaleci olmayan bir şekilde algılayabilen ve analiz edebilen Care-Chair adlı bir akıllı sandalye sistemi tasarlamışlardır. Hasta Koltuğu sisteminin, yalnızca statik ve harekete dayalı hareketsiz etkinlikler ve duruşlar değil, kullanıcının işlevsel ve duyu temelli etkinlikleri de dâhil olmak üzere çok sayıda 19 ince taneli ve karmaşık hareketsiz kullanıcı etkinliğini sınıflandırabilmesi için gereklidir. Ve tüm bunların yanı sıra kullanıcının solunum hızını, yüksek doğruluk performansı ile tahmin etmek için bu sistemin doğrulandığı sonucuna ulaşılmıştır.

Anwary vd. (2019), vücut mekaniğini etkileyen ve çeşitli vücut segmentlerini zorlayan asimetrik oturma duruşunun (ASP) gerçek zamanlı görselleştirmesi üzerine sandalye tasarlamışlardır. Tasarlamış oldukları sistem ile pozitif değer okumaları sağ bölgenin basınç dağılımının sol tarafa göre daha yüksek, negatif değer ise sol tarafın sağ tarafın basınç değerinden daha yüksek olduğunu gösteren, asimetriyi belirleyerek günlük değerleri kaydeder ve toplam oturma duruşu, aktif, statik ve asimetri oturma sürelerini tahmin eder. Sonuç olarak önerilen sistemin kullanıcıların duruşunu tam olarak söyleyebileceği ve kullanıcıların kendi duruşlarını düzeltebilecekleri kanısına varmışlardır.

Sifuentes vd. (2019), sandalyede bir öznenin (veya nesnenin) varlığını tespit etmek ve doğrulamak için bir ölçüm sistemi geliştirmiştir. Tek bir kuvvete duyarlı direnç (FSR) kullanarak koltuk doluluğunu tespit etmek ve sınıflandırmak için önerilen sistem, önce kişinin ağırlığını izleyerek süreyi tespit etmekte ve daha sonra solunumunu izleyerek varlığını teyit etmektedir. Temassız elde edilen bu veriler ile kullanıcının sağlık durumunu izlemek, potansiyel

olarak zararlı durumları tespit etmek ve gevşeme modları için biofeedback sağlamak mümkündür. Sonuç olarak tanıtılan uygulamalar, nitelikli fitness eğitimi, bir rahatlama modu ve yardımcı işlevler sunarak potansiyel olarak kullanıcının refahını artırabilir.

Vergara ve Page (2002) tarafından yapılan önemli bir çalışma, nötr bir vücut duruşunu teşvik etmede sandalye ayarlanabilirliğinin önemini vurgulamaktadır. Araştırmaları, çoklu ayar seçeneklerine sahip sandalyelerin kas-iskelet rahatsızlığını önemli ölçüde azaltabileceğini ve uzun süreli oturma sırasında genel konforu artırabileceğini göstermektedir.

Kroemer ve Grandjean (2005), oturma fizyolojik etkilerini inceleyerek, kötü tasarlanmış sandalyelerin bel omurgası üzerinde artan baskıya neden olabileceğini ve bel ağrısına katkıda bulunabileceğini belirtmektedir. Uygun bel desteği ve ayarlanabilir özelliklere sahip ergonomik sandalyelerin, daha iyi omurga hizalaması sağlayarak bu sorunları hafifletebileceğini savunmaktadırlar.

Groenesteijn vd. (2012), tarafından yapılan bir çalışma, sandalyelerin hafif hareketleri teşvik ettiği dinamik oturma kavramını araştırmaktadır. Bulguları, dinamik sandalyelerin, kan dolaşımını iyileştirerek ve kas sertliğini azaltarak yorgunluk ve rahatsızlığı önlemeye yardımcı olabileceğini öne sürmektedir.

Jussila vd. (2017), tarafından tartışılan akıllı sandalye teknolojisindeki son gelişmeler, oturma duruşunu gerçek zamanlı olarak izlemek ve ayarlamak için sensör tabanlı geri bildirim sistemlerini içermektedir. Bu akıllı sistemler, kullanıcıların ergonomik oturma alışkanlıklarını çalışma günü boyunca sürdürmelerine yardımcı olmak için duruşlarını ayarlamaları konusunda uyarılar sağlayabilir.

Son olarak, Hedge ve Ray (2004) tarafından yapılan araştırma, ergonomik ofis sandalyelerine yatırım yapmanın ekonomik faydalarını vurgulamaktadır. Bu tür yatırımların devamsızlıkları azaltabileceğini, verimliliği artırabileceğini ve kas-iskelet sistemi bozuklukları ile ilgili sağlık maliyetlerini düşürebileceğini göstermektedirler.

Ergonomik sandalyeler, çalışma hayatını etkileyecek etkenleri en aza indirmek için kullanıcının fiziksel yapısına uygun olarak konfor ve destek sağlamak amacıyla tasarlanmıştır (Smith, 2018). Ancak, bu tasarımlar genellikle statik verilere dayanmaktadır. Bu noktada, hareket yakalama teknolojisi, kullanıcıların oturma davranışlarını ve postürlerini dinamik olarak izlemek için etkili bir yöntem sunar.

Bu çalışmada, ofis mobilyaları ve sandalyeler için

kullanıcının oturma ergonomisinin ayarlanabileceği sistemlerin geliştirilmesi amacıyla Xsens hareket yakalama teknolojisi kullanılarak dinamik antropometrik veriler toplanmıştır. Bu doğrultuda, 5 kullanıcı, Movella (Xsens) firmasının endüstriyel alanda kullanılan 17 adet IMU sensörleri ile donatılmış ve her biri 8 saatlik bir çalışma gününde veri toplama sürecine katılmıştır. Bu sensörler kullanıcının dinamik antropometrik verilerini 3 boyutlu ortama aktarıp objektif bir biçimde analiz etmeye olanak sağlamıştır.

Veri toplama işlemi için ergonomik standartlara uygun tasarlanan ve üretilen bir ofis koltuğu seçilmiştir. Bu sandalye, Ersu Mobilya tarafından üretilen ve TS EN 1335-1 ile TS EN 1335-2 standartlarına uygun olarak TSE dayanım ve ergonomi testlerinden geçmiş olan "PAN" ofis sandalyesi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu kullanılan donanımlar ile, ofis çalışanlarının oturma pozisyonlarına ve sandalye kullanım ayarlarına müdahale etmeksizin kullanıcıların oturma davranışlarını dinamik ve objektif olarak izlemek ve analiz etmek, böylece ergonomik iyileştirmeler sağlamak için gerekli verileri elde etmek için en optimal çözüm olarak seçilmiştir.

Verilerin analizi için Scalefit Ergonomi programı kullanılmıştır. Scalefit (Movella and Scalefit, 2023) ergonomi programı, Xsens hareket yakalama teknolojileri ile uyumlu çalışabildiği ve dünya standartlarında geçerli objektif ergonomi raporları sunduğu için tercih edilmiştir. Bu Scalefit kullanılarak yapılan analiz ile kullanıcıların ergonomik olarak sıkıntıya yol açabilecek oturma davranışları belirlenmiştir. Böylece ofis mobilyaları tasarımında ergonomik olarak iyileştirme sürecine katkıda bulunmak hedeflenmiştir.

