

**GEREĞİN DEN ÇOK SERBESTLİK DERECELİ
YILANSI BİR ROBOTUN DİZAYNI VE İMALATI**

**Pamukkale Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**


İsmail BOZTAY

Danışman: Doç. Dr. Erdiñ Şahin ÇONKUR

**Haziran, 2007
DENİZLİ**

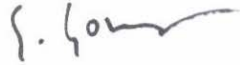
YÜKSEK LİSANS TEZİ ONAY FORMU

İsmail BOZTAY tarafından Doç. Dr. Erdiñ Şahin ÇONKUR yönetiminde hazırlanan “**Gereğinden Çok Serbestlik Dereceli Yılınsı Bir Robotun Dizaynı ve İmalatı**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Muzaffer TÖPCU
Jüri Başkanı

Doç. Dr. Erdiñ Şahin ÇONKUR
Jüri Üyesi (Danışman)



Yrd. Doç. Abdullah T. TOLA
Jüri Üyesi



Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
..../..../..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mehmet Ali SARIGÖL
Müdür

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmalarım süresince bilgi ve tecrübeleri ile bana her konuda yol gösterip, bilgiye nasıl ulaşılacağını öğreten; önüme çıkan zorlukları, nasıl sabırla ve sürekli çalışarak aşacağımı gösteren sayın danışman hocam Doç. Dr. Erdinç Şahin ÇONKUR'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans tezimdeki gereğinden çok serbestlik dereceli robotun imalatının yapılmasında Doğan Hafriyat şirketinin tüm maddi ve manevi olanaklarını hizmetime sunan şirket sahipleri Sayın Ömer DOĞAN ve Sayın Hasan DOĞAN'a; ayrıca tüm yetenek ve tecrübesiyle bana sanayi ortamındaki hareket tarzını öğreten ustam Sayın Kamil BÖYÜKBAŞ'a şükran borçluyum.

Çalışmalarım süresince burs aldığım TÜBİTAK'a ve robotun imalatı için gerekli maddi desteği veren DPT ve Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimine katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca beni sert hayat koşullarına göre yetiştiren ve bunun sonucunda göze bile alınamayacak işlerin peşi sıra gidip birçoğunu başarabilmemden dolayı sevgili anneme ve babama en içten dileklerle sevgiler sunar ve teşekkürü borç bilirim.

İsmail BOZTAY

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğini beyan ederim.

İmza :
ÖĞrenci Adı Soyadı : İsmail BOZTAY

ÖZET

Boztay, İsmail
Yüksek Lisans Tezi, Makine Mühendisliği ABD
Tez Yöneticisi: Doç. Dr. Erdinç Şahin ÇONKUR

Haziran 2007, 106 Sayfa

Gereğinden çok serbestlik dereceli robot kolları (redundant robots) kendi uzuv değişkenlerine sonsuz sayıda çözüm üretebilen robot kollarıdır. Bunun anlamı, robotun hedefe giderken engellerle karşılaştığında bu engelleri aşabilecek biçimde kendi şeklini istediği gibi değiştirebilmesidir. Bu tür robotlar, insanların ulaşması zor veya imkansız olduğu bölgelere girerek, el becerisi gerektiren birçok işi otomatik olarak yapabileceklerdir.

Gereğinden çok serbestlik dereceli bir robotu bir ürün olarak geliştirebilmenin ilk şartı etkili bir robot kontrol algoritması oluşturmaktır. Mevcut olan kontrol algoritmaları çözülmesi gereken birçok probleme sahiptir. İkinci şart ise kontrol sisteminden gelen taleplere cevap verebilecek bir mekanik dizayn oluşturabilmektir.

Bu çalışmada gereğinden çok serbestlik dereceli bir robot dizayn yapılmış ve bir robot prototipinin imalatı gerçekleştirilmiştir. Bu prototip düzlemsel olarak çalışan ve dört uzuvdan oluşan bir seri robottur. Her uzuv ayrı bir servo motordan tahrik edilerek hareket ettirilmiştir. Servo motor hareketi uzuvlara özel olarak tasarlanmış triger dişlileri üzerinden triger kayışlarıyla aktarılmıştır. İlk önce robotun tasarımı yapılmış, daha sonra bilgisayarda animasyonu gerçekleştirilmiştir. Son olarak da imalatı yapıp çalıştırılmıştır. Deneme amaçlı olarak robota ark kaynağı yaptırılmıştır. İmal edilen robot birçok değişik algoritmanın denenebilmesi için uygundur.

Anahtar Kelimeler: Gereğinden çok serbestlik dereceli robot kolları, hareket planlaması, robot dizaynı.

ABSTRACT

Boztay, İsmail

M. Sc. Thesis in Mechanical Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Erdinc Sahin CONKUR

June 2007, 106 Pages

Redundant manipulators are robot manipulators which are able to produce an infinite number of solutions to their joint variables. This means that the robot is able to change its shape freely in the way that it can go through obstacles when it comes across obstacles while approaching the goal. This kind of robots will be able to achieve various tasks automatically that require man-equivalent capabilities by entering areas that are difficult or impossible to enter for human beings.

The first condition to develop a redundant robot as a product is to form an effective control algorithm. Current control algorithms have several problems. The second condition to develop a redundant robot is to have a mechanical design that will be able to respond to the demands coming from the control system.

In this work is, a redundant robot was designed and a prototype was produced. This prototype is a robot with four links, which works in the plane. Each link is moved with a different servo motor. Servo motor motion is transmitted to the links using timing belt over specially designed trigger gears. First of all, the design of the robot was completed. Then, the computer animation of the robot was accomplished. Finally, the production of the robot was made. As a sample application, arc welding was carried out using the robot. The robot that was produced is suitable for implementing various control algorithms.

Keywords: Redundant robots, motion planning, robot design

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
Yüksek Lisans Tezi Onay Formu.....	ii
Teşekkür.....	iii
Bilimsel Etik Sayfası.....	vi
Özet.....	v
Abstract.....	vi
İçindekiler.....	vii
Şekiller Dizini.....	ix
Simge ve Kısaltmalar Dizini.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Genel Tanıtım.....	1
2. ROBOT DİZAYNI ÖNCESİ PLANLAMA.....	5
2.1. Robotun Mekanik Dizaynı.....	5
2.1.1. Robotun serbestlik derecesi.....	5
2.1.2. Robot uzuvlarının boyu.....	6
2.1.3. Tahrik sistemi.....	7
2.1.3.1 Motorların uzuvların üzerine montaj yapılması.....	7
2.1.3.2 Motorların uzuvların gerisine montajının yapılıp hareketin çelik halatla aktarılması.....	8
2.1.3.3 Motorların uzuvların gerisine montajının yapılıp hareketin triger kayışıyla aktarılması.....	9
2.1.4. Parçaların üretim şekli.....	11
2.1.5. Parçaların üretim yeri.....	11
2.1.6. Robotun zeminde duruşu.....	12
2.1.7. Uzuvların kaldırabileceği ağırlık.....	12
2.1.8. Emniyetin sağlanması.....	12
2.1.9. Robotun bilgisayar animasyonunun yapılması.....	13
2.1.10. Üretim planlaması.....	13
3. BİLGİSAYAR ORTAMINDA ROBOTUN DİZAYNI.....	15
3.1. Dizaynın Başlangıcı.....	15
3.2. Triger Dişlileri.....	16
3.3. Tahrik Mili.....	18
3.4. Triger Kayışı.....	19
3.5. Hareketin İletilmesi.....	19
3.6. Uzuvlar.....	25
3.7. İki Uzuvun Birbirine Bağlanması.....	27
3.8. Millerin Görevleri.....	28
3.9. Birinci Milin Sabit Açıda Kalmasının Önemi.....	36
3.10. Uzuv Levhalarındaki Rulmanların Sabitlenmesi.....	38
3.11. Beşinci Uzuvun Şaseye Montajı.....	38
3.12. Şase Levhası.....	39
3.13. Şase Ayağı.....	39
3.14. Birinci Uzuv Kaynak Torcu Bağlanması.....	40
4. ROBOT KOLUNUN İMALATI.....	42
4.1. İmalatın Başlangıcı.....	42

4.2. Montajın Yapılması ve Robotun Çalıştırılması.....	45
4.3. Robot Kolumun Kontrolü İçin Kullanılan <i>RoboKol</i> Programı.....	53
5. GELİŞTİRİLEN HAREKET ALGORİTMASININ ÇALIŞMA TEMELİ.....	56
5.1. Algoritmanın Çalışma Mantığı.....	56
5.2. Geliştirilen Bilgisayar Programı.....	58
6. SONUÇ.....	64
KAYNAKLAR.....	67
Ekler.....	69
Özgeçmiş.....	106

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1 4 uzuvlu bir robot kolu.....	6
Şekil 2.2 Motor ve eklem kasnakları.....	8
Şekil 2.3 Halatın diğer eklemlerden geçip hareketi iletmesi.....	9
Şekil 2.4 Motor ve eklem dişlisi ile triger kayışı.....	10
Şekil 2.5 Robotun bilgisayar ortamındaki üç boyutlu animasyonu.....	13
Şekil 3.1 Serbest el çizimi.....	15
Şekil 3.2 Tahrik dişlisi.....	17
Şekil 3.3 Avare dişliler.....	17
Şekil 3.4 Tahrik mili.....	18
Şekil 3.5 Tahrik dişlisinin mile kamayla sabitlenmesi.....	18
Şekil 3.6 Triger kayışı.....	19
Şekil 3.7 Servo motor.....	19
Şekil 3.8 Servo motorun redüktöre bağlanması.....	20
Şekil 3.9 Servo motor ile redüktör arasına takılan kaplin.....	20
Şekil 3.10 Etli boru uzatma ara parçası.....	21
Şekil 3.11 Motor flanşı.....	21
Şekil 3.12 Redüktör çıkış mili.....	22
Şekil 3.13 Dişli çıkış mili.....	22
Şekil 3.14 Dişli çıkış milinin civatayla redüktöre sabitlenmesi.....	23
Şekil 3.15 Dişli çıkış miline tahrik dişlisinin takılması.....	23
Şekil 3.16 Redüktörden tahrik dişlisine hareketin aktarılması.....	24
Şekil 3.17 Hareketin uzuvdan uzuva aktarılması.....	24
Şekil 3.18 Avare dişlilerle hareketin en son uzva iletilmesi.....	25
Şekil 3.19 Planya tezgahındaki hatalı bağlanan uzuv levhasındaki açığı kayması.....	26
Şekil 3.20 Uzuv levhası.....	26
Şekil 3.21 Uzuv levhasının mile takılması.....	27
Şekil 3.22 İki uzvun birbirine bağlanması.....	27
Şekil 3.23 Robot kolunu bağlamada kullanılan delikli 5. uzuv.....	28
Şekil 3.24 Altıncı milin görevi.....	29
Şekil 3.25 Çift avare dişlinin bağlantısı.....	29
Şekil 3.26 Beşinci milin görevi.....	30
Şekil 3.27 Dördüncü uzvun hareket etmesi.....	31
Şekil 3.28 Dördüncü milin görevi.....	32
Şekil 3.29 Üçüncü uzvun hareket etmesi.....	33
Şekil 3.30 Üçüncü milin görevi.....	34
Şekil 3.31 İkinci uzvun hareket etmesi.....	35
Şekil 3.32 İkinci milin görevi.....	35
Şekil 3.33 İki uzuvlu bir robot ve parçaları.....	36
Şekil 3.34 Birinci uzvun dönüşü sırasında 1. milin sabit açıda kalışı.....	37
Şekil 3.35 Uzuv levhalarındaki rulmanların sabitlenmesi.....	38
Şekil 3.36 Beşinci uzvun şaseye montajı.....	38
Şekil 3.37 Şase levhası.....	39
Şekil 3.38 Şase ayağı ve yere basma levhaları.....	40
Şekil 3.39 Birinci uzva bağlanan kaynak torcu.....	40
Şekil 3.40 Kaynak torcu ile şerit metrenin aynı düzlemdeki dik resmi.....	41

Şekil 4.1 Lazer kesim tezgahında kesilen triger dişlileri.....	42
Şekil 4.2 Kamalı mil.....	43
Şekil 4.3 Uzuv levhası.....	43
Şekil 4.4 Taşlanmış mil.....	44
Şekil 4.5 CNC alevli kesme makinesinde şasenin kesimi.....	44
Şekil 4.6 Bütün parçaların zemine serilmesi.....	45
Şekil 4.7 Montajın montaj sırasına göre yapılışı.....	46
Şekil 4.8 Triger kayışları takılmadan montajı yapılmış robot kolu.....	47
Şekil 4.9 Robot kolunun elle hareket ettirilip mekanizmanın kontrol edilmesi.....	48
Şekil 4.10 Okul laboratuvarına getirilip kısmen montajı bitmiş robot.....	49
Şekil 4.11 Bilgisayar ve sürücü panosu.....	49
Şekil 4.12 Gaz altı kaynak makinesi.....	50
Şekil 4.13 Birinci uzva bağlanan kaynak torcu.....	50
Şekil 4.14 Autocad programından alınan çizime göre yapılmış kaynak denemesi.....	51
Şekil 4.15 Hassasiyet sağlandıktan sonra robotla yapılan kaynak denemesi.....	52
Şekil 4.16 Kaynak ışığının zararlı etkisinden dolayı yanan kol derileri.....	52
Şekil 4.17 <i>RoboKol</i> programının ara yüzü.....	53
Şekil 4.18 <i>RoboKol</i> programının sınıfları.....	54
Şekil 4.19 a-f <i>RoboKol</i> 'un başlangıç konfigürasyonu ve AutoCAD'den alınmış bir üçgeni takip ederken çekilmiş görüntüleri.....	55
Şekil 5.1 Tek bir uzvun hedefe ulaşması için yaptığı denemeler.....	57
Şekil 5.2 Altı uzuvlu bir robot kolunun hedefe ulaşma denemeleri.....	58
Şekil 5.3 Geliştirilen bilgisayar programından bir görüntü.....	59
Şekil 5.4 Geliştirilen ikinci bilgisayar programı.....	60

SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ

d/d	devir/dakika
Nm	Newton.metre
mm	milimetre
kg	kilogram

1. GİRİŞ

1.1. Genel Tanıtım

Gereğinden çok serbestlik dereceli robot kolları, kendi uzuv değişkenlerine sonsuz sayıda çözüm üretebilen robot kolları olarak tanımlanır. Bu robot kolları iç ve dış engeller ortaya çıktığında değişik konfigürasyonlar seçerek bu engeller arasından geçebilirler (Ma vd 1995). Başlıca kullanım alanları şu şekilde sıralanabilir (Buckingham 1993).

- Büyük makinelerin içlerine tamir ve bakım için girebilme,
- Serbestlik dereceleri sınırlı olan ve çalışma ortamları çok itinayla hazırlanması gereken günümüzdeki endüstriyel robotların hareket kabiliyetlerini çok fazla arttırabilme,
- Uzay istasyonu inşası, mikro-elektronik imalatı gibi vakum ortamı gerektiren çok çeşitli işleri yapabilme,
- Boyutlarının küçültülmesiyle bazı beyin ameliyatlarında, cerrahın elle ulaşmasının çok zor olduğu beyin kısımlarına ulaşmada kullanılabilme,
- Depremde yıkık altında kalmış canlıların yer tespitini yaparak, yıkıklar arasında kendi yolunu bulup ilerleyerek onlara ilk müdahaleyi yapabilmidir.

Bu alanlar çok daha fazla genişletilebilir. Bu tür robotlar, insanların ulaşması zor veya imkânsız olduğu bölgelere girerek, el becerisi ve zekâ gerektiren fakat insanların yapması zor ve tehlikeli olan birçok işi otomatik olarak yapabileceklerdir. Bu gibi işleri başaran bir robot kolu, hem zaman ve para tasarrufu sağlayacak hem de insanları bu işleri yaparken karşılaştıkları tehlikelerden koruyacaktır.

Bu tür robot kollarının kinematiği çok sayıda çalışmanın konusu olmuştur. Çalışma alanında robotun uç noktasının yörüngesi verildiğinde geçerli bir mafsâl yörüngesinin hesabına *gereğinden çok eklemlî çözümleme* denir (Maciejewski ve Klein 1985). Bu çözümleme sınıfında *gradyan izdüşümü tekniği* (Chen vd 2002), *genişletilmiş Jacobian tekniği* (Nenchev 1989, Body ve Taylor 1993, Nakamura 1991) bulunmaktadır. Eğer

görev uç noktanın belirli bir hedef noktaya ulaşması olarak verilirse, robot mafsallarının yörünge hesaplaması *yörünge planlama problemi* olarak isimlendirilir ve *hareket planlaması* içinde değerlendirilir (Latombe 1991). Geometrik hareket planlama algoritmaları robotun tamamı için engellerle çarpışmayan yörüngeler hesaplayabilir. Birçok hareket planlama algoritması arasında öne çıkan genel yaklaşımlar *yol haritaları*, *hücre ayrıştırma* ve *potansiyel alan* metotlarıdır. Bu yaklaşımlar hem çalışma uzayında hem de konfigürasyon uzayında uygulanabilir (Hsu vd 1997, Amato ve Wu 1996, Gupta 1990, Khatib 1986).

Gereğinden çok serbestlik dereceli robot kolları yörünge planlaması konusunun birçok bilimsel alan ile sıkı ilişki içinde olduğu söylenebilir. Bir yönüyle suni zeka ile ilgilidir. Çünkü yeni durumlarda karar verebilme gücüne sahiptir. Diğer bir yönüyle insansı robotlarla ilgilidir. Çünkü tıpkı insanlardaki gibi çok fazla serbestlik derecesini kontrol etmektedir. İnsansı robotlarda da çok sayıda serbestlik derecesi vardır. İleri düzeyde bir yazılım geliştirme süreci içerdiğinden yüksek bir programcılık bilgisine sahip olmayı gerektirmektedir (Çonkur 2003, Conkur ve Buckingham 1997b). Ayrıca yapay sinir ağları ve bulanık mantık gibi tekniklerin de kontrol algoritmalarında kullanılması mümkündür. En yakın olduğu alan ise mobil robotlar olduğu söylenebilir, çünkü birçok yörünge planlama algoritması başlangıç olarak mobil robotlar için tasarlanmış yörüngeleri kullanır (Conkur ve Buckingham 1997a).

Gereğinden çok serbestlik dereceli robot kollarının mekanik dizaynı ile ilgili literatürde az sayıda yayın vardır. Mekanik dizayn genelde üç kategoride incelenir (Chirikjian ve Burdick 1991).

- Birincisi uzuvları birbirine eklenerek oluşturulan seri uzuv kollarıdır.
- İkincisi uzuvlar yerine örneğin hidrolik silindirler kullanılarak şekli değiştirilebilen yapılar kullanan robotlardır.
- Üçüncüsü ise ardı ardına eklenen modüllerden oluşan robotlardır .

Ayrıca, endoskobu örnek alan ve kablolarla kontrol edilen tamamen esnek yapılar da mevcuttur.

Bu çalışma kapsamlı bir TÜBİTAK projesinin bir parçası olarak gerçekleştirilmiştir. TÜBİTAK projesinde amaç Gereğinden Çok Serbestlik Dereceli Robotlar için engellerden kaçınmayı da içeren kontrol algoritmaları geliştirmek ve bu algoritmaları gerçek robotlar üzerinde uygulayarak bir ürün çıkarmaya yönelik çalışmalar yapmaktır.

Bu çalışmada bahsettiğimiz amacı gerçekleştirmek için bu tez kapsamında ardi ardına eklenen parçalardan oluşan bir robot dizayn edilip imal edilmiştir. Geliştirilen algoritmalar robot üzerinde başarıyla denenmiş, robota gazaltı kaynağı yaptırılmıştır. Bundan sonra geliştirilecek olan algoritmalar da bu robot üzerinde denecektir. Ayrıca robot değişik bölümlerde eğitim gören öğrencilere anlatılarak robot ile ilgili fikirlerinin ilerlemesine katkıda bulunmaktadır.

Tezdeki giriş bölümünden sonraki ilk bölüm olan “Robot Dizaynı Öncesi Planlama” isimli bölümde imal edilecek robot hakkında genel kriterler belirlenmiştir. Robot kolunun birbiri ardına eklenen uzuvlardan oluşması, tahrik sisteminin nasıl olacağı, robot uzuvlarının uzunlukları, robot kolunun taşıyabileceği yük, imalat bilgileri vb. konular üzerinde durulmuş ve bu bölümde ön kararların nasıl alındığı anlatılmıştır.

