

**GERİ SEKME ESNEKLİĞİ ÖLÇÜM CİHAZI TASARIMI VE  
ELASTOMER TESTLERİNDE KULLANILMASI**

**DESIGN OF REBOUND RESILIENCE MEASUREMENT  
INSTRUMENT AND ITS USE FOR ELASTOMER TESTING**

**SÜLEYMAN FATİH KELEŞ**

**Prof. Dr. Murat ŞEN**

**Tez Danışmanı**

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Polimer Bilimi ve Teknolojisi Anabilim Dalı için Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2020

Her zaman yanımda olan sevgilime,

## ÖZET

### GERİ SEKME ESNEKLİĞİ CİHAZININ TASARIMI VE ELASTOMER TESTLERİNDE KULLANILMASI

**Süleyman Fatih KELEŞ**

**Yüksek Lisans, Polimer Bilimi ve Teknolojisi Ana Bilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Murat ŞEN**

**Haziran 2020, 132 sayfa**

Geri sekme esnekliği ölçüm cihazı elastomerlerin esnekliğinin belirlenmesi amacıyla kullanılan ve ülkemizde üretilmeyen, ithal edilen bir cihazdır. Tasarıma başlanmadan önce referans alınacak standartlar belirlenerek incelenmiş ve cihazın sahip olması gereken özellikler listelenmiştir.

Bu bilgiler kullanılarak cihazın detaylı tasarımı yapılmış, kullanılacak hazır ürünler belirlenmiştir. Tasarlanan geri sekme ölçüm cihazının parçalarının uygun teknikler ile üretilmesinin ardından cihaz montajlanarak çalışır hale getirilmiştir. Daha sonra cihazın çalışmasının doğrulanması için standart test yöntemlerinde belirtilen sürtünme ve sarkaç periyoduna bağlı indirgenmiş sarkaç boyu hesaplanmıştır. Bunun yanı sıra Ferkan A.Ş. ve Standart Profil A.Ş. firmalarında farklı cihazlar ile ölçülerek geri sekme esneklik değeri belirlenen numuneler ile karşılaştırmalı ölçümler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar gereksinimi karşılamadığı için tasarım değişiklikleri yapılmıştır ve cihaz gereksinimleri sağlayacak şekilde revize edilmiştir. Yapılan güncelleme sonrasında doğrulama testleri ve karşılaştırmalı ölçümler tekrarlanarak cihazın doğruluğu kontrol edilmiştir.

Doğrulama için kullanılan numunelerden farklı olarak doğal kauçuk temelli 4 tane farklı reçetede hamur hazırlanmıştır. NR 50 ve NR 60 kodlu reçeteler arasında FEF 550 karbon siyahı oranı arttırılmıştır. NR-MT 50 ve NR-MT 60 kodlu reçetelerde ise FEF 550 oranı sırası ile NR50 ve NR60 reçeteleri ile aynı tutulmuş ve ek olarak aynı oranda MT 990 eklenmiştir. Hazırlanan numunelerin üretilen cihazda geri sekme esneklik değerleri ölçülmüştür. Yapılan ölçüm sonucunda, NR 50 reçeteli numunenin %71, NR-MT 50 reçeteli numunenin %74, NR 60 reçeteli numunenin %52, ve NR-MT 60 reçeteli numunenin %70 geri sekme esnekliği olduğu görülmüştür. 50 shore A sertlikteki NR içine MT 990'ın eklenmesi sertliğini değiştirmedeği gibi geri sekme değerini de değiştirmemiştir. 60 sertlikte FEF 550 ve HAF 330 kullanılarak hazırlanan NR için elde edilen %53 geri sekme esnekliği değerinin MT 990 eklenmesiyle hızla %70 düzeyine çıktığı görülmüştür. Bu durumda geri sekme davranışının elastomerin hazırlanmasında kullanılan karbon siyahının tipine ve elastomerin shore A sertliğine bağlı olarak değişim gösterebileceği ancak sistematik ilişkinin kurulabilmesi için daha farklı karbon siyahı oranları ve sertlik değerleri ile çalışılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Geri Sekme Esneklik, Kauçuk, Elastomer

## **ABSTRACT**

# **DESIGN OF REBOUND RESILIENCE MEASUREMENT INSTRUMENT AND ITS USE FOR ELASTOMER TESTING**

**Süleyman Fatih KELEŞ**

**Master of Science, Department of Polymer Science and Technology**

**Supervisor: Prof. Dr. Murat ŞEN**

**June 2020, 132 pages**

Rebound resilience measurement instrument is used to determine the elasticity of elastomer materials and the instrument is imported since it is not produced within our country. Before starting to the design of the instrument, the standards written for this purpose are determined and investigated so that the requirements of the instrument can be listed.

The detailed design of the instrument is made and the finished products are determined according to the information gained. The parts of the instrument are manufactured using appropriate manufacturing techniques and the parts are assembled so that the instrument can operate. In order to verify the operation of the instrument, friction and reduced length of pendulum are calculated which are explained in standard test procedure. In addition, rebound resilience value of specimens are measured which are taken from Ferkan A.Ş. and Standard Profil A.Ş. The measured values are compared to the values measured by the given companies. Since the results do not meet the requirements, the design of the instrument is revised so that it meets the requirements. After the revisions, the verification tests are performed again and the instrument is verified.

Four different natural rubber-based doughs are prepared which are different than the specimens used for verification tests. FEF 550 carbon black ratio is increased between NR 50 and NR 60 recipes. For NR-MT 50 and NR-MT 60 recipes, the ratio of FEF 550 is same with NR 50 and NR 60 recipes, respectively and same amount of MT 990 is added. The rebound resilience values of the prepared specimens are measured using the instrument. The rebound resilience values for recipes NR 50, NR-MT 50, NR 60 and NR-MT 60 are found as 71%, 74%, 52% and 70%, respectively. Addition of MT 990 to NR, which has 50 shore A stiffness, does not effect neither its stiffness nor rebound resilience. It is observed that addition MT 990 to NR recipe, which includes FEF 550 and HAF 330, increases the rebound resilience of the material from 53% to 70%. It is concluded that the rebound resilience varies according to the type of carbon black used for the recipe of the specimen and stiffness of the elastomer, however, different ratio of carbon black and stiffness values are necessary in order to find a relationship between the variables.

**Keywords:** Rebound resilience, Rubber, Elastomer

## TEŞEKKÜR

İlk olarak hem yüksek lisans boyunca aldığım derslerde hem de tez çalışmamın her aşamasında desteğini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Murat Şen'e, laboratuvarında yaptığım çalışmalarda her türlü desteğini veren değerli hocam Öğr. Gör. Davut Aksüt'e çok teşekkür ederim.

Tez çalışmamda kullandığım numunelerin ölçüm sonuçları ile beraber tedarikini sağlayan Ferkan A.Ş. ve Standart Profil A.Ş. şirketlerine, hamur hazırlama ve disk basımındaki yardımları için Babacan Endüstri ve Kauçuk Ürünleri İmalatı San. Tic. Ltd. Şti. adına Ece Şahin'e teşekkür ederim.

Başta tez çalışmam olmak üzere hayatımın her alanında yanımda olan, desteğini esirgemeyen ve bundan sonra da yanımda olacağını bildiğim sevgilime çok teşekkür ederim.

Süleyman Fatih KELEŞ

Haziran 2020, Ankara

# İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	iii
TEŞEKKÜR .....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	ix
TABLolar DİZİNİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Kapsam .....	1
1.2. Amaç .....	3
1.3. Yöntem .....	3
2. GENEL BİLGİLER.....	5
2.1. Geri Sekme Esneklik Testi .....	5
2.2. Standart Test Prosedürleri .....	6
2.3. Geri Sekme Esneklik Ölçüm Cihazı.....	8
2.4. Geri Sekme Esneklik Ölçüm Cihazı Doğrulanması .....	10
2.4.1. Sarkacın Doğrulanması .....	11
2.4.2. Sürtünmenin Doğrulanması.....	12
2.5. Test Malzemesi.....	13
2.5.1. Etilen Propilen Dien Monomer (EPDM).....	14
2.5.2. Kloropren Kauçuk (CR) .....	15
2.5.3. Doğal Kauçuk (NR).....	16
2.5.4. Karbon Siyahları (CB).....	17
2.5.5. Vulkanizasyon .....	19
3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR .....	20
3.1. Geri Sekme Esneklik Ölçüm Cihazının Tasarımı.....	20
3.1.1. Ön Tasarım .....	20
3.1.2. Detay Tasarım.....	29



3.2. Geri Sekme Esneklik Ölçüm Cihazının Doğrulanması .....	39
3.3. Test Malzemelerinin Hazırlanması.....	41
3.3.1. Kauçuk Hamurlarının Hazırlanması .....	41
3.3.2. Lastik Reçeteleri .....	41
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	45
4.1. Geri Sekme Esneklik Ölçüm Cihazının Tasarımı.....	45
4.1.1. Sarkaç Tasarımı .....	45
4.1.2. Gösterge, İbre ve Yakalayıcı Tasarımı .....	49
4.1.3. Numune Tutucu Tasarımı .....	60
4.1.4. Gövde Tasarımı .....	64
4.2. Geri Sekme Esneklik Ölçüm Cihazının Montajı .....	66
4.3. Geri Sekme Esneklik Ölçüm Cihazının Doğrulanması .....	71
4.3.1. Standart Test Prosedürü Gereksinimlerinin Doğrulanması .....	71
4.3.2. Karşılaştırmalı Ölçüm .....	74
4.4. Hataların Düzeltilmesi.....	77
4.5. Geri Sekme Esneklik Ölçüm Cihazının Tekrar Doğrulanması .....	84
4.6. EPDM ve CR Esaslı Elastomerlerin Geri Esneklik Ölçümleri.....	85
5. TOPLU SONUÇLAR.....	89
6. KAYNAKLAR.....	91
EKLER .....	96
EK 1 – SKF W61700 X-2ZS Kataloğu .....	96
EK 2 – SKF W627/5-2Z Kataloğu .....	97
EK 3 – Çekmeli İndeksleme Pimi Kataloğu.....	98
EK 4 – Geri Sekme Esneklik Değerine Karşılık Gelen Açılı Tablosu .....	99
EK 5 – KAMA 1139 33 507 Kataloğu .....	100
EK 6 – Trans-Rul TRA 010 Burç Kataloğu .....	101
EK 7 – Sanay Bakalit SAMTKOK 60 10*50 Kataloğu .....	102
EK 8 – Ferkan A.Ş.’den Alınan Ölçüm Raporu .....	103
EK 9 – Standart Profil A.Ş. Alınan Ölçüm Raporu.....	104
EK 10- SKF W61800-2Z Kataloğu .....	105
EK 11- Tez Çalışması Orijinallik Raporu .....	106

ÖZGEÇMİŞ.....	107
---------------	-----

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Sarkaç Metodu Test Düzeneği [10].....	2
Şekil 2.1. Numune için lineer Voight modeli [8] .....	6
Şekil 2.2. Schob sarkacı [14].....	7
Şekil 2.3. Geri sekme esneklik ölçüm cihazı düzeneği [7].....	10
Şekil 2.4. Sarkaç sürtünmesi kontrolü 1 .....	13
Şekil 2.5. Sarkaç sürtünmesi kontrolü 2 .....	13
Şekil 2.6. EPDM'in kimyasal yapısı [57].....	14
Şekil 2.7. EPDM kauçuktan yapılmış bazı ürünler [33].....	15
Şekil 2.8. Kloropren kauçuğun kimyasal yapısı [58] .....	16
Şekil 2.9. CR kauçuk ile imal edilmiş hidrolik hortum [35] .....	16
Şekil 2.10 Doğal kauçuğun yapısı [38] [31].....	17
Şekil 2.11. Karbon siyahının kimyasal yapısı[42].....	18
Şekil 3.1. Ön tasarım 1 sarkacı .....	21
Şekil 3.2. Ön tasarım 1 gösterge, ibre ve yakalayıcı .....	22
Şekil 3.3. Ön tasarım 1 numune tutucu .....	23
Şekil 3.4. Ön tasarım 1 gövde.....	24
Şekil 3.5. Ön Tasarım 1 genel görünüm.....	24
Şekil 3.6. Ön tasarım 2 sarkaç .....	25
Şekil 3.7. Ön tasarım 2 gösterge, İbre ve yakalayıcı .....	26
Şekil 3.8. Ön tasarım 2 numune tutucu .....	27
Şekil 3.9. Ön Tasarım 2 gövde .....	27
Şekil 3.10. Ön tasarım 2 genel görünüm .....	28
Şekil 3.11. İzaçar izometrik görünüm .....	30
Şekil 3.12. Çekiç İzometrik Görünüş .....	31
Şekil 3.13. Sarkaç kolu izometrik görünüş.....	31
Şekil 3.14. Yakalayıcı parça 1 izometrik görünüş.....	32
Şekil 3.15. Yakalayıcı parça 2 izometrik görünüş.....	33
Şekil 3.16. Yakalayıcı parça 3 izometrik görünüş.....	33
Şekil 3.17. Yakalayıcı izometrik görünüş .....	34
Şekil 3.18. Gösterge ön görünüş.....	34

Şekil 3.19. İbre izometrik görünüş .....	35
Şekil 3.20. İbre tutucu izometrik görünüş .....	35
Şekil 3.21. İbre mekanizması izometrik görünüş .....	36
Şekil 3.22. Numune destek izometrik görünüş.....	37
Şekil 3.23. Numune yatak izometrik görünüş .....	37
Şekil 3.24. Numune tutucu izometrik görünüş .....	38
Şekil 3.25. Gövde kapamaları izometrik görünüş .....	39
Şekil 3.26. Hazırlanan (a) NR 50 (b) NR 60 (c) MT 50 (d) MT 60 görselleri .....	44
Şekil 4.1. İzaçar yan ve arka görünüş.....	46
Şekil 4.2. Çekiç, Yan Kesit ve Ön Görünüş .....	48
Şekil 4.3. Sarkaç Kolu, Yan Görünüş.....	49
Şekil 4.4. Şaft, yan ve kesit görünüş .....	50
Şekil 4.5. Yakalayıcı kolu, yan görünüş.....	51
Şekil 4.6. Yakalayıcı A: Dil, B: Yuva .....	52
Şekil 4.7. Yuva ve Dil .....	52
Şekil 4.8. İbre teli, yan ve ön görünüş .....	53
Şekil 4.9. İbre tutucu yan, arka görünüş .....	54
Şekil 4.10. İbre mekanizması, 1. destek, ön ve üst görünüş.....	55
Şekil 4.11. İbre mekanizması, 2. destek, ön ve üst görünüş.....	56
Şekil 4.12. İbre mekanizması, 3. destek, ön ve üst görünüş.....	57
Şekil 4.13. Sürtünme diski, yan ve üst görünüş .....	58
Şekil 4.14. Gösterge ön görünüş.....	59
Şekil 4.15. Dikey destek, ön görünüş .....	60
Şekil 4.16. Numune destek, ön ve alt görünüş .....	61
Şekil 4.17. Numune yatak, arka görünüş.....	61
Şekil 4.18. Vidalı mil, yan ve arka görünüş .....	62
Şekil 4.19. Vidalı ve burçlu destek, arka, yan, ön, alt ve üst görünüşler.....	63
Şekil 4.20. Destek tablası, alt görünüş.....	64
Şekil 4.21. Ağırlık bloğu, alt görünüş .....	65
Şekil 4.22. Arka kapama, yan ve üst görünüş .....	66
Şekil 4.23. Üst kapama, üst görünüş .....	66
Şekil 4.24. Sarkaç montajı.....	67

Şekil 4.25. Yakalayıcı montajı .....	67
Şekil 4.26. İbre montajı .....	68
Şekil 4.27. Sarkaç ve yakalayıcının montajı.....	69
Şekil 4.28. Numune tutucu montajı .....	69
Şekil 4.29. Dikey destek montajı.....	70
Şekil 4.30. Vidalı mil ve kapamalar montajı .....	71
Şekil 4.31. Doğrulama testi montajı .....	72
Şekil 4.32. Destek tablası ikinci revizyon, alt görünüş .....	78
Şekil 4.33. Yakalayıcı ve şaft ikinci revizyon, izometrik görünüş.....	78
Şekil 4.34. Serbest cisim diyagramı .....	79
Şekil 4.35. Çekiç ikinci revizyon, ön ve yan görünüş .....	80
Şekil 4.36. Numune destek ikinci revizyon, yan ve alt görünüş .....	81
Şekil 4.37. Şaft ikinci revizyon, izometrik görünüş .....	81
Şekil 4.38. Yeni 2. destek ve ikinci rulman destek parçası, izometrik görünüş.....	82
Şekil 4.39. Cihazın (a) önden (b) yandan ve (c) izometrik görünüşü.....	83

## TABLULAR DİZİNİ

Tablo 2.1. Standart test prosedürü parametreleri.....	10
Tablo 2.2. Fırın siyahları ve özellikleri. ....	18
Tablo 3.1. Ön tasarım değerlendirmesi .....	29
Tablo 3.2. NR esaslı FEF 550 oranı değişen hamur bileşenleri .....	42
Tablo 3.3. MT 990 eklenmiş NR esaslı hamur bileşenleri .....	43
Tablo 4.1. Birinci salınım sayısı testi sonuçları .....	73
Tablo 4.2. İndirgenmiş sarkaç boyu, Lred değeri.....	73
Tablo 4.3. Birinci karşılaştırmalı ölçüm sonuçları .....	74
Tablo 4.4. İkinci salınım sayısı testi sonuçları .....	84
Tablo 4.5. İndirgenmiş sarkaç boyu ikinci değeri, Lred değeri.....	85
Tablo 4.6. İkinci karşılaştırmalı ölçüm sonuçları .....	85
Tablo 4.7. Numune ölçüm sonuçları .....	87

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

k	Yay Direngenliği
c	Sönümlenme Sabiti
D	İzaçar Çapı
M	Efektif Çarpma Kütlesi
v	Çarpma Hızı
kg	Kütle Birimi (Kilogram)
m/s	Çizgisel Hız Birimi (Metre/Saniye)
L	Sarkaç Uzunluğu
d	Numune Kalınlığı
mm	Uzunluk birimi (Milimetre)
kJ	Enerji Birimi(Kilojul)
m <sup>3</sup>	Hacim Birimi (Metreküp)
mJ	Enerji Birimi (Milijul)
R	Geri Sekme Esneklik
$\alpha$	Geri Sekme Açısı
F	Sarkaç Üzerindeki Kuvvet
N	Kuvvet Birimi (Nevton)
g	Yerçekimi İvmesi
$\pi$	Pi Sayısı
m/s <sup>2</sup>	İvme Birimi (Metre/Saniye Kare)
A <sub>N</sub>	Sarkacın Enerjisi
L <sub>red</sub>	İndirgenmiş Sarkaç Boyu
T	Sarkacın Periyodu
m	Uzunluk Birimi (Metre)

$T_g$  Camsı Geçiş Sıcaklığı

### **Kısaltmalar**

ASTM	Amerikan Test ve Materyalleri Topluluğu
ISO	Uluslararası Standardizasyon Teşkilatı
DIN	Alman Standartlar Enstitüsü
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
EPDM	Etilen Propilen Dien Monomer
CR	Kloropren Kauçuk
CNC	Bilgisayar Sayımlı Kontrol
phr	Yüz kısım kauçuk başına



# 1. GİRİŞ

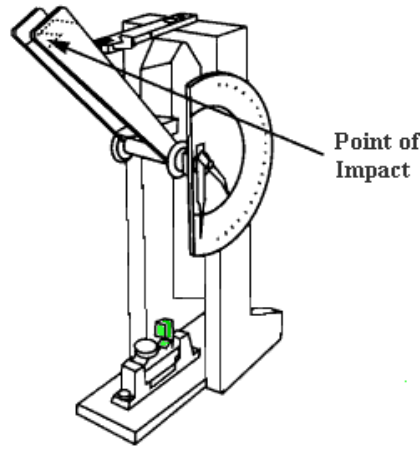
## 1.1.Kapsam

Polimerler, monomer adı verilen basit moleküllerin kimyasal bağlarla bir araya gelmesi sonucu oluşan maddelerdir. Bu maddeler yaşamın yapı taşları olup bilinen tüm organizmalar polimerden oluşmaktadır. 20. yüzyılın ortalarında başlayan polimerlerin doğasını anlamaya yönelik çalışmalar plastik gibi birçok malzemenin ortaya çıkışına neden olmuştur[1]. Oluşum biçimlerine göre organik ve sentetik olarak iki sınıfta incelenen polimerler, günümüzde çeşitli kullanım alanlarına sahiplerdir. Bunlara örnek olarak otomotiv, tekstil ve sağlık alanları verilebilir. Bu malzemelerin birçok farklı sektörde tercih edilmelerinin sebebi sahip oldukları karakteristik özelliklerdir. Polimerler genel olarak kimyasallara dayanıklı, termal ve elektriksel yalıtkan, hafif ancak mekanik uygulamalara dayanımları yüksek olan ve çeşitli yöntemlerle işlenebilir malzemelerdir [2].

Polimerlerin özel bir çeşidi olan elastomer, oda sıcaklığında orijinal boyutunun en az iki misline uzatılabilen ve bu uzamayı temin eden kuvvet ortadan kaldırıldığında hemen hemen orijinal haline dönebilen polimerik malzemeler olarak tanımlanır[3]. En önemli özellikleri esnek ve elastik olmalarıdır; başta otomotiv sanayi olmak üzere tekstil, gıda, hayvancılık, armatür, inşaat vb. gibi pek çok sektörde geniş kullanım alanına sahip olması nedeniyle, sanayi üretiminde kullanılan önemli hammaddeler arasındadır[4]. Elastomer malzemelere bir örnek olan kauçuk hem elastik hem viskoz özellikleri olan eşsiz bir materyaldir. Bu sayede darbe ve titreşim sönümleyicisi ve/veya damper olarak görev yapabilmektedir[5].

Kauçuk malzemelerin dinamik özelliklerinden biri olan esneklik, aniden bir gerilme veya deformasyon halinden salıverildiğinde bir vulkanize kauçukta elastik olarak depolanabilen birim hacim başına düşen maksimum enerji miktarı olarak tanımlanmaktadır. Ya da, vulkanize kauçuğun deformasyondan geri kazanılmasından sonra deformasyonunu üretmek için gerekli olan çarpma enerjisine olan oranı olarak da tanımlanabilir[6]. Geri sekme esnekliği ise DIN 53512 standardına göre “geri kazanılan enerjinin uygulanan enerjiye oranı”dır [7]. Bu oran belirli bir malzeme için sabit olmamakla birlikte sıcaklık, gerinim dağılımı, gerinim oranı ve gerinim enerjisi gibi birçok etki altında değişkenlik gösterebilmektedir [8]. Kauçuk deforme edildiğinde malzeme orijinal şekline dönerken salınan bir enerji girdisi uygulanır. Mekanik enerji şeklinde dönemeyen enerji, ısı olarak yayılır [9].

Polimerlerin kullanımı yaygınlaştıkça bu malzemelerin dinamik mekanik özelliklerinin tespiti önem kazanmıştır. Bu özelliklerden biri olan geri sekme esnekliği iki farklı test metodu kullanılarak ölçülmektedir: düşey kütle geri sekme ve sarkaç metodu. Düşey kütle geri sekme metodunda belirli bir yükseklikten serbest bırakılan malzemenin geri sekme yüksekliği ölçülür. Başlangıç ve son yükseklik birbirlerine oranlanarak geri sekme esnekliği ölçülmüş olur. Sarkaç metodunda ise tasarlanmış olan sarkacın esnekliği ölçülecek malzemeye çarpması sağlanarak yüzdelik cinsinden esneklik ölçümü gerçekleştirilir. Şekil 1.1’de sarkaç metodunun test düzeneği gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Sarkaç Metodu Test Düzeneği [10]

Aynı koşullarda aynı malzeme için yapılan farklı deneylerde ortak sonuç elde edebilmek amacıyla belirtilen test metotları standardize edilmiştir. Dikey kütle geri sekme metodu ISO 8307 ve ASTM D2632 – 15, sarkaç metodu ise ASTM D1054, DIN 53512 ve ISO 4662 standartları ile korunmaktadır.

Bu tez çalışmasında geri sekme esnekliğini sarkaç metodunu kullanarak ölçen bir cihaz tasarlanıp üretilmiştir. Yukarıda belirtilen ASTM D1054, DIN 53512 ve ISO 4662 standartları temel alınarak ön tasarım yapılmış daha sonra kavramsal tasarım ve üretim aşamalarına geçilmiştir. Farklı elastomerler kullanılarak cihazın doğrulanması ve kalibrasyonu tamamlanmıştır. Farklı elastomerlerin ölçümler yapılarak bulunan geri sekme esneklik değerleri karşılaştırılmıştır.

## 1.2. Amaç

Bugüne kadar literatürde geri sekme esneklik değerinin ölçüldüğü ve vulkanize olmuş kauçukların geri sekme esneklik değerinin malzeme fiziksel özelliği olarak tanımlandığı birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar yabancı firmalarca tasarlanıp üretilen cihazlarla yapılmaktadır. Ülkemizde de geri sekme esnekliğini ölçümünün yapılabilmesi için ithal cihazlar kullanılmaktadır. Bu durum hem maliyet hem de dışa bağımlılık açısından sorunlara yol açmaktadır.

Belirtilen sorunları ortadan kaldırmak amacıyla ASTM D1054, DIN 53512 ve ISO 4662 standartlarına uygun biçimde tamamen yerli ve milli kaynaklarla geri sekme esneklik ölçüm cihazının tasarımı ve üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen cihaz belirtilen standartlardaki testi yapan ilk yerli üründür.

Üretilen geri sekme esneklik ölçüm cihazı EPDM (etilen-propilen-dien monomeri kauçuğu) ve CR (kloropren kauçuk) malzemeleri ile deneyler yapılarak kalibre edilmiş ve doğrulanmıştır. Deneylerde kullanılan malzemeler farklı reçeteler kullanılarak hazırlanmış elastomerlerdir. Böylece farklı bileşimlere sahip malzemelerdeki geri sekme esnekliğinin değişimi de araştırılmıştır.

## 1.3.Yöntem

Çalışmanın amacı olan geri sekme esneklik ölçüm cihazının istenilen şekilde çalışır hale gelmesi gereksinimlerin belirlenmesi, tasarım, üretim, montaj, doğrulama ve kalibrasyon aşamalarının tamamlanması ile mümkün olmuştur. Süreç boyunca yukarıda belirtilen ASTM D1054, DIN 53512 ve ISO 4662 standartları temel alınmıştır.

DIN 53512 standardı incelenerek geri sekme esnekliği ölçüm cihazının gereksinimleri tespit edilmiştir. Bu gereksinimlerden biri olan salınımlı mekanizma standartta açıklandığı üzere gerekli aparatlar tasarlanarak oluşturulmuştur. Bu aparatlar çerçeve, test parçası tutucu, sarkaç ve gösterge olarak listelenebilir. Bunlara ek olarak, ölçümü sağlayacak parametreler izaçar çapı (D), etkili çarpma kütlesi (m), çarpma hızı (v) ve gerinim enerji yoğunluğu olarak belirlenmiş ve hesaplamalarda kullanılmıştır.

Standartların yanı sıra piyasada hali hazırda kullanılmakta olan geri sekme esnekliği ölçüm cihazları da tasarım aşamasında referans alınmıştır. Teorik ve pratikte edinilen bilgiler doğrultusunda cihazda bulunan tüm aparatlar modellenmiş ve bu aparatların bilgisayar ortamında montajı tamamlanmıştır. Ön tasarımı gerçekleştirilen cihaza montaj aşamasında

kullanılacak olan vida, cıvata ve burç gibi bağlayıcılar da eklenerek detay tasarım oluşturulmuştur. Tasarımda cihazın genelinde kullanılmak üzere malzeme olarak çelik tercih edilmiştir. Detay tasarım parçaları talaşlı imalat, lazer kesim ve sac büküm yöntemleri ile üretilip montaja hazır hale getirilmiştir.

Montajı yapılan cihazın doğrulanması için yine DIN 53512 standardında belirtilen parametreler kullanılmıştır. Sarkaca etki eden kuvvet, sarkaç yüksekliği, çarpma hızı ve sürtünme değerleri hesaplanarak standartta verilen değerlerle karşılaştırılmıştır. Ortaya çıkan hataları gidermek için cihazda gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Böylece cihaz doğrulanmış ve test için uygun olduğu tespit edilmiştir. Doğrulama prosedürü ve parametrelerin değerlerinin hesaplanması daha detaylı olarak Deneysel Çalışmalar bölümünde açıklanmıştır. Kalibrasyon ise cihazın farklı numuneler ile denenmesi ile gerçekleştirilmiştir. Birkaç farklı numunenin geri sekme esnekliği hem üretilen özgün cihazda hem de standarda uygun olarak üretilmiş ve kullanımda olan farklı bir cihazla ölçülmüştür. Elde edilen esneklik değerlerine göre özgün cihaz kalibre edilmiştir. Nihai olarak, ortaya yukarıda anlatılan amaçlara hizmet eden DIN 53512 standardı çerçevesinde yerli ve milli kaynaklar ile tasarlanmış, üretilmiş, doğrulanmış ve testleri tamamlanmış bir geri sekme esnekliği ölçüm cihazının prototipi yapılmıştır.

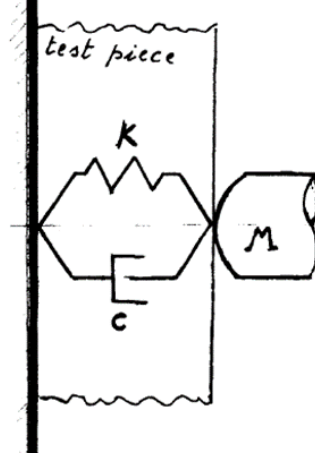
## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1.Geri Sekme Esneklik Testi

Geri sekme, maddi esnekliğin veya yaylanabilirliğin bir göstergesidir. Standart geri sekme esnekliği, küresel olarak sonlandırılmış bir kütlenin, sıkıca tutulan düz bir test parçasına vurduğu geri dönen enerji ile darbeden önceki enerjisi arasındaki orandır [11]. Malzemenin veya diğer bir deyişle numunenin sahip olduğu elastikiyet için bir gösterge olarak geri sekme esneklik değeri verilmektedir.

Bir elastikiyet ölçüm cihazındaki etkiyi incelemek için, çarpan kütlenin ve test parçasının temas halinde oldukları sürece bir serbestlik derecesine sahip salınlı bir sistem oluşturduğu varsayılabilir. Gerilmiş bir test parçası Voigt modeli (Şekil 2.1) ile bir sönümleme sabitine (c) paralel olarak bir yay direngenliği sabiti (k) yapılarak doğrusal olarak modellenilebilir [9]. Elastomer malzemelerin c ve k sabitlerinin değerleri lineer olmadığı için lineer Voigt modellemesinin bu tür malzemelerde kullanılması ve geri sekme esneklik değerinin bu model ile teorik olarak hesaplanmasının gerçeklikten uzak sonuçlar doğuracaktır. Bu sebeple hem endüstriyel hem de akademik çalışmalarda elastomerik malzemeler için geri sekme esneklik değeri deneysel testler sonucu bulunmaktadır.

Malzemelerin fiziksel özelliklerini belirleyen birçok test ve değerde olduğu gibi geri sekme esneklik testi içinde tanımlanmış standart test prosedürleri mevcuttur. Test standardizasyon çalışması yapılırken, deneysel olarak, cihazın tasarımının önemsiz olduğunu, ancak sadece temel sabitler olan izaçar çapı, numune kalınlığı, çarpan kütle ve çarpma hızının öneme sahip olduğu anlaşılmıştır [12-13]. Bu sebeple standardizasyon kuruluşları tarafından yayınlanan geri sekme esneklik test prosedürlerinde izaçar çapı, numune kalınlığı, çarpan kütle ve çarpma hızı tanımlanmıştır. Ölçüm cihazının çalışma şekli tasarımı gibi konularda herhangi bir kısıtlama bulunmamaktadır.



Şekil 2.1. Numune için linear Voight modeli [8]

## 2.2. Standart Test Prosedürleri

Geri sekme esneklik ölçümü, dünya çapında sektörel ve bilimsel olarak yapılan tüm testlerin tutarlı ve karşılaştırılabilir olması amacı ile ulusal ve uluslararası bağımsız kuruluşlar tarafından standartlaştırılmıştır. Standartlaştırılan geri sekme esneklik testi için kuruluşlar tarafından ölçüm prosedürü, test ekipmanı(cihazı) ve numune özellikleri belirlenmiştir. Tasarlanan cihaz ile yapılan ölçümlerin geçerli olarak değerlendirilebilmesi, karşılaştırılabilir olması ve literatürde yer alabilmesi için, cihazın ve ölçümün standartta belirtilen koşulları sağlaması gerekmektedir. Geri sekme esneklik değeri ölçülmesi için standart organizasyonları tarafından belirlenen iki farklı test bulunmaktadır. İki temel esneklik testi şekli, yerçekimi altına düşen bir top ve sallanan bir sarkaca bağlı izaçardır [14].

Dikey kütle geri sekme testi için ASTM tarafından tanımlanan standart “ASTM D2632: Resilience by Vertical Rebound” [15], ISO tarafından tanımlanan standart ise “ISO 8307:2018 Determination of resilience by ball rebound” [16] olarak isimlendirilmiştir. Bu ölçüm testi genel hatları ile tanımlanacak olursa, 28 gram kütleyle sahip çelik bir topun dikey bir çubuğun yönlendirmesi ile yer çekimi altında belirli bir kalınlıktaki numune üzerine sabit bir yükseklikten bırakılması ile çalışmaktadır[9]. Numuneye çarptıktan sonra çelik topun geri çıktığı yükseklik ölçülmektedir. Geri sekme esneklik değeri topun serbest bırakıldığı ve geri çıktığı yükseklik arasındaki oran olarak verilmektedir.

Sarkaca bağlı izaçar ile yapılan geri sekme esneklik testi için ASTM tarafından tanımlanan standart “ASTM D1054-02(2007) Standard Test Method for Rubber Property-Resilience Using a Goodyear-Healey Rebound Pendulum” [17], ISO tarafından tanımlanan standart ise “ISO 4662:2017 Rubber, vulcanized or thermoplastic — Determination of rebound

resilience”[8] olarak isimlendirilmiştir. Bunların yanı sıra DIN tarafından yayınlanan “DIN 53512 Determining the rebound resilience of rubber using the Schob pendulum” [7] standardı bulunmaktadır. DIN tarafından yayınlan DIN 53512 standart ISO 4662 ile aynı prosedür ve parametrelere sahiptir.

Sarkaca bağlı izaçar ile geri sekme esneklik ölçümü prosedürü genel hatları ile tanımlanacak olursa, 200 mm boyundaki bir sarkacın (Şekil 2.2) yere paralel konumdan yer çekimi altında serbest bırakılarak, yere göre dik konuma geldiği zaman belli bir kalınlıktaki numune üzerine vurmasıdır. Numuneye çarptıktan sonra sarkacın geri çıktığı maksimum yükseklikteki enerjisi ile serbest bırakılmadan önceki potansiyel enerjilerinin oranı ise geri sekme esneklik değerini vermektedir. İki durumdaki enerjinin oranı sarkaç boyu ve sarkacın çıktığı yükseklik ile orantılı olacağı için, sarkacın numuneye çarptıktan sonra çıktığı maksimum yükseklikte yer ile yaptığı açının kosinüs değeri geri sekme esneklik değerini verecektir.



Şekil 2.2. Schob sarkacı [14]

Dikey kütle yöntemi muhtemelen ilk kullanılan yöntem olmasına rağmen, sarkaç tipi günümüzde en yaygın kullanılan ve standartlaştırılmıştır [14]. Bu sebeple yapılan çalışmada sarkaç tipi geri sekme esneklik cihazının geliştirilmesine çalışılmıştır.

### 2.3. Geri Sekme Esneklik Ölçüm Cihazı

Yukarıda da belirtildiği üzere geri sekme esneklik ölçümü için ulusal ve uluslararası standart organizasyonlarının farklı standartları bulunmaktadır. Ülkemizde de ulusal standart kuruluşu olarak TSE görev almaktadır. TSE, ISO'nun 1956 yılından beri tam üyesidir [18]. Bu sebeple ISO tarafından yayımlanmış geri sekme esneklik ölçüm testi standardı olan ISO 4662'nin bu çalışmada kullanılması ülkemizdeki kauçuk alanın da daha geniş çaplı bir geçerliliğe sahip olacağı ve ülkemizin sahip olduğu kauçuk literatüre daha fazla katkı sağlayacaktır.