3. Yöntem

Bu çalışmada, ofis mobilyaları ve sandalyeler için oturma ergonomisinin ayarlanabileceği sistemlerin geliştirilmesi amacıyla donanım olarak Ersu Mobilya'nın ürettiği "PAN" ofis sandalyesi ve Xsens hareket yakalama teknolojisi, yazılım olarak Xsens MVN Analyze Pro ve Scalefit Ergonomi kullanılmıştır. Çalışma kapsamında 5 gönüllü katılımcı, Movella (Xsens) firmasının 17 adet IMU sensörleri ile belirlenen segmentler üzerine yerleştirilerek, sandalye ayarları opsiyonel olacak şekilde 8 saatlik bir çalışma günü boyunca, webcam ile katılımcıların görüntüsü de alınarak veriler toplanmıştır. Bu çalışmanın yapılabilmesi için gereken etik kurul onay belgesi Erciyes Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Etik Kurulu tarafından 413 nolu başvuru ile 24/09/2024 tarihinde alınmıştır. Etik kurul onayı çıktıktan hemen sonra 25.09.2024 - 30.09.2024

tarihleri arasında verilerin toplanabilmesi için analize başlanmış olup, her gün bir kullanıcı olacak şekilde 5 gün mesai saatleri boyunca 5 kişi olacak şekilde analiz verileri toplanmıştır.

Toplanan veriler, Scalefit raporları kullanılarak analiz edilmiş ve kullanıcıların ergonomik sıkıntıya yol açabilecek oturma davranışları analiz edilmiştir.

Kullanılan materyaller şunlardır:

3.1 Xsens IMU Sensörleri ve MVN Analyze Pro:

Movella (Xsens) firmasının IMU (Inertial Measurement Unit) sensörleri, MVN Analyze Pro yazılımı aracılığıyla, kullanıcıların vücut hareketlerini hassas bir şekilde 3 boyutlu dijital ortama aktarmak için kullanılmıştır. Sensörler, vücudun belirli noktalarına (bel, sırt, boyun vb.) yerleştirilmiştir.

Hareket yakalama teknolojisi için kullanılacak cihaz belirlenirken bu alanda sensörlü sistemler ve optik sistemler olarak 2 alandaki öncü isimler öne çıkmaktadır: Vicon ve Xsens(Movella). Xsens, Vicon'a ve diğer optik hareket yakalama cihazlarına kıyasla taşınabilirliği ile kullanıcıların doğal hareketlerine engel olmadan veri toplamayı mümkün kılar. Ayrıca, Xsens'in sunduğu kolay kullanım ve hızlı kurulum özellikleri, uzun süreli veri toplama süreçlerinde büyük avantaj sağlamaktadır. (Das, P., 2023)

Donanım içeriğinde 17 adet vücut üzerine yerleştirilebilen IMU sensör, sensörlerin vücuda sabitlenmesini sağlayan kumaş bantlar ve kablosuz sensörlerin bilgisayar ile veri alışverişini sağlayan 1 adet radyo protokolü ile haberleşen baz istasyonu vardır.



Şekil 1. Xsens Teknolojisinin Kullanıcı Üzerinde Yerleşimi: IMU Sensörleri, Oturma Ve Ayakta Duruş Pozisyonlar

3.2 Tasarlanan Ergonomik Ofis Koltuğu (ERSA-PAN)

Veri toplama işlemi, Ersu Mobilya tarafından üretilen "ERSA-PAN" ticari ismiyle piyasaya arz edilecek olan, ergonomik koltuk üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu sandalye, TS EN 1335-1 ve TS EN 1335-2 standartlarına uygun olarak TSE dayanım testlerinden geçmiştir. Sandalyenin oturma konforu sağlayabilmesi amacıyla font kısmında 50 dansite poliüretan bulunmaktadır. Mekanizması senkron mekanizma olup yüksekliği ayarlanabilir ve ağırlığa duyarlı özelliktedir. File sırt kısmı 5 kademeli geriye yatma özelliğine sahiptir. Kolçaklar vasıtasıyla kullanıcının, yukarı-aşağı, sağa-sola, öne-arkaya hareketi sağlanmaktadır.



Şekil 2. Ersu- Pan Sandalyenin Görseli

3.2.1. TS EN 1335-1 ve TS EN 1335-2 Standartları kapsamı

TS EN 1335-1 ve TS EN 1335-2 ofis sandalyelerinin boyutları ve ergonomik gereksinimlerini belirleyen bir Avrupa standardıdır. Bu standart, ofis sandalyelerinin çeşitli vücut ölçülerine uygun olmasını sağlamak amacıyla, sandalyelerin belirli boyutlarını ve ayarlanabilirlik özelliklerini tanımlar (EN 1335-1:2020+A1:2022. 2023) (EN 1335-2:2018. 2018). Amaç, kullanıcıların rahat ve sağlıklı bir oturma pozisyonunda çalışmasını sağlamaktır.

TS EN 1335-1 ve TS EN 1335-2 standartları, ofis sandalyelerinin, aşağıda sıralanan şu tasarım kriterlerini kapsamaktadır:

Oturma Yüksekliği:

Sandalyenin oturma yüksekliği, kullanıcıların ayaklarının yere tam basmasını ve dizlerin 90 derece açıda olmasını sağlayacak şekilde ayarlanabilir olmalıdır. Bu yükseklik genellikle 40-51 cm arasında değişir.

Oturma Derinliği:

Sandalyenin oturma derinliği, kullanıcının uyluklarının tam olarak desteklenmesini ve sırtın sırt dayanağına yaslanmasını sağlayacak şekilde olmalıdır. Oturma derinliği genellikle 38-42 cm arasında olmalıdır.

Oturma Genişliği:

Sandalyenin oturma genişliği, kullanıcının rahat oturabilmesi ve hareket edebilmesi için yeterli genişlikte olmalıdır. Bu genişlik genellikle en az 40 cm olmalıdır.

Sırt Dayanağı Yüksekliği ve Eğim Açısı:

Sırt dayanağının yüksekliği ve eğim açısı ayarlanabilir olmalıdır. Bu ayarlar, kullanıcının sırtını tam olarak desteklemeli ve rahat bir pozisyonda oturmasını sağlamalıdır. Sırt dayanağının yerden yüksekliği genellikle 50-60 cm arasında olmalıdır.

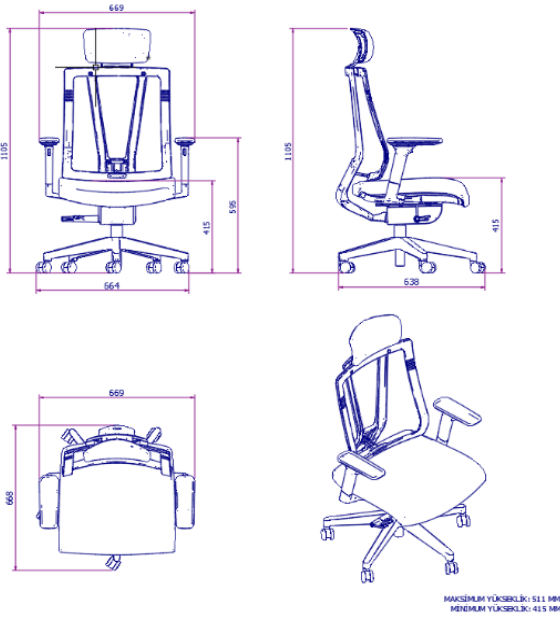
Kolçak Yüksekliği ve Genişliği:

Kolçaklar, kullanıcının kollarını rahatça dinlendirebilmesi için uygun yükseklikte ve genişlikte olmalıdır. Kolçak yüksekliği ayarlanabilir olmalıdır ve genellikle fonttan yüksekliği 20-25 cm arasında olmalıdır.

Malzeme ve Yapı:

Sandalyede kullanılan malzemeler dayanıklı olmalı ve uzun süreli kullanımda deformasyon olmadan işlevini yerine getirmelidir. Malzemeler, kullanıcı sağlığına zarar vermeyecek şekilde seçilmelidir.