Sonraki bölüm olan “Bilgisayar Ortamında Robotun Dizaynı” isimli bölümde ise robotun bilgisayar üzerinde adım adım dizayn edilmesi anlatılıp bütün parçaların çizimleri verilmiş ve parçaların ne işe yaradığı, robot kolunun nasıl çalıştığı gibi bütün ayrıntılar anlatılmıştır.

“Robot Kolunun İmalatı” isimli dördüncü bölümünde robotun imalatının nasıl gerçekleştirildiği anlatılıp imalata ait resimlerle konu oldukça detaylandırılmıştır. İmalat sırasında çıkan problemlerin nasıl çözüldüğü de bu bölümdedir. Ayrıca robotun imalatından sonra robot çalıştırılmış ve deneme amaçlı ark kaynağı yapılmıştır. Robot kolunun ucuna ark kaynağı torcu bağlanıp laboratuvarımızda geliştirilen *RoboKol* isimli bilgisayar programı ile robot kontrol edilmiştir. Autocad programından alınan çizime göre kaynak yapılmıştır. Robotun çalışma hassasiyeti 1 mm'nin altındadır. Kullanılan triger kayışlarının esnek olması ve redüktörlerin boşluklu olması hassasiyeti olumsuz etkilemiştir.

Robotun hareketini sağlayacak algoritma ile ilgili “Geliştirilen Hareket Algoritmasının alışma Temeli” isimli diğer bölümde ise tarafımdan geliştirilen bir hareket algoritmasına değinilmiştir. Bu hareket algoritması sadece bilgisayar ortamında çalışmaktadır, tarafımdan geliştirilen algoritma ile robot kolu hareket ettirilmemiştir. Engellerden kaçınma için de program geliştirilmiş fakat her durumda engellerden kaınabilen bir algoritma oluşturulamamıştır. Hareketin kontrolü için danışman hocam Doç. Dr. Erdiç Şahin ÇONKUR tarafından geliştirilen *RoboKol* isimli program kullanılmış ve bu bölümde kısaca anlatılmıştır.

2. ROBOT DİZAYNI ÖNCESİ PLANLAMA

2.1. Robotun Mekanik Dizaynı

Robotun mekanik dizaynı ile ilgili literatür araştırması yapılmış ve mekanik dizaynla ilgili sadece resimler ve görüntüler bulunmuştur. Herhangi bir teknik resim ve açıklama bulunamamıştır. Yapılacak dizayn için bazı kriterler belirlenmiştir. Bu kriterler şöyle sıralanabilir:

- Robotun serbestlik derecesi
- Robot uzuvlarının boyu
- Tahrik sistemi
- Parçaların üretim şekli
- Parçaların üretim yeri
- Robotun zeminde duruşu
- Uzuvların kaldırabileceği ağırlık
- Emniyetin sağlanması
- Robotun bilgisayar animasyonunun yapılması
- Üretim planlaması

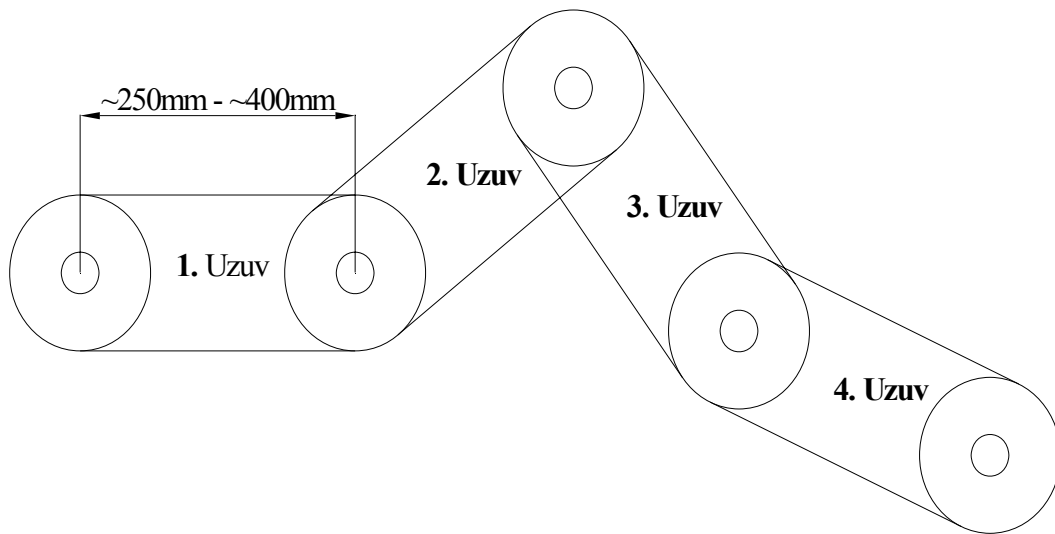
2.1.1. Robotun serbestlik derecesi

Dizayn edilecek robotun serbestlik derecesinin 2, 4 veya 8 olması düşünülmüştür. Okul laboratuvarındaki bilgisayara takılan motion kontrol PCI kartı ile 8 adet servo motor aynı anda kontrol edilebilmektedir. Böylelikle yapılabilecek maksimum serbestlik derece sayısı 8 olabilmektedir. 8 serbestlik derecesine sahip olan 8 uzuvlu seri bir robotu imal etmek ilk aşamada tercih edilmemiştir. Çünkü böyle bir robot çok ince ve uzun bir yapı ortaya çıkaracağından bu yapının dizaynı çözülmesi zor olan birçok mekanik problem içerecektir. Ayrıca maliyeti de yüksek olacaktır. Daha sonra 2 ve 4 uzuvlu robot imalatının yapılması düşüncesi üzerinde durulmuştur. Önce, çıkabilecek problemlere karşı aşırı güvenli çalışma yapılması istenmiş ve robotun 2 uzuvlu olması kararına varılmıştır. Fakat 2 uzuvlu bir robotta gereğinden çok serbestlik dereceli özellikleri bulunamayacağından tasarımın 4 uzuvlu yapılmasına karar verilmiştir. 4

uzuvlu bir robot gereğinden çok serbestlik dereceli özelliği taşımaktadır ve karşılaşılabilecek zorlukların görülmesi ve fazla zaman ve para kaybetmeden düzeltilebilmesi daha kolaydır. Mekanizmanın 2 boyutlu uzayda çalışması tasarlanmış ve bu uzayın da yer düzlemine paralel olmasına karar verilmiştir.

2.1.2. Robot uzuvlarının boyu

Kullanılacak servo motorlar bilgisayar tarafından kontrol edilebilmekte, 2,2 Nm tork verebilmekte ve 3000 d/d hızda dönebilmektedir. 2,2 Nm'lik düşük torktan dolayı herhangi bir redüksiyon yapılmaz ise bu motorlar ile çok küçük kütleli uzuvlar hareket ettirilebilir. Ayrıca her ne kadar motor hızları ayarlanabiliyor olsa da herhangi bir hata anında ya da bilgisayarın kilitlemesi karşısında motorlar kontrolsüz bir şekilde ve çok hızlı dönebilmektedirler. Mekanizmanın montajı yapıldıktan sonra motorlar bir turdan daha fazla dönerse uzuvlar birbirinin içinden geçmeğe çalışacaktır ve geçemeğeceğinden dolayı büyük hasar oluşacaktır. Bu yüzden mekanizmada mutlaka redüktör kullanılması gerekmektedir. Robot kolu boyunun 1000 mm ile 1600 mm arasında bir değer olması kararlaştırılmıştır. Her bir uzuv için de yaklaşık olarak 250-350 Nm'lik tork düşünülmüştür ve böylelikle her uzuv yaklaşık 25 kg ila 30 kg yükü kaldırabilecek şekilde olabilecektir. Şekil 2.1'de dört uzuvlu bir robot kolunun üstten görünüşü yer almaktadır.



Şekil 2.1 4 uzuvlu bir robot kolu

2.1.3. Tahrik sistemi

Tahrik sistemi için birbirinden farklı üç ana fikir ortaya çıkmıştır. Bu fikirler sırasıyla şu şekilde ifade edilebilir:

- Motorların uzuvların üzerine montaj yapılması
- Motorların uzuvların gerisine montajının yapıp hareketin çelik halatla aktarılması
- Motorların uzuvların gerisine montajının yapıp hareketin triger kayışıyla aktarılması

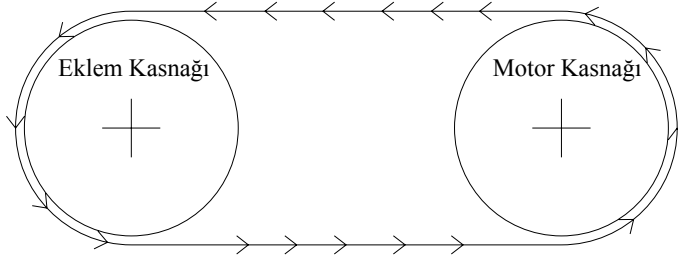
Bu üç farklı dizaynın birbirlerine göre avantajları ve dezavantajları vardır. Aşağıda bu konu ile ilgili detaylı bir değerlendirme yapılmıştır.

2.1.3.1 Motorların uzuvların üzerine montaj yapılması

Motorların, 90 dereceli redüktörler aracılığı ile uzuvların üzerine bağlanması ve redüktörlerin motorlardan aldığı hareketi 90 derece döndürüp uzvu çevireceği düşünülmüştür. Motorların her birinin ağırlığı yaklaşık olarak 3 kg olduğu için 4 motor mekanizmaya fazladan 12 kg getirecek ve kullanılacak redüktörler de uzuvların üzerinde yer alacağı için sistem oldukça ağır olacaktır. Bunun sonucunda motorlar sistemi hareket ettiremeyecektir. Servo motorların eklemlerin üzerine montajlanabilmesi için uzuv uzunlukları motorların ağırlığına ve boyutlarına göre daha büyük olmalıdır ve redüktörler de robot kolları için tasarlanmış yüksek çevrim oranlı ve dişli boşluk değerlerinin çok küçük olması gerekmektedir. Ayrıca her motor için enerji ve enkoder kablosu olmak üzere 2 adet kablo bulunmaktadır. Böylelikle 4 motor için 8 adet kablo bütün mekanizmanın içinden geçirilmeli ve eklemler kıvrıldığında kablolarda meydana gelen kasılmalar sorun çıkarmamalıdır. Bu dizayn günümüz sanayi robotlarında kullanılmakta fakat dizaynı oldukça güçtür ve pahalıdır. Gereğinden çok serbestlik dereceli bir robotta çok sayıda uzuv olacağı için bu dizaynı gerçekleştirmek daha da zorlaşacaktır.

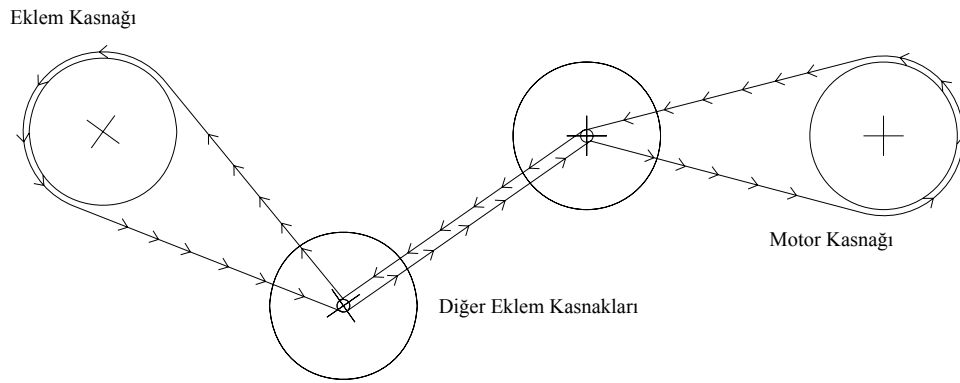
2.1.3.2 Motorların uzuvların gerisine montajının yapıp hareketin çelik halatla aktarılması

Çelik halatlar araştırılmış ve 2 mm, 3 mm gibi ince ve dayanıklı çelik halatların piyasada kolayca ve ucuz bir şekilde bulunduğu görülmüştür. Prensip olarak motor bir şaseye bağlanacak ve motor miline de bir halat kasnağı takılacaktır. Robot uzuvlarından herhangi biri ele alınırsa, bir uzuvda iki adet eklem yeri bulunmaktadır. Bu eklem yerlerinden birine yine halat kasnağı takılacaktır. Çelik halat motordaki kasnağa geçirilecek ve diğer tarafı da eklemdaki kasnağa geçirilip motor döndüğü zaman halat eklemdaki kasnağı da döndürecektir. Sonuç olarak hareket iletilmiş olacaktır. Hareketin motor kasnağından eklem kasnağına aktarılışı Şekil 2.2’de açıkça görülmektedir.



Şekil 2.2 Motor ve eklem kasnakları

İlk eklem için halatın kasnaklara bağlanmasında bir problem oluşmayacağı tahmin edilmektedir. Fakat ikinci ve diğer eklemlere hareket iletilirken halat oldukça uzun bir yol kat edecektir. Burada çıkabilecek problemlerden biri halatın uzunluğundan dolayı oluşabilecek esnemelerdir. Bir diğer problem ise halatın kasnaklarda patinaj yapıp hareketi birebir iletememesidir. Ayrıca uzuvlar kıvrılmaya başladığında eklem yerlerindeki kasıntılardan dolayı halatlarda oluşan gerilmeler kıvrılma açısına göre değişmektedir. Kasıntıların teorik olarak hiç olmaması için halatların bir eklemi aşip diğer ekleme hareket taşıması için takip edeceği yol, her eklemin merkezi olmalıdır. Eğer böyle olursa kasıntı minimum düzeyde oluşacaktır. Halatın izlediği yol Şekil 2.3’te görülmektedir.



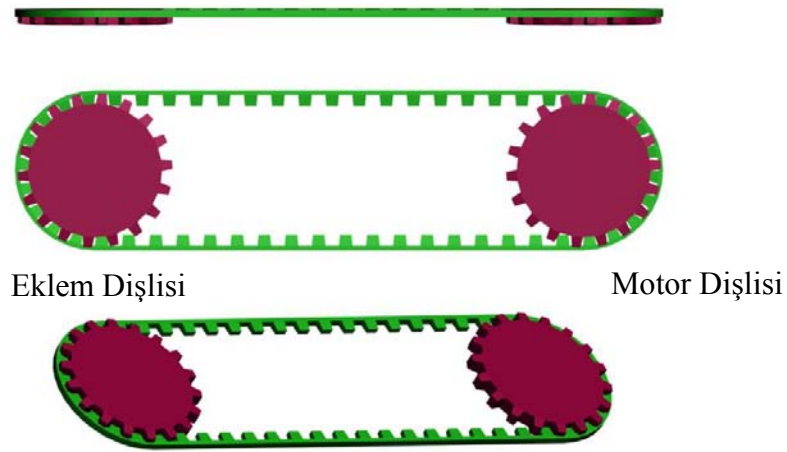
Şekil 2.3 Halatın diğer eklemlerden geçip hareketi iletmesi

Şekil 2.3'te de görüldüğü gibi halat merkezden geçirilebilmektedir fakat halatın geçeceği yerin, halatın boşa çıkmaması için çok güzel dizayn edilmesi gerekmektedir. 4 uzuvlu bir dizaynda motorlara en yakın olan eklemden 8 adet çelik halat geçecektir. Bu 8 halatın en az kasıntıya yer verilerek geçirilmesi zorunludur. Şekil 2.3'te görülen en soldaki eklem kasnağından bir önceki kasnak yukarıya doğru döndüğünde altta kalan halat fazladan merkezdeki küçük dairenin etrafından dolanacaktır ve üstte kalan halat ise bir o kadar boşa çıkacaktır. Daireye sarılan halatta gerilme oluşacağı için eklem kasnağından bir önceki kasnak yukarıya dönerken, en soldaki kasnak bir de bu gerilmenin etkisinde sola doğru dönecektir. Bu önemli bir problemdir. Bu dönmenin ne kadar olacağı hesaplanmalı ve bilgisayardaki program buna göre düzenlenmelidir.

2.1.3.3 Motorların uzunların gerisine montajının yapılp hareketin triger kayışıyla aktarılması

Triger kayışları ve standartları araştırılmış ve piyasada ucuz olarak kolayca bulunabildiği görülmüştür. Bunların çelik halatlara göre avantajları ve dezavantajları vardır. İlk olarak halat patinaj yapabilmekte fakat triger kayışları dişli kayışlar olduğundan patinaj yapmamakta ve hareketi birebir iletebilmektedirler. Diğer olumlu bir yönü ise halatta ekleme yapmak zorunlu olmasına rağmen kayışta eklem yerinin hiç bulunmamasıdır. Triger kayışlarında kullanılan triger dişlileri sanayide azdırma tezgâhında çok kaliteli bir şekilde imal edilebilmektedir. Fakat az sayıda dişli için azdırma tezgâhında dişli açtırmak oldukça pahalıdır. Buna karşın lazer kesim tezgâhı ile levha şeklindeki malzemedan dişli kestirmek mümkündür. Lazer kesim tezgâhlarında parça işlettirmek çok ucuzdur. Fakat bu yöntemin bir dezavantajı vardır. Lazer kesimle yapılan dişlilerin yüzey kalitesi azdırma tezgâhında açılan dişlilerin yüzey kalitelerine

göre çok kötüdür. 1/10 mm hassasiyette kesim yapabilen lazer tezgahında deneme amaçlı 2 adet dişli kestirilmiştir. İncelemelerde robot için dişlilerin yüzey pürüzlülük değeri uygun görülmüştür ve dişlilerin lazer kesim ile üretilebileceği kanısına varılmıştır. Burada hareketin aktarılması çelik halattaki aktarmaya benzemektedir. Motorun ucuna bir adet dişli takılır ve ekleme de bir adet dişli takılır. Böylelikle motor dişlisi döndüğünde kayış hareketlenecek ve eklemi de döndürecek (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 Motor ve eklem dişlisi ile triger kayışı

Bu yöntemde hareket ilk uzuv için problemsiz bir şekilde iletilebilmektedir. Hareketin ikinci ve diğer uzuvlara iletilebilmesi için de burada oldukça basit ve zahmetsiz bir yöntem düşünülmüştür. Hareket, dişliden dişliye ve tekrar dişliden dişliye olmak üzere birinden diğerine taşınarak ulaşması gereken uzva kadar iletilecektir. Motor dişlisi motor miline sabitlenecektir. Aradaki dişliler rulmanlar üzerinde avare olarak dönecek ve sadece hareketi iletceklerdir. Son olarak da eklemi döndürecek dişli o eklem miline sabitlenecektir. Aradaki hareketi taşıyan dişlilerin iki kayışın da takılabilmesine izin verecek genişlikte imal edilmesi gerekmektedir.

Yukarıda incelendiği gibi, bu üç tahrik sistemi göz önüne alındığında, bu tezdeki imal edilecek robot için en uygun sistemin triger kayışlarıyla yapılan tahrik sistemi olduğu kararına varılmıştır.

2.1.4. Parçaların üretim şekli

Triger kayışlarının boy standartları ve kalınlık standartları mevcuttur. Uzuvarın boyuna göre uygun uzunlukta kayış seçimi yapılması gerekmektedir. Fakat kalınlık seçimi standart yelpazesinin dar olmasından dolayı yapılamamaktadır. Uygun kalınlıkta kayış elde etmek için triger kayışı boydan boya istenilen kalınlıkta kesilmiştir. Yapılan araştırmada bir triger kayışı boydan boya 5 mm kalınlığında bölünebileceği görülmüş ve yapılan deneyde 5 mm'lik bir triger kayışının 160 kg yükü emniyetli bir şekilde kaldırdığı tespit edilmiştir. Triger dişlileri yukarıda da açıklandığı gibi lazer kesim ile üretilmesine karar verilmiştir. Dişlilerin hafif olması için dişli malzemesi olarak önce alüminyum seçilmiştir. Fakat Denizli Sanayisinde bulunan lazer kesim tezgâhının düzgün bir şekilde alüminyum kesemediği öğrenilmiştir. Bundan dolayı dişli malzemesi olarak S235 çelik malzeme kullanılmıştır. Miller torna tezgahında üretilmiştir. Uzuvarın gövdeleri için yine hafif olması sebebiyle alüminyum levhalar kullanılmıştır. Diğer malzemelerden olan rulmanlar, civatalar, somunlar, segmanlar vb. gereçler standart olduğundan dolayı üretilmeyip hazır olarak alınıp kullanılmıştır. Şase, S235 10 mm'lik sacdan alevli kesim ile üretilmiş, şase ayakları ise profil çubukların kaynaklı konstrüksiyonu ile yapılmıştır. Kullanılacak redüktörler hazır olarak alınmıştır. Dizayn öncesi planlamada öngörülmeleyen diğer bütün parçalar da ya hazır olarak alınarak ya da bilgisayar ortamında dizayn edilerek tezgahlarda üretilmiştir.