İlk olarak ISO 4662 standardında açıklanan test prosedürü araştırılmıştır. Fakat yapılan literatür çalışmasında ISO 4662 standardına herhangi bir açık kaynakta erişilememiştir. Standartta erişim sadece ISO üzerinden yapılmakta ve bunun içinde 138 İsviçre Frank'ı yaklaşık olarak 800 Türk Lirası gibi yüksek bir ücret talep edilmektedir [19]. ISO 4662 gibi sarkaç yöntemi ile çalışan ve aynı zamanda aynı şartnameye sahip olan DIN tarafından yayınlanmış DIN 53512 bulunmuştur [7]. DIN 53512 standardı da açık kaynak ile erişilebildiği için herhangi bir ücret ödenmemiştir.

DIN 53512 standardına göre geri sekme esneklik değeri bir serbestlik dereceli mekanik salınımlı cihaz kullanılarak ölçülmelidir. Cihaz, stant, numune tutucu, izaçara sahip bir sarkaç ve göstergeden oluşmalıdır [7]. Standartta cihaz için gerekli olan parametreler tanımlanmıştır. Bunun yanı sıra ölçüm yapılacak olan cihazın doğruluğunun test edilmesi için gerekli parametreler de verilmiştir. Daha sonra numunenin sahip olması gereken parametreler tanımlanmıştır. Son olarak prosedürü verilmiş ve sonucun nasıl değerlendirilmesi gerektiği belirtilmiştir. Tez çalışmasının devam eden bölümde ise DIN 53512 standardının içeriği ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

#### 2.3.1. Stant ve Numune Tutucu

Geri sekme esneklik ölçüm cihazı test için gerekli olan mekanizmanın ve numunenin sabitlenmesi bir stant üzerinde durması gerekmektedir. Test sırasında sarkacın hareketinden ötürü standın hareket etmemesi ve ölçümü etkilememesi için numuneye çarpan kütlenin 100 katı bir kütleyle sahip olması gerektiği DIN 53512'de açıkça belirtilmiştir [7].

Numunenin geri sekme esnekliğinin ölçülebilmesi için cihaz üzerinde bir numune tutucu kısım olması gerekmektedir. Numune tutucu kısım için DIN 53512 standardında herhangi



bir kısıtlama getirilmemekle birlikte sadece numunenin yanal bir destek olmadan sıkıca tutacak bir tasarıma sahip olması gerektiği vurgulanmıştır [7].

### 2.3.2. Sarkaç ve Gösterge

Geri sekme esneklik ölçüm cihazının bir diğer temel parçası da sarkaçtır. Sarkaç, bir merkez etrafında belli bir yörünge üzerinde basitçe ileri ve geri hareket yapan mekanizma olarak tanımlanabilir [20]. Sarkaç, cihaza bağlanan numuneye çarpacak ve geri yükselerek aslında geri sekme değerini verecek olan kısımdır.

DIN 53512’de cihazın sarkaç kısmı yarım küre şeklinde bir izaçar, çarpma kütesini oluşturacak bir çekiç ve buna bağlı bir kol şeklinde üç bölüme ayrılmıştır. Standartta belirtilen tanıma göre sarkaç, yer çekimi altında dairesel olarak salımın yapacak şekilde asılı olmalıdır, dikey konuma göre 90° derece yapacak şekilde yükseltilebilmeli ve dikey konumda iken numuneye sadece izaçar kısmı çarpma yönünde dik olacak şekilde deşmelidir [7].

Cihazın gösterge bölümü, yapılan ölçüm sonucunda elde edilen geri sekme esneklik değerini belirleyecek kısımdır. Gösterge kısmı, yukarıda belirtilen geri sekme ölçümünü etkileyen temel parametreler arasında yer almadığından DIN’de gösterge için herhangi kısıtlayıcı parametre belirtmemiştir. Sadece, olabildiğince sürtünmesiz bir şekilde geri sekme açısı  $\alpha$ ’nın ölçülmesi ve aşağıda verilen 2.1’ nolu eşitlikte ile geri sekme esneklik değerinin R’nin yüzdesel olarak göstermesi gerektiğini belirtmiştir [7]

$$R = (1 - \cos \alpha) * 100 \quad (2.1)$$

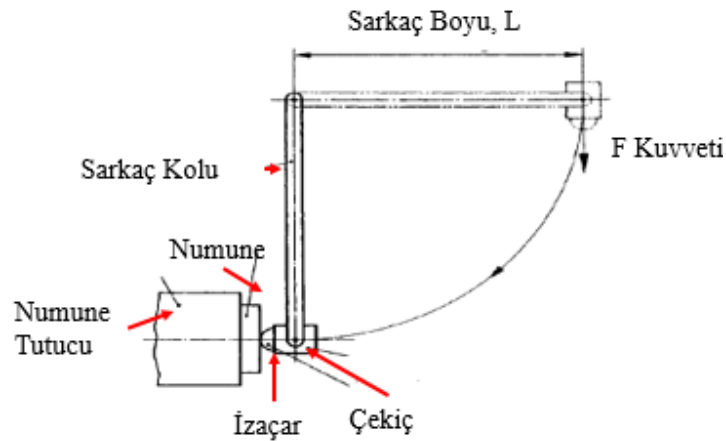
### 2.3.3. Parametreler

Yukarıda belirtilen cihaz bölümleri için DIN 53512’de parametreler tanımlanmıştır. Bu parametreler doğrultusunda tasarlanan cihaz ile yapılan geri sekme esneklik ölçümleri standart ve doğru olacaktır. DIN 53512’de belirtilen parametreler aşağıda belirtilen Tablo 2.1’de listelenmiştir.

Tablo 2.1. Standart test prosedürü parametreleri

İzaçar Çapı	D=12,45 mm - 15,05 mm
Efektif Çarpma Kütlesi	M= 0,247kg – 0,35kg
Çarpma Hızı	v=1,4 m/s - 2,04 m/s
Sarkaç Uzunluğu	L=200±0,5 mm
Numune Kalınlığı	d=12,5±0,5 mm
Görünen Gerinim Enerji Yoğunluğu	$\frac{mv^2}{Dd^2} = 351_{-27}^{+112} kJ/m^3$

Tasarlanan geri sekme esneklik cihazının çalışmalarda kullanılabilmesi ve geçerli sonuçlar elde edilmesi için, tasarım aşamasından itibaren yukarıda belirtilen parametrelere riayet edilmiştir.



Şekil 2.3. Geri sekme esneklik ölçüm cihazı düzeneği [7]

#### 2.4. Geri Sekme Esneklik Ölçüm Cihazı Doğrulanması

Standartlar ile belirtilen testler için dünya çapında birçok firma ve kuruluş tarafından cihazlar tasarlanıp, üretilmektedir. Bu cihazlar hem sektörel alanlarda hem de akademik alanlarda deneyler ve testler için kullanılmaktadır. Yukarıda belirtildiği üzere geri sekme esneklik testi için cihaz tasarımı değerin ölçümünü etkilememektedir. Bu sebeple yayınlanan standart içerisinde cihaz tasarımı için herhangi bir parametre veya kısıtlama bulunmamaktadır.

Bunun yanı sıra farklı tasarımcılar, firmalar veya kuruluşlar tarafından tasarlanan ve üretilen cihazların ölçümlerinin doğruluğunun başta cihazın üreticileri tarafından kontrol edilip

doğrulanması için kontrol parametreleri tanımlamıştır. DIN 53512’de yer alan kontrol parametreleri sarkacın doğrulanması ve sürtünmenin doğrulanması olarak iki ana başlıkta toplanabilir.

#### 2.4.1.Sarkacın Doğrulanması

Geri sekme esneklik ölçüm cihazında, ölçüm için kullanılan temel kısım sarkaçtır. Sarkaç, tasarımı için standartta sarkaç boyu dışında herhangi bir parametre ve kısıtlama bulunmamaktadır. Fakat ölçümün standartlaştırılması için sarkaç için doğrulama parametreleri tanımlanmıştır. Bunlardan ilki sarkaç yere göre paralel durumda iken izaçarın ucunda okunacak olan kuvvet değeridir. Kuvvetin ölçüleceği sarkaç pozisyonu ve yeri Şekil 2.3’de F ile gösterilmiştir. F kuvvetinin değeri 2.2 no’lu eşitlikte verilmiştir. Bu kuvvet değeri ile efektif çarpma kütlesi kontrol edilmiştir.

$$F = 2,50 \pm 0,03 N \quad (2.2)$$

Sarkaç kontrol parametrelerinden ikicisi indirgenmiş sarkaç boyudur. İndirgenmiş sarkaç boyu ( $L_{red}$ ), standartta sarkacın salınım periyodu (T) ile hesaplanan teorik bir değerdir. Sarkacın periyot değeri ise sarkaç yer ile yaklaşık  $45^\circ$  derece açı yapacak konuma getirildikten sonra serbest bırakılmasından başlayarak 50 salınım yapması için geçen sürenin salınım sayısına bölünmesi ile bulunmaktadır. Bir başka deyişle 50 salınımın ortalama süresi olarak hesaplanmaktadır. İndirgenmiş sarkaç boyunun salınım periyodu kullanılarak nasıl hesaplanacağı 2.3 no’lu eşitlikte verilmiştir.

$$L_{red} = \frac{g T^2}{4\pi^2} \quad (2.3)$$

2.3 no’lu eşitlikte belirtilen yer çekimi ivmesi değeri için  $9,807 \text{ m/s}^2$  alınmalıdır. Sarkacın periyot değeri bulunduktan sonra 2.3 no’lu eşitlik kullanılarak hesaplanacak  $L_{red}$  değeri ise 2.4 no’lu eşitlikte verilmiştir.

$$L_{red} = 200 \pm 1,5 \text{ mm} \quad (2.4)$$

Sarkaç kontrol parametrelerinden üçüncüsü ise sarkacın enerjisinin ( $A_N$ ) kontrol edilmesidir. Bunun kontrolü için sarkacın potansiyel veya kinetik enerjisi kullanılabilir. Her iki değerinde aynı olması gerekmektedir. Sarkacın enerjisinin hesaplanması için kullanılması gereken eşitlik 2.5 no’lu eşitlikte gösterilmiştir. Eşitliğin ilk kısmı potansiyel enerji ikinci kısmı ise

kinetik enerji değerini vermektedir. 2.5 no'lu eşitlikte kullanılarak hesaplanacak sarkaç enerji değeri ise 2.6 no'lu eşitlikte gösterilmiştir.

$$A_N = M g L_{red} = \frac{m v^2}{2} \quad (2.5)$$

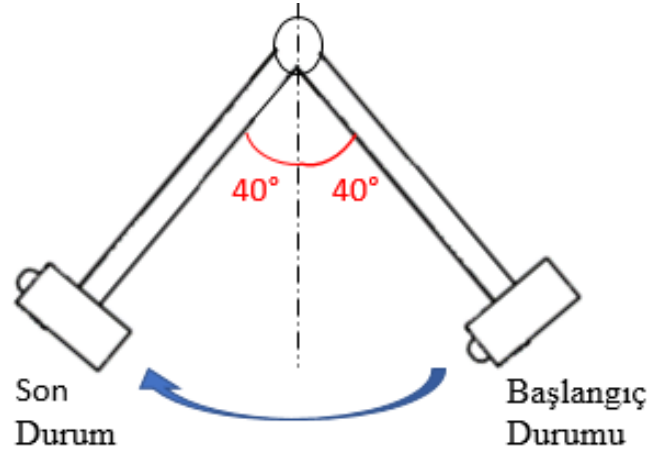
$$A_N = 500 \pm 9 \text{ mJ} \quad (2.6)$$

#### 2.4.2.Sürtünmenin Doğrulanması

Sürtünme kuvveti, bir cisim başka bir cisim ile temas eden yüzeyi üzerinde oluşan ve bu iki cismin birbirleri üzerinde kayma hareketine başlamasına veya harekete başlamışsa yavaşlatmaya çalışacak yönde oluşan kuvvettir [21]. Sürtünme kuvveti, üretilen ve kullanılan tüm hareketli sistemlerde enerji kaybına sebep olmakta aynı zamanda birbiri üzerinde hareket eden sistem parçalarının yüzeylerinin aşınmasına yol açarak sistem parçaların deforme etmektedir. Hareketli sistemlerin uzun ömürlü olması, enerji kullanımı açısından verimli olması için hareketli parçaları arasında oluşacak sürtünmenin asgari düzeye indirilmesi gerekmektedir.

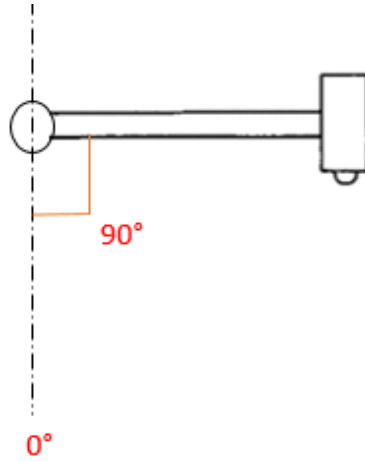
Sürtünme kuvveti, ölçüm cihazlarında ise elde edilen sonuçlara etki etmektedir. Ölçüm cihazlarında kullanılan hareketli sistemler arasında oluşan sürtünme kuvveti enerji kaybına sebep olmaktadır. Bu durumda ölçülmek istenen değer enerji kaybı yüzünden nedeniyle olması gerekenden farklı ölçülebilmektedir Geri sekme esneklik ölçüm cihazında da sarkaç sistemi hareketli bir sistem olduğu için bu sistemde sürtünme olması kaçınılmazdır. Bu sürtünme, sarkacın numuneye çarpma enerjisi azaltacak ve aynı zamanda sarkacın çıkacağı yüksekliği düşürecek bir etki yaratarak ölçüm sonuçlarını etkileyerek doğruluktan uzaklaştıracaktır

Standartta ölçüm sonuçlarının doğruluğu için kabul edilen sürtünme değerleri belirlenmiştir. Ölçümün standartlaşması ve doğru olması açısından ölçüm cihazının bu sürtünme değerleri içerisinde olması gerekmektedir. Standart içerisinde sürtünmenin kontrol edilmesi için iki adet parametre yer almaktadır. Birincisi sarkaç yere göre 40° açı yapacak şekilde yükselttirilir ve sarkaç serbest bırakıldıktan sonra sarkaç ters taraftan yine yer ile 40° açı yapacak kadar yükselmiş olması gerekmektedir. şekil 2.4'de sarkacın yapması gereken hareket gösterilmiştir. İkinci olarak sarkaç yere göre 90° açı yapacak konuma yükseltir ve serbest bırakıldıktan sonra sarkacın tam durmasına kadar yere göre dik olduğu şekil 2.5'da 0° ile gösterilen pozisyondan en az 300 kere geçmesi gerekmektedir.



Şekil 2.4. Sarkaç sürtünmesi kontrolü 1

Bu iki ölçümün yapılabilmesi için sarkacın önünde numune tutucu kısmın olmaması gerekmektedir. Bu sebeple sürtünme doğrulaması yapılırken sarkaç cihazın geri kalan kısımlarından ayrı olarak sabitlenerek ölçüm yapılmalıdır.



Şekil 2.5. Sarkaç sürtünmesi kontrolü 2

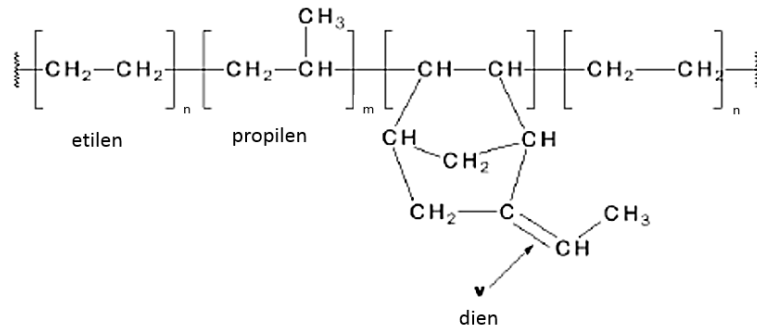
## 2.5. Test Malzemesi

Geri sekme esneklik değeri ölçümü kauçuklar için kullanılan bir karakterizasyon yöntemidir. Kauçuklar doğal olarak çapraz bağ içermeyen fakat çapraz bağ yapabilme özelliğine sahip olan polimerlerdir. Kauçukların çapraz bağ yapması vulkanizasyon ile gerçekleşir [22]. Kauçuk malzemeler günümüzde birçok alanda farklı amaçlar kullanılmaktadır. Kullanım amacı ve yerlerine göre farklı özelliklere göre sentezlenebilirler.

Üretilen geri sekme esneklik ölçüm cihazı ile farklı alanlarda sıklıkla tercih edilen ve daha önceden geri sekme esneklik değerleri çeşitli firmalarca belirlenmiş malzemelerin ölçümleri yapılmıştır. Ölçümlerden elde edilen sonuçlar önceden belirlenmiş değerlerle karşılaştırılarak cihazın doğrulandığı tespit edilmiştir. Ölçümlerde malzeme olarak etilen-propilen-dien monomeri kauçuğu (EPDM) ve kloropren kauçuk (CR) kullanılmıştır. Bunun yanı sıra farklı reçetelere göre sentezlenen doğal kauçuk (NR) numunelerin doğrulanmış cihaz ile geri sekme esneklik değeri bulunmuştur.

### 2.5.1.Etilen Propilen Dien Monomer (EPDM)

Asıl adı etilen propilen kauçuğu olan EPDM, etilen, propilen ve dien monomerlerinin birleşmesinden meydana gelmektedir [23] [24]. Dien'in reaksiyona katılması sonucu zincirde çift bağ yani doymamışlık oluşmaktadır. Bu durum peroksitlerin yanı sıra kükürtle vulkanizasyonu ve diğer polimerlerle karıştırılabilme imkanını sağlamaktadır [25]. EPDM molekülünün kimyasal yapısı Şekil 2.6'da gösterilmiştir.



Şekil 2.6. EPDM'in kimyasal yapısı [57]

Etilen-propilen miktarı eşit olduğunda kauçuk amorf olarak davranmakta, etilen miktarının düşük olması halinde ise EPDM katkı maddeleriyle kolay ve hızlı karışmaktadır [24]. Etilen miktarı %70-80 arası değerlere ulaşıldığı zaman polimerde uzun etilen zincirleri oluşmakta ve kristalleşme artmaktadır. Bu durum kimyasal bağlanma olmaksızın yüksek mekanik özelliklerin oluşmasını sağlamaktadır [23].

EPDM yapısında oluşturulacak çapraz bağları meydana getiren doymamış çifte bağlar dien grubunda bulunduğu için kompozisyonun kür oranını ve karakteristiğini dien grubu belirler. EPDM üretiminde üç farklı dien tipi kullanılmaktadır: Etiliden Norbornen (ENB), 1,4 Hekzadien (1.4 HD) ve Disiklopentadien (DCPD). Bunlardan en çok tercih edilen ENB'dir. ENB yapısında her 1000 C atomuna karşılık 4-16 arası çifte bağ bulundurur. 1.4 HD'de bu sayı 4-8, DCPD'de ise 3-6'dır. Bu dien grupları kür hızlarına göre kıyaslandığında en hızlı ENB iken en yavaş DCPD'dir[26].



Şekil 2.7. EPDM kauçuktan yapılmış bazı ürünler [33]

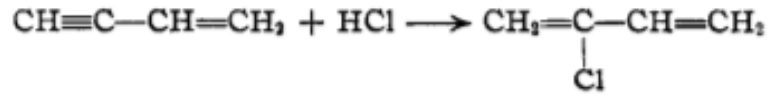
Etilen propilen dien monomerin ısıya, ozona, oksidasyona ve atmosfer koşullarına karşı dayanıklılığı yüksektir. EPDM hafif ve etkili mukavemeti ile ön plandadır [27]. Bunların yanı sıra, elektrik izolasyonu ve etilen miktarına bağlı olarak düşük ısılarda yüksek elastik özelliklerine sahiptir [22]. Yapılan çalışmalar EPDM'in alifatik hidrokarbon reçine ile bileşiminin sönümleme uygulamaları için de uygun olduğunu ortaya koymuştur [28].

EPDM, yukarıda belirtilen özellikleri sayesinde ticari olarak üretilmeye başlandığı 1961 yılından bu yana birçok farklı alanda tercih edilmektedir [29]. Kullanım alanlarına örnek olarak otomotivde radyatör ısıtma ve emici hortumlar, pencere ve kapı profilleri, fren sistemleri elemanları, silecek lastikleri, paspas ve inşaat sektöründe kapı ve pencere profilleri, yer ve çatı kaplama malzemeleri verilebilir [3].

### 2.5.2.Kloropren Kauçuk (CR)

Kloropren, genellikle neopren olarak adlandırılan sentetik kauçuk türüdür [30]. CR kauçukları farklı firmalar tarafından Neoprene, Baypren, Butactor, Cyanacryl, Hycar 1042, Krynac, Polysar, Thiacril, ve Petro-Texneoprene ticari isimleri altında üretilmektedir [31]. Nükleofilik metil gruplarının, elektrofilik klor atomları ile yer değiştirmesi sonucu oluşan

kloropren 2-kloro 1,3 bütadienin polimerizasyonu sonucu elde edilmektedir [32] [22]. Kloropren kauçuğun kimyasal yapısı Şekil 2.8’de gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Kloropren kauçuğun kimyasal yapısı [58]

Kloropren kauçuk hava, ozon ve kimyasallara, orta derecede yağlara, alev ve yağlanmaya dayanıklıdır [22]. Bunların yanı sıra iyi derecede yırtılma ve aşınma dayanımı ve gaz geçirgenliği mevcuttur [33].

Bu kauçuk türü, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin mükemmel dengesi sayesinde genel amaçlar için kullanıma uygundur [34]. Bu amaçlara örnek olarak hortum sanayi verilebilir. Yüksek basınçlı hidrolik hortumları, tekstil örgülü hortumlar, fren hortumları, boşaltma hortumları ve yakıt hortumları kloropren kauçuk kullanılarak üretilmektedir. Ek olarak, O-ring gibi birçok teknik parçanın yapımında, taşıyıcı takoz, tamponlar, rot başı lastikleri, silecek lastikleri, contalar, manşetler ve merdane imalatında da tercih edilmektedir [33].



Şekil 2.9. CR kauçuk ile imal edilmiş hidrolik hortum [35]

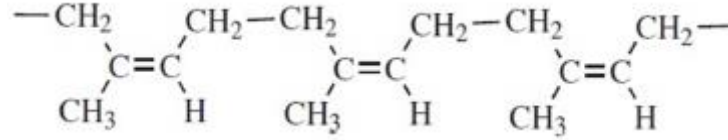
### 2.5.3.Doğal Kauçuk (NR)

Kauçuk olarak tanımlanan ilk madde Hevea Brasiliensis ağacından elde edilen lateksten sentezlenmiş poliizoprendir. Yüksek sıcaklıkta altında kükürt ve peroksitlerle tepkimesi ile



çapraz bağ oluşturarak elastomer formuna dönüşür. Bu malzeme günümüzde doğal kauçuk (NR) isimlendirilmiştir [36][37].

Doğal kauçuğun ampirik formülü 1826 yılında Michael Faraday  $C_5H_8$  olarak açıklamıştır. Molekül yapısı % 99 oranında cis-1,4-poliizoprendir. Doğal kauçuk yapısı Şekil 2.10'da verilmiştir.

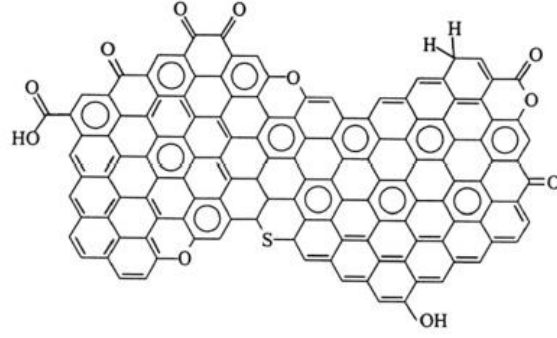


Şekil 2.10 Doğal kauçuğun yapısı [38] [31]

Doğal kauçuğun molekül ağırlığı ortalama  $200-400 \times 10^3$  g/mol arasındadır. Yapısındaki metil grupları ve çift bağlar aktif gruplarıdır. Çift bağlar kükürt vulkanizasyonu için gereklidirler ama bu bağlara oksijen, sıcaklık ve ozonun etkisi fazladır ve doğal kauçuğu daha kolay yaşlandırmaktadır. Doğal kauçuğun kullanılabilir sıcaklık dayanımı  $-60^\circ C$  ile  $90^\circ C$  arasında camsı geçiş sıcaklığı (T<sub>g</sub>) ise yaklaşık olarak  $-70^\circ C$  derecededir. Gerdirildiği zaman veya düşük sıcaklıklara maruz kaldığında kristallenme eğilimindedir. Doğal kauçuğun bu özelliği sayesinde kopma dayanımı, yırtılma direnci ve elastikiyeti yüksek, kalıcı deformasyonu ise düşüktür, aynı zamanda aşınmaya karşı dirençli ve şekil verilmesi kolaydır [31] [39-41]

#### 2.5.4. Karbon Siyahları (CB)

Karbon siyahları kauçuk üretiminde dolgu maddesi olarak kullanılmaktadır. Üretim şekillerine göre sınıflandırılan bu maddeler; fırın (F), kanal (C) ve termal (T) siyahlar olarak üç sınıfta değerlendirilmektedir. Bunlardan fırın siyahları endüstride en çok bulunan karbon siyahıdır. Karbon siyahının en önemli iki özelliği tanecik boyutu ve yüzey alanıdır [38]. Bu özellikler sayesinde karbon siyahının mekanik özellikleri belirlenmektedir. Malzemenin viskozite, sertlik ve modülüs değerlerinin artması için yüzey alanı artırılmalı veya tanecik boyutu azaltılmalıdır. Karbon siyahının kimyasal yapısı Şekil 2.11'de gösterilmektedir.



Şekil 2.11. Karbon siyahının kimyasal yapısı[42]

Güçlendirici, yarı güçlendirici ve güçlendirici olmayan şeklinde de sınıflandırılan karbon siyahlarının çoğu kauçuğu güçlendirmektedir. N880 ve N990 termal siyahlar kauçuğu güçlendirmeyen siyahlara örnek olarak verilebilir. Güçlendirici olanlardan N100 ve N300 arasındaki fırın siyahları; kopmaya, yırtılmaya ve aşınmaya dirençlidir [38]. Sektörde yaygın olarak kullanılan fırın siyahları ve özellikleri Tablo 2.2’de gösterilmiştir.

Tablo 2.2. Fırın siyahları ve özellikleri.

ASTM Sınıfı	İsmi	Özelliği	Tanecik Büyüklüğü (nm)	Yüzey Alanı (m <sup>2</sup> /g)
N110	SAF	Üstün aşınma	11-19	121-150
N330	HAF	Yüksek aşınma	26-30	70-99
N550	FEF	Hızlı ekstrüzyon	40-48	40-49
N660	GPF	Genel amaçlı	49-60	33-39
N990	MT	Yarı kuvvetlendirici	250-350	<10

ASTM D – 1765 standardı karbon siyahlarının isimlendirilmesi için kullanılmaktadır. 4 harfli standart isimlendirmenin ilk hanesi malzemenin vulkanizasyon hızına olan etkisini belirtmektedir. İlk hane “S” (slow) ise malzeme vulkanizasyon hızını düşüren asidik kanal siyahı, “N” (neutral) ise vulkanizasyon hızını etkilemeyen bazik siyah ve “F” (fast) ise

vulkanizasyon hızını arttıran siyah anlamına gelmektedir. İkinci hane yüzey alanını, üçüncü hane ise karbon siyahının yapısını ifade etmektedir. Dördüncü ve son hane, karbon siyahının ikincil bir özelliği varsa bu özelliği göstermek için kullanılmaktadır [43].

### **2.5.5.Vulkanizasyon**

Vulkanizasyon, kauçuğun uygun çapraz bağlayıcı malzemeler kullanılarak dayanımının artırılması için kullanılan bir çapraz bağlanma yöntemidir [42]. Vulkanizasyonun işleyişi günümüzde tam manasıyla anlaşılmamıştır. Bunun sebepleri olarak kauçuk bileşiklerinin karmaşık formülasyonlara sahip olması, kimyasal olarak birbirine yakın malzemelerin olması ve tüm kimyasal reaksiyonların mekanizmalarının tümüyle bilinmemesi verilebilir [44].

Çapraz bağlayıcının miktarı, aktivitesi ve reaksiyon zamanı çapraz bağlanma oranını belirlemektedir [22]. Çapraz bağ yoğunluğu ve çapraz bağ türü elastomerik malzemelerin modül değerini, sertliğini, esnekliğini, gerinimi, kopma dayanımını ve şişme derecesi gibi temel özelliklerini belirler [45][46]. Vulkanizasyon, süreç boyunca temel kimyasal malzemelere veya süreçlere göre adlandırılır [42]. Kauçuklar çoğunlukla peroksit veya kükürt kullanılarak çapraz bağlanır. Kükürt vulkanizasyonu geçmişten bugüne en sık tercih edilen yöntemdir [44] [47].

### **3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR**

#### **3.1.Geri Sekme Esneklik Ölçüm Cihazının Tasarımı**

Standartta belirtilen koşulları sağlayacak ve doğru ölçüm yapacak bir geri sekme esneklik ölçüm cihazının tasarlanması için ilk olarak tasarım istekleri belirlenmiştir. Tasarım istekleri belirlenirken yukarıda içeriği ayrıntılı anlatılan DIN 535512 standart test prosedürü kullanılmıştır. Standartta belirtildiği gibi cihaz dört ana kısımdan oluşmalıdır. Bunlar sarkaç, numune tutucu, gösterge ve gövdedir.

Sarkaç kısmı, sarkaç kolu, izaçar ve izaçarın bağlı olduğu çekiçten oluşmalıdır. Sarkacın asılı kalması ve dönüş hareketini sağlaması için uç kısmında bir shaft olacaktır. İzaçarın numuneye çarpacağı ucu dairesel olacaktır. Bunun yanı sıra sarkacın boyu ve ağırlığı ise gerekli çarpma enerjisini sağlayacak şekilde olmalıdır.

Numune tutucu, standart numuneyi izaçarın çarpacağı konumda sabit şekilde tutmalıdır. Örnek olarak incelenen cihazlarda numune tutucuya numunenin bağlanması ve sabitlenmesi kullanıcı için zor olduğu tespit edilmiştir. Bu sebeple numune tutucunun numunenin bağlanması işlemini kullanıcı için kolaylaştıracak şekilde tasarlanması gerekmektedir.

Geri sekme esneklik değeri gösterge üzerinden okunacaktır. Gösterge üzerinden elde edilen değer ile kullanıcı doğrudan geri sekme esneklik değerine ulaşmalı, açı değeri üzerinden işlem yaparak geri sekme değerini hesaplamamalıdır. Bu sebeple ölçüm sonucunu doğrudan yüzdelik değer olarak gösterecek bir gösterge tasarlanmalıdır.

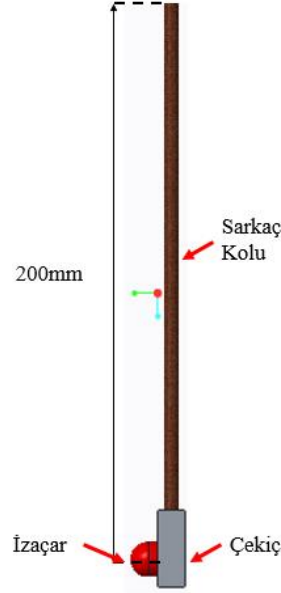
Cihazın gövdesi, diğer kısımların montajlanacağı ve cihazın ölçüm için düzgün bir pozisyonda sabit kalmasını sağlayacak kısımdır. Cihazın diğer kısımlarını taşıması gerektiği için gövde tasarımı yapılırken sarkaç, numune tutucu ve gösterge kısımlarının kullanıcı açısından kolay kullanılabilir ve yerleşecek şekilde olmasına dikkat edilmelidir. Düzgün pozisyonun sağlanması için ayarlanabilir ayak üzerinde durması gerekmektedir. Bunun yanı sıra standartta verilen, efektif çarpma kütlelerinin yaklaşık yüz katı bir ağırlığa sahip olması gerekmektedir.

#### **3.1.1.Ön Tasarım**

Yukarıda belirtilen istekler doğrultusunda iki adet ön tasarım çalışması yapılmıştır. Bunlar Ön Tasarım 1 ve Ön Tasarım 2 olarak isimlendirilmiştir. Devam eden bölümde bu ön tasarımların özellikleri anlatılmıştır.

### 3.1.1.1. Ön Tasarım 1

Ön tasarım çalışması yapılırken dikkat edilen en önemli husus tasarım isterlerini sağlayacak bir kavramsal yapıya sahip olmasıdır. İsterler incelendiğinde ise en çok kısıtlamaya sahip olan parçanın sarkaç kısmı olduğu görülmüştür. Bu sebeple ön tasarım çalışmasına sarkaç tasarımından başlanmıştır.

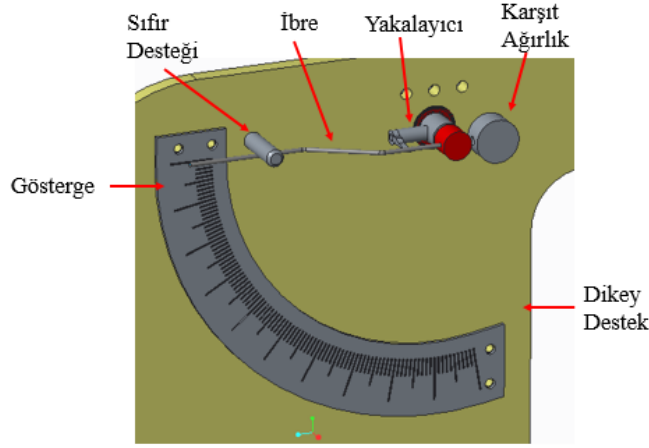


Şekil 3.1. Ön tasarım 1 sarkacı

Şekil 3.1’de görülebileceği üzere, isterlerde yer aldığı şekli ile sarkaç, 200 mm uzunluğunda bir sarkaç kolu, çarpa kütesini sağlaması için çekiç ve 15 mm çapa sahip küresel bir izaçar olarak tasarlanmıştır. Sarkaç bu şekilde temel isterleri sağlamaktadır.

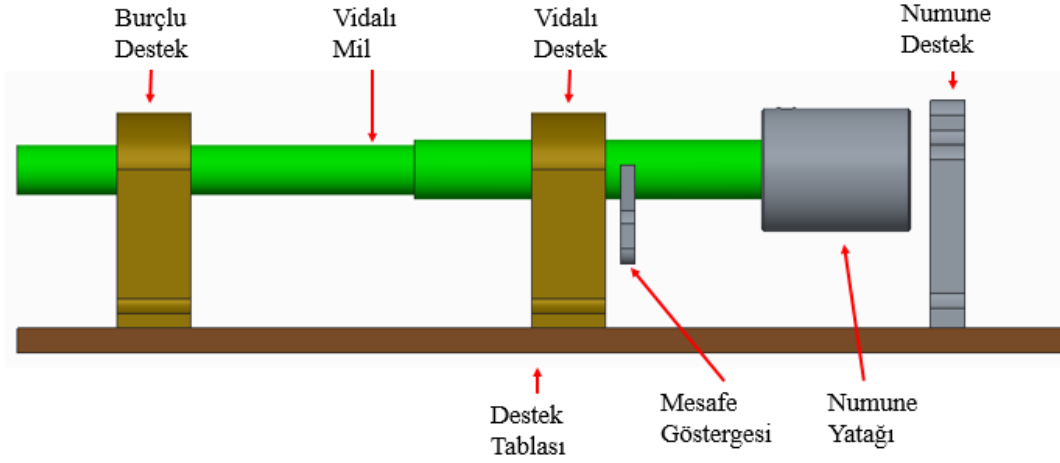
Geri sekme esneklik ölçüm sonuçlarının okunması diğer bir deyişle sarkacın çarpma sonrası ne kadar yüksekliğe çıktığını belirlenmesi için tasarımın bir gösterge ve bu gösterge üzerindeki değerleri işaret edecek bir ibreye sahip olması gerekmektedir. Şekil 3.2’de ise Ön Tasarım 1’in gösterge, ibre, yakalayıcı, sıfır desteği ve karşıt ağırlığı görülmektedir. Yukarıda da belirtildiği üzere gösterge yüzdelik olarak değerleri göstermektedir. İbrede bu değerler üzerinde durarak sarkacın çıktığı yüksekliği göstermektedir. Yakalayıcı ise ibreyi gösterge üzerinde durarak sarkacın çıktığı yüksekliği göstermektedir. Yakalayıcının bir ucu sarkaca bağlıdır ve sarkaç ile beraber dönmektedir. Yakalayıcının ucunda bulunan kısımda ibreye takılarak dönme yönünde ibreyi hareket ettirecektir. Sarkaç çarpma sonrası çıkacağı maksimum yükseklik ile orantılı olarak şaftı döndürecek ve buda yakalayıcıyı döndürerek ibrenin buna göre hareketini sağlayacaktır. Fakat serbest durumda ibre kendi ağırlığı ile

dönme hareketi yapacağı için yakalayıcının getirdiği değerde durmayıp aşağı yönde dönmeye devam edecektir. Bu sebepten ibrenin dönmesini engelleyecek yönde karşıt ağırlık konularak serbest durumda hareketi kısıtlanmıştır. Bunların yanı sıra ölçüm sonrasında ibre tekrar ölçüm için sıfır noktasına getirilecektir. Bu kısımda gösterge üzerinden sıfır noktasının kullanıcı tarafından ayarlanıp ibrenin bu noktada sabitlenmesi zor olacağı için sıfır noktasına destek konulmuştur. Kullanıcı tekrar ölçüm için ibresi bu desteğe dayadığı zaman sıfır ayarını gösterge üzerinden kontrol etmesine gerek kalmadan sağlamış olacaktır. Tüm bu kısımların montajı ise dikey destek üzerinde belirlenmiş kısımlara yapılacaktır. Bu sebeple bu kısım hem taşıyıcı hem de diğer parçaların yerini belirleyen kısım olacaktır.



