

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNSAN VÜCUDU İÇİN MASAJ MEKANİZMASI
TASARIMI, ANALİZİ VE KONTROLÜ



Olgun ALTAY

Mayıs, 2019
İZMİR

İNSAN VÜCUDU İÇİN MASAJ MEKANİZMASI TASARIMI, ANALİZİ VE KONTROLÜ

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı

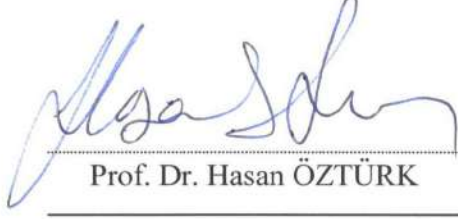
Olgun ALTAY

Mayıs, 2019

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

OLGUN ALTAY, tarafından **PROF. DR. HASAN ÖZTÜRK** yönetiminde hazırlanan “**İNSAN VÜCUDU İÇİN MASAJ MEKANİZMASI TASARIMI, ANALİZİ VE KONTROLÜ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Hasan ÖZTÜRK

Yönetici



Dr. D. Gelben KARABAY

Jüri Üyesi



Dr. Öğr. Üyesi Özgen BAŞER

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Kadriye ERTEKİN

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Öncelikle, lisans hayatında kendisini tanıma şerefine nail olduğum, yüksek lisans hayatımda da rehberliğiyle beni aydınlatan sevgili hocam Prof. Dr. Hasan ÖZTÜRK’e üzerimdeki büyük emeğinden dolayı teşekkür ederim. Bana gösterdiği sabır, ilgi ve alakadan dolayı kendisine çok şey borçluyum.

Yüksek lisansım boyunca içinde yer aldığım projelerde bana büyük yardımları dokunan, hem akademik hem de sosyal hayatı bakımından tam bir örnek mühendis olan sevgili Dr. Münire Sibel ÇETİN’e özel olarak teşekkürlerimi sunarım.

Kendileriyle yüksek lisansım sırasında tanışsam da, benden desteklerini esirgemeyen ve çok güzel birer dost olan Araş. Gör. Berkan HIZARCI, Araş. Gör. Rafet Can ÜMÜTLÜ ve Özgün Cem YILMAZ’a teşekkürlerimi iletirim.

Tezim kapsamında yer alan çalışmalarda 0185.STZ.2013-1 numaralı proje ile yaptığı maddi destek için Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Bilim ve Teknoloji Genel Müdürlüğü’ne ve Ermetal Otomotiv ve Eşya San. Tic. A.Ş.’ne teşekkürlerimi sunarım.

Tüm öğrenim hayatım boyunca benden desteklerini esirgemeyen biricik aile üyelerime gösterdikleri maddi ve manevi destekten ötürü sonsuz teşekkürler, iyi ki varsınız.

Yüksek lisansım süresince desteğini hep hissettiğim, en zorlandığım anlarda yanımda olan sevgili eşim Hafize Nilsel ALTAY’a çok ama çok teşekkürler. Sen olmasan tüm bunlar olmazdı.

Tezimi, hayata bambaşka bakmama sebep olan güzeller güzeli kızım Nisan ALTAY’a ithaf ediyorum.

Olgun ALTAY

İNSAN VÜCUDU İÇİN MASAJ MEKANİZMASI TASARIMI, ANALİZİ VE KONTROLÜ

ÖZ

Ofiste çalışan kişilerin en büyük rahatsızlıklarından biri, ergonomik olmayan ortamlarda çalışmalarından dolayı, kalıcı rahatsızlıklara yakalanmalarıdır. Ortaya çıkan rahatsızlıklar ile ilgili olarak çalışmalar yapıp, firmaların rahatsızlanan çalışanlarından ötürü senelik zararları üzerine raporlar hazırlanmıştır. Uluslararası bir sorun olan ergonomik olmayan çalışma koşulları hakkında yoğun çalışmalar gerçekleştirilmektedir.

Tez içeriğinde Dokuz Eylül Üniversitesi Tekstil Mühendisliği ile yapılan ortak çalışmalar BAP Koordinasyon Birimi ve Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, San-Tez programı tarafından desteklenmiştir. Tasarlanacak mekanizmalar ile ilgili ölçü, çalışma sıklığı, çalışma frekansı gibi değerlerin belirlenmesi amacıyla 2013.KB.FEN.036 numaralı BAP projesinde çalışmalar yürütülmüştür. Bu çalışmalar kapsamında akademik ve idari personele anket uygulaması yapılmış ve uygun ölçülerde mekanizmaların üretilmesi için antropometrik ölçüler alınmıştır. Elde edilen bilgiler ışığında 0185.STZ.2013-1 numaralı San-Tez projesi dahilinde 2 adet masaj mekanizmasının tasarımı gerçekleştirilmiştir. Üretimden önce mekanizmaların statik, yorulma ve doğal frekans analizleri yapılmış ve oluşabilecek sorunlar üretime geçilmeden tespit edilmiştir. Daha sonra imal edilen mekanizmalar, Bürosit firması tarafından projeye özel olarak üretilen ofis koltuklarına monte edilmişlerdir.

Ayrıca bu çalışmada tasarlanmış olan masaj mekanizması entegre edilmiş konstrüksiyon ile, Türk Standartları Enstitüsü' ne patent başvurusunda bulunulmuştur (Patent Başvuru Numarası: 2016/12074).

Anahtar kelimeler: Ergonomi, ofis koltuğu, masaj mekanizması

DESIGN, ANALYSIS AND CONTROL OF A MESSAGE MECHANISM FOR THE HUMAN BODY

ABSTRACT

Due to uncomfortable workplace, one of the most common complaints of office workers is that they caught in permanent discomfort. Detailed investigations have been studied about these disorders and some reports have been prepared on the annual losses because employees are uncomfortable in companies. In order to solve the disorders caused by the office environment which is a worldwide problem, companies have made intensive studies.

Within the scope of the thesis, collaborative studies with Dokuz Eylül University, department of Textile Engineering were supported by BAP Coordination Unit and Ministry of Science, Industry and Technology, San-Tez program. In order to determine the values related to the mechanisms to be designed, such as measurement and working frequency, studies were carried out in the BAP project numbered 2013.KB.FEN.036. In these studies, the questionnaire was applied to academic and administrative personnel and anthropometric measurements were taken to produce the appropriate size mechanisms. In the light of the information obtained, two massage mechanisms were designed within the scope of San-Tez project 0185.STZ.2013-1. Static, fatigue and natural frequency analyzes of the mechanisms before production were made and the problems that could occur were determined before the production. Then, the produced mechanisms were mounted on the office chairs produced by the Bürosit company specially designed for the project.

In addition, with integrated massage mechanism construction, which is designed in this study, the patent application has been made to the Turkish Standards Institute (Patent Application Number: 2016/12074).

Keywords: Ergonomics, office chair, massage mechanism

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ.....	x

BÖLÜM BİR - GİRİŞ

1

1.1 Giriş.....	1
1.2 Ofiste Ergonomi	2

BÖLÜM İKİ - OFİS KOLTUĞU GÖVDE TASARIMI VE MASAJ MEKANİZMALARI

8

2.1 Ofis Koltuğu Gövde Tasarımı	8
2.2 Masaj Mekanizmaları	9
2.2.1 Yoğurma Masaj Mekanizması.....	9
2.2.1.1 Yoğurma Masaj Mekanizması Tasarımı.....	10
2.2.1.2 Yoğurma Masaj Mekanizması Teknik Bilgiler.....	12
2.2.1.3 Yoğurma Masaj Mekanizması Kontrolü.....	17
2.2.1.4 Yoğurma Masaj Mekanizması Statik Analizi	22
2.2.1.5 Yoğurma Masaj Mekanizması Yorulma Analizi	28
2.2.2 Titreşim (Vibrasyon) Masaj Mekanizması	30
2.2.2.1 Titreşim Masaj Mekanizması Tasarımı	31
2.2.2.2 Titreşim Masaj Mekanizması Teknik Bilgiler	33
2.2.2.3 Titreşim Masaj Mekanizması Kontrolü	34

2.2.2.4 Titreşim Masaj Mekanizması Doğal Frekans Analizi	35
BÖLÜM ÜÇ - SONUÇ ANKETİ VE DEĞERLENDİRMELER	45
3.1 Sonuç Değerlendirme Anketi	45
3.2 Subjektif Değerlendirmeler	46
BÖLÜM DÖRT - SONUÇ	54
4.1 Sonuç	54
KAYNAKLAR	57
EKLER.....	61
EK-1: Anket Sorular.....	61
EK-2: Kişilerin Koltuklarında Olmasını Bekledikleri Özellikler.....	67
EK-3: Sonuç Değerlendirme Anketi	68

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 San-tez projesi kapsamında tasarlanan ofis koltuğu	9
Şekil 2.2 Cun ölçüsünün farklı şekillerde gösterimi	11
Şekil 2.3 Cun ölçüsü ile masaj yapılacak bölgenin tespiti	11
Şekil 2.4 Yoğurma masaj mekanizması	13
Şekil 2.5 Yoğurma mekanizması tasarımı ve üretilmiş modeli.....	14
Şekil 2.6 Tork hesaplamasında kullanılan eksen uzaklığı.....	15
Şekil 2.7 Yoğurma masaj mekanizmasında kullanılan 24 v elektrik motoru.....	16
Şekil 2.8 Ofis koltuğu sırt kısmına uygulanan kuvvet	17
Şekil 2.9 Masaj koltuğunda bulunan lcd kontrol paneli.....	18
Şekil 2.10 Endüktif sensörler ve sinyal oluşmasını sağlayan somunlar.....	19
Şekil 2.11 DC sürücü kartı	20
Şekil 2.12 Yoğurma mekanizması dc motor sürücü kartı	21
Şekil 2.13 Yoğurma masaj mekanizmasında kullanılan 12 volt batarya	22
Şekil 2.14 Analiz için alt montajın sabitlenmesi.....	25
Şekil 2.15 Alt montaja 90 N kuvvetin yayılı şekilde uygulanması.....	25
Şekil 2.16 Alt montaja mesh atanması	27
Şekil 2.17 Alt montaj analiz sonucu.....	27
Şekil 2.18 10^6 yük tekrarı sonucunda alt montajda oluşan hasar yüzdesi	29
Şekil 2.19 Alt montajın yorulma analizi ömür grafiği	30
Şekil 2.20 Titreşim motorları için üretilcek kapların 3D çizimleri	32
Şekil 2.21 Titreşim motorlarının tasarımı ve montaj sonrasında yerleşimleri....	32
Şekil 2.22 Ofis koltuğu içerisindeki titreşim motoru	33
Şekil 2.23 Titreşim mekanizması dc motor sürücü kartı.....	34
Şekil 2.24 İnsan vücudundaki doğal frekans değerleri.....	37
Şekil 2.25 Doğal frekans analizi için koltuğa sınır koşulu atanması.....	39
Şekil 2.26 Analiz işlemi için mesh atanması.....	40
Şekil 2.27 Ofis koltuğu 1. titreşim biçimi	42
Şekil 2.28 Ofis koltuğu 2. titreşim biçimi	42
Şekil 2.29 Ofis koltuğu 3. titreşim biçimi	43

Şekil 2.30 Ofis koltuğu 4. titreşim biçimi	43
Şekil 2.31 Ofis koltuğu 5. titreşim biçimi	44
Şekil 3.1 Kullanıcıların ofis koltukları için genel memnuniyet derecesi	46
Şekil 3.2 Genel memnuniyet dereceleri düşük olan katılımcıların, koltuklarından rahatsız oldukları parçaları.....	47
Şekil 3.3 Üç koltuğun konstrüksiyon özellikleri ile ilgili yanıtların dağılımı	48
Şekil 3.4 Katılımcıların masaj mekanizması tercihi.....	53



TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 2.1 Yoğurma masaj mekanizmasında kullanılan motor bilgileri.....	16
Tablo 2.2 Endüktif sensör bilgileri.....	19
Tablo 2.3 Yoğurma mekanizması sürücü kartı bağlantıları.....	21
Tablo 2.4 Alüminyum malzeme mekanik özellikleri.....	23
Tablo 2.5 Delrin malzemesi mekanik özellikleri	24
Tablo 2.6 Mesh atama işlemi detayları	26
Tablo 2.7 Titreşim motoru teknik özellikleri	33
Tablo 2.8 Titreşim mekanizması sürücü kartı bağlantıları.....	35
Tablo 2.9 Titreşim mekanizması eklenen ofis koltuğu için doğal frekans değerleri .	41

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

1.1 Giriş

Kamu veya özel sektör çalışanlarının birçoğu, mesai zamanlarının neredeyse tamamını ofislerinde geçirmektedirler. Ofiste bu kadar uzun süreler çalışma söz konusu olduğunda, verimli bir çalışma için çalışma ortamının ergonomik olması gerekmektedir.

Ergonomi; insanın fiziksel ve psikolojik özelliklerini inceleyerek, insanın makine ve çevre ile olan uyumunu doğal ve teknik olarak araştırma ve geliştirme çalışmaları topluluğudur. Yunanca'da Ergo iş, nomos ise yasa anlamına gelmektedir. Ergonomik koşulların sağlanmasında işyerinin çalışana uyumu büyük önem taşımaktadır.

Tez çalışması kapsamında BAP projesi dahilinde ofis ortamında uzun süre oturarak çalışan personel için anket çalışması hazırlanmıştır (Çetin, 2018). İlgili anket Ek-1'de yer almaktadır. Dokuz Eylül Üniversitesi akademik ve idari personeli olan arasından belirlenmiş örnekleme bu anket uygulaması yapılmıştır. Anket çalışması sonucunda kişilerin belirttikleri rahatsızlıklardan yola çıkılarak ergonomik konforun arttırılmasında kullanılmak üzere masaj mekanizmaları tasarlanmıştır.

Bu çalışmada Türkiye'de ofis çalışanlarının statik yüklenmeden kaynaklanan sırt ağrısı şikayetlerini hafifletmek üzere yeni bir ofis koltuğu konstrüksiyonu geliştirilmiştir. Ayrıca iki farklı masaj tipini gerçekleştirecek elektromekanik sistem tasarlanarak konstrüksiyona entegre edilmiştir. Yapılan çalışma, ofis koltuğu tasarımı konusunda, ayrı ayrı bel, sırt ve boyun desteğini sağlayan ve yoğurma veya titreşim özelliklerini bulunduran ilk bilimsel çalışma niteliğini taşımaktadır.

1.2 Ofiste Ergonomi

Günümüzde, gelişmiş ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de işçi sağlığı ve iş güvenliğinin önemi, ilgili sorunların tartışılması ve eğitimi giderek önem kazanmaktadır. Genel yargıya bakıldığında; çalışma koşullarının çok rahat olduğu düşünülen ofis çalışanlarının, bilgisayar karşısında oturarak çalışma sürelerinin artışıyla mesleki rahatsızlıklarının arttığı yönünde tespitler bulunmaktadır. Ofis çalışanlarında görülen mesleki rahatsızlıklar; tekrarlı statik hareketlerden, kas yüklenmelerinden ve elverişsiz vücut pozisyonlarından kaynaklanmaktadır.

Ofis çalışanlarının dikkat etmesi gereken önemli noktalardan birisi çalışma masasının yerleşimidir. Bilgisayar ekranının tam karşıda olması ve ekran en üst seviyesinin göz seviyesinde olması gereklidir. Çalışanın dirseklerinin altında destek olması ve direkt masaya basmaması da önemlidir. Diğer ekipmanlar bilgisayar kullanırken kolayca erişilebilecek mesafede olmalıdır.

Çalışma masasının yerleşimi kadar önemli bir başka konu çalışma gruplarının dizaynidir. Uygunsuz bir çalışma düzeni kaslarda ve iskelet sisteminde birtakım rahatsızlıklara neden olabilmektedir. Uygun ofis tasarımında en önemli unsur kuşkusuz çalışma koltuğudur. Çalışma koltuğunun tekerlekli, yüksekliği ayarlanabilir olması ergonomik şartların sağlanması bakımından önemlidir. Çalışma koltuğunun sırtınızı kavraması ve dik duruşunuzu desteklemesi gerekmektedir. Gelişmiş tasarımlarda vücut hareketine uyumlu sırt ve oturak mekanizmaları, bel destek ayarı, sırt sertlik ayarı, kol yükseklik ve açı ayarı gibi birtakım özellikler görülmektedir. Ofis çalışanları içerisinde genellikle tekerlekli ve yükselip alçalma dışında bir mekanizması olmayan basit bir çalışma koltuğu kullanıldığı görülmektedir. Ergonomik bakımdan yetersiz olan bu çalışma koltukları, çalışanlar üzerinde kas ve iskelet sistemi ile ilgili birçok soruna neden olmaktadır.

Kahraman'ın (2013) hazırladığı iş sağlığı ve güvenliği uzmanlık tezinde, ofislerde ergonominin iş sağlığı üzerindeki etkileri üzerine çalışılmış, antropometrik ölçümlere göre ofislerde gerçekleştirilebilecek iyileştirmeler belirtilmiştir. Tez kapsamındaki

bilgiler ışığında, belirtilen uygunsuz çalışma koşullarında, sağlık problemi oluşması muhtemel bölgeler belirtilmiştir.

Hastürk ve Gültekin'in (2013) çalışmalarında, tüketicilerin ofis koltuklarından beklentileri, kullandıkları koltuklarla ilgili sorunları ve satın alma davranışları belirtilmiştir. 18 – 65 yaş arası 256'sı erkek, 158'i kadın toplam 414 yetişkin birey ile yüz yüze anket yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen çalışmada ergonomik olmayan çalışma koşullarından kaynaklanan sorunlar belirtilmiştir.

Cengiz (2004) bildirisinde koltuk tasarımları; görsel çekicilik, maliyet, rahatlık, insan sağlığına uygunluk, antropometrik verilere uyumluluk, oturma yüzeyi kalitesi, titreşim, iletim özelliği, koltuk stabilitesi ve konfor faktörleri de dikkate alınarak ergonomik açıdan karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Morkoç ve Okcu (2017) tarafından yayınlanan makalede, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi idari ve akademik personeline ait çalışma mekânlarının ve büro mobilyalarının ergonomik açıdan uygunluğu üzerine çalışılmıştır. Çalışma kapsamında 3 ana başlık içeren bir anket uygulanmış ve büro sandalyelerinin ergonomik olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Kasal, Yüksel, Kılıç, Ergün ve Özcan (2015) hazırladıkları çalışma kapsamında, 18-25 yaş aralığında 10 erkek katılımcıdan yaklaşık 60'şar statik antropometrik veri almışlardır. Ek olarak Anybody Modelling System (AMS) yazılımı kullanılarak, ergonomik bir ofis sandalyesinin sahip olması gereken geometrik kriterler belirlenmiştir. Makale kapsamında, bir ergonomi yazılımından elde edilen niceliksel veriler ile bir anket çalışmasından elde edilen niteliksel veriler arasındaki tutarlılık tespit edilmeye çalışılmıştır.

Dien, Looze ve Hermans'ın (2001) araştırmaları kapsamında, 10 kişiden oluşan bir çalışma grubu sırasıyla oturma kısımları hareketsiz, sadece sırt kısmı hareketli ve tüm kısımları birbirinden bağımsız hareket eden sandalyelere 3'er saat oturarak ofis ortamında gerçekleştirdikleri çalışma koşullarını canlandırmışlardır. Çalışma

kapsamında omurilik üzerine binen yükler ölçülerek, 3 çeşit sandalyenin ergonomiye uygunluğu ve birbirlerine göre uygunsuzlukları değerlendirilmiştir.

Telli ve Şenol'un (2013) hazırladıkları makale kapsamında, 17-45 yaş aralığında 35 kişiden 18 adet antropometrik ölçü alınmıştır. Antropometrik ölçülerin değerlendirilmesi ile bu değerlere uygun çalışma masası ve sandalyesinin ölçüleri belirlenmiştir.

Eriş'in (1995) yüksek lisans tezinde; ilk tasarımı Norveç'te yapılan ve oturarak çalışan insanların, dik oturmak suretiyle sırt ve bel bölgesiyle ilgili sağlık problemlerine maruz kalmamasını amaçlayan ergonomik koltuğun, Türk insanına göre yeniden düzenlenen ve modüler hale getirilen tasarımı tanıtılmış, prototip imalatı anlatılmış, üzerinde yapılan deneyler ve bunların sonuçlarına yer verilmiştir. Geliştirilen modifiye tasarımın, insanların dik oturmasını sağladığı sonucuna varılmıştır. Fakat prototipin özellikle rahatlık ve konfor açısından yetersiz kaldığı, oturma ve diz yastığı bölgelerinin daha yumuşak bir malzemeden yapılması, ayarların da daha hassas hale getirilmesi gerektiği anlaşılmıştır.

Heffner'in (2010) Biyomedikal Mühendisliği yüksek lisans tezi kapsamında yaptığı çalışmada, kullanıcı ara yüzü yardımıyla kontrol edilebilen bir robotik masaj sistemi tasarlanmıştır. Pnömatik aktüatörler yardımıyla masaj yapan sistem, piezoelektrik sensörler kullanarak veri toplama yapmış, gelen verilerden bir geri besleme oluşturmuştur.