2.1.5. Parçaların üretim yeri

Parçaların tamamının tek bir yerde üretilmesi zordur. Çünkü üretilcek parçaları üretebilecek tezgâhların hepsi bir firmada genelde bulunmamaktadır. Bulunan firmalarda ise seri üretim yapıldığı için prototip gibi az kazanç sağlayan ve çok zahmetli bir üretim işi kabul edilmemektedir. Bundan dolayı sanayide lazer kesimi için bir firma, gövdenin imalatı için başka bir firma ve diğer parçalar için de başka yerler bulmak zorunlu olmuştur. Ayrıca bütün bu parçalar tek tek başka yerlerde imal edildiğinde bunları bir araya getirip montaj yapılacak bir yer gerekmektedir. Montaj yapılacak yerin de atölye olması zorunludur. Çünkü montajda çıkabilecek sorunlar atölyede giderilmeli, işlenen parçalar gerekirse tekrar ikinci bir işleme tabi tutulmalıdır. Şase imalatı ve montaj atölyesi olarak Doğan Hafriyat firması kullanılmıştır. Doğan Hafriyat firması Denizli ilinde kepçe imalatı yapmakta ve hafriyat ekibiyle küçük ve büyük çaplı hafriyat

işlerini yapmaktadır. Diğer parçalar ise kalite ve fiyat araştırması yapılarak sanayideki diğer firmalara yaptırılmıştır.

2.1.6. Robotun zeminde duruşu

Robot uzvu X-Y düzleminde iki boyutlu olarak çalışacaktır. Robotu, yer düzlemine paralel oluşuna veya dik oluşuna göre iki çeşit düzlemde çalıştırabiliriz. Paralel olarak çalıştırıldığında kayışlara yer çekiminden dolayı hiç yük gelmeyecektir. Uzuve dik olarak çalıştırılırsa kayışlara yer çekiminden dolayı oldukça fazla yük binecektir. Bu da fazladan problem demektir. Bundan dolayı robotun yer düzlemine paralel olarak çalıştırılması daha uygundur.

2.1.7. Uzuvarların kaldırabileceği ağırlık

Yer düzlemine paralel çalışmada kayışlara yer çekiminden dolayı yük binmeyeceği için kaldırılabilir ağırlık mekanik dizayna bağlı olmaktadır ve yapılacak tasarım deney amaçlı 25 kg ila 35 kg'lık yükleri kolaylıkla kaldırabilecektir. Fakat uzuv dik bir şekilde çalıştırıldığında öngörülen ağırlıklarda çalışabilmesi için kayışlar yeterli dayanırlıkta olmalıdır. Dişli çapları moment hesapları yapılarak optimum çap bulunmalıdır. 2,2 Nm'lik servo motorlar redüksiyon ile torkları yeterli derecede artırılmalıdır. Robot yatay olarak çalışacağı için rahatlıkla öngörülen yükü taşıyabilecektir.

2.1.8. Emniyetin sağlanması

Mekanizmanın istenmeyen bir hareket yapıp insanlara, kendine, motorlara ya da çevresindeki cihazlara zarar vermemesi gerekir. Bu tehlikeden kaçınmak için her halükarda robot acil stop edilebilmelidir. Bunun için elektrik panosuna acil stop butonu konulmuştur. Ayrıca redüktör kullanılarak uzuvların hareket hızı da mekanik olarak yavaşlatılmıştır. Redüktör kullanılarak mekanizmanın yavaşlatılması, kullanıcıya hatayı fark edebilmesi için zaman kazandıracaktır.

2.1.9. Robotun bilgisayar animasyonunun yapılması

İmalattaki hataları en aza indirmek ve yapılacak işlerin tam bir planlamasını yapabilmek için robotun komple dizaynı bilgisayar üzerinde tasarlanmış ve böylece çıkabilecek problemler en aza indirgenmiştir (Şekil 2.5). Buna ek olarak robotun bilgisayarda animasyonu yapılmış, imalat sonunda nasıl bir ürünün ortaya çıkacağı, robotun nasıl çalışacağı ve mekanik dizaynın uygunluğu bu animasyon kullanılarak gözlemlenmiştir.



Şekil 2.5 Robotun bilgisayar ortamındaki üç boyutlu animasyonu

2.1.10. Üretim planlaması

Planlama yapılırken ilk önce yapılan dizayndan yola çıkılarak hangi parçaların üretileceği, hangilerinin satın alınacağı, hangi parçadan başlanacağı gibi bazı ana başlıklar belirlenmiştir. Buna göre de hangi parçaların üretileceği belirlenmiştir. Triger dişlileri, uzuv levhaları, miller, rulman kapakları, şase, şase ayağı, burçlar, ince burç pulları, şase bağlantı parçaları ve kamalar yapılan dizayna göre tezgahlarda işlenecektir.

Cıvatalar, rulmanlar, redüktörler, triger kayışları, mil manşon somunları ise hazır olarak alınacaktır.

Planlamaya göre ilk önce rulman ölçüsü ve mil çapı ortaya çıkmıştır. Rulman olarak 75x45x10 mm boyutlarındaki rulman seçilmiş, mil çapı 45 mm olarak belirlenmiş ve rulmanlarla birlikte redüktörler alınmıştır. Katalogdan $i=142$ çevrim oranına sahip 0,75 KW redüktör seçilmiştir. Bir uzvun merkez uzunluğu piyasadaki triger kayışlarına uygun olarak ve daha önceden belirlenen değerler arasında kalarak 254 mm seçilmiş ve triger kayışı olarak 360H standardı belirlenmiştir. Bundan sonraki ilk adımda miller işlenmiştir. Mil boyu belirlenen ölçüden biraz daha uzun bırakılarak planlanmayan bir gelişme yaşanma ihtimaline karşı millerin kısa gelme olasılığı ortadan kaldırılmıştır. Lazer kesim tezgâhında dişliler, 2 mm'lik ince burç pulları ve rulman kapakları kesilmiştir. Dişli çapı 128 mm olarak belirlenmiştir. Malzeme satıcısından dikdörtgen şeklinde 10 mm kalınlığında alüminyum malzeme alınarak; alüminyum uzuv levhaları, miller ve burçlar tezgahlarda işlenmiştir. Alevli kesimde şasenin ana levhası kesilmiştir. Gerekli boyutlarda cıvata ve somunlar satın alınmıştır. Triger kayışları satın alındıktan sonra belirlenen kalınlıklarda torna tezgahında kesilmiştir. Ana şaseye, kaynaklı birleştirmeye imal edilen ayak ve ayar vidaları montaj yapılmış ve çıkan eksiklikler ve hatalar montaj esnasında giderilmiştir.

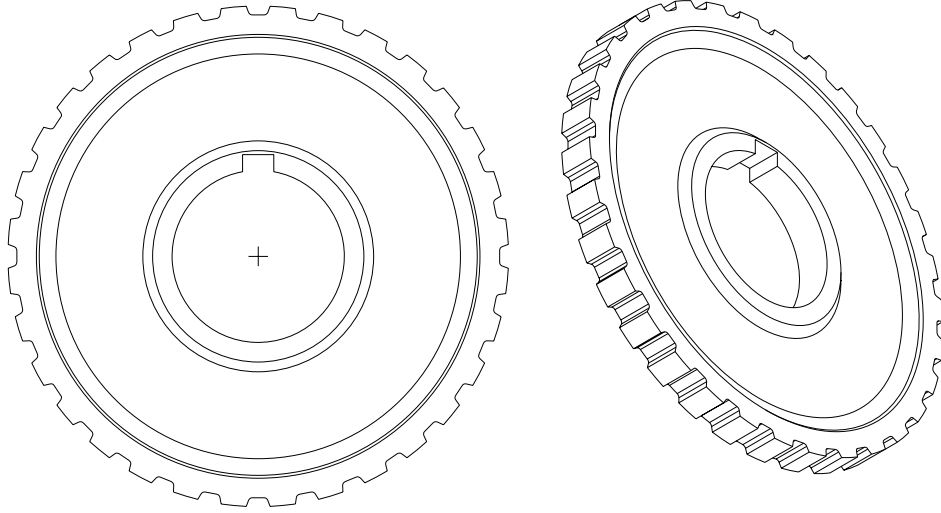
Bu tezde ele alınan robot dizaynının ilk adımı Şekil 3.1’de görülen serbest el çizimiyle atılmıştır. Bu çizim aşama aşama bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Aktarma işlemi yapılırken ikinci bölümde bahsedilen kriterlerden aşağıdaki kriterler göz önünde bulundurulmuştur.

- Parçanın işlevi
- İmalat şekli
- İmalat yeri
- İmalat kolaylığı
- Parçanın malzemesi
- Parçanın ağırlığı
- Parçanın malzeme ve imalat maliyeti

Teorik olarak çizilen her parça üretilebilir ve kullanılabilir. Fakat gerçekte dizayn edilen bir parça her zaman üretilemeyebilir. Üretilse bile maliyeti çok fazla olabilir. Bazen üretici şirket tarafından üretilmeyebilir, bazen de üretim süresi çok uzun olabilir. Bu sebeplerden dolayı robot kolundaki parçaların çizimi ve tasarımı üretim yeri olan Denizli Sanayisi imkanlarına göre ve Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi’nin verdiği yüksek lisans bütçesi dikkate alınarak yapılmıştır. Yapılan dizayn tüme varım şeklinde bundan sonraki bölümlerde adım adım anlatılacaktır.

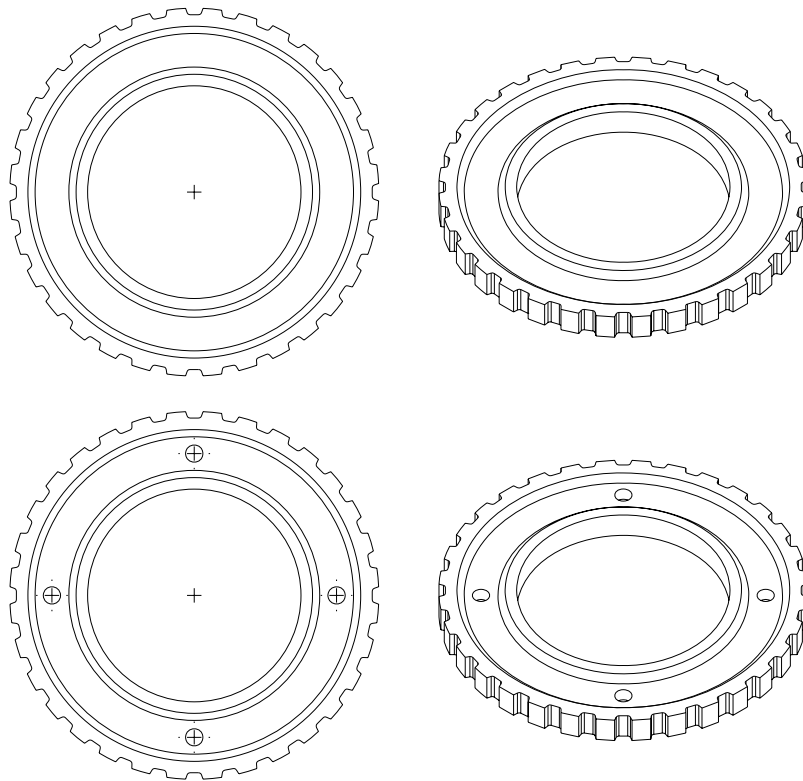
3.2. Triger Dişlileri

Robot kolunda 2 çeşit triger dişlisi kullanılmıştır. Kullanılan triger dişlilerinin standardı 360H’tir. Hatvesi 12,7 mm’dir. Dişlilerden bir tanesinin iç çapı 45 mm’dir ve dişliye kama kanalı açılmıştır. Bu dişli bağlı olduğu mili ve dolayısıyla bağlı olduğu uzvu tahrik etmek için kullanılır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Tahrik dişlisi

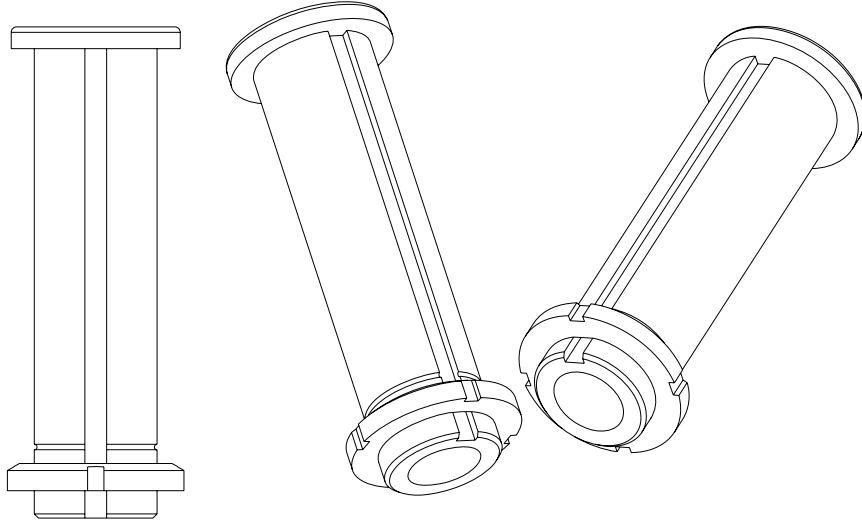
Diğer dişlinin iç çapı 75 mm olarak işlenmiştir (Şekil 3.3). İçine 45x75x10 mm ölçülerinde rulman çakılmıştır. Şekil 3.3'teki dişli tipi sadece hareketi iletmede kullanılmıştır. Tüm dişlilerin yanak kısımları 2,5 mm boşaltılarak dişliler hafifletilmiştir.



Şekil 3.3 Avare dişliler

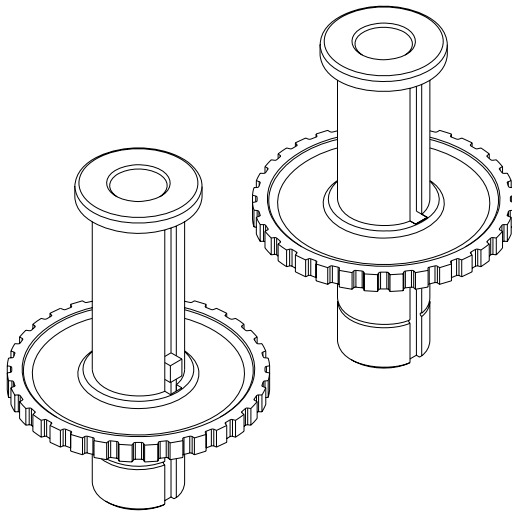
3.3. Tahrik Mili

Robot kolunun uzuvlarını birleştiren ve üzerine tahrik dişlileri ile hareketi iletmek için kullanılan dişlilerin takılmış olduğu millere tahrik milleri denir. Tahrik millerinin çapı 45 mm'dir. Üzerinde boydan boya kama kanalı vardır (Şekil 3.4). Her milin üzerinde mutlaka bir adet tahrik dişlisi bulunmaktadır.



Şekil 3.4 Tahrik mili

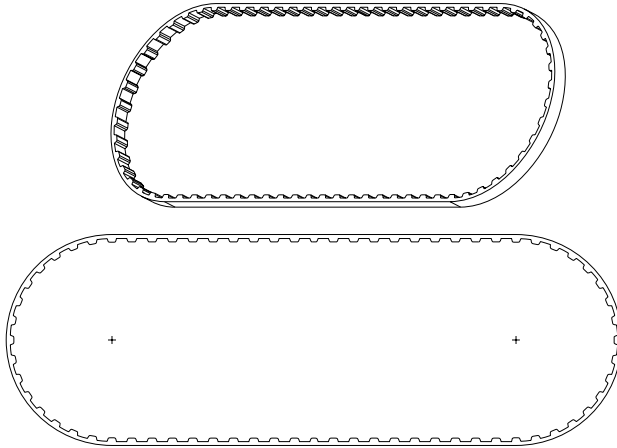
Tahrik dişlisi kama yardımıyla tahrik miline sabitlenir (Şekil 3.5). Böylelikle tahrik dişlisi döndüğünde tahrik mili de dönmektedir.



Şekil 3.5 Tahrik dişlisinin mile kamayla sabitlenmesi

3.4. Triger Kayışı

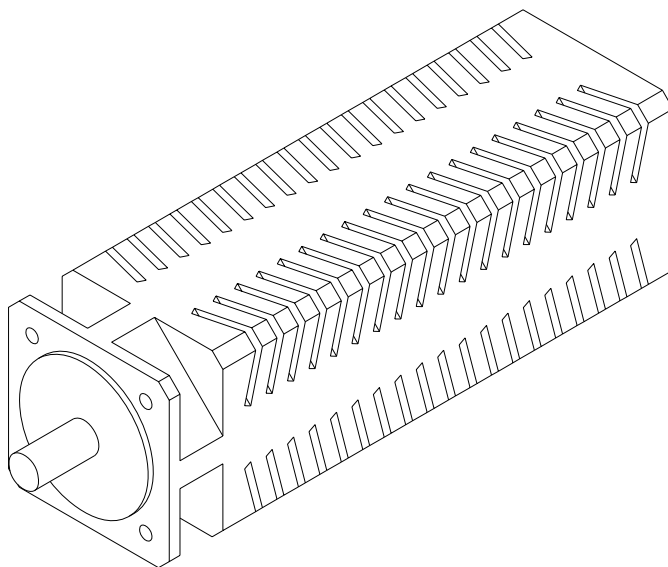
Triger kayışları, triger dişlilerinin hareketlerini birbirine aktaran dişli kayışlardır. Piyasada 5 mm genişliğinde 360 H triger kayışı bulunmamaktadır. Bundan dolayı 25 mm genişliğinde 360 H triger kayışı alınmış ve torna tezgahına bağlanabilen bir aparat yapıp, aparata takılan kayış 5 mm ve 10 mm genişliklerde kesilmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Triger kayışı

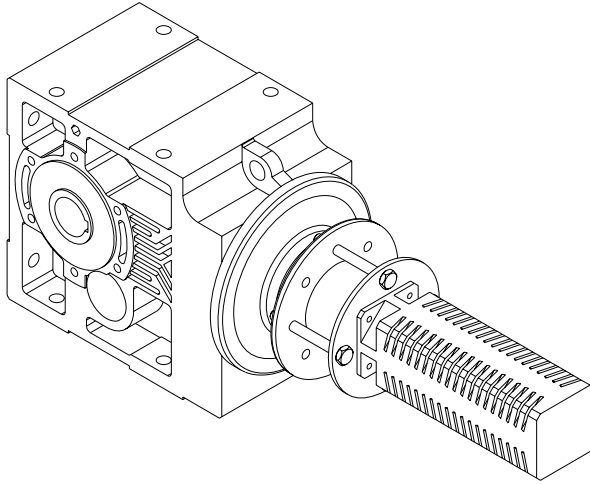
3.5. Hareketin İletilmesi

Hareketin başlangıç noktası servo motordur (Şekil 3.7).



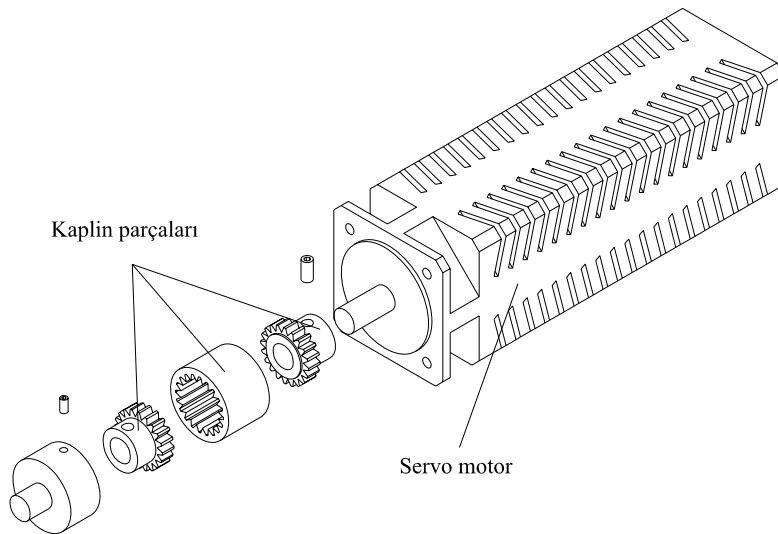
Şekil 3.7 Servo Motor

Servo motorun torku 2,2 Nm'dir ve uzuvlara direkt olarak bağlandığında uzuvları hareket ettirememektedir. Uzuvlar istenilmeyen bir salınıma girerek kontrol kaybedilmektedir. Hareketi sağlayabilmek için torkun redüktörle yükseltilmesi gerekmektedir. Her bir motora çevrim oranı 142 olan bir redüktöre bağlanmıştır (Şekil 3.8).