Tüm standartlara uygun faaliyetlerde olduğu gibi, bir ofis koltuğu tasarımında, TS EN 1335-1 ve TS EN 1335-2 standartlarına uygun tasarım faaliyetlerinin yürütülmesi, başta koltuk ergonomisi, çalışma konfor, verimliliği ve kullanıcı sağlığını garanti etmelidir. Ancak yukarıda bahsi geçen TS EN 1335-1 ve 1335-2 standartları, koltuk fonksiyonları için geniş bir tolerans bandındaki sınırlandırıcı tasarım koşullarını kapsamaktadır.

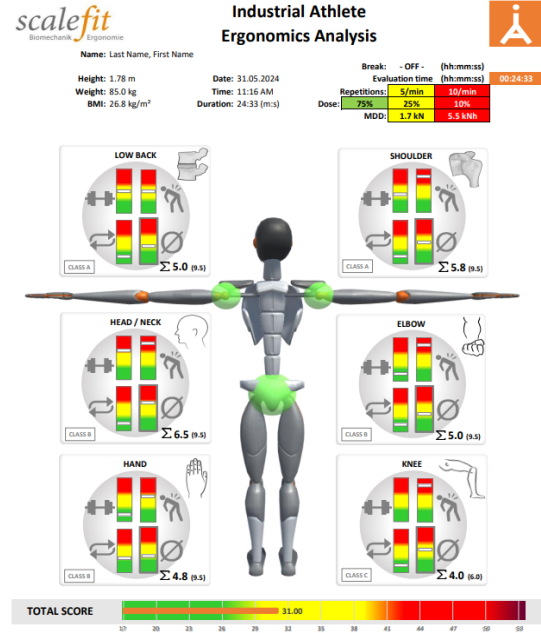


Şekil 3. Ersä- Pan Sandalyenin İçin Standartlara Göre Belirlenen Tasarım Kriterleri (Ersä Mobilya, n.d.)

3.3 Scalefit Raporları:

ScaleFit, hareket verilerini analiz etmek ve ergonomik değerlendirmeler yapmak için kullanılan, özellikle ergonomi ve insan faktörleri araştırmalarında yaygın olarak tercih edilen bir yazılımdır. Bu yazılım, kullanıcıların oturma

pozisyonlarını, hareket sıklıklarını ve duruş bozukluklarını detaylı bir şekilde analiz ederek ergonomik riskleri belirler.



Şekil 4. ScaleFit Örnek Analiz Raporu

Şekil 4 ile gösterildiği üzere, ScaleFit'in kullanıcı dostu arayüzü, gerçek zamanlı veri analiz yeteneği ve çoklu sensör desteği, veri analizi sürecini hızlı ve verimli bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlar. Ayrıca, ScaleFit yazılımı, Xsens sensörlerinden elde edilen verilerle uyumlu çalışarak sorunsuz veri entegrasyonu ve güvenilir analizler sunar. Bu çalışmada ScaleFit'in tercih edilmesinin başlıca nedenleri arasında ergonomik değerlendirmeler için özel olarak tasarlanmış olması, detaylı ve güvenilir analiz yapabilmesi, hızlı veri işleme kapasitesi ve gerçek zamanlı izleme yeteneği yer almaktadır.

ScaleFit yazılımı, çeşitli ergonomi değerlendirme standartlarını kullanarak kullanıcıların çalışma ortamlarındaki ergonomik riskleri belirler ve analiz eder. Bu standartlar, ScaleFit yazılımının algoritmaları ve analiz araçları ile entegre edilerek kullanıcıların postürleri, hareketleri ve fiziksel yükleri hakkında detaylı bilgiler sağlar. Bu standartlar şunlardır;

NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) Kaldırma Denklemi: ScaleFit, NIOSH Kaldırma Denklemi'ni kullanarak manuel kaldırma işlerinin ergonomik risklerini değerlendirir. Kullanıcıların kaldırma işlemleri sırasında maruz kaldığı fiziksel yükler, bu denklem aracılığıyla analiz edilir ve güvenli kaldırma sınırları belirlenir. Yazılım, kaldırılan ağırlık, yükseklik, mesafe ve frekans gibi parametreleri kullanarak ergonomik risk skorları üretir.

ISO 11226: ISO 11226 standardı, iş yerinde vücut postürlerinin değerlendirilmesi için kullanılır. ScaleFit, bu standardı kullanarak kullanıcıların çalışma sırasında benimsedikleri postürlerin ergonomik uygunluğunu analiz eder. Yazılım, çeşitli postürlerin ISO 11226'ya göre uygunluğunu değerlendirir ve olası riskleri belirler.

KIM-LHC (Key Indicator Method for Lifting, Holding, and Carrying): ScaleFit, KIM-LHC yöntemini kullanarak kaldırma, tutma ve taşıma işlerinin ergonomik risklerini değerlendirir. Yazılım, bu tür işlerin kullanıcılar üzerindeki fiziksel etkilerini analiz eder ve ergonomik risk seviyelerini belirler. Kaldırma ağırlıkları, taşıma mesafeleri ve tutma süreleri gibi parametreler kullanılarak risk skorları hesaplanır.

DIN EN 1005-4: ScaleFit, DIN EN 1005-4 standardını kullanarak makine ve ekipmanların insan kullanımına uygunluğunu değerlendirir. Yazılım, kullanıcıların makine ve ekipmanları kullanırken maruz kaldığı fiziksel yükü ve ergonomik riskleri analiz eder. Bu analiz, kullanıcıların iş sırasında karşılaştıkları fiziksel zorlanmaları belirlemek için kullanılır.

HANSRAJ 2014: HANSRAJ 2014 çalışması, baş ve boyun postürlerinin ergonomik değerlendirilmesi için kullanılır. ScaleFit, bu çalışmayı referans olarak kullanıcıların bilgisayar ve mobil cihaz kullanımı sırasında baş ve boyun postürlerinin ergonomik risklerini belirler. Yazılım, baş ve boyun açılarının HANSRAJ 2014'e göre uygunluğunu değerlendirir ve olası sorunları tespit eder.

DGUV 208-033: ScaleFit, DGUV 208-033 rehberini kullanarak iş yerinde ergonomik risklerin belirlenmesi ve azaltılması için analizler yapar. Yazılım, kullanıcıların çalışma postürlerini ve hareketlerini bu rehber ışığında değerlendirir ve ergonomik iyileştirmeler için öneriler sunar.

DIN EN 1005-5: ScaleFit, DIN EN 1005-5 standardını kullanarak iş yerinde vücut postürlerinin ve hareketlerinin ergonomik değerlendirilmesini yapar. Yazılım, kullanıcıların iş sırasında benimsedikleri postürlerin ergonomik uygunluğunu analiz eder ve olası riskleri belirler.

ISO 8996:2004 & KIM-BM: ScaleFit, ISO 8996:2004 ve KIM-BM standartlarını kullanarak iş yerinde termal konforun değerlendirilmesini yapar. Yazılım, kullanıcıların termal konfor seviyelerini ve metabolik yüklerini analiz eder. Bu analizler, kullanıcıların iş sırasında karşılaştıkları termal stresleri belirlemek için kullanılır.

HSE (Health and Safety Executive): ScaleFit, HSE'nin rehberlerini kullanarak iş yerinde ergonomik risklerin belirlenmesi ve azaltılması için analizler yapar. Yazılım, kullanıcıların çalışma postürlerini ve

hareketlerini HSE standartlarına göre değerlendirir ve ergonomik iyileştirmeler için öneriler sunar.

Lange & Windel 2003: ScaleFit, Lange & Windel 2003 çalışmasını referans alarak iş yerinde fiziksel yüklerin ergonomik değerlendirilmesini yapar. Yazılım, kullanıcıların fiziksel yükler karşısındaki dayanıklılığını ve ergonomik riskleri analiz eder.