Terashima, Mouri, Minyong, Kitagawa ve Miyoshi (2008) hibrit empedans ile kontrol edilebilen çok parmaklı robot el üzerine çalışmışlardır. İnsan vücuduna masaj yapmak üzere tasarlanan bu robotik elin kontrolü, kuvvet esaslı ve pozisyon esaslı empedans kontrolü olmak üzere 2 kısımdan oluşmaktadır. Hibrit empedans kontrolü sayesinde, robot masaj yapılan bölgedeki kasın sertliğinin değişimine bağlı olarak masaj sertliğini ve konumunu ayarlayabilmektedir.

Wang, Zhang, Liang ve Shi (2018), çalışmalarını büyük ölçekli masaj robotlarının yerini alabilecek, insan sırtına masaj yapabilen kompakt bir robot üzerine yapmışlardır. Masajı gerçekleştiren robotun hareketi bobin sarımlarına, bobin akımına ve masaj başlığının bağlı olduğu hareketli çekirdeğin mesafesine bağlı olarak değişmektedir.

Zullino, Krenz, Frésard, Cancela ve Khazaal (2006) 10 kişiden oluşan bir örneklem ile, otomatik masaj sandalyesinde 3 farklı tip masajı içeren bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışma kapsamında kişilerden her birine 3 farklı tip masaj (rulo-streç masajı, shiatsu masajı ve vürmalı masaj) 5'er dakika boyunca uygulanmış, aynı zamanda da elektromiyografileri (EMG) çekilmiştir. Çalışma sonucunda ise kişilere uygulanan anket sonuçları ile EMG sonuçları karşılaştırılmıştır.

Antonelli, Zobel, Durante ve Raparelli (2011), insanların sırt ve bel bölgesine masaj yapan pnömatik masaj mekanizması tasarlamışlardır. Masaj yapılan bölgeye uygulanan basınç yoğunluğu ve masaj alanının hesaplanmasıyla tasarlanan mekanizma, pnömatik aktüatörlerin farklı sıralarda çalıştırılabilmesiyle, farklı şekillerde masaj yapabilmektedir.

Gao, Lu, Tian ve Tan'ın (2014) gerçekleştirdikleri araştırma kapsamında, 4 serbestlik derecesine sahip 2 kolu bulunan bir robot üretilmiştir. Görüntüleme sisteminden alınan bilginin ana sistemde işlenmesi ile mekanizma kişiye masaj yapmaktadır.

Tong (2014) tezinde; bir boyun desteğinin, masaj özelliğine sahip bir soft robot mekanizmasıyla birleştirilmesine yer verilmiştir. Yumuşak malzemelerden oluşan soft robot, hafif olmasının yanı sıra çalışma sırasında şekil alabilme yeteneğinden dolayı kullanılmıştır.

Li, Wu, Liu H. ve Liu J. (2013) Solidworks programını kullanarak, ofislerde kullanıma dayalı fitness ve masaj koltuğu tasarlamışlardır. Ayak pedalı yardımıyla spor

hareketleri yapılabilen masaj koltuğunda, dişli çarklar ile aktarılan pedal hareketi koltukta oturan kişinin sırt kısmına masaj yapmaktadır.

Literatürdeki örneklerden de anlaşılacağı üzere iş yerlerinde mesleki rahatsızlıklar nedeniyle gizli, önemli ekonomik kayıplar gerçekleşmektedir. Ofis çalışanlarının zamanlarının neredeyse tamamını ofislerinde geçirdikleri düşünüldüğünde, ergonomi daha da önemli bir hal almaktadır. Ofiste iş sağlığı ve güvenliği kapsamında dikkat edilmesi gereken ergonomik uygunluk ikinci plana atılmaktadır. Bu durum da hem çalışan sağlığını olumsuz etkilemekte, hem de işyerlerini maddi zararlara uğratmaktadır.

Dokuz Eylül Üniversitesi Tekstil Mühendisliği bölümü ile gerçekleştirilen ortak çalışmalar dahilinde, Dokuz Eylül Üniversitesi içerisinde 382 kişilik bir örnekleme anket uygulaması gerçekleştirilmiş ve antropometrik ölçüm çalışmaları yapılmıştır. 382 kişilik örneklem rastgele seçilmiş olup, bu kişilerden 262'si akademik, 120' si idari personeldir.

Anket çalışması dahilinde, ofis ortamında kullanılan ve oturma eyleminin temel unsurlarının başında gelen ofis koltuğunun çalışanlar tarafından ne kadar bilinçli kullanıldığı, ihtiyaçlarını karşılayıp karşılamadığının ve ofis koltuğundan beklentilerinin neler olduğunun belirlemesi adına 27 soruluk bir anket düzenlenmiştir. Uygulanan anket ile kişilerin çalışma süreleri, bu sürelerdeki çalışma postürleri, çalışma ortamlarında sahip oldukları ergonomik koşullar ve çalışma ortamı kaynaklı geçirdikleri rahatsızlıklar sorulmuştur. Uygulanan anket Ek-1' de yer almaktadır.

Anket çalışmasının son kısmında çalışanların ofis koltuğundan beklentilerini, memnun oldukları ve olmadıkları özelliklerini paylaşabilecekleri ucu açık bir soru yer almaktadır. Katılımcılar verdikleri cevaplarda kullandıkları koltuklarda memnun olmadıkları bölümleri ve kullanmak istedikleri koltuklarda olmasını istediği özellikleri belirtmişlerdir. Bu soruya verilen yanıtlar doğrultusunda ağırlıklı olarak kişilerin koltuklarında olmasını bekledikleri özellikler Ek-2'de görülmektedir.

Ankete katılan çalışanların ucu açık soruya verdikleri cevaplara göre, katılımcıların kullandıkları ofis koltuklarında olmasını istediği en belirgin özellikler ayarlanabilen sırt, boyun ve bel destekleridir. Konstrüksiyon açısından geliştirilmesi gereken bu özellikler dışında, katılımcılar tarafından beklenen özelliklerin başında sırt kısmı için bir masaj mekanizması gelmektedir. 382 kişilik örneklem içerisinde 202 kişilik bir grup, ofis koltuklarında masaj mekanizması istemektedir.

Anket sonuçlarından yola çıkılarak omuz ve st sırt bölgesi ağrılarını azaltmaya yönelik yoğurma ve titreşim masajları yapan iki farklı masaj mekanizması tasarlanmıştır. Bürosit firması tarafından San-Tez Projesi dahilinde tasarlanan ve Türkiye’ de ofis çalışanlarının statik yüklenmeden kaynaklanan sırt ağrısı şikayetlerini hafifletmek üzere geliştirilmiş olan konstrüksiyona, üretimi gerçekleştirilen mekanizmalar entegre edilmiştir. Tasarlanan masaj mekanizmaları üzerinde statik analiz ve yorulma analizi çalışmaları yapılmış, mekanizmaların çalışma frekansları, ofis koltuğu ve insan vücudu doğal frekansları ile karşılaştırılmış ve imalatı yapılan mekanizmaların ofis koltuklarına montajı yapılarak, daha önce anket uygulamasına katılan kişilerin koltukları denemeleri sağlanmıştır.

BÖLÜM İKİ

OFİS KOLTUĞU GÖVDE TASARIMI VE MASAJ MEKANİZMALARI

2.1 Ofis Koltuğu Gövde Tasarımı

Tez kapsamında masaj mekanizmalarının monte edileceği ofis koltuğu, San-Tez Projesi kapsamında Bürosit firması tarafından özel olarak tasarlanmıştır. Ofis koltuğunda arkalık yaslanma bölümü, masaj mekanizmalarını da içerebilecek şekilde üretilmiştir. Mekanizmaların kalınlıklarının arkalık içinde gizlenebilmesi için, arkalık kısmı tasarlanırken çanak görüntüsü verilerek estetik problemlerin giderilmesi düşünülmüştür. Arkalığın taşıyıcı yapısı yükseklikleri ayarlanabilir olan iki parçalı ahşap malzemeden üretilmiştir. Bu sayede masaj mekanizmalarını içerecek olan sırt yaslanma parçası, masaj yapılacak olan bölgenin ihtiyaçlarına göre en uygun şekilde ayarlanabilmektedir. Ofis koltuğu tasarımı sırasında, arkalık ayar aralıkları EN 1335 standardında belirtilen değerlere göre ± 25 mm artırılarak çok daha geniş bir kullanıcı kitlesinin rahatlığı hedeflenmiştir (EN 1335-1: Ofis Çalışma Koltuğu-Bölüm 1: Boyutlar-Boyutların Tayini). Mekanik bir görünüme sahip olan arkalığın tasarımı, fonksiyonel açıdan kullanım kolaylığı sağlayacak ve estetik beklentileri asgari düzeyde karşılayabilecek şekilde düşünülmüştür. Uygun standartlarda tasarlanmış olan koltuk Şekil 2.1’de görülmektedir (Çetin, Altay, Öztürk, Kurumer ve Karabay, 2018).



Şekil 2.1 San-tez projesi kapsamında tasarlanan ofis koltuğu, 1:bel, 2:sırt, 3:boyun kısmı (Kişisel arşiv, 2015)

Yapılan gövde tasarımına ilaveten, anketlerden toplanan veriler ışığında, ofis çalışanlarının ergonomik koşullarının iyileştirilebilmesi adına koltuk üzerine monte edilecek 2 adet masaj mekanizması tasarlanmıştır.

2.2 Masaj Mekanizmaları

Tez çalışması kapsamında, üretilen ergonomik ofis koltuğuna monte edilecek 2 adet masaj mekanizması tasarlanmıştır. Masaj mekanizmalarından ilki yoğurma masajı yaparken, ikinci mekanizma ofis koltuğuna bağlı titreşim motorları ile masaj uygulamaktadır.

2.2.1 Yoğurma Masaj Mekanizması

Yoğurma masajı deri, deri altı ve kas dokularının bir elle kaldırılıp kemik üzerinde yuvarlanması ve serbest bırakılması şeklinde uygulanır. Uygulama alanının özelliğine ve büyüklüğüne göre yoğurmanın çeşitleri vardır. Yoğurma masajı kaslarda dolaşımı hızlandırarak, kas dokusunun beslenmesini, esnekliğini ve kuvvetini artırır. Yavaş ve

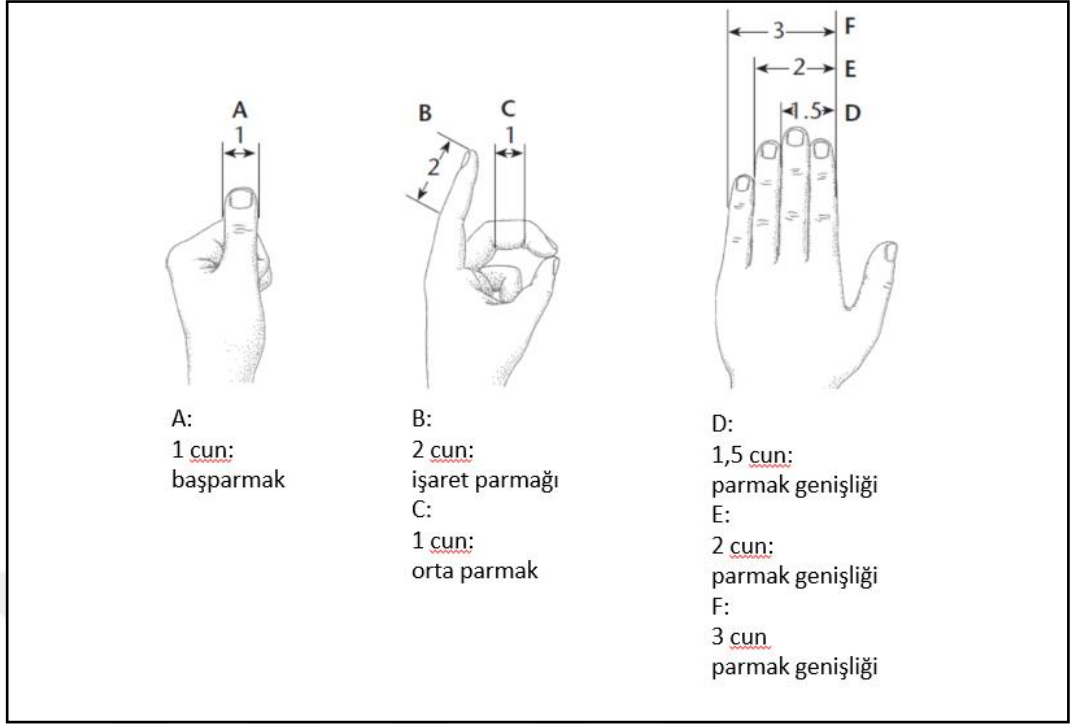
ritmik hareketler sakinleştirici ve gevşetici etkiye sahiptirler. Yoğurma masajı gergin kas ve kas gruplarının yumuşatılmasında kullanılır. Ofis koltuklarında uzun süre ve ergonomik olmayan pozisyonlarda oturan kişilerde bel, sırt ve boyun bölgelerinde ağrılar oluşmaktadır. Bu ağrıların giderilmesinde yoğurma masajı yapacak olan mekanizmanın kullanılması planlanmıştır.

2.2.1.1 Yoğurma Masaj Mekanizması Tasarımı

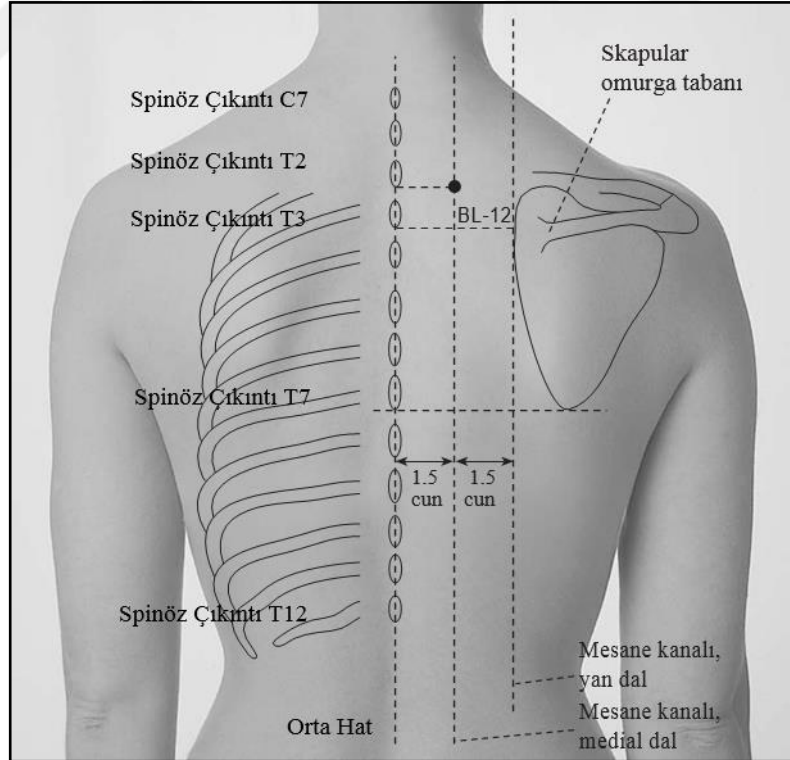
Yoğurma masajı yapacak olan mekanizma temel olarak kam mekanizmalarından oluşmaktadır. Mekanizmalar üzerinde bulunan tekerlekler, masaj sırasında omurganın sağında ve solunda yoğurma hareketi gerçekleştirerek, koltuk üzerinde oturan kişiye masaj uygulamaktadır. Bu yoğurma hareketi, her milin kendisine bağlı ve gücünü ofis koltuğuna yerleştirilmiş olan akülerden alan elektrik motorları tarafından sağlanmaktadır.

Masaj yapacak tekerleklerin yerleştirilme aralıkları belirlenirken, masaj mekanizmalarının etkili bir masaj sağlanması için Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi'nde görevli Prof. Dr. İpek ERGÜR' ün desteği alınmıştır. Prof. Dr. İpek ERGÜR' ün yönlendirmesiyle masaj yapacak tekerleklerin yerleştirilme aralıkları akupunktur metotları kullanılarak belirlenmiştir. Akupunktur metotlarına göre, her kişinin omurgasının 1,5 ve 3 cun sağında ve solunda BL Channel olarak adlandırılan masaj bölgeleri yer almaktadır. Kişiye en etkili masaj bu bölgeler aracılığıyla yapılmaktadır. “Cun” ölçüsü her kişinin başparmak genişliğidir.

Ülkemiz insanının antropometrik ölçülerine daha uygun bir koltuk konstrüksiyon tasarımı gerçekleştirebilmek adına, Dokuz Eylül Üniversitesi'nde akademik ve idari personellerden BAP projesi kapsamında vücut ölçüleri alınmıştır. Bu ölçülerle birlikte, ortalama bir cun ölçüsü belirleyebilmek ve masaj mekanizmasının daha etkili bir masaj yapması için konumlanmasında yararlanılmak üzere kişilerin başparmak genişlikleri de ölçülmüştür. Cun ölçüsünün insan eli üzerinde ölçüm yerlerini ve cun ölçüsü kullanılarak masaj yapılacak bölgenin belirlenmesini Şekil 2.2 ve 2.3'te görebilirsiniz.



Şekil 2.2 Cun ölçüsünün farklı şekillerde gösterimi (Focks, 1998)



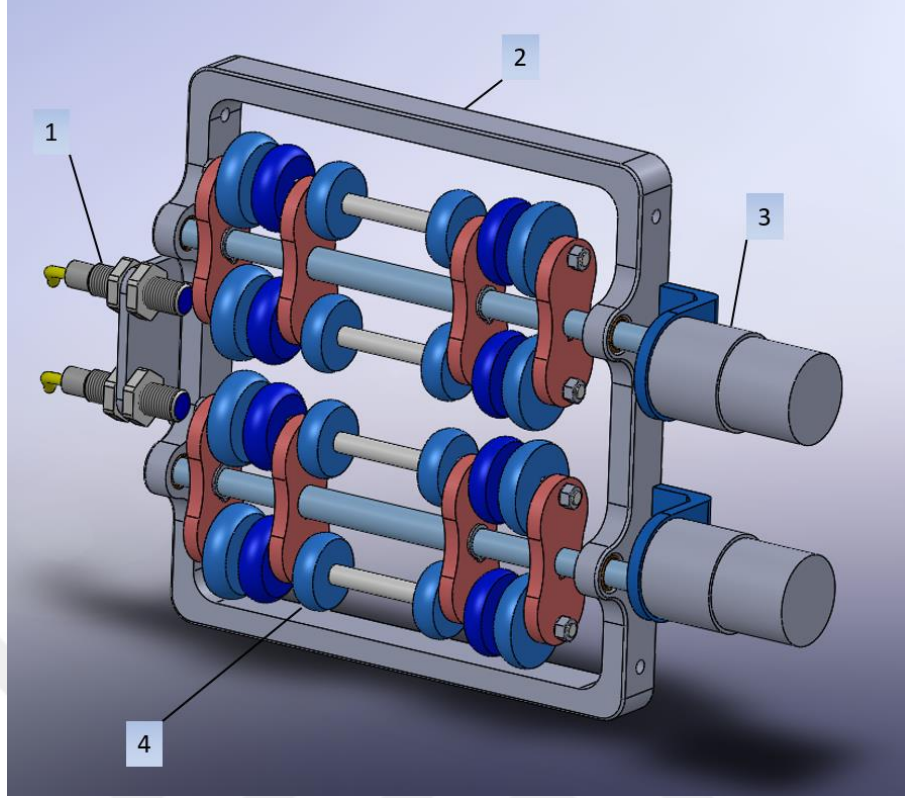
Şekil 2.3 Cun ölçüsü ile masaj yapılacak bölgenin tespiti (Focks, 1998)

Yoğurma masaj mekanizması tasarlanırken, masaj tekerleklerinin akupunktur metoduyla belirlenen bölgelere masaj yapacak olmasına özen gösterilmiştir. Masaj tekerlekleri ilgili bölgelere masaj yapmalı, fakat aynı zamanda omurga ekseninden de uzak olmalıdır. Bu yüzden mekanizma üzerinde bulunan iç tekerleklerin arasında belirli mesafeler bırakılmıştır.

Masaj mekanizmasının yatayda konumlandırılması dışında, bir de oturan kişinin boyuna bağlı olarak bel-omuz hizası arasında dikey konumlandırılmasına ihtiyaç vardır. Bu konumlandırılma masaj mekanizması için tasarlanan ofis koltuğu sayesinde gerçekleştirilir. Arkalığı oluşturan kısımların birbirlerinden bağımsız hareket edebilmesi sayesinde, masaj mekanizmasını içeren sırt kısmı oturan kişinin isteğine göre ayarlanabilmektedir.