Şekil 3.2. Ön tasarım 1 gösterge, ibre ve yakalayıcı

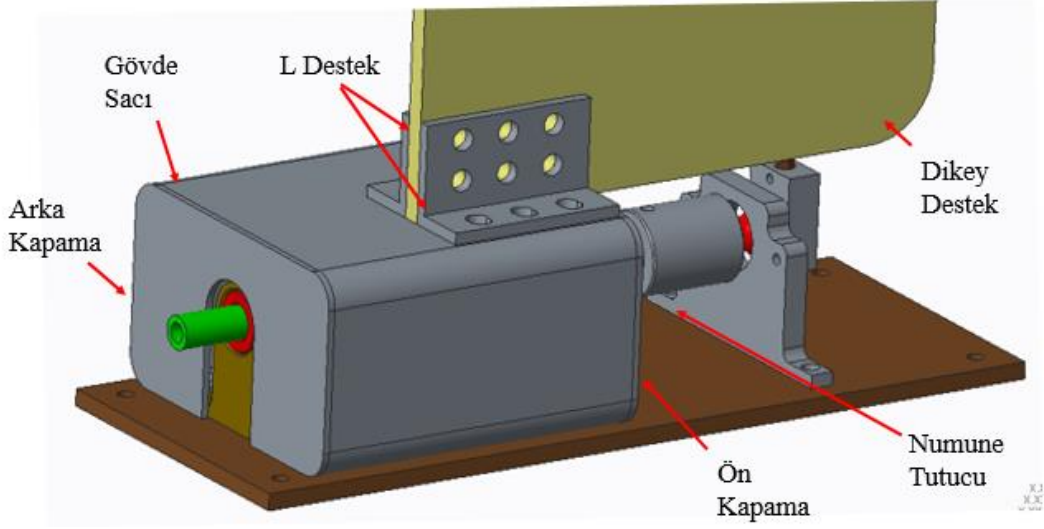
Geri sekme esneklik ölçümünün yapılacağı numunenin ölçüm cihazı üzerinde yerleştirileceği ve sabitleneceği kısım ise numune tutucudur. Numune tutucu kısmı temelde, numunenin numune desteği ve numune yatağı arasında sıkıştırılması ile çalışmaktadır. Numune desteği üzerinde bulunan boş kısımdan ise izaçar numuneye çarpacaktır. Numuneyi sıkıştırabilmek için numune yatağının numune desteğine doğru hareket etmesi gerekmektedir. Bu sebeple numune yatağı vidalı mil ile yataklanmaktadır. Vidalı mil saat yönünde çevrildiğinde vidalı destek sayesinde ileri doğru hareket edecek ve numune yatağını numune desteğine doğru ilerleterek numunenin yatak ile destek arasında kalmasını sağlayacaktır. Burçlu desteğin iç kısmında ise vida dişi bulunmamakta ve vidalı milin düz kısmının yatakladığı parça olacaktır. Bu parça ise vidalı milin yatay konumda düzgün durması için destek olarak çalışacaktır.



Şekil 3.3. Ön tasarım 1 numune tutucu

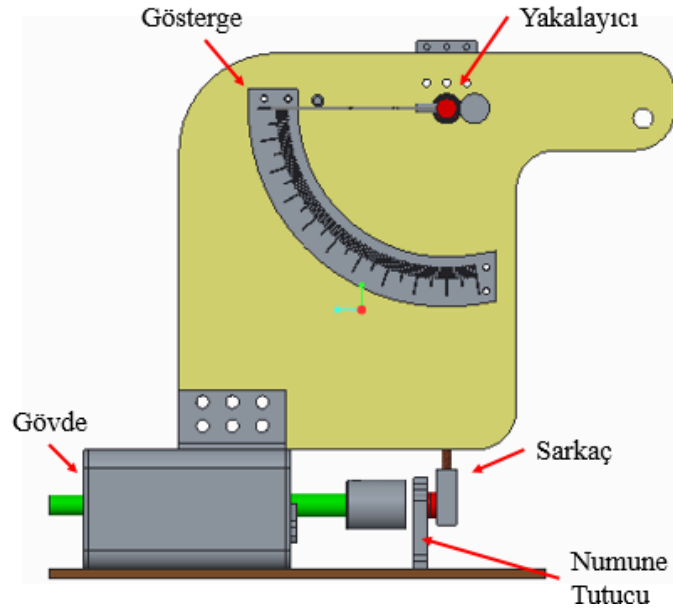
Mesafe göstergesi ise vidalı milin ne kadar ileri gittiğini belirlemek için kullanılacaktır. Vidalı mil üzerinde ölçü çizgileri bulunacaktır, mesafe göstergesinin gösterdiği çizgi ile ilerletilen mesafe ölçülmüş olacaktır. Destek tablası ise tüm diğer kısımların montajının yapılacağı parçadır. Destek tablası üzerinde belirlenen konum delikleri ile diğer kısımların olması gereken yerlere montajlanması sağlanacaktır.

Geri sekme esneklik ölçüm cihazı tasarımında sarkaç, gösterge ve numune tutucu kısımların üzerine montajlandığı ve bu kısımların birbirlerine konumlarının ayarlanmasının yapıldığı kısım gövde kısmıdır. Gövde kısmı bir diğer deyişle cihazın ana şasisini oluşturacaktır. Şekil 3.4'de görüldüğü üzere gövde kısmı L destek, gövde sacı, arka ve ön kapamadan oluşmaktadır. Gövde sacı numune tutucu kısmın destek tablası üzerinde yer alacak, bükümlü yapısı sayesinde hem vidalı mil kısmına kapama yapacak hem de sarkaç kısmının dikey destek parçasını L destekler ile taşıyacaktır. Arka ve ön kapama ise vidalı mil, burçlu ve vidalı destek kısmını kapatarak hem mekanizmanın toz ve kir gibi etkenlerden korunmasını hem de kullanıcı için ergonomik bir kullanım ortamı oluşmasını sağlayacaktır.



Şekil 3.4. Ön tasarım 1 gövde

Şekil 3.5’de ise ön tasarım 1’in genel görünümü gösterilmiştir. Gövde, sarkaç, numune tutucu, gösterge ve yakalayıcının tasarımda nasıl yer alacağı şekilde görülmektedir.

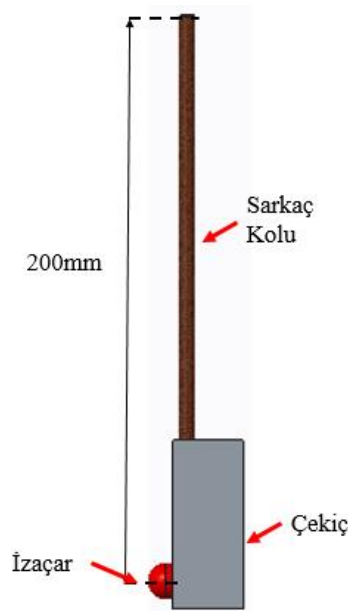


Şekil 3.5. Ön Tasarım 1 genel görünüm



### 3.1.1.2. Ön Tasarım 2

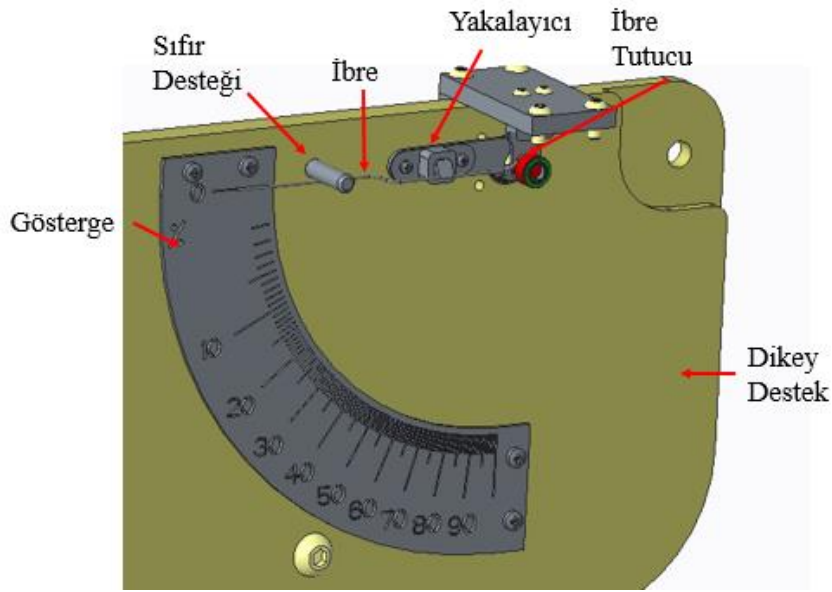
Ön tasarım 1 kavramsal tasarım çalışması yapılırken dikkat edilen hususlar ile aynı olacak şekilde ön tasarım 2 yapılmıştır. Bu ön tasarım yapılırken de aynı şekilde sarkaç tasarımından başlanmıştır. Ön tasarım 1’de olduğu gibi ön tasarım 2’de de isterlerde yer aldığı şekli ile sarkaç, 200 mm uzunluğunda bir sarkaç kolu, çarpa kütesini sağlaması için çekiç ve 15 mm çapa sahip küresel bir izaçardan oluşmuştur. Şekil 3.6’de görülebileceği üzere ön tasarım 2’de ön tasarım 1’den farklı olarak çekiç boyutu büyütülmüştür. Bu sayede isterlerde belirtilmiş efektif çarpma kütesi ve enerjisi sağlanması kolaylaştırılmıştır.



Şekil 3.6. Ön tasarım 2 sarkaç

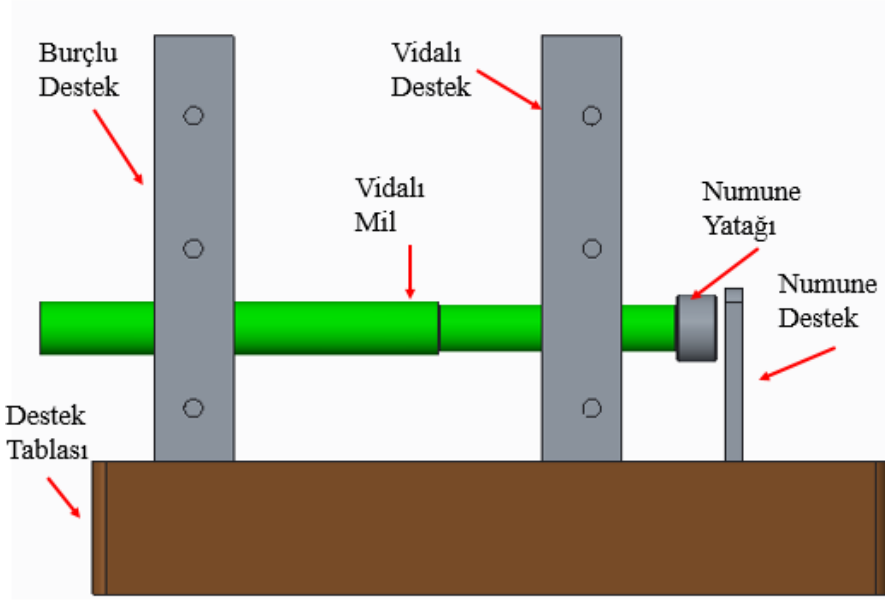
Ön tasarım 1’de olduğu gibi ön tasarım 2’de de gösterge, ibre ve yakalayıcı bulunmaktadır. Bu kısmın çalışma prensibi olarak ön tasarım 1 ile aynı olacak şekilde düzenlenmiştir. Gösterge üzerinde bulunan değerlerin üzerine ibre gelecek ve geri sekme esneklik değerini gösterecektir. İbre bu değeri ön tasarım 1 ile aynı çalışma prensibi sayesinde yani yakalayıcının ibreyi hareket ettirmesi ile gösterecektir. Yakalayıcı yine aynı şekilde sarkaç ile ortak şafta bağlı olduğundan sarkacın çarpmasında sonra sarkaç ile eşit açıda dönecektir. İbrenin sıfırlanması için aynı sıfır desteği bu tasarımda da yer almaktadır. Benzer şekilde dikey destek üzerine diğer tüm kısımların montajı yapılacaktır. Şekil 3.7’de görüldüğü üzere ön tasarım 1’den farklı olarak ön tasarım 2’de, yakalayıcı değiştirilmiştir. İbreye temas ederek hareket ettirecek olan kısım yaylı olarak tasarlanmış ve ibreyi yakalaması

kolaylaştırılmıştır. Ayrıca ön tasarım 1’de bulunan karşıt ağırlık sistemi yerine bu tasarımda ibre tutucu sürtünme kuvveti ile ibrenin kendi ağırlığından ötürü hareketi engellenmiştir.



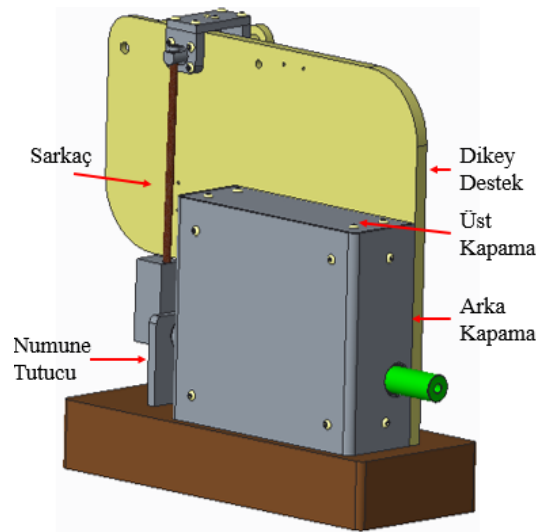
Şekil 3.7. Ön tasarım 2 gösterge, İbre ve yakalayıcı

Şekil 3.8’de görülebileceği üzere numune tutucu kısım numune desteği, numune yatağı, vidalı mil, destek tablası, vidalı ve burçlu destekten oluşmaktadır. Ön tasarım 1’de olduğu gibi vidalı milin ileri doğru hareketi ile numune yatağı numune desteğine doğru ilerleyerek numuneyi bu iki parça arasında tutacaktır. Vidalı destek vidalı milin hareketini sağlayan burçlu destek ise yere göre yatay konumda durmasını sağlayacaktır. Destek tablası ise yine aynı şekilde diğer kısımların montajının yapıldığı kısım olacaktır. Ön tasarım 1’den farklı olarak mesafe göstergesi ve vidalı mil üzerindeki mesafe çizgileri bu tasarımda iptal edilmiştir. Bunun yerine numune desteğin konumu sarkaca göre ayarlanarak mesafe ölçmeye gerek kalmadan numunenin cihaz üzerinde sabitlenmesi sağlanacaktır. Bunun yanı sıra vidalı destek, burçlu destek ve destek tablası kalınlıkları arttırılmıştır. Bu sayede cihazın ölçüm sırasında sabit kalması daha rahat sağlanacak ve aynı zamanda ister içerisinde yer alan cihazın toplam ağırlık kısıtlaması sağlanmış olacaktır.



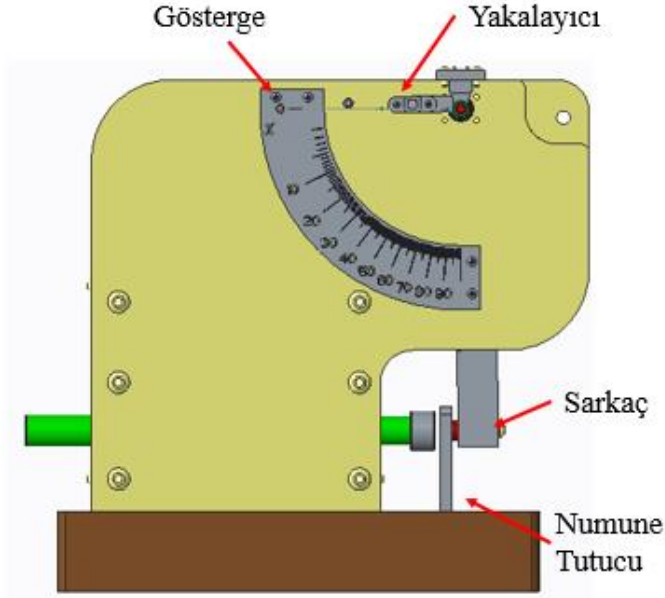
Şekil 3.8. Ön tasarım 2 numune tutucu

Şekil 3.9' da görüldüğü üzere gövde kısmı arka ve üst kapamadan oluşmaktadır. Ön tasarım 1'de olduğu gibi kapama saçları numune tutucu kısımda yer alan vidalı mil mekanizmasını kapatmaktadır. Ön tasarım 1'den farkı olarak dikey destek gövde kısmındaki sac kapamalar üzerine montajlanmamıştır. Bu kısımdaki L destekler iptal edilmiş ve dikey destek direk olarak vidalı ve burçlu destek üzerine montajlanmıştır. Arka ve üst kapama parçaları da dikey destek ile benzer şekilde vidalı ve burçlu destek üzerine montajlanarak sabitlenecektir.



Şekil 3.9. Ön Tasarım 2 gövde

Şekil 3.10'da ön tasarım 2'nin genel görünümü verilmiştir. Görselde sarkaç, ibre, gösterge, yakalayıcı, numune tutucu ve gövde kısımlarının birbirlerine konumları ve cihazın montaj sonrası genel şekli görülmektedir.



Şekil 3.10. Ön tasarım 2 genel görünüm

### 3.1.1.3. Ön Tasarım Değerlendirilmesi

Tasarım sürecinde tasarım çözümünün durumunun değerlendirilmesi gerektiği kabul edilmektedir [48]. Bu sebeple tasarımın detaylandırılması ve nihai tasarıma geçilmeden önce ön tasarımların değerlendirilmesi yapılmıştır. Genel değerlendirme yöntemlerinin faydalı sınıflandırması entegre değerlendirme prosedürü ile beraber kullanılması tavsiye edilmektedir [49]. Bu nedenle yapılan ön tasarımların değerlendirilmesi için sınıflandırılma yapılmıştır. Değerlendirme prosedürü olarak da bu sınıflandırma içerisinde ön tasarımlara üstün arasında üstün veya değil şeklinde puanlanmıştır. Puanlama sonucu daha yüksek puana sahip ön tasarımın detaylandırılmasına geçilmiştir.

Yapılan sınıflandırmada dört temel madde belirlenmiştir. Bunlar sırası ile isterleri karşılama, üretim kolaylığı, kullanım kolaylığı ve kalibre edilebilirlik olarak belirlenmiştir. İsterleri karşılama maddesinde yapılan ön tasarımlar detaylandırıldığı zaman daha önce belirtilen standart test prosedürü isterlerini karşılayabilmesi açısından değerlendirilmiş isterleri karşılması daha kolay olacak olan tasarıma üstün puanı verilmiştir. Üretim kolaylığı maddesinde, ön tasarımlar içerisinde yer alan üretilecek parça sayısı ve bu parçaların üretim zorluğuna göre değerlendirilmiş parça sayısı az ve üretimleri kolay olan üstün olarak

seçilmiştir. Kullanım kolaylığı maddesinde ise cihaz tamamlandıktan sonra kullanıcı tarafından ölçüm yapılırken daha az işleme gerek duyan tasarım üstün olarak belirlenmiştir. Son olarak kalibre edilebilirlik maddesinde ise ölçüm cihazının belirli kullanım süresi sonucunda mekanizmalarında oluşabilecek bozulmaların basit bir şekilde ayarlanabilmesi ve cihazın ölçümünün kolay şekilde kalibre edilebilmesine dikkat edilmiştir, basit olan tasarıma üstün puanı verilmiştir. Tasarım seçimi yaklaşımında kullanılan metot bir tablo içinde uygulanmıştır ve Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1. Ön tasarım değerlendirme

	Ön Tasarım 1	Ön Tasarım 2
İsterleri Karşılama	Üstün Değil	Üstün
Üretim Kolaylığı	Üstün	Üstün Değil
Kullanım Kolaylığı	Üstün Değil	Üstün
Kalibre Edilebilirlik	Üstün Değil	Üstün

Yapılan değerlendirme sonucunda ön tasarım 1 bir maddede, ön tasarım 2 ise üç maddede üstün gelmiştir. Bu sebeple tasarım detaylandırılması ve nihai tasarım aşamasına ön tasarım 2 ile devam edilmiştir.

### 3.1.2. Detay Tasarım

Ön tasarım genellikle işlevsel veya davranışsal gereksinimlerden yapısal betimlemelere dönüşüm olarak tanımlanır [50]. Yapılan betimlemelerin ayrıntılandırıldığı aşama ise detay tasarım sürecidir. Geleneksel olarak, tasarımcılar ürünü tasarım sürecinin son aşaması olan detay tasarım aşamasında bir CAD sisteminde modellemektedirler [51]. Bu nedenle geri sekme esneklik cihazı da üretim aşamasına geçilmeden önce PTC Creo Parametric programı kullanılarak üç boyutlu olarak modellenmiştir.

Ön tasarım çalışması sonucunda belirlenen ön tasarım 2 bu kısımda detaylandırılacaktır. Tasarım içerisinde yer alan kısımlar ayrıntılı şekilde modellenecek ve parçalar üretim için

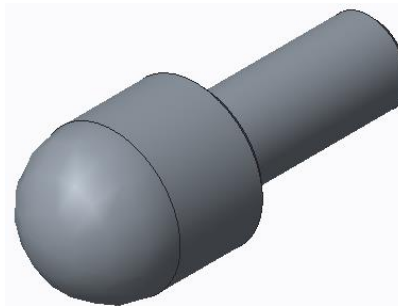
hazır hale getirilecektir. Yapılan detay tasarım sonrası ortaya çıkan modelin standart test prosedüründe belirtilen isterleri sağlaması gerekmektedir. Bu sebeple detay tasarımda, özellik seçimine bilgi sağlamak amacıyla işlev gereksinimleri araştırmak gerekmektedir [52]. Geri Sekme Esneklik Ölçüm Cihazı bölümünde bu gereksinimler açıklanmıştır. Detay tasarım sürecinde bu gereksinimler karşılanacak şekilde tasarım yapılmıştır.

### 3.1.2.1. Sarkaç Tasarımı

Standart test prosedüründe en çok kısıtlamanın olduğu kısım sarkaç olduğu için ön tasarım aşamasında olduğu gibi detay tasarım aşamasına da sarkaç tasarımı ile başlanmıştır. Yapılan tasarımın doğru ve işlevsel olması isterleri karşılaması ile sağlanacaktır. Bu sebeple sarkaç tasarımının detayına geçilmeden önce tasarım isterleri kısıtlamaları tekrar incelenmiştir.

Standart test prosedüründe sarkaç ile ilgili verilen ilk gereksinim sarkacın alt bölümleri olmuştur. Standartta göre sarkaç yarım küre şeklinde izaçar, çekiç ve sarkaç kolu olarak üç kısımdan oluşmalıdır. Bu sebeple ön tasarımda olduğu gibi detay tasarımda da sarkaç standartta belirtildiği şekli ile üç kısma bölünmüştür. Bu üç bölüm de standartta aynı olacak şekilde izaçar, sarkaç kolu ve çekiç olarak isimlendirilmiştir.

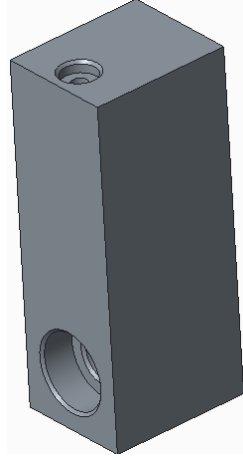
Standartta yarım küre şekline sahip izaçar için küre çapı olarak 12,45 mm ile 15,05 mm arasında olması gerektiği kısıtı belirtilmiştir. Bunun dışında izaçarın biçimi ile ilgili herhangi bir kısıt bulunmamaktadır. Bu sebeple standartta belirtilen ölçülere uygun olacak ve çekiç kısmına montajlanabilecek bir izaçar tasarımı yapılmıştır. Tasarlanan izaçar Şekil 3.11’de görülmektedir.



Şekil 3.11. İzaçar izometrik görünüm

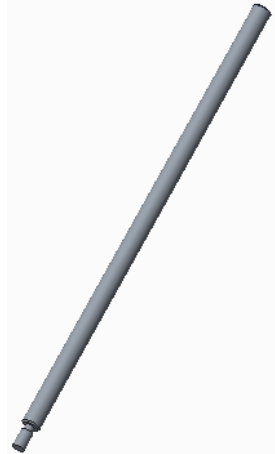
Sarkacın ikici bölümü olan çekiç ile ilgili olarak standart içerisinde biçim veya ölçü olarak herhangi bir gereksinim yer almamaktadır. Bu sebeple tasarlanan izaçarın ve sarkaç kolunun

montajlanabileceği ve efektif çarpa kütlesini olarak belirtilen 0,247-0,35kg aralığı sağlayacak bir çekiç tasarımı yapılmıştır. Yapılan çekiç tasarımı Şekil 3.12’de görülmektedir.



Şekil 3.12. Çekiç İzometrik Görünüş

Sarkacın üçüncü bölümü olan sarkaç kolu için standartta boyunun 200 mm olması gerektiği belirtilmiştir. Fakat belirtilen mesafe tam olarak izaçarın merkezinden sarkacın bitim noktasına olan mesafedir. 200 mm içerisine çekiç üzerinde yer alan izaçar için olan boşluktan çekicinin üst kısmına kadar olan bölüm de dahildir. Bu sebeple tasarlanan sarkaç kolu çekiç ile beraber 200 mm gereksinimini sağlayacak şekilde yapılmıştır. Bunun yanı sıra çekice ve aynı zamanda dikey destek kısmına montajlanacağı kısımlarda tasarıma eklenmiştir. Yapılan sarkaç kolu tasarımı Şekil 3.13’de görülmektedir.

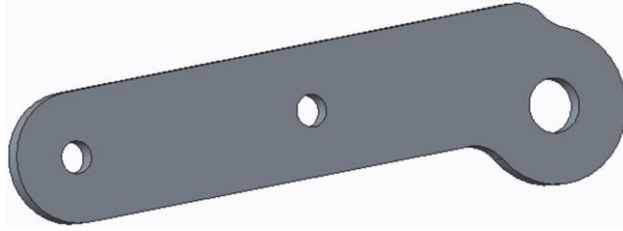


Şekil 3.13. Sarkaç kolu izometrik görünüş

### 3.1.2.2 Gösterge, İbre ve Yakalayıcı Tasarımı

Standart test prosedürü içerisinde belirtilen tasarım gereksinimleri geri sekme esneklik değerinin ölçümünü etkileyecek durumlar için belirtilmiştir. Fakat yapılan ölçümün nasıl bir yöntem ile okunacağı veya bu değer cihaz üzerinde nasıl belirtileceği ile ilgili herhangi bir kısıt bulunmamaktadır. Bu sebepten genel anlamıyla gösterge kısmı için özgün bir tasarıma ihtiyaç duyulmuştur.

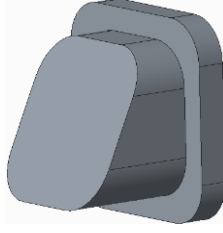
Geri sekme esnekliğin ölçülen değerinin gösterilebilmesi için sarkacın numuneye çarptıktan sonra geri yükseldiği en son noktada sarkacın dönme noktasına göre düşey eksen ile arasında kalan açının belirlenmesi gerekmektedir. Bu açının ölçülebilmesi için sarkaç ile aynı merkezde dönen bir mekanizmanın olması gerekmektedir. Bu sebeple sarkaç aynı merkezde ve eş zamanlı olarak dönecek bir kol tasarlanmıştır. Bu kol yakalayıcı kısmın birinci parçasıdır. Bu parça Şekil 3.14’de görülmektedir.



Şekil 3.14. Yakalayıcı parça 1 izometrik görünüş

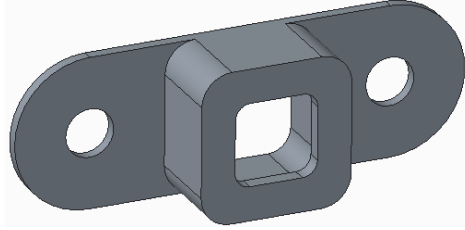
Cihaz tasarımı içerisinde yakalayıcının esas işlevi, sarkacın dönüşüne göre ibreyi gösterge üzerinde hareket ettirmek ve ölçülen değere göre doğru konuma getirmektir. Bu sebeple yakalayıcının birinci parçasına ibre telini, dönme hareketi esnasında yakalayarak dönme yönünde ilerletecek bir kısım gerekmektedir. Bu kısım için yapılan tasarımın kapı diline benzer bir yapıda olması düşünülmüştür. Dil olarak isimlendirilen kısım yaylı olarak yuvasının içerisinde hareket edebilecektir. Sarkaç numuneye çarptığı anda dil de tele temas edecek kapı dilleri ile aynı prensip ile yuvası içerisine girerek telin diğer tarafına geçince dışarı çıkacaktır. Bu sayede çarpma sonrasında sarkaç ters yönde hareket ederken, dilde bu yönde ibre teline temas ederek aynı yönde döndürecektir. Tasarlanan yakalayıcının ikinci parçası Şekil 3.15’te görülmektedir.





Şekil 3.15. Yakalayıcı parça 2 izometrik görünüş

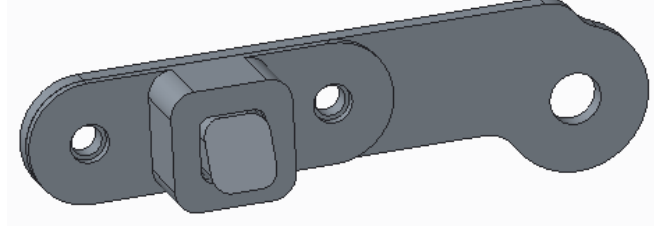
Yukarıda da belirtildiği üzere, yakalayıcının ikinci parçası olan dilin içerisinde hareket edeceği ve bu kısmın yakalayıcının birinci parçasına montajlanmasını sağlayacak yuva tasarlanmıştır. Yuva tasarımı yapılırken, dilin hareketini sağlayacak yay için dil arkasında boşluk verilmiştir. Bu boşlukta yayın sıkışması ile dil yuva içine girecektir. Ayrıca kol parçasına sabit montajlanması ve tele çarpma anında veya diğer kuvvetler ile dönmemesi için iki vida ile montajlanacak bir tasarım yapılmıştır. Yakalayıcının tasarlanan üçüncü parçası Şekil 3.16'da görülmektedir.



Şekil 3.16. Yakalayıcı parça 3 izometrik görünüş

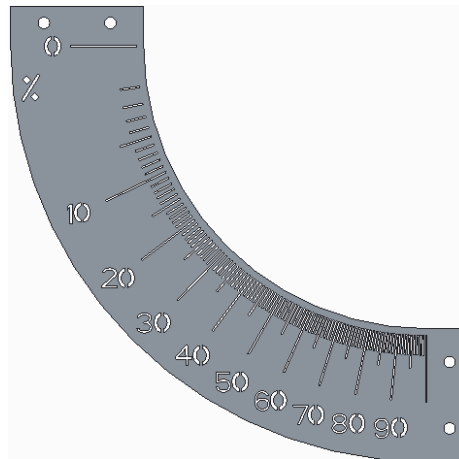
Yakalayıcı tasarımında dikkat edilen diğer bir husus ise, cihazın montajından sonra yakalayıcının konumu ve yakalayıcının dilinin ibre teli ile temas halinde ki konumudur. Yakalayıcının ibre teli ile teması esnasında sadece dil kısmının eğimli yerinin ibre teline değmesi gerekmektedir. Çünkü ancak bu şekilde dil yuvada içeri girerek ibre telinin diğer tarafına geçebilir. Öte yandan çarpmanın en son anında veya diğer bir deyişle sarkacın yere göre tam dik pozisyona geldiği anda yakalayıcının dil kısmının ibre telinin ters tarafına geçerek teli yakalayacak konumda olması gerekmektedir. Fakat çarpma sonrasında fazladan bir enerji kaybı olmaması için, yakalayıcı ibre telinin diğer tarafına geçtiği anda ibre telinden uzaklaşmadan sarkaç numuneye çarpmış ve geri dönme hareketine geçmiş olmalıdır.

Yakalayıcının tasarımı yapılırken bu duruma dikkat edilmiş ve üç parçanın birbirine göre konumu ve montajı buna göre yapılmıştır. Yapılan tasarım Şekil 3.17’de görülmektedir.



Şekil 3.17. Yakalayıcı izometrik görünüş

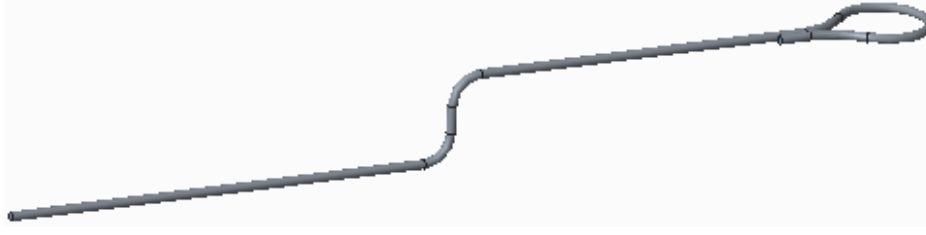
Gösterge kullanıcının ölçülen geri sekme esneklik değerinin cihaz üzerinden okuyacağı kısımdır. Bu sebeple kullanıcının rahat bir şekilde okuyabileceği şekilde tasarlanmıştır. Gösterge üzerinde açı değeri yerine bu açıya bağlı geri sekme esneklik değeri hesaplanıp gösterge üzerinde işlenmiştir. Bu sayede kullanıcının geri sekme esneklik değerini bulmak için bir işlem yapmasına gerek kalmayacaktır. Gösterge üzerindeki değerler birer birim olacak şekilde ayarlanmış ayrıca yine kullanım kolaylığı için beşlik ve onluk değerler belirginleştirilmiştir. Bu şekilde sıfırdan yüze kadar geri sekme esneklik değeri gösterge üzerine işlenmiştir. Gösterge tasarımı Şekil 3.18’de görülmektedir.



Şekil 3.18. Gösterge ön görünüş

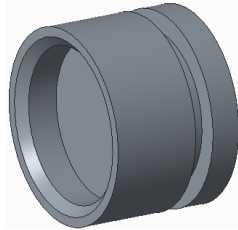
Gösterge üzerinde hareket ederek ölçülen geri sekme esneklik değerini gösterecek olan kısım ibredir. İbre tasarımı yapılırken gösterge üzerinde doğru değeri göstermesi için, gösterge

üzerindeki değerlerin çizgileri ile aynı kalınlıkta olmasına dikkat edilmiştir. Ayrıca yakalayıcının tutacağı kısım göstergeden uzak kalıp kullanıcının değeri okumasını zorlaştıracığı ve yanlış değer okunmasına sebep olacağı için “Z” şeklinde bir ibre tasarımı yapılmıştır. Bunun yanı sıra ölçüm sonuçlarını etkilememesi ve ibrenin kendi ağırlığı ile hareket etmemesi için olabildiğince ince ve hafif olacak şekilde tasarlanmıştır. Yapılan ibre tasarımı Şekil 3.19’da görülmektedir.