REBA (Rapid Entire Body Assessment): ScaleFit, REBA yöntemi ile tüm vücut postürlerinin hızlı bir şekilde değerlendirilmesini sağlar. Yazılım, iş yerindeki postürlerin ve hareketlerin ergonomik risklerini belirlemek için REBA skorları hesaplar. Bu skorlar, kullanıcıların genel vücut postürlerindeki ergonomik risk düzeylerini gösterir.

RULA (Rapid Upper Limb Assessment): ScaleFit, RULA yöntemi ile üst ekstremitelerin (boyun, omuz, dirsek, bilek) postürlerinin hızlı bir şekilde değerlendirilmesini sağlar. Yazılım, üst ekstremitelerde rahatsızlıklarını ve kas-iskelet sistemi bozukluklarını tespit etmek için RULA skorları hesaplar.

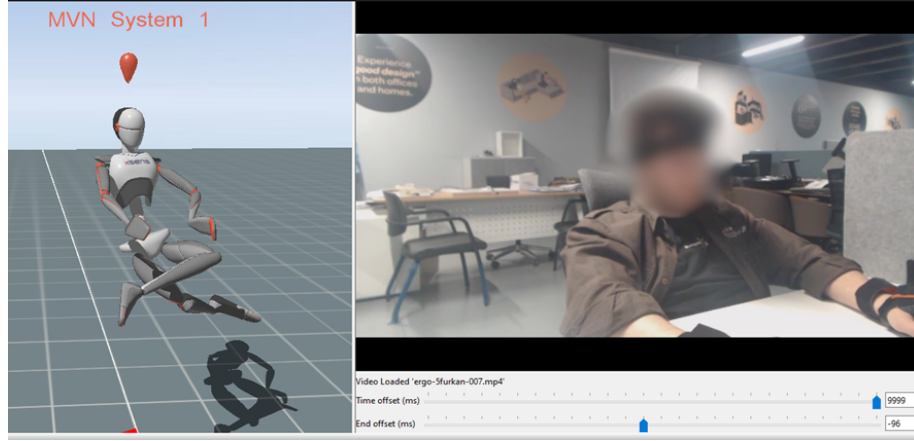
Toplanan verilerin analizinde scalefit raporları kullanılmıştır. Bu raporlar, kullanıcıların oturma alışkanlıklarını ve postürlerini detaylı bir şekilde değerlendirmek için kullanılmıştır.

Bu çalışmada Scalefit yazılımından elde edilen ergonomik stres skorları, literatürde yaygın olarak kabul gören değerlendirme sistemlerine uygun şekilde sınıflandırılmıştır. Bu bağlamda, 0.0–2.9 arası skorlar "düşük risk", 3.0–4.4 arası "orta risk", 4.5–5.9 arası "yüksek risk" ve 6.0 ve üzeri skorlar ise "çok yüksek risk" düzeyi olarak tanımlanmıştır. Bu sınıflandırma, özellikle kas-iskelet sistemi risklerinin değerlendirilmesinde kullanılan RULA (Rapid Upper Limb Assessment) ve REBA (Rapid Entire Body Assessment) yöntemlerinden esinlenerek yapılandırılmıştır (McAtamney & Corlett, 1993; Hignett & McAtamney, 2000). Aynı zamanda, Scalefit yazılımı ile uyumlu çalışacak şekilde optimize edilmiş olup, her bir vücut segmenti için belirlenen ergonomik risk düzeylerinin objektif biçimde yorumlanmasına olanak tanımaktadır.

4. Sonuçlar

Bu çalışma, 5 kullanıcı (3 erkek, 2 kadın) üzerinde gerçekleştirilmiştir. Katılımcıların yaş aralığı 20-28 yıl arasında değişmektedir.

Katılımcılar üzerindeki çeşitli lokasyonlara Xsens IMU sensörleri kalibrasyon prosedürleri uygulanarak yerleştirildi. Katılımcıların sandalye ayarlarını kendi kullanım şekline göre ayarlamaları istendi. Katılımcılar, 8 saati kapsayan normal iş rutinlerini yerine getirirken, tüm hareketleri IMU sensörleri ile MVN Analyze Pro ile gerçek zamanlı olarak kaydedilmiştir (Şekil 5).



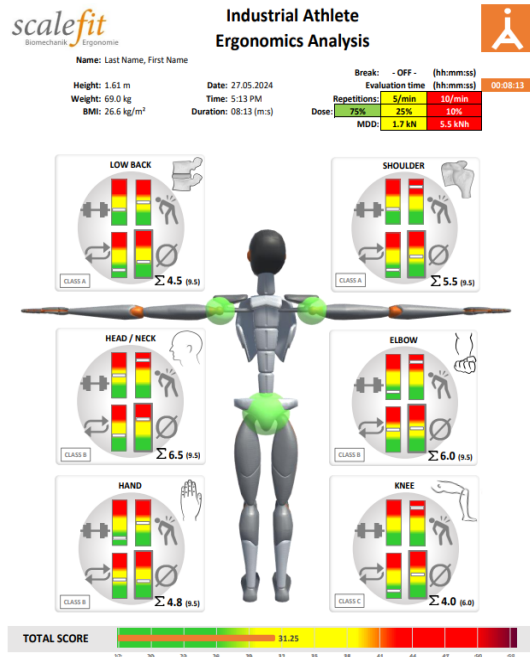
Şekil 5. IMU Sensörleri İle MVN Analyze Pro Yazılımı Arayüzü (Solda manikin) ve Sağda Eşzamanlı Olarak Kullanıcı Postürü Görülmektedir.

Scalefit ise, Xsens IMU sensörleri ile toplanan verilere dayanarak ergonomi değerlendirmesi sunan bir dizi analizi sunar.

Çalışmamızın amacına göre, ofis mobilyaları ve sandalyeleri için mevcut standartların, oturma ergonomisinin incelenmesi hedeflenmiştir. Bu bağlamda, katılımcılara göre Scalefit raporları ile elde edilen ergonomik analizleri başlıklar altında irdelenmektedir.

4.1. Katılımcı 1 için Scalefit analiz raporu

Katılımcı, 1.61 m boyunda, 69 kg ağırlığında ve BMI değeri 26.6 kg/m² olan bir kadın birey.



Şekil 6. Katılımcı 1 ScaleFit Analiz Raporu

Ergonomik Analiz ve Değerlendirme:

- Baş ve Boyun: 6.5 (yüksek stres)
- Omuzlar: 5.5 (yüksek stres)
- Alt Sırt: 4.5 (orta stres)
- Dirsek: 6.0 (yüksek stres)
- El ve Bilek: 4.8 (orta stres)
- Diz: 4.0 (orta stres)

Risk Faktörleri ve Uygunluk:

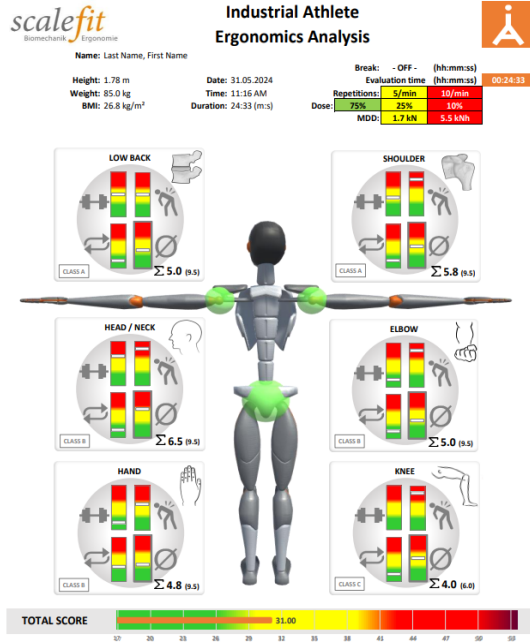
- Bel Omuru Sıkışması: NIOSH Eylem Sınırı'na göre, düşük risk altında.
- Omuz Hareketi: DIN EN 1005-4 standardına göre, düşük ve orta risk altında.
- El Bileği Hareketleri: DIN EN 1005-5 standardına göre, yüksek risk altında.
- Yük Taşıma ve Kaldırma: Belirli bir yük taşıma veya kaldırma aktivitesi gözlenmemiştir.