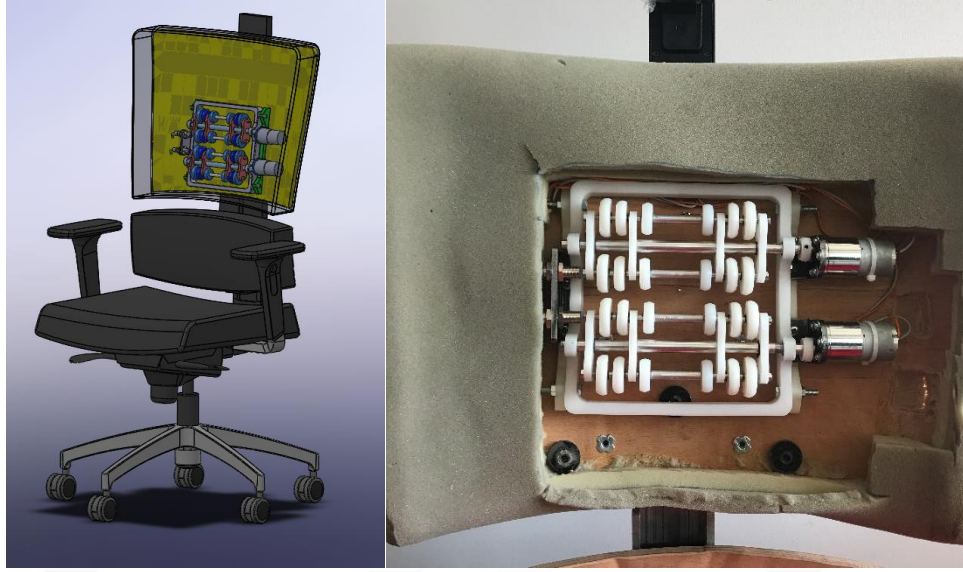
2.2.1.2 Yoğurma Masaj Mekanizması Teknik Bilgiler

Gerçekleştirilen çalışma kapsamında tasarımı yapılan yoğurma masaj mekanizması Şekil 2.4'te görülen elemanlardan oluşmaktadır:



Şekil 2.4 Yoğurma masaj mekanizması (1: endüktif sensör, 2: mekanizma gövdesi, 3: elektrik motoru, 4: masaj tekerleği)

Masaj mekanizması tasarlanırken en çok dikkat edilmesi gereken parametre mekanizmanın boyutlarıdır. Halka açık yerlerde bulunan ve ücretli şekilde masaj yapan koltukların aksine, tez kapsamında boyutları küçük ofis koltuğu kullanılmıştır. Bu yüzden masaj mekanizmasının, mekanizmaya güç veren elektrik motorlarının, kullanılacak bataryaların ve sensörlerin boyutlarına dikkat edilmiştir. Mekanizmanın koltuk içinde yerleşimi Şekil 2.5'te görülmektedir.



Şekil 2.5 Yoğurma mekanizması tasarımı (solda) ve üretilmiş modeli (sağda) (Kişisel arşiv, 2015)

Motor güçlerinin hesaplaması yapılırken, masaj yaptıracak kişinin ofis koltuğuna yaslanma sırasında ne kadar kuvvet uyguladığı da önemlidir. Masaj mekanizmasının hareket edebilmesi için, bu kuvveti yenebilmesi gereklidir. Bu kuvveti hesaplayabilmek adına, standartların üzerinde bir boy ve ağırlığa sahip bir erkek personel (185 cm, 120 kg), mekanizmanın monte edileceği ofis koltuğuna oturmuş ve arkaya yaslandığında ne kadar kuvvet uygulandığı elektronik baskül ile ölçülmüştür.

Yapılan hesaplamalar sonucunda mekanizmayı hareket ettiren elektrik motorları 20 W gücünde seçilmişlerdir. Motorların gücü aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$Güç(W) = [Tork(N.m) * Hız(rpm)/9,5488] * Emniyet Katsayısı \quad (2.1)$$

Sırt kısmının koltuğa uyguladığı ortalama kuvvet: 90 N

Motor miline gelen kuvvetin mil eksenine uzaklığı: 0,035 m

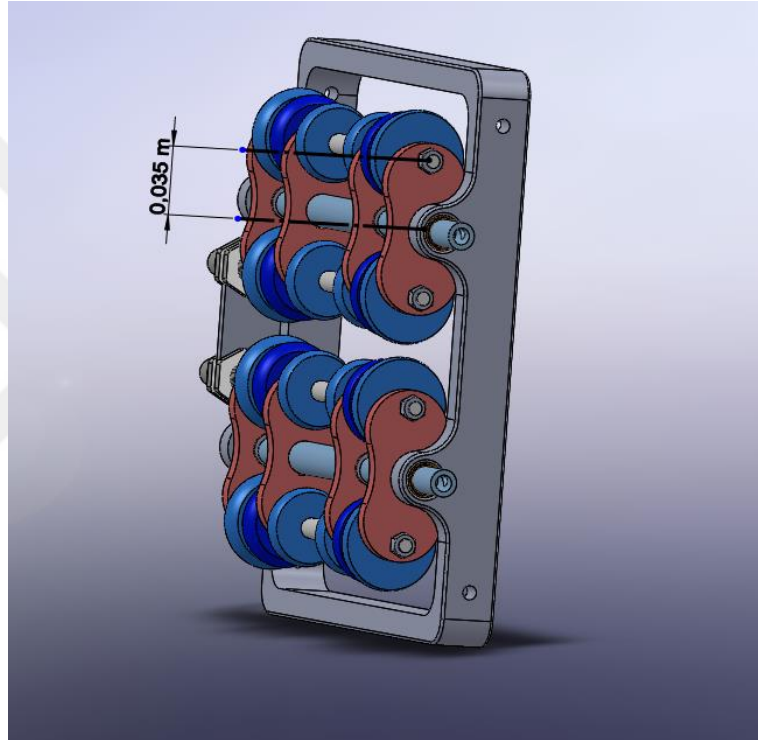
$$Tork = 90 (N) * 0,035 (m) = 3,15 (N.m) \quad (2.2)$$

Motor devri : 30 rpm

Emniyet katsayısı: 2

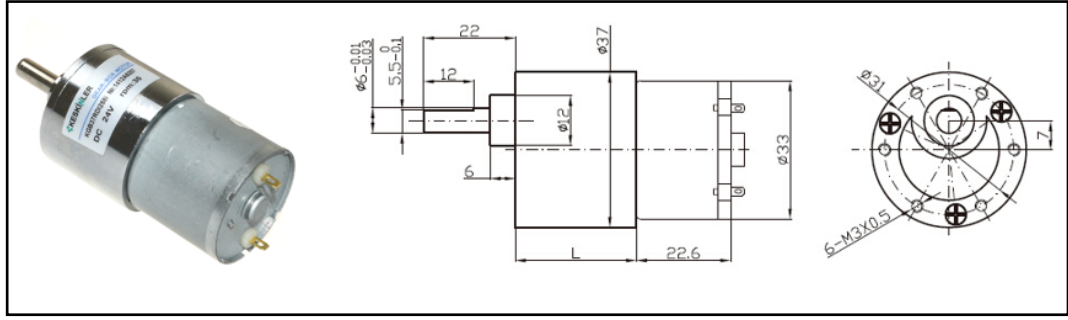
$$Güç(W) = [3,15(N.m) * 30(rpm)/9,5488] * 2 = 19,79 W \quad (2.3)$$

Yukarıdaki hesaplama sonucunda masaj mekanizmasında kullanılması gereken motorların gücünün en az 20 W olması gerektiği görülmüştür. Tork hesaplamasında kullanılan 35 mm mesafenin gösterimi de Şekil 2.6'daki gibidir:



Şekil 2.6 Tork hesaplamasında kullanılan eksen uzaklığı

(1) nolu hesaplamada görüldüğü üzere, yoğurma masaj mekanizmasını çalıştıracak olan motorlar için gerekli güç 20 W olarak hesaplanmıştır. Teoride yeterli olan bu güç, pratikte oluşan sürtünme kuvvetleri ve yataklamada ortaya çıkan açısız eksen kaçıklıklarından dolayı yetersiz kalmıştır. Bu yüzden yoğurma mekanizması motorları 48 W gücünde (24 V-2 A) olarak seçilmiştir. Yoğurma mekanizmasında kullanılan elektrik motorlarına ait teknik resimler Şekil 2.7'de, teknik bilgiler ise Tablo 2.1'de görülmektedir.

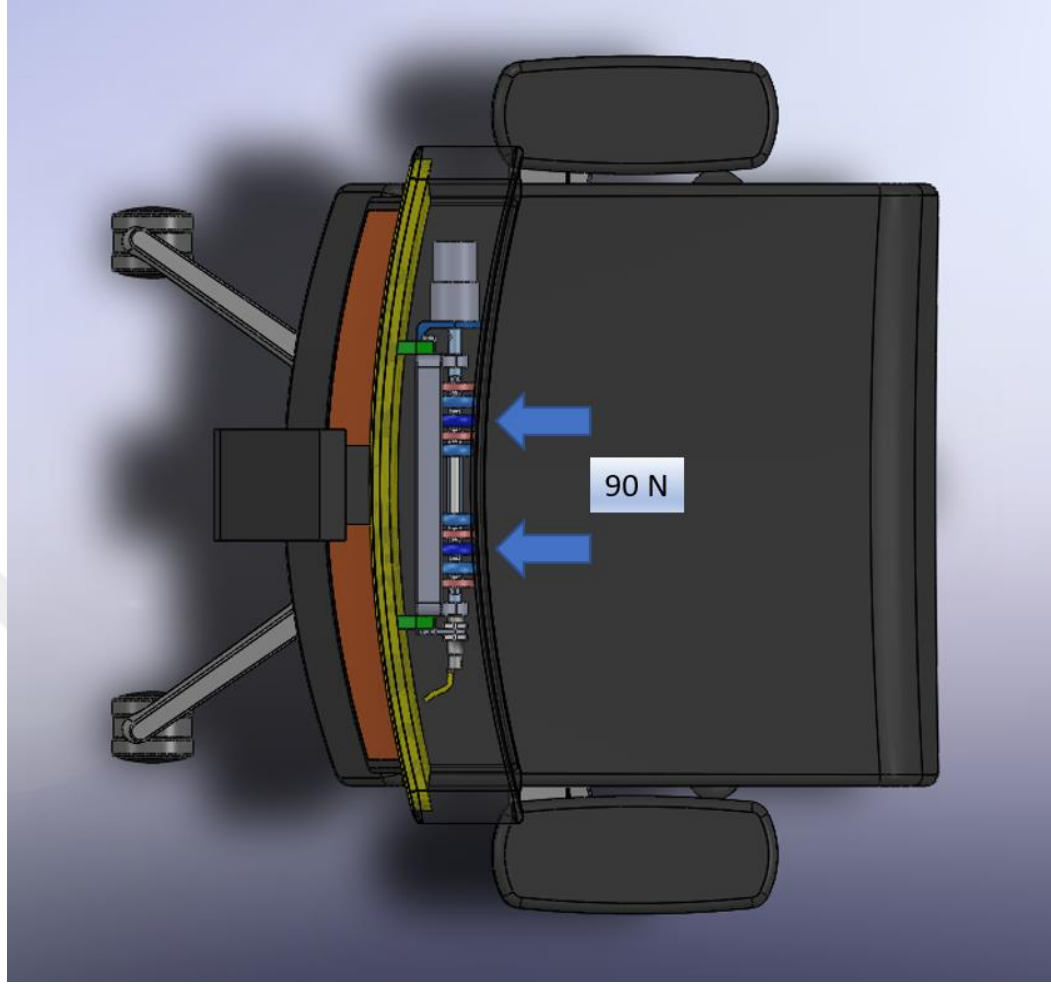


Şekil 2.7 Yoğurma masaj mekanizmasında kullanılan 24 v elektrik motoru (Motorbit, b.t.)

Tablo 2.1 Yoğurma masaj mekanizmasında kullanılan motor bilgileri (Motorbit, b.t.)

Motor Özellikleri	
Çaşılma Gerilimi	24 V
Çalışma Akımı	2 A
Motor Çıkış Devri	30 rpm (0,5 Hz)
Motor Çıkış Mil Çapı	6 mm
Boyutlar	37 mm x 85 mm (D x H)
Motor Gücü	48 W

Elektrik motorlarının güçlerinin hesaplamasında kullanılan 90 N kuvvet, mekanizma tasarımı sırasında denemeler sonucunda ölçülmüştür. Mekanizma üzerine gelen kuvvetin gösterimi Şekil 2.8’deki gibidir.



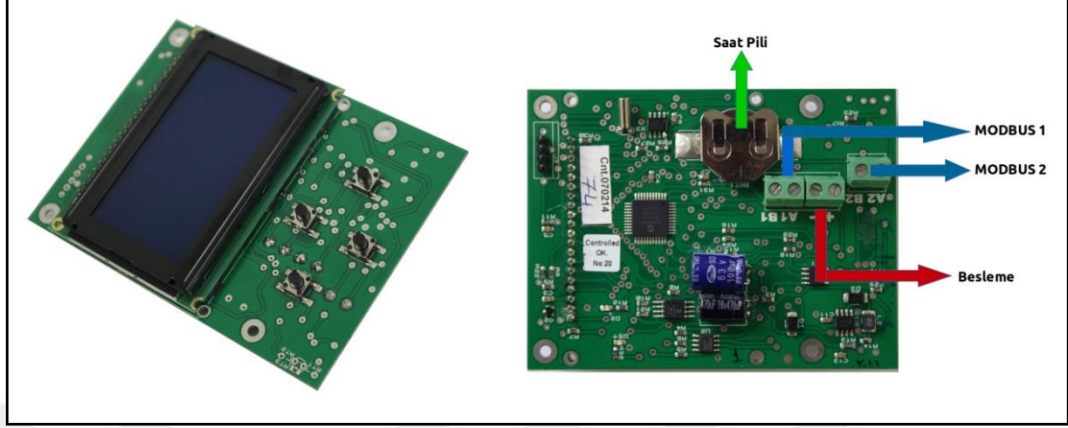
Şekil 2.8 Ofis koltuğu sırt kısmına uygulanan kuvvet

Güç hesaplamasında kullanılan elektrik motorlarının devirlerinin 30 rpm seçilmesindeki sebep, masaj etkisinin iyi hissedilebilmesi ve millerin çok hızlı dönmesinin istenmemesidir. Piyasada çalışan diğer masaj koltukları incelenmiş ve 30 rpm motor devrinin ortalama değer olduğu görülmüştür. Elektrik motorlarının çalışma hızlarının kontrolleri, kaç tanesinin ne kadar süre çalıştırılacağı ve konumlarının kontrolleri gibi konular hakkında, San-Tez projesi kapsamında bir firmadan otomasyon desteği alınmıştır.

2.2.1.3 Yoğurma Masaj Mekanizması Kontrolü

Ofis koltuğundaki masaj mekanizmasının kontrolü, koltuğun kolçak kısmına konulan bir panel ile sağlanmaktadır. Koltuk üzerinde oturan kişi, bu panel yardımıyla

motorların hızlarını ayarlayabilir, motorları ayrı ayrı veya beraber çalıştırabilir ve masaj süresini ayarlayabilir. Kontrol paneli Şekil 2.9’da görülmektedir.



Şekil 2.9 Masaj koltuğunda bulunan lcd kontrol paneli (Destek otomasyon, b.t.)

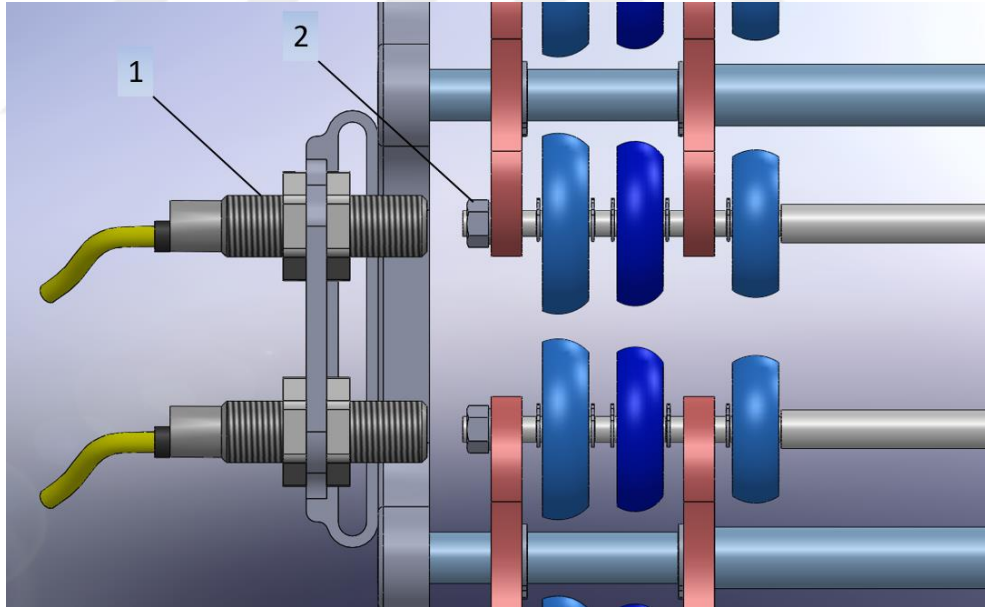
Elektrik motorlarıyla tahrik edilen masaj tekerlerinin pozisyonu, ofis koltuğunu kullanan kişi için önemlidir. Masaj tekerleklerinin pozisyonu, masaj bitiminde ofis koltuğunun içinde kalacak şekilde olmalıdır. Masaj sonrasında tekerlekler koltuğun süngerinden dışarıya taşmış şekilde konumlanırsa, koltuğu kullanan kişinin sırtını rahatsız edecektir. Elektrik motorlarının masaj tekerleklerini uygun pozisyonda konumlandırmaları mekanizma tasarımında yer alan endüktif yakınlık sensörleri ile sağlanmıştır.

Endüktif sensörler kendilerine yaklaşan metal cisimleri belirli bir mesafede algırlar. Bu sensörler kendi algılama mesafelerinde bir manyetik alan oluştururlar. Algılama mesafesine yaklaşan bir metal cisim bu manyetik alanı etkiler. Mekanizmamızda kullanılan endüktif sensör SICK marka IME12-04BNSZW2S sensörüdür. Sensöre ait teknik bilgiler Tablo 2.2’de verilmiştir.

Tablo 2.2 Endüktif sensör bilgileri (Sick, 2018)

Gövde	Silindirik Diş
Diş Boyutu	M12 x 1
Çap	Ø 12
Ölçüm Aralığı	4 mm
Güvenli Ölçüm Aralığı	3,24 mm
Anahtarlama Frekansı	2,000 Hz
Çıkış Tipi	NPN
Çıkış Fonksiyonu	Normalde Kapalı (NC)
Muhafaza Derecesi	IP 67

Sensörün görüş aralığı 4 mm’ dir ve bu görüş aralığında sensörün sinyal üretmesi mekanizma üzerindeki somunlar ile sağlanır. Endüktif sensörlerin görüş aralığının ayarlanması Şekil 2.10’da görülmektedir.



Şekil 2.10 Endüktif sensörler (1) ve sinyal oluşmasını sağlayan somunlar (2)

Sensörlerin konumlandırılmasında kolaylık sağlanması amacıyla bağlantı braketi oluklu olarak imal edilmiştir. Ayrıca, sensörlerin 4 mm olan görüş aralığı, sensörler üzerinde yer alan M12x1 dişler sayesinde hassas bir şekilde ayarlanabilmektedir.

30 rpm ile dönen mekanizma üzerindeki somunlar, sensörlerde bir etkileşim yaratırlar. Bu etkileşim sensörlerin çıkış sinyalinı değiştirir. Böylece sensörlerin algılama mesafesine giren metal algılanmış olur. Mekanizma üzerinde konumlandırılan iki sensör, masaj tekerleklerinden her turda ikişer kez konum bilgisi alır. Bu konum bilgileri sayesinde, masaj yaptıran kişi kontrol paneli üzerinden motorlara durma komutu verdiğinde, motorların duruş pozisyonları masaj tekerleklerinin ofis koltuğunun süngerleri içerisinde kalacakları şekilde gerçekleşir.

Mekanizma çalışmasının kontrolünün sağlanmasında, ofis koltuğunun sırt kısmına monte edilen DC sürücü kartı kullanılmıştır. Bu kart yardımıyla panelden gelen komutlar, endüktif sensörlerden gelen bilgiler ve elektrik motorlarının çalışmaları kontrol edilir. Sürücü kartı ve karta ait teknik bilgiler Şekil 2.11’de görülmektedir.



Şekil 2.11 DC sürücü kartı (Destek Otomasyon, b.t.)

Ofis koltuğunun arka kısmına sabitlenen ve bağlantıları yapılan sürücü kartı ve kartın bağlantı noktaları Şekil 2.12 ve Tablo 2.3’deki gibidir.



Şekil 2.12 Yoğurma mekanizması dc motor sürücü kartı (Kişisel arşiv, 2015)

Tablo 2.3 Yoğurma mekanizması sürücü kartı bağlantıları

Bağlantı No	İşlev
1	Ekran Bağlantısı, Sensör Bağlantısı ve MODBUS Haberleşmesi
2	Sensör Girişleri
3	Motor Çıkışları
4	Pil Bağlantıları

Mekanizma adaptöre bağlı iken sürücü kartına gelen besleme yoluyla hem mekanizmanın çalışması sağlanır, hem de bataryalar şarj edilir. Elektrik motorlarının beslemeleri koltuğun arkasına konulan bataryalar ile sağlanmıştır. 6 seri Lityum polimer olup, 2200 mAh enerji sağlayan bataryalar prizden şarj edilerek,

mekanizmanın çalışma sırasında elektrik bağlantısına gerek duyulmamasını sağlamıştır. Koltuk üzerine bağlantısı yapılan batarya Şekil 2.13’de görülmektedir.



Şekil 2.13 Yoğurma masaj mekanizmasında kullanılan 12 volt batarya (Chinatopwin, b.t.)