Şekil 3.19. İbre izometrik görünüş

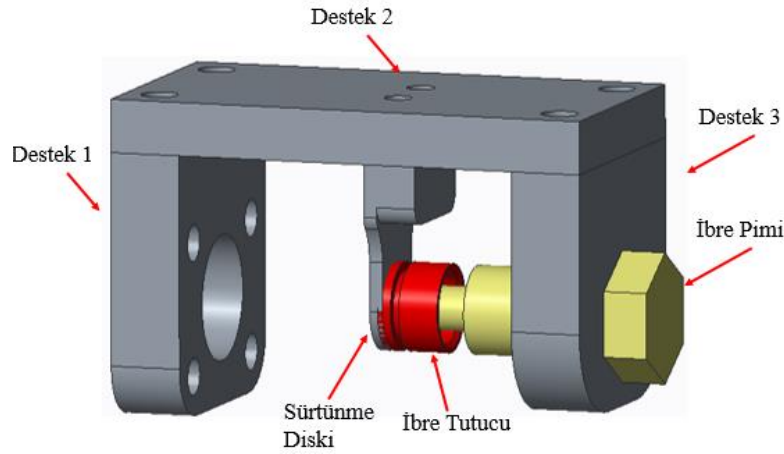
Gösterge, ibre ve yakalayıcı kısmında bu üç parça haricinde başka parçalarda yer almaktadır. Bu diğer parçalar bu kısmın çalışması veya montajlanması için gerekli parçalarlar olarak açıklanabilir. Bunlardan ilki ibrenin dönmesi ve montajının yapılmasını sağlayacak olan ibre tutucudur. Ayrıca ibre tutucunun dönmesini ve yataklama görevini sağlayacak ibre pimi bu parçalardan başka birisidir. İbre tutucu, ibre pimi üzerinde döneceği için silindirik biçimde tasarlanmıştır, üzerinde ibre telinin oturacağı bir oluk açılmış, ibre pimine montajının yapılacağı bir kademe de tasarıma eklenmiştir. Tasarlanan ibre tutucu Şekil 3.20’de görülmektedir.



Şekil 3.20. İbre tutucu izometrik görünüş

İbre tutucuya yatak görevi görecek aynı zamanda ibre tutucu ile beraber ibre telinin cihaza montajını sağlayacak mekanizma dört parçadan oluşmaktadır. Bunlardan ilki ibre pimidir,

diğerleri ise üçlü destek parçasıdır. Bunların yanı sıra ibre tutucunun temas ederek ibrenin kendi ağırlığı ile dönmemesi için sürtünme kuvveti oluşturacağı sürtünme diski parçası da bu kısımda yer almaktadır. Oluşacak sürtünme kuvvetinin ayarlanabilmesi için ibre pimi vidalı olacak şekilde tasarlanmıştır. Bu sayede ibre tutucunun sürtünme diski üzerine ne kadarlık bir sürtünme kuvveti uygulayacağı vidalı hareketi ile ayarlanacaktır. Tasarlanan ibre mekanizması Şekil 3.21’de görülmektedir.



Şekil 3.21. İbre mekanizması izometrik görünüş

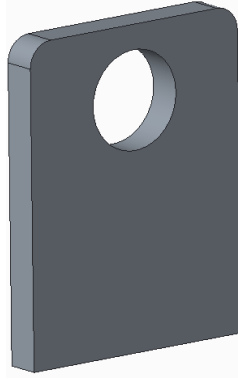
### 3.1.2.3 Numune Tutucu Tasarımı

Standart test prosedürü içerisinde numune tutucu kısım ile alakalı olarak verilen gereksinim dikey bir destek almadan numuneyi geri sekme esneklik değerini etkilemeyecek kadar baskı uygulayarak tutmasıdır. Bununla birlikte standart, numune tutucu kısım için mandal, mengene, yapıştırıcı veya bunların herhangi bir kombinasyonu şeklinde bir tasarım çözümünün olabileceği tavsiye etmektedir.

Hali hazırda kullanılmakta olan geri sekme esneklik ölçüm cihazları incelendiğinde genellikle numune tutucu için mandal şeklinde mekanizmalar bulunduğu tespit edilmiştir. Fakat yapılan inceleme sonucunda bu şekilde bir mekanizmanın kullanılmasının kullanıcı açısından zor olduğu gözlemlenmiştir. Bu sebeple, mandal mekanizması yerine mengene şeklinde bir tasarım yapılmıştır.

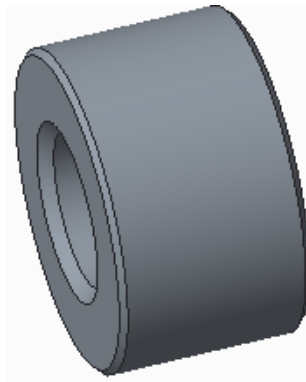
Mengeneler bir sabit çene ve buna paralel duran aynı zamanda vidalı mil sayesinde sabit çeneye doğru ileri ve geri hareket edebilen hareketli bir çeneden oluşur [53]. Numune tutucu tasarımında sabit çene görevi göreceği parça numune destek parçasıdır. Destek tablası

üzerine montajlanarak sabitlenecek parça üzerinde izaçarın çarpma esnasında numuneye çarpmak için geçebileceği bir delik bulunmaktadır. Yapılan numune destek tasarımı Şekil 3.22’de görülmektedir.



Şekil 3.22. Numune destek izometrik görünüş

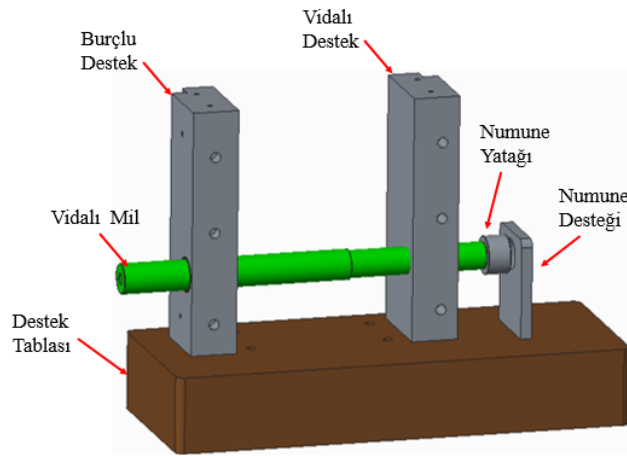
Yukarıda da belirtildiği üzere mengene mekanizmasında bir de hareketli çene bulunmaktadır. Mengene prensibi ile çalışacak olan numune tutucu tasarımında hareketli çene olarak tasarlanan parça numune yatak parçasıdır. Ölçüm için kullanılacak numuneler dairesel bir şekle sahip olacağı için numune yatağı tasarımı da silindir şeklinde yapılmıştır. Bunun yanı sıra mengene hareketini sağlayacak olan vidalı mile montajının yapılabilmesi için merkezinde bir kademe eklenmiştir. Tasarlanan numune yatak parçası Şekil 3.23’de görülmektedir.



Şekil 3.23. Numune yatak izometrik görünüş

Mengene şeklinde çalışacak numune tutucunun diğer ana parçası ise vidalı mildir. Numune yatağını numune desteğine paralel şekilde ileri geri hareketini sağlayacak kısım vidalı mildir.

Vidalı milin ileri geri hareket edebilmesi için vidalı bir yuva içerisinde yerleşmesi gerekmektedir. Bu nedenle vidalı mil ile aynı diş tipinde vidalı deliği bulunan bir destek parçası tasarlanmıştır. Bunun yanı sıra milin hareketini kolaylaştırmak ve destek sağlamak amacı ile milin içerisinde rahatça hareket edebileceği bir burca sahip olan burçlu destek tasarlanmıştır. Son olarak ise vidalı destek, burçlu destek ve numune destek parçalarının üzerine montajlanacağı ve birbirlerine göre konumlarının belirleneceği destek tablası parçası tasarlanmıştır. Tasarlanan numune destek kısmının mengene mekanizması Şekil 3.24'da görülmektedir.



Şekil 3.24. Numune tutucu izometrik görünüşü

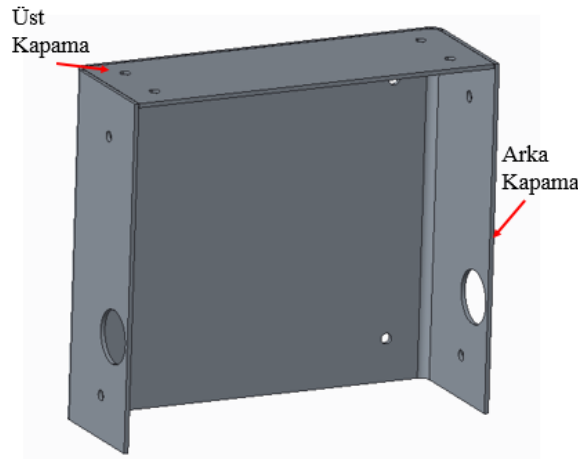
#### 3.1.2.4 Gövde Kapamaları Tasarımı

Standart test prosedürü içerisinde cihazın gövde tasarımı ile ilgili herhangi bir gereksinim veya tavsiye bulunmamaktadır. Bu nedenden ötürü gövde tasarımı yapılırken özgün bir dizayn yapılmıştır. Geri sekme esneklik ölçümü için piyasada kullanılan cihazlar incelendiğinde, gövde parçalarının hem şasi yani taşıyıcı kısım görevi hem de sistemin ana parçalarının çevre ile bağlantısının kapama görevini yapmaktadır. Fakat tasarlanan geri sekme esneklik ölçüm cihazında şasi görevi numune tutucu ve gösterge kısmında yer alan destek parçalarına yaptırıldığı için gövde için sadece kapama işlevi gerekmektedir.

Cihaz içerisinde bulunan kısımlardan hem kullanıcının güvenliği hem de cihazın toz nem gibi çevre şartlarından korunması gereken kısmı numune tutucunun vidalı mil ve bunun yataklanmasının yapıldığı vidalı ve burçlu destek kısmıdır. Çünkü cihazın kullanımı esnasında kullanıcının elinin vidalı mil ile destek yatakları arasında sıkışma ihtimali

bulunmaktadır. Bu riski elemine edebilmek için cihazın bu kısmının kapatılması gerekmektedir. Bunun yanı sıra cihazın bu kısmının bakım gerektirmeden uzun süre çalışabilmesi için mil ile destek yatakları arasına herhangi bir toz ve kirin girmemesi gerekmektedir. Çünkü mil ve yataklar arasındaki hareket boşluğu küçük olup araya girecek bir partikül ile tıkanabilir.

Cihazın bu kısmının kapatılması için iki adet kapama parçası tasarlanmıştır. Bunlar sırası ile arka ve üst kapama parçasıdır. Arka kapama isminden anlaşılacağı üzere cihazın arka kısmına montajlanacaktır. U şeklinde tasarlanan parça üzerinde vidalı milin iki yandan da çıkması için kesikler yer almaktadır. Üst kapama yine isminden anlaşılacağı üzere cihazın vidalı milinin bulunduğu arka tarafını üstten kapatacaktır. Destek parçalarının üst kısmından montajlanacaktır. Yapılan gövde kapama parçaları Şekil 3.25’de görülmektedir.



Şekil 3.25. Gövde kapamaları izometrik görünüş

### 3.2.Geri Sekme Esneklik Ölçüm Cihazının Doğrulanması

Tasarım değerlendirmesi, farklı tasarım alternatiflerini belirtilen kriterlere göre değerlendirmeye odaklanırken doğrulama, bir tasarım önerisinin işlevsel ve diğer özellikleri karşılayıp karşılamadığını kontrol etmeyi içerir [54]. Ön tasarımların değerlendirilmesi kısmında tasarım değerlendirilmesi yapılmış olup, üstün gelen ön tasarım ile detay tasarım aşamasına geçilmiştir.

Mekanik ürün tasarımının başlangıç aşamalarında, tasarımın sadece fiziksel yapısını belirlemekle kalmayıp, aynı zamanda tasarımın ilgili tasarım gereksinimlerinin izin verilen değer veya değer aralıkları içerisinde düzgün çalıştığının doğrulanması gerekmektedir [55].

İzin verilen değer veya değer aralıkları standart test prosedürü içinde belirtilmiştir. Detay tasarım sürecinde dizayn edilen parçaların gereksinim olarak belirtilen değer aralıklarında olup olmadığı kontrol edilmiştir.

Standart test prosedüründe cihazda doğrulanması için gereksinim verilen kısımlardan bir tanesi sarkaçtır. 2.2 no'lu eşitlikte'de yer alan 2,5 N büyüklüğindeki kuvvetin sarkaç yere göre paralel iken sarkacın izaçar kısmında elde edilmesi gerekmektedir. Sarkacın detay tasarımını esnasında PTC Creo Parametric programı ile sarkaç parçalarına üretilecek malzemeye göre öz kütle tanımlanmıştır. Bu sayede sarkacın parçalarının kütleleri tek tek hesaplanabilmektedir. Sarkacın montajlandığı uç kısmına göre moment hesabı yapılarak, izaçarın uç kısmında oluşacak kuvvet bulunmuştur.

Standart test prosedüründe belirtilen bir diğer gereksinimde cihazın toplam ağırlığının efektif çarpma kütesinin ağırlığının yüz katına eşit veya daha fazla olmasıdır. Detay tasarım aşamasında bunun kontrolü yine aynı şekilde tasarlanan tüm parçalara üretilecekleri malzemelerin öz kütleleri PTC Creo Parametric programında tanımlanarak cihazın ağırlığı bulunmuştur. Bulunan ağırlığın efektif çarpma kütesinin minimum yüz katı olması için parçaların üretiminde kullanılacak malzeme seçimi yapılmıştır.

Standart test prosedürü içerisinde belirtilen bir başka tasarım doğrulama gereksinimi ise cihazın hareketli parçası olan sarkacın sürtünmesidir. Yukarıda belirtildiği üzere sarkaç yere 40° açı yapacak şekilde yükseltip serbest bırakıldığı zaman ters yönde yine yer ile 40° açı yapacak kadar yükselmelidir. Bunun yanı sıra sarkaç yine yere göre paralel konuma getirilip serbest bırakıldığı zaman tam durmasına kadar 300 kere 0° pozisyonundan geçmelidir.

Belirtilen bu iki gereksinimde sarkacın sürtünmesinin gerekli aralıkta olup olmadığı doğrulamak içindir. Tasarım esnasında hareketli parçaların birbirlerine göre sürtünmesinin kontrolü mümkün değildir. Fakat tasarım yapılırken gerekli sürtünme değerlerinin sağlanması için sürtünmeyi mümkün olduğunca azaltacak tasarımlar yapılmıştır. Sarkaç için yapılan tasarım çözümlerinin belirtilen isterlere göre doğrulanması üretim ve montaj aşamasından sonra yapılmıştır.

Standartta belirtilen doğrulama metodu haricinde karşılaştırılmalı ölçümler ile cihazın ölçümlerinin doğruluğu kontrol edilmiştir. Test malzemesi olarak belirlenen EPDM ve CR'den numuneler için farklı firmalardan elde ettikleri geri sekme esneklik değerleri ile birlikte istenmiştir. İstenen numuneler üretilen geri sekme esneklik ölçüm cihazı ile de ölçülmüştür. Firmalardan alınan ölçüm sonuçları ve yapılan ölçüm sonuçları



karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalı ölçümünün sonuçlarının kalitesi bireysel sonuçlar ile referans değer arasındaki farkların ve bu farklılıkların değişkenliğinin ile karşılaştırılmasıyla değerlendirilir [56]. Yapılan karşılaştırmalı ölçümün doğru olarak değerlendirilmesi için birçok farklı numuneden ölçüm alınmış ve bu ölçümler referans ölçüler ile karşılaştırılmıştır. Cihazın doğruluğunun sağlanması için ise referans ve ölçüm değeri arasındaki değişkenliğin en az olması sağlanmıştır.

### **3.3. Test Malzemelerinin Hazırlanması**

#### **3.3.1.Kauçuk Hamurlarının Hazırlanması**

Hazırlanan cihazla geri sekme esneklik değerlerini ölçmek üzere doğal kauçuk esaslı farklı sertlik değerlerinde elastomerler hazırlanmıştır. Bu amaçla önce elastomerlerin hamuru hazırlanmıştır. Üretim sürecinde banbury ve açık mil cihazları kullanılmıştır. Karışımlar METGÜR firmasının banbury cihazı ile hazırlanmıştır. Karıştırma sırasında sıcaklık artışı gözlenmiştir. Bu nedenle makinalarda Üçsan kule tipi soğutma sistemi kullanılmıştır. Hamur 10 dakika banbury daha sonra 15 dakika açık milde döndürülüp bechoff ta hamur soğumaya bırakılarak hazır hale getirilmiştir.

Banbury’de karışım hazırlama işlemine doğal kauçuğun ezilmesi ile başlanmıştır. 2 dakika süren bu ezilme işleminin ardından karbon siyahı dahil olmak üzere dolgu maddeleri ve proses yağları eklenerek karıştırılmaya devam edilmiştir. Karışıma aktivatör ve koruyucu kimyasallar da ilave edilmiştir. 8 – 10 dakika boyunca karıştırılmaya devam edilmiştir. Karışımın banbury’de dönme sıcaklığı 70°C ile 90°C arasındadır. Hazırlanan karışım açık milde 1 dakika döndürülüp soğumaya bırakılmıştır. Mil sıcaklığı 40°C’dir. Soğuyan karışıma vulkanizasyon kimyasalları eklenmiş ve 15 dakika daha açık milde döndürülmüştür. Hamur istenilen kalınlıkta makineden çıkartılarak soğuma bandında 15 – 20 dakika boyunca soğuması sağlanmıştır. Hazırlanan karışımların reçetesi aşağıda verilmiştir.

#### **3.3.2.Lastik Reçeteleri**

Geri sekme esneklik değeri ölçümü için kullanılacak numuneler doğal kauçuk esaslı olarak hazırlanmıştır. Doğal kauçuk olarak RSS3 kullanılmıştır. Geri sekme esneklik değerine FEF 550 karbon siyahının etkisi bulmak için NR 50 karışımında 36 phr ve NR 60 ise 40 phr

kullanılmıştır. Karbon siyahı oranı kauçuğun sertlik oranını belirlemiştir. NR 50'i karışımının sertlik değeri 50 shore A ve NR 60 karışımının sertlik değeri ise 60 shore A çıkmıştır. Hazırlanan hamurların reçeteleri Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2. NR esaslı FEF 550 oranı değişen hamur bileşenleri

Reçete	NR 50	NR 60
	Miktar(phr)	
RSS 3	90	90
CBR 1203	10	10
FEF 550	36	40
HAF 330	12	12
AROMATİK YAĞ	20	12
ÇİNKO OKSİT	6	6
STEARİK ASİT	1	1
PİŞİRİCİ SİSTEMİ	5,2	5,2
KORUYUCULAR	3,2	3,2
REÇİNE	2	2

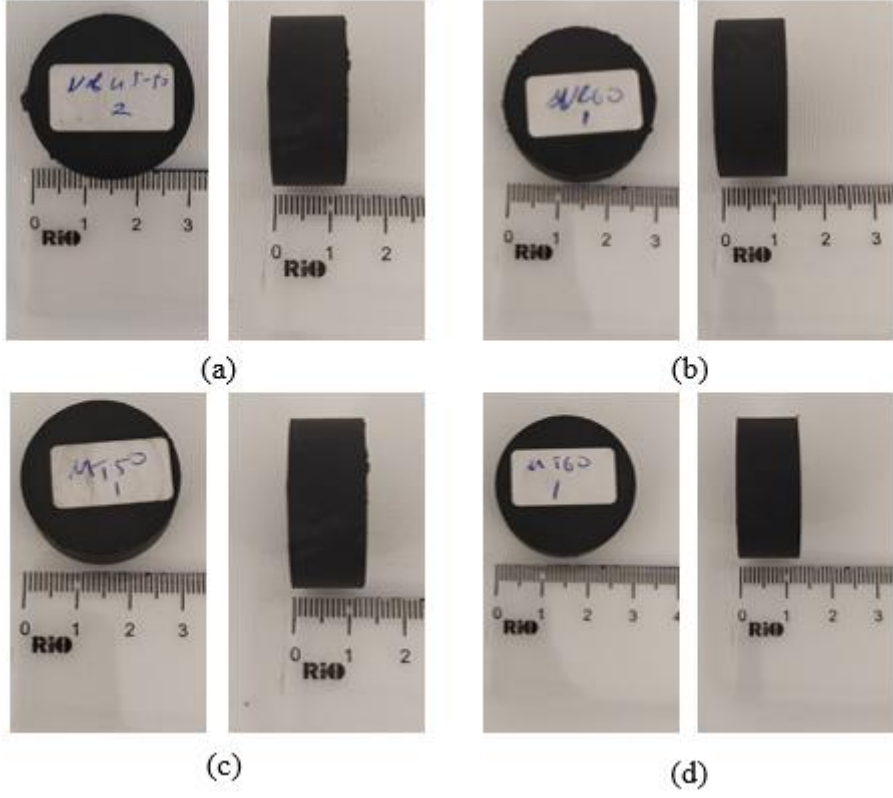
Geri sekme esneklik değerine ikinci bir karbon siyahı olan MT 990'ın etkisini gözlemlemek için yine doğal kauçuk RSS 3 esaslı iki farklı karışım hazırlanmıştır. Bu karışımlar içerisinde FEF 550 ve HAF 330 oranı düşürülmüş ve ilk karışımlara ek olarak MT 990 eklenmiştir. NR-MT 50 karışımında FEF 550 16 phr ve NR-MT 60 karışımında ise 24 phr kullanılmıştır. Hamurların hazırlanmasından sonra ölçülen sertlikleri NR-MT 50 için 50 shore a ve NR-MT 60 için ise 60 shore A'dır. Karışımların reçeteleri ise Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.3. MT 990 eklenmiş NR esaslı hamur bileşenleri

Reçete	NR-MT 50	NR-MT 60
	Miktar(phr)	
RSS3	80	80
CBR 1203	20	20
MT 990	40	40
FEF 550	16	24
HAF 330	8	8
AROMATİK YAĞ	10	10
ÇİNKO OKSİT	6	6
STEARİK ASİT	1	1
KORUYUCULAR	5	5
PİŞİRİCİ SİSTEMİ	4,8	4,8
REÇİNE	3	3

Yukarıda belirtilen kauçuk reçeteleri dışında karşılaştırmalı ölçüm için Ferkan A.Ş. ve Standart Profil A.Ş.'den alınan kauçuklar bulunmaktadır. Ferkan A.Ş firmasından üç farklı reçetede EPDM bazlı kauçuk alınmıştır. Standart Profil A.Ş. firmasından ise on farklı reçetede NR bazlı kauçuk alınmıştır. Fakat alınan örnek kauçukların reçete bilgileri ticari çekincelerden ötürü firmalar tarafından paylaşılmamıştır. Bu sebeple numunelerin içerikleri ve reçete bilgileri tam olarak bilinmemektedir.

Deneysel çalışmalarda kullanılan kauçuk disk örneklerin görüntüleri Şekil 3.26'da verilmiştir.



Şekil 3.26. Hazırlanan (a) NR 50 (b) NR 60 (c) MT 50 (d) MT 60 görselleri

## 4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde çalışma boyunca kullanılan yöntemlere detayları ile birlikte yer verilmiştir. İlk olarak cihaz tasarımı süreci cihazın üretimi ile birlikte verilmiştir. Bu kısımda ilk olarak tasarlanan parçaların tasarım ayrıntıları ve üretim metotları ile birlikte anlatılmıştır. Daha sonra montajı yapılan geri sekme esneklik ölçüm cihazının doğrulama aşamalarında kullanılan uygulamalar anlatılmıştır. Doğrulama kısmında karşılaşılan hataların giderilmesi için yapılan tasarım değişikliklerine yer verilmiştir. Son olarak da EPDM ve CR esaslı elastomerlerle yapılan ölçümler verilmiştir.

### 4.1. Geri Sekme Esneklik Ölçüm Cihazının Tasarımı

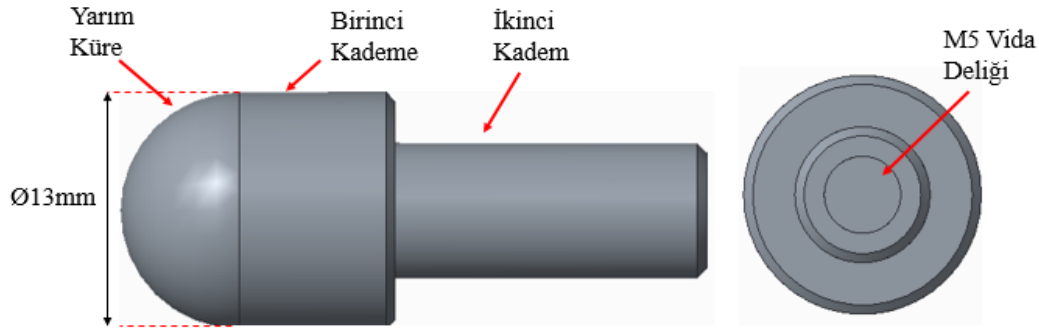
Detay tasarım sürecinde bahsedilen tasarım metodu bu kısımda ayrıntıları ile anlatılmıştır. Yine detay tasarım bölümünde olduğu gibi cihaz tasarımı dört bölümde incelenmiştir. Ayrıca bu kısımda tasarlanan parçaların üretim aşamalarından da ayrıntıları ile bahsedilmiştir.

#### 4.1.1. Sarkaç Tasarımı

Sarkaç tasarımına başlarken ilk aşama olarak standart test prosedürü içerisinde yer alan sarkaç tasarımı etkileyen gereksinimler belirlenmiştir. Gereksinimler sırası ile sarkaç boyu L'nin 200 mm, izaçar çapı D'nin 12,45 ile 15,05 mm arasında ve son olarak efektif çarpma kütlesi M'in 0,247 ile 0,35 kg arasında olması gerektiğidir. Bu gereksinimler doğrultusunda sarkaç tasarıma başlanmıştır.

İlk olarak izaçarın uç kısmı tasarlanmıştır. Çapı gereksinimde belirtilen aralık içerisinde olacak şekilde 13 mm çapında bir yarım küre yapılmıştır. Fakat sadece yarım küre olarak yapılacak bir izaçar sarkacın çekiç kısmına montajı mümkün olmayacağı için izaçarın arka kısmına bir kademe verilmiştir. Bu kademe üretim kolaylığı olması açısından yine yarım küre ile aynı çapta olacak şekilde silindirik olarak tasarlanmıştır. Kademe çekiç üzerinde açılacak olan yuvaya oturacaktır fakat yuvada sabit durması için vida ile montajlanması gerekmektedir. Bu sebeple bu kademedeki içerisinde vidalı delik bulunan ikinci bir kademe daha yapılmıştır. İkinci kademe vida deliği olarak yapıldığından dolayı çapı yarım küreye göre daha küçük tutulmuştur. Kademenin merkezine de M5 diş açılmıştır. Şekil 4.1'de izaçarın yandan ve arkadan görünüşü verilmiştir. Burada yarım küre şeklindeki ucu ve montaj için verilen kademeleri ile vida deliği görülmektedir. İzaçar silindirik bir yapıya sahip olduğu

için CNC torna ile talaşlı imalat metodu ile üretilmesi en uygun ve elverişli yöntem olacaktır. Parça belirtilen metotlar ile çelik malzemeden üretilmiştir. Üretim sonuncunda meydana gelen parça Şekil 4.1’de görülmektedir.



Şekil 4.1. İzaçar yan ve arka görünüş

Çekiç, sarkacın gerekli efektif çarpma kütlelerini sağlaması için gerekli olan kütleli sağlayacak parçadır. Bu sebepten tasarıma başlamadan önce gerekli efektif çarpma kütleleri ve enerjiyi sağlamak için gerekli olan kütle hesaplanmıştır. Sarkacın yatay konumdan düşey konuma yani numuneye çarptığı ana kadar geçen süreçte potansiyel enerjisindeki değişim de  $500 \pm 9$  mJ olmalıdır. Sarkaç boyunun 200 mm olması gerektiği için sarkacın yükseklik değişimi bu değere eşit olacaktır. Bu veriler ile aşağıdaki potansiyel enerji hesabı yapılarak çekicinin olması gereken yaklaşık kütlesi bulunmuştur.

$$A_n = 500 \text{ mJ} \quad (4.1)$$

$$A_n = M g L \quad (4.2)$$

$$M = \frac{A_n}{gL} \quad (4.3)$$

$$M = \frac{0.5 \frac{\text{kgm}^2}{\text{s}^2}}{9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} 0.2\text{m}} \quad (4.4)$$

$$M = \frac{0.5 \frac{\text{kgm}^2}{\text{s}^2}}{9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} 0.2\text{m}} \quad (4.5)$$

$$M \cong 0,255 \text{ kg} \quad (4.6)$$

İzaçarın kütlesi 0,018 kg olarak bulunmuştur. Bu durumda geriye kalan kütle çekiç ve sarkaç kolu arasında bölünmüştür. Fakat sarkacın hareketi esnasında sarkaç kolunun yükseklik değişimi çekiç ve izaçar da olduğu gibi 200 mm olmayacaktır. Sarkaç kolunun ağırlık merkezinin konumu yaklaşık olarak sarkacın ortasında olduğu düşünülerek yükseklik değişiminin 100 mm olacağı bulunmaktadır. Bu sebeple sarkaç kolunun enerji değişimi hesaplarken 4.1 no'lu eşitlikte verilen L değeri 100 mm alınmıştır. Sarkacın potansiyel enerji hesabı bu şekilde tekrar yapılmış ve aşağıda verilmiştir.

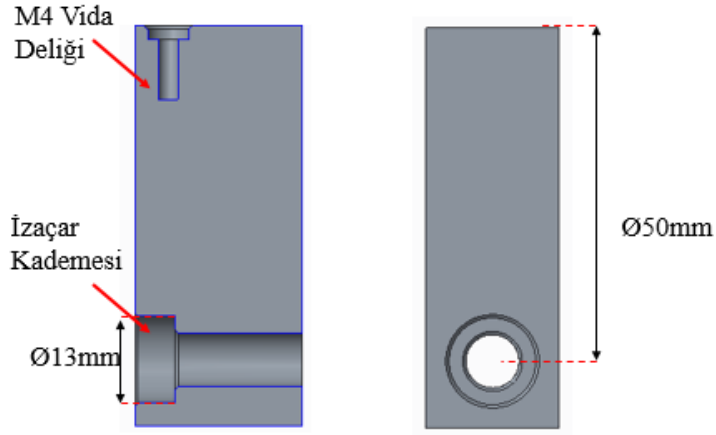
$$0.5 J = M_k g 0.1m + (M_c + M_i)g 0.2m \quad (4.7)$$

$M_k$ : Sarkaç Kolunun Kütlesi

$M_c$ : Çekicinin Kütlesi

$M_i$  : İzaçarın Kütlesi

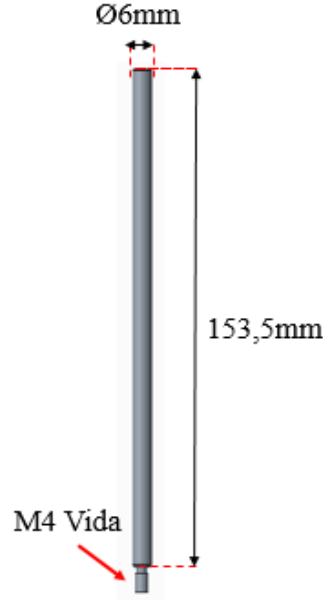
İzaçarın kütlesi belli ve 0,018 kg olduğu için sarkaç kolu ve çekiç için 4.7 no'lu eşitliği sağlayacak değerler yaklaşık olarak seçilmiştir. Sırasıyla sarkaç kolu için 0,035 kg ve çekiç için ise 0,22 kg seçilmiştir. Çekicinin üretileceği malzeme de çelik ve özkütlesi  $77750 \text{ kg/m}^3$  olduğu için tasarlanan çekiç parçasının yaklaşık hacminin  $281 \times 10^2 \text{ mm}^3$  olması gerekmektedir. İzaçar ve sarkaç kolu montajı için yapılacak olan kademe boşlukları da düşünüldüğü zaman dış hacmin yaklaşık  $300 \times 10^2 \text{ mm}^3$  olarak tasarıma başlanmıştır. Bu sebeple  $20 \times 25 \times 60 \text{ mm}$  ölçülerinde bir dikdörtgenler prizması şeklinde bir parça modellenmiştir. İzaçarın birinci kademesinin yuvası olarak  $\text{Ø}13 \text{ mm}$  olacak şekilde bir silindir yuva açılmıştır. Arka kısımdan M5 vida bağlantısının sağlaması için yuvanın orta noktasından çekicinin arka kısmına kadar düz delik eklenmiştir. Bunun yanı sıra üst kısımdan sarkaç kolu bağlanacağı için bu yüzeye de M4 vida dişine sahip bir delik konulmuştur. İzaçarın oturacağı kademedeki, sarkaç kolunun montajlanacağı yüzeye olan uzaklık ise 50 mm olarak ayarlanmıştır. Yapılan kademe ve vida deliği Şekil 4.2'de görülmektedir. Çekiç parçası dikdörtgen şeklinde bir forma sahip olduğu için CNC freze ile üretilmesi uygun ve elverişlidir.



Şekil 4.2. Çekiç, Yan Kesit ve Ön Görünüş

Sarkaç kısmının son parçası sarkaç kolu tasarımıdır. Yukarıda belirtildiği üzere sarkaç kolu kütlelerinin 0,035 kg olması gerekmektedir. Bununla birlikte toplam sarkaç uzunluğunun 200 mm olması gerekmektedir ve çekiç parçasında bu uzunluğun 50 mm'si kullanılmıştır. Geriye kalan 150 mm uzunluk sarkaç kolunun boyu olacaktır. Aynı zamanda çekiç üzerinde açılan M4 vidalı deliğe montajının yapılması için uç kısmında yine aynı şekilde M4 vida dişi bulunmalıdır. Bu gereksinimler doğrultusunda gerekli kütleyi ve boyu sağlaması için malzemenin de çelik olacağı hesaba katılarak 153,5 mm uzunluğunda ve 6 mm çapında bir silindir modellenmiştir. 3,5 mm pay ise alt kısımda çekice montaj ve üst kısımda yapılacak olan şafta montaj için bırakılmıştır. Ayrıca şafta montajı için üst kısma M3 vida dişine sahip bir delik eklenmiştir. Daha sonra çekice montajı için gerekli olan M3 vida dişi olan kademe eklenmiştir. Tasarlanan sarkaç kolu Şekil 4.3'de görülmektedir. Sarkaç kolu silindirik bir yapıya sahip olduğu için CNC torna ile talaş kaldırılarak üretilmiştir.





Şekil 4.3. Sarkaç Kolu, Yan Görünüş

#### 4.1.2. Gösterge, İbre ve Yakalayıcı Tasarımı

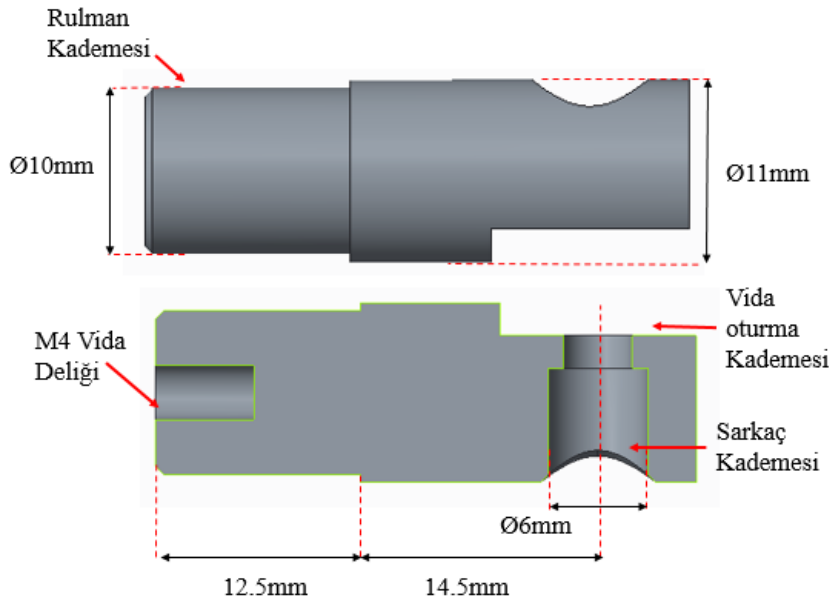
Yakalayıcı tasarımına, sarkaç ile yakalayıcı arasındaki bağlantıyı sağlayarak eş güdümlü şekilde çalışmasını sağlayacak olan şaft parçasının tasarımından başlanmıştır. Bu silindirik parça dönme hareketine yataklama yapacağından ve sarkaç montajında kullanılacağından hem yakalayıcı hem de sarkaç taraflarından gerekli kademeler bırakılmalıdır.