Fiziksel Aktivite ve Pozisyonlar:

- Baş Eğimi ve Dönüşleri: Yüksek derecede stres.
- Omuz ve Dirsek Hareketleri: Yüksek derecede stres.
- El ve Bilek Hareketleri: Yüksek derecede stres.
- Bel Eğimi ve Sıkışması: Orta derecede stres.

4.2. Katılımcı 2 için Scalefit analiz raporu

1.78 m boyunda, 85 kg ağırlığında ve BMI değeri 26.8 kg/m² olan bir erkek birey.



Şekil 7. Katılımcı 2 ScaleFit Analiz Raporu

Ergonomik Analiz ve Değerlendirme:

- Baş ve Boyun: 6.5 (yüksek stres)
- Omuzlar: 5.8 (yüksek stres)
- Alt Sırt: 5.0 (yüksek stres)
- Dirsek: 5.0 (yüksek stres)
- El ve Bilek: 4.8 (orta stres)
- Diz: 4.0 (orta stres)

Risk Faktörleri ve Uygunluk:

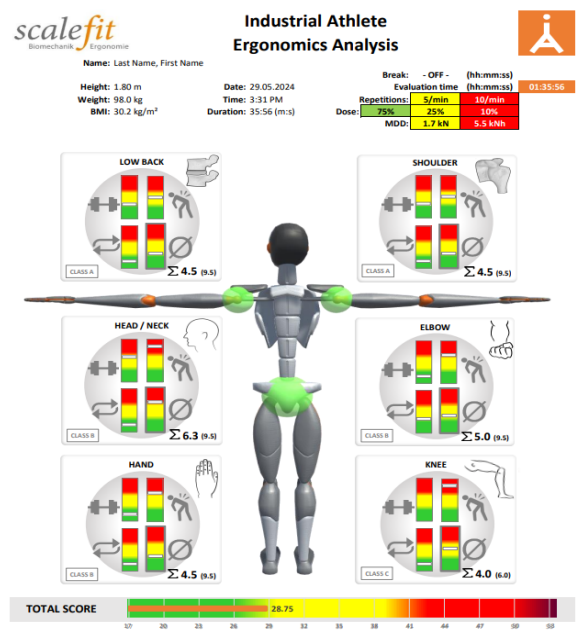
- Bel Omuru Sıkışması: NIOSH Eylem Sınırı'na göre, düşük risk altında.
- Omuz Hareketi: DIN EN 1005-4 standardına göre, düşük ve orta risk altında.
- El Bileği Hareketleri: DIN EN 1005-5 standardına göre, yüksek risk altında.
- Yük Taşıma ve Kaldırma: Belirli bir yük taşıma veya kaldırma aktivitesi gözlenmemiştir.

Fiziksel Aktivite ve Pozisyonlar:

- Baş Eğimi ve Dönüşleri: Yüksek derecede stres.
- Omuz ve Dirsek Hareketleri: Yüksek derecede stres.
- El ve Bilek Hareketleri: Yüksek derecede stres.
- Bel Eğimi ve Sıkışması: Orta derecede stres.

4.3. Katılımcı 3 için Scalefit analiz raporu

1.80 m boyunda, 98 kg ağırlığında ve BMI değeri 30.2 kg/m² olan bir erkek birey.



Şekil 8. Katılımcı 3 ScaleFit Analiz Raporu

Ergonomik Analiz ve Değerlendirme:

- Baş ve Boyun: 6.3 (yüksek stres)
- Omuzlar: 4.5 (orta stres)
- Alt Sırt: 4.5 (orta stres)
- Dirsek: 5.0 (orta stres)
- El ve Bilek: 4.5 (orta stres)
- Diz: 4.0 (orta stres)

Risk Faktörleri ve Uygunluk:

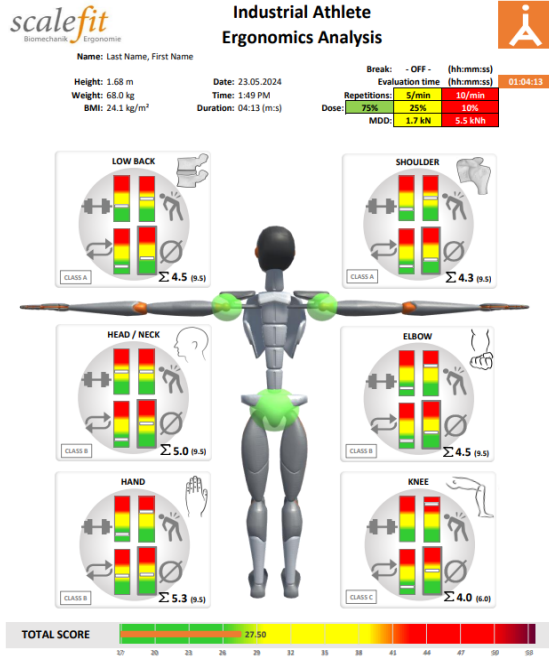
- Bel Omuru Sıkışması: NIOSH Eylem Sınırı'na göre, düşük risk altında.
- Omuz Hareketi: DIN EN 1005-4 standardına göre, düşük ve orta risk altında.
- El Bileği Hareketleri: DIN EN 1005-5 standardına göre, yüksek risk altında.
- Yük Taşıma ve Kaldırma: Belirli bir yük taşıma veya kaldırma aktivitesi gözlenmemiştir.

Fiziksel Aktivite ve Pozisyonlar:

- Baş Eğimi ve Dönüşleri: Yüksek derecede stres.
- Omuz ve Dirsek Hareketleri: Yüksek derecede stres.
- El ve Bilek Hareketleri: Yüksek derecede stres.
- Bel Eğimi ve Sıkışması: Orta derecede stres.

4.4. Katılımcı 4 için Scalefit analiz raporu

1.68 m boyunda, 68 kg ağırlığında ve BMI değeri 24.1 kg/m² olan bir kadın birey.



Şekil 9. Katılımcı 4 ScaleFit Analiz Raporu

Ergonomik Analiz ve Değerlendirme:

- Baş ve Boyun: 5.0 (yüksek stres)
- Omuzlar: 4.3 (orta stres)
- Alt Sırt: 4.5 (orta stres)
- Dirsek: 4.5 (orta stres)
- El ve Bilek: 5.3 (yüksek stres)
- Diz: 4.0 (orta stres)

Risk Faktörleri ve Uygunluk:

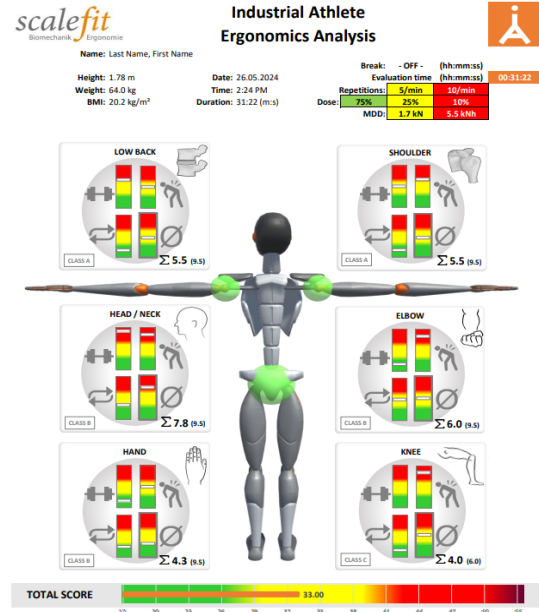
- Bel Omuru Sıkışması: NIOSH Eylem Sınırı'na göre, düşük risk altında.
- Omuz Hareketi: DIN EN 1005-4 standardına göre, düşük ve orta risk altında.
- El Bileği Hareketleri: DIN EN 1005-5 standardına göre, yüksek risk altında.
- Yük Taşıma ve Kaldırma: Belirli bir yük taşıma veya kaldırma aktivitesi gözlenmemiştir.