2.2.1.4 Yoğurma Masaj Mekanizması Statik Analizi

Yoğurma masajı yapacak olan mekanizmaya, koltukta oturan kişinin yaslanması sonucunda bir kuvvet uygulanacaktır. Bu kuvvet sonucunda, mekanizmayı oluşturan parçalarda herhangi bir plastik şekil değiştirme olup olmadığının incelenmesi gerekmektedir. Bu yüzden mekanizmayı oluşturan mil-tekerlek alt montajına statik analiz yapılmıştır. Alt montaj üzerinde statik analizi Solidworks programı ile Sonlu Elemanlar Analizi (Finite Element Analysis) yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Solidworks programında statik analiz gerçekleştirmek için aşağıdaki adımlar izlenmiştir:

1. Alt montajı oluşturan parçalardan her birine program üzerinde malzeme atanmıştır.
2. Parçaların birbirleriyle olan bileşen temasları (contact set) programa tanıtılmıştır.
3. Alt montajın fikstürleri eklenmiştir.
4. 90 N olan dış kuvvetin uygulanacağı yüzler belirlenmiştir.

5. Sonlu elemanlar analizi kapsamında alt montaja uygun boyutlarda mesh atanmıştır.
6. Kuvvet uygulanarak analiz gerçekleştirilmiş, alt montajda oluşan gerilmelere bakılmıştır.

Analize başlanmadan önce alt montajı oluşturan parçalara malzeme atanması gerekmektedir. Analizi yapılacak alt montaj yoğurma masajını gerçekleştirecek tekerlekler ve tekerlek milinden oluşmaktadır.

Tekerlek mili olarak kullanılan kademeli milin malzemesi 2018 Aluminyum olarak seçilmiştir. 2018 Aluminyum ile ilgili malzeme bilgileri Tablo 2.4'deki gibidir:

Tablo 2.4 Aluminyum malzeme mekanik özellikleri

Malzeme Özelliği	Değer	Birim
Elastikiyet Modülü	74000	N/mm ²
Poisson Oranı	0,33	-
Yırtılma Modülü	27000	N/mm ²
Kütle Yoğunluğu	2800	kg/m ³
Gerilme Mukavemeti	420,507	N/mm ²
Akma mukavemeti	317,104	N/mm ²
Termal Genişleme Katsayısı	2.2e-005	1/K
Termal İletkenlik	150	W/(m·K)
Özgül Isı	1000	J/(kg·K)

Görüldüğü gibi malzeme akma gerilmesi 317,1 MPa' dır. Akma gerilmesi, malzemenin deformasyona uğramadan karşılayabileceği maksimum gerilme değeridir. Bu gerilme değerinden sonra malzemede plastik (kalıcı) şekil değiştirmeler başlar.

Büyük, orta ve küçük tekerleklerde ise bir tür sert plastik olan delrin malzeme kullanılmıştır. Delrin malzemesine ait mekanik özellikler Tablo 2.5'te görülmektedir.

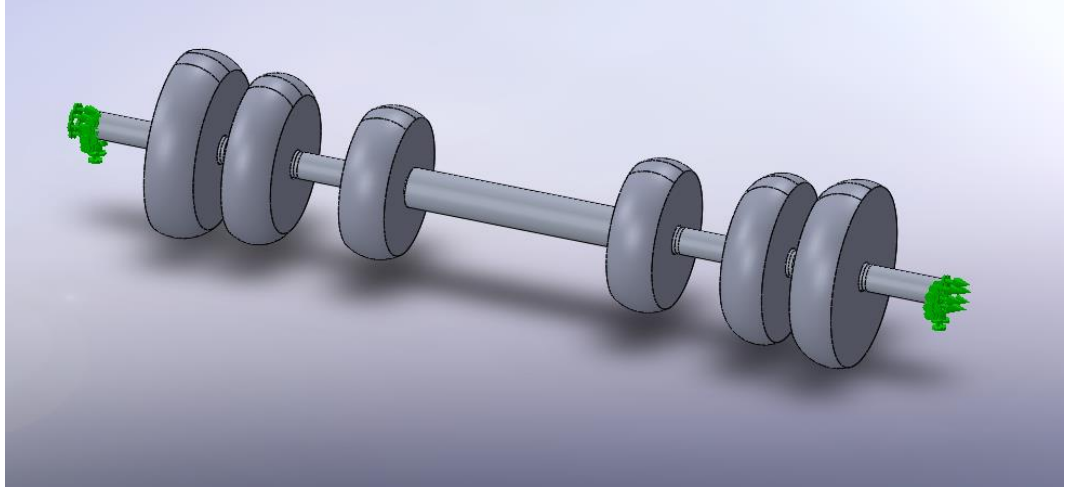
Tablo 2.5 Delrin malzemesi mekanik özellikleri

Malzeme Özelliği	Değer	Birim
Elastikiyet Modülü	2900	N/mm ²
Poisson Oranı	0,3	-
Kütle Yoğunluğu	1410	kg/m ³
Gerilme Mukavemeti	40,7	N/mm ²
Akma mukavemeti	63	N/mm ²

Delrin malzemesinin akma gerilmesinin (63 MPa), alüminyum malzemenin akma gerilmesine göre daha düşük olmasına karşın, tekerleklerle gelen gerilmenin az olmasından dolayı statik analiz kapsamında mil üzerine gelen gerilmelere yoğunlaşılacaktır.

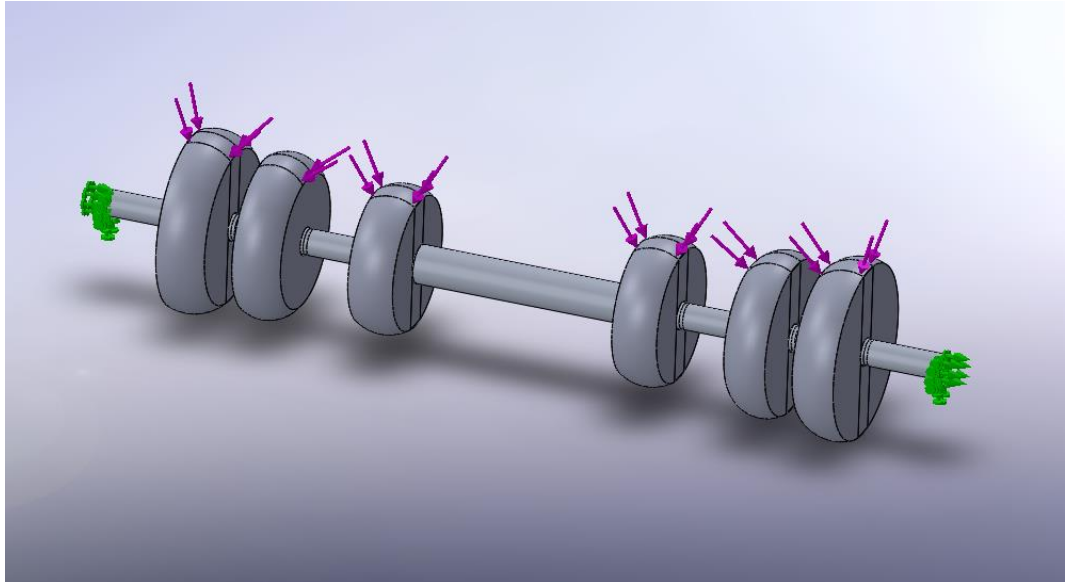
Malzeme bilgileri girilen parçaların, daha sonra bağlantı şekilleri belirtilmiştir. Tekerlekler ile mil arasında contact setleri oluşturulmuştur. Bu setlerin oluşturulma amacı, analiz sırasında yük uygulandığında tekerlerin mil üzerindeki hareketlerini sınırlandırarak, gerçekçi bir sonuç elde etmektir.

Contact setler oluşturulduktan sonra, alt montaja kuvvet uygulanması sırasında montaj parçalarının hangi kısımlardan sabit olarak kabul edileceği belirlenmelidir. Bu işlem kapsamında, tekerlek milinin mekanizma şasesine bağlantı noktaları fiksür noktaları olarak belirlenmiştir. Mil için sabitleme noktaları Şekil 2.14'te gösterilmektedir.



Şekil 2.14 Analiz için alt montajın sabitlenmesi

Sonraki adımda alt montaj üzerine kuvvet uygulanması yer almaktadır. Analiz kapsamında 90 N büyüklüğündeki kuvvet tekerleklere eşit olarak uygulanıyor kabul edilmektedir. Dikkat edilmesi gereken nokta, kuvvetin her bir tekere (teker başına 15 N) noktasal olarak değil, yüzeysel uygulanacağıdır. Bundan dolayı, Solidworks programında tekerleklere kuvvet etkileyecek yüzeyler belirlenir. Kuvvet uygulayacak yüzeyler Şekil 2.15’te gösterilmektedir.



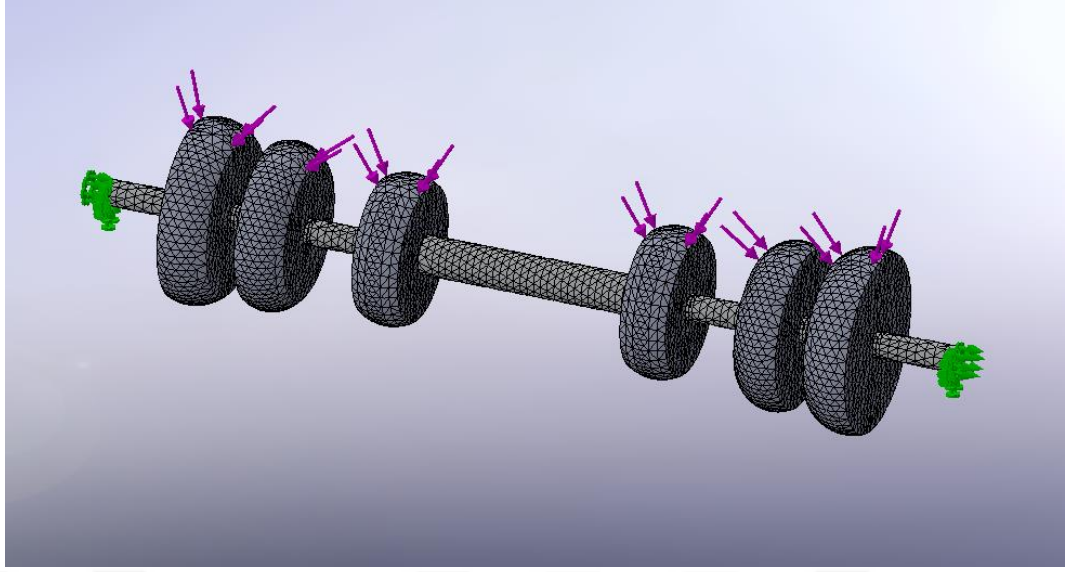
Şekil 2.15 Alt montaja 90 N kuvvetin yayılı şekilde uygulanması

Kuvvet uygulanmasından önce gerekli son adım alt montaja mesh atanmasıdır. Sonlu elemanlar metoduyla, karmaşık bir problem basite indirgenerek çözüm elde

edilir. Analizi yapılacak olan alt montaj, bu metot ile basite indirgenir. Sonlu elemanlar analizi, düğüm (node) denilen noktaların oluşturduğu karmaşık bir sistemdir. Düğümlerin oluşturduğu ızgaraya benzeyen yapıya mesh denir. Bu metot ile çözüm bölgesi, çok sayıda, basit, küçük, birbirine bağlı, sonlu eleman adı verilen alt bölgelere ayrılır. Birbirine çok sayıda düğüm noktalarıyla bağlanmış parçalara ayrılan problemin çözümü kolay bir şekilde yapılabilir. Daha sonra yapıya kuvvet uygulandığında, düğüm noktalarında yapının çalışma koşulları altında ortaya çıkan gerilme seviyeleri elde edilir. Gerçekleştirilen mesh atama işlemi sonucunda, boyutları 0,66 ile 2 mm arasında değişen 63693 adet eleman oluşturulur. Mesh atama işlemi ile ilgili detayları Tablo 2.6 ve Şekil 2.16’da görebilirsiniz.

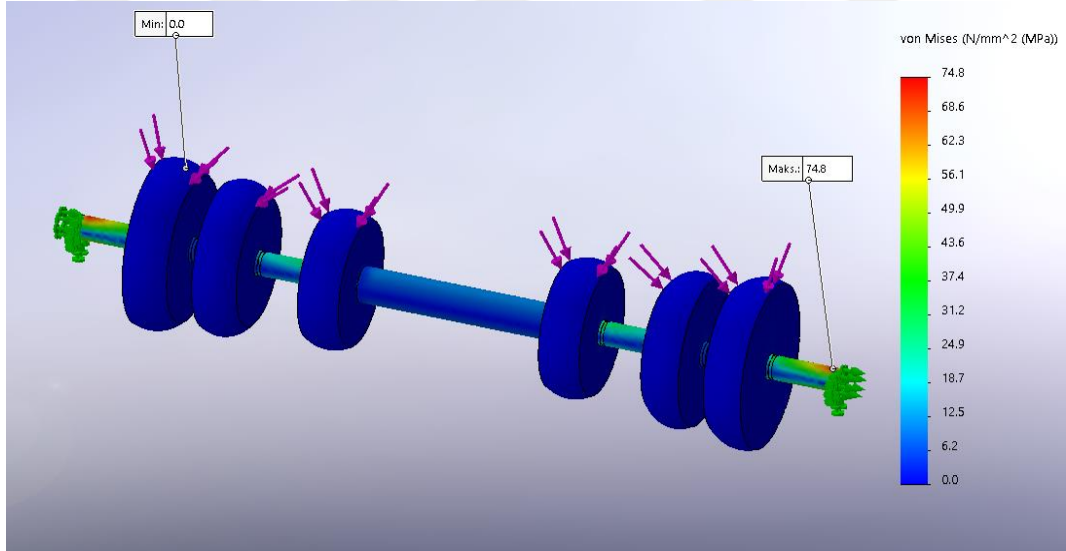
Tablo 2.6 Mesh atama işlemi detayları

Mesh tipi	Katı Mesh
Kullanılan Meshleyici	Eğrilik tabanlı mesh
Jakoben Noktalar	4 nokta
Maks. Eleman Boyutu	2 mm
Min. Eleman Boyutu	0,66666 mm
Mesh Kalitesi	Yüksek
Toplam Düğüm	97793
Toplam Eleman	63693
Maksimum En Boy Oranı	903,52
En Boy Oranı < 3 Olan Elemanların Yüzdesi	97,7
En Boy Oranı < 10 Olan Elemanların Yüzdesi	0,586
Şekli Bozulmuş Elemanların (Jakoben) %	0



Şekil 2.16 Alt montaja mesh atanması

Son olarak, alt montaja daha önceki hesaplamada (1) kullanılan 90 N kuvvet, tekerlek yüzeylerine etki edecek şekilde uygulanır. Kuvvet uygulanması sonucunda oluşan gerilme dağılımı Şekil 2.17’deki gibidir:



Şekil 2.17 Alt montaj analiz sonucu

90 N kuvvet uygulanması sonucunda, milin yataklama yapılan uçlarında 74,8 MPa maksimum gerilme oluşmaktadır. Oluşan maksimum gerilmeler, milin akma gerilmesinden (317,1 MPa) küçük olduğundan dolayı, mekanizma emniyetlidir. Emniyet katsayısı 4,3’tür.

2.2.1.5 Yoğurma Masaj Mekanizması Yorulma Analizi

Statik analizi gerçekleştirilen alt montajda, mekanizma emniyetli olarak bulundu. Fakat sistem dahilinde dikkat edilmesi gereken bir nokta daha vardır. Tekrarlanan yüklerin zamanla sistemlerdeki parçaları zayıflatığı gözlemlenmiştir. Bu durum, etki eden gerilmeler izin verilen gerilme limitlerinin altında olsa da geçerlidir. Bu sebepten dolayı statik olarak güvenli olduğu görülen bir sistem, tekrarlı yükler sonucunda hasar görebilir. Sistemde oluşacak olan yorulma hasarı malzemeye, tekrar sayısına ve gerilme dalgalanmasına bağlıdır. Sistem üzerinde yorulma yüzünden meydana gelebilecek deformasyonların bulunması veya ne kadarlık bir süreç sonunda sistemin deformasyona uğrayacağını belirlenmesi gerekmektedir.

Solidworks programında herhangi bir parçaya ya da montaja yorulma analizi yapabilmeniz için, daha öncesinde bir statik veya dinamik analiz gerçekleştirmiş olmamız gerekmektedir. Program kapsamında daha önce gerçekleştirilen statik analiz baz alınarak, yük tekrarı bilgisi girilerek yorulma analizi çalıştırılır.

Solidworks programında yorulma analizi kapsamında kullanılan kavramlar şu şekildedir:

- Gerilme Aralığı:

$$Gerilme = (\sigma_{max} - \sigma_{min}) \quad (2.4)$$

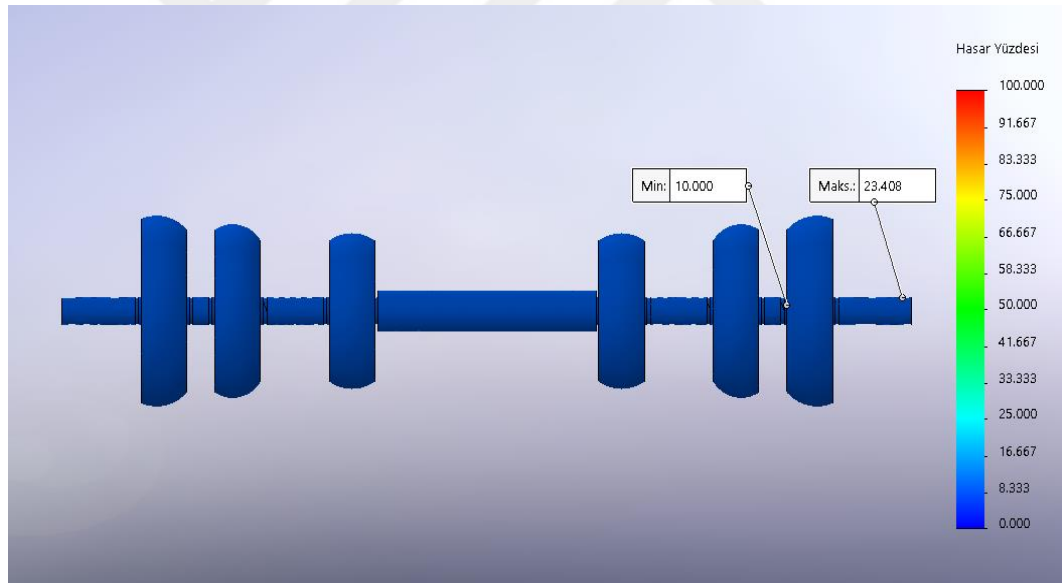
- Gerilme Oranı (R):

$$R = (\sigma_{min}/\sigma_{max}) \quad (2.5)$$

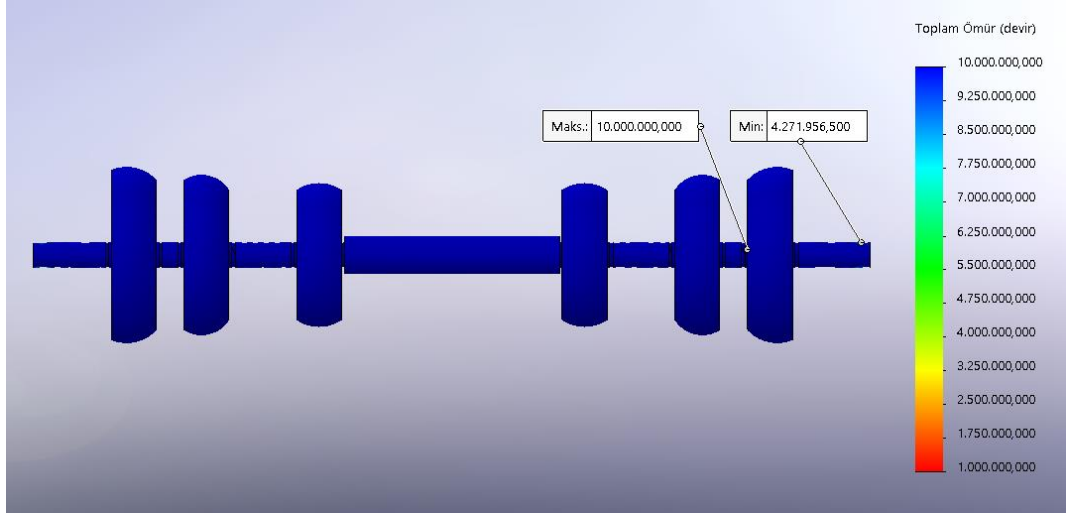
- Yorulma Ömrü: Belirli bir gerilmede hasara neden olmak için gerekli tekrar sayısı.
- Yorulma Mukavemeti: Belirli bir sayıda yükleme döngüsünün ardından yorulma hasarının meydana geldiği gerilme değeri.