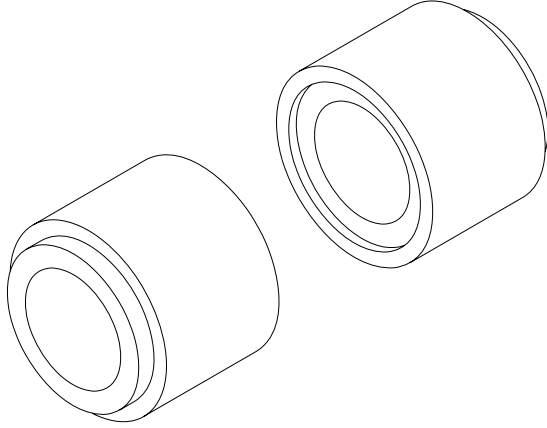
Şekil 3.8 Servo motorun redüktöre bağlanması

Motor redüktöre direk bağlandığında motor mili ile redüktör giriş mili arasındaki %5 boşluktan dolayı merkezleme tam sağlanamamıştır. Bu ise motor çalışırken motor rulmanlarına gereksiz, yüksek bir yük getirmiş ve metalin metale sürtmesine benzer rahatsız edici bir ses çıkmıştır. Merkezlemeyi sağlamak için motor mili ile redüktör giriş mili arasına eksen kaçıklıklarını alabilen bir kaplin konulmuştur (Şekil 3.9).



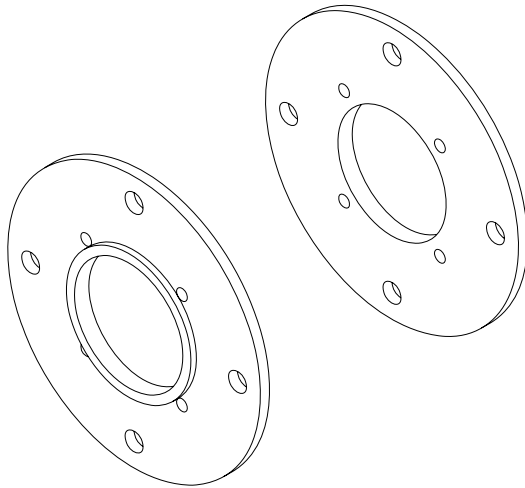
Şekil 3.9 Servo motor ile redüktör arasına takılan kaplin

Araya kaplin konulunca motor redüktörden uzaklaşmıştır ve faturasını sokacak bir yuva olmadığı için bağlantı gerçekleştirilememiştir. Bağlantıyı sağlamak için bir tarafında erkek bir tarafında dişi fatura bulunan bir ara parça imal edilmiştir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 Etili boru uzatma ara parçası

Bu ara parça etli borudan imal edilmiştir. Erkek faturası redüktöre geçmektedir ve servo motorun faturası da bu ara parçanın dişi faturasına geçmektedir. Ancak etli borunun çapı servo motorun faturası için çok büyüktür. Bundan dolayı servo motora üzerinde erkek ve dişi fatura bulunan bir flanş yapılmıştır (Şekil 3.11).

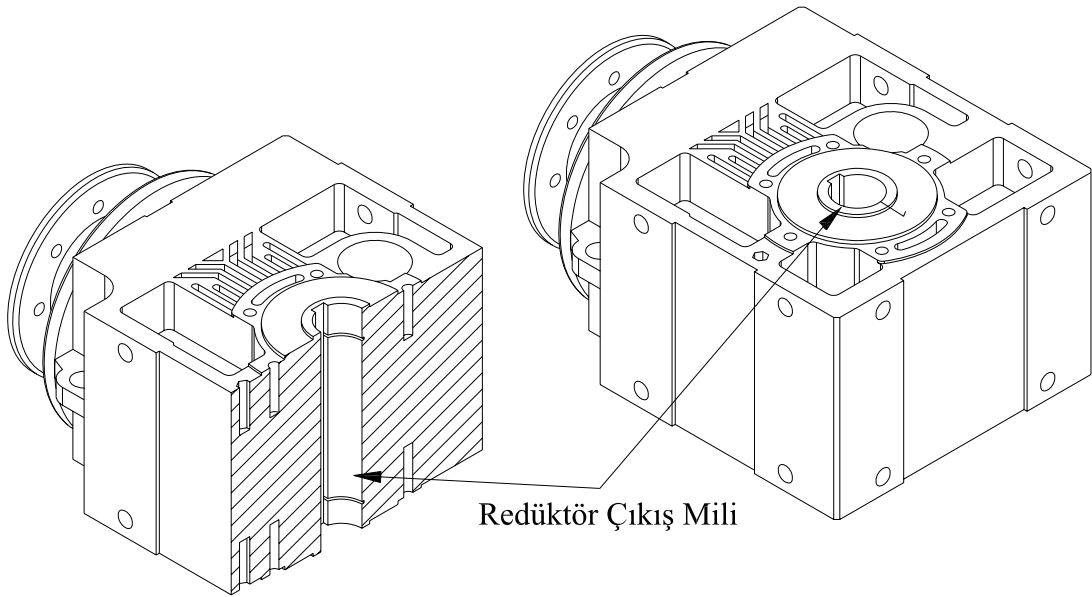


Şekil 3.11 Motor flanşı

Servo motorun faturası bu flanşa geçmekte, flanşın faturası ara parçaya geçmekte ve ara parça da redüktöre geçmektedir. Flanşın üzerine M5 ölçüsünde 4 adet kılavuz çekilmiştir. Bunlar sayesinde flanş motora vidalanmaktadır. Flanşın çevresindeki 4 adet

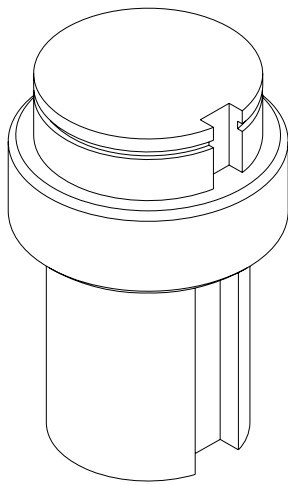
delikten de uzun M10 civatalar geçirilmiş ve redüktördeki deliklerine oturtulduktan sonra somunlarla sıkılmıştır. Sonuç olarak servo motorun mili ile redüktörün giriş mili arasına kaplin konulmuş, motor redüktöre bağlanmış ve eksen kaçıklıklarından dolayı meydana gelebilecek hasarların önüne geçilmiştir.

Redüktörlerin çıkış miline bir adet tahrik dişlisi yerleştirilmiştir. Redüktörlerin çıkış mili, yapısı gereği boydan boya deliktir ve içinde 2 adet segman kanalı bulunmaktadır (Şekil 3.12).



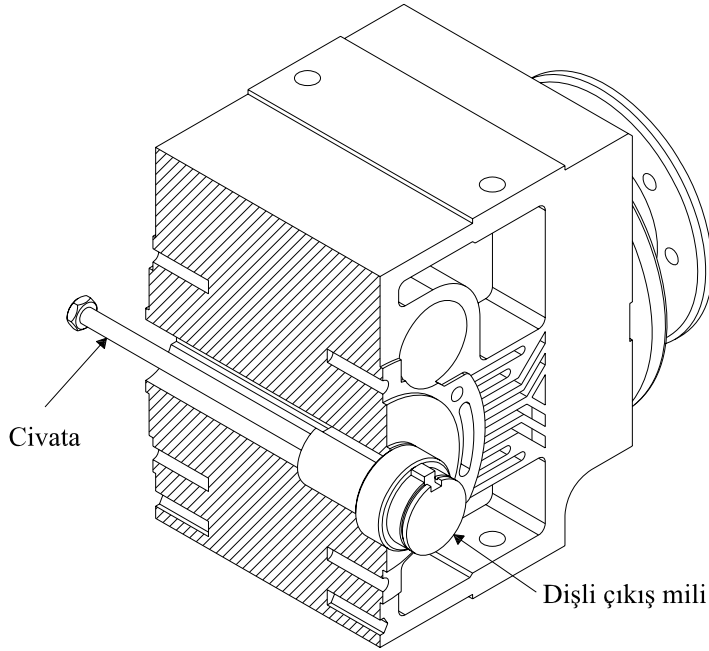
Şekil 3.12 Redüktör çıkış mili

Dişliyi redüktörün çıkışına bağlamak için bir dişli çıkış mili yapılmıştır (Şekil 3.13).



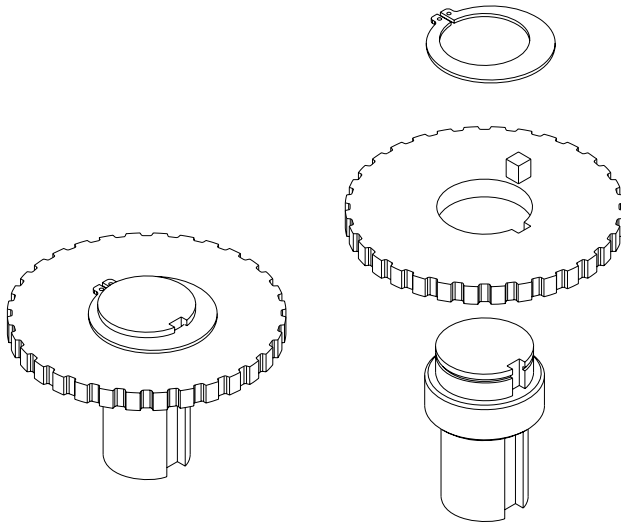
Şekil 3.13 Dişli çıkış mili

Bu milin bir tarafı redüktörün çıkış mili içine sokulmuş ve içeriye takılan segmana kadar dayanmış ve redüktör çıkış milinin diğer tarafından civata ile sıkılmıştır. Ayrıca radyal kaymaları engellemek için redüktör çıkış mili ile dişli çıkış mili arasında kama kanalı konulmuştur (Şekil 3.14).



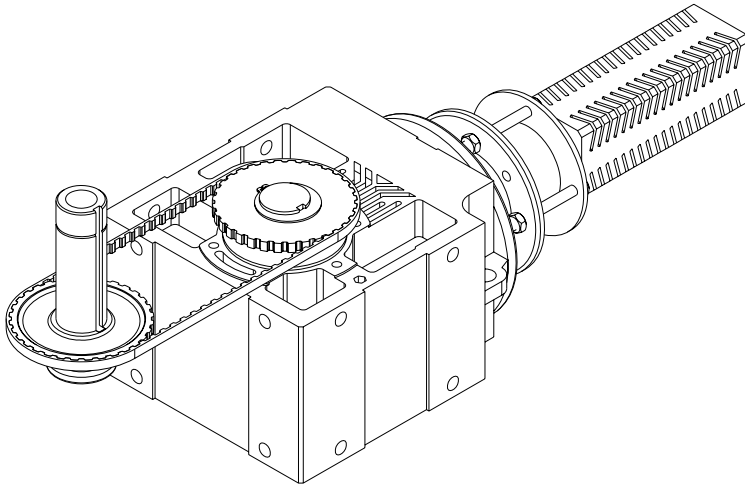
Şekil 3.14 Dişli çıkış milinin civatayla redüktöre sabitlenmesi

Dişli çıkış milinin boşta kalan ucuna tahrik dişlisi geçirilmiştir. Radyal kaymayı engellemek için kama takılmıştır ve aksel kaymayı engellemek için de mil segmanı kullanılmıştır (Şekil 3.15).



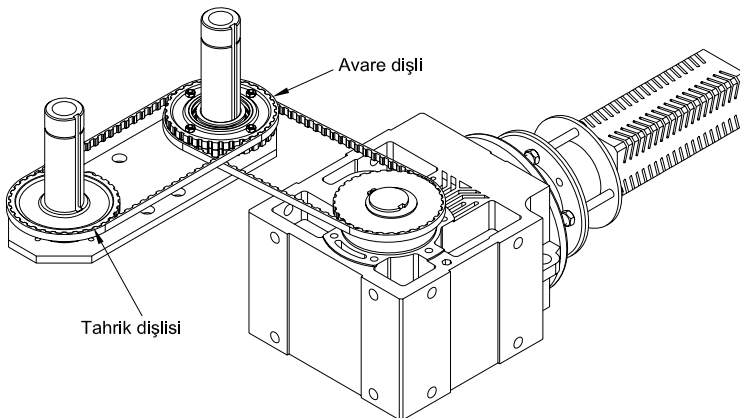
Şekil 3.15 Dişli çıkış miline tahrik dişlisinin takılması

Bilgisayar programından motorun dönmesi istenildiğinde motor dönmekte ve yapılan mekanik bağlantılar sayesinde hareket, redüktöre takılan dişliye kadar aktarılmaktadır. Redüktörün üzerindeki dişli ile tahrik dişlisi arasına bir adet triger kayışı takılır. Böylece redüktördeki hareket, tahrik dişlisine aktarılmış olur. Tahrik dişlileri kama ile mile bağlı olduğu için dişli ile birlikte mil de dönmektedir (Şekil 3.16).



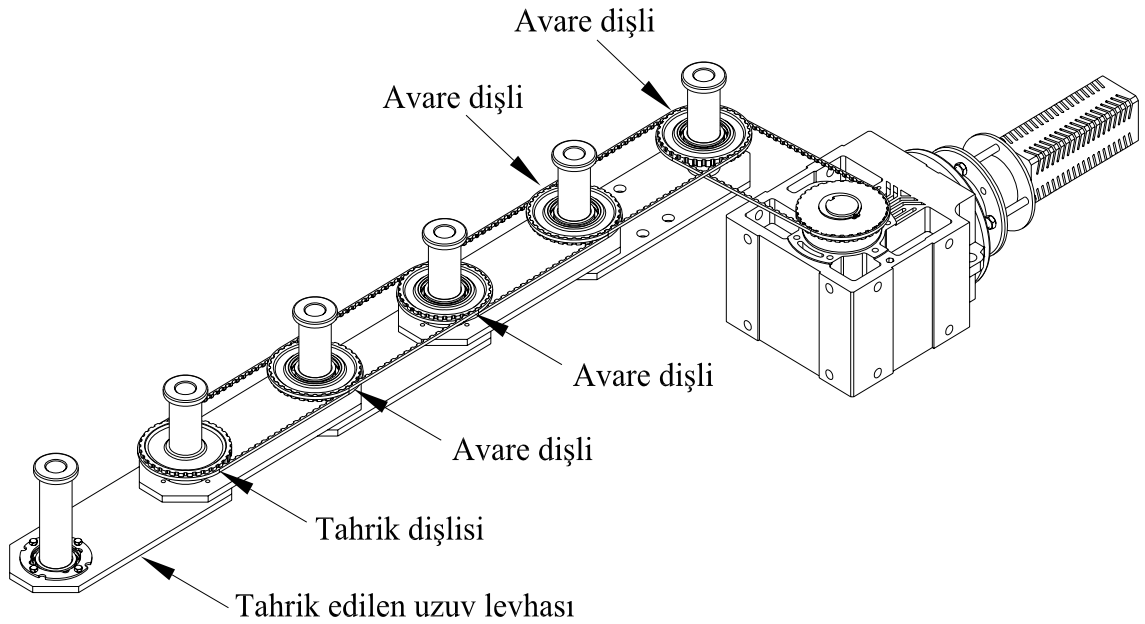
Şekil 3.16 Redüktörden tahrik dişlisine hareketin aktarılması

Bu tezdeki robot kolunda arka arkaya eklenmiş 4 uzuv olduğundan ve her uzvun ayrı bir servo motor tarafından döndürülmesi gerektiğinden, her bir redüktördeki hareketin her bir uzva ayrı ayrı, birbirini engellemeden ve herhangi bir karışıklığa yol açmadan iletilmesi gerekir. Hareketin uzva aktarılması avare dişlisi yardımıyla olur. Redüktördeki hareket ilk önce avare dişliye iletilir. Ardından avare dişliden tahrik dişlisine iletilir (Şekil 3.17).



Şekil 3.17 Hareketin uzuvdan uzuva aktarılması

Şekil 3.17'deki bütün dişlilerin kalınlığı 10 mm'dir ve kullanılan triger kayışlarının kalınlığı 5 mm'dir. 5 mm'lik triger kayışı triger dişlisinin bir kenarına takıldığında dişlinin 5 mm'lik diğer kenarı açıkta kalmaktadır. Açıkta kalan kısma ikinci bir kayış takılır ve bu kayış ta bir sonraki dişliye takılır. Hareketin en son uzva aktarılması için 4 adet avare dişlisi gerekir (Şekil 3.18).

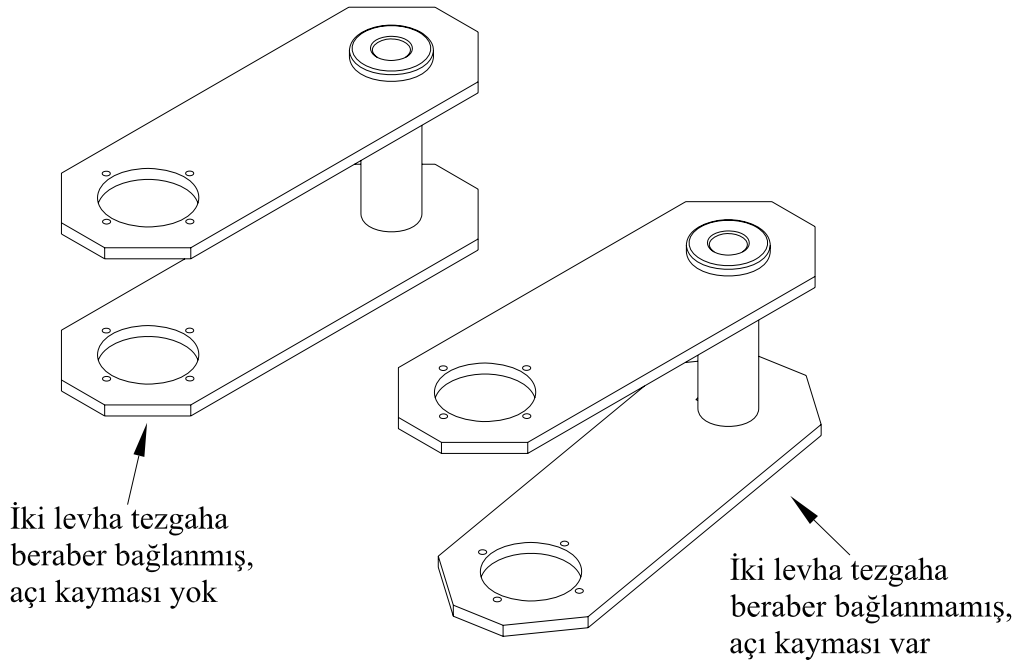


Şekil 3.18 Avare dişlilerle hareketin en son uzva iletilmesi

Montaj yapılırken montaj sırası çok önemlidir. Tek bir dişliye altı üstlü iki adet kayış takıldığından, kayışların montaj sırasına göre takılması gerekmektedir.

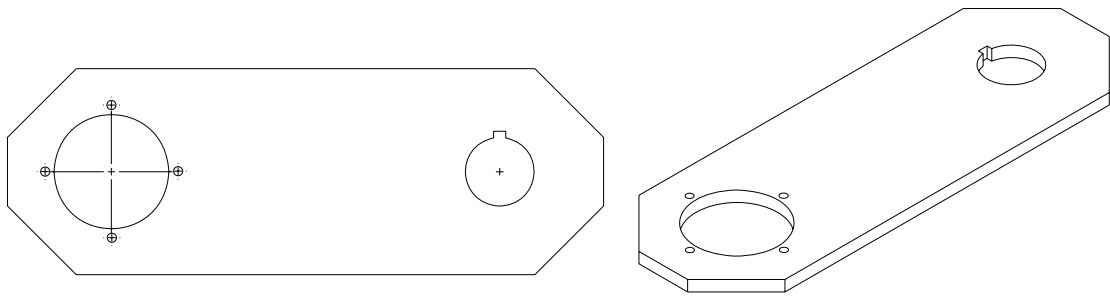
3.6. Uzuvlar

Robot kolunun uzuvları, uzuv levhaları ve miller yardımıyla oluşturulmaktadır. İlk baştaki ve en sondaki uzuv hariç, her bir mili iki uzuv ortak kullanmaktadır. Avare dişliler yardımıyla tahrik dişlisine ulaşan hareket mili de döndürür. Uzuv levhaların bir tarafında çapı 45 mm olan bir delik vardır. Her uzuvda bu deliklere kama kanalı açılmıştır. Kama kanalları açılırken levhalar ikişer ikişer gruplandırılmış ve planya tezgahına ikili çiftler şeklinde bağlanmıştır. Eğer tek tek bağlanıp kama kanalı açılsaydı açılı kaymaları olabilir ve tek bir uzvun üst levhasının yönü ile alt levhasının yönü aynı olmayabilirdi. (Şekil 3.19).