Sarkaç kolunda bırakılan pay şaft üzerinde açılacak olan kademeye oturacağı için, şaftın çapının sarkaç kolu çapından büyük olması gerekmektedir. Bu sebeple Ø11 mm olacak şekilde bir silindir modellenmiştir. Bunun uç kısmına yandan Ø6 mm olacak şekilde bir kademe açılmıştır, karşı tarafına ise M3 vida oturacak şekilde düzlenmiş ve kademeye kadar vida geçecek delik açılmıştır. Sarkaç kolu kademeye oturtulduktan sonra üstten M3 vida ile çektirilerek montajlanması sağlanacaktır. Yakalayıcı kolu parçası şaft ile beraber dönmeyi sağlayacağı için şaft ile eş merkezli olması gerekecektir. Bu sebeple şaftın diğer ucunda tam merkezli olacak şekilde M4 vida dişine sahip bir delik eklenmiştir.

Şaftın dikey destek üzerinde yataklanması ve olabildiğince düşük sürtünme ile dönebilmesi için rulman kullanılmıştır. Yataklamanın sarkaç ağırlığını ve çarpma anında oluşacak kuvvetleri karşılayabilmesi için 2 adet rulman ile dikey desteğin iki yüzeyinden yapılmasına karar verilmiştir. Yapılan rulman kataloğu taramaları sonucunda SKF markasının W 61700 X-2ZS modelinin tasarıma uygun olacağı uygun görülmüştür. Öncelikle rulmanın

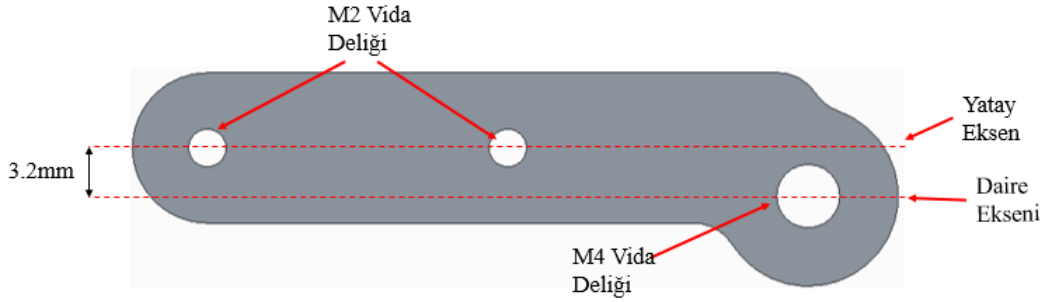
ölçülerinin tasarıma uygun olması gerekmektedir. Seçilen rulmanın iç çapı 10 mm, dış çapı 15 mm ve kalınlığı 4 mm'dir. Bu ölçüler hem şaftın rulmana hem de rulmanın dikey destek üzerine montajlanması için uygundur. Ayrıca rulmanın iki tarafı da kapalıdır, bu da uzun kullanım süresine rağmen toz ve kirden rulmanı koruyarak yağlama gereksinimi olmadan çalışmasını sağlayacaktır. Seçilen rulmanın kataloğu EK1'de verilmiştir.

Rulman seçiminden sonra şaftın rulman kataloğundan verilen şaft ve şaft kademesi değerlerine göre düzenlenmesi gerekmektedir. Rulman iç çapı 10 mm olduğu için şaftın rulmana oturacak kısmının çapı bu değere düşürülmüştür. Rulmana dayanacak olan kısmın çapı da 11.21 mm den küçük olması gerekmektedir, şaftın bu kısmının çapı 11 mm olduğu için bu kısımda bir değişikliğe gidilmemiştir. Şaft dikey desteğin arka kısmından ön kısmına kadar uzanıp ön kısmından da yakalayıcıya takılacağı için 12.5 mm uzunluğunda kademe açılmıştır. Rulman kademesinden sarkaç yatağına olan uzaklık 14.5 mm olarak bırakılmıştır. Şaft dikey desteğin arka kısmında yer alan rulmana oturduktan sonra sarkacın merkezi ile numune tutucunun merkezinin aynı doğrultuda olması gerekmektedir, bu nedenle numune tutucu tasarımında bu ölçü gereksinim olarak eklenmiştir. Tasarlanan şaft parçası Şekil 4.4'te görülmektedir. Şaft yataklama yapacağı için dayanıklı olması, çelik rulman içerisinde çalışacağı için ise malzeme aşınmasına direnmesi için çelik malzemeden üretilmiştir. Üretimin ilk aşamasında CNC torna ile silindirik kısımlar yapılmış daha sonra CNC freze ile de kademeler işlenmiştir.



Şekil 4.4. Şaft, yan ve kesit görünüş

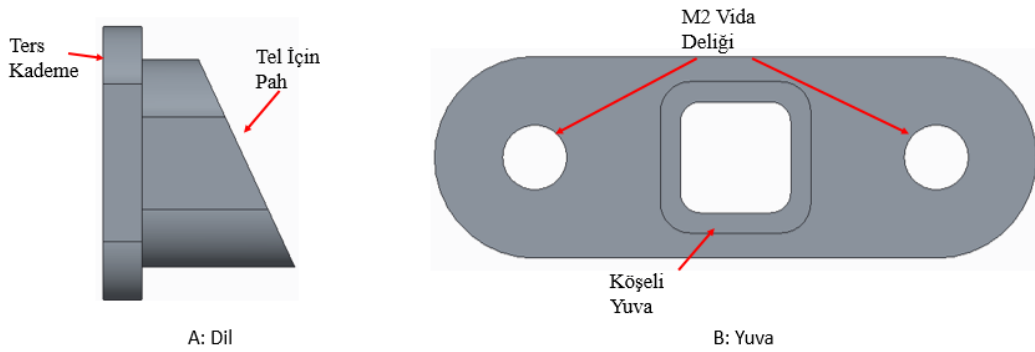
Yakalayıcı tasarımı üç parçadan oluşmaktadır. İlk parça yakalayıcının şaftta montajını sağlayan ve diğer iki parçanın konumunu belirleyecek olan koldur. Parçanın tasarımına şaftta montajlanacağı taraftan başlanmıştır. Şaft üzerinde montaj için açılan delik M4 dişe sahip olduğu için, merkezinde M4 vidanın geçebileceği bir delik bulunan bir daire modellenmiştir. Bu daireden ibre telini yakalayacak olan diğer iki parçanın takılacağı kol uzatılmıştır. Bu parça, şaft ve ibre teli eş merkezli olacaktır, fakat cihazın sıfır konumunda yakalayıcının dili ibre telinin üzerinde kalması gerektiği için parçadan çıkarılan kolun yatay ekseni yapılan dairenin merkezine göre 3.2 mm yukarıda kalacak şekilde tasarlanmıştır. Daha sonra kolun yatay ekseni üzerinde dil yatağının montajlanması için iki adet M2 geçecek şekilde delik açılmıştır. Tasarlanan parça Şekil 4.5'te görülmektedir. Parçanın malzemesi aşınmayı engellemesi açısından çelik seçilmiş olup üretimi için CNC freze kullanılmıştır.



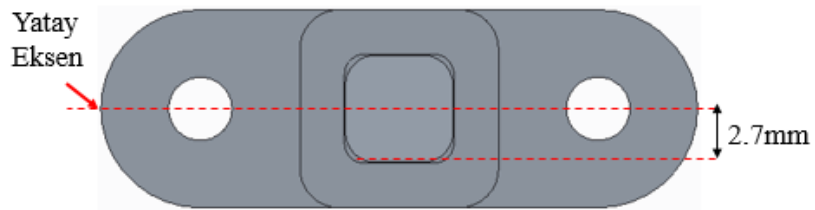
Şekil 4.5. Yakalayıcı kolu, yan görünüş

Yakalayıcının kalan iki parçası birbiri ile eş güdümlü olarak çalışan kapı diline benzer bir mekanizmanın parçalarıdır. İlk olarak yuva parçasının tasarımı ile başlanmıştır. Yuva kol üzerinde bulunan deliklere montajlanacağı için bu iki delikle eş merkezli olacak iki deliğe sahip olması gerekmektedir, yapılan iki delik kol ile aynı şekilde yuva parçasının yatay eksenine yerleştirilmiştir. Daha sonra dil parçasının oturacağı ve içinde hareket edebileceği kademe yapılmıştır. Dil parçasının yuvanın içinde dönmemesi için silindir yerine köşeli bir yapı tercih edilmiştir. Kademenin ön yüzüne yine aynı şekilde dil parçasının ucunun çıkabilmesi amacıyla köşeli bir kesik eklenmiştir. Dil parçası da bu kademe hareket edecek ve uç kısımdan dışarı çıkmayacak şekilde ters kademeli olarak tasarlanmıştır. Ayrıca uç kısmına pay verilerek ibre teline teması boyunca hareketinin daha kolay olması sağlanmıştır. Dil parçası ve yuvanın derinliği arasındaki fark ise basit bir yay sığacak kadar bırakılmıştır. Bunların yanı sıra dil parçasının cihaz sıfır konumunda iken ibre telinin üzerinde olması

gerekmektir. Bu sebepten kol parçası tasarlanırken bırakılan 3.2 mm eksen payı burada kullanılmıştır. Dil parçasının alt yüzeyi ile yuvasın yatay eksenindeki mesafe 2.7 mm olacak şekilde ayarlanmıştır. Çünkü ibre teli kalınlığı  $\varnothing 1$  mm olarak düşünölmüş ve kol üzerinde daire ile aynı eksende olacağı için ibre telinin üst yüzeyi ile yuvarın yatay ekseninde kalacak olan mesafe bu olacaktır. Şekil 4.6'de tasarlanan dil ve yuva parçası görölmektedir. Şekil 4.7'de ise yuva ve dil parçasının birbirlerine göre konumları gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Yakalayıcı A: Dil, B: Yuva



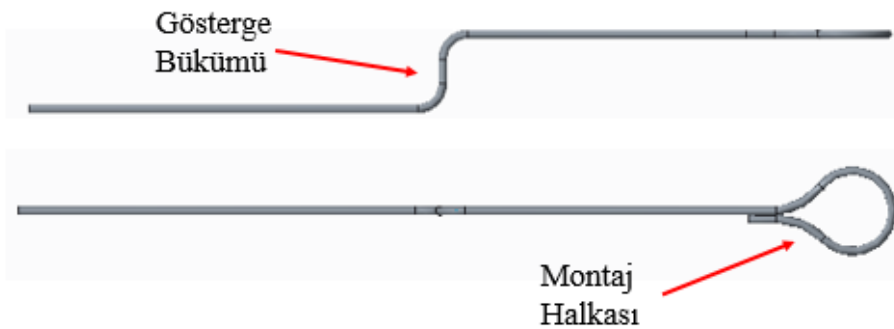
Şekil 4.7. Yuva ve Dil

Dil parçası ibre teli ile beraber hareket edeceği için hafif olması gerekmektedir. Bu sebeple çelik yerine alüminyum tercih edilmiştir. Yuva parçasında ise kademedeki ince et kalınlığının sağlam olabilmesi için çelik tercih edilmiştir. İki parça da CNC frezede üretilmiştir. Üretim sırasında dil parçasının yuvasında hareket edebilmesi için birbirlerine göre toleransları ve boşlukları denenerek üretim yapılmıştır.

Dikey desteğin ön yüzüne montajlanacak olan rulman ile bu daire kısım arasına yüzük şeklinde bir parça konulacaktır. Yakalayıcı kolu şaftın ön yüzeyinden vidalandığı zaman bu

yüzük de shaftın üzerine oturarak rulmana dayanacak ve rulman kademesi görevi görecektir. Yüzük ölçüleri rulman kataloğunda verilen değerler göre iç çap 10 mm, dış çap 11 mm olacak şekilde ayarlanmıştır. Et kalınlığı ise rulmanın yüzeyi ile yakalayıcı kolu arasında kalan uzunluk olan 2.5 mm olacaktır. Parça rulman yüzeyine basacağı için kuvvet altında yapısının bozulmaması için çelik malzemeden üretilmesi tercih edilmiştir. Silindirik bir şekle sahip olduğu için CNC torna ile üretimi yapılmıştır.

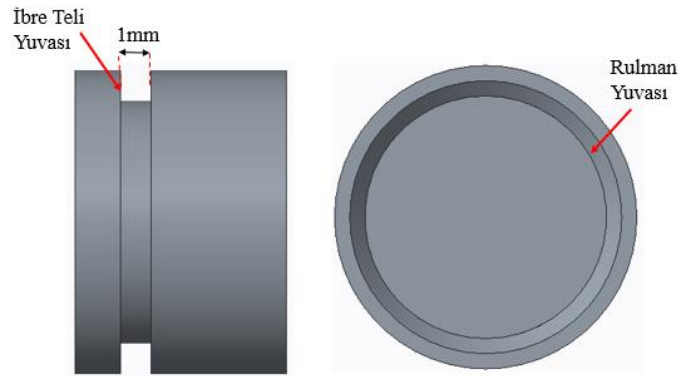
İbre, shaft ve kolun dairesi ile aynı eksende yer alırken yakalayıcının diline temas edecek şekilde konumlanmalıdır. Bunun yanı sıra ibrenin uç kısmı gösterge üzerinde geri sekme esneklik değerini gösterecektir. Düz bir ibre teli gösterge üzerinden düzgün bir okuma yapılmasına engel olacaktır, bu sebeple ibre telinin uç kısmı göstergeye yaklaşacak şekilde bükümlü olmalıdır. Bunu yanı sıra ibre, shaft ve yakalayıcı ile aynı merkezde dönmelidir, bunun için ibrenin uç kısmına montaj yapılabilmesi için halka şekli verilmiştir. Halka kısım ibre tutucunun etrafından geçerek üzerindeki yuvaya oturacaktır. İbre telinin kalınlığı olarak yakalayıcı tasarımında belirlenen değer olan  $\varnothing 1$  mm seçilmiştir. Tasarlanan ibre Şekil 4.8’de görülmektedir. İbre teli bükümü ilk olarak çelik yay telinden üretilerek denenmiştir. Fakat çelik tel istenen bükümlerin verilmesi için sert gelmiş tasarlanan form elde edilememiştir. Daha sonra daha yumuşak ve kolay şekil verilebilir malzeme olan bronz malzemeden tel ile mengene ve pense yardımı ile rahat bir biçimde tasarlanan şekil verilmiştir. Montaj halkası ibre tutucuya göre sıkı bir şekilde oluşturulacağı için bu kısım yuvanın üzerinde şekil verilerek yapılmıştır.



Şekil 4.8. İbre teli, yan ve ön görünüş

İbre tutucu shaft ile eş merkezli şekilde dönmeli ve ibre telini döndürmelidir. Bu nedenle ilk olarak ibre tutucunun düzgün bir şekilde dönebilmesini sağlayacak yataklama elemanı

olarak rulmanın seçilmesi gerekmektedir ve tasarımın ayrıntısı bu rulmana göre şekillenecektir. Yapılan katalog taraması sonucunda SKF W 627/5-2Z modeli seçilmiştir, rulmanın kataloğu EK-2’de verilmiştir. Seçilen rulmanın iç çapı 5 mm, dış çapı ise 8 mm ve et kalınlığı ise 2,5 mm ile tasarlanacak olan ibre tutucu için uygun ölçülerdedir. Bununla birlikte rulmanın kapaklı seçilmesi ise çalışma esnasında rulmanı her türlü toz ve kirden koruyarak uzun çalışma ömrü sağlayacaktır. Seçilen rulmanın oturacağı yuva katalogta verilen değere göre Ø8 mm olacak şekilde modellenmiştir. Cihaz çalışırken rulmana kenar yüzeyinden herhangi bir yük gelmeyeceği için rulmanın kenar dayamalarının yapılmasına gerek duyulmamıştır. Bunun yerine sadece dış halkası ve içi halkasından sıkı geçme ile montajı yapılacaktır. İbre tutucu üzerinde modellenen rulman yuvası ise 2,5 mm daha derin açılarak rulmanın kenar yüzeyinin sürtünmesi engellenmiş olacaktır. Bunların yanı sıra ibre tutucu esas görevini yapabilmesi için üzerinde ibre telinin takılmasını sağlayacak bir yuva bulunmalıdır. Bu amaç için uç kısmında 1 mm derinliğinde ve eninde bir yuva modellenmiştir. İbre telinin montaj halkası bu yuva içerisine sabitlenecektir. Tasarlanan ibre tutucu Şekil 4.9’da görülmektedir. İbre tutucu rulman ile beraber çalışacağı için aşınmaya karşı dayanıklı olan çelik malzemeden üretilmiştir. Silindirik kısmı CNC torna ile işlendikten sonra rulman yuvası CNC freze ile işlenmiştir. Rulman yuvası işlenirken hassas tolerans değeri yakalayabilmek için rulman ile deneme yapılarak açılmıştır. Bu sayede çalışma esnasında istenen sıkılık elde edilmiştir.

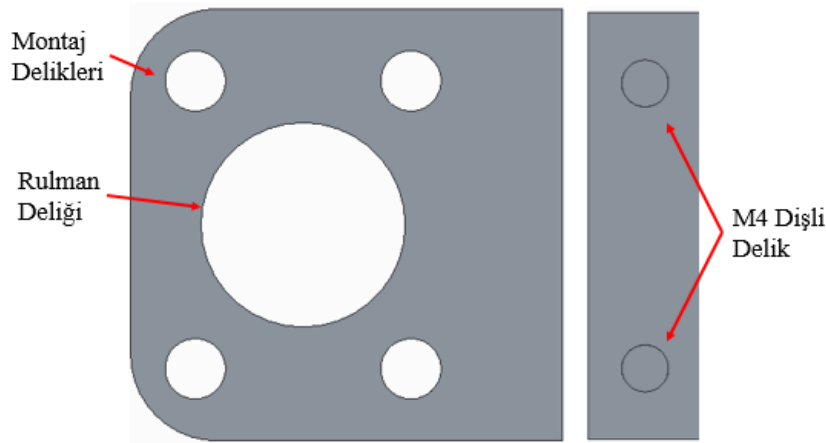


Şekil 4.9. İbre tutucu yan, arka görünüş

İbre tasarımı tamamlandıktan sonra cihaz üzerine montajlanması ve işlevsel çalışabilmesi için gerekli olan mekanizmanın tasarlanması aşamasına gelinmiştir. Ön tasarımda belirlenen

mekanizma sistemi bu kısımda detaylandırılmıştır. Bu kısımda üç parçalı destek, sürtünme diski ve ibre pimi yer almaktadır. İlk olarak üçlü destek kısmı tasarımı ile başlanmıştır.

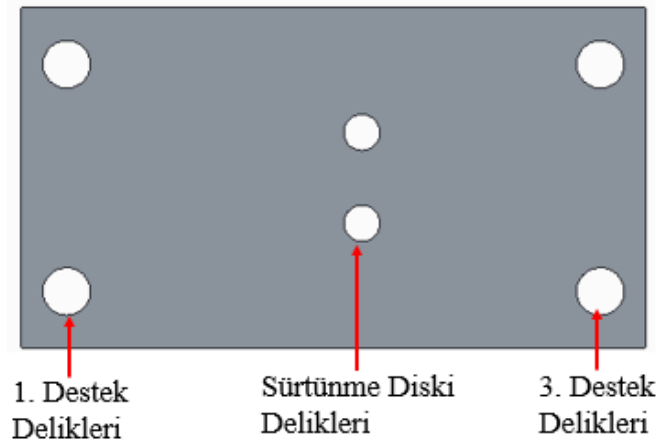
Destek parçasının birincisi mekanizmanın cihaza dikey destek üzerinden montajlanmasını sağlayacaktır. Mekanizmanın düzgün çalışabilmesi için ibre piminin montajlanacağı delik ile shaftın eş merkezli olması gerekmektedir. Bu sebeple birinci destek parçasının düşey eksenini shaft eksenine eşleştirecek şekilde dikey destek üzerinde konumlandırılmıştır. Bununla birlikte shaftın yatakladığı rulmanlardan arka yüzde kalanın dış yüzüne basması için bir kapak gereksiniminin de birinci destek parçası ile yapılması uygun olacaktır. Bu istekler ışığında ilk olarak rulman kataloğunda belirtilen dış yüzük basma çapına uygun ölçülerde deliğe sahip bir parça çizilmiştir. Dikey desteğe montajının sağlam olması ve rulmana düzgün olarak basabilmesi için ise dört köşeden M4 vida ile takılması uygun görülmüştür ve dört köşesine M4 vidanın geçebileceği delik bırakılmıştır. İkinci destek parçasının montajlanması için ise üst yüzeyine iki adet M4 dişli sahip vida deliği açılmıştır. Tasarlanan parça Şekil 4.10'da görülmektedir. Parça üzerine diş açılacağı ve rulmana basma görevi olacağı için üretimde çelik malzeme kullanılmıştır. Parçanın üretimi CNC freze ile yapılmıştır.



Şekil 4.10. İbre mekanizması, 1. destek, ön ve üst görünüş

İkinci destek parçası, ibrenin cihaza göre yatayda uzaklığını ayarlayacak parçadır, dolayısıyla boyunun buna göre ayarlanması gerekmektedir. Diğer taraftan, sürtünme diskinin montajı da bu parçaya yapılacağı için, ibre tutucuya göre sürtünme diskinin konumu da bu parça üzerinde açılacak delikler ile belirlenecektir. Bu gereksinimlere bağlı olarak,

ikinci destek parçası üzerinde, birinci desteğe montajı, sürtünme diskinin montajı ve son olarak üçüncü desteğin montajı için üç adet delik seti bulunmalıdır. Birinci desteğe montajı için açılacak delikler halihazırda birinci destek üzerinde yer alan vida deliklerine göre modellenmiştir. Bu iki delikle aynı doğrultuda olacak şekilde iki adet M4 vidaya göre delik de parçanın diğer ucuna üçüncü desteğin montajı için açılmıştır. Sürtünme diski için açılacak delikler, üçüncü destek tarafına daha yakın olmalıdır; çünkü dikey desteğin kalınlığı da birinci destek tarafında olacaktır. Bu şekilde tasarlanan ikinci destek Şekil 4.11’de görülmektedir. Malzeme olarak diğer destek parçaları ile uyumlu olması ve aşınmaya uğramaması için çelik kullanılmış, CNC frezede üretimi yapılmıştır.

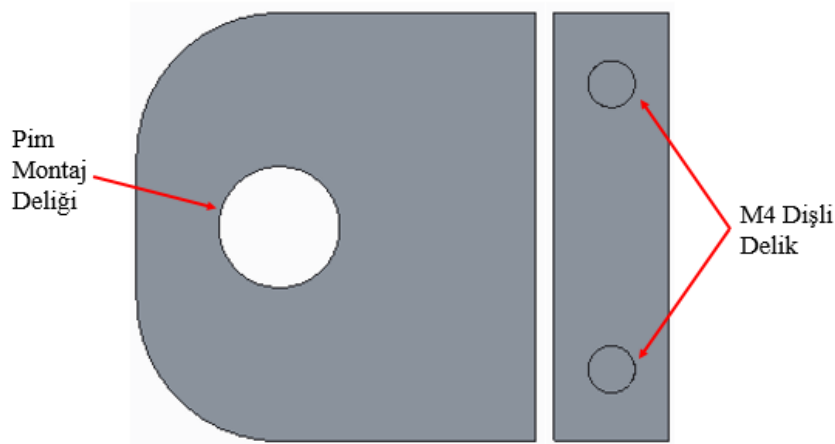


Şekil 4.11. İbre mekanizması, 2. destek, ön ve üst görünüş

U biçiminde tasarlanan üçlü desteğin son parçası üçüncü destek ise birinci destek parçası ile benzer bir şekle sahip olacaktır. Birinci destek parçasında açılan dördümlü montaj deliği bu parçada olmayacak, rulman deliği yerine ise ibre pimi için delik açılacaktır. Parçanın tasarımının sonlandırılması için ibre piminin nasıl yapılacağı belirlenmesi gerekmektedir. Ön tasarımda belirlenen şekli ile sabit bir yatağa sahip olacak ibre pimi, ölçüm sonrasında cihazın tekrar sıfır konumuna alınırken yakalayıcı ve ibre telinin çakışmasına sebep olacaktır. Bu durumda ibre teli esnetilerek yakalayıcının üzerinden atlatılacaktır. Bu işlemden uzun vadede ibre telinin deforme olmasına sebep olacaktır. İstenmeyen bu durumun önüne geçilmesi için ibre piminin, ibreyi yakalayıcıdan istendiği zaman uzaklaştıracak şekilde hareketli bir yapıya sahip olması gerekmektedir. Bu ölçülerde yapılacak mekanizmanın üretimi hem zor hem de maliyetli olacağı için hazır ürün ile bu işlemin sağlanmasına karar verilmiştir. Yapılan katalog taraması sonucunda çekmeli indeksleme pimi olarak



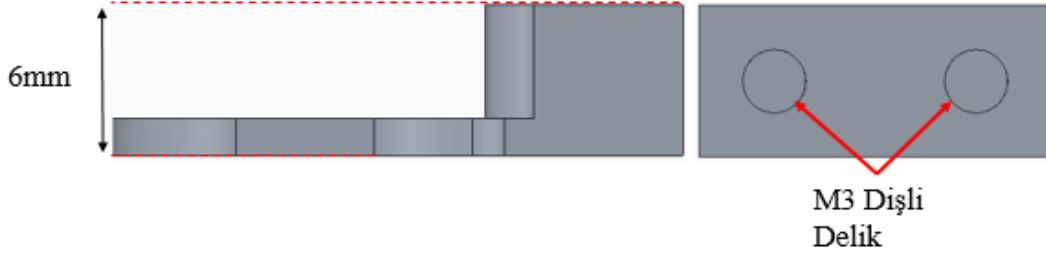
isimlendirilen ürünlerin kullanılabilmesine karar verilmiştir. Çekmeli indeksleme pimleri, uç kısmında bulunan pim çıkıntısının, arka kısmında bulunan koldan çekilmesi ile yuvasına doğru hareket etmesine ve kol serbest bırakıldığı zaman eski konumuna geri gelmesine imkân veren yaylı mekanizmaya sahip ürünlerdir. Yuvanın dışında pimin büyüklüğüne göre değişiklik gösteren vida dişleri sayesinde de montajı sağlanmaktadır. Ek-3'te seçilen çekmeli indeksleme piminin katalogu verilmiştir. İbre tutucunun rulmanının takılabilmesi için katalogda pimi 5 mm çapa sahip olan YK03-01-10-33 numaralı model tercih edilmiştir. Pimin montajı için verilen vida dişi M10x1 mm ölçüye sahip olduğundan üçüncü destek parçasının üzerine de bu ölçüde dişe sahip delik konulmuştur. Birinci destek parçasında olduğu gibi üst yüzeyine ikinci destek parçasına montajlanması amacıyla iki tane M4 dişli delik eklenmiştir. Tasarlanan üçüncü destek parçası Şekil 4.12'de verilmiştir. Üretimi için birinci destekte olduğu gibi dişli delikler için çelik tercih edilmiştir ve CNC freze ile üretilmiştir.



Şekil 4.12. İbre mekanizması, 3. destek, ön ve üst görünüş

İbre mekanizmasının son parçası ise sürtünme diskidir. Bu parça, ibre tutucunun önünde yer alacak ve ibre tutucuya doğru düz bir yüzey oluşturacaktır. İbre piminin vidalı yapısı sayesinde ibre tutucu sürtünme diskine doğru ileri geri hareket ettirilerek bu iki parça arasındaki sürtünme kuvveti ayarlanacaktır. Bu sayede ibre tutucu ve ibre telinin kendi ağırlığı ile dönmesi, ölçüm yapılırken ölçülen değer üstünde sabit kalması sağlanacaktır. Sürtünme değerinin ölçülmesi ve hesaplanması pratikte çok zor olacağı için bu kısım montajdan sonra deneyerek ayarlanmıştır. Sürtünme diski için ikinci destek parçası üzerinde bırakılan montaj deliklerine vida deliği açılması ve ibre tutucuya doğru düz bir yüzey

bırakılması gerekmektedir. İlk olarak üst yüzeye iki adet M3 dişli sahip delik eklenmiştir. Parçaya diş açılabilmesi için bu kısmın kalınlığı 6 mm olarak ayarlanmıştır fakat delik bitiminden itibaren 1.5 mm düşürülmüştür. Tasarlanan sürtünme diski Şekil 4.13'te görülmektedir. Malzeme olarak, sürtünme ile aşınmaya dayanıklı olması için çelik tercih edilmiş olup üretimi CNC freze ile yapılmıştır.



Şekil 4.13. Sürtünme diski, yan ve üst görünüş

Bu kısımda tasarımı yapılacak olan diğer bir parça ise göstergedir. Gösterge dikey destek üzerine montajlanacak ibrenin dönme eksenini eş merkezli olacak bir daire şeklinde olacaktır. Gösterge üzerine 0 ve 85 arasında birer birimlik aralıklarla geri sekme esneklik değerleri işlenecektir. Gösterge tasarımına başlanmadan önce üzerine işlenecek geri sekme esneklik değerleri çizgilerinin konumlarının belirlenmesi gerekmektedir. Çizgilerin konumu için her geri sekme esneklik değerine karşılık gelen açı belirlenmiştir. Açı değerleri aşağıda verilen eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır.

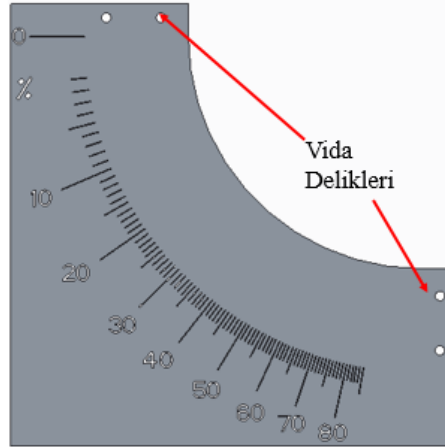
$$R = (1 - \cos(\alpha)) * 100 \quad (4.7)$$

$$\cos(\alpha) = 1 - \frac{R}{100} \quad (4.8)$$

$$\alpha = \cos^{-1} \left( 1 - \frac{R}{100} \right) \quad (4.9)$$

Yukarıda verilen üçüncü eşitlik birden yüze kadar olan her değer için hesaplanmış, her değer için  $\alpha$  değeri bulunmuştur. Hesaplanan değerlerin tablosu Ek-4'te verilmiştir. Daha sonra gösterge tasarımı için yatay eksen sıfır kabul edilerek daire merkezinden bu açılarda çizgiler çizilmiştir. İbre teli kalınlığı 1 mm olduğu için çizgilerde 1 mm kalınlığa getirilmiştir. Her beşer birimlik ve onar birimlik değer ölçüm esnasında kolay görülebilmesi için uzatılmış ve çizgilerin sonlarına da değerleri rakam ile işlenmiştir. Hesaplanan açı değerleri sıfırdan doksan dereceye kadar olduğu için gösterge çeyrek daire şekline tasarlanmıştır. Son olarak

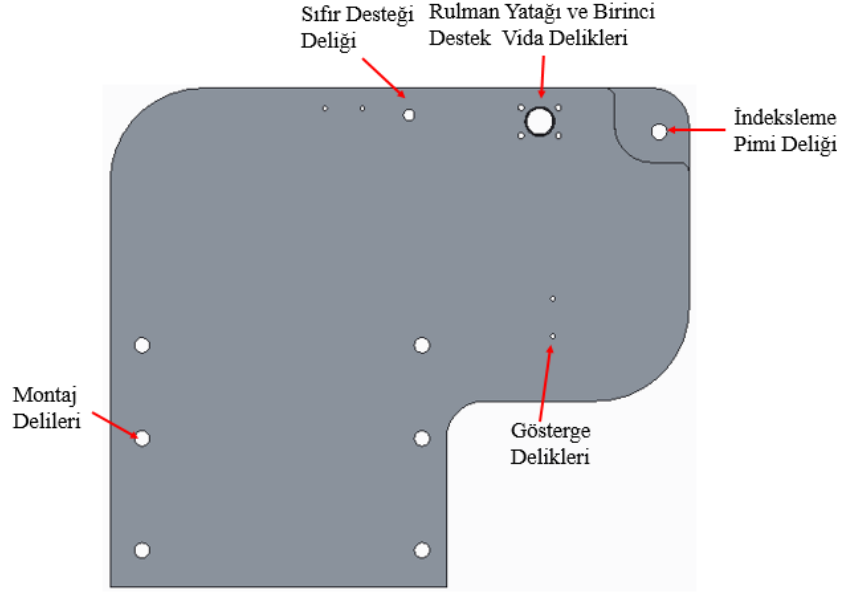
göstergenin iki ucuna ikişer tane olmak üzere montaj vida delikleri eklenmiştir. Tasarlanan gösterge Şekil 4.14’da görülmektedir. Göstergenin üretimi iki farklı yöntem kullanılarak yapılmıştır. Üzerindeki çizgiler ve sayı değerleri lazer kazıma ile sac plakanın üzerine kazınmıştır ve lazer kesim ile dış şekli ve vida delikleri kesilmiştir.



Şekil 4.14. Gösterge ön görünüş

Bu kısımda yer alan son parça ise dikey destektir. Bu parça yukarıda anlatılan diğer parçaların montajlanacağı ve ayrıca bu kısmın cihaza montajının sağlanacağı parçadır. Bu nedenle bu parça diğer parçaların ve bu parçanın cihaza montajlanacağı delikler bulunan düz bir plaka olarak modellenmiştir. Montaj delikleri diğer parçaların birbirlerine göre olması gereken konumlara göre ayarlanmıştır. Şaftı yataklayacak SKF W61700 X-2ZS rulmanının yuvası ise katalogta verilen değere göre tasarlanmıştır. Bunun yanı sıra sarkacın ölçüm sırasında doksan derecede yatay olarak sabit durması ve ölçüm anında serbest kalabilmesi amacıyla ibre mekanizmasında kullanılan çekmeli indeksleme pimi kullanılmıştır. Sarkaç yatay konumdayken indeksleme pimini sarkaç koluna destek sağlayacağı konumda dikey destek üzerine M10x1 mm dış ölçüsüne sahip delik açılmıştır. Bu sayede sarkaç yatay konumda indeksleme pimine takılarak duracak ve pimin kolu çekildiği anda serbest kalıp numuneye çarpacaktır. İbrenin sıfır konumu belirleyen sıfır desteği ise dikey destek üzerine göstergenin sıfır çizgisine göre konumlandırılmıştır, sıfır desteği için ayrı parça üretmek yerine tespit pimi kullanılmıştır. Dikey desteğe son olarak cihaza montajı için M8 uygun olacak şekilde altı tane delik açılmıştır. Bu delikler üçerli olarak burçlu destek ve vidalı desteğe montajlanacaktır. Tasarlanan dikey destek parçası Şekil 4.15’te görülmektedir. Malzeme olarak dış açılması, rulmanlara yataklama yapması amacı ile çelik kullanılmıştır.

Üretim iki aşamalı yapılmış olup ilk olarak dış şekli lazer kesimde yapılmış ikici olarak konum delikleri CNC freze ile açılmıştır.



Şekil 4.15. Dikey destek, ön görünüş

#### 4.1.3. Numune Tutucu Tasarımı

Numune tutucu kısım tasarımı için standart test prosedürü içerisinde tasarımı kısıtlayıcı ölçü ve gereksinimler verilmemekle beraber numuneyi ölçüm esnasında dikeyde bir desteğe ihtiyaç olmadan sarkacın çarpacağı yerde geri sekme esneklik değerini değiştirmeyecek kadar sıkıca sabit tutması yeter olacağı belirtilmiştir. Bunun yanı sıra numune tutucu için yapıştırmalı, mandal, mengene veya bunların herhangi bir kombinasyonu kullanılarak tasarım çözümünün yapılabileceği tavsiye edilmiştir. Yukarıda da belirtildiği üzere numune tutucu kısım için mengene prensibinde çalışan bir tasarım yapılmıştır.

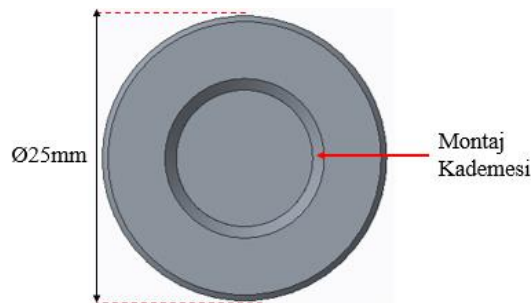
Numune tutucu tasarımına ilk olarak numune destek parçasından başlanmıştır. Bu parça numunenin dayanacağı ve sıkıştırarak sabitlenmesini sağlayacak sabit parçadır, ölçüm esnasında sarkacın izaçarının numuneye çarpa bilmesi için ise üzerinde izaçarın geçeceği kadar bir delik bulunması gerekmektedir. Bu gereksinimler doğrultusunda üzerinde Ø20 mm ölçüsünde delik bulunan bir parça modellenmiştir. İzaçar çapı 13 mm olduğu için 20 mm çapında bir delik çarpma boşluğu için rahatlıkla yeterli olacaktır. Daha sonra parçanın sabitlenmesi için alt yüzeyine M4 vida dişine sahip iki adet delik eklenmiştir. Destek tablası üzerine alt yüzeyinden bu delikler sayesinde montajlanarak sabitlenecektir. Destek tablası

üzerindeki konumu ise sarkacın yatay ekseninde olduğu durumda numuneye çarpacağı şekilde ayarlanacaktır. Tasarlanan parça Şekil 4.16’de görülmektedir. Parçaya dış açılacağı için malzeme olarak çelik tercih edilmiş üretimi ise CNC frezede yapılmıştır.