2.4 ve 2.5 numaralı denklemlerde yer alan σ_{max} ve σ_{min} değerleri, analiz yapılan sistemdeki maksimum ve minimum gerilme değerleridir. Tasarlanan sistemin hareketi baz alındığında, uygulanan yük sıfır tabanlı yüküdür. Yani sistem üzerindeki gerilme 0 ile maksimum gerilme arasında tekrarlanmaktadır. Program kapsamında daha önce belirlenen malzemelere göre, sistemi oluşturulan parçaların S-N grafikleri Solidworks programı tarafından oluşturulur. Daha sonra sistem 10^7 yük tekrarı baz alınarak analiz edilir. Yapılan analiz kapsamında, verilen yük tekrar sayısı sonucunda sistemde hangi kısımlarda yüzde kaç hasar oluşacağı ve %100 hasarın oluşması için ne kadarlık bir yük tekrarı gerekeceği hesaplanır.

Analiz sonunda hesaplanan hasar yüzdesi ve ömür grafikleri Şekil 2.18 ve Şekil 2.19'da yer almaktadır:



Şekil 2.18 10^7 yük tekrarı sonucunda alt montajda oluşan hasar yüzdesi



Şekil 2.19 Alt montajın yorulma analizi ömür grafiği

Yukarıdaki şekillerden çıkartılacak sonuçlar şunlardır:

- i. 10^7 yük tekrarı sonrasında, alt montaj üzerinde maksimum %23,4 hasar oluşmaktadır. Oluşan maksimum hasar, yataklama bölgelerinde oluşmakta, fakat sistem için risk teşkil etmemektedir.
- ii. Sistemde %100 hasar oluşması için $4,27 \times 10^6$ yük tekrarı gerekmektedir. Sistemimiz 10^6 yük tekrarıdan sonra sonsuz ömürlü sayılabileceğinden dolayı, yorulmaya karşı emniyetlidir.

2.2.2 Titreşim (Vibrasyon) Masaj Mekanizması

Sırt bölgesine yoğurma masajı dışında uygulanabilecek bir diğer masaj da titreşim masajıdır. Titreşim uygulamaları rahatlatıcı, gergin kasları gevşetici, karın içi organlardaki şişkinliği giderici etkiye sahiptir. Aynı zamanda sert olan titreşimler uyarıcı ve zindelik kazandırıcıdır. Vücut kaslarında oluşan aşırı gerginliği azaltmayı sağlar.

Titreşim masajı yapacak mekanizmamız tasarlanırken yoğurma masajı yapan mekanizmada olduğu gibi dikkat etmemiz gereken noktalar bulunmaktadır. Yoğurma masaj mekanizması tasarımı sırasında dikkat ettiğimiz “boyut” parametresi, bu

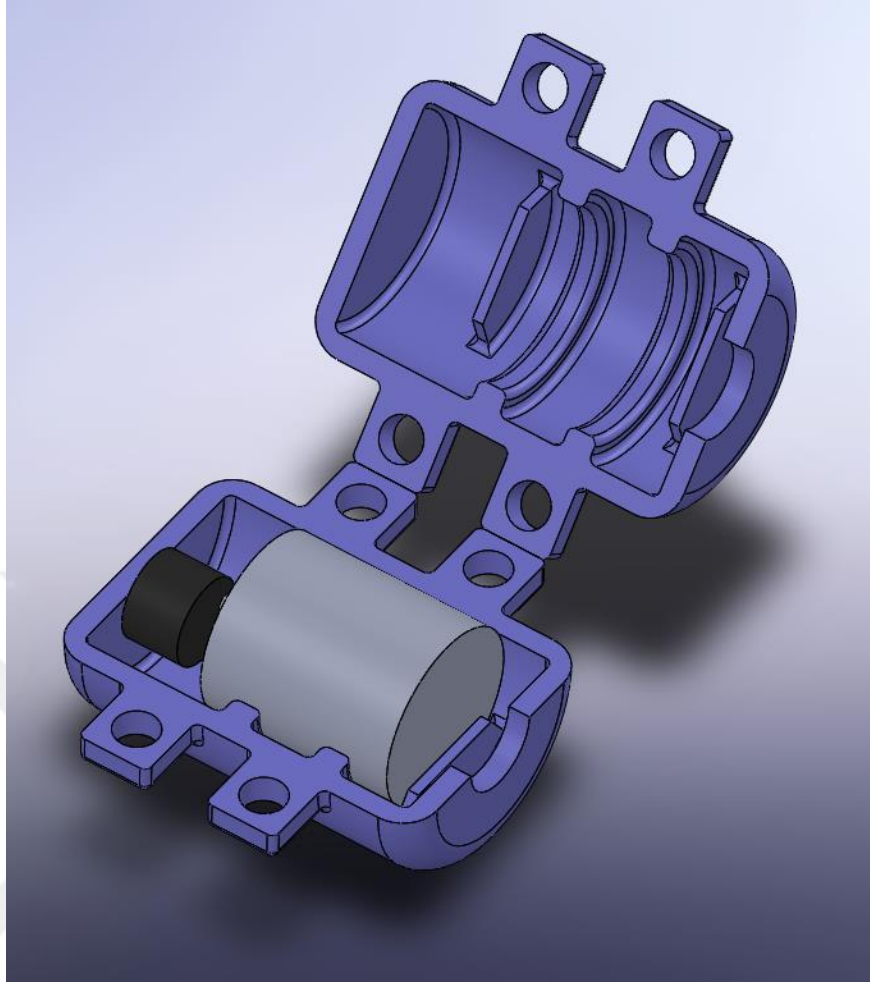
mekanizmada çok da sorun değildir. Titreşim motorları yoğurma mekanizması motorlarına göre daha küçüktürler.

2.2.2.1 Titreşim Masaj Mekanizması Tasarımı

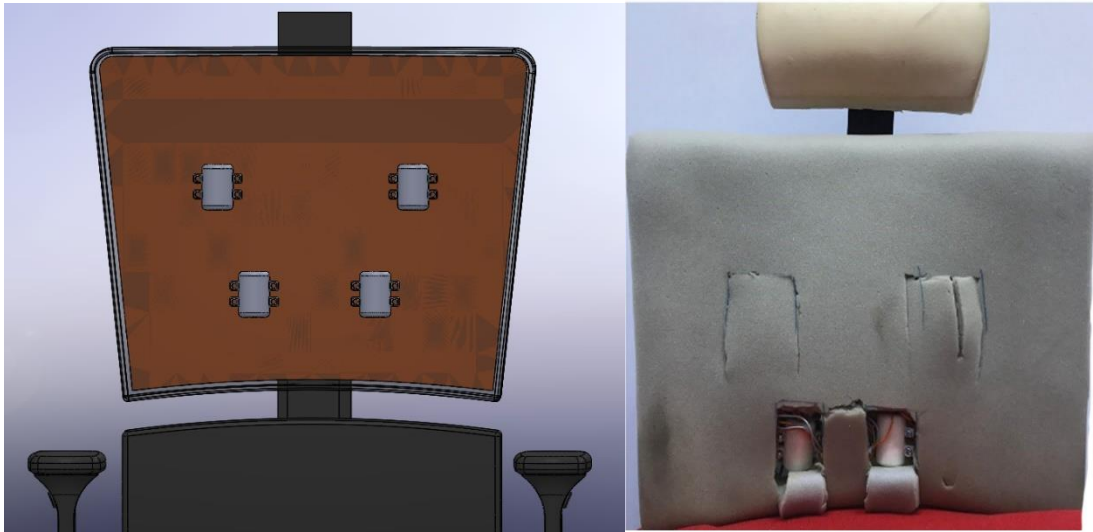
Titreşim masajının yapılmasını, koltuğun sırt kısmında sünger içine gömülü halde bulunan 4 adet titreşim motoru sağlamaktadır. Bu motorların hepsi beraber çalıştırılabildiği gibi, isteğe göre ikisi kapatılıp kalan ikisi çalıştırılabilmektedir.

Mekanizmada kullanılan motorlar farklı gerilim aralıklarına bağlı olarak, farklı titreşim frekanslarında çalışan motorlardır. Bu motorların titreşme aralıkları verilen gerilimlerle ayarlanabilmektedir. Koltukta bulunan bir panel yardımıyla motorların devir aralıkları istenilen aralıklarda ayarlanabilmektedir.

Elektrik motorlarının masaj için titreşim oluşturmaları amacıyla motorlar ilk önce koltuğun sırt kısmında sünger altında bulunan ahşaba sabitlenmişlerdir. Ahşap gövde üzerinde titreşimi yalıtın bir madde olmamasından ve koltuk arkalığının çanak görevi görmesinden dolayı koltukta rahatsız edici titreşimler oluşmuştur. Bu yüzden titreşim motorlarının koltuğun arkalığına sabitlenmesi yerine farklı bir yol izlenmiştir. Yüksek lisans tezi ile gerçekleştirilen Bilimsel Araştırma Projesi (Proje No: 2013.KB.FEN.036) kapsamında daha önce alınmış olan bir masaj minderi incelenmiş ve bu tarz bir titreşimin nasıl engellendiği bulunmuştur. Minderdeki titreşim motorlarının, dışlarında plastik birer kap ile minderin içindeki süngere gömüldükleri görülmüştür. BAP kapsamında temin edilen bu masaj minderi motorları ve kapları örnek alınarak, ofis koltuğu süngeri içerisine konulacak titreşim motorları için 3D yazıcıda kaplar üretilmiştir. Solidworks programında tasarlananan kapların 3 boyutlu model görüntüşleri ve imal edilen kapların montaj görüntüşleri Şekil 2.20 ve Şekil 2.21’de görülmektedir.



Şekil 2.20 Titreşim motorları için üretilecek kapların 3D çizimleri



Şekil 2.21 Titreşim motorlarının tasarımda (solda) ve montaj sonrasında (sağda) yerleşimleri (Kişisel arşiv, 2015)

Titreşim motorları sünger içine gömülmesi ile rahatsızlık hissi ortadan kaldırılmıştır.

2.2.2.2 Titreşim Masaj Mekanizması Teknik Bilgiler

Mekanizma kapsamında kullanılan elektrik motorlarının devir aralıkları, koltuğun kolçak kısmına konulan panel yardımıyla 8000-21000 rpm (134-350 Hz) aralığında ayarlanabilmektedir. Ofis koltuğunun içine gömülen titreşim motorları ve bu motorlara ait bilgiler Şekil 2.22 ve Tablo 2.8’de görülmektedir.



Şekil 2.22 Ofis koltuğu içerisindeki titreşim motoru (Aliexpress, b.t.)

Tablo 2.7 Titreşim motoru teknik özellikleri (Aliexpress, b.t.)

Motor Özellikleri	
Çalışma Gerilimi	3 - 12 V
Çalışma Akımı	0,1 - 0,6 A
Motor Çıkış Devri	8000-21000 rpm (134-350 Hz)
Boyutlar	27mm x 38mm (D x H)

2.2.2.3 Titreşim Masaj Mekanizması Kontrolü

Titreşim mekanizmasının kontrolünde, yoğurma mekanizmasında kullanılan DC motor sürücü kartı, 2200 mAh batarya ve LCD grafik ekranı kullanılmıştır. Sürücü kartının ofis koltuğunun arka kısmına sabitlendikten sonraki görünümü ve bağlantı noktalarının özellikleri Şekil 2.23 ve Tablo 2.9'daki gibidir:



Şekil 2.23 Titreşim mekanizması dc motor sürücü kartı (Kişisel arşiv, 2015)

Tablo 2.8 Titreşim mekanizması sürücü kartı bağlantıları

Bağlantı No	İşlev
1	Ekran Bağlantısı, Sensör Bağlantısı ve MODBUS Haberleşmesi
2	Motor Çıkışları
3	Pil Bağlantıları

Titreşim mekanizmasında kullanılan sürücü kartı, toplamda 2 adet elektrik motorunun kontrolünü sağlayabilmektedir. Mekanizma toplamda 4 adet elektrik motoru içerdiğinden dolayı, motorlar ikişerli çiftler olarak paralel şekilde kontrol edilmektedirler.

Yoğurma mekanizmasında 2 adet kullanılan Lityum Polimer bataryalardan, titreşim mekanizmasında 1 adet kullanılmaktadır. 3 seri Lityum Polimer piller, 4 adet titreşim motorunun tahriğini sağlayabilmektedir.

Titreşim masajının etkisi uygulanan frekansa göre değişmektedir. Oturan kişilerin kilolarının değişmesi veya kişinin farklı frekansta masaj yaptırma isteği göz önünde bulundurularak, titreşim motorları için 10 farklı çalışma frekansı ayarlanmıştır. Bu frekansların artırılıp azaltılması LCD panel yardımı ile sağlanmaktadır.

Titreşim motorlarının beslemeleri de yine yoğurma mekanizmasının tahrikini sağlayan motorlarındaki gibi yapılmıştır. Prototip üretiminde koltuğun arka tarafına sabitlenen bataryalar ile masaj yaptırılmaktadır. Bu sayede elektrik kablosu kullanımına ihtiyaç kalmamıştır.

2.2.2.4 Titreşim Masaj Mekanizması Doğal Frekans Analizi

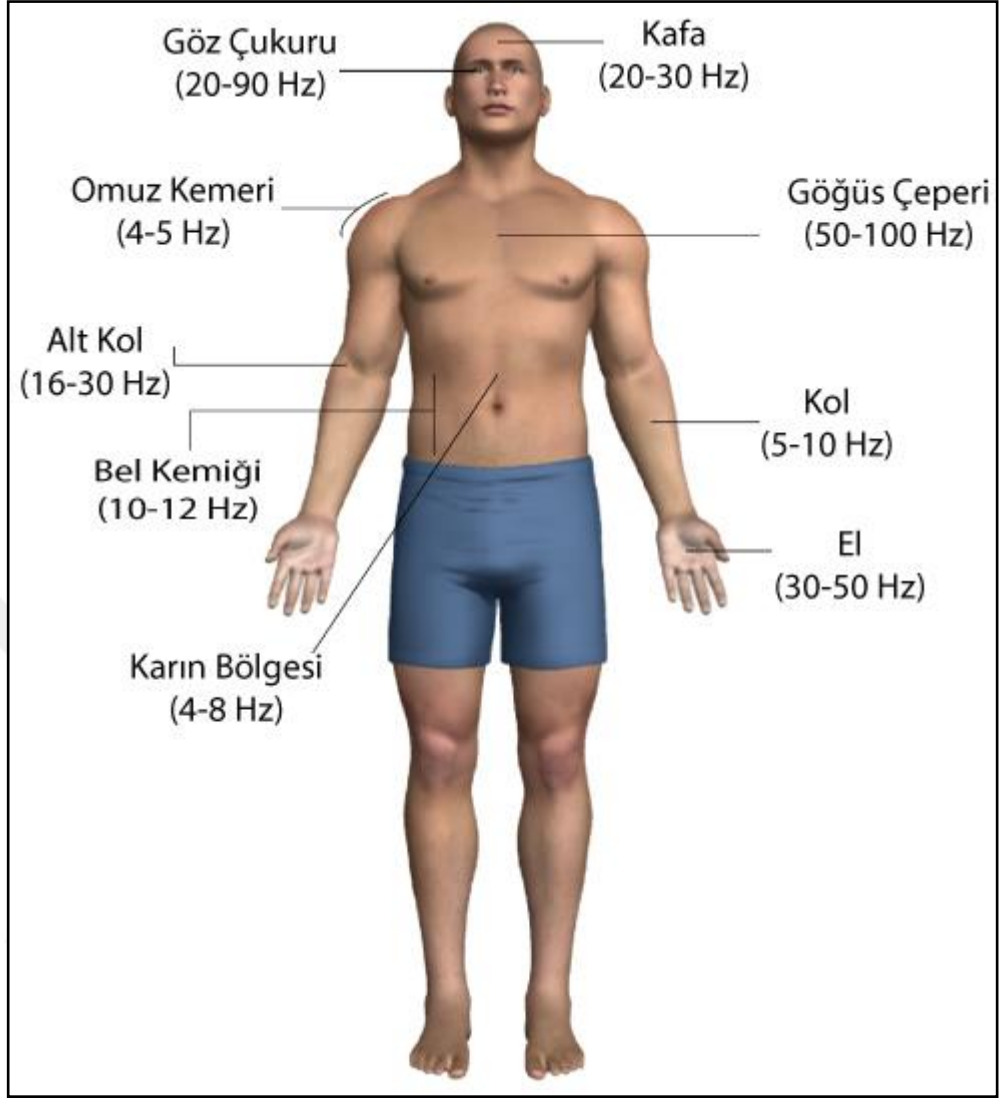
Rahatlama etkisinin titreşim motoru ile sağlanması durumunda sistemin doğal frekans değerlerine de dikkat edilmesi gerekmektedir. Bir sistem statik olarak dengede iken geçici bir hareket girdisi verildiği takdirde, sistem doğal frekansı ile titreşmeye başlar. Bu titreşimler sistemin serbest titreşimleridir. Bir sistemin serbest titreşimi sırasında aldığı şekillere titreşim biçimi (mode shape) adı verilir.

Her sistemin sahip olduğu serbestlik derecesi kadar doğal frekansı vardır. Örneğin tek serbestlik derecesine sahip sistemin 1 adet doğal frekansı vardır. Sonsuz sayıda serbestlik derecesine sahip büyük sistemlerin sonsuz sayıda doğal frekansı vardır. Böyle durumlarda hesaplama gerekmesi halinde bu doğal frekans değerlerinden ilk birkaç tanesi değerlendirilir.

Bazı durumlarda sistemler üzerinde dinamik kuvvet zorlamaları gerçekleşebilir. Bu zorlama frekansı ile, sistemin doğal frekansının eşit olması halinde, sistem rezonansa girer. Rezonans durumunda titreşim genliği matematiksel olarak sonsuza gider. Pratikte ise sistemin sahip olduğu sönüm özelliğinden dolayı sonsuz büyüklükte olmasa da, yüksek genlikli titreşimler oluşur. Sönüm, malzemelerin hareketleri sırasında enerji kayıplarına neden olur. Sönüm değerinin küçük olması durumunda sistemin sönümlü doğal frekans değeri, doğal frekans değerine eşit kabul edilebilir.

Sisteme uygulanan zorlanmış titreşimler, masaj mekanizmasını monte edeceğimiz ofis koltuğu göz önüne alındığında, sistemde kullanılan titreşim motorlarıdır. Titreşim motorlarının çalışma frekanslarının, ofis koltuğunun doğal frekanslarıyla veya koltukta oturan kişinin vücudunda yer alan doğal frekans aralıklarıyla çakışması halinde, yüksek genlikli titreşimler oluşur. Rahatsızlık veren bu titreşimlerden kaçınmak gerekir.

Titreşim motorları 134-350 Hz. ile, yoğurma motorları 0,5 Hz ile çalışmaktadırlar. Motor frekansları ile ilgili olarak, titreşim ve yoğurma motorlarının çalışma frekanslarının masaj yaptıran kişinin vücudunda bulunan doğal frekanslarla yakın olmaması gerekmektedir. Masaj yaptıracak kişinin konforu için bu şart gereklidir. İnsan vücudunda bulunan doğal frekanslar ile motorların çalışma frekanslarının aynı aralıkta olması sonucunda, vücutta yüksek genlikli titreşimler oluşur ve bu titreşimler rahatsızlık hissettirir. İnsan vücudundaki doğal frekans değerleri Şekil 2.24’de görölmektedir.



Şekil 2.24 İnsan vücudundaki doğal frekans değerleri (Rasmussen, 1982)

Tablo 2.1, Tablo 2.7 ve Şekil 2.24'te görüldüğü üzere, yoğurma ve titreşim masajında kullanılan elektrik motorlarının çalışma frekans aralıkları, insan vücudundaki doğal frekans aralıklarına yakın değildir. Bu yüzden elektrik motorlarının çalışmaları sırasında oturan kişinin vücudunda rahatsızlık hissi oluşmayacaktır.

Mekanizma analizi dahilinde kontrol etmemiz gereken diğer bir değer, elektrik motorlarının çalışma frekansları ile ofis koltuğunun doğal frekans değer aralıklarıdır. Koltuğun sahip olduğu doğal frekans değerlerini Solidworks programında doğal

frekans analizi gerçekleştirerek bulabiliriz. Program dahilinde analizi gerçekleştirebilmek için aşağıdaki adımlar izlenecektir:

1. Ofis koltuğunu oluşturan parçalardan her birine uygun malzemeler ataması yapılır.
2. Koltuğu oluşturan malzemeler arasında contact setler oluşturulur.
3. Ofis koltuğunun sabitlemeleri (fikstür) gerçekleştirilir.
4. Malzeme atamaları yapılan koltuk için mesh atama işlemi gerekleşirilir.
5. Solidworks programında doğal frekans analizi gerçekleştirilir.

Analiz kapsamında gerçekleştirilecek adımları detaylı şekilde açıklayalım. Solidworks programında yapılan doğal frekans analizi kapsamında, ofis koltuğunun sahip olduğu doğal frekans değerleri ve bu değerlere ait ofis koltuğunun serbest titreşim biçimleri hesaplanacaktır. Analize başlanmadan önce ofis koltuğunda yer alan bileşenlerin parça bilgileri programa girilir.

Malzeme bilgileri girilmiş ve montaj halinde bulunan ofis koltuğu tasarımında, montaj ilişkisi verilen parçalar arasında contact setler tanıtılmalıdır. Parçalar arasında bağlantı şekillerinin belirtilmesi, sağlıklı bir analiz için gereklidir.

Daha sonra ofis koltuğunun fikstür belirlemesi gerçekleştirilir. Analiz sırasında, koltuk düz bir zeminde hareket edebilecek şekilde serbestlik derecesine sahip olmalıdır. Analiz öncesi koltuğa ait sınır şartlarının belirlenmesi şekil 2.25'te görölmektedir.