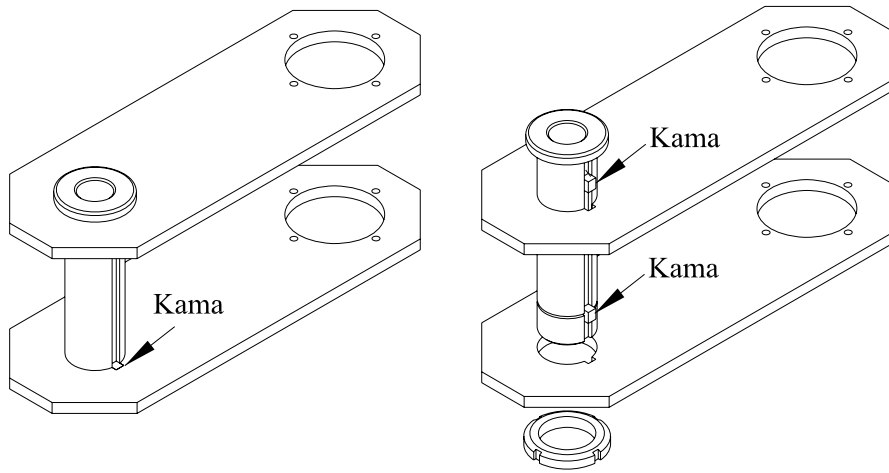
Şekil 3.19 Planya tezgahına hatalı bağlanan uzuv levhasındaki açı kayması

Her bir levhanın diğer ucuna çapı 75 mm olan bir delik açılmıştır ve içine rulman çakılmıştır. Levha üzerindeki deliklerin merkez uzaklığı 254 mm'dir. Bu ölçünün 250 mm ile 300 mm arasında olması istenmiş ve kullanılan triger kayışının uzunluğuna göre gerekli çapta triger dişlisi kullanılmıştır. Dişli standardından dolayı iki merkez uzaklığının 254 mm olduğu görülmüştür. 254 mm 10 inch'tir. Şekil 3.20'de uzuv levhası görülmektedir.



Şekil 3.20 Uzuv levhası

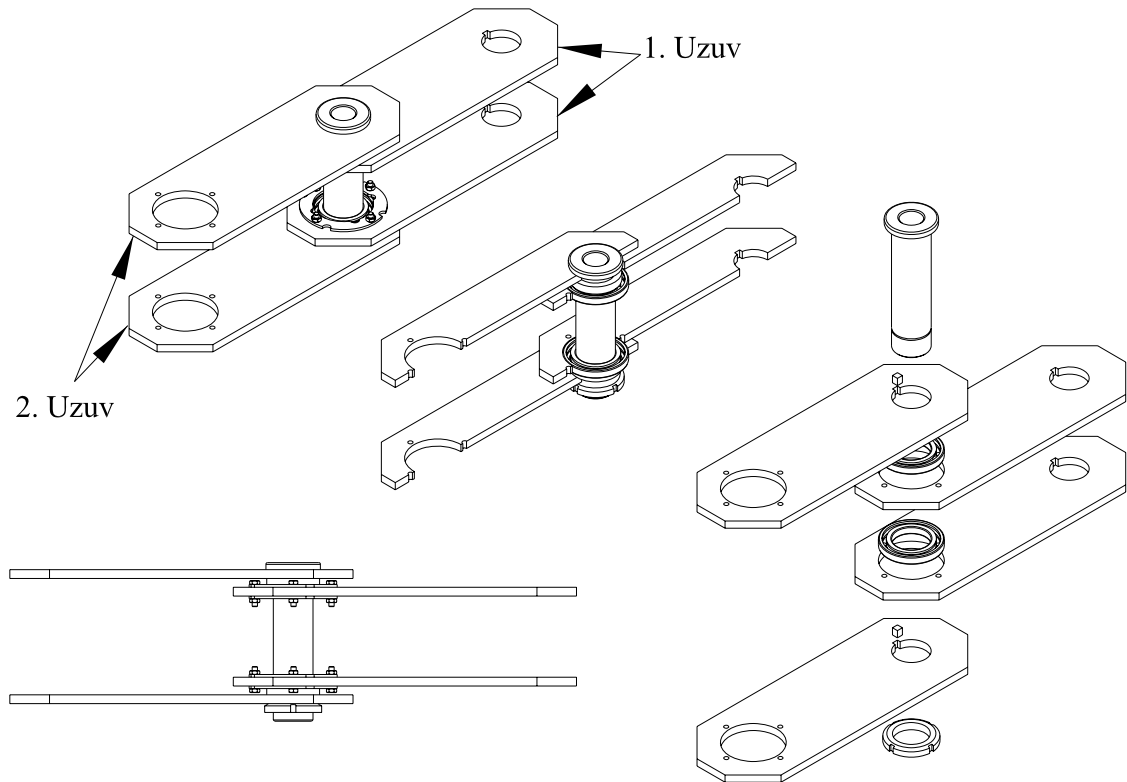
Uzuv levhasının kamalı kısmı mile geçirilir. Radyal kaymayı önlemek için kama kullanılır. Mil döndüğünde uzuv levhaları da dönecektir (Şekil 3.21).



Şekil 3.21 Uzun levhasının mile takılması

3.7. İki Uzunun Birbirine Bağlanması

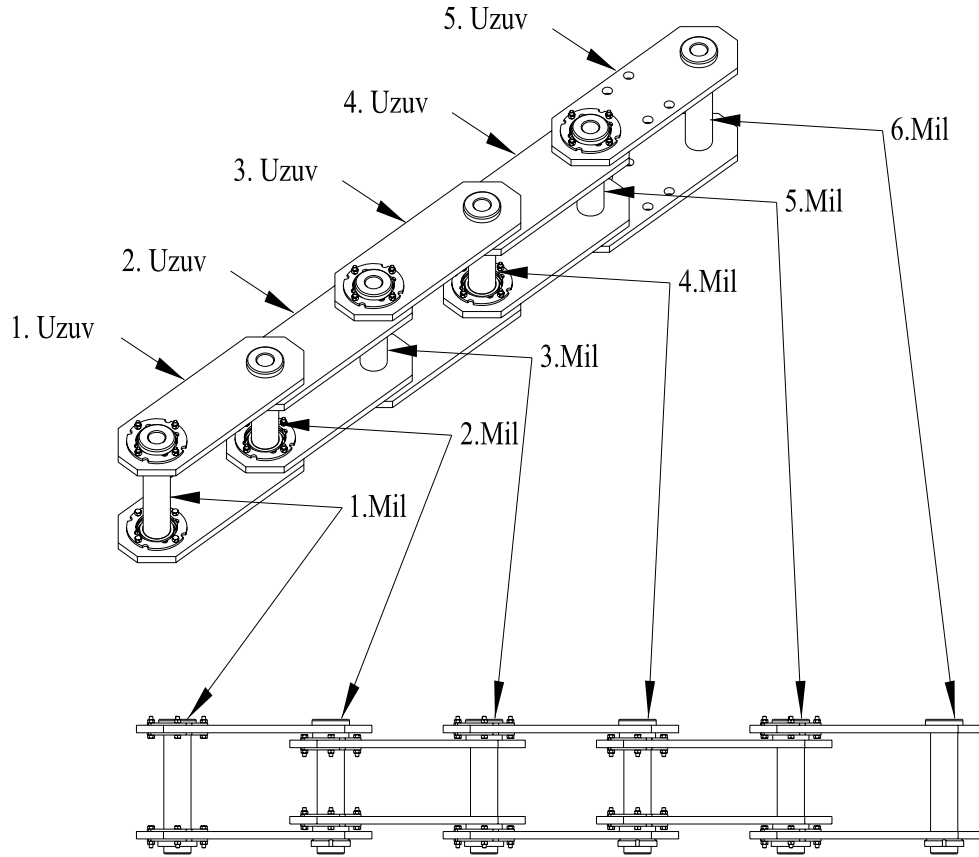
Bir mile iki uzuv bağlanmaktadır. Hareket, milin dönmesiyle sağlanmaktadır. Fakat bir mile iki uzuv bağlandığı için mil döndüğünde sadece bir uzuv dönmelidir. Bunu sağlamak için de, dönmesi istenilen uzuv levhalarının kamalı delik kısmı mile geçirilir ve dönmemesi istenilen uzvun rulmanlı kısmı mile geçirilir (Şekil 3.22).



Şekil 3.22 İki uzvun birbirine bağlanması

Şekil3.22’de görüldüğü üzere mil döndüğünde 1 uzuv rulmanlardan dolayı hareket etmeyecektir. 2. uzuv ise kamaların sayesinde hareket edecektir.

4 uzuvlu robot kolu için 5 uzuv yapma gereği ortaya çıkmıştır. 5. uzuv hareket etmeyecektir ve robot kolunun şaseye bağlanmasında kullanılacaktır (Şekil 3.23).

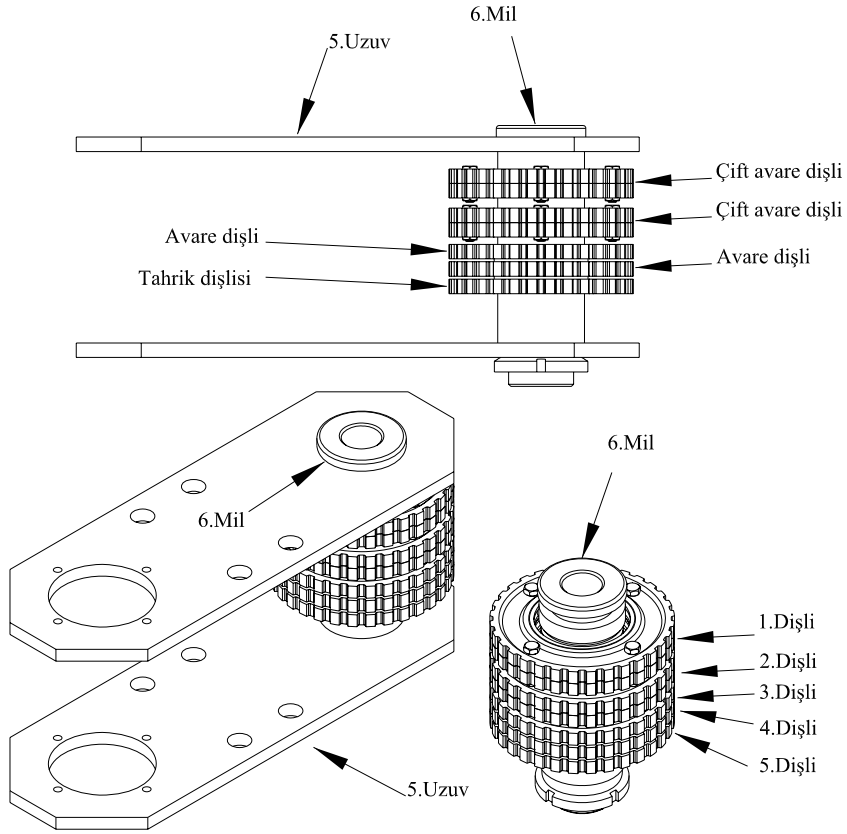


Şekil 3.23 Robot kolunu bağlamada kullanılan delikli 5. uzuv

3.8. Millerin Görevleri

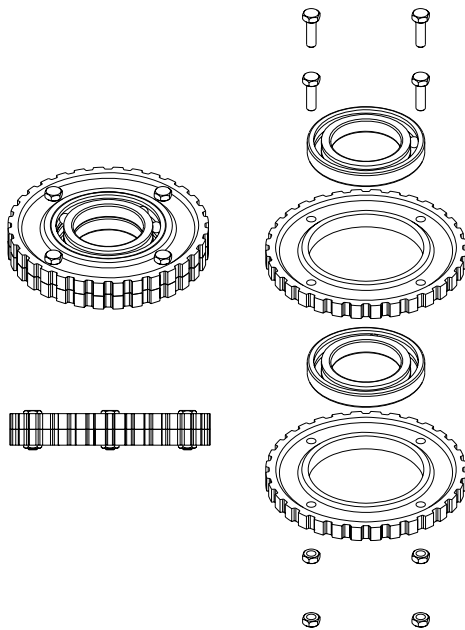
Robot kolundaki bütün millerin görevleri uzuv levhalarını ve dişlileri tutmaktır. Her milin görevi genelde aynı olsa da milin bulunduğu yere göre takılan dişli sayıları değişmektedir. Bundan dolayı tüm millerin görevleri tek tek açıklanacaktır.

Şekil 3.24’te görülen 6. mil üzerinde avare dişliler ile bir adet tahrik dişlisi vardır.



Şekil 3.24 Altıncı milin görevi

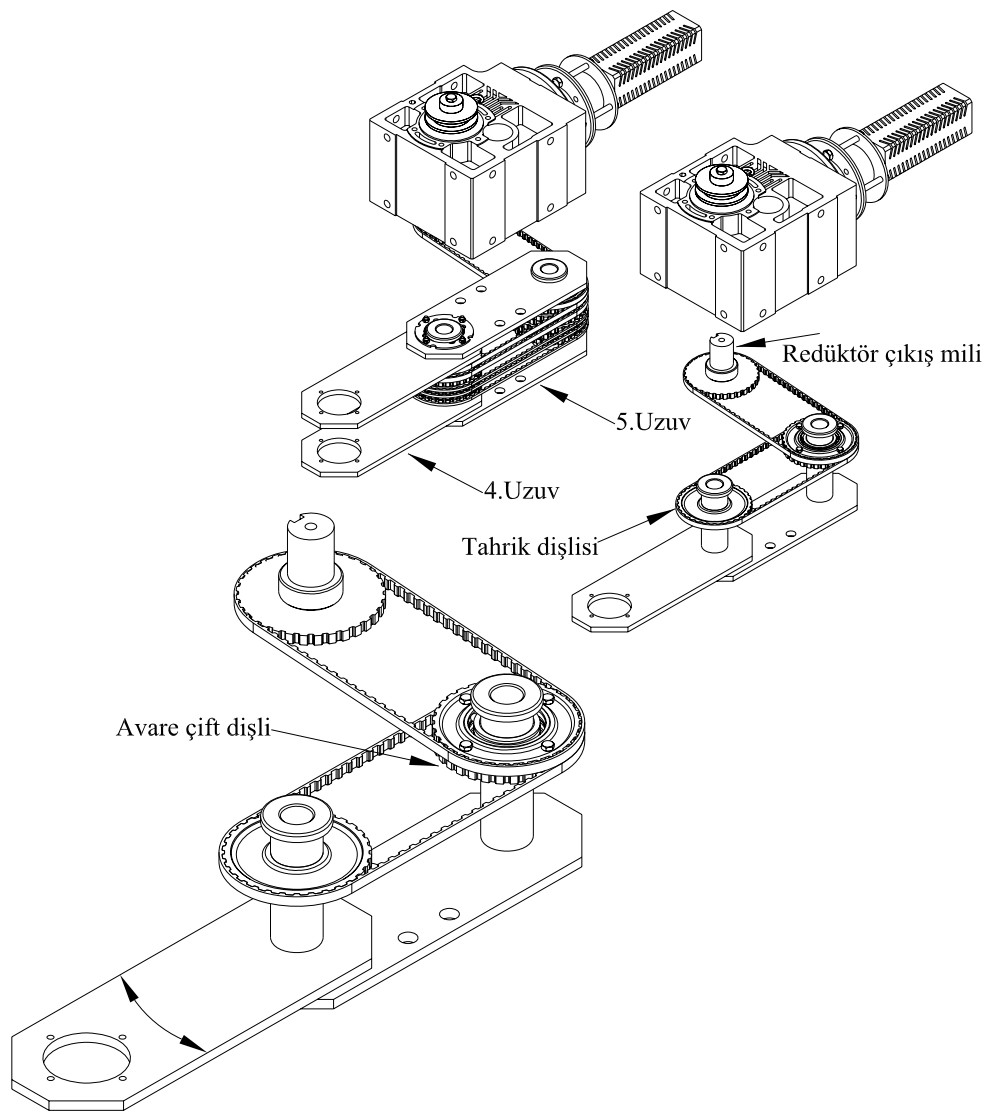
Şekil 3.24'teki birinci ve ikinci dişli birbirine bağlı 2 adet avare triger dişlisinden oluşmaktadır (Şekil 3.25).



Şekil 3.25 Çift avare dişlinin bağlantısı

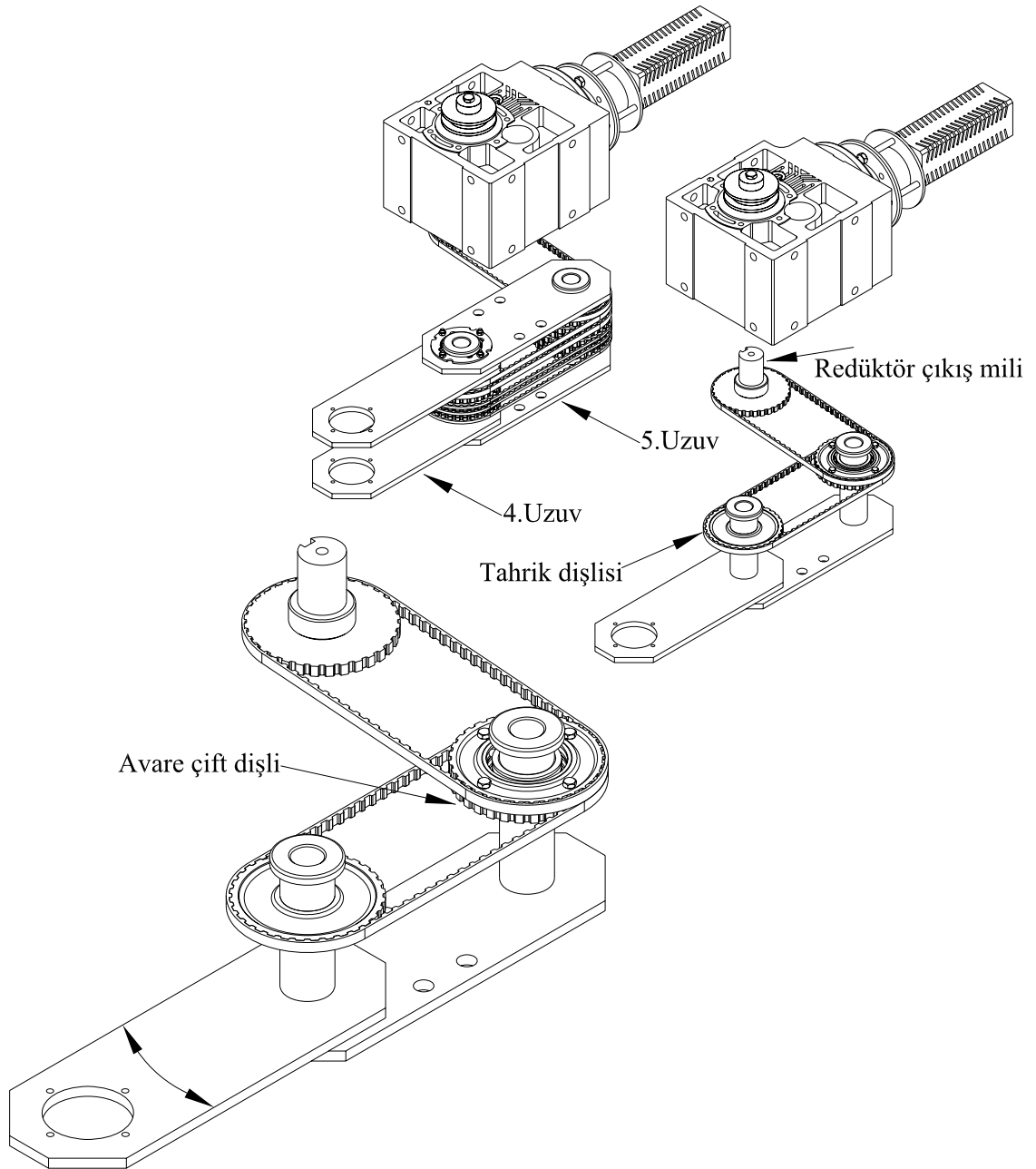
3. ve 4. uzuvlar 10 mm'lik kayışlarla tahrik edilmektedir. Bunun sebebi 3. ve 4. uzuvlara daha fazla yük binmiş olmasıdır. Şekil 3.24'teki 1. ve 2. dişli grupları avare dişlidir ve redüktörden aldığı hareketi bağlı olduğu uzva iletmek için kullanılır. En üstteki dişli 4. uzva hareket iletirken üstten ikinci dişli grubu 3. uzva hareket iletmektedir. Üstten 3. ve 4. dişliler de avare dişlilerdir ve sırasıyla 2. ve 1. uzuvlara hareketi iletmektedir. En alttaki dişli kama yardımıyla mile sabitlenmiştir ve 1. milin daima şaseye sabit açıda kalmasını sağlamaktadır. 1. milin daima sabit açıda kalmasının ne anlama geldiği ve ne öneme sahip olduğu daha sonra açıklanacaktır. Ayrıca 6. mil 5. uzuv levhalarına kamalarla sabitlenmiştir.