Şekil 4.16. Numune destek, ön ve alt görünüş

Numune yatağı, mengene biçiminde tasarlanan numune tutucunun hareketli çenesi olarak çalışmaktadır. Numune yatağının hareket etmesini sağlayan mekanizma parçası ise vidalı mildir. Numune yatağı tasarımı için silindir şeklinde bir parça modellenmiştir. Silindirin çapı için numuneyi düzgün şekilde sıkıştırabilmesi ve numune desteğine dayanabilmesi amacı ile numune desteğindeki delik ölçüsünden büyük olacak şekilde Ø25 mm olarak ayarlanmıştır. Vidalı mil üzerine yataklanabilmesi için numune yatağının arka kısmına bir kademe eklenmiştir. Montajlama için vidalı milin ucuna sıkı geçme ile sabitlenmesini tercih edildiğinden kademeye vida deliği eklenmiştir. Tasarlanan numune yatağı parçası Şekil 4.17’de görülmektedir. Yataklama parçası olduğu için malzeme olarak çelik tercih edilmiştir, silindirik bir yapıya sahip olduğu için CNC torna ile üretilmiştir.



Şekil 4.17. Numune yatak, arka görünüş

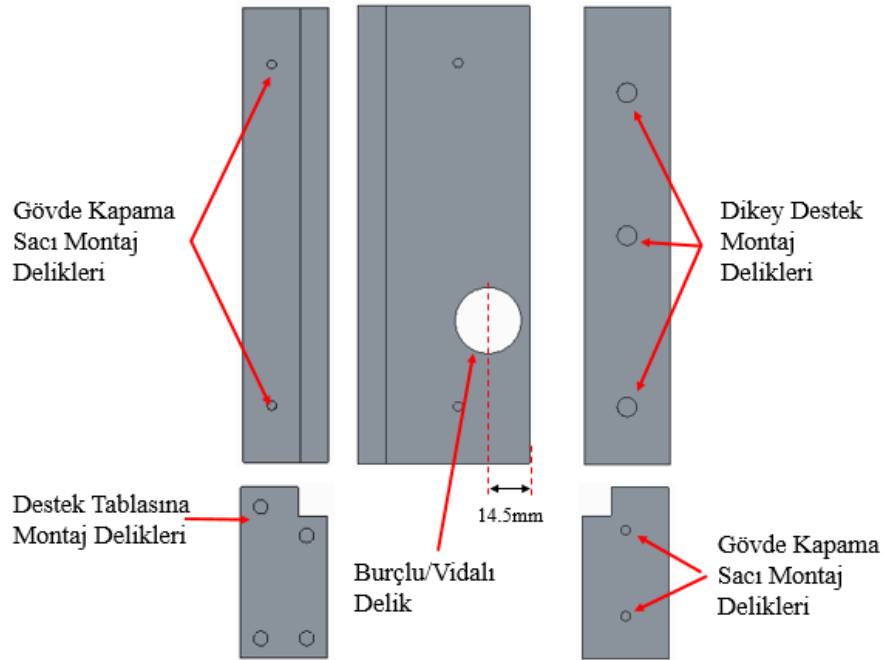
Mengene şeklindeki numune tutucunun hareketi verecek parçası vidalı mil, isminden de anlaşılacağı gibi üzerinde vida dişi açılmış bir mil olacaktır. Dişli kısım haricinde yataklamaya destek olması için düz mil ve numune yatağının montajlanacağı kademenin bulunması gerekmektedir. Vida dişi olarak standart diş yerine ince kısa diş adımına sahip diş tercih edilmiştir. Diş ölçüsü olarak M18x1.5 mm seçilmiştir çünkü diş çapı numune yatağından bırakılan montaj kademesinden büyük olmalıdır. Milin düz kısmının çapı burçlu destekten geçerek vidalı desteğe montajlanabilmesi için diş çapından büyük olması gerekir bu nedenle bu kısmın çapı 20 mm olarak ayarlanmıştır. Vidalı milin kullanıcı tarafından rahat bir biçimde kullanılması ve döndürülebilmesi için arka kısmına bir kol eklenmiştir. Bu kolu üretmek yerine hazır ürün kullanılmıştır. Yapılan katalog taraması sonucunda KAMA markasının 1139 33 507 numaralı kulp modeli seçilmiştir. Seçilen ürünün kataloğu Ek-5 de verilmiştir. Katalogda verilen montaj bilgisi ile vidalı milin arka kısmına M8 dişli delik açılmıştır. Tasarlanan vidalı mil Şekil 4.18’de görülmektedir. Parçada vida dişleri açılacağı ve yataklama yapacağı için malzeme olarak çelik kullanılmış olup, silindirik yapısı sebebiyle üretimi CNC torna ile yapılmıştır.



Şekil 4.18. Vidalı mil, yan ve arka görünüş

Vidalı milin, dikey desteğin ve gövde kapama saçlarının montajlanacağı kısım ise vidalı ve burçlu destek parçalarıdır. İki parça genel şekli itibari ile simetrik olacaktır, yalnızca vidalı destek üzerinde vidalı milin dişli kısmına uygun dişli delik, burçlu destek üzerinde ise vidalı milin düz kısmına uygun şekilde burçlu delik bulunacaktır. Şaft tasarımında verilen 14,5 mm ölçü destekler üzerinde açılacak vidalı ve burçlu delikler tasarım gereksinimidir. Vidalı destek üzerinde açılacak vida dişinin ölçüsü vidalı mil üzerindeki M18x15 mm ile aynı olacaktır. Burçlu destek üzerinde ise vidalı milin düz kısmına uygun şekilde burç eklenmelidir. Burç seçimi için hazır ürün katalogları taranmış ve vidalı mile uygun olarak Trans-Rul firmasının TRA 010 serisi içerisinde iç çapı 20 mm olan burç seçilmiştir. Burcun kataloğu Ek-6’da gösterilmiş olup katalogta verilen yuva ölçüsüne göre 23 mm çapında yuva deliği burçlu destek üzerine eklenmiştir. Hem burçlu hem de vidalı destek parçasında

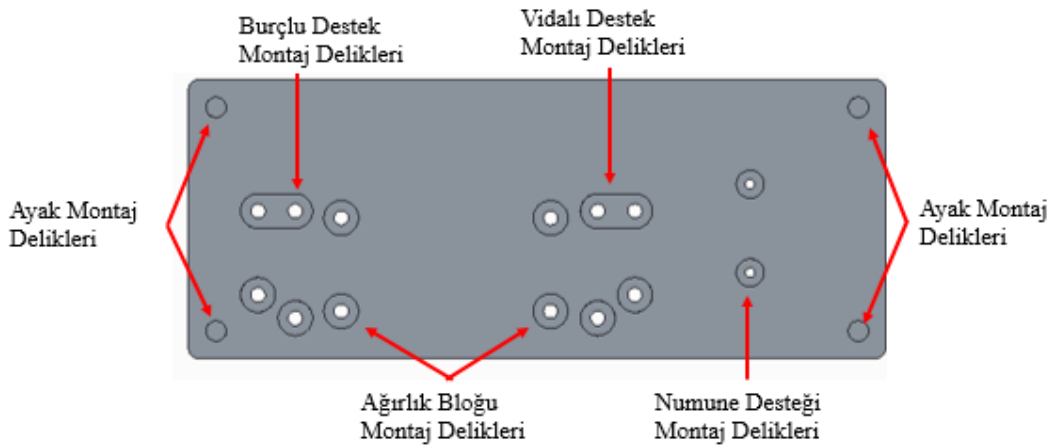
açılan vidalı mil delikleri dikey desteğin montajının yapılacağı yüzeyden 14,5 mm mesafede olacak şekilde ayarlanmıştır. Bununla birlikte, bu yüzeye dikey destek üzerindeki vida deliklerine uygun olarak üçer adet M8 dişli delik açılmıştır. Üst, arka ve yan yüzeylerine ise gövde kapama saçları montajı için ikişer adet M4 dişli delik eklenmiştir. Son olarak destek tablasına montajı için alt yüzeylerine dörder adet M6 dişli delik açılmıştır. Tasarlanan vidalı ve burçlu destek parçasının görüntüsü Şekil 4.19’da verilmiştir. Şekilde gösterilen burçlu/vidalı delik burçlu destek için burç ölçüsüne göre vidalı destek için ise diş ölçüsüne göre modellenmiştir. Diğer kısımlar iki parça içinde aynıdır. Parçaların üzerinde diş olduğu ve destek görevi gördüğü için malzeme olarak çelik tercih edilmiştir, üretim ise CNC freze ile yapılmıştır.



Şekil 4.19. Vidalı ve burçlu destek, arka, yan, ön, alt ve üst görünüşler

Numune tutucu kısmın son parçası ise destek tablasıdır. Destek tablası vidalı, burçlu destek ve numune destek parçalarının montajlanacağı parça olacaktır, aynı zamanda cihazın üzerinde duracağı ana parça görevi de üstlenecektir. Bu sebepten destek tablası üzerinde montaj delikleri konumlandırılmış ve alt kısmına taşıyıcı ayak eklenmiş olan bir parça tasarlanmıştır. Destek tablasına uygun olacak ayak katalog taraması yapılarak bulunmuştur. Sanay Bakalit firmasının SAMTKOK 60 10x50 kod numaralı modeli seçilmiştir, ürünün kataloğu Ek-7’de yer almaktadır. Seçilen ayağın 60 mm taban çapı olması cihazın ağırlığının

denge de durması için yeterli olacaktır, krom kaplı metal malzemeden üretilmiş olması ise paslanma ve aşınma durumlarından uzun süreli koruma sağlayacaktır. Ayrıca oynar tabana sahip olması cihazın kurulumu esnasında zeminde düzlemsellik aranmaksızın cihazın yere paralel konumu getirilmesini sağlayacaktır. Seçilen ayak M10 vidaya sahip montaj ara yüzüne sahip olduğu için destek tablasının dört köşesine M10 dişli delik eklenmiştir. Bunun yanı sıra vidalı ve burçlu destek montajı için dörder adet M6 vidaya göre, numune destek montajı için ise M4 vidaya uygun delik eklenmiştir. Ayrıca gövde kısmında anlatılacak olan ağırlık bloğu parçası için ise dört adet M6 vidaya uygun delik eklenmiştir. Destek tablasının kalınlığı alt yüzeyden vida ile montaj için uzun geleceği için vida deliklerine kademe verilerek kullanılacak vidaların boylarının kısa seçilmesi sağlanmıştır. Tasarlanan destek tablası Şekil 4.20’de görülmektedir. Üzerinde dış açılacağı için ve cihaz dengesi sağlayacak ağırlığı sağlaması açısından malzeme olarak çelik tercih edilmiştir, üretimi ise CNC freze ile yapılmıştır.



Şekil 4.20. Destek tablası, alt görünüş

#### 4.1.4. Gövde Tasarımı

Gövde kısmı, geri sekme esneklik ölçüm cihazının tasarımı yapılacak son bölümdür. Bu kısımda cihazın numune tutucu bölümündeki hareketli mekanizmanın çalışmasını engelleyecek her türlü çevresel faktörü girmesi engelleyecek aynı zamanda kullanıcının bu kısma erişimini engelleyerek güvenliği sağlayacak kapamalar bulunmaktadır. Bunun yanı sıra standart test prosedüründe yer alan gereksinimlerden olan cihaz ağırlığının efektif çarpma kütlelerinin yüz katı olması istenirinin sağlanması için ağırlık bloğu yer almaktadır.

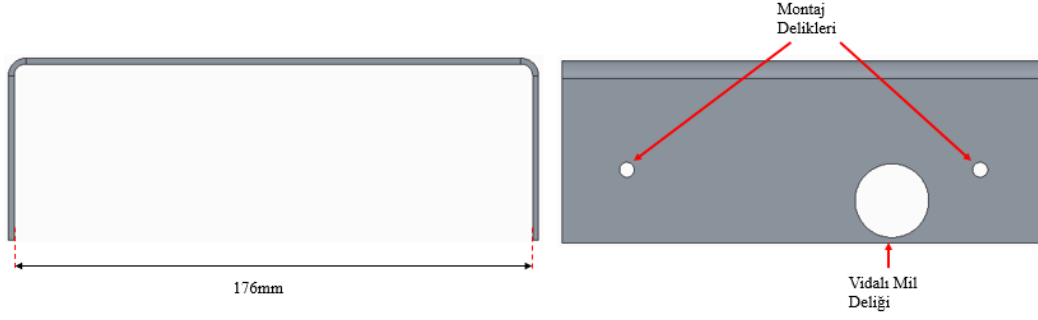


İlk olarak ağırlık bloğu tasarımı yapılmıştır. İsminden de anlaşılacağı üzere tasarım gereksiniminin sağlanması için gerekli olan eksik ağırlık 2 kg civarındadır. Bu ağırlığın sağlanması için dikdörtgen şeklinde bir blok modellenmiştir. Cihaz üzerine montajının rahat bir şekilde yapılabilmesi için vidalı ve burçlu destek arasına sığacak şekilde 116 mm x 60 mm ölçülerinde tasarlanmıştır. Ağırlık için yapıldığı ve üzerine dişli delik bulunacağı için malzemesi çelik seçilmiştir. Çelik malzeme ile yaklaşık 2 kg ağırlığı sağlaması için yüksekliği 35 mm olarak ayarlanmıştır. Destek tablasına montajı içinse alt yüzeyinin dört köşesine M6 dişli delik açılmıştır. Tasarımı yapılan ağırlık bloğu Şekil 4.21’de görülmektedir. Parça CNC freze kullanılarak üretilmiştir.



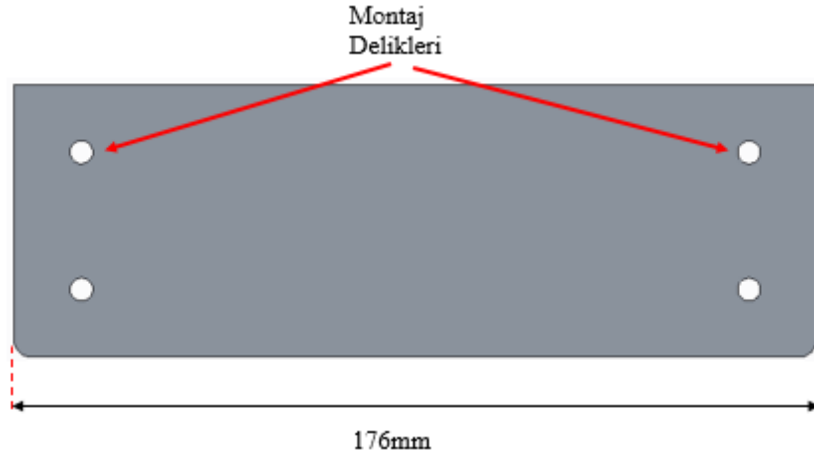
Şekil 4.21. Ağırlık bloğu, alt görünüş

Gövde bölümünün kapama parçaları iki tanedir. Bunlardan ilki cihazın arka kısmını diğeri ise üst kısmını kapamak için yapılmıştır. Arka kapama parçası U şeklinde tasarlanarak cihazın yan kısımlarından arkaya doğru devamlılık sağlayarak konumlandırılması sağlanmıştır. U şeklinin ölçüsü vidalı ve burçlu desteğin dıştan dışa ölçüsünü sağlayacak şekilde 176 mm olarak ayarlanmıştır. Vidalı ve burçlu destek üzerinde yer alan dişli deliklere montajlanacak şekilde M4 vidaya uygun arka tarafında dört yanlarda ise ikişer adet delik açılmıştır. Vidalı milin her iki taraftan da çıkması için yan kısımlarda buna göre delikler bırakılmıştır. Tasarlanan arka kapama parçası Şekil 4.22’de görülmektedir. Malzeme olarak 2 mm sac plaka kullanılmış olup üretimi iki aşamalı olarak yapılmıştır. Öncelikle lazer kesim ile dış şekli delikleri kesilmiş daha sonra sac büküm ile U şekli verilmiştir.



Şekil 4.22. Arka kapama, yan ve üst görünüş

Üst kapama parçası vidalı ve burçlu destek parçalarının üst yüzeyine montajlanarak buradaki açıklığı kapatacaktır. Bu nedenle uçtan uca iki desteğin üzerini kaplayacak şekilde uzunluğu arka kapama olduğu gibi 176 mm olarak ayarlanmıştır. Ayrıca ikişer adet M4 vida ile hem burçlu hem vidalı desteğe montajlanacağı için bu parçaların üst yüzeylerinde bulunan dişli deliklere göre parça üzerine dört adet vida deliği açılmıştır. Tasarlanan üst kapama parçası Şekil 4.23'te görülmektedir. Malzeme olarak arka kapamada olduğu gibi 2 mm saç plaka kullanılmış olup, üretimi lazer kesim ile yapılmıştır.



Şekil 4.23. Üst kapama, üst görünüş

#### 4.2. Geri Sekme Esneklik Ölçüm Cihazının Montajı

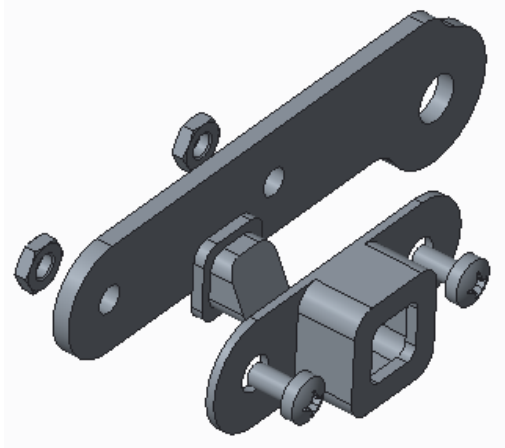
Geri sekme esneklik ölçüm cihazının tasarımında yer alan tüm parçaların üretilmesinin ardından ve hazır ürün olarak seçilen parçaların temin edilmesinden sonra cihazın montaj aşamasına geçilmiştir. Cihazın montajı alt kademelere bölünerek tamamlanmıştır.

İlk olarak üç parçadan oluşan sarkacın alt montajı yapılmıştır. İzaçar çekiç üzerindeki yuvasına takılmış ve çekicinin arka kısmından M5 vida ile montajlanmıştır. Daha sonra sarkaç kol, çekiç üzerinde bulunan vida deliğine takılmıştır. Montaj biçimi Şekil 4.24'te görülmektedir. Sarkacın montajlı hali alt montaj olarak ayarlanmış cihaza montajı devam eden aşamalarda yapılmıştır.



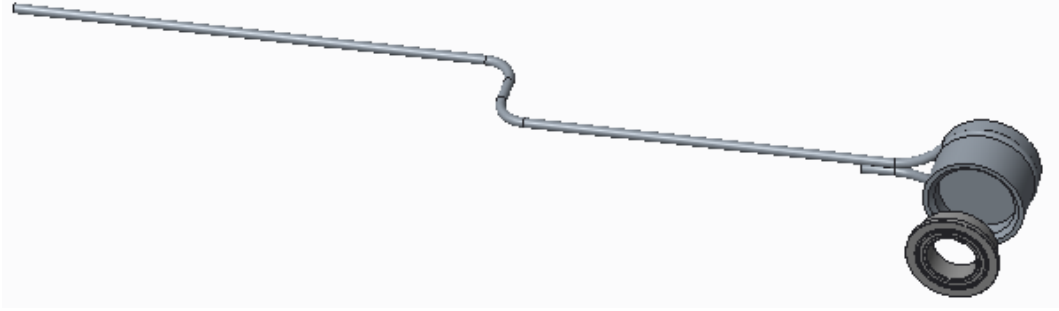
Şekil 4.24. Sarkaç montajı

Üç parça ve yaydan oluşan yakalayıcıda aynı şekilde alt montaj olarak ayrı bir biçimde birleştirilmiştir. Yakalayıcının dili arkasına yayı yerleştirilerek yuvaya oturtulmuştur. Dil ve yuva ise kola M2 vida ve somunla tutturulmuştur. Montaj biçimi Şekil 4.25'te görülmektedir.



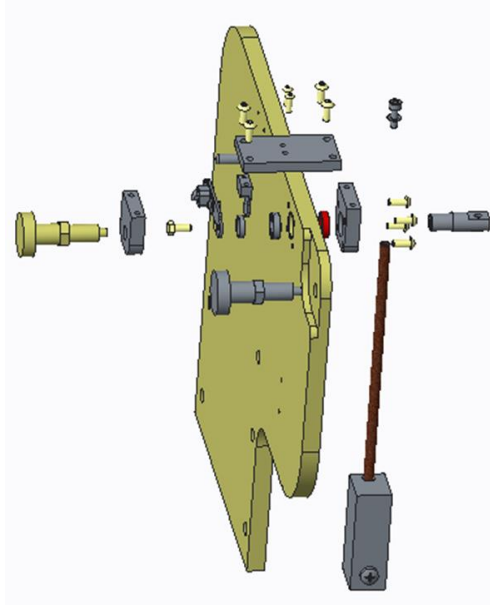
Şekil 4.25. Yakalayıcı montajı

İbre teli Z şeklinde büküm yapıldıktan sonra montaj halkası kısmı ibre tutucu etrafına sarılarak oluşturulmuştur. İbre tutucunun rulman yuvasına SKF W627/5-2Z montajı yapılmıştır. Bu üç parçada alt montaj biçiminde ayarlanmış ve cihazın geri kalan kısmına takılmak üzere hazırlanmıştır. İbrenin montajlanma biçimi Şekil 4.26'da görülmektedir.



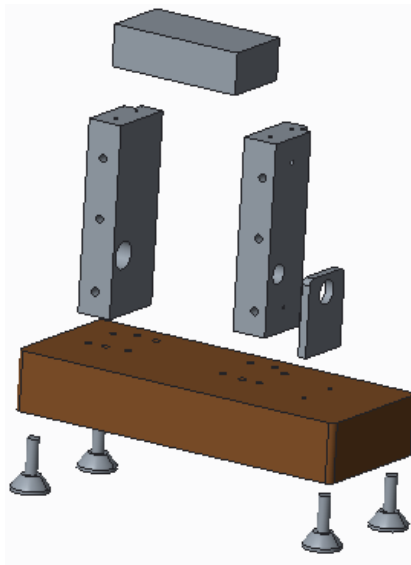
Şekil 4.26. İbre montajı

Daha sonra dikey desteğin ön ve arka yüzlerindeki rulman deliklerine SKF W61700 X-2ZS rulmanları takılmıştır. Arka yüzdeki rulmanın üzerine birinci destek parçası dikey destek üzerindeki deliklere dört tane M4 vida ile takılmış ve shaft parçası rulmanların içerisine yataklanmıştır. Shaftın arka kısmında bulunan kademeye sarkaç oturtularak üst yüzeyden M4 vida ve pul ile shaftın ön yüzeyinden yüzük parçası geçirilerek yakalayıcı M4 vida ile shaft merkezinde bulunan deliğe sabitlenmiştir. Yakalayıcı ve sarkacın montajı yapılırken sarkacın yere göre dik olduğu konumdayken yakalayıcıda yere göre paralel biçimde sabitlenmiş ikisi arasındaki açı dik açı olacak şekilde ayarlanmıştır. Sıfır desteği pimi de dikey destek üzerindeki yuvasına M4 vida ve pul ile takılmıştır. Bu aşamada son olarak indeks pimleri ise sırayla dikey destekteki yerine ve üçüncü destek parçası üzerindeki yerine takılmıştır. Yapılan alt montaj ve bağlantı şekli Şekil 4.27'de görülmektedir.



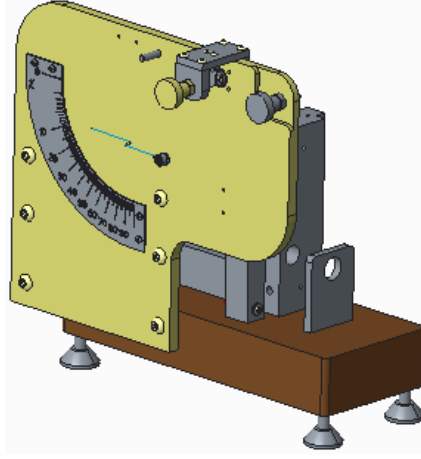
Şekil 4.27. Sarkaç ve yakalayıcının montajı

Cihazın alt kısmının montajı ilk olarak destek tablasına seçilen hazır ayakların montajı yapılarak destek tablasının düz şekilde durması sağlamıştır ve montajın geri kalanını daha rahat yapılması sağlanmıştır. Daha sonra burçlu destek, vidalı destek ve ağırlık bloğu parçaları dörder adet M6 vida ve pul ile destek tablası üzerindeki yerlerine montajlanmıştır. Bu kısımdaki son aşamada ise numune desteği parçası iki adet M4 vida ve pul ile destek tablasına takılmıştır. Yapılan montaj şekli Şekil 4.28’de gösterilmiştir.



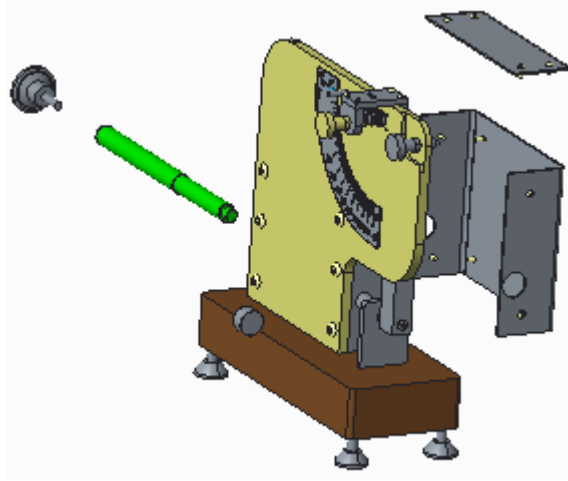
Şekil 4.28. Numune tutucu montajı

Şekil 4.27’de gösterilen montajlı kısım vidalı ve burçlu destek üzerindeki yerine dikey destek üstündeki altı adet M8 vida ile montajlanmıştır. Sonrasında ise Şekil 4.26’da gösterilen ibrenin alt montajı üçüncü desteğe takılmış olan indeksleme piminin uç kısmına SKF W627/5-2Z ile yataklanmıştır. Bu aşamada son olarak ise gösterge dört adet M3 vida ile dikey destek üzerine yerine takılmıştır. Yapılan montaj aşamaları Şekil 4.29’da gösterilmiştir.



Şekil 4.29. Dikey destek montajı

Montajın son aşaması olarak gövde kapamaları ve vidalı mil montajı yapılmıştır. Bunun için ilk olarak arka kapama vidalı ve burçlu destek üzerine oturtulmuş arka ve yan kısımlarından dörder adet vida ile desteklere takılmıştır. Üst kapama ise yine vidalı ve burçlu destek üzerine ikişer adet M4 vida ile montajlanmıştır. Vidalı mil montajı bu aşamadan sonra yapılmıştır çünkü vidalı mil takılıyken arka kapamanın montajı mümkün olmayacaktır. Vidalı milde burçlu destek deliğinden içeri doğru sokularak vidalı kısmı vidalı desteğe takılmıştır. Karşı taraftan çıktıktan sonra ise numune yatağı vidalı mil üzerindeki yerine yataklanmıştır. Son olarak vidalı mil için seçilen kulp milin arkasına montajlanarak montaj tamamlanmıştır. Yapılan montaj aşaması Şekil 4.30’da görülmektedir.



Şekil 4.30. Vidalı mil ve kapamalar montajı

### 4.3. Geri Sekme Esneklik Ölçüm Cihazının Doğrulanması

Geri esneklik ölçüm cihazının ölçümü cihazının tasarım, üretim ve montaj aşamaları tamamlandıktan sonra cihazın doğrulanması yapılmıştır. Yukarıda da belirtildiği gibi geri sekme esneklik ölçüm cihazının doğrulanması iki aşamada yapılacaktır. Bunlar sırası ile standart test prosedüründe tanımlanmış isterlerin kontrolü ve geri sekme esneklik değeri bilinen numuneler ile yapılan karşılaştırmalı ölçümlerdir.

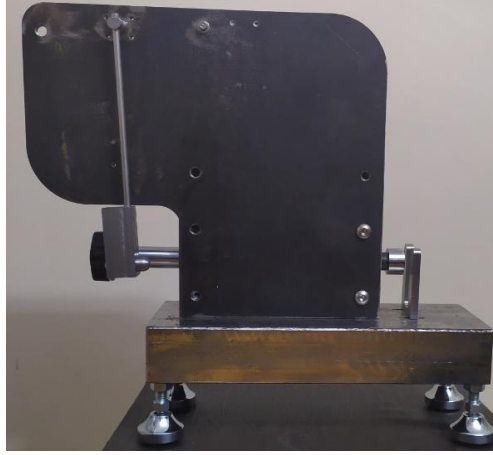
#### 4.3.1. Standart Test Prosedürü Gereksinimlerinin Doğrulanması

Cihazın detay tasarımları Standard test prosedüründe belirtilen gereksinimler dikkate alınarak yapılmıştır. Fakat cihazın sürtünme ve periyot ile ilgili gereksinimleri tasarım aşamasında doğrulanamayacağı için üretim ve montaj aşaması sonrasında yapılan testler ile doğrulanmıştır.

Daha önce belirtildiği gibi standart test prosedüründe cihazın çalışma anındaki sürtünme değeri için iki gereksinim bulunmaktadır. Bunların ilki sarkacın 40°'den serbest bırakıldıktan sonra ters tarafta yine aynı şekilde 40°'ye kadar yükselmesidir. İkincisi ise sarkaç 90°'den serbest bırakıldıktan sonra 0° konumundan 300 kere geçtikten sonra durmasıdır.

Belirtilen iki gereksiniminde test edilebilmesi için sarkacın önünde herhangi bir engel olmaması gerekmektedir. Bu nedenle cihaz nihai montajlı halindeyken bu testler yapılamayacaktır. Testleri gerçekleştirmek üzere ilk olarak sarkacın önünün boş olacağı şekilde bir test altyapısı hazırlanması gerekmektedir. Bu aşama için farklı bir sistemin

tasarımını ve üretimini yapmak yerine, dikey destek parçası vidalı ve burçlu desteğe arka yüzü öne bakacak şekilde montajlanmıştır. Bu sayede sarkaç cihazın önünde kalmış ve sarkacın dönme ekseninde çarpacağı herhangi bir parça kalmamıştır. Yapılan montaj şekli Şekil 4.31’de görülmektedir.



Şekil 4.31. Doğrulama testi montajı

İlk gereksinimin doğrulanması için sarkaç yere göre yaklaşık olarak  $40^\circ$  yapacak kadar kaldırılmış ve serbest bırakılmış karşı tarafta yine yaklaşık  $40^\circ$ 'ye çıktığı gözlenmiştir. Yapılan gözlemin doğruluğu kontrol etmek için aynı ölçüm yapılırken sarkacın hareketi görüntülenmiştir. Daha sonra elde edilen görüntüden sarkacın çıktığı yükseklik maksimum olduğu an görüntü olarak alınarak incelenmiş ve sarkacın yaklaşık  $40^\circ$ 'ye çıktığı belirlenmiştir.

Standart test prosedüründe belirtilen ikinci sürtünme gereksinimin test edilmesi için ise sarkaç  $90^\circ$ 'ye getirilmiş ve serbest bırakılmıştır. Daha sonra ise  $0^\circ$  konumundan kaç kere geçtiği diğer bir deyişle salınım sayısı sayılmıştır. Testin doğruluğunu kontrol etmek için bu işlem üç kez tekrarlanmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 4.1’de gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlar gereksinimi sağlayacak 300 değeri geçememiştir ve hata payı %14’tür.



Tablo 4.1. Birinci salınım sayısı testi sonuçları

Test Numarası	Geçiş Sayısı
1	256
2	261
3	259

Sürtünme değerleri dışından standart test prosedüründe belirtilen diğer iki gereksinim de sarkacın salınım periyoduna bağlı olan indirgenmiş sarkaç boyu ve sarkaç 90°'de iken izaçarın önünde oluşan kuvvettir. Oluşan kuvvetin olması gereken değeri eşitlik 2.2'de, indirgenmiş sarkaç boyunun nasıl hesaplandığı denklem eşitlik 2.3'te, olması gereken değeri ise eşitlik 2.4'te gösterilmiştir. İlk olarak izaçarın önünde oluşan kuvvet ölçülmüştür. Bunun için sarkaç 90° konumunda iken izaçarın altına elektronik bir tartı koyulmuş etki eden kuvvet gram cinsinden ölçülmüş ve 229 gram olarak bulunmuştur. Bu da yaklaşık olarak 2,27 N'a karşılık gelmektedir. İstenen değer  $2,5\pm 0,03N$  olduğu için gereksinim sağlanamamıştır ve hata payı %9'dur.

İndirgenmiş sarkaç boyu için ise ilk olarak sarkacın periyodu, T'nin bulunması gerekmektedir. Yukarıda belirtildiği şekilde periyot için üç kere ölçüm yapılarak ölçüm tekrarlanmıştır. Bulunan periyot değerleri ile eşitlik 2.3 kullanılarak indirgenmiş sarkaç boyu  $L_{red}$  hesaplanmıştır. Ölçülen periyot ve hesaplanan indirgenmiş sarkaç boyu değerleri hata payı ile birlikte Tablo 4.2'de verilmiştir. Görüldüğü üzere indirgenmiş sarkaç boyu değer olması gereken  $200\pm 1,5$  mm farklıdır ve gereksinim sağlanamamıştır.

Tablo 4.2. İndirgenmiş sarkaç boyu,  $L_{red}$  değeri

T (sn)	$L_{red}$ (mm)	Hata Payı (%)
0,845	177,4	11
0,843	176,5	12
0,842	176,1	12

Cihazın ölçüm sonuçlarının doğru kabul edilebilmesi için gereksinimleri karşılaması gerekmektedir. Yapılan testlerde ortaya çıkan hata payları giderilmelidir. Cihazın çalışması ile ilgili sıkıntının tespiti için karşılaştırmalı ölçümlerin yapıp buradan elde edilen verilere göre sorunun kaynağını bulup düzeltilmesine karar verilmiştir.

### 4.3.2.Karşılaştırmalı Ölçüm

Karşılaştırmalı ölçüm yapabilmek için geri sekme esneklik değerleri bilinen numunelerin üretilen cihaz ile tekrardan ölçümü yapıp sonuçların karşılaştırılması gerekmektedir. Bu sebeple kauçuk sektöründe faaliyet gösteren ve hazırladıkları elastomerlerin geri sekme esneklik ölçümünü Araştırma laboratuvarlarında yapabilen Ferkan A.Ş. ve Standart Profil A.Ş. firmalarından numuneler ve bu numunelerin ölçüm sonuçları alınmıştır.

Ferkan A.Ş. firmasından alınmış olan ölçüm raporu EK-8’de gösterilmiştir. Raporunda ZEP01173, ZEP01174 reçete kodlu EPDM ve ZBH00432 reçete kodlu CR üçer adet numunenin ölçüm sonucu bulunmaktadır. Ölçümler için her karışımdan üç adet numunenin üç kere ölçümü yapıp ortalama sonucu alınmıştır. Standart Profil A.Ş.’den alınan ölçüm raporu ise Ek9’da gösterilmiştir. Burada da C524, C578, C514, C523A, C538, C027, C02, C070C, C073 ve C080 numaralı on adet farklı reçetelere hazırlanmış numunelerden üçer adedi ile üçer kere geri sekme esneklik değeri ölçülmüş sonuçlar tablo şeklinde verilmiştir. Karşılaştırmalı ölçüm ise yine aynı şekilde 3 adet ölçüm ve ortalaması alınacak şekilde yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 4.3’de verilmiştir.