Şekil 2.25 Doğal frekans analizi için koltuğa sınır koşulu atanması

Doğal frekans analizinden önce gerçekleştirilmesi gereken son adım, montaja mesh ataması yapmaktır. Yorulma mekanizması alt montajında 2 mm olarak belirlediğimiz maksimum eleman boyutu, bu analizimizde daha büyük olacaktır.

Analiz sırasında düşük mesh boyutu tayin edilmesi her ne kadar daha kesin sonuç verecek olsa da, daha fazla mesh atanması aynı zamanda analiz süresini de uzatmaktadır. Ofis koltuğu montaj olarak daha karışık ve büyük boyutlu bir sistem olduğundan, mesh boyutunu büyük tutmak çözümü hızlandıracaktır. Bu yüzden montaj kapsamında 10 mm mesh ataması gerçekleştirilmiştir. Mesh atanması sonrası koltuğun görünümü Şekil 2.26'daki gibidir.



Şekil 2.26 Analiz işlemi için mesh atanması

Son olarak program çalıştırılır ve ofis koltuğunun doğal frekans değerleri ve titreşim biçimleri sonlu elamanlar analizi ile bulunur. Hesaplanan doğal frekans değerleri Tablo 2.10’ da, bu doğal frekanslarda gerçekleşen titreşim biçimleri ise (deforme olmuş gösterimleriyle) Şekil 2.27, 2.28, 2.29, 2.30 ve 2.31’de görülmektedir.

Tablo 2.9 Titreşim mekanizması eklenen ofis koltuğu için doğal frekans değerleri

Mode No.	Frequency (Hertz)	Mode No.	Frequency (Hertz)
1	2,9041	6	4,0743
2	3,0716	7	4,3770
3	3,1181	8	5,7016
4	3,2613	9	5,7908
5	3,9616	10	6,7516



Şekil 2.27 Ofis koltuğu 1. titreşim biçimi (2,9041 Hz)



Şekil 2.28 Ofis koltuğu 2. titreşim biçimi (3,0716 Hz)



Şekil 2.29 Ofis koltuğu 3. titreşim biçimi (3,1181 Hz)



Şekil 2.30 Ofis koltuğu 4. titreşim biçimi (3,2613 Hz)



Şekil 2.31 Ofis koltuğu 5. titreşim biçimi (3,9616 Hz)

Tablodaki değerlerden görüldüğü üzere ofis koltuğunun sahip olduğu ilk 10 doğal frekans değerleri (2,9 - 6,7 Hz), titreşim motorlarının çalışma frekans değerlerine yakın değildir. Daha yüksek doğal frekans değerlerinde, titreşim genlik değerlerinde düşüş olacağından dolayı, sistemin kontrolü amacıyla ilk 10 doğal frekans değerinin kontrol edilmesi yeterlidir.

Yukarıdaki değerlendirmelerde görüldüğü üzere, titreşim ve yoğurma motorlarının çalışma frekans aralıkları, insan vücudundaki doğal frekans aralıklarına veya ofis koltuğunun doğal frekans değerlerine yakın değildir. Sonuç olarak, titreşim ve yoğurma masajları sırasında vücudu rahatsız edecek genlikte herhangi bir titreşim oluşmayacağı görülmektedir.

BÖLÜM ÜÇ

SONUÇ ANKETİ VE DEĞERLENDİRMELER

3.1 Sonuç Değerlendirme Anketi

Tasarımı, analizi ve üretimi gerçekleştirilen masaj mekanizmalarının, ofis koltuklarını kullanan kişiler üzerindeki rahatlatıcı etkilerinin belirlenmesi gerekmektedir. Kullanıcıların masaj mekanizmaları eklenmiş ofis koltuklarından memnun kalıp kalmadıklarını belirlemek amacıyla, 10 kişilik bir gönüllü grubu ofis koltuklarını belirli süreler boyunca denemişlerdir. Katılımcılar, ofis koltuklarını kendi çalışma ortamlarında deneyerek, bu deneme sonunda düşüncelerini sonuç anketini doldurarak paylaşmışlardır (Çetin, 2018).

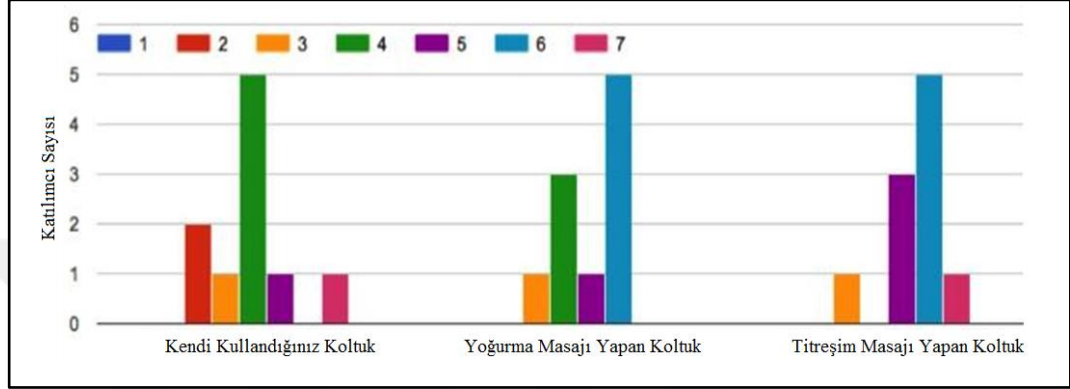
Doldurulan ankette katılımcılardan kendi koltuklarını, yoğurma masajı yapan ofis koltuğunu ve titreşim masajı yapan ofis koltuğunu değerlendirmeleri istenmiştir. Gönüllü grubu tarafından doldurulan anket ile, aşağıdaki bilgilere ulaşılmıştır:

- Ofis koltuklarını kullanımları sırasında vücutlarının herhangi bir bölgesinde ağrı ve/veya uyuşma olup olmadığı
- Ofis koltuklarını kullandıkları zamanlardaki çalışma şartları
- Ofis koltuklarından genel memnuniyet dereceleri
- Memnuniyet dereceleri düşük ise hangi kısımlardan şikayetçi oldukları
- Ofis koltuklarının konstrüksiyon özellikleri ile ilgili düşünceleri
- Masaj mekanizmaları ile ilgili genel düşünceleri

Katılımcılar tarafından doldurulan sonuç değerlendirme anketi Ek-3'te yer almaktadır. Anket sonucunda katılımcılardan elde edilen bilgiler Google formlar aracılığıyla değerlendirilmiş ve subjektif değerlendirmeler yapılmıştır.

3.2 Subjektif Değerlendirmeler

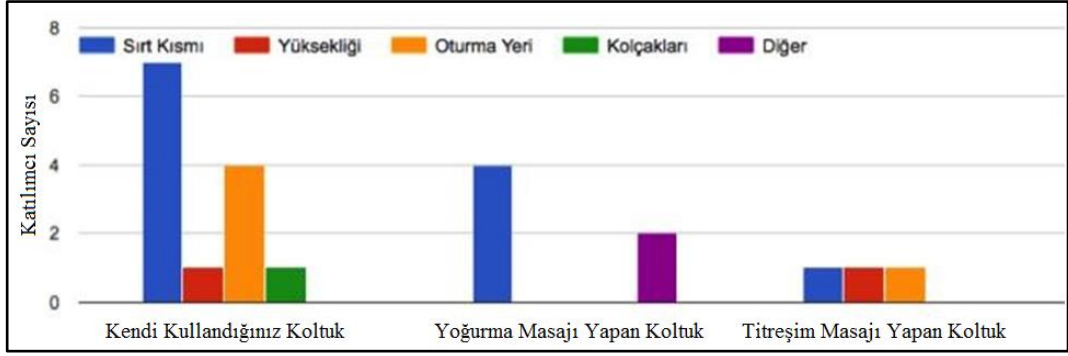
Sonuç anketine katılan gönüllülerin, kullanmakta oldukları koltuklardan ve denedikleri masaj mekanizmaları içeren ofis koltuklarından genel memnuniyet dereceleri Şekil 3.1’deki gibidir.



Şekil 3.1 Kullanıcıların ofis koltukları için genel memnuniyet derecesi (1: hiç memnun değil, 7: çok memnun) (Çetin, 2018)

Şekil 3.1’ de görüldüğü üzere, katılımcılardan 8 kişi kullandıkları ofis koltukları için 1-4 arası puan vermişlerdir. Yani kullanıcıların %80’i kullandıkları ofis koltuklarından memnun değillerdir. Bu memnuniyetsizlik oranına kıyasla, yoğurma masajı yapan ofis koltuğundan katılımcıların %60’ı, titreşim masajı yapan ofis koltuğundan ise katılımcıların %90’ı memnun kalmışlardır.

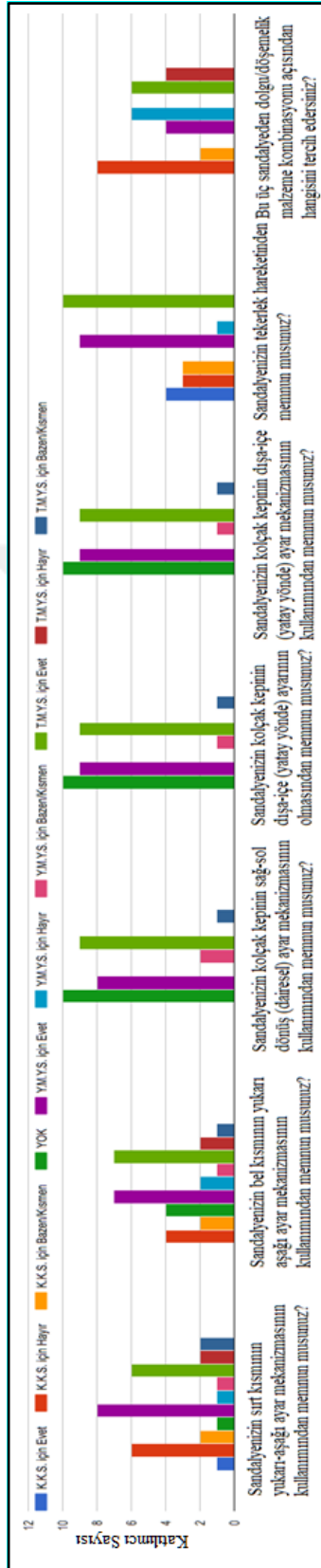
Ofis koltuklarındaki memnuniyet derecesi 1-4 arasında olan kullanıcılara, koltukların hangi kısımlarından memnun olmadıkları sorulmuştur. Bu soruya verilen cevaplar ışığında Şekil 3.2’de görülmektedir.



Şekil 3.2 Genel memnuniyet dereceleri düşük olan katılımcıların, koltuklarından rahatsız oldukları parçaları (Çetin, 2018)

Kendi kullandığı koltuk için genel memnuniyet derecesi 1-4 arasında olan 8 kişinin yaptığı toplam 13 değerlendirmenin dağılımı şu şekildedir: 7'si koltuğun sırt, 1'i yüksekliği, 4'ü oturma yeri ve 1'i de kolçaklarından rahatsız olduğunu belirtmiştir. Yoğurma masajı yapan koltuk için genel memnuniyet derecesi 1-4 arasında olan 4 kullanıcının hepsi sırt kısmından, bu kullanıcıların 2'si de ilaveten diğer seçeneğini işaretleyerek bel ve boyun kısmından rahatsız olduğunu belirtmiştir. Titreşim masajı yapan koltuk için genel memnuniyet derecesi 1-4 arası olan 1 kullanıcı, sırt, oturma kısmı ve yüksekliğinden memnun olmadığını belirtmiştir (Çetin, 2018, s. 232).

Sonuç anketi kapsamında katılımcılara ayrıca her üç koltuğun kontstrüksiyon özellikleri ile ilgili de sorular yöneltilmiştir. Bu sorulara verilen cevaplar kapsamında yapılan değerlendirmeler Şekil 3.3'te görülmektedir.



Katılımcıların kontsrüksiyon özellikleri kapsamında her üç koltuğu da değerlendirmesi şu şekildedir:

1. Kendi koltuklarının sırt kısmının yukarı-aşağı ayar mekanizmasının kullanımından kullanıcıların %10'u memnun olduğunu, %60'ı memnun olmadığını, %20'si bazen/kısmen memnun olduğunu, %10'u ayar mekanizması olmadığını belirtmiştir. Yoğurma masajı yapan koltuk için kullanıcıların %80'i memnun olduğunu, %10'u memnun olmadığını ve %10'u bazen/kısmen memnun olduğunu belirtmiştir. Titreşim masajı yapan koltuk için kullanıcıların %60'ı memnun olduğunu, %20'si memnun olmadığını ve %20'si bazen/kısmen memnun olduğunu belirtmiştir.

2. Kendi koltuklarının bel kısmının yukarı-aşağı ayar mekanizmasının kullanımından kullanıcıların %40'ı memnun olmadığını, %20'si bazen/kısmen memnun olduğunu, %40'ı ayar mekanizması olmadığını belirtmiştir. Yoğurma masajı yapan koltuk için kullanıcıların %70'i memnun olduğunu, %20'si memnun olmadığını ve %10'u bazen/kısmen memnun olduğunu belirtmiştir. Titreşim masajı yapan koltuk için kullanıcıların %70'i memnun olduğunu, %20'si memnun olmadığını ve %10'u bazen/kısmen memnun olduğunu belirtmiştir.

3. Yoğurma masajı yapan koltuk için kolçak kepinin sağ-sol dönüş ayar mekanizmasının kullanımından kullanıcıların %80'i memnun olduğunu, %20'si bazen/kısmen memnun olduğunu belirtmiştir. Titreşim masajı yapan koltuk için kullanıcıların %90'ı memnun olduğunu, %10'u bazen/kısmen memnun olduğunu belirtmiştir. Kullanıcıların hiçbirinin kendi koltuklarında ayar mekanizması bulunmamaktadır.

4. Yoğurma masajı yapan koltuk için kolçak kepinin dışa-içe ayarının olmasından kullanıcıların %90'ı memnun olduğunu, %10'u bazen/kısmen memnun olduğunu belirtmiştir. Titreşim masajı yapan koltuk için kullanıcıların %90'ı memnun olduğunu, %10'u bazen/kısmen memnun olduğunu belirtmiştir. Kullanıcıların hiçbirinin kendi koltuklarında ayar mekanizması bulunmamaktadır.

5. Yoğurma masajı yapan koltuk için kolçak kepinin dışa-içe dönüş ayar mekanizmasının kullanımından kullanıcıların %90'ı memnun olduğunu, %10'u bazen/kısmen memnun olduğunu belirtmiştir. Titreşim masajı yapan koltuk için kullanıcıların %90'ı memnun olduğunu, %10'u bazen/kısmen memnun olduğunu belirtmiştir. Kullanıcıların hiçbirinin kendi koltuklarında ayar mekanizması bulunmamaktadır.

6. Kendi koltuklarının tekerlek hareketinden kullanıcıların %40'ı memnun olduğunu, %30'u memnun olmadığını, %30'u bazen/kısmen memnun olduğunu belirtmiştir. Yoğurma masajı yapan koltuk için kullanıcıların %90'ı memnun olduğunu, %10'u memnun olmadığını belirtmiştir. Titreşim masajı yapan koltuk için kullanıcıların tamamı memnun olduğunu belirtmiştir.

7. Kendi koltuklarının dolgu/döşemelik malzeme kombinasyonu açısından kullanıcıların %80'i tercih etmediğini, %20'si bazen/kısmen tercih ettiğini belirtmiştir. Yoğurma masajı yapan koltuk için kullanıcıların %40'ı tercih ettiğini, %60'ı tercih etmediğini belirtmiştir. Titreşim masajı yapan koltuk için kullanıcıların %60'ı tercih ettiğini ve %40'ı tercih etmediğini belirtmiştir (Çetin, 2018, s.241-242).

Ek olarak, katılımcılara masaj mekanizmaların özellikleri ile ilgili sorular sorulmuştur. Mekanizmaların kullanım kolaylığı, mekanizmaları ofislerindeki çalışma sırasında kullanıp kullanmadıkları, mekanizmaların koltuk üzerindeki konumları gibi sorulara verilen yanıtlar aşağıdaki gibidir:

1. Yoğurma masajı yapan koltuğun mekanizmasının kullanımının kullanıcıların %80'i kolay olduğunu, %10'u kolay olmadığını ve %10'u bazen/kısmen kolay olduğunu belirtmiştir. Titreşim masajı yapan koltuğun mekanizması için kullanıcıların %90'ı kolay olduğunu, %10'u bazen kısmen kolay olduğunu belirtmiştir.

2. Yoğurma masajı yapan koltuğun mekanizmasının yaptığı masajın

kullanıcıların %70'i sert olduğunu, %10'u sert olmadığını ve %20'si bazen/kısmen sert olduğunu belirtmiştir. Titreşim masajı yapan koltuğun mekanizması için kullanıcıların %80'i sert olmadığını, %20'si bazen/kısmen sert olduğunu belirtmiştir.

3. Yoğurma masajı yapan koltuğun mekanizmasının yaptığı masajın sert ve kısmen sert olduğunu söyleyenlerden yaklaşık %11,1'i sertliğinden memnun olduğunu, %77,8'i memnun olmadığını ve %11,1'i kısmen memnun olduğunu belirtmiştir. Titreşim masajı yapan koltuğun mekanizmasının yaptığı masajın kısmen sert olduğunu söyleyenlerden %50'si sertliğinden memnun olduğunu ve %50'si memnun olmadığını belirtmiştir.

4. Yoğurma masajı yapan koltuğun mekanizmasının yaptığı masajın kullanıcıların %10'u yumuşak olduğunu, %80'i yumuşak olmadığını ve %10'u bazen/kısmen yumuşak olduğunu belirtmiştir. Titreşim masajı yapan koltuğun mekanizması için kullanıcıların %70'i yumuşak olduğunu, %30'u bazen/kısmen yumuşak olduğunu belirtmiştir.

5. Yoğurma masajı yapan koltuğun mekanizmasının yaptığı masajın yumuşak ve kısmen yumuşak olduğunu söyleyenlerden %50'si yumuşaklığından memnun olduğunu, %50'si ise memnun olmadığını belirtmiştir. Titreşim masajı yapan koltuğun mekanizmasının yaptığı masajın yumuşak ve kısmen yumuşak olduğunu söyleyenlerden %50'si yumuşaklığından memnun olduğunu, %10'u memnun olmadığını, %40'ı bazen/kısmen memnun olduğunu belirtmiştir.

6. Yoğurma masajı yapan koltuğun masajının etkisinden kullanıcıların %30'u memnun kaldığını, %40'ı memnun kalmadığını ve %30'u bazen/kısmen memnun kaldığını belirtmiştir. Titreşim masajı yapan koltuğun masajının etkisinden kullanıcıların %70'i memnun kaldığını, %20'si memnun kalmadığını ve %10'u bazen/kısmen memnun kaldığını belirtmiştir.

7. Yoğurma masajı yapan koltuğun masaj mekanizmasını kullanıcıların %50'si

çalışırken kullandığını, %50'si çalışırken kullanmadığını belirtmiştir. Titreşim masajı yapan koltuğun masaj mekanizmasını kullanıcıların %80'i çalışırken kullandığını, %20'si çalışırken kullanmadığını belirtmiştir.

8. Yoğurma masajı yapan koltuğun masaj mekanizmasını kullanıcıların tamamı dinlenirken kullandığını belirtmiştir. Titreşim masajı yapan koltuğun masaj mekanizmasını kullanıcıların %90'ı dinlenirken kullandığını, %10'u dinlenirken kullanmadığını belirtmiştir.

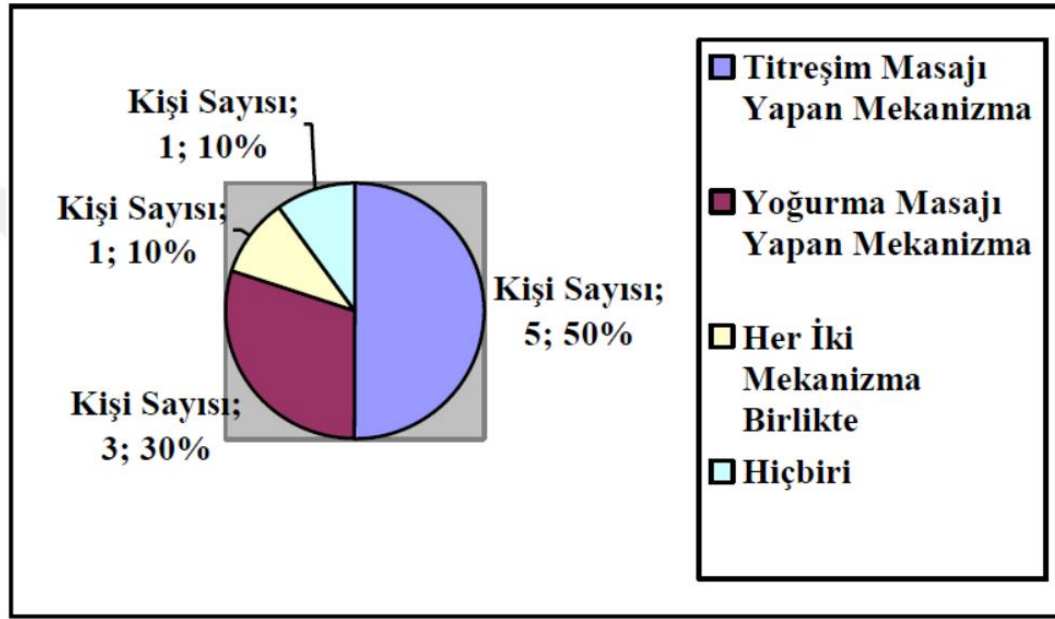
9. Yoğurma masajı yapan koltuğun mekanizmasının çıkardığı ses miktarının kullanıcıların %70'i rahatsız ettiğini, %20'si rahatsız etmediğini ve %10'u bazen/kısmen rahatsız ettiğini belirtmiştir. Titreşim masajı yapan koltuğun mekanizmasının çıkardığı ses miktarının kullanıcıların %10'u rahatsız ettiğini, %60'ı rahatsız etmediğini ve %30'u bazen/kısmen rahatsız ettiğini belirtmiştir.