5. mil üzerinde 5 adet dişli bulunmaktadır (Şekil 3.26).



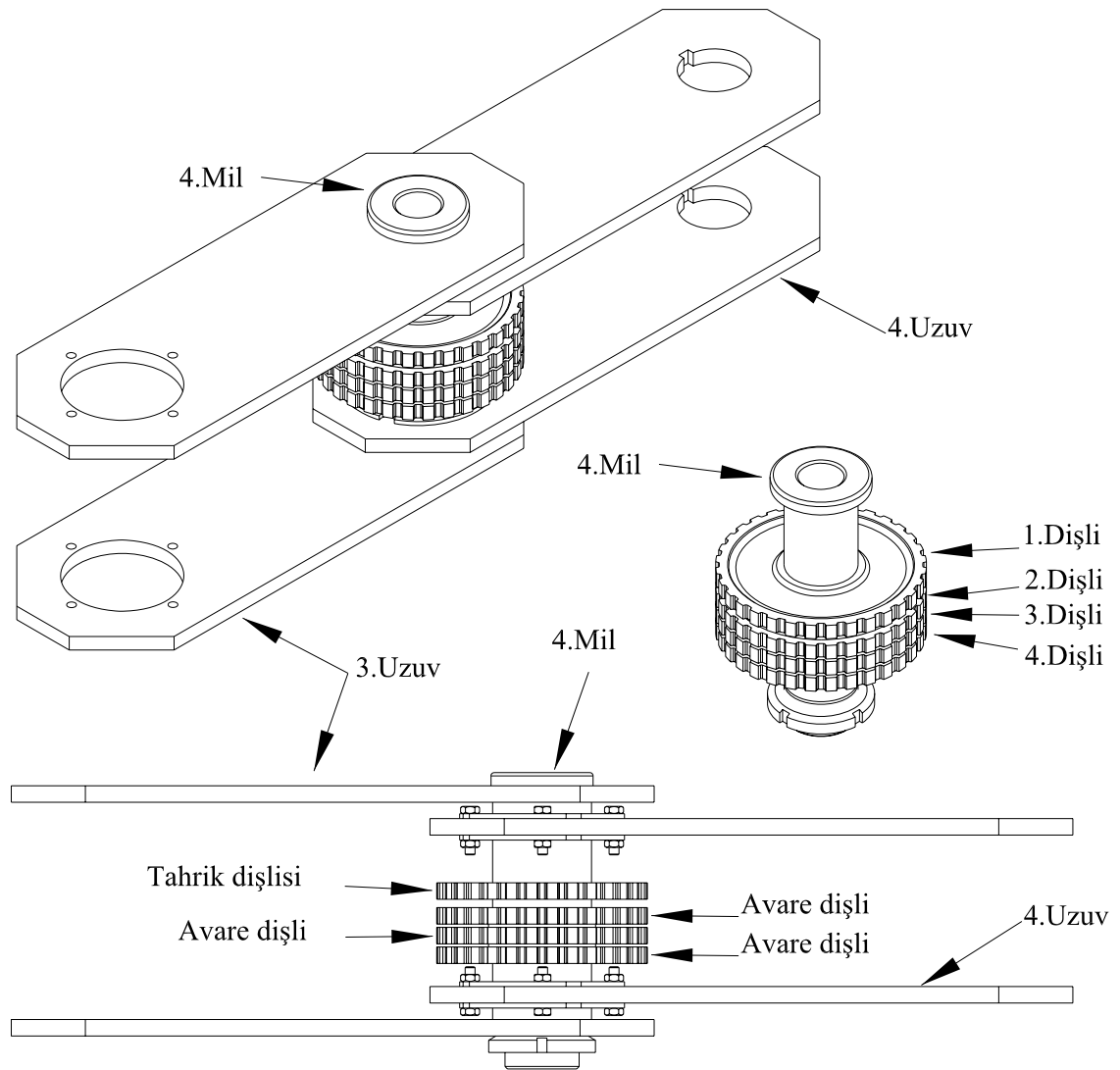
Şekil 3.26 Beşinci milin görevi

Şekil 3.26'daki en üstteki dişli tahrik dişlisidir, 5. mile kamayla bağlanmıştır ve 4. uzva hareket verir. Diğer dişliler avaredir ve hareketi iletirler. 5. uzuv 5. mile rulmanlı tarafından bağlanmıştır. Böylelikle redüktörden gelen hareket 6. mildeki en üstteki avare dişliye geçmekte oradan da 5. mildeki 4. uzvun tahrik dişlisini hareketlendirmektedir (3.27). Böylelikle ilk hareket yapılmış olur.



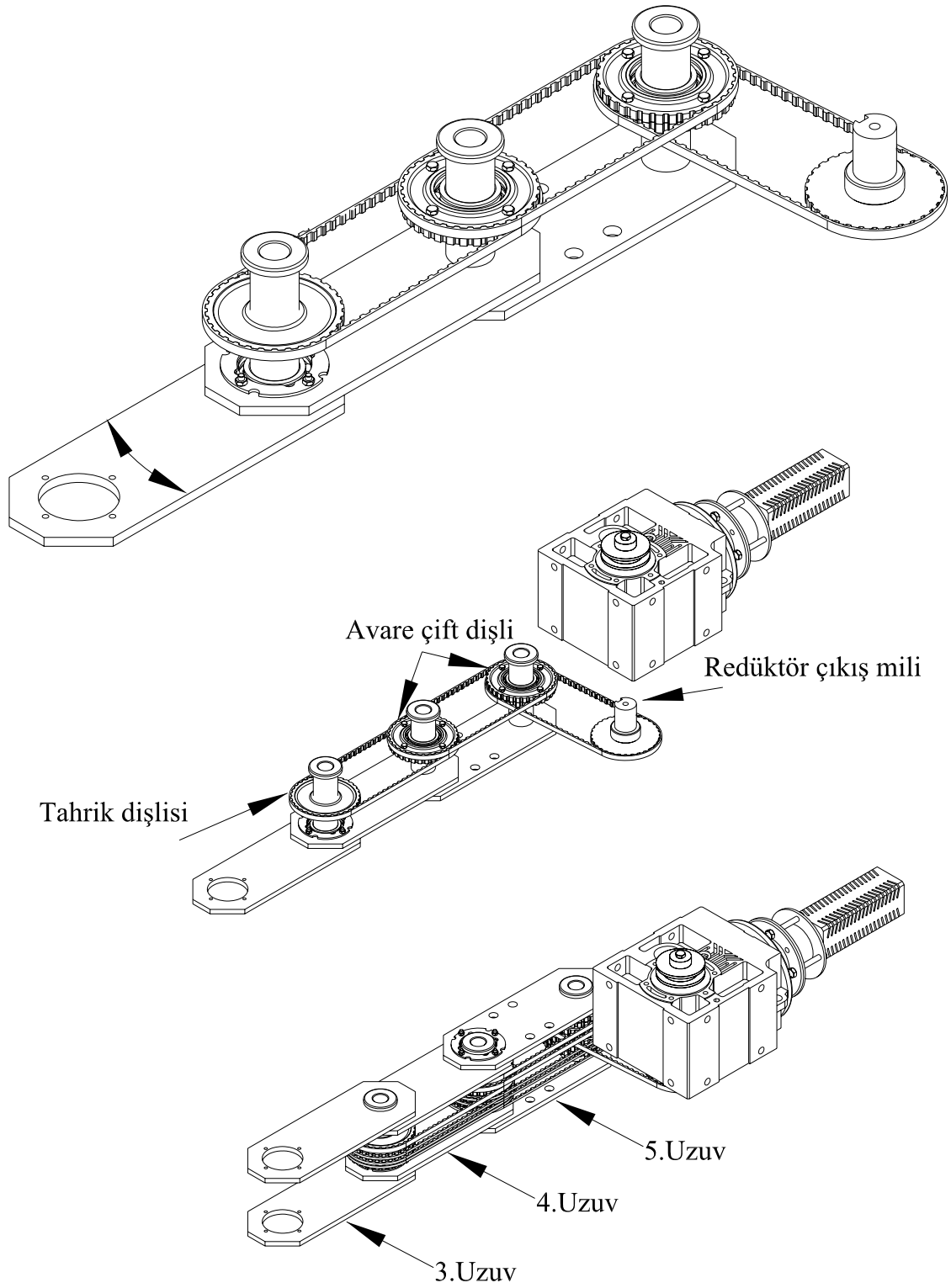
Şekil 3.27 Dördüncü uzvun hareket etmesi

4. mil üzerinde 4 adet dişli bulunmaktadır (Şekil 3.28).



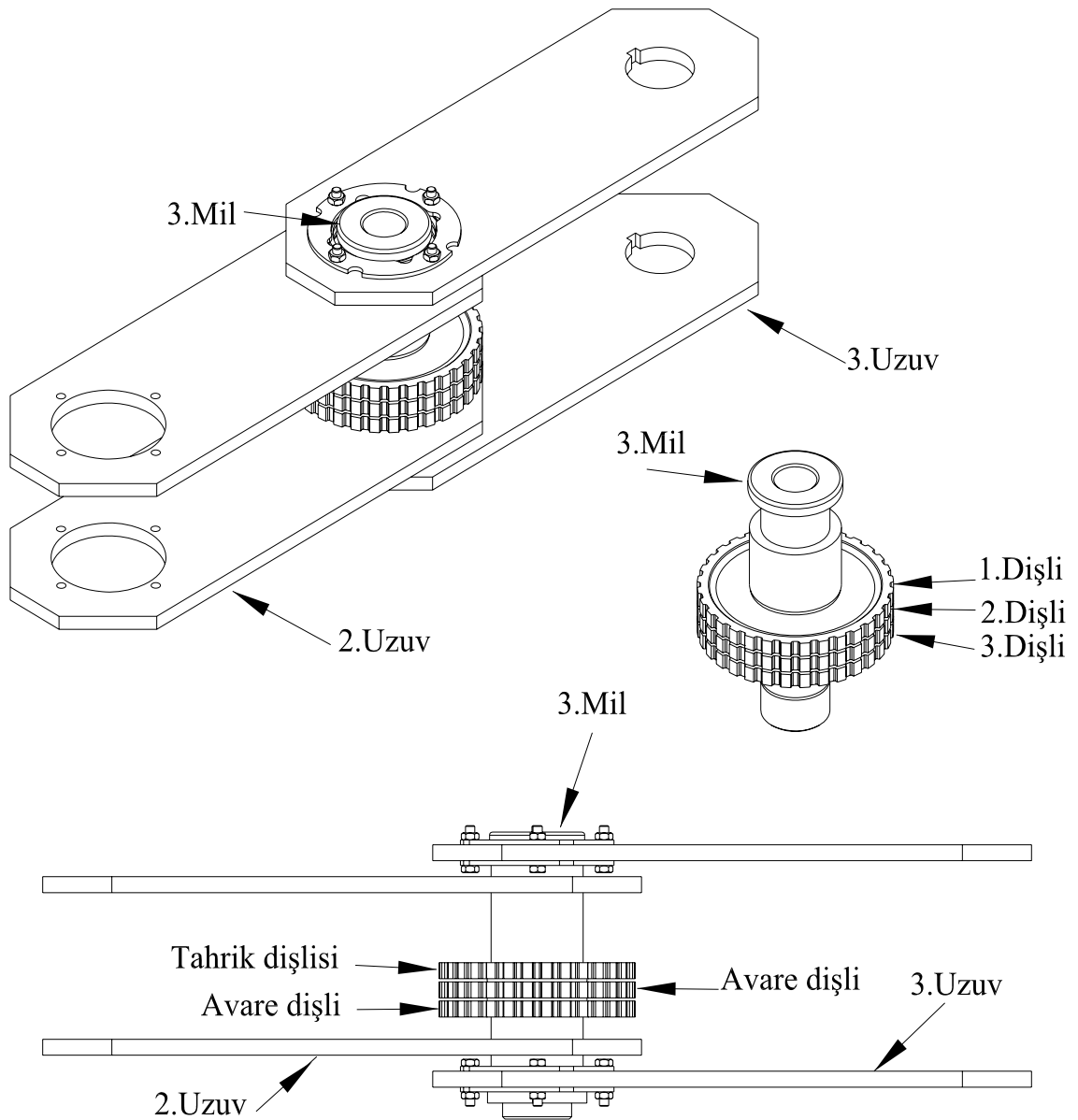
Şekil 3.28 Dördüncü milin görevi

4. milde bulunan dişlilerden en üstteki dişli tahrik dişlisidir. 4. mile kama ile bağlanmıştır ve 3. uzva hareket verir. Diğer dişliler avaredir ve hareketi iletir. 4. uzuv 4. milde rulmanlı tarafından bağlanmıştır. Böylelikle redüktörden gelen hareket 6. mildeki üstten 2. avare dişliye geçmekte oradan 5. mildeki avare dişliye geçmekte oradan da 4. mildeki 3. uzvun tahrik dişlisini hareketlendirmektedir (Şekil 3.29). Böylelikle 3. uzuv da hareket etmiş olur. Her iki uzva da ayrı ayrı kayış hattı çekildiğinden ve ayrı ayrı motor ve redüktör kullanıldığından her iki kol birbirinden bağımsız olarak istenilen derece kadar döndürülebilir.



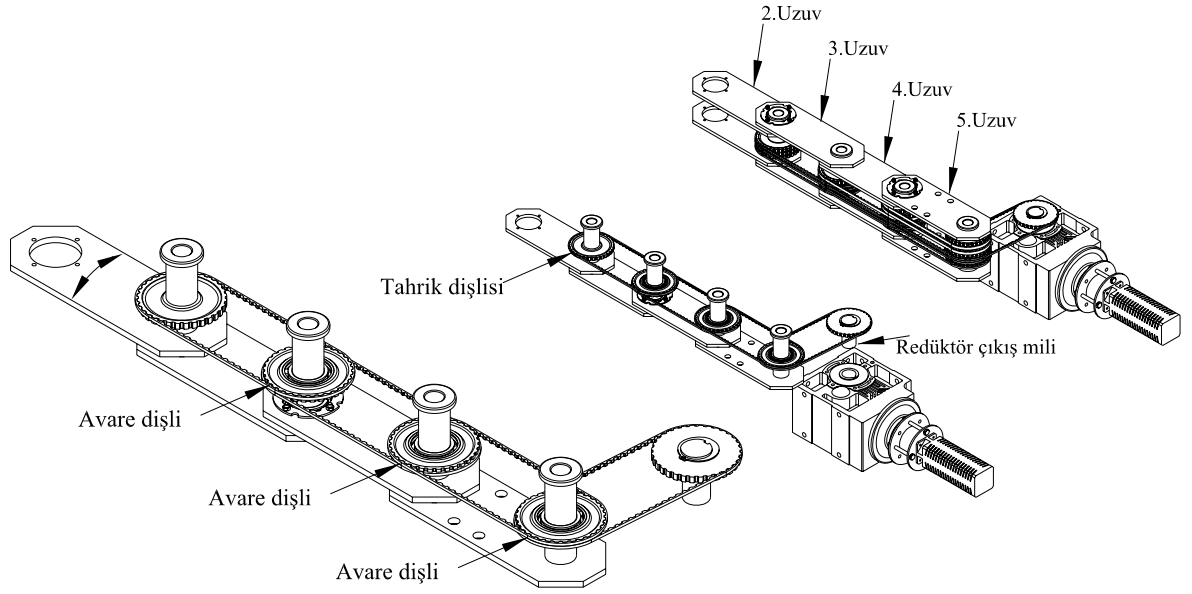
Şekil 3.29 Üçüncü uzvun hareket etmesi

3. mil üzerinde 3 adet dişli bulunmaktadır (Şekil 3.30).



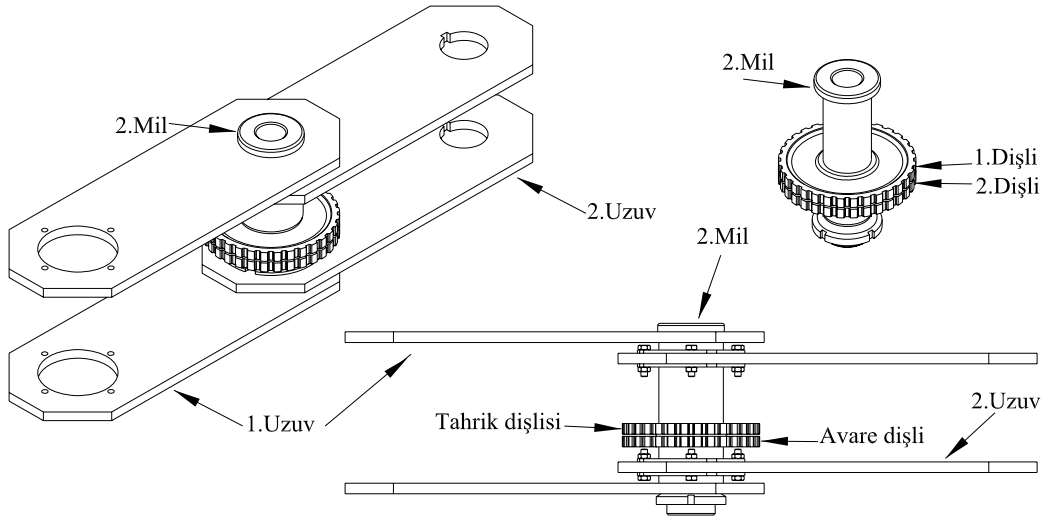
Şekil 3.30 Üçüncü milin görevi

3. milde bulunan dişlilerden en üstteki dişli tahrik dişlisidir. 3. mile kama ile bağlanmıştır ve 2. uzva hareket verir. Diğer dişliler avaredir ve hareketi iletir. 3. uzuv 3. mile rulmanlı tarafından bağlanmıştır. 2. uzuv 3. mile kamalı tarafından bağlanmıştır ve tahrik dişlisi döndüğünde 3. mil dönecek, dolayısıyla 2. uzuv da dönecektir. Böylelikle redüktörden gelen hareket 6. mildeki üstten 3. avare dişliye geçmekte, oradan 5. mildeki avare dişliye, 4. mildeki avare dişliye oradan da 3. mildeki 2. uzvun tahrik dişlisini hareketlendirmektedir (Şekil 3.31).



Şekil 3.31 İkinci uzvun hareket etmesi

2. mil üzerinde 2 adet dişli bulunmaktadır (Şekil 3.32).