Tablo 4.3. Birinci karşılaştırmalı ölçüm sonuçları

Reçete Kodu:	ZEP01173					
	Ölçüm 1 (%)	Ölçüm 2 (%)	Ölçüm 3 (%)	Ortalama (%)	Standart Profil Sonucu (%)	Hata Payı (%)
Numune No						
1	45	45	44	45	56,1	11,1
2	45	44	45	45	55,3	10,3
3	44	44	44	44	54,8	10,8
Reçete Kodu:	ZEP01174					
1	47	48	48	48	59,6	11,6
2	47	47	47	47	59,4	12,4
3	48	47	48	48	60	12,0

<b>Reçete Kodu:</b>	<b>ZBH00432</b>					
1	33	33	33	33	41,5	8,5
2	32	33	33	33	40,9	7,9
3	33	33	33	33	41,6	8,6
<b>Reçete Kodu:</b>	<b>C524</b>					
1	38	39	39	39	48,6	9,6
2	39	38	38	38	48,4	10,4
3	38	39	39	39	48,4	9,4
<b>Reçete Kodu:</b>	<b>C578</b>					
1	35	36	37	36	45,2	9,2
2	37	36	35	36	45,2	9,2
3	35	37	36	36	44,6	8,6
<b>Reçete Kodu:</b>	<b>C027</b>					
1	35	35	35	35	43	8,0
2	34	34	35	34	42,8	8,8
3	35	34	36	35	43,6	8,6
<b>Reçete Kodu:</b>	<b>C021</b>					
1	23	22	23	23	29,2	6,2
2	24	23	24	24	29,4	5,4
3	24	24	23	24	29,8	5,8
<b>Reçete Kodu:</b>	<b>C514</b>					
1	38	39	38	38	48,4	10,4
2	39	38	37	38	46,8	8,8
3	38	38	39	38	47,4	9,4

<b>Reçete Kodu:</b>	<b>C523A</b>					
1	39	40	39	39	49,8	10,8
2	39	39	38	39	49,4	10,4
3	39	40	39	39	48,4	9,4
<b>Reçete Kodu:</b>	<b>C070C</b>					
1	21	21	22	21	26,6	5,6
2	22	22	22	22	27,8	5,8
3	22	21	21	21	26,8	5,8
<b>Reçete Kodu:</b>	<b>C073</b>					
1	34	33	34	34	41,8	7,8
2	34	34	33	34	42	8,0
3	33	34	34	34	42	8,0
<b>Reçete Kodu:</b>	<b>C538</b>					
1	23	24	23	23	29	6,0
2	24	23	24	24	29,4	5,4
3	24	24	23	24	29,6	5,6
<b>Reçete Kodu:</b>	<b>C080</b>					
1	29	30	29	29	36,4	7,4
2	30	30	30	30	37	7,0
3	29	29	30	29	36	7,0
					<b>Ortamala Hata</b>	<b>8,5</b>

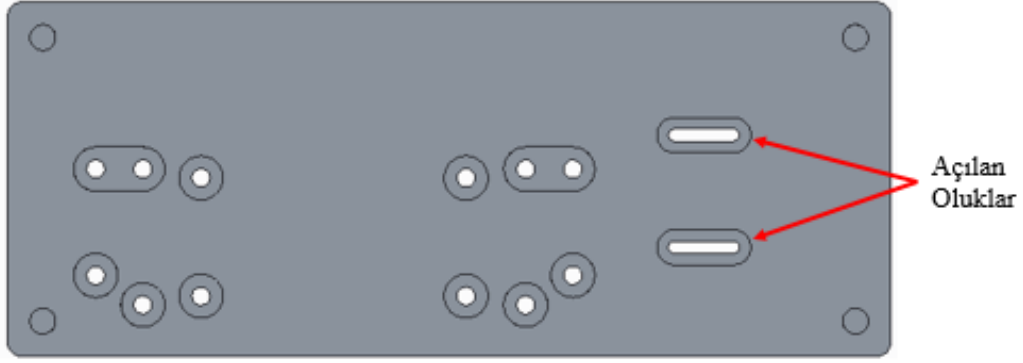
Elde edilen ölçüm sonuçları ve firmadan gelen değerler karşılaştırıldığı zaman yaklaşık olarak % 8,5 fark görülmektedir. Bu değeri azaltmak için cihazın tasarımı ve üretimi

aşamasında yapılan işlemlerin tekrar gözden geçirilmesi, oluşan bu hatanın kaynağının tespit edilip düzeltilmesi gerekmektedir.

#### 4.4.Hataların Düzeltilmesi

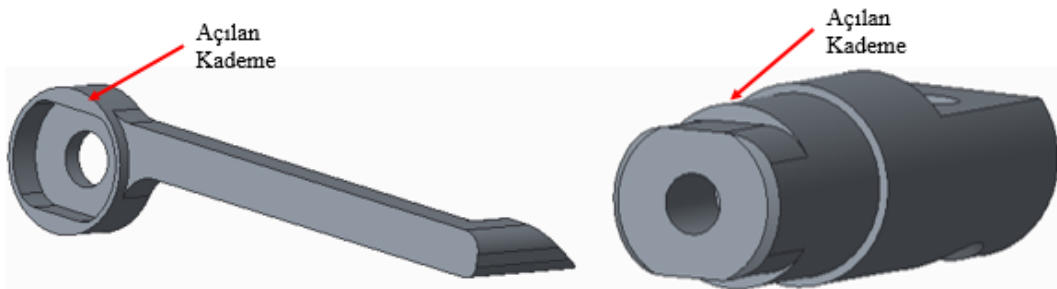
Maksimum salınım sayısındaki % 14, izaçar ucunda ekti eden kuvvetteki % 9, indirgenmiş sarkaç boyundaki % 12 ve karşılaştırmalı ölçümlerde elde edilen sonuçlardaki % 8,6 hata payının kök sebebinin bulunması için yapılan tasarım ve üretim aşamaları tekrar incelenmiştir. Bunun yanı sıra ölçüm yapılırken çalışması sırasında cihazın parçaları gözlemlenmiştir. Yapılan gözlemler ve incelemeler sonucunda hataya sebebiyet veren hususlar değerlendirilmiş ve bunların çözümü için çalışmalar yapılmıştır.

Cihazın çalışması sırasında gözlemlenen ilk sıkıntı, sarkacın numuneye çarpması esnasında numune destek parçasına da çarpmasıdır. Bu temastan dolayı sarkacın efektif çarpma enerjisinin bir kısmı numune tutucuya harcandığı için ölçüm sonuçları etkilenmektedir. Yapılan detay tasarımda numuneye çarpma anında sarkacın numune tutucuya teması bulunmamaktadır fakat üretim sürecindeki hatalar ve tolerans kaçıklıklarından dolayı böyle bir hata oluşmuştur. İstenmeyen bu temasın sebebi ise sarkaç 0° konumunda iken numune desteğinin tam bu konumda olmamasından kaynaklanmaktadır. Bunun önüne geçilmek için numune desteğinin destek tablasındaki konumu ayarlanabilir yapılmalı ve montaj esnasında sarkacın 0° konumuna göre sabitlenmelidir. Bunun için destek tablası üzerinde numune desteği bağlantısı için açılan vida deliği numune yatağına doğru ileri ve geri yönde uzatılarak oluk haline getirilmiştir. Bu şekilde numune desteğine ileri ve geri önde hareket payı verilmiştir. Yapılan tasarım değişikliği ile destek tablasının ikinci revizyonu Şekil 4.32'de verilmiştir. Parçanın üretimi ise baştan yapılmamış üretilen parçadaki delik CNC freze ile oluk haline getirilmiştir.



Şekil 4.32. Destek tablası ikinci revizyon, alt görünüş

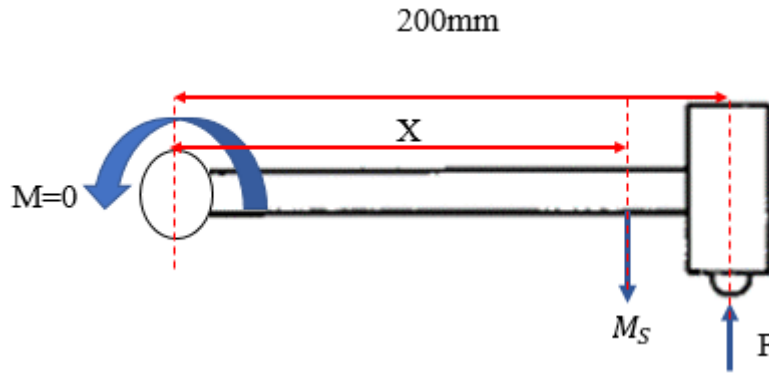
Yapılan incelemeler yakalayıcının dili ibre telinin üstüne geçme anında yayı geri itip yuvanın içine girdiğinden yakalayıcının ibre telini tutması esnasında enerji kaybının olabileceğini göstermektedir. Bu esnada ise çarpma enerjisinin bir kısmı harcanmakta ve ölçümlerde hatalı sonuçlar elde edilmektedir. Bunun yanı sıra yakalayıcı ve sarkacın birbirlerine göre dik durması montaj esnasında ayarlanmaktadır. El ile yapılan bu montaj istenen hassasiyette dik olarak ayarlanamamaktadır. Bu bulgulara göre yakalayıcı tasarımı tekrar yapılmıştır. Üç parçalı yaylı sistemde yayın beklenen şekilde çalışmamasından dolayı bunun yerine tek parçadan oluşan bir tasarım yapılmıştır. Ayrıca sarkaç ve yakalayıcı arasındaki dikliğin standart şekilde olması içinde yakalayıcının şafta bağlantısı için düz kenarlı bir yuva eklenmiştir. Yuvaya uygun şekilde kademe şafta da açılmıştır. Bu sayede yakalayıcının şafta bağlantısı dolayısı ile sarkaca göre dik konumda olması sabitlenmiştir. Yapılan değişiklikler ile yakalayıcı ve şaftın ikinci revizyonu Şekil 4.33'te gösterilmiştir. Yapılan değişiklikle rulmanın yüzeyine yakalayıcının kademesi ile basılmıştır bu sebeple yüzük parçası iptal edilmiştir. Yakalayıcı için CNC freze ile baştan parça üretilmiştir ancak şaft üretilmiş parça üzerine CNC frezede kademenin açılması ile elde edilmiştir.



Şekil 4.33. Yakalayıcı ve şaft ikinci revizyon, izometrik görünüş

Cihazın çalışması esnasında gözlemlenen bir diğer sorun da cihazın sabit durmamasıdır. Sarkaç serbest kaldıktan sonra numuneye çarpıncaya kadar ve numuneye çarpma esnasında cihazda titreşim oluşmaktadır. Bu titreşim de çarpma enerjisinin bir kısmını harcamakta ve ölçümleri etkilemektedir. Çalışma sırasında titreşim yaratan kısmın seçilen oynar ayaklar olduğu tespit edilmiştir. Oynar ayaklarda bulunan boşluk cihazın titreşimine sebep olmaktadır. Bu nedenle cihazın altına takılan yükseltici ayaklar çıkarılmış ve cihaz direk olarak destek tablası üzerine konularak çalıştırılmaya karar verilmiştir.

Yapılan gereksinim testleri sonucunda cihaz indirgenmiş sarkaç boyu isterini karşılamadığı için sarkacın da tasarımının değiştirilmesi gerekmektedir. Tablo 4.3'te verilen değerler incelendiğinde, izaçarın sarkacın üst yüzeyine göre konumu 200 mm olmasına rağmen elde ölçülen periyot değeri ile hesaplanan değer buna göre kısa kalmıştır, bu da sarkacın çarpma enerjisinin düşük olduğunu göstermektedir. İstenen değer elde edilmesi için sarkaç 90° konumunda iken izaçarın ucunda etki eden kuvvetin 2,5 N olması gerekir. Bunu ayarlamak için ise şafta göre moment hesabı yapılmış, serbest cisim diyagramı çizilmiştir. Yapılan hesaplama aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.34. Serbest cisim diyagramı

$$M = (F * 200mm) - (M_s * X) \quad (4.10)$$

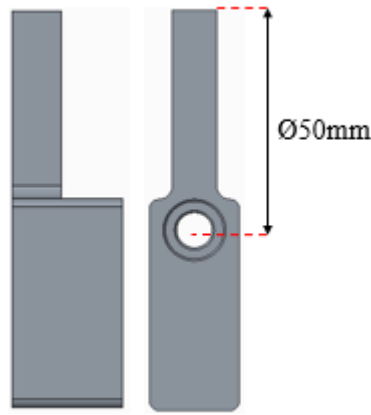
$$0 = (2.5N * 200mm) - (M_s * X) \quad (4.11)$$

$$500Nmm = (M_s * X) \quad (4.12)$$

$$M_s \cong 262 \text{ gr}, X \cong 194 \text{ mm} \quad (4.13)$$

4.12 no'lu eşitliğin sağlanması için seçilen değerler 4.13 no'lu eşitlikte verilmiştir. Bu değerlere göre sarkaç tasarımı baştan yapılmış, sarkacın ağırlık merkezi sarkaç kolunun

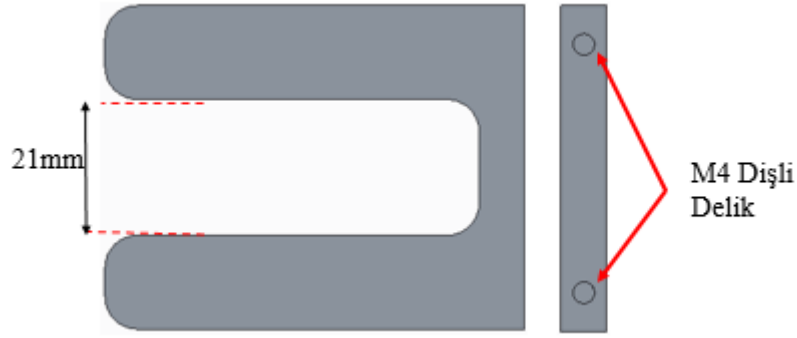
ucundan 194 mm ve toplam kütlesi 262 gr olacak şekilde ayarlanmıştır. Aynı sarkaç kolu ve izaçarın kullanılması ve sadece çekiç parçasının değiştirilmesi isteri sağlayacaktır. Ağırlık merkezinin 194 mm alabilmek için çekiç izaçarın altına doğru uzatılmış ve sarkaç kolu tarafı ise inceltilmiştir. İzaçar ve sarkaç kolu bağlantı delikleri birinci versiyon ile aynı tutulmuş ayrıca izaçarın çekiç üzerindeki montaj kademesi çekicinin üst yüzeyinden yine 50 mm olacak şekilde ayarlanarak şafttan uzaklığının 200 mm olması sağlanmıştır. Çekicinin ikinci revizyonu Şekil 4.35'te görülmektedir. Üretimi ise birinci revizyondaki gibi çelik malzemeden CNC frezede yapılmıştır.



Şekil 4.35. Çekiç ikinci revizyon, ön ve yan görünüş

Çekicinin ikinci revizyonunda izaçarın altında kalan kısım uzadığı için sarkacın numuneye çarpma anında numune desteğine çarpması söz konusudur. Bunu engellemek için numune desteği tasarımı da değiştirilmiştir. İzaçarın geçmesi için açılan delik aşağı ve yukarı yönde uzatılarak oluk biçimine getirilmiş ve çekicinin temas etmeden geçebileceği bir şekilde tasarlanmıştır. Destek tablasına bağlantı şekli değiştirilmemiştir. Tasarlanan numune desteğinin ikinci revizyonu Şekil 4.36'de görülmektedir. Üretimi için ise üretilen ilk revizyon üzerindeki deliğin CNC freze oluk haline getirilmesi ile yapılmıştır.

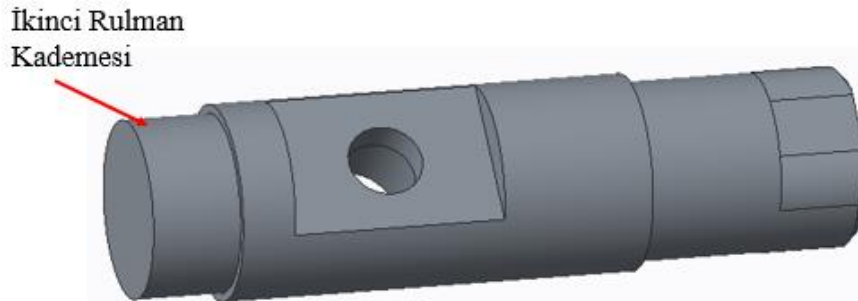




Şekil 4.36. Numune destek ikinci revizyon, yan ve alt görünüş

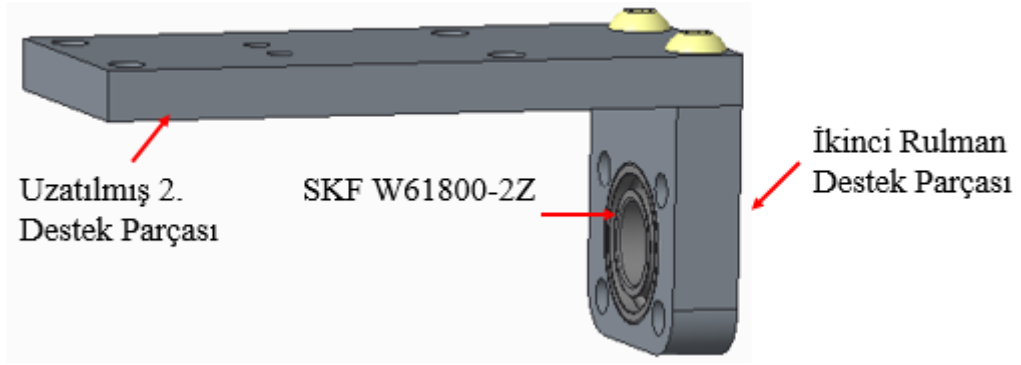
Yapılan ölçümler esnasında sarkacın hareketi boyunca salınım yaptığı gözlenmiştir. Bunun sebebi de sarkacın yatakladığı SKF W61700 X-2ZS rulmanın sarkacın ağırlığını ve hareketi boyunca oluşturduğu momenti taşımakta zorlanmasından kaynaklanmaktadır. Diğer bir sebep ise shaftın rulmana tek taraftan takılması ile moment kolunun uzatılmasıdır. Bu sorunun giderilmesi için ilk olarak daha geniş ve büyük bilyeli olan SKF markasının W61800-2Z seri numaralı rulmanı seçilmiştir. Rulmanın kataloğu EK-10'da verilmiştir. Daha sonra dikey destek üzerinde bulunan SKF W61700 X-2ZS rulmanı için bulunan yataklama deliği katalogta yer alan ölçülere göre değiştirilmiştir.

Yukarıda belirtildiği üzere shaftın tek taraftan yataklanması yerine iki taraflı yataklanması için arka kısmına bir rulman kademesi daha eklenmiş geri kalan kısım aynı kalacak şekilde yeni bir shaft daha tasarlanmıştır. Aynı ilk revizyonda olduğu gibi ilk olarak silindirik kısımlar CNC tornada daha sonra ise CNC freze yardımı ile çelikten üretilmiştir. Tasarlanan yeni parça Şekil 4.37'de görülmektedir.



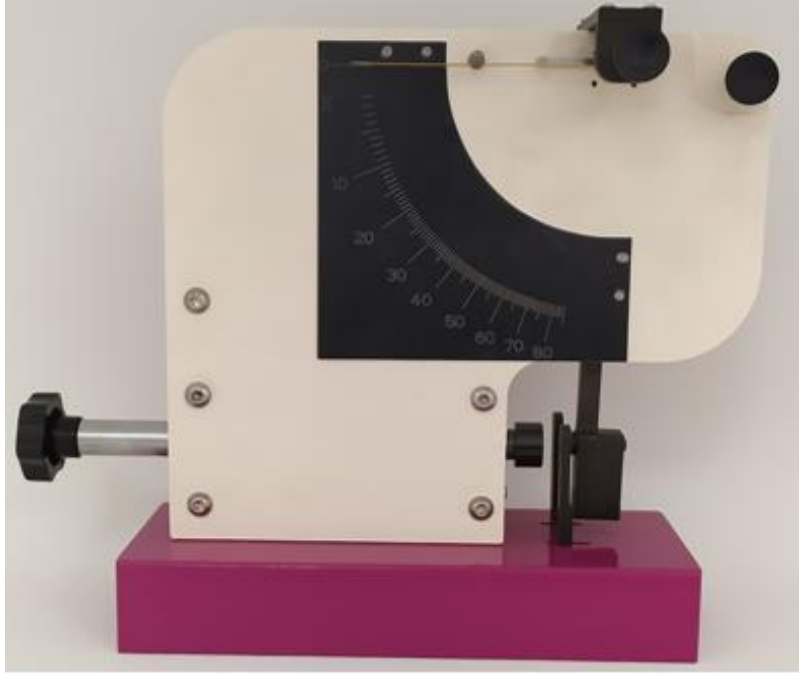
Şekil 4.37. Shaft ikinci revizyon, izometrik görünüş

İkinci rulmanın yerleştirilmesi ve dikey desteğe bağlanması gerekmektedir. Bu amaçla ibre destek mekanizmasının 2. destek parçası revize edilmiş ve cihazın arka kısmına doğru uzatılmıştır. Ayrıca ibre mekanizmasının 1. Destek parçasına benzer bir parça daha yapılmış ve orta kısmında bulunan delik ise rulmana göre tasarlanmıştır. Bu sayede şaftın arka kısmına da rulman desteği sağlanmış olacaktır. Tasarlanan parçalar ve ikinci rulman yataklaması Şekil 4.38’de görülmektedir.



Şekil 4.38. Yeni 2. destek ve ikinci rulman destek parçası, izometrik görünüş

Yapılan tasarım değişikliklerinden sonra yeni üretilen, revize edilen parçalar ile diğer parçaların boya ve kaplama işlemleri tamamlanmıştır. Daha sonra yukarıda belirtilen şekilde montajı yapılmıştır. Montajlanan ve aşağıda açıklanan 2. doğrulama çalışmalarından geçmiş geri sekme esneklik cihazının son hali Şekil 4.39’de görülmektedir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 4.39. Cihazın (a) önden (b) yandan ve (c) izometrik görünüşü

#### 4.5.Geri Sekme Esneklik Ölçüm Cihazının Tekrar Doğrulanması

Yapılan tasarım düzeltmelerinin ardından daha önce de yapılmış olan geri sekme esneklik ölçüm cihazının doğrulanması tekrar yapılması ve elde edilen sonuçların gereksinimleri karşılayıp karşılamadığının kontrolünün yapılması gerekmektedir. Bu amaçla daha önce yapılmış olan ve hatalı sonuçlar elde edilen testler tekrarlanmıştır.

İlk olarak sarkacın sürtünme değerinin kontrolü için standart test prosedüründe belirtilen ölçümler yapılmıştır. Daha önce de yapıldığı gibi ölçümlerin yapılabilmesi için cihazın montajı Şekil 4.31’de ki gibi yapılmıştır. Standartta belirtilen birinci ölçüm olan, sarkacın 40°’den bırakıldıktan sonra tekrar 40°’ye çıkması testi ilk seferde olduğu gibi video çekilerek yapılmış ve sarkacın 40°’ye çıktığı gözlemlenmiştir.

Daha sonra sarkacın 90°’den bırakıldıktan sonra 0°’den geçme sayısı ölçülmüştür. İlk testte olduğu gibi sarkaç 90°’den bırakılmış ve duruncaya kadar 0°’den kaç kere geçtiği sayılmıştır. Ölçüm üç kere tekrarlanmış olup elde edilen sonuçlar Tablo 4.4’te verilmiştir. Elde edilen sonuçlar ile en az 300 geçiş sayısı gereksinimi karşılanmıştır.

Tablo 4.4. İkinci salınım sayısı testi sonuçları

Test Numarası	Geçiş Sayısı
1	305
2	304
3	302

Standart test prosedüründe belirtilen bir diğer gereksinim ise indirgenmiş sarkaç boyu değeridir. Bu değer hesaplanması için ise daha önce yapıldığı gibi sarkacın periyodu bulunmuş yukarıda belirtilen eşitlikler ile hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler Tablo 4.5’te verilmiştir. Elde edilen sonuçlar standart test prosedüründe belirtilen  $200 \pm 1,5$  mm değer aralığı içerisinde ve gereksinimi sağlamaktadır.

Tablo 4.5. İndirgenmiş sarkaç boyu ikinci değeri, Lred değeri

T (sn)	Lred(mm)	Hata Payı (mm)
0,9	201,2	1,2
0,9	201,2	1,2
0,9	201,2	1,2

#### 4.6.EPDM ve CR Esaslı Elastomerlerin Geri Esneklik Ölçümleri

Standart test prosedüründe belirtilen doğrulama işlemleri yapıldıktan ve cihazın doğruluğu kontrol edildikten sonra firmalardan alınan numunelerin ölçümü yapılmıştır. İlk ölçümde olduğu gibi her reçete için üç numune ve her numune için üç ölçüm yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 4.6’da verilmiştir. Elde edilen sonuçlar ve firmanın vermiş olduğu değerler ile arasındaki farkın ortalaması 0,5 olarak bulunmuştur. Yapılan geri sekme esneklik ölçüm cihazının çözünürlüğü 1’dir ve çıkan 0,5 değerinde fark bu çözünürlüğün altında bir değerdir. Cihazın çözünürlüğünün altında olan bir hata payı da ihmal edilebilir olduğu için geri sekme esneklik cihazının karşılaştırmalı ölçümler ile doğrulanmıştır.

Tablo 4.6. İkinci karşılaştırmalı ölçüm sonuçları

Reçete Kodu:	ZEP01173					
Numune No	Ölçüm 1(%)	Ölçüm 2(%)	Ölçüm 3(%)	Ortalama (%)	Firma Sonucu (%)	Hata Payı (%)
1	55	55	55	55	56,1	1,1
2	54	55	54	54	55,3	1,3
3	54	54	54	54	54,8	0,8
Reçete Kodu:	ZEP01174					
1	59	59	59	59	59,6	0,6
2	59	59	59	59	59,4	0,4
3	59	59	59	59	60	1,0
Reçete Kodu:	ZBH00432					
1	41	41	41	41	41,5	0,5
2	40	40	41	40	40,9	0,9
3	41	41	42	41	41,6	0,6

<b>Reçete Kodu:</b>	<b>C524</b>					
1	49	50	49	49	48,6	0,4
2	48	48	49	48	48,4	0,4
3	48	48	48	48	48,4	0,4
<b>Reçete Kodu:</b>	<b>C578</b>					
1	45	45	45	45	45,2	0,2
2	45	45	45	45	45,2	0,2
3	44	45	45	45	44,6	0,4
<b>Reçete Kodu:</b>	<b>C027</b>					
1	43	43	43	43	43	0,0
2	43	43	43	43	42,8	0,2
3	43	43	43	43	43,6	0,6
<b>Reçete Kodu:</b>	<b>C021</b>					
1	29	29	29	29	29,2	0,2
2	29	29	29	29	29,4	0,4
3	29	30	30	30	29,8	0,2
<b>Reçete Kodu:</b>	<b>C514</b>					
1	48	49	48	48	48,4	0,4
2	48	48	48	48	46,8	1,2
3	47	48	47	47	47,4	0,4
<b>Reçete Kodu:</b>	<b>C523A</b>					
1	50	49	50	50	49,8	0,2
2	49	49	49	49	49,4	0,4
3	48	48	48	48	48,4	0,4
<b>Reçete Kodu:</b>	<b>C070C</b>					
1	26	26	26	26	26,6	0,6
2	27	27	27	27	27,8	0,8
3	27	27	27	27	26,8	0,2
<b>Reçete Kodu:</b>	<b>C073</b>					
1	42	42	42	42	41,8	0,2
2	42	42	42	42	42	0,0
3	42	42	42	42	42	0,0
<b>Reçete Kodu:</b>	<b>C538</b>					
1	28	28	28	28	29	1,0
2	29	29	29	29	29,4	0,4
3	29	29	29	29	29,6	0,6

Reçete Kodu:	C080					
1	36	36	36	36	36,4	0,4
2	36	36	36	36	37	1,0
3	36	36	36	36	36	0,0
<b>Ortalama Hata</b>						<b>0,5</b>

Cihazın doğrulanma işlemi tamamlandıktan sonra tez kapsamında bilinen reçetelere göre hazırlanan elastomerlerin geri sekme esneklik değerleri ölçülmüştür. Ölçümler için her reçeteden üç adet numuneye üçer kere tekrarlanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 4.7’de verilmiştir.

Tablo 4.7. Numune ölçüm sonuçları

Reçete Kodu:	NR-MT60			Ortalama
1	71	71	71	71
2	70	70	70	70
3	70	70	70	70
Reçete Kodu:	NR-MT50			
1	74	74	74	74
2	74	75	74	74
3	74	74	74	74
Reçete Kodu:	NR60			
1	53	53	53	53
2	52	52	52	52
3	53	53	53	53
Reçete Kodu:	NR50			
1	71	71	71	71
2	71	71	71	71
3	70	71	71	71

Karbon siyahlarının türünün ve miktarının geri sekme esneklik değerini nasıl etkilediğinin gözlemlenmesi için 4 farklı reçetede numuneler hazırlanmıştır. Reçetelerde ilk olarak, FEF 550 oranı 36 ve 40 phr olarak ayarlanmış ve diğer tüm malzemeler aynı tutulmuştur. 36 phr FEF 550 içeren reçeteye NR50 ve 40 phr FEF 550 içeren reçeteye de NR60 kodu verilmiştir. Çünkü elde edilen kauçukların shore A değerleri sırası ile 50 ve 60’tır. Daha sonra bu reçetelere aynı oranda MT 990 eklenmiş ve reçetelere sırası ile NR-MT 50 ve NR-MT 60 kodu verilmiştir. Çünkü yine aynı şekilde hazırlanan numunelerin shore A değerleri sırası

ile 50 ve 60'tır. Yapılan ölçüm sonucunda, FEF 550 oranı arttıkça kauçuğun shore A değeri artmakta ve sertleşmektedir, fakat eklenen MT 990 shore A değerini ve sertliği değiştirmemiştir.

Elde edilen numunelerin geri sekme esneklik değerleri ölçülmüştür. Yapılan ölçüm sonucunda, NR 50 reçeteli numunenin % 71, NR-MT 50 reçeteli numunenin % 74, NR 60 reçeteli numunenin % 52 ve NR-MT 60 reçeteli numunenin % 70 geri sekme esnekliği olduğu görülmüştür. 50 shore A sertlikteki NR içine MT990'ın eklenmesi sertliğini değiştirmedeği gibi geri sekme değerini de değiştirmemiştir. Ancak 60 sertlikte 550 ve 330 kullanılarak hazırlanan NR için elde edilen 53 geri sekme değerinin 990 eklenmesiyle hızla 70 düzeyine çıktığı görülmüştür. Bu durum geri sekme davranışının elastomerin hazırlanmasında kullanılan karbon siyahının tipine ve elastomerin shoreA sertliğine bağlı olarak değişim gösterebileceğini ancak sistematik ilişkinin kurulabilmesi için daha farklı karbon siyahı oranları ve sertlik değerleri ile çalışılması gerektiği sonucuna varılmıştır.



## 5. TOPLU SONUÇLAR

- Bu tez kapsamında yürütülen çalışmaların sonucunda standartlarda belirtilen yöntemlere uygun şekilde elastomerlerin geri sekme esneklik değerini ölçen bir cihaz üretilmiş ve bu cihaz yardımı ile karbon siyahı türü ve oranının geri sekme esneklik değerini nasıl etkilediğinin belirlenmesine çalışılmıştır.
- Geliştirilen ölçüm cihazı için uluslararası organizasyonlar tarafından yayınlanan standart yöntemler incelenmiş ve cihazın geri sekme esneklik değeri ölçümü için olan gereksinimleri belirlenmiştir.
- Bu gereksinimleri karşılayacak aynı zamanda ölçümü yapacak kişiye kolay kullanım sunacak şekilde kavramsal tasarımlar yapılmıştır.
- Yapılan kavramsal tasarımlar birbirleri ile çeşitli yönlerde kıyaslanmıştır. Yapılan değerlendirme sonucunda daha üstün olduğuna karar verilen kavramsal tasarım ile detay tasarım aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada cihazın detay tasarımı 3 boyutlu olarak bilgisayar ortamında yapılmıştır. Kullanılacak hazır ürünler kataloglardan seçilmiş ve tasarım bu ürünlerin montaj isterlerine göre düzenlenmiştir.
- Detay tasarımı biten parçalar uygun üretim yöntemleri ile imal edilerek cihazın montajı için hazır hale getirilmiş ve cihazın montajı yapılmıştır.
- Yapılan geri sekme esneklik ölçüm cihazının doğruluğu kontrol etmek amacı standart test yöntemlerinde belirtilen testler yapılmış bunun yanı sıra Ferkan A.Ş. ve Standart Profil A.Ş. firmalarından alınan geri sekme esneklik değerleri bilinen numuneler ile karşılaştırmalı ölçümler yapılmış ve cihaz kalibre edilmeye çalışılmıştır.
- Elde edilen ilk sonuçlarla yapılan cihazın doğru ölçüm yapmadığı görülmüştür. Daha sonra cihazın çalışması esnasında aksaklıkların ve hataya sebep olabilecek durumların tespiti yapılmıştır. Belirlenen sorunlar için tasarım iyileştirmeleri yapılarak detay tasarım revize edilmiştir. Yeni detay tasarım içerisinde farklı parçalar tasarlanmış, hazır ürünler yine katalogdan farklı ürünler ile değiştirilmiş bazı parçalar üzerinde ise düzeltmeler yapılmıştır.
- Yapılan tüm tasarım değişikliklerine uygun olarak üretimler tamamlanmış ve cihazın tekrar montajı yapılmıştır. Sonrasında ölçüm cihazının yine aynı şekilde doğrulaması yapılmıştır.
- Yapılan ilk detay tasarım sonucunda üretilen cihazın doğrulama testleri geçememesinin farklı nedenleri bulunmaktadır. Ölçüm için tanımlanan sürtünme değerlerinin tasarım

esnasında tahmin edilememesi söylenebilir. Çünkü cihazın sarkaç ve yakalayıcı mekanizmasının sürtünme değeri tasarım aşamasında hesaplanabilir bir değer değildir. Ancak cihazın üretimi yapıldıktan sonra yapılan testler ile bulunabilmektedir. Bunun yanı sıra, sarkaç yataklamasında kullanılan rulmanın montajı için verilen tolerans değerleri dar olduğu için parçaların üretiminde bu toleransların yakalanması zor olmuştur.