10. Yoğurma masajı mekanizmasının kullanıcıların %50'si büro koltuğu için gerekli olduğunu, %10'u gerekli olmadığını ve %40'ı bazen/kısmen gerekli olduğunu belirtmiştir. Titreşim masajı mekanizmasının kullanıcıların %70'i büro koltuğu için gerekli olduğunu, %10'u gerekli olmadığını ve %20'si bazen/kısmen gerekli olduğunu belirtmiştir.

11. Çalışmaya katılmadan önce yoğurma masajı yapan büro koltuğu olsa diye kullanıcıların %50'si beklentisi olduğunu, %30'u olmadığını ve %20'si bazen/kısmen olduğunu belirtmiştir. Çalışmaya katılmadan önce titreşim masajı yapan büro koltuğu olsa diye kullanıcıların %60'ı beklentisi olduğunu, %20'si olmadığını ve %20'si bazen/kısmen olduğunu belirtmiştir.

12. Piyasada yoğurma masajı yapan büro koltuğu olsa kullanıcıların %60'ı alacağını, %20'si almayacağını ve %20'si bazen/kısmen alabileceğini belirtmiştir. Piyasada titreşim masajı yapan büro koltuğu olsa kullanıcıların %60'ı alacağını, %20'si almayacağını ve %20'si bazen/kısmen alabileceğini belirtmiştir.

13. Yoğurma masajı yapan büro koltuğunda mekanizmanın sırt bölgesindeki konumunun kullanıcıların %40'ı uygun olduğunu, %40'ı uygun olmadığını ve %20'si bazen/kısmen uygun olduğunu belirtmiştir. Titreşim masajı yapan büro koltuğunda mekanizmanın sırt bölgesindeki konumunun kullanıcıların %50'si uygun olduğunu, %30'u uygun olmadığını ve %20'si bazen/kısmen uygun olduğunu belirtmiştir (Çetin, 2018, s.242-244)



Şekil 3.4 Katılımcıların masaj mekanizması tercihi (Çetin, 2018)

Anket değerlendirmesinin genel sonucu olarak, Şekil 3.4'te görüldüğü üzere, değerlendirmeye katılan gönüllülerin %50'sinin titreşim masajı yapan ofis koltuğunu, %30'unun ise yoğurma masajı yapan ofis koltuğunu tercih ettiği görülmektedir.

Subjektif denemeler sonucunda masaj mekanizmaları monte edilmiş ofis koltuklarının katılımcılar tarafından kullanışlı ve ergonomik bulunduğu görülmektedir.

BÖLÜM DÖRT

SONUÇ

4.1 Sonuç

Yüksek lisans tezi kapsamında, literatürde yer alan ofis ortamlarında ve ofis koltuklarındaki ergonomi çalışmaları incelenmiş ve robotik masaj sistemleri araştırılmıştır. Çalışma zamanının çoğunu ofiste geçiren ofis çalışanları tarafından doldurulmak üzere de bir anket çalışması gerçekleştirilmiştir. Ayrıca tez kapsamında yer alan 0185.STZ.2013-1 numaralı San-Tez projesine ek olarak, 2013.KB.FEN.036 numaralı Bilimsel Araştırma Projesi kapsamında antropometrik ölçümler gerçekleştirilmiştir.

Anket çalışması ve antropometrik ölçümler göstermektedirler ki, ofislerde ergonomi uygunsuzlukları yüksek seviyededir. Bu uygunsuzlukları gidermek ve çalışanların konforunu artırmak amacıyla, anket sonuçlarından ve antropometrik ölçümlerden faydalanılarak ofis sandalyelerinde kullanılabilecek olan iki adet masaj mekanizması tasarlanmıştır. Daha sonra bu tasarımlar üzerinden Solidworks programı kullanılarak statik analiz, yorulma analizi ve doğal frekans analizleri gerçekleştirilmiştir.

Statik analiz kapsamında, yoğurma masajı yapacak olan mekanizma alt montajına 90 N bir yük uygulanmış ve bu yük sonrasında malzemelerde meydana gelen şekil değiştirmeler incelenmiştir. Şekil değiştirmeler tüm malzemeler için elastik şekil değiştirme olarak kalmıştır. Montaj emniyetli olarak hesaplanmıştır ve emniyet katsayısı 4,3' tür.

Statik analizi yapılan montaj için, ek olarak yorulma analizi gerçekleştirilmiştir. Montajın yorulma analizi kapsamında, 10^7 yük tekrarı baz alınmıştır. Bu yük tekrarı sonucunda sistemin hangi bölgelerinde yüzde kaç hasar oluşacağı ve sistemde %100 hasar oluşması için kaç tekrar gerekeceği hesaplanmıştır. Hesaplamalar dahilinde sistemin güvenli olduğu görülmüştür.

Doğal frekans analizi kapsamında ise, masaj mekanizmalarında çalışan elektrik motorlarının çalışma frekanslarının, insan vücudundaki ve ofis koltuğundaki doğal frekans değerlerine yakın olup olmadığının kontrolü yapılmıştır. Motor çalışma frekanslarının, insan vücudundaki doğal frekanslarına veya ofis koltuğu doğal frekanslarına yakın olmadığı hesaplanmıştır. Ofis koltuğunda, motorların çalışmasından ötürü yüksek genlikli herhangi bir titreşim oluşmayacağı ve masaj yaptıran kişinin motorların çalışmalarından rahatsız olmayacağı görülmüştür.

Çalışmanın son kısmı olarak üretimi ve montajı gerçekleştirilen bu mekanizmalar, 10 kişilik bir gönüllü grubuna sunulmuştur. Gönüllüler tarafından Ek-3' de yer alan son değerlendirme anketini doldurulmuş ve sübjektif veriler elde edilmiştir. Sübjektif veriler göstermektedir ki, koltukları deneyen 10 kişi hem yoğurma masajı yapan koltuktan, hem de titreşim masajı gerçekleştiren koltuktan memnun kalmışlardır.

Titreşim masajı yapan ofis koltuğunda, titreşim motorlarının hız ayarlarının yapılabilmesi, kilo bakımından farklılık gösteren kişilere, masaj frekansını kendilerine göre ayarlama şansı sağlamıştır. Kilosu fazla olan bir kişide masaj etkisi yapan titreşim frekansı, daha düşük kilolu bir kişide rahatsızlık yaratabilmektedir. Frekans ayarlama özelliği sayesinde bunun önüne geçilmiştir.

Yoğurma mekanizmasında ise endüktif sensörler ile yapılan otomasyon sayesinde, masaj yapan millerin masaj sonunda yere dik pozisyonda kalması sağlanarak, masaj mekanizmasının kullanılmadığı zamanlarda rahatsızlık oluşturmaması engellenmiştir. Yoğurma masaj mekanizmasının koltuğun arkalık kısmının aşağı-yukarı kayma özelliği sayesinde, oturan kişinin boyuna göre ayarlanması, yine farklı kişilerin kendilerine uygun masaj konumunu seçmelerine yardımcı olmaktadır.

Yüksek lisans tezi kapsamında tasarlanmış olan masaj mekanizması entegre edilmiş ofis koltukları ile, Türk Standartları Enstitüsü' ne patent başvurusunda bulunulmuştur.

Masaj mekanizması içeren her iki koltukta da, yapılan masaj sonunda elde edilmek istenen rahatlama hissine ulaşılmıştır. Kamu alanlarında karşımıza çıkan büyük ve

hantal masaj koltuklarının aksine, masaj mekanizmalarına sahip ofis koltukları hem ergonomik konforu sağlamakta, hem de iki farklı masaj seçeneği içermesiyle ofis çalışanları için kullanışlı hale gelmektedir.



KAYNAKLAR

Aliexpress, (b.t.). 20 Nisan 2018, <https://www.aliexpress.com/w/wholesale-r260-vibration-motor.html>.

Antonelli, M., Beomonte, Zobel, P., Durante, F., ve Raparelli, T. (2011). Design of an innovative pneumatic massage device for low back pain treatment. *8th JFPS International Symposium on Fluid Power*, 64-71.

Chinatopwin, (b.t.). 15 Mayıs 2018, <https://www.chinatopwin.com/tr/products/lithium-polymer-battery-11.1V-2200mAh-50C.html>

Çetin, M. S., Altay, O., Öztürk, H., Kurumer, G., ve Karabay, G. (2018). Ofis koltuğu anket çalışması ve masaj mekanizması tasarımı. *Journal of Science and Engineering*, 20 (60), 804-816.

Çetin, M. S. (2018). *Tekstil Konfor Özellikleri Geliştirilmiş Ergonomik Büro Koltuğu Tasarımı*. Doktora tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Destek otomasyon, (b.t.). 15 Mayıs 2018, <http://www.destekotomasyon.com.tr/urunlerimiz/kullanici-arayuzleri/grafik-lcd-kullanici-paneli/>.

Destek otomasyon, (b.t.). 15 Mayıs 2018, <http://www.destekotomasyon.com.tr/urunlerimiz/gomulu-kontrol-sistemleri/uzaktan-kontrollu-dc-motor-surucu-karti/>.

Dieën, J.H., De Looze, M.P. ve Hermans, V. (2001) Effects of dynamic office chairs on trunk kinematics, trunk extensor EMG and spinal shrinkage. *Ergonomics*, 44 (7), 739-750

- Eriş, F.Y. (1995). *Ergonomic chair design*. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- Focks, C. (1998). *Atlas of Acupuncture*. Acupuncture points of the twelve primary channels. *Atlas of acupuncture* (2. Baskı) içinde (32 ve 262). Londra: Churchill Livingstone
- Gao, H., Lu, S., Tian, G., ve Tan, J. (2014). Vision-integrated physiotherapy service robot using cooperating two arms. *International Journal on Smart Sensing & Intelligent Systems*, 7 (3), 1024-1043.
- Gündüz, Cengiz, T. (2004). *Sandalye tasarımı endüstriyel tasarım-ergonomi ilişkisi*. 10. Ergonomi kongresi, Bursa.
- Hastürk, E.Y. ve Gültekin, T. (2013). Ergonomik ofis koltuğu tasarımı tüketicilerin davranışları. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih Coğrafya Fakültesi Antropoloji Dergisi*, 26, 19-36.
- Heffner, N.T. (2010). *Development of a robotic system for quantitative therapeutic massage*. Yüksek Lisans Tezi, Ohio Eyalet Üniversitesi, Ohio.
- Kahraman, M.F. (2013). *Türkiye’de antropometrik verilere göre ofiste ergonomik işyeri tasarımı*. 20 Ocak 2019, <https://www.ailevecalisma.gov.tr/media/1478/muhammedfurkankahraman.pdf>.
- Kasal A., Yüksel M., Kılıç H., Ergün M.E. ve Özcan C. (2015). Oturma mobilyası tasarımı bilgisayar destekli ergonomik analiz. *Selçuk-Teknik Dergisi, Özel Sayı-1*, 26-44.
- Li, Q., Wu, H., Liu, H., ve Liu, J. (2013). Three-dimensional modeling design on multifunctional office chair for fitness on solidworks. *Advanced Materials Research*, 655, 245-248.

- Morkoç, Kekeç, D. ve Okcu O. (2017). Çalışma mekânlarının ve büro mobilyalarının ergonomik açıdan değerlendirilmesine yönelik bir araştırma: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi örneği. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 6 (3), 422-434.
- Motorobit, (b.t). 15 Mayıs 2018, <https://www.motorobit.com/urun/24v-30rpm-37mm-reduktorlu-eksantrik-dc-motor>.
- Rasmussen, G. (1983). Human body vibration exposure and its measurement. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 73 (6), 2229.
- Sick, (b.t). 15 Mayıs 2018, <https://www.sick.com/tr/tr/enduektif-yaklasm-sensoerleri/enduektif-yaklasm-sensoerleri/me/me12-04bnszw2s/p/p228470>.
- Telli, A. ve Şenol S. (2013). Antropometrik ölçülere göre büro masası ve sandalyesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Büro Yönetimi Özel Sayısı*, 71-84.
- Terashima, K., Mouri, K., Minyong, P., Kitagawa, H. ve Miyoshi, T. (2008). Hybrid impedance control of human skin muscle by multi-fingered robot hand. *IFAC Proceedings Volumes*, 41 (2), 15742-15749.
- Tong, M. (2014). *Design, modeling, and fabrication of a massage neck support using soft robot mechanism*. Doktora Tezi, Ohio Eyalet Üniversitesi, Ohio.
- Wang, W., Zhang, P., Liang, C., ve Shi, Y. (2018). Design, path planning improvement and test of a portable massage robot on human back. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 15 (4), 1-11.
- Zullino, D.F., Krenz, S., Fresard, E., Cancela, E. ve Khazaal, Y. (2006). Local back massage with an automated massage chair: general muscle and psychophysiologic relaxing properties. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 11 (6), 1103-1106.

EKLER

EK-1: Anket Soruları (Çetin,2018)

Sayın Katılımcı

Bu anket, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü tarafından yapılmaktadır. Araştırmanın amacı *Ofis ortamında çalışan kişilerin sandalyelerinden memnuniyet seviyelerini belirlemek ve varsa sürekli oturarak çalışma sebebiyle kas ve iskelet yapılarında meydana gelebilecek rahatsızlıkları belirlemektir.* Bu araştırmadan elde edilen veriler, sadece bilimsel amaçlı kullanılacaktır. Araştırmaya gösterdiğiniz ilgi ve katkılarınızdan dolayı teşekkür ederim.

Münire Sibel ÇETİN
DEU Tekstil Mühendisliği Doktora Öğrencisi
Şubat 2014

Anket No :
Üniversite :
Bölüm :

-ANKET SORULARI-

A. GENEL BİLGİLER

- 1.Cinsiyet ☐ Kadın ☐ Erkek
- 2.Doğum Yılı
- 3.Boy Kilo.....
- 4.Eğitim durumunuz?
☐İlkokul-Ortaokul ☐Lise ☐Yüksekokul
☐Lisans ☐Yüksek Lisans ☐Doktora ☐Diğer.....
- 5.Kaç yıldır bu kurumda çalışıyorsunuz?
☐ Bir yıldan az ☐1-5 yıl ☐5-10 yıl ☐10-15 yıl ☐15-20 yıl ☐20 yıl üzeri
- 6.İşyerinde günlük oturarak çalışma süreniz (ortalama)
☐İki saatten az ☐2-4 saat ☐4-6 saat ☐6-8 saat ☐8-10 saat ☐10 saat üzeri
- 7.Her bir oturuşta ortalama aralıksız ne kadar süre çalışıyorsunuz?
☐Bir saatten az ☐1-2 saat ☐2-3 saat ☐3-4 saat ☐4-5 saat ☐5 saat ve üzeri
- 8.Günlük ortalama ne kadar süre mola veriyorsunuz? (Öğle arası hariç)
☐5 dk.den az ☐5- 10 dk. ☐10-15 dk. ☐15- 20 dk. ☐20-25 dk. ☐25 dk ve üzeri
9. İşyerinizde şu anda oturduğunuz koltuğu ne zamandır kullanıyorsunuz?
☐ Bir yıldan az ☐1-5 yıl ☐5-10 yıl ☐10-15 yıl ☐15-20 yıl ☐20 yıl üzeri
10. Oturduğunuz yerden kullandığınız ekipmanlar;(Birden fazla seçenek işaretleyebilirsiniz.)
☐Bilgisayar ☐Telefon- Fax ☐Tarayıcı-Yazıcı ☐Kitap
☐Kırtasiye Mlz. ☐Diğer.....

B. SAĞLIK BİLGİLERİ

11. Geçirmiş olduğunuz herhangi bir kaza veya sağlık problemi nedeniyle çalışma temponuzu etkileyecek herhangi bir kas ve/veya iskelet sorununuz var mı? ☐ Evet ☐ Hayır

Cevabınız Evet ise, bu rahatsızlığınız için düzenli olarak ilaç kullanıyor musunuz?

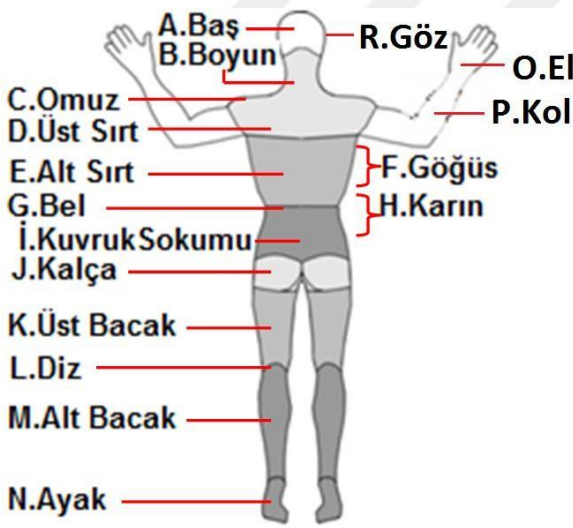
☐ Evet ☐ Hayır



Kaza haricinde hissettiğiniz rahatsızlıklarla ilgili olarak aşağıdaki soruları yanıtlayınız.

12-16.soruları cevaplarken gerekli gördüğünüz yerlerde vücut bölgelerinin isimlerini belirten

Şekil 1’de gösterilen kodları kullanınız. (Birden fazla bölgeyi yazabilirsiniz)

12. Otururken vücudunuzun herhangi bir bölgesinde uyuşma oluyor mu?		☐ Evet ☐ Hayır							
Cevabınız <u>EVET</u> ise vücudunuzun hangi bölgesinde uyuşma oluyor?		(Şekil 1’i kullanınız.)							
13. Çalışmanız süresince bilgisayar başında oturarak çalışmaya bağlı ciddi bir rahatsızlık geçirdiniz mi?		☐ Evet ☐ Hayır							
Cevabınız <u>EVET</u> ise, bu rahatsızlık vücudunuzun hangi bölgesindedir?		(Şekil 1’i kullanınız.)							
14-15. soruları aşağıda belirtilen kodlamaya göre işaretleyiniz. 1: Kesinlikle katılıyorum 2: Katılıyorum 3: Kısmen katılıyorum 4: Kararsızım 5: Kısmen Katılmıyorum 6: Katılmıyorum 7: Kesinlikle Katılmıyorum									
14. Varsa vücudunuzdaki rahatsızlık/rahatsızlıklarınızın <u>sadece oturduğunuz sandalye</u> kaynaklı olduğuna katılıyor musunuz?	1	2	3	4	5	6	7		
15. Vücudunuzda, rahatsız olan bölge/bölgeleriniz varsa her biri için sandalyeden kaynaklanma derecesini aşağıdaki seçenekleri kodlayarak belirtiniz.									
	A	Baş	1	2	3	4	5	6	7
	B	Boyun	1	2	3	4	5	6	7
	C	Omuz	1	2	3	4	5	6	7
	D	Üst Sırt	1	2	3	4	5	6	7
	E	Alt Sırt	1	2	3	4	5	6	7
	F	Göğüs	1	2	3	4	5	6	7
	G	Bel	1	2	3	4	5	6	7
	H	Karın	1	2	3	4	5	6	7
	I	Kuyruk Sokumu	1	2	3	4	5	6	7
	J	Kalça	1	2	3	4	5	6	7
	K	Üst Bacak	1	2	3	4	5	6	7
	L	Diz	1	2	3	4	5	6	7
	M	Alt Bacak	1	2	3	4	5	6	7
	N	Ayak	1	2	3	4	5	6	7
	O	El	1	2	3	4	5	6	7
	P	Kol	1	2	3	4	5	6	7
	R	Göz	1	2	3	4	5	6	7

Şekil 1.

C. ÇALIŞMA ŞARTLARI

16. Sandalyenize oturduğunuzda ayaklarınız yere değiyor mu? ☐ Evet ☐ Hayır

17. Çalışırken öne doğru eğilmek zorunda kalıyor musunuz? ☐ Evet ☐ Hayır ☐ Bazen

18. “Sürekli oturarak çalışmaktan” dolayı nefes alırken problem yaşıyor musunuz?