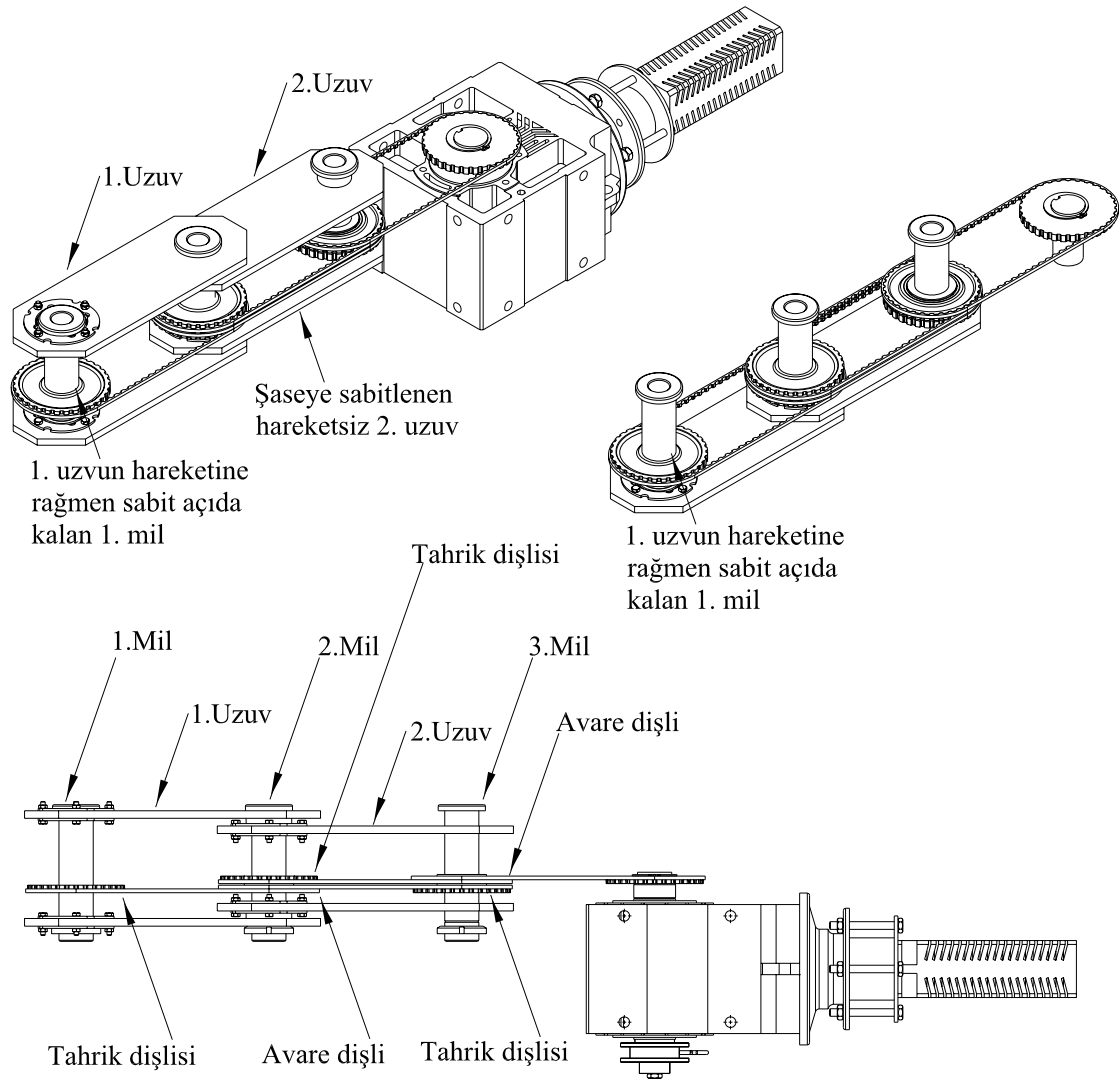
Şekil 3.32 İkinci milin görevi

Üstteki dişli 1. uzvu tahrik eden dişlidir ve 2. mile kama ile bağlanmıştır. Altındaki dişli avertedir, hareketi iletir. Redüktörden gelen hareket avare dişliler yardımıyla 1. uzvu hareketlendirir. 1. uzvu 2. mile kamalı tarafından, 2. uzvu 2. mile rulmanlı tarafından bağlanmıştır.

1. mil üzerinde bir adet tahrik dişlisi vardır ve 1. mile kama ile bağlanmıştır. 1. uzvu 1. mile rulmanlı tarafından bağlanmıştır.

3.9. Birinci Milin Sabit Açıda Kalmasının Önemi

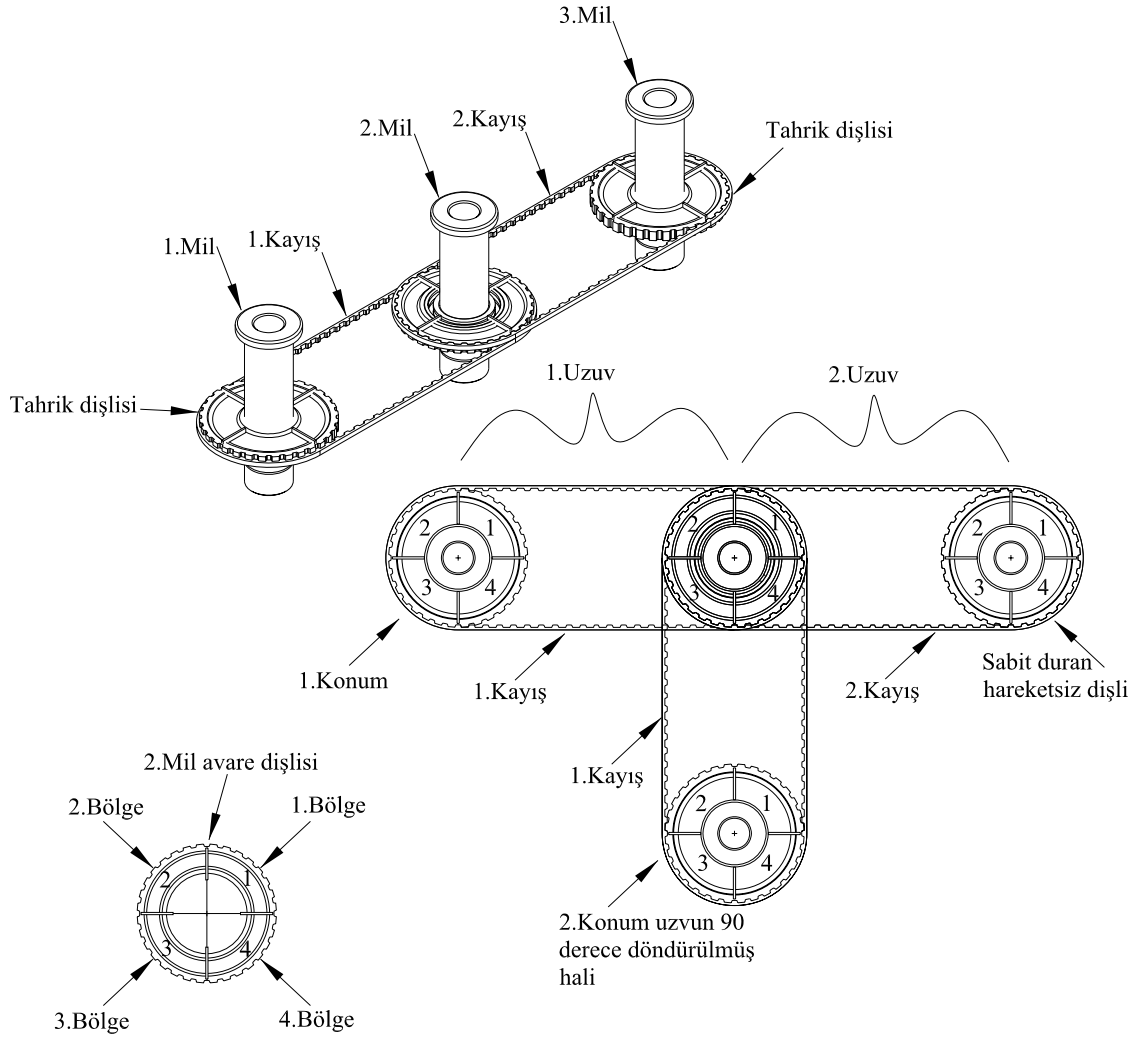
3 adet mil ve 2 adet uzuvdan oluşan bir robot kolunda inceleme yaparak 1. milin nasıl sabit açıda kaldığı açıklanabilir (Şekil 3.33).



Şekil 3.33 İki uzuvlu bir robot ve parçaları

Şekil 3.33'te 2. uzuv robot kolunu şaseye bağlamak için kullanılacaktır. Sadece 1. uzuv hareket edecektir. 3. mile 2. uzvun kamalı tarafları takılmıştır ve 2. uzuv şaseye sabitlendiğinden 3. mil sabit bir şekilde duracaktır. 3. milde 2 adet dişli vardır. Üstteki dişli avaredir ve redüktörden gelen hareketi 2. mildeki tahrik dişlisine ileterek 1. uzvun dönmesini sağlar. Altındaki dişli kama ile 3. mile sabitlenmiştir ve hiç dönmez. Dönmediği halde bu dişli 2. mildeki avare dişliye kayışla bağlanır ve 1. mildeki tahrik dişlisi de 2. mildeki avare dişliye bağlanır. 1. uzuv 1. mile rulmanlı tarafından bağlanır.

1. uzuv 90° döndüğünde 1. mildeki dişli de 90° dönmek isteyecektir. Fakat kayışla bağlı olduğundan dönmeden kalacaktır (Şekil 3.34).



Şekil 3.34 Birinci uzvun dönüşü sırasında 1. milin sabit açıda kalışı

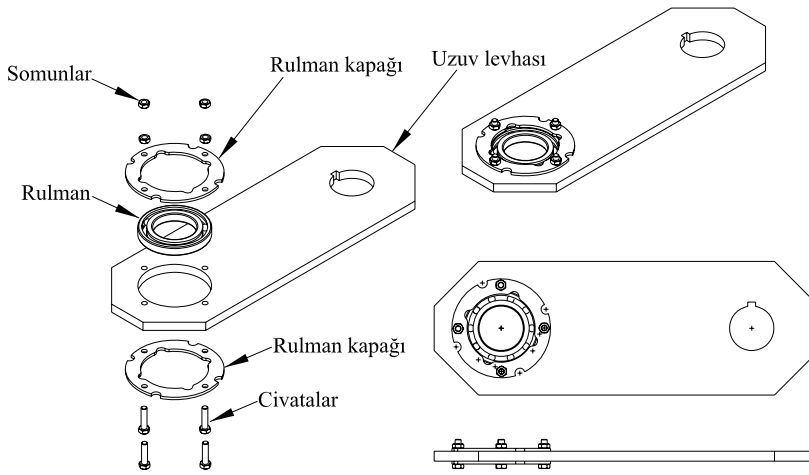
Şekil 3.34'teki 1. uzvun 90° dönmeden önce birinci kayış 1. mildeki dişlinin 2. ve 3. bölgedeki dişlerini, 2. mildeki avare dişlinin 1. ve 4. bölgedeki dişlerini kavramaktadır. 90° döndükten sonra, 2. mildeki avare dişli dönmeyeceği için 1. kayış 1. mildeki dişliyi 3. ve 4. bölgedeki dişlerinden, 1. kayış ve 2. mildeki dönmemiş avare dişliyi de 1. ve 2. bölgedeki dişlerinden kavrayacaktır. Bu yer değiştirme sayesinde 1. mildeki dişli ve dolayısıyla 1. mil açısal değişime uğramayacaktır.

Bu sistem bütün kollar için geçerlidir. 10 uzvlu bir robot kolu olsa bile herhangi bir uzvun döndürüldüğünde diğer bütün uzvlar sadece doğrusal yer değiştirecektir ve asla

açısız yer değiştirme olmayacaktır. Bunun iki faydası vardır: Birincisi robot kinematikiğini programlarken yapılan hesaplamaları azaltmasıdır. İkincisi ise birinci mile takılan herhangi bir aparatın her zaman şaseye göre aynı açıda kalmasıdır.

3.10. Uzun Levhalarındaki Rulmanların Sabitlemesi

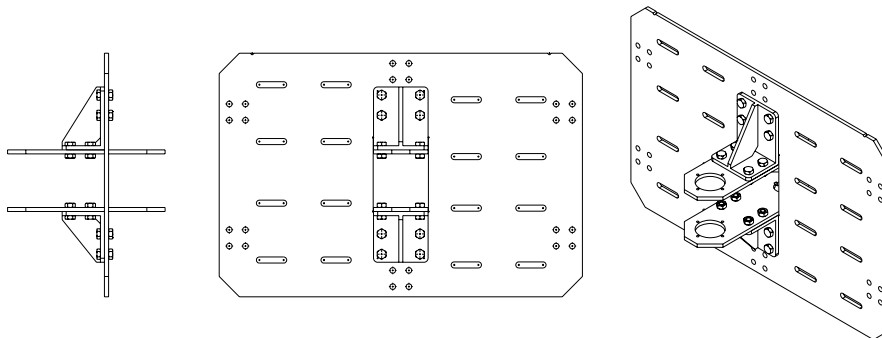
Uzun levha kalınlıkları 10 mm'dir. Rulmanların genişlikleri de 10 mm'dir. Rulmanlar uzun levhalarına çakılırlar. Yerinden çıkmaması için iki adet kapakla sıkılırlar (Şekil 3.35).



Şekil 3.35 Uzun levhalarındaki rulmanların sabitlemesi

3.11. Beşinci Uzun Şaseye Montajı

Beşinci uzuvda bulunan delikler ve imal edilen montaj parçaları sayesinde robot kolu şaseye montaj edilir (Şekil 3.36). Böylelikle robot kolu şaseye montaj edilmiş olur.

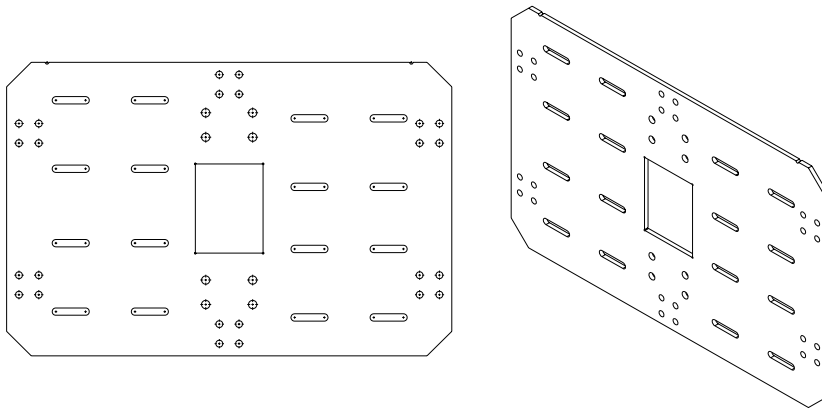


Şekil 3.36 Beşinci uzun şaseye montajı

Montaj sırasında civataların tamamı sıkılmadan önce gönye ve su terazisi ile kolun düzgün olup olmadığı kontrol edilip daha sonra bütün civatalar sıkılır.

3.12. Şase Levhası

Şase 10 mm lik bir levhadan oluşmuştur ve üzerinde robot kolunu tutmaya ve redüktörleri tutmaya yarayan delikler vardır (Şekil 3.37). Redüktörleri tutacak delikler kanal şeklinde açılmıştır. Bu, redüktör takıldığında kayışın gerdirilebilmesini sağlamaktadır. Ayrıca şasenin sağında ve solundaki delikler, şase ayağına bağlantıda kullanılmaktadır. Üstte ve altta bulunan dörtlü grup delikler görevsizdir. Bunlar daha sonra ihtiyaç duyulabilir düşüncesiyle açılmışlardır. Eğer robota ek olarak başka bir mekanik aksam bağlanacaksa bu delikler kullanılabilir. Şasenin üst kenarında iki adet küçük oyuk vardır ve bunlar buldukları kenarın üst kenar olduğunu belirtmektedir. Dört köşeye de 50x50 mm pah kırılmıştır.

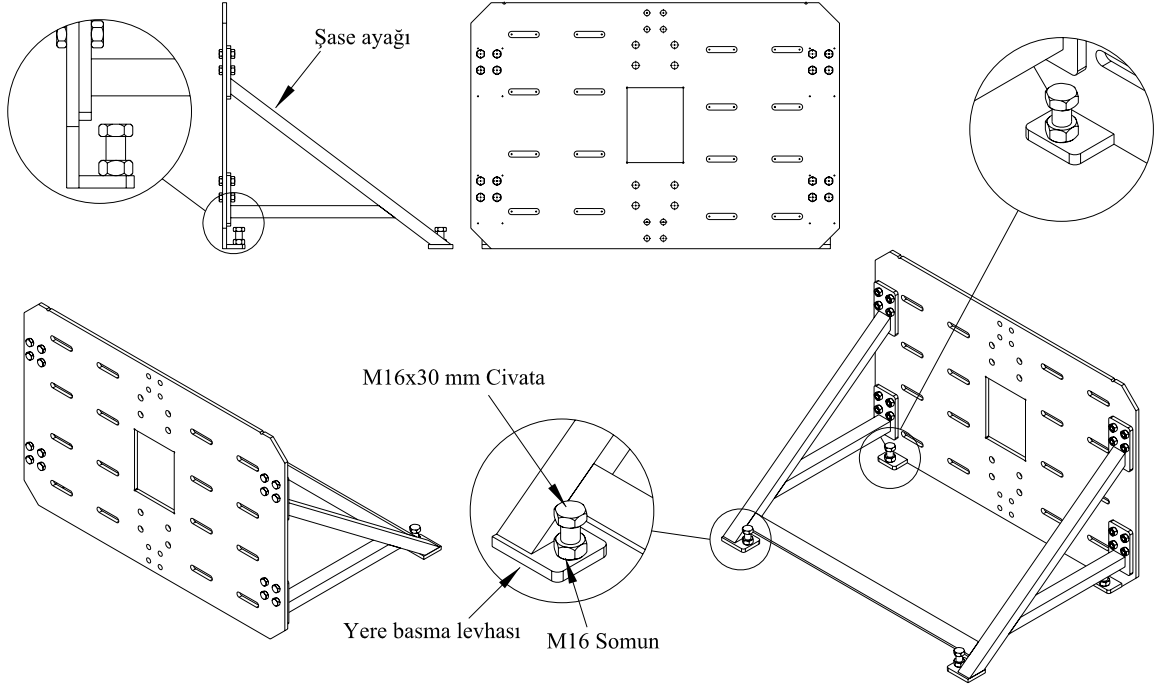


Şekil 3.37 Şase levhası

3.13. Şase Ayağı

Kaynaklı birleştirmeye şaseye bağlanmak üzere bir ayak imal edilmiştir. Ayak, şaseye 4 noktadan bağlanmıştır. Şasenin alt köşelerinde ve ayağın bastığı iki noktada yere basma levhaları vardır. Bu levhalar kaynakla birleştirilmiştir. Her yere basma levhasında bir M16 somun kaynaklıdır ve birer adet M16x30 mm civata bulunmaktadır. Civatalar sıkıldığında robotu yukarıya kaldırmaktadır ve dengenin kurulması işini yaparlar. Robotun tüm kurulumu bittikten sonra su terazisi ve ayar vidaları kullanılarak

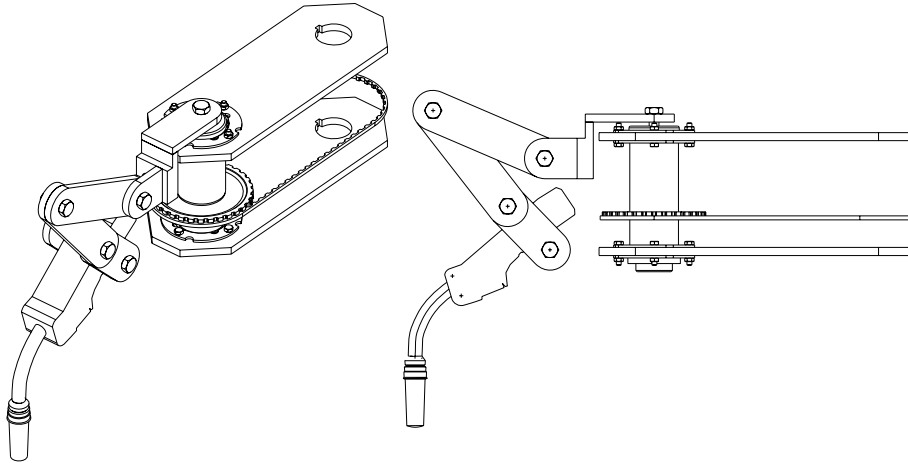
dengeli bir duruş sağlanır (Şekil 3.38). Ek-1 den Ek-35'e kadar bütün eklerde tüm teknik resimler ve robotun tamamının görünüşü vardır.



Şekil 3.38 Şase ayağı ve yere basma levhaları

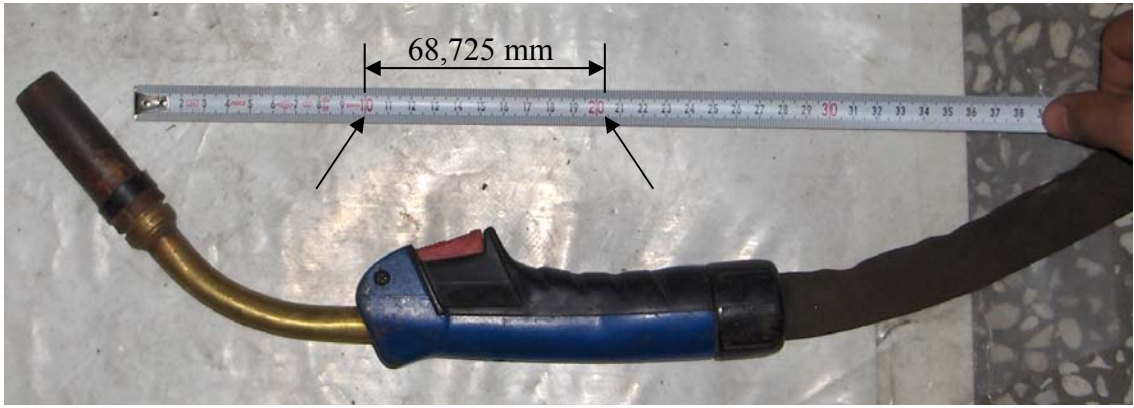
3.14. Birinci Uzva Kaynak Torcu Bağlanması

Standart bir torç aparatını robotun birinci uzvuna bağlayabilmek için 5 mm kalınlıktaki levhalardan Şekil 3.39'da görüldüğü gibi bir düzenek hazırlanmıştır.