Fiziksel Aktivite ve Pozisyonlar:

- Baş Eğimi ve Dönüşleri: Yüksek derecede stres.
- Omuz ve Dirsek Hareketleri: Yüksek derecede stres.
- El ve Bilek Hareketleri: Yüksek derecede stres.
- Bel Eğimi ve Sıkışması: Orta derecede stres.

4.5. Katılımcı 5 için Scalefit analiz raporu

1.78 m boyunda, 64 kg ağırlığında ve BMI değeri 20.2 kg/m² olan bir erkek birey.



Şekil 10. Katılımcı 5 ScaleFit Analiz Raporu

Ergonomik Analiz ve Değerlendirme:

- Baş ve Boyun: 7.8 (yüksek stres)
- Omuzlar: 5.5 (yüksek stres)
- Alt Sırt: 5.5 (yüksek stres)
- Dirsek: 6.0 (yüksek stres)
- El ve Bilek: 4.3 (orta stres)
- Diz: 4.0 (orta stres)

Risk Faktörleri ve Uygunluk:

- Bel Omuru Sıkışması: NIOSH Eylem Sınırı'na göre, düşük risk altında.
- Omuz Hareketi: DIN EN 1005-4 standardına göre, düşük ve orta risk altında.
- El Bileği Hareketleri: DIN EN 1005-5 standardına göre, yüksek risk altında.
- Yük Taşıma ve Kaldırma: Belirli bir yük taşıma veya kaldırma aktivitesi gözlenmemiştir.

Fiziksel Aktivite ve Pozisyonlar:

- Baş Eğimi ve Dönüşleri: Yüksek derecede stres.
- Omuz ve Dirsek Hareketleri: Yüksek derecede stres.
- El ve Bilek Hareketleri: Yüksek derecede stres.
- Bel Eğimi ve Sıkışması: Orta derecede stres.

Yukarıda sıralanan bilgiler doğrultusunda, tüm katılımcılardan elde edilen verilere dayalı genel ergonomik analiz ve değerlendirmeler Tablo 1'de sunulmaktadır.

Vücut Bölgesi	Katılımcı 1	Katılımcı 2	Katılımcı 3	Katılımcı 4	Katılımcı 5	Ortalama Skor (Risk)
Baş ve Boyun	6.5 (Çok Yüksek)	6.5 (Çok Yüksek)	6.3 (Çok Yüksek)	5.0 (Yüksek)	7.8 (Çok Yüksek)	6.42 (Çok Yüksek)
Omuzlar	5.5 (Yüksek)	5.8 (Yüksek)	4.5 (Yüksek)	4.3 (Orta)	5.5 (Yüksek)	5.12 (Yüksek)
Alt Sırt	4.5 (Yüksek)	5.0 (Yüksek)	4.5 (Yüksek)	4.5 (Yüksek)	5.5 (Yüksek)	4.80 (Yüksek)
Dirsek	6.0 (Çok Yüksek)	5.0 (Yüksek)	5.0 (Yüksek)	4.5 (Yüksek)	6.0 (Çok Yüksek)	5.30 (Yüksek)
El ve Bilek	4.8 (Yüksek)	4.8 (Yüksek)	4.5 (Yüksek)	5.3 (Yüksek)	4.3 (Orta)	4.74 (Yüksek)
Diz	4.0 (Orta)	4.0 (Orta)	4.0 (Orta)	4.0 (Orta)	4.0 (Orta)	4.00 (Orta)

Tablo 1. Katılımcıların Scalefit Analiz Sonuçlarına Göre Ergonomik Değerlendirme ve Risk Sınıflandırmaları

Yukarıda detaylı ve karşılaştırmalı olarak sunulan Scalefit analiz sonuçlarına göre, katılımcıların çoğunda baş ve boyun bölgesi (ortalama skor: 6.42) ergonomik stresin en yüksek gözlemlendiği bölge olmuş ve bu durum “çok yüksek risk” düzeyinde değerlendirilmiştir. Omuzlar (5.12), dirsekler (5.30)

ve alt sırt (4.80) ise “yüksek risk” düzeyinde olup, bu vücut bölgelerinde ergonomik stresin belirgin olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, oturma sırasında özellikle üst ekstremité ve lumbal bölgelerde kas-iskelet sistemi üzerine yoğun yüklenme olduğunu göstermektedir.

El ve bilek bölgesi için ortalama skor 4.74 olup yüksek riske yakın bir düzeyde değerlendirilmiştir. Bu durum, uzun süreli tekrarlayan el hareketleri veya kolçak yüksekliğinin yetersizliği gibi faktörlere bağlı olarak bilek stresinin arttığını göstermektedir. Diz bölgesi ise 4.00 ortalama skor ile orta risk seviyesinde yer almakta, bu bölgede de uzun süreli oturma kaynaklı ergonomik baskılar söz konusudur.

Özellikle baş eğimi ve rotasyonları, omuz ve dirsek hareketleri ile el-bilek postürleri, tüm katılımcılarda orta-üst seviyede stres yaratarak ergonomik açıdan iyileştirme ihtiyacını ortaya koymuştur. Buna karşın, bel omuru sıkışması açısından tüm katılımcılar, NIOSH Eylem Sınırı'na göre düşük risk altında yer almakta olup, bu yönüyle mevcut sandalyenin lumbal destek yapısının göreceli olarak yeterli olduğu söylenebilir.

Omuz hareketleri, DIN EN 1005-4 standardına göre düşük ve orta risk arasında değerlendirilmiş; el bileği hareketleri ise DIN EN 1005-5 standardına göre yüksek risk düzeyinde sınıflandırılmıştır. Bu bulgular, ofis sandalyesinin özellikle üst ekstremité desteğinde daha etkin tasarım çözümleri sunması gerektiğini göstermektedir.

Tablo 1, katılımcıların duruş analizlerine ilişkin detaylı ergonomik değerlendirmeleri sunmaktadır.

Katılımcılar arasında yalnızca Katılımcı 4, nötr baş-gövde hizalaması ve dengeli pelvis konumu ile yüksek postüral stabilite sergilemiştir. Diğer dört katılımcıda, özellikle gövde eğimi, baş açısı ve pelvis rotasyonu gibi dinamik postür parametrelerinde dikkat çeken sapmalar gözlemlenmiştir. Katılımcı 2 ve Katılımcı 5'te görülen belirgin öne eğilme, omurga sapması ve yüksek postür skorları, bu bireylerin sandalyeye uyum sağlamakta zorlandığını ve mevcut sandalye ayarlarının kişisel ergonomik ihtiyaçları karşılamada yetersiz kaldığını göstermektedir.

Tüm bu bulgular doğrultusunda; baş, omuz, dirsek ve el-bilek bölgelerinde gözlemlenen yüksek ila çok yüksek düzeydeki ergonomik stres, uzun süreli masa başı çalışmalarda ciddi kas-iskelet sistemi problemleri riski oluşturabilir. Bel eğimi ve sıkışması ise orta derecede ergonomik stres düzeyinde olup, bu bölgeye yönelik postür destekleyici düzenlemelerin yapılması önerilmektedir.