☐ Evet ☐ Hayır ☐ Bazen

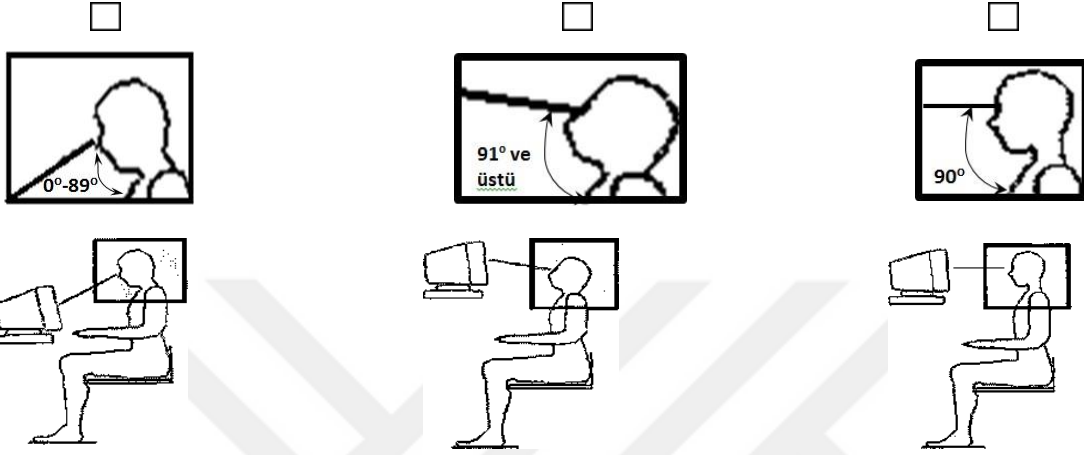
19. İşyerinde (bilgisayar kullanmadan) masa başında çalışarak geçirdiğiniz ortalama süre

..... (saat/gün)

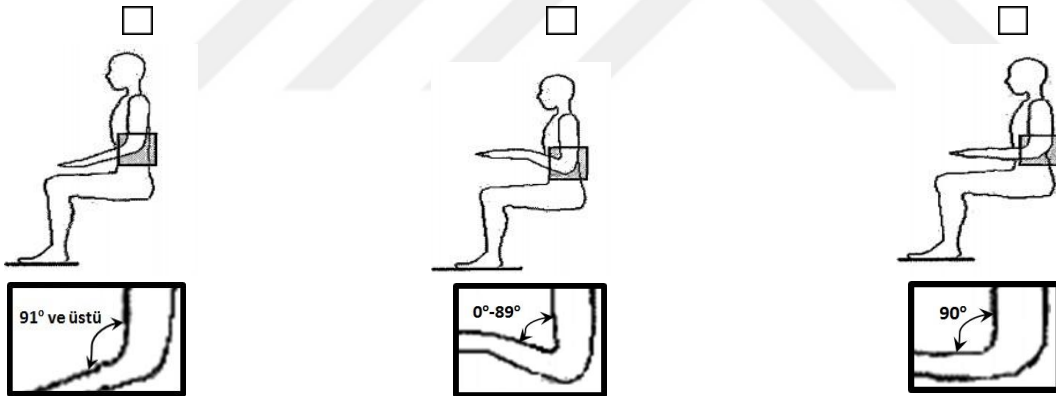
20. İşyerinde (bilgisayar kullanarak) masa başında geçirdiğiniz ortalama süre

..... (saat/gün)

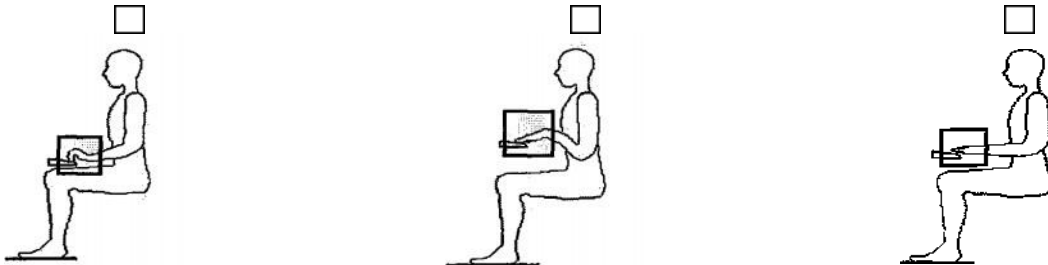
21. Bilgisayar başında çalışırken baş ve boynunuzu aşağıdaki pozisyonlardan hangisinde daha çok tutuyorsunuz?



22. Bilgisayar kullanırken, dirseğinizi aşağıdaki pozisyonlardan hangisinde daha çok tutuyorsunuz?

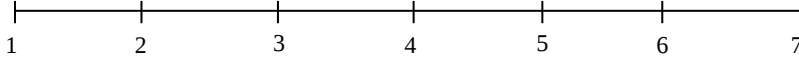


23. Bilgisayar kullanırken el ve el bileğinizi aşağıdaki hangi pozisyonda daha çok kullanıyorsunuz?



D. SANDALYE BİLGİLERİ

24. Genel olarak sandalyenizden memnuniyet derecenizi aşağıdaki doğru üzerinde 1'den 7'ye kadar değerlendiriniz. (1: Hiç memnun değilim-7: Çok memnunum)



25. 24.soruya verdiğiniz cevap 1 ila 4 arası ise, koltuğunuzun en çok rahatsız olduğunuz bölümü hangisidir? (Birden fazla seçenek işaretleyebilirsiniz?)

- ☐ Sırt kısmı ☐ Yüksekliği ☐ Oturma yeri ☐ Kol destek kısımları
☐ Diğer

26. Sandalyeniz özelliklerini işaretleyiniz. (Sandalye ile ilgili kavramları ve bölümlerini ekte yer alan resminde görebilirsiniz)

	EVET	HAYIR
Sandalyenizde kol koyma yeri var mı?		
Sandalyenizde kol koyma yeri varsa cevaplayınız.		
Yüzeyi sert mi?		
Sökülebiliyor mu?		
Ayarlanabiliyor mu ?		
Sandalyenizde arkalık var mı?		
Sandalyenizde arkalık varsa sabit mi?		
Sandalyenin arkalığından ayrı bir boyun desteği var mı?		
Sandalyenizin arkalığında ayrı bir boyun desteği varsa cevaplayınız.		
Sert mi?		
Boynunuzun şeklini alacak şekilde oyuntulu mu?		
Sabit mi?		
Sandalyenizin arkalığından ayrı bel desteği var mı?		
Sandalyenizin arkalığında ayrı bir bel desteği varsa cevaplayınız.		
Belinizin şeklini alacak şekilde oyuntulu mu?		
Ayarlanabiliyor mu?		
Sandalyenize monte halde ayak desteği var mı?		
Sandalyenizde portatif sırt ya da bel yastığı, v.b. kullanıyor musunuz?		
Sandalyenizin yüksekliği ayarlanabiliyor mu?		
Sandalye yüksekliği , masanızın yüksekliğine uygun mu?		
Sandalyenizin sağa-sola dönme özelliği var mı?		
Sandalyenizin sırt kısmının öne-arkaya ayarlanabilme özelliği var mı?		
Sandalyenizin sırt kısmının yukarı-aşağı ayarlanabilme özelliği var mı?		
Sandalyenizin hareketini sağlayan tekerlekleri var mı?		
Sandalyenizin taşınması kolay mı?		
Sandalyenizin ayar mekanizmalarının kullanımı kolay mı?		

	EVET	HAYIR	BAZEN KISMEN
Sandalyenizin oturma yeri sıcak havalarda terletiyor mu?			
Sandalyenin oturma yeri yumuşak mı?			
Sandalyenizin oturma yeri elektriklenmeye neden oluyor mu?			
Sandalyenizin oturma yeri eğimli mi?			
Sandalyenizin oturma yeri eğimliyse, eğim miktarından memnun musunuz?			
Sandalyenizin oturma yerinin derinliğinden memnun musunuz?			
Sandalyenizin oturma yerinin genişliğinden memnun musunuz?			
Sandalyenin oturma yeri, vücudunuzun kalça kısmında ağrı ya da benzeri bir rahatsızlığa neden oluyor mu?			
Sandalyenizin kol koyma yerini kullanıyor musunuz?			
Sandalyenizin sırt kısmı sıcak havalarda terletiyor mu?			
Sandalyenizin temizlenmesi kolay mı?			
Sandalyenizin döşemesinde aşınma/hasar var mı?			
Sandalyenizin döşemesinde solma var mı?			
Sandalyenizin oturma yerinde zamanla form değişikliği (çökme gibi) oldu mu?			

27. Sandalyenizde olmasını istediğiniz başka bir özellik var mı? ☐ Evet ☐ Hayır

Varsa lütfen belirtiniz.

ANKETİ CEVAPLANDIRDIĞINIZ İÇİN TEŞEKKÜR EDERİM.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

EK-2:

Tablo 1. Kişilerin koltuklarında olmasını bekledikleri özellikler (Çetin,2018)

Beklenen Özellikler	Cevap Veren Kişi Sayısı
Sırt Desteği (yukarı-aşağı ayarlanabilen)	325
Boyun Desteği (yukarı-aşağı ayarlanabilen)	300
Bel Desteği (yukarı-aşağı ayarlanabilen)	298
Terletmeyen kumaş	244
Ayak desteği (istendiğinde ofis koltuğu altından çıkıp, istendiğinde	236
Ayarlanabilir kol koyma yeri (yukarı-aşağı, ileri-geri, dışa-içe,	228
Kir tutmayan/kolay temizlenen kumaş	211
Masaj mekanizması (sırt için)	202
Tüm malzemelerin uzun ömürlü/dayanıklı olması	193
Pamuk gibi doğal malzemeden üretilmiş kumaş	183
Bel desteğinin ileri-geri hareket etmesi (bel boşluğunu desteklemesi	179
Elektriklenmeyen kumaş	176
Oturak yerinde visko malzeme kullanımı (vücut şeklini alabilen)	163
Daha yumuşak kol koyma yeri (hava alabilen kumaşla kaplı sünger)	153
Yüzeyi pürüzsüz (vücutta iz bırakmayan)	149
Kullanımı ve ulaşması kolay ayar mekanizmaları	147
Daha hafif koltuk	118
Daha yumuşak sünger	109
Kilitlenebilir tekerlekler (istendiğinde kilitlenerek ofis koltuğunu	108
Opsiyonel olarak postür uyarısı versin	71
Arkası duvarı boyamasın	62

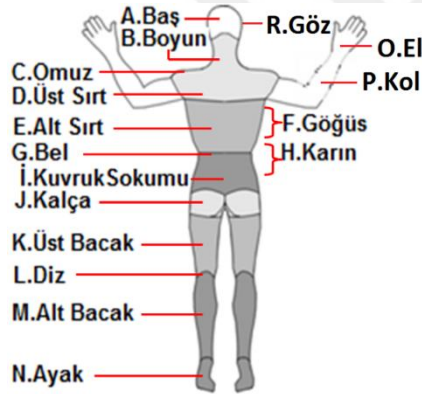
EK-3: Sonuç Değerlendirme Anketi (Çetin,2018)

ÇALIŞMA ŞARTLARI

1. Otururken vücudunuzun herhangi bir bölgesinde ağrı ve/veya uyuşma oluyor mu?

Kendi Kullandığınız Koltuk	Yoğurma Masajı Yapan Koltuk	Titreşim Masajı Yapan Koltuk
☐ Evet	☐ Evet	☐ Evet
☐ Hayır	☐ Hayır	☐ Hayır

2. 1. Soruya cevabınız EVET ise vücudunuzun hangi bölgesinde ağrı ve/veya uyuşma oluyor?

	Bölgeler	Kendi Kullandığınız Koltuk	Yoğurma Masajı Yapan Koltuk	Titreşim Masajı Yapan Koltuk
	A Baş			
	B Boyun			
	C Omuz			
	D Üst Sırt			
	E Alt Sırt			
	F Göğüs			
	G Bel			
	H Karın			
	İ Kuyruk Sokumu			
	J Kalça			
	K Üst Bacak			
	L Diz			
	M Alt Bacak			
	N Ayak			
	O El			
	P Kol			
	R Göz			

3. Koltuğunuza oturduğunuzda ayaklarınız yere değiyor mu?

Kendi Kullandığınız Koltuk	Yoğurma Masajı Yapan Koltuk	Titreşim Masajı Yapan Koltuk
☐ Evet	☐ Evet	☐ Evet
☐ Hayır	☐ Hayır	☐ Hayır

4. Çalışırken öne doğru eğilmek zorunda kalıyor musunuz?

Kendi Kullandığınız Koltuk	Yoğurma Masajı Yapan Koltuk	Titreşim Masajı Yapan Koltuk
☐ Evet	☐ Evet	☐ Evet
☐ Hayır	☐ Hayır	☐ Hayır

KOLTUK BİLGİLERİ

5. Genel olarak koltuğunuzdan memnuniyet derecenizi aşağıdaki tabloda 1’den 7’ye kadar değerlendiriniz.
(1: Hiç memnun değilim-7: Çok memnunum)

	1	2	3	4	5	6	7
Kendi Kullandığınız Koltuk							
Yoğurma Masajı Yapan Koltuk							
Titreşim Masajı Yapan Koltuk							

6. Genel olarak koltuklardan memnuniyet dereceniz 1 ile 4 arası ise, koltuğunuzun en çok rahatsız olduğunuz bölümü hangisidir? (Birden fazla seçenek işaretleyebilirsiniz?)

	Sırt Kısmı	Yüksekliği	Oturma Yeri	Kolçakları	Diğer
Kendi Kullandığınız Koltuk					
Yoğurma Masajı Yapan Koltuk					
Titreşim Masajı Yapan Koltuk					

7. Aşağıdaki tabloda yer alan soruları üç ayrı koltuk için cevaplayınız.

DOLGU VE DÖŞEMELİK MALZEMELER											
		Kendi Kullandığınız Sandalye			Yoğurma Masajı Yapan Sandalye			Titreşim Masajı Yapan Sandalye			
		Evet	Hayır	Bazen/Kısmen	Evet	Hayır	Bazen/Kısmen	Evet	Hayır	Bazen/Kısmen	
1.	Sandalyenizin oturma yeri oturma süresince terletiyor mu?										
2.	Sandalyenizin sırt kısmı dayanma süresince terletiyor mu?										
3.	Sandalyenizin oturma yeri elektrikleymeye neden oluyor mu?										
4.	Sandalyenizin oturma yeri kaymaya neden oluyor mu?										
5.	Sandalyenizin kumaşı ses çıkıyor mu?										
6.	Sandalyenizin oturma yeri yumuşak mı?										
7.	Sandalyenizin oturma yeri yumuşak ise yumuşaklık miktarından memnun musunuz?										
8.	Sandalyenizin oturma yeri sert mi?										
9.	Sandalyenizin oturma yeri sert ise sertlik miktarından memnun musunuz?										
10.	Sandalyenizin süngeri kalın mı?										
11.	Sandalyenizin süngeri ince mi?										
12.	Sandalyenizin süngeri ince ise incelik miktarından memnun musunuz?										
13.	Sandalyenizin süngeri ince ise incelik miktarından memnun musunuz?										
14.	Sandalyenizin oturma yeri, vücudunuzun kalça kısmında ağrı ya da benzeri bir rahatsızlığa neden oluyor mu?										

KONSTRÜKSİYON ÖZELLİKLERİ

	Kendi Kullandığınız Sandalye				Masaj Yapan Sandalyeler		
	Evet	Hayır	Bazen/Kısmen	YOK	Evet	Hayır	Bazen/Kısmen
1. Sandalyenizin oturma yerinin derinliğinden memnun musunuz?							
2. Sandalyenizin oturma yerinin genişliğinden memnun musunuz?							
3. Sandalyenizin oturma yerinin yukarı-aşağı ayarlanabilmesinden memnun musunuz?							
4. Sandalyenizin oturma yerinin yukarı-aşağı ayar aralığından memnun musunuz?							
5. Sandalyenizin oturma yerinin yukarı-aşağı ayar mekanizmasının kullanımından memnun musunuz?							
6. Sandalyenizin sırt kısmının yukarı-aşağı ayarlanabilmesinden memnun musunuz?							
7. Sandalyenizin sırt kısmının yukarı-aşağı ayar aralığından memnun musunuz?							
8. Sandalyenizin sırt kısmının eğiminin ayarlanabilmesinden memnun musunuz?							
9. Sandalyenizin sırt kısmının eğim aralığından memnun musunuz?							
10. Sandalyenizin sırt kısmının eğim ayar mekanizmasının kullanımından memnun musunuz?							
11. Sandalyenizin sırt kısmının tansiyon ayarının olmasından memnun musunuz?							
12. Sandalyenizin sırt kısmının tansiyon ayar mekanizmasının kullanımından memnun musunuz?							
13. Sandalyenizin bel kısmının yukarı-aşağı ayarlanabilmesinden memnun musunuz?							
14. Sandalyenizin bel kısmının yukarı-aşağı ayar aralığından memnun musunuz?							
15. Sandalyenizin kolçaklarının yüzeyi yumuşak mı?							
16. Sandalyenizin kolçaklarının yüzeyi yumuşak ise yumuşaklık miktarından memnun musunuz?							
17. Sandalyenizin kolçaklarının yüzeyi sert mi?							
18. Sandalyenizin kolçaklarının yüzeyi sert ise sertlik miktarından memnun musunuz?							
19. Kolçak yüzey genişliği yeterli mi?							
20. Kolçak yüzey şeklinden memnun musunuz?							
21. Sandalyenizin kolçaklarının yukarı-aşağı ayarlanabilmesinden memnun musunuz?							
22. Sandalyenizin kolçaklarının yukarı-aşağı ayar aralığından memnun musunuz?							
23. Sandalyenizin kolçaklarının yukarı-aşağı ayar mekanizmasının kullanımından memnun musunuz?							
24. Sandalyenizin kolçak kepinin sağ-sol dönüş (dairese) ayarının olmasından memnun musunuz?							
25. Sandalyenizin kolçak kepinin ileri-geri ayarının olmasından memnun musunuz?							
26. Sandalyenizin kolçak kepinin ileri-geri ayar aralığından memnun musunuz?							
27. Sandalyenizin kolçak kepinin ileri-geri ayar mekanizmasının kullanımından memnun musunuz?							
28. Sandalyenizin kolçaklarının arasındaki mesafenin ayarlanabiliyor olmasından memnun musunuz?							
29. Sandalyenizin kolçaklarının arasındaki mesafe için ayar aralığından memnun musunuz?							
30. Sandalyenizin kolçaklarının arasındaki mesafe için ayar mekanizmasının kullanımından memnun musunuz?							

KONSTRÜKSİYON ÖZELLİKLERİ

KONSTRÜKSİYON ÖZELLİKLERİ									
	Kendi Kullandığınız Sandalye	Yoğurma Masajı Yapan Sandalye			Titreşim Masajı Yapan Sandalye				
		Evet	Hayır	Bazen/Kismen	Yok	Evet	Hayır	Bazen/Kismen	
1. Sandalyenizin sırt kısmının yukarı-aşağı ayar mekanizmasının kullanımından memnun musunuz?									
2. Sandalyenizin bel kısmının yukarı aşağı ayar mekanizmasının kullanımından memnun musunuz?									
3. Sandalyenizin kolçak kepinin sağ-sol dönüş (dairesel) ayar mekanizmasının kullanımından memnun musunuz?									
4. Sandalyenizin kolçak kepinin dışa-içe (yatay yönde) ayarının olmasından memnun musunuz?									
5. Sandalyenizin kolçak kepinin dışa-içe (yatay yönde) ayar mekanizmasının kullanımından memnun musunuz?									
6. Sandalyenizin tekerlek hareketinden memnun musunuz?									
7. Bu üç sandalyeden doğru/döşemelik malzeme kombinasyonu açısından hangisini tercih edersiniz?									
8.									
Tercih etme nedeninizi açıklayınız.									

MASAJ MEKANİZMASI ÖZELLİKLERİ						
	Yoğurma Masajı Yapan Sandalye			Titreşim Masajı Yapan Sandalye		
	EVEY	HAYIR	BAZEN/ KISMEN	EVEY	HAYIR	BAZEN/ KISMEN
1.	Masaj mekanizmasının kullanımı kolay mı?					
2.	Masaj mekanizmasının yaptığı masaj sert mi?					
3.	Masaj mekanizmasının yaptığı masaj <u>sert işe</u> sertlik miktarından memnun musunuz?					
4.	Masaj mekanizmasının yaptığı masaj yumuşak mı?					
5.	Masaj mekanizmasının yaptığı masaj yumuşak ise yumuşaklık miktarından memnun musunuz?					
6.	Masaj mekanizmasının etkisinden memnun kaldınız mı?					
7.	Masaj mekanizmasını çalışırken (bilgisayar kullanımı, kitap okuma v.b.) kullandınız mı?					
8.	Masaj mekanizmasını dinlerken kullandınız mı?					
9.	Masaj mekanizmasının çıkardığı ses miktarı rahatsız ediyor mu?					
10.	Sizce büro sandalyesi için masaj mekanizması gerekli mi?					
11.	Bu tarz masaj yapan bir büro sandalyesi olsa diye bir beklentiniz var mıydı?					
12.	Piyasada bu tarz masaj yapan bir büro sandalyesi olsa alır mıydınız?					
13.	Masaj mekanizmasının sırt bölgesindeki konumu uygun mu?					
14.	Masaj mekanizmasının sırt bölgesindeki konumu uygun değilse öneriniz nedir?					
15.	Masaj mekanizması ile ilgili herhangi bir öneriniz var mı?					
16.	İki masaj mekanizmasından hangisini tercih edersiniz? Neden?					
17.	İki masaj mekanizmasının olumlu ve olumsuz yönlerini belirtiniz.					
GÖRÜŞLER:						