- Montaj esnasında tolerans kaçıklıkları rulmanı etkilemiş ve istenen şekilde çalışmamasına sebep olmuştur. Kullanılan rulman ile ilgili olarak karşılaşılan bir diğer sıkıntı ise, sarkaç mekanizmasının çalışması esnasında oluşan dinamik yüklere salınım sayısı arttıkça gerekli mukavemeti göstermeyerek verimli çalışmamıştır. Bu durumda da sarkacın 300 salınımı geçmesine engel olmuştur. Bununla birlikte yakalayıcıda kullanılan yaylı mekanizmanın çalışma esnasında sarkacın çarpma enerjisini sönmüleyip ölçümü etkilemesi tasarım esnasında öngörülememiştir. Çünkü mekanizmadaki dil parçasının yuva içerisindeki sürtünme değeri hesaplanabilecek bir değer değildir.
- Yapılan doğrulama testleri sonucunda gözlemlenen aksaklıklar giderilecek şekilde tasarım değişiklikleri yapılmıştır. Kullanılan rulman değiştirilmiştir ve dinamik yükleri karşılayabilmesi için iki adet rulman kullanılmıştır. Üretim tolerans hatalarını giderebilmek için numune tutucu kısmı ayarlanabilir şekilde yapılmış ve numuneye çarpma yüzeyi arttırılmıştır. Yakalayıcı mekanizması da sürtünmeden dolayı enerji kaybı olmaması için hareketli yerine sabit bir mekanizma tasarlanmıştır.
- Elastomerdeki FEF 550 oranı arttıkça kauçuğun shore A değeri artmış ve malzeme sertleşmiştir ancak eklenen MT 990 shore A değerini ve sertliği değiştirmemiştir.
- Elde edilen numunelerin geri sekme esneklik değerleri ölçülmüştür. Yapılan ölçüm sonucunda, NR 50 reçeteli numunenin %71, NR-MT 50 reçeteli numunenin %74, NR 60 reçeteli numunenin %52, ve NR-MT 60 reçeteli numunenin %70 geri sekme esnekliği olduğu görülmüştür. 50 shore A sertlikteki NR içine MT990'ın eklenmesi sertliğini değiştirmedeği gibi geri sekme değerini de değiştirmemiştir.
- 60 sertlikte FEF550 ve HAF330 kullanılarak hazırlanan NR için elde edilen 53 geri sekme değerinin MT990 eklenmesiyle hızla 70 düzeyine çıktığı görülmüştür. Bu durum geri sekme davranışının elastomerin hazırlanmasında kullanılan karbon siyahının tipine ve elastomerin shore A sertliğine bağlı olarak değişim gösterebileceğini ancak sistematik ilişkinin kurulabilmesi için daha farklı karbon siyahı oranları ve sertlik değerleri ile çalışılması gerektiği sonucuna varılmıştır.
-

## 6. KAYNAKLAR

- [1] R.O. Ebewe, Polymer science and technology, 2000. [https://doi.org/10.1016/0261-3069\(95\)90127-2](https://doi.org/10.1016/0261-3069(95)90127-2).
- [2] The Basics: Polymer Definition and Properties, Am. Chem. Counc. (y.y.). <https://plastics.americanchemistry.com/plastics/The-Basics/> (erişim 01 Şubat 2020).
- [3] M. Acıgöz, Türkiyede Kauçuk Sektörü ve Sorunları, T.C. Namık Kemal Üniversitesi, 2014.
- [4] K. Sidem, Plastik Malzemelerin Yapıştırılmasında Yüzey İşlemleri ve Yaşlandırma Etkisinin İncelenmesi, T.C. Pamukkale Üniversitesi, 2017.
- [5] R.J. Schaefer, Mechanical Properties of Rubber, içinde: C.M. Harris, A.G. Piersol (Ed.), Harris' Shock Vib. Handb., 5. baskı, McGRAW-HILL, 2002.
- [6] A. Qahtan, Mechanical Rubbery Tests and Properties, (y.y.). [https://www.uotechnology.edu.iq/dep-materials/lecture/thirdclass/Rubber Lecture by Dr. Qahtan 17.pdf](https://www.uotechnology.edu.iq/dep-materials/lecture/thirdclass/Rubber%20Lecture%20by%20Dr.%20Qahtan%2017.pdf) (erişim 01 Şubat 2020).
- [7] DIN 53512 Testing of rubber - Determination of rebound resilience (Schob pendulum), 2000. [www.din.de](http://www.din.de).
- [8] ISO 4662:2017 Rubber, vulcanized or thermoplastic — Determination of rebound resilience, 2017. [www.iso.org](http://www.iso.org).
- [9] A.C. Bassi, Dynamic modulus of rubber by impact and rebound measurements, Polym. Eng. Sci. 18 (1978) 750–754. <https://doi.org/10.1002/pen.760181004>.
- [10] ASTM D256-10(2018), Standard Test Methods for Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Plastics, West Conshohocken, PA, 2018. [www.astm.org](http://www.astm.org).
- [11] A. Voda, K. Beck, T. Schaubert, M. Adler, T. Dabisch, M. Bescher, M. Viol, D.E. Demco, B. Blümich, Investigation of soft segments of thermoplastic polyurethane by NMR, differential scanning calorimetry and rebound resilience, Polym. Test. 25 (2006) 203–213. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2005.10.007>.
- [12] S. Eccher, Comparison between a Lüpke and a Schob type pendulum having the same fundamental elements, ISO/TC 45/WG E. (1967).
- [13] S. Eccher, Comparison between Lüpke pendulum and Oberto micropendulum,

- ISO/TC 45/WG E. (1966).
- [14] R. Brown, D. Tests, Dynamic Stress and Strain Properties, içinde: Phys. Test. rubber, Springer, New York, USA, 2006: ss. 173 – 180.
- [15] ASTM D2632-15(2019), Standard Test Method for Rubber Property—Resilience by Vertical Rebound, West Conshohocken, PA, 2019. [www.astm.org](http://www.astm.org).
- [16] ISO 8307:2018 Flexible cellular polymeric materials — Determination of resilience by ball rebound, 2018. [www.iso.org](http://www.iso.org).
- [17] ASTM D1054-02(2007), Standard Test Method for Rubber Property-Resilience Using a Goodyear-Healey Rebound Pendulum (Withdrawn 2010), West Conshohocken, PA, 2007. [www.astm.org](http://www.astm.org).
- [18] Uluslararası Standardizasyon, (y.y.). <https://www.tse.org.tr/IcerikDetay?ID=2933&ParentID=9309> (erişim 01 Şubat 2020).
- [19] ISO 4662:2017 Rubber, vulcanized or thermoplastic — Determination of rebound resilience, (y.y.). <https://www.iso.org/standard/68111.html> (erişim 01 Şubat 2020).
- [20] F. Johnston, L. Mugglestone, Samuel Johnson: The Arc of the Pendulum, 2012. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199654345.001.0001>.
- [21] C.Y. Warner, G.C. Smith, M.B. James, G.J. Germane, Friction applications in accident reconstruction, SAE Tech. Pap. (1983). <https://doi.org/10.4271/830612>.
- [22] H.Ö. Savran, Elastomer Teknolojisi I, Kauçuk Derneği Yayınları, İstanbul, 2001.
- [23] S.C. CENGİZ, EPDM Elastomerlerinin Gerilme Durulma Davranışlarını Kontrol Eden Parametrelerin Belirlenmesi, Hacettepe Üniversitesi, 2019.
- [24] U. Mazlum, V. VAHAPOĞLU, S. KARADENİZ, EPDM Sentetik Kauçuklarının Gerilme Gevşemesi Davranışlarının Deneysel Olarak İncelenmesi, Sigma Mühendislik ve Fen Bilim. Derg. 33 (2015) 365–375.
- [25] S. Erkek, Karbon Siyahı/Yağ ve Karbon Siyahı/Dolgu Maddesi Oranının Farklı Vulkanizasyon Sistemlerinde EPDM, NBR ve SBR Elastomerlerinin Fiziko-Mekaniksel Özellikleri Üzerine Etkisi, Çukurova Üniversitesi, 2007.
- [26] N. Yalım, Polipropilen (PP) / Etilen-Propilen-Dien-Monomer (EPDM) Termoplastik Vulkanizatlarının Hazırlanması ve Karakterizasyonu, T.C. İstanbul Üniversitesi, 2010.

- [27] EPDM - Etilen Propilen Dien Monomer, (y.y.). <https://www.eymenpetrokimya.com.tr/epdm-etilen-propilen-dien-monomer> (erişim 01 Şubat 2020).
- [28] X. Mao, S. Xu, C. Wu, Dynamic Mechanical Properties of EPDM Rubber Blends, *Polym. Plast. Technol. Eng.* 47 (2008) 209–214. <https://doi.org/10.1080/03602550701817611>.
- [29] E. Öztürk, Farklı Kauçuk Karışımlarının Vulkanizasyonuna Hızlandırıcıların Etkisi, Sakarya Üniversitesi, 2008.
- [30] J.S. Dick, R.A. Annicelli, Rubber technology: compounding and testing for performance, Hanser, München; Cincinnati, Ohio, 2009.
- [31] H.Ö. Savran, Elastomer Teknolojisi II, , Kauçuk Derneği Yayınları, İstanbul, 2001.
- [32] S. Saraç, İnorganik Katkılı Kauçuk Malzemenin Özelliklerinin İncelenmesi, Marmara Üniversitesi, 2013.
- [33] EPDM Kauçuk, (y.y.). <http://www.guvenlas.com.tr/urun/epdm-kaucuk> (erişim 01 Şubat 2020).
- [34] B. Kim, S.B. Lee, J. Lee, S. Cho, H. Park, S. Yeom, S.H. Park, A comparison among Neo-Hookean model, Mooney-Rivlin model, and Ogden model for chloroprene rubber, *Int. J. Precis. Eng. Manuf.* 13 (2012) 759–764.
- [35] Textile reinforced air hose, (y.y.). <https://www.rubber-pvc-hose.com/project/textile-reinforced-air-hose/> (erişim 01 Şubat 2020).
- [36] S. Çavdar, Effect of different compositions rheological and mechanical properties of epdm rubber, 2007.
- [37] W. Hofman, M. Adams, Rubber technology handbook: Hanser Publishers, 1989, ISBN 3-446-14895-7, DM 86.00, Elsevier, 1994.
- [38] B. Rodgers, W.H. Waddell, S. Solis, Klingensmith, Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Vol 21, John Wiley&Sons, Inc, 2001.
- [39] P.A. Ciullo, N. Hewitt, The rubber formulary, William Andrew, 1999.
- [40] R.B. Simpson, Rubber basics, iSmithers Rapra Publishing, 2002.
- [41] A.A.H. Al-Quraishi, The Deformation and Fracture Energy of Natural Rubber under high strain rates, University of Akron, 2007.

- [42] A. Babapour, Doğal Kauçuk/Bütadien Kauçuk Esaslı Silecek Lastiği Malzemelerinin Hazırlanması ve Karakterizasyonu, Hacettepe Üniversitesi, 2013.
- [43] ASTM D1765-04, Standard Classification System for Carbon Blacks Used in Rubber Products, West Conshohocken, PA, 2004. [www.astm.org](http://www.astm.org).
- [44] B. Likozar, M. Krajnc, Kinetic and heat transfer modeling of rubber blends' sulfur vulcanization with N-t-butylbenzothiazole-sulfenamide and N,N-Di-t-butylbenzothiazole- sulfenamide, *J. Appl. Polym. Sci.* 103 (2007) 293–307. <https://doi.org/10.1002/app.25284>.
- [45] S. Choi, Influence of rubber composition on change of crosslink density of rubber vulcanizates with EV cure system by thermal aging, *J. Appl. Polym. Sci.* 75 (2000) 1378–1384.
- [46] V. Sekkar, K. Narayanaswamy, K. Scariah, P. Nair, K. Sastri, H. Ang, Evaluation by various experimental approaches of the crosslink density of urethane networks based on hydroxyl-terminated polybutadiene, *J. Appl. Polym. Sci.* 103 (2007) 3129–3133. <https://doi.org/10.1002/app.24751>.
- [47] T. Khang, Z. Ariff, Vulcanization kinetics study of natural rubber compounds having different formulation variables, *J. Therm. Anal. Calorim.* 109 (2012) 1–9. <https://doi.org/10.1007/s10973-011-1937-3>.
- [48] G. Green, Modelling concept design evaluation, *Artif. Intell. Eng. Des. Anal. Manuf.* 11 (1997) 211–217. <https://doi.org/10.1017/s0890060400003139>.
- [49] R. Bjarnemo, Towards a computer implementable evaluation procedure for the mechanical engineering design process, Lund Institute of Technology, 1994.
- [50] S. Finger, J.R. Dixon, A review of research in mechanical engineering design. Part I: Descriptive, prescriptive, and computer-based models of design processes, *Res. Eng. Des.* 1 (1989) 51–67. <https://doi.org/10.1007/BF01580003>.
- [51] A. Ballu, H. Falgarone, N. Chevassus, L. Mathieu, A new design method based on functions and tolerance specifications for product modelling, *CIRP Ann. - Manuf. Technol.* 55 (2006) 139–142. [https://doi.org/10.1016/S0007-8506\(07\)60384-9](https://doi.org/10.1016/S0007-8506(07)60384-9).
- [52] C.X. Feng, C.C. Huang, A. Kusiak, P.G. Li, Representation of functions and features in detail design, *CAD Comput. Aided Des.* 28 (1996) 961–971.

- [53] Shrikant M. Chougule, D. B. Waghmare, Design & Manufacturing of Components of Modified Bench Vise on Rapid Prototype Machine, *Int. J. Appl. or Innov. Eng. Manag.* 4 (2015) 39–51.
- [54] B. Chandrasekaran, Design problem solving. A task analysis, *AI Mag.* 11 (1990) 59–71.
- [55] Y.M. Deng, G.A. Britton, S.B. Tor, Constraint-based functional design verification for conceptual design, *CAD Comput. Aided Des.* 32 (2000) 889–899. [https://doi.org/10.1016/S0010-4485\(00\)00077-4](https://doi.org/10.1016/S0010-4485(00)00077-4).
- [56] K. Beissner, On a measure of consistency in comparison measurements: II. Using effective degrees of freedom, *Metrologia.* 40 (2003) 31–35. <https://doi.org/10.1088/0026-1394/40/2/305>.
- [57] C. Restrepo, T. Osswald, J. Hernández-Ortiz, METHODOLOGY FOR GENERATION OF TIME-TEMPERATURE- TRANSFORMATION (TTT) DIAGRAM: SOLID AND CELLULAR EPDM, içinde: 2013.
- [58] W.H. Carothers, I. Williams, A.M. Collins, J.E. Kirby, Acetylene Polymers and Their Derivatives. II. A New Synthetic Rubber: Chloroprene and Its Polymers, *Rubber Chem. Technol.* 5 (1932) 7–29. <https://doi.org/10.5254/1.3539320>.

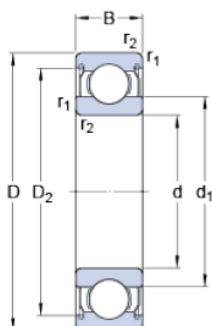
# EKLER

## EK 1 – SKF W61700 X-2ZS Kataloĝu



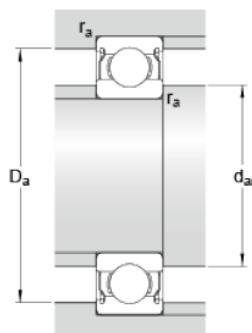
### W 61700 X-2ZS

#### Dimensions



d	10	mm
D	15	mm
B	4	mm
d <sub>1</sub>	≈ 11.21	mm
D <sub>2</sub>	≈ 14.03	mm
r <sub>1,2</sub>	min. 0.15	mm

#### Abutment dimensions



d <sub>a</sub>	min. 11	mm
d <sub>a</sub>	max. 11	mm
D <sub>a</sub>	max. 14.5	mm
r <sub>a</sub>	max. 0.15	mm

#### Calculation data

Basic dynamic load rating	C	0.488	kN
Basic static load rating	C <sub>0</sub>	0.22	kN
Fatigue load limit	P <sub>u</sub>	0.009	kN
Reference speed		85000	r/min
Limiting speed		43000	r/min
Calculation factor	k <sub>r</sub>	0.015	
Calculation factor	f <sub>0</sub>	8	

#### Mass

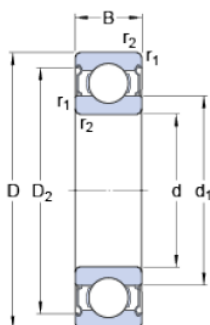
Mass bearing		0.0018	kg
--------------	--	--------	----





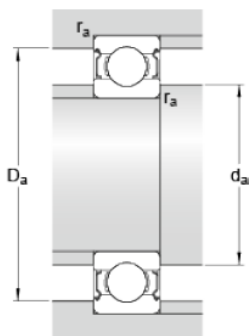
## W 627/5-2Z

### Dimensions



d	5	mm
D	8	mm
B	2.5	mm
d <sub>1</sub>	≈ 5.8	mm
D <sub>2</sub>	≈ 7.5	mm
r <sub>1,2</sub>	min. 0.1	mm

### Abutment dimensions



d <sub>a</sub>	min. 5.6	mm
d <sub>a</sub>	max. 5.7	mm
D <sub>a</sub>	max. 7.5	mm
r <sub>a</sub>	max. 0.1	mm

### Calculation data

Basic dynamic load rating	C	0.121	kN
Basic static load rating	C <sub>0</sub>	0.045	kN
Fatigue load limit	P <sub>u</sub>	0.002	kN
Reference speed		140000	r/min
Limiting speed		70000	r/min
Calculation factor	k <sub>r</sub>	0.015	
Calculation factor	f <sub>0</sub>	7.8	

### Mass

Mass bearing	0.00041	kg
--------------	---------	----

## EK 3 – Çekmeli İndeksleme Pimi Kataloğu



- Kolay kavranabilir estetik hatlar
- Kaydırarak ayarlama gereken uygulamalar için ideal
- Farklı diş ve pim ölçüsü seçeneği
- Açık konumda kolu sabitleme imkanı

### Malzeme ve Yüzey İşlemi

Tutamak: PA6 siyah

Gövde, pim, somun ve yay: Çelik, siyah çinko kaplama yada AISI 300 serisi paslanmaz çelik

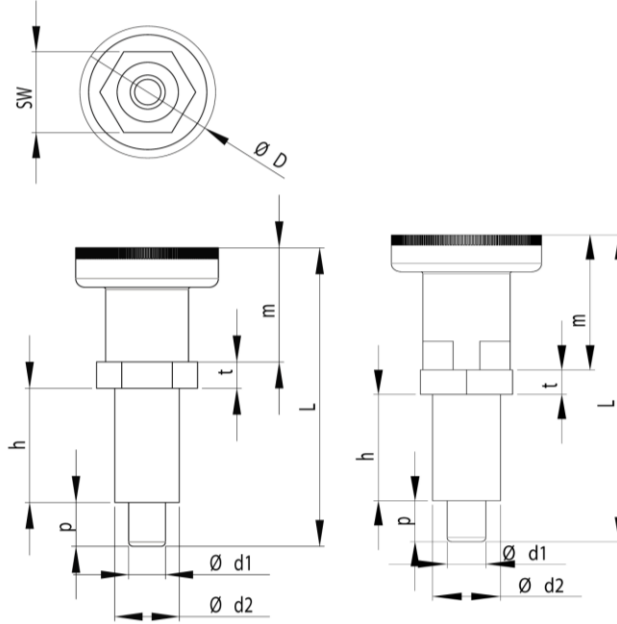
### Mekanik ve Diğer Özellikler

Yay Tansiyonu: 6-60N

Çalışma Sıcaklığı: -20°C ile 80°C

\*Kontra somun ilavesi için parça numaralarındaki 01'i 11 02'yi de 12 yapın.

\*\*Dişsiz kaynak tipi modeller için parça numaralarındaki 01'i 21 02'yi de 22 yapın.



Bütün ölçüler mm dir.

	Parça No.	d1	d2	D	L	m	t	h	p
Çelik Çinko Kaplama Serbest	YK03-01-10-33	5	M10x1	25	49	22	5	17	5
	YK03-01-12-33	6	M12x1.5	25	54	22	6	20	6
	YK03-01-16-33	8	M16x1.5	31	68	26	8	26	8
	YK03-01-20-33	10	M20x1.5	31	79	26	10	33	10
Çelik Çinko Kaplama Durmalı	YK03-02-10-33	5	M10x1	25	56	29	5	17	5
	YK03-02-12-33	6	M12x1.5	25	61	29	6	20	6
	YK03-02-16-33	8	M16x1.5	31	75	33	8	26	8
	YK03-02-20-33	10	M20x1.5	31	86	33	10	33	10
Paslanmaz Çelik Serbest	YK03-01-10-50	5	M10x1	25	49	22	5	17	5
	YK03-01-12-50	6	M12x1.5	25	54	22	6	20	6
	YK03-01-16-50	8	M16x1.5	31	68	26	8	26	8
	YK03-01-20-50	10	M20x1.5	31	79	26	10	33	10
Paslanmaz Çelik Durmalı	YK03-02-10-50	5	M10x1	25	56	29	5	17	5
	YK03-02-12-50	6	M12x1.5	25	61	29	6	20	6
	YK03-02-16-50	8	M16x1.5	31	75	33	8	26	8
	YK03-02-20-50	10	M20x1.5	31	86	33	10	33	10

**EK 4 – Geri Sekme Esneklik Değerine Karşılık Gelen Aç Tablosu**

Geri Sekme Esneklik Değerine Karşılık Gelen Aç Tablosu							
Geri Sekme Esneklik Değeri	Açı Değeri (Derece)	Geri Sekme Esneklik Değeri	Açı Değeri (Derece)	Geri Sekme Esneklik Değeri	Açı Değeri (Derece)	Geri Sekme Esneklik Değeri	Açı Değeri (Derece)
0	0,0	26	42,3	52	61,3	78	77,3
1	8,1	27	43,1	53	62,0	79	77,9
2	11,5	28	43,9	54	62,6	80	78,5
3	14,1	29	44,8	55	63,3	81	79,0
4	16,3	30	45,6	56	63,9	82	79,6
5	18,2	31	46,4	57	64,5	83	80,2
6	19,9	32	47,2	58	65,2	84	80,8
7	21,6	33	47,9	59	65,8	85	81,4
8	23,1	34	48,7	60	66,4	86	82,0
9	24,5	35	49,5	61	67,0	87	82,5
10	25,8	36	50,2	62	67,7	88	83,1
11	27,1	37	50,9	63	68,3	89	83,7
12	28,4	38	51,7	64	68,9	90	84,3
13	29,5	39	52,4	65	69,5	91	84,8
14	30,7	40	53,1	66	70,1	92	85,4
15	31,8	41	53,8	67	70,7	93	86,0
16	32,9	42	54,5	68	71,3	94	86,6
17	33,9	43	55,2	69	71,9	95	87,1
18	34,9	44	55,9	70	72,5	96	87,7
19	35,9	45	56,6	71	73,1	97	88,3
20	36,9	46	57,3	72	73,7	98	88,9
21	37,8	47	58,0	73	74,3	99	89,4
22	38,7	48	58,7	74	74,9	100	90,0
23	39,6	49	59,3	75	75,5		
24	40,5	50	60,0	76	76,1		
25	41,4	51	60,7	77	76,7		

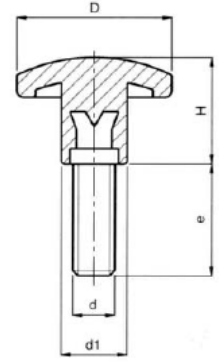
## EK 5 – KAMA 1139 33 507 Kataloğu



# 1139

Forma T	D	H	d	e	d <sub>1</sub>	FİYAT
1139 33 504	33	22	M6	15	14	3,69
1139 33 501	33	22	M6	20	14	3,31
1139 33 505	33	22	M6	30	14	3,86
1139 33 506	33	22	M6	40	14	4,31
1139 33 507	33	22	M8	20	14	4,10
1139 33 502	33	22	M8	27	14	3,69
1139 33 508	33	22	M8	47	14	4,70

Forma T	D	H	d	e	d <sub>1</sub>	FİYAT
1139 33 544	33	22	M6	15	14	3,69
1139 33 541	33	22	M6	20	14	3,48
1139 33 545	33	22	M6	30	14	3,86
1139 33 546	33	22	M6	40	14	4,48
1139 33 547	33	22	M8	20	14	4,31
1139 33 542	33	22	M8	27	14	3,86
1139 33 548	33	22	M8	47	14	4,93

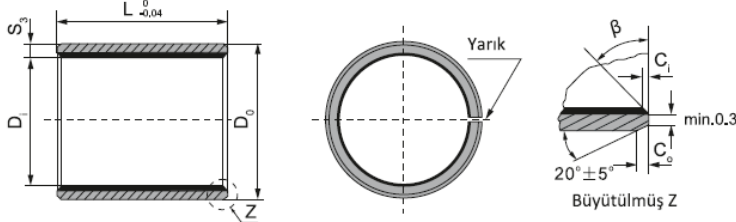


**Forma K** Siyah veya turuncu termoplastik, diş çekilmiş çelik saplamalı.

## EK 6 – Trans-Rul TRA 010 Burç Kataloğu

### TRA 010

### Kendinden Yağlamalı Silindirik Burçlar Ölçü ve Toleransları



İç ve Dış pahları

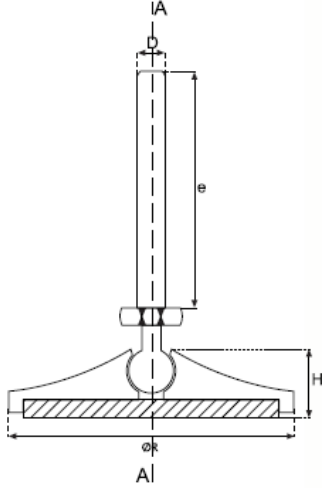
S <sub>3</sub>	C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	β	S <sub>3</sub>	C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	β
0,75	0,5 ± 0,3	0,25 ± 0,2	30° ± 5°	2,00	1,2 ± 0,4	0,50 ± 0,3	30° ± 5°
1,00	0,6 ± 0,3	0,30 ± 0,2	30° ± 5°	2,50	1,8 ± 0,6	0,60 ± 0,3	45° ± 5°
1,50	0,7 ± 0,3	0,50 ± 0,3	30° ± 5°				

Birim: mm

(f7) Mil D <sub>s</sub>	(H7) Yuva D <sub>H</sub>	Dış Çap Toleransı D <sub>0</sub>	Montaj sonrası İç Çap D <sub>i,a</sub>	Boşluk D <sub>0</sub>	Duvar Kalınlığı S <sub>3</sub>	L <sup>0</sup> ( <sup>d≤Φ28 L-0,30</sup> <sub>-0,4</sub> <sup>d&gt;Φ30 L-0,40</sup> )																
						6	8	10	12	15	20	25	30	40	50							
6	-0,010 -0,022	8	+0,015	8	+0,055 +0,025	6,055 5,990	0,077 0,000	1,005 0,980	0606	0608	0610											
8	-0,013 -0,028	10	+0,015	10	+0,055 +0,025	8,055 7,990	0,083 0,003		0806	0808	0810	0812	0815									
10	-0,013 -0,028	12	+0,018	12	+0,065 +0,030	10,058 9,990	0,086 0,003		1006	1008	1010	1012	1015	1020								
12	-0,016 -0,034	14	+0,018	14	+0,065 +0,030	12,058 11,990	0,092 0,006		1206	1208	1210	1212	1215	1220	1225							
13	-0,016 -0,034	15	+0,018	15	+0,065 +0,030	13,058 12,990						1310	1312	1315	1320	1325						
14	-0,016 -0,034	16	+0,018	16	+0,065 +0,030	14,058 13,990						1410	1412	1415	1420	1425						
15	-0,016 -0,034	17	+0,018	17	+0,065 +0,030	15,058 14,990						1510	1512	1515	1520	1525						
16	-0,016 -0,034	18	+0,018	18	+0,065 +0,030	16,058 15,990						1610	1612	1615	1620	1625						
17	-0,016 -0,034	19	+0,021	19	+0,075 +0,035	17,061 16,990			0,095 0,006				1710	1712	1715	1720	1725					
18	-0,016 -0,034	20	+0,021	20	+0,075 +0,035	18,061 17,990							1810	1812	1815	1820	1825					
20	-0,020 -0,041	23	+0,021	23	+0,075 +0,035	20,071 19,990		0,112 0,010				2010	2012	2015	2020	2025	2030					
22	-0,020 -0,041	25	+0,021	25	+0,075 +0,035	22,071 21,990						2210	2212	2215	2220	2225	2230					
24	-0,020 -0,041	27	+0,021	27	+0,075 +0,035	24,071 23,990						2410	2412	2415	2420	2425	2430					
25	-0,020 -0,041	28	+0,021	28	+0,075 +0,035	25,071 24,990						2510	2512	2515	2520	2525	2530	2540	2550			
28	-0,020 -0,041	32	+0,025	32	+0,085 +0,045	28,085 27,990	0,126 0,010						2812	2815	2820	2825	2830	2840	2850			
30	-0,020 -0,041	34	+0,025	34	+0,085 +0,045	30,085 29,990	0,135 0,015					3012	3015	3020	3025	3030	3040	3050				
32	-0,025 -0,050	36	+0,025	36	+0,085 +0,045	32,085 31,990							3212	3215	3220	3225	3230	3240	3250			
35	-0,025 -0,050	39	+0,025	39	+0,085 +0,045	35,085 34,990								3512	3515	3520	3525	3530	3540	3550		
38	-0,025 -0,050	42	+0,025	42	+0,085 +0,045	38,085 37,990									3812	3815	3820	3825	3830	3840	3850	
40	-0,025 -0,050	44	+0,025	44	+0,085 +0,045	40,085 39,990										4012	4015	4020	4025	4030	4040	4050

**SEHPA AYAK METAL TABANLI KONİK OYNAR  
KROM KAPLAMALI & STATİK BOYALI**

**SEHPA AYAK METAL TABANLI KONİK OYNAR KROM KAPLAMALI**

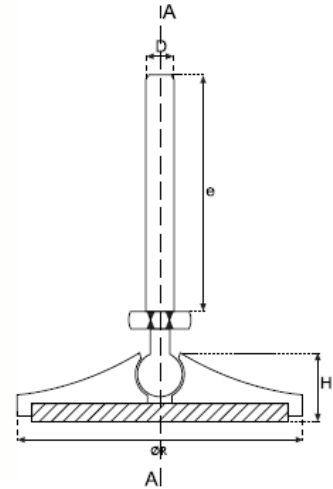


ØR	D	e	H	KOD	FİYAT
40	M:8	50	19	SAMTKOK 40 8*50	6,50
40	M:8	70	19	SAMTKOK 40 8*70	6,50
40	M:10	50	19	SAMTKOK 40 10*50	7,00
40	M:10	70	19	SAMTKOK 40 10*70	7,00
40	M:12	50	19	SAMTKOK 40 12*50	7,50
40	M:12	70	19	SAMTKOK 40 12*70	7,50
60	M:8	50	21	SAMTKOK 60 8*50	12,00
60	M:8	70	21	SAMTKOK 60 8*70	12,00
60	M:8	100	21	SAMTKOK 60 8*100	14,00
60	M:10	50	21	SAMTKOK 60 10*50	12,00
60	M:10	70	21	SAMTKOK 60 10*70	12,00
60	M:10	100	21	SAMTKOK 60 10*100	14,00
60	M:12	50	21	SAMTKOK 60 12*50	12,00
60	M:12	70	21	SAMTKOK 60 12*70	12,00
60	M:12	100	21	SAMTKOK 60 12*100	14,00
60	M:16	50	21	SAMTKOK 60 16*50	18,00
60	M:16	100	21	SAMTKOK 60 16*100	19,00
80	M:16	50	23	SAMTKOK 80 16*50	20,00
80	M:16	100	23	SAMTKOK 80 16*100	21,00
80	M:16	150	23	SAMTKOK 80 16*150	23,00
80	M:16	200	23	SAMTKOK 80 16*200	26,00
80	M:20	50	23	SAMTKOK 80 20*50	23,00
80	M:20	100	23	SAMTKOK 80 20*100	23,00
80	M:20	150	23	SAMTKOK 80 20*150	26,00
80	M:20	200	23	SAMTKOK 80 20*200	29,00
100	M:16	50	26	SAMTKOK 100 16*50	28,00
100	M:16	100	26	SAMTKOK 100 16*100	29,00
100	M:16	150	26	SAMTKOK 100 16*150	31,00
100	M:16	200	26	SAMTKOK 100 16*200	34,00
100	M:20	50	26	SAMTKOK 100 20*50	30,00
100	M:20	100	26	SAMTKOK 100 20*100	30,00
100	M:20	150	26	SAMTKOK 100 20*150	33,00
100	M:20	200	26	SAMTKOK 100 20*200	36,00

**SEHPA AYAK METAL TABANLI KONİK OYNAR STATİK BOYALI**

ØR	D	e	H	KOD	FİYAT
40	M:8	50	19	SAMTKOB 40 8*50	6,00
40	M:8	70	19	SAMTKOB 40 8*70	6,00
40	M:10	50	19	SAMTKOB 40 10*50	6,50
40	M:10	70	19	SAMTKOB 40 10*70	6,50
40	M:12	50	19	SAMTKOB 40 12*50	7,00
40	M:12	70	19	SAMTKOB 40 12*70	7,00
60	M:8	50	21	SAMTKOB 60 8*50	11,50
60	M:8	70	21	SAMTKOB 60 8*70	11,50
60	M:8	100	21	SAMTKOB 60 8*100	13,50
60	M:10	50	21	SAMTKOB 60 10*50	11,50
60	M:10	70	21	SAMTKOB 60 10*70	11,50
60	M:10	100	21	SAMTKOB 60 10*100	13,50
60	M:12	50	21	SAMTKOB 60 12*50	11,50
60	M:12	70	21	SAMTKOB 60 12*70	11,50
60	M:12	100	21	SAMTKOB 60 12*100	13,50
60	M:16	50	21	SAMTKOB 60 16*50	17,50
60	M:16	100	21	SAMTKOB 60 16*100	18,50
80	M:16	50	23	SAMTKOB 80 16*50	19,00
80	M:16	100	23	SAMTKOB 80 16*100	20,00
80	M:16	150	23	SAMTKOB 80 16*150	22,00
80	M:16	200	23	SAMTKOB 80 16*200	25,00
80	M:20	50	23	SAMTKOB 80 20*50	22,00
80	M:20	100	23	SAMTKOB 80 20*100	22,00
80	M:20	150	23	SAMTKOB 80 20*150	25,00
80	M:20	200	23	SAMTKOB 80 20*200	28,00
100	M:16	50	26	SAMTKOB 100 16*50	27,00
100	M:16	100	26	SAMTKOB 100 16*100	28,00
100	M:16	150	26	SAMTKOB 100 16*150	30,00
100	M:16	200	26	SAMTKOB 100 16*200	33,00
100	M:20	50	26	SAMTKOB 100 20*50	29,00
100	M:20	100	26	SAMTKOB 100 20*100	29,00
100	M:20	150	26	SAMTKOB 100 20*150	32,00
100	M:20	200	26	SAMTKOB 100 20*200	35,00

PASLANMAZ İÇİN (Bakınız syf. 48)



## EK 8 – Ferkan A.Ş.’den Alınan Ölçüm Raporu



### MATERYAL TEST LABORATUVARI

Karışım Kodu	ZEP01173 ( 29ø x12) mm
Rapor Tarihi	14.11.2019
Lot Numarası	15101903
Vulkanizasyon Tarihi	18.10.2019
Kauçuk Türü	EPDM
Üretim Tipi	Kompresyon
Test Yöntemi	ISO 4662 " Sarkaç Methodu"
Cihazın Teknik Özellikleri	Çekiç boyu 204mm Max. , Salınım Arki: 90°, çekiç çapı, 14-15mm, Çekic vurma hızı 2.00 m/s

Numune	Birim	SONUÇ	SONUÇ	SONUÇ	ORTALAMA
1	%	56,3	55,7	56,3	56,1
2	%	55,4	55,4	55,2	55,3
3	%	54,9	54,6	54,9	54,8

Karışım Kodu	ZEP01174 ( 29ø x12) mm
Rapor Tarihi	43780
Lot Numarası	16101903
Vulkanizasyon Tarihi	18.10.2019
Kauçuk Türü	EPDM
Üretim Yöntemi	Kompresyon

Numune	Birim	SONUÇ	SONUÇ	SONUÇ	ORTALAMA
1	%	59,4	59,7	59,7	59,6
2	%	59,3	59,5	59,5	59,4
3	%	59,7	60,3	60	60

Karışım Kodu/Numune Ölçüleri	ZBH00432 ( 35ø x 6) mm
Rapor Tarihi	14.11.2019
Lot Numarası	04111901
Vulkanizasyon Tarihi	05.11.2019
Kauçuk Türü	CR
Üretim Yöntemi	Kompresyon

Numune	Birim	SONUÇ	SONUÇ	SONUÇ	ORTALAMA
1	%	41,3	41,5	41,7	41,5
2	%	40,6	41,2	40,8	40,9
3	%	41,8	41,4	41,5	41,6

Testi Yapan: Oğuzhan ÖRNEK

**EK 9 – Standart Profil A.Ş. Alınan Ölçüm Raporu**

	<b>C524</b>			<b>C578</b>		
	1	2	3	1	2	3
<b>ShA</b>	59,9	59,2	59,3	67,7	67,5	67,7
<b>Rebound</b>	48,6	48,4	48,4	45,2	45,2	44,6
	<b>C027</b>			<b>C021</b>		
	1	2	3	1	2	3
<b>ShA</b>	74,7	74,5	74,8	77,1	77,8	77,9
<b>Rebound</b>	43	42,8	43,6	29,2	29,4	29,8
	<b>C514</b>			<b>C523A</b>		
	1	2	3	1	2	3
<b>ShA</b>	64,6	64,1	63,9	62,5	62,7	61,7
<b>Rebound</b>	48,4	46,8	47,4	49,8	49,4	48,4
	<b>C070C</b>			<b>C073</b>		
	1	2	3	1	2	3
<b>ShA</b>	83,8	83	84	83,9	83,9	83,3
<b>Rebound</b>	26,6	27,8	26,8	41,8	42	42
	<b>C538</b>			<b>C080</b>		
	1	2	3	1	2	3
<b>ShA</b>	74,5	74,3	74,4	91,4	91,7	82,1
<b>Rebound</b>	29	29,4	29,6	36,4	37	36





## W 61800-2Z

Popular item

### Deep groove ball bearings

#### Bearing data

[Tolerances](#),

Normal (metric), P6, P5, Normal (inch),

[Radial internal clearance](#),

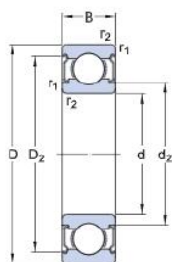
Matched bearing pairs, Stainless steel  
d < 10 mm, Other bearings

#### Bearing interfaces

[Seat tolerances for standard conditions](#),

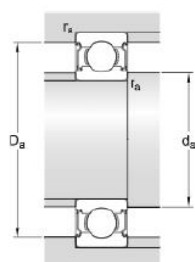
[Tolerances and resultant fits](#)

### Technical Specification



#### DIMENSIONS

d	10 mm
D	19 mm
B	5 mm
d <sub>2</sub>	≈ 11.8 mm
D <sub>2</sub>	≈ 17.15 mm
r <sub>1,2</sub>	min. 0.3 mm



#### ABUTMENT DIMENSIONS

d <sub>a</sub>	min. 11.5 mm
d <sub>a</sub>	max. 11.5 mm
D <sub>a</sub>	max. 17.5 mm
r <sub>a</sub>	max. 0.3 mm