5. Tartışma

Çalışmanın bulguları, hareketli pozisyonlara ilişkin mevcut antropometrik verilerin, günümüz kullanıcılarının ergonomik ihtiyaçlarını karşılamada sınırlı kaldığını göstermektedir. Özellikle Xsens ile elde edilen üç boyutlu hareket verileri, kullanıcıların oturma sırasında gerçekleştirdiği mikro hareketleri, omurga hizalanmasını ve pelvis rotasyonunu detaylı biçimde ortaya koymuş; bu da statik antropometrik ölçütlerin, dinamik pozisyonlardaki kullanıcı davranışlarını yansıtmakta yetersiz kaldığını ortaya koymuştur. Bu sonuç, mevcut antropometrik verilerin güncellenmesi gerektiğini açıkça göstermektedir.

Çalışma ayrıca, kullanıcı davranışlarının büyük ölçüde kişisel alışkanlıklar ve bilinçsiz postürel tercihler doğrultusunda şekillendiğini ortaya koymuştur. Beş farklı kullanıcıda aynı sandalye ile

gözlemlenen belirgin duruşsal farklılıklar, ergonomik ürün tasarımında bireysel değişkenlerin göz önünde bulundurulmasının önemini vurgulamaktadır. Bu durum yalnızca antropometrik verilerin yeniden ele alınmasını değil, aynı zamanda bu veriler doğrultusunda geliştirilecek ürünlerin adaptif ve kullanıcıya duyarlı tasarım ilkeleriyle oluşturulması gerekliliğini de ortaya koymaktadır.

Güncellenmiş antropometrik veriler doğrultusunda geliştirilecek ofis mobilyalarının, kullanıcıların farkında olmadan benimsedikleri sağlıksız oturma biçimlerini dönüştürme potansiyeline sahip olduğu da çalışmanın dolaylı bulguları arasındadır. ScaleFit analiz raporlarında yer alan öneri sistemleri, kullanıcıların postürel farkındalığını artırmakta; böylece tasarım yalnızca fiziksel uygunluk sağlamakla kalmayıp, kullanıcı davranışlarını şekillendiren bir müdahale aracına da dönüşmektedir. Dolayısıyla bu çalışma, hem mevcut antropometrik veri setlerinin yetersizliklerini görünür kılmakta hem de yeni nesil ergonomik mobilya tasarımlarının davranışsal dönüşüm yaratma potansiyeline sahip olduğunu işaret etmektedir.

Bu çalışmada elde edilen bulgular, mevcut literatürde ofis ergonomisine dair vurgulanan genel ilkelerle örtüşmekle birlikte, bazı yönleriyle özgün katkılar sunmaktadır. Örneğin Bridger (2003) ve van Niekerk et al. (2012) gibi araştırmalarda, uzun süreli oturumlarda ortaya çıkan kas-iskelet sistemi problemleri ve postür bozukluklarının sandalye tasarımıyla ilişkili olduğu ortaya konulmuştur. Bu çalışmada ise, tek bir ergonomik sandalye modeli üzerinde farklı bireylerin gösterdiği duruşsal farklılıklar, bireysel ergonomik ihtiyaçların sabit tasarımlarla tam anlamıyla karşılanamadığını ortaya koymuştur.

ScaleFit verileri doğrultusunda elde edilen bulgular, pelvis rotasyonu, omurga sapması ve ayar gereksinimleri gibi alt parametrelerde katılımcılar arasında belirgin farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur. Literatürde çoğunlukla tek boyutlu (örneğin yalnızca LBD – low back discomfort) ölçüm parametrelerine odaklanılırken, bu çalışmada Xsens ile birlikte çalışan çok boyutlu analiz sistemleri aracılığıyla postürün daha bütüncül bir değerlendirilmesi yapılabilmektedir. Bu yönüyle çalışma, ergonomik değerlendirme metodolojisine teknolojik bir derinlik kazandırmaktadır.

Ayrıca Grandjean (1988) ve Kroemer (2001) tarafından vurgulanan ergonomik standardizasyonun bireyler arası farkları yeterince dikkate almadığı eleştirisi, bu çalışmanın bulgularıyla desteklenmektedir. Tek tip sandalye tasarımı, kullanıcıların vücut tipine göre değişen postürel gereksinimlere her zaman yanıt verememektedir. Katılımcı 2 ve Katılımcı 5'te

gözlemlenen yüksek ayar ihtiyacı ve artmış postür bozukluğu riski, mevcut ayar mekanizmalarının yetersizliğini göstermektedir. Duruş bozukluğu riskinin yüksek olduğu bireylerde, ergonomik düzenlemelere daha fazla ihtiyaç duyulduğu ScaleFit sisteminin sunduğu skorlarla da desteklenmiştir.

Bu çalışma kapsamında elde edilen bulgular, ofis çalışanlarının ergonomik risk düzeylerinin yüksek olduğunu ve bu risklerin uzun vadede sağlık sorunlarına yol açabileceğini göstermektedir. Katılımcıların baş-boyun eğilimleri, bel omurga sıkışma kuvveti, omuz hareketleri, diz bükülmesi ve el bileği hareketleri gibi postürel göstergeler açısından değerlendirilmesi sonucunda, ergonomik iyileştirme gereksinimi açık biçimde ortaya konmuştur. Özellikle baş, boyun, omuz ve bel bölgelerinde tespit edilen yüksek ergonomik riskler, uzun vadeli kas-iskelet sistemi sorunlarına zemin hazırlayabilecek düzeydedir.

Tablo 1'de verilen ortalama oturma skorunun 6.4 gibi yüksek değerlerde olması, sandalyenin tüm kullanıcılar için ideal ergonomik destek sağlayamadığını göstermektedir. Pelvis rotasyonunun katılımcıların çoğunda sağa ya da sola sapma göstermesi, oturma yüzeyinin stabilitesinin kişiden kişiye değiştiğini ortaya koymaktadır. Bu bulgular, sandalye tasarımında daha esnek ve kişiye özel ayarlanabilir unsurların gerekliliğine işaret etmektedir.

Bu bulgular doğrultusunda, değişen çalışma biçimlerinin yeni ergonomik riskleri beraberinde getirdiği sonucuna ulaşılmıştır. Belirlenen risk faktörleri göz önünde bulundurularak, ergonomik standartların bu yeni gereksinimleri karşılayacak şekilde güncellenmesi zorunlu hâle gelmektedir.

Bu doğrultuda, çalışanlara doğru oturma ve postür alışkanlıkları kazandırılması, düzenli aralıklarla ergonomik değerlendirmelerin yapılması, çalışma süreçlerinde molaların teşvik edilmesi ve çalışanlara ergonomi eğitimi verilmesi önerilmektedir. Ayrıca kullanılan ofis mobilyalarının ergonomik standartlara uygun olarak yeniden tasarlanması ve bireysel farklılıkları dikkate alacak şekilde geliştirilmesi önem arz etmektedir.

Bu çalışma, ofis ergonomisinin değerlendirilmesinde ileri düzey hareket yakalama teknolojilerinin (Xsens) ve üç boyutlu postür analiz yazılımlarının (Scalefit) birlikte kullanımına dayalı uygulamalı bir örnek sunarak, ergonomik analiz süreçlerine metodolojik bir derinlik kazandırmaktadır. Literatürde çoğunlukla sandalye tipleri arasında karşılaştırma yapılırken, bu çalışmada tek bir sandalye modeli üzerinde farklı kullanıcıların ergonomik deneyimleri analiz edilmiş ve birey temelli varyasyonlara dikkat çekilmiştir. Bu yönüyle çalışma, standart tasarımların kullanıcıya özgü

gereksinimleri ne ölçüde karşılayabildiğini sorgulayan yeni bir perspektif sunmaktadır.