Şekil 3.39 Birinci uzva bağlanan kaynak torcu

Kol hareket ederken torç daima karşıya bakacaktır. Robotun imalatı yapıp çalıştırıldığında kaynak makinesi ile kaynak denemeleri yapılmıştır. Bilgisayarda kaynak torcunu çizmek ölçüleri bilinen bir parçaya göre zordur. Fakat dizayn yaparken torcun çizilmiş olması gerekmektedir. Burada kaynak torcunu bilgisayarda çizerken bir televizyon kanalında seyredilen belgeseldeki bir teknik kullanılmıştır. Bu teknik ile çizim yapmak için torç düz bir zemine konulur. Yanına da ölçüsü bilinen bir malzeme konulur. Bu bir kibrit kutusu, sigara paketi, A4 kağıt veya bir metre şeridi olabilir. Metre şeridi kalibrasyon için en uygundur. Ancak torç ile metre şeridi kesinlikle aynı düzlemde olmalıdır. Daha sonra bu ikilinin tam dik bir şekilde dijital fotoğraf makinesi ile resmi çekilir.



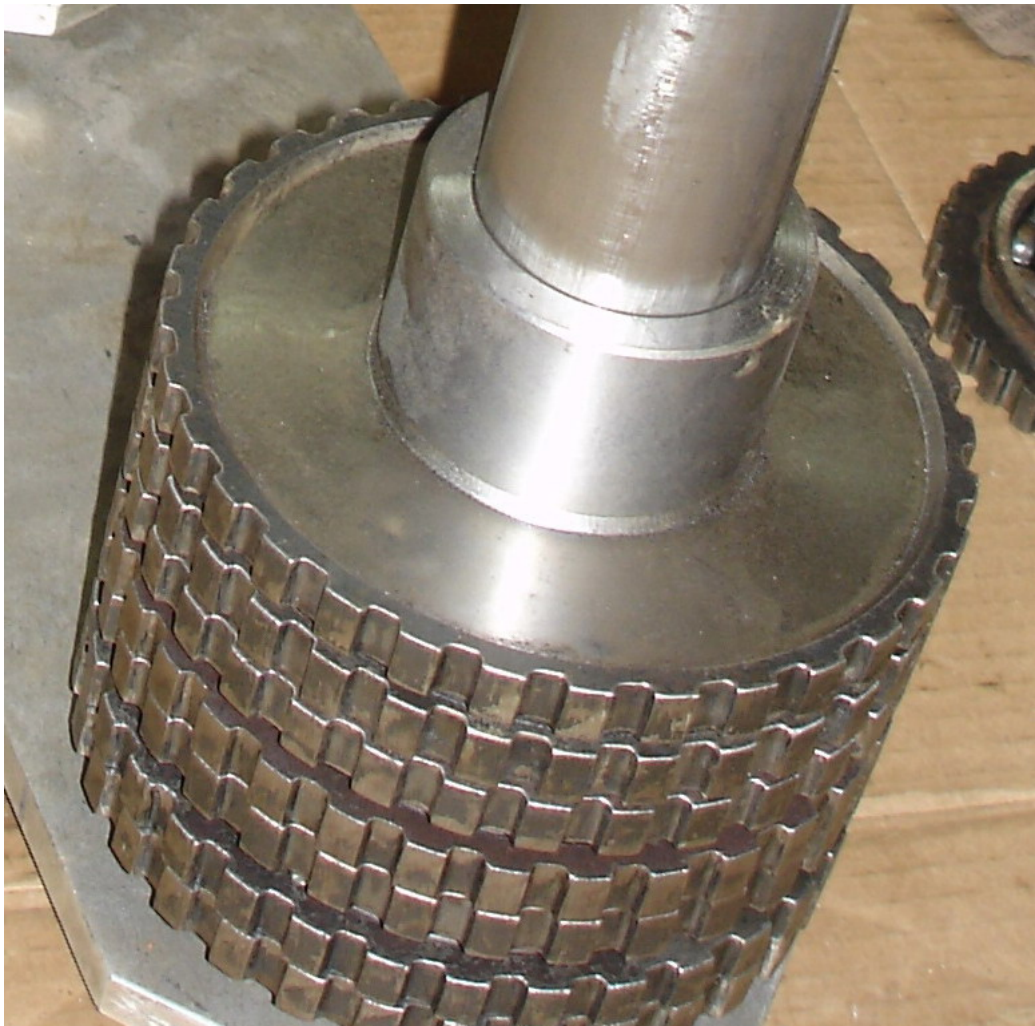
Şekil 3.40 Kaynak torcu ile şerit metrenin aynı düzlemdeki dik resmi

Bu resim bilgisayarda bir dosya halindeyken, bu dosya bilgisayar faresi ile tutulur, sürüklenip autocad programındaki boş bir sayfaya bırakılır. Resim artık autocad programında görülmektedir. Ölçü gereçleri kullanılarak metre şeridinin belirli bir kısmı ölçülür. Çıkan bu ölçü gerçek değerine bölünür ve bir katsayı elde edilir. Örnek olarak resimdeki 10 cm ile 20 cm arası ölçülür ve çıkan değer 68,725 mm'dir. Gerçekteki değeri 100 mm'dir. Bölme işlemi yapıldığında katsayı $100/68,725=1,4550$ olur. Autocad programında resim, ölçeklendirme komutu ile 1,4550 kat büyütülür. Resim artık gerçekte olduğu boyutu ile aynıdır. Çizgi ve daire komutları kullanılarak resimdeki torcun kenarlarından çizim yapılır ve torç gerçek ölçüleri ile çizilmiş olur. Şekil 3.39'da bu yöntemle çizilmiş kaynak torcu görülmektedir.

4. ROBOT KOLUNUN İMALATI

4.1. İmalatın Başlangıcı

Doğan Hafriyat Şirketi bütün parçaların birleştirileceği bir merkez atölye olarak kullanılmıştır. Kullanılacak bütün parçalar belirlendikten sonra ilk olarak redüktörlerle rulmanlar satın alınmıştır. Arkasından da lazer kesim tezgahında triger dişlileri kesilmiştir (Şekil 4.1). Triger dişlilerinin tamamı Aykurt Makine Şirketinde torna ve planya tezgahlarında işlenmiştir.



Şekil 4.1 Lazer kesim tezgahında kesilen triger dişlileri

Aykurt Makine Şirketinde dişliler ile birlikte miller de işlenmiştir (Şekil 4.2). Bütün miller torna tezgahında işlendikten sonra taşlama tezgahında taşlanmıştır. Freze tezgahında da kama kanalları açılmıştır.



Şekil 4.2 Kamalı mil

Uzuv levhaları yapmak için 10 mm'lik alüminyum levhalar satın alınmıştır. Tam ölçülerine getirme ve köşelere pah kırma işlemi planya tezgahında yapılmıştır. Deliklerinin çok hassas işlenmesi için çok itina ile freze tezgahında delikleri açılmıştır. Şekil 4.3'te iki deliği de delinmiş ve rulman çakılıp rulman kapakları takılmış bir uzuv levhası görülmektedir. Bu uzuv levhaları daha önceki bölümde de belirtildiği gibi çiftler halinde dirler. Bir mile takılırken mutlaka kendi çifti ile takılmalıdır. Aksi halde açma kaymaları yaşanabilir.



Şekil 4.3 Uzuv levhası

Şekil 4.4'te taşlanmış bir mil görülmektedir. Bu miller takılacağı rulmanlardan ve uzun levhalarının deliklerinden milimetrenin %3'ü kadar küçük yapılmıştır. Standartlara göre bu ölçülerdeki bir rulmanı mile çakabilmek için mil, rulman deliğinden %2 büyük olmalıdır. Ancak bir mile çok sayıda rulman takıldığı için sıkı bir geçme yapılırsa montaj çok güç olacaktır. Montajı ve demontajı kolaylaştırmak için miller standardından %5 küçük işlenmiştir ve montaj kolay gerçekleşmiştir.



Şekil 4.4 Taşlanmış mil

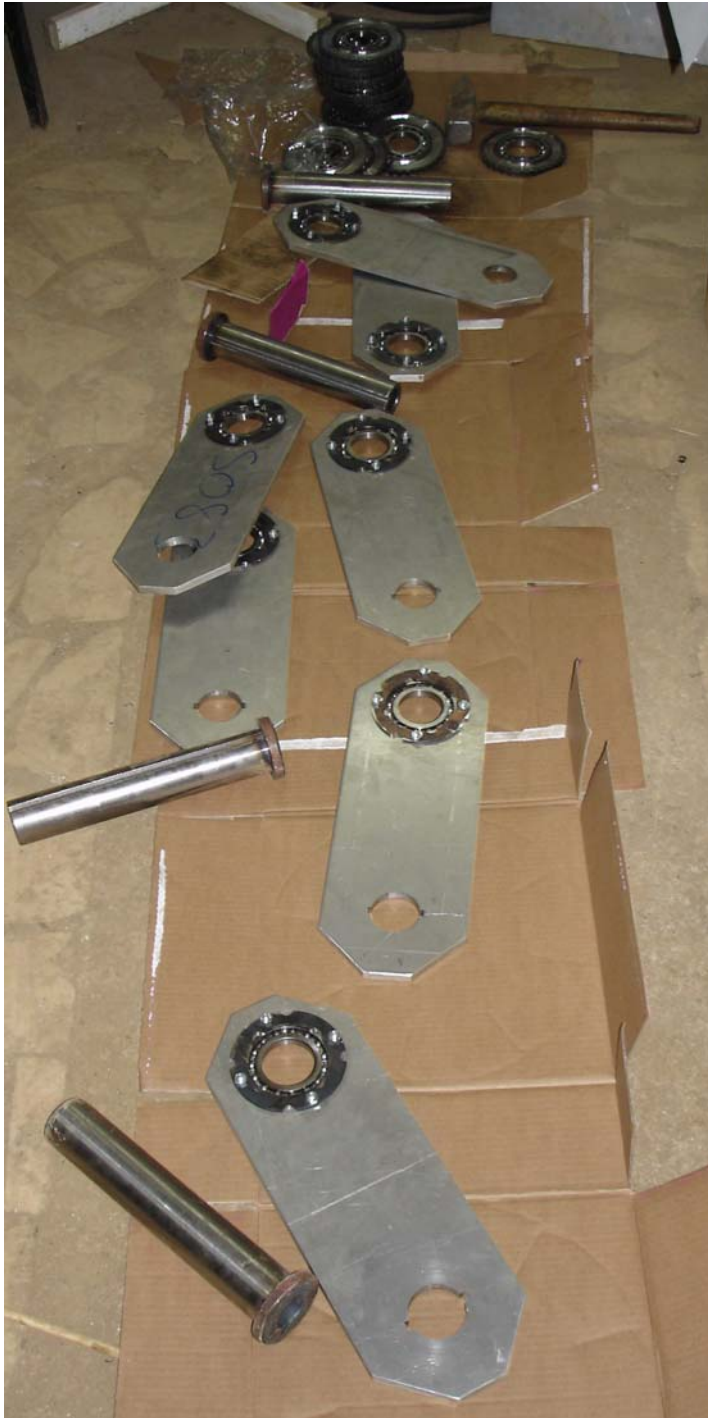
Şekil 4.5'te Doğan Hafriyat şirketindeki CNC alevli kesme makinesinde şase levhasının kesimi görülmektedir. Alevli kesim makinesi, milimetrenin %40'ı hassasiyetinde kesim yapabilmektedir. Aynı kesim makinesinde yere basma levhaları, flanşlar ve bazı parçalar kesilmiştir. Parçadaki çarpımları önlemek için kesme işleminden önce ön ısıtma yapmak, parçayı tek seferde kesmemek, kesildikten sonra suyla soğutmamak gerekir.



Şekil 4.5 CNC alevli kesme makinesinde şasenin kesimi

4.2. Montajın Yapılması ve Robotun Çalıştırılması

Her levhaya rulmanlar çakılıp kapakları takıldıktan sonra bütün malzemeler düz bir yüzeye serilmiştir (Şekil 4.6). Bilgisayardan alınan teknik çizim takip edilerek montaj yapılmaya başlandı.



Şekil 4.6 Bütün parçaların zemine serilmesi

Montaj yapılırken montaj sırasının çok önemli olduğu ortaya çıktı. Parçaları rasgele takıvermek kötü sonuçlar verdi ve parçaların bazıları sökülürken küçük hasarlar gördü. Şekil 4.7’de montaj sırası takip edilmiş bir montaj görülmektedir. Dikkat edilirse millere önce sırasıyla uzuv levhaları geçirilmiş, burçlar geçirilmiş, arkasından dişliler ve tekrar burçlar, en üstte de 2. ve 4. uzuv levhaları geçirilmiştir. En son olarak da 1. ve 3. uzuv levhaları geçirilmiştir.



Şekil 4.7 Montajın montaj sırasına göre yapılışı

Şekil4.8’de birisi 5 mm’lik birisi 10 mm’lik olmak üzere sadece iki triger kayışı geçirilmiş robotun kolunun bitmiş bir montajı görülmektedir. Triger kayışlarının tamamı ilk montajda takılmamıştır. Bunun bir sebebi montajın çok karışık olmasıdır ve ilk montajda kayışların takılamayabileceği düşüncesidir. Bir diğer sebep ise triger kayışlarını takmadan mekanik sistemin çalışıp çalışmayacağına bakmaktır.



Şekil 4.8 Triger kayışları takılmadan montajı yapılmış robot kolu

Şekil 4.9’da robot kolunun kayışlar olmadan elle hareketi gösterilmektedir. Bütün kollar hareket ettirilmiş ve hiçbir hataya rastlanmamıştır. Şekil 4.8’de dikkat edilirse miller gereğinden çok uzundur ve henüz vidaları açılmamıştır. Millerde ekstradan bir boya ihtiyaç olmadığı için millerin kesin boyları, projede belirlenen boylar olacaktır. Daha sonra miller torna tezgahında kesilmiş ve vidaları açılmıştır. Dışarıdan alınan manşon somunları ile sıkılma işlemi yapılmıştır.



Şekil 4.9 Robot kolunun elle hareket ettirilip mekanizmanın kontrol edilmesi

İlk montajın arkasından bütün parçaların demontajı yapılmıştır ve proje çok dikkatli incelenerek montaj kayışlarla birlikte yapılmıştır. Montaj çok dikkatli yapılmasına rağmen yine de kayışlar takılırken hatalı montaj yapılmıştır ve robot kolu birkaç sefer montaj ve demontaj aşamalarından geçmiştir. Şase ve diğer parçalar hariç sadece robot kolu 264 parçadan oluşmaktadır. Bununla birlikte parçaların büyük çoğunluğu birbirinin aynısı olmayan sadece kendi yerine takılabilen parçalardır. Projesi olmadan demontajı yapılmış bir robot kolunun montajı günler sürebilir. Toplam 524 parçadan oluşan robot; robot kolu, şase, redüktörler, bağlantı parçaları, cıvata ve somunlar gibi parçalara ayrılarak okul laboratuvarına taşınmış ve okulda tekrar montajı yapılmıştır. Şekil 4.10'da kısmen montajı tamamlanmış robot görülmektedir.



Şekil 4.10 Okul laboratuvarına getirilip kısmen montajı bitmiş robot

Şekil 4.11’de ise robotu kontrol eden bilgisayar ve sürücü panosu görülmektedir. Danışman hocam Doç. Dr. E. Şahin ÇONKUR tarafından geliştirilen ve kontrol algoritmaları içeren RoboKol isimli bir bilgisayar programıyla robot kolunun hareketi sağlanmıştır. Bu program ile ilgili bilgi aşağıda Bölüm 4.3’te verilmektedir.



Şekil 4.11 Bilgisayar ve sürücü panosu

Robot ile gerçek bir sanayi uygulaması yapabilmek için Doğan Hafriyat Őirketinden bir gaz altı kaynak makinesi getirilmiŐtir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12 Gaz altı kaynak makinesi

Projedeki gibi robot kolunun birinci uzvuna bir kaynak torcu bağlanmıştır. Şekil 4.13'te robot koluna bağlanan kaynak torcu, deneme amaçlı getirilen sa levhaları ve yapılan kaynaklar görülmektedir.



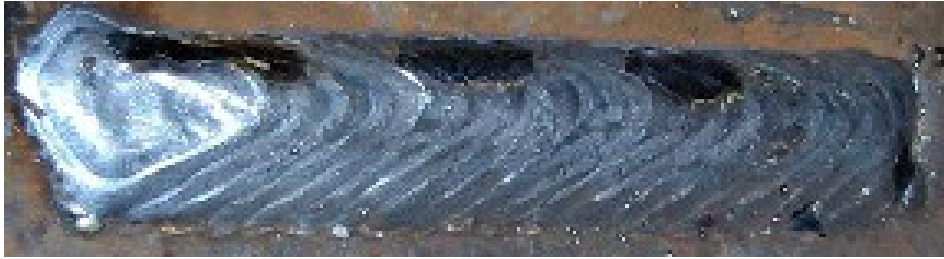
Şekil 4.13 Birinci uzva bağlanan kaynak torcu

Autocad programında çizilen çizgileri robot kolu takip edebilmektedir. AutoCad programında çizilen bir çizimin robot için yörünge olabilmesi için AutoCad programının DXF dosya uzantısı kullanılmıştır. Çizim DXF uzantılı olarak kaydedilmiş ve danışman hocam tarafından yazılan bilgisayar programında DXF uzantılı dosyanın içeriği okunmuştur. Okunan verilere göre motorlara emir gönderilmiş ve yörünge robota takip ettirilmiştir. Getirilen kaynak makinesiyle yapılan ilk denemede 500 mm'lik bir düz hat kaynağı yapılmıştır. 50 mm'lik kaynak istenildiği gibi olmuş fakat daha sonra kaynak bozuk olmuştur. Buna, robot kolunu hareketlendiren bütün motorların sabit hızda olmasına karşın robot ucunun sabit hızda olmayışı sebep olmuştur. Uzunlar dairesel hareket yaptığından ve uç uca eklendiğinden her uzvun motorunun aynı hızda çalışması, uç kısmında farklı hızlar meydana getirmiştir. Bundan dolayı robot kolunun her hareketinden önce uç kısmının sabit hızda gitmesi için hesap yapılmalı ve her motorun hızı o anki hareketin hesabına göre değişmelidir. 2 haftalık bir çalışma sonucunda robot kolunun uç kısmının sabit hızda gitmesi için gerekli program yazılmıştır. Hemen arkasından ilk düzgün ve kaliteli kaynak yapılmıştır. Kaynak yapma deneylerinde istenilen şekillerde kaynak yapılabilmektedir (Şekil 4.14).



Şekil 4.14 Autocad programından alınan çizime göre yapılmış kaynak denemesi

Robot kolunun çalışma hassasiyeti ilk başta 4 mm idi. Bu yeterince hassas değildi. İncelemelerde bu hassasiyetsizliğin redüktörlerdeki boşluktan kaynaklandığı ortaya çıktı. Piyasada düşük boşluklu redüktörler bulunmaktadır ve satın alınıp kullanılabilir. Projede yüksek lisans bütçesi yetmediği için bu redüktörlerden alınamadı ve bu boşluklu redüktörlere geçici çözüm olarak gerdirme yayları takıldı. Yaylar takıldıktan sonra hassasiyet 1 mm ye kadar düştü. Yaylar takıldıktan sonra yapılan kaynak Şekil 4.15'te görülmektedir. Yapılan bu kaynak oldukça kaliteli bir kaynaktır.



Şekil 4.15 Hassasiyet sağlandıktan sonra robotla yapılan kaynak denemesi

Kaynak sırasında oluşan ışık çok şiddetlidir ve bu ışıktan korunmak gerekir. Denemeler sırasında kısa kollu giysiler kullanıldığından kollarda yanıklar meydana geldi ve kol derileri soyulmuştur (Şekil 4.16). Ayrıca gözler dikkatsizlik sonucu korunamadığı için gözlerde kanlanma, yaşarma, kızarıklık, şiddetli ağrı ve yanma meydana gelmiştir. Bu gibi kötü ve tehlikeli durumlarla karşılaşmamak için kaynak yapılırken en üst düzeyde emniyet sağlanmalıdır. Uzun kollu giysiler giyilmeli ve geniş kaynak maskeleri kullanılmalıdır.