Ofis ergonomisinin değerlendirilmesine yönelik bu yenilikçi yaklaşım, alan yazınında gelecekte yapılacak araştırmalar için önemli bir referans noktası teşkil etmektedir. Çalışma bulguları, standart mobilya tasarımlarının her kullanıcıya eşit ergonomik katkı sağlamadığını; dolayısıyla kişiye özel ayarlanabilirlik ve güncellenmiş antropometrik veri setlerinin tasarım sürecine entegre edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca bu çalışmada Xsens ve Scalefit teknolojilerinin birlikte kullanılması, yalnızca statik değil, hareket hâlindeki postürel değişimlerin de nesnel olarak ölçülebileceğini göstermiştir. Bu bütüncül yaklaşım, gerçek zamanlı geri bildirim mekanizmaları içeren yeni nesil ergonomik ürünlerin geliştirilmesine yönelik bilimsel çabalara zemin hazırlayan bir örnek olarak değerlendirilebilir.

Teşekkür

Yazarlar, Ersam Mobilya danışman mühendis Cem ULUFER'e, Sense4Motion firmasında bulunan, Xsens sensör kurulumu, analizi ve ScaleFit raporlaması konusunda yardımcı olan Ali İhsan KAYA ve Aslı ELASLAN'a, veri toplama sürecinde sensörleri üzerinde taşıyan katılımcılara çalışmaya katkılarından dolayı müteşekkirdir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Kaynaklar

- Anwary, A. R., Bouchachia, H., & Vassallo, M. (2019). Real-time Visualization Of Asymmetrical Sitting Posture. *Procedia Computer Science*, 155, 153-160. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.08.024>
- Claire, C., Gordon, B., & Bradtmiller, B. (2012). Anthropometric Change: Implications For Office Ergonomics. *Work: A Journal of Prevention, Assessment & Rehabilitation*. <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0076-4606>
- Das, P. (2023). *Concurrent Validity Study Of 3D Motion Measurement Systems: VICON vs. Xsens* (Master's thesis, Grand Valley State University). Retrieved from <https://scholarworks.gvsu.edu/theses/1080>

- Ergonomics Association. (n.d.). *Musculoskeletal Disorders (MSDs)*. Retrieved from <https://iea.cc/musculoskeletal-disorders-msds/>
- EN 1335-1:2020+A1:2022. (2023). *Office Furniture. Office work chair - Dimensions. Determination of dimensions*. Retrieved from <https://www.en-standard.eu>
- EN 1335-2:2018. (2018). *Office furniture - Office Work Chair - Part 2: Safety requirements*. Retrieved from <https://www.furnitest.com>
- Ersam Mobilya. (n.d.). *PAN 3*. Retrieved from <https://www.ersamobilya.com/urun/pan-3/>
- Groenesteijn, L., Ellegast, R. P., Keller, K., Krause, F., Berger, H., & Vink, P. (2012). Office Task Effects On Comfort And Body Dynamics In Five Dynamic Office Chairs. *Applied Ergonomics*, 43(2), 320-328. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2011.06.005>
- Hedge, A., & Ray, E. J. (2004). Effects of An Ergonomic Intervention On Musculoskeletal Discomfort Among Office Workers. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 33(5), 353-365. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2004.01.007>
- Hignett, S., & McAtamney, L. (2000). Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 31(2), 201-205.
- Jeong, H. S., & Park, W. (2021). Developing and Evaluating A Mixed Sensor Smart Chair System For Real-Time Posture Classification: Combining Pressure And Distance Sensors. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*. <https://doi.org/10.1109/IBHI.2020.3030096>
- Jussila, A., Vuorela, T., & Tiainen, T. (2017). Smart Office Chair Systems: A Literature Review. *Procedia Computer Science*, 121, 302-309. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.11.041>
- Kroemer, K. H. E., & Grandjean, E. (2005). *Fitting the Task To The Human: A Textbook Of Occupational Ergonomics*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b15113>
- Kumar, R., Bayliff, A., De, D., Evans, A., Das, S. K., & Makos, M. (2016). Care-chair: Sedentary Activities And Behavior Assessment With Smart Sensing On Chair Backrest. In *2016 IEEE*

- International Conference on Smart Computing (SMARTCOMP)*, May, pp. 1-8.
<https://doi.org/10.1109/SMARTCOMP.2016.7501682>
- Lee, C. C., Saidy, L., & Fitri. (2019). Human Activity Recognition Based On Smart Chair. *Sensors and Materials*, 31(5), 1589-1598.
<https://doi.org/10.18494/SAM.2019.2280>
- McAtamney, L., & Corlett, E. N. (1993). RULA: A Survey Method For The Investigation Of Work-Related Upper Limb Disorders. *Applied Ergonomics*, 24(2), 91-99.
- Movella and Scalefit. (2023). *Movella and Scalefit Join Hands To Advance High-Precision Ergonomics Analysis*. Retrieved from
<https://www.movella.com>
- Martinez-Estrada, M., Vuohijoki, T., Poberznik, A., Shaikh, A. K., Virkki, J., Gil, I., & Fernandez-Garcia, R. (2023). A Smart Chair To Monitor Sitting Posture By Capacitive Textile Sensors. *Materials*.
<https://doi.org/10.3390/ma16134838>
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). (2020). *Ergonomics and Musculoskeletal Disorders*. Retrieved from
<https://www.cdc.gov/niosh/topics/ergonomics/default.html>
- Sifuentes, E., Gonzalez-Landaeta, R., Cota-Ruiz, J., & Reverter, F. (2019). Seat Occupancy Detection Based On A Low-Power Microcontroller And A Single FSR. *Sensors*, 19(3), 699.
<https://doi.org/10.3390/s19030699>
- Smith, J. (2018). Ergonomik Sandalyeler, Çalışma Hayatını Etkileyecek Etkenleri En Aza İndirmek İçin Kullanıcının Fiziksel Yapısına Uygun Olarak Konfor Ve Destek Sağlamak Amacıyla Tasarlanmıştır. *Journal of Ergonomics*, 45(4), 234-245.
<https://doi.org/10.1016/j.ergon.2018.04.001>
- Tavares, C., Silva, J., Mendes, A., Rebolo, L., Domingues, M. F., Alberto, N., Lima, M., Silva, H., & Antunes, P. (2022). Instrumented Office Chair With Low-Cost Plastic Optical Fiber Sensors For Posture Control And Work Conditions Optimization. *IEEE Access*.
<https://doi.org/10.1109/access.2022.3185624>
- Vergara, M., & Page, Á. (2002). Relationship Between Comfort and Back Posture And Mobility in Sitting-Posture. *Applied Ergonomics*, 33(1), 1-8.
[https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(01\)00036-2](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(01)00036-2)
- Vlaović, Z., Grbac, I., & Bubić, A. (2007). The Influence Of Users' Anthropometrical Dimensions On The Pressures While Sitting In Office Chairs. *Drvna Industrija*.
- Vlaović, Z., Jaković, M., & Domljan, D. (2022). Smart Office Chairs With Sensors For Detecting Sitting Positions And Sitting Habits. *Drvna Industrija*.
<https://doi.org/10.5552/drind.2022.0002>
- World Health Organization. (2020). *Protecting Workers' Health*. Retrieved from
<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/protecting-workers'-health>
- Zazula, D., Kranjec, J., Kranjec, P., & Cigale, B. (2015). Assessing Blood Pressure Unobtrusively By Smart Chair. In *38th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*, May, pp. 385-389.
<https://doi.org/10.1109/MIPRO.2015.7160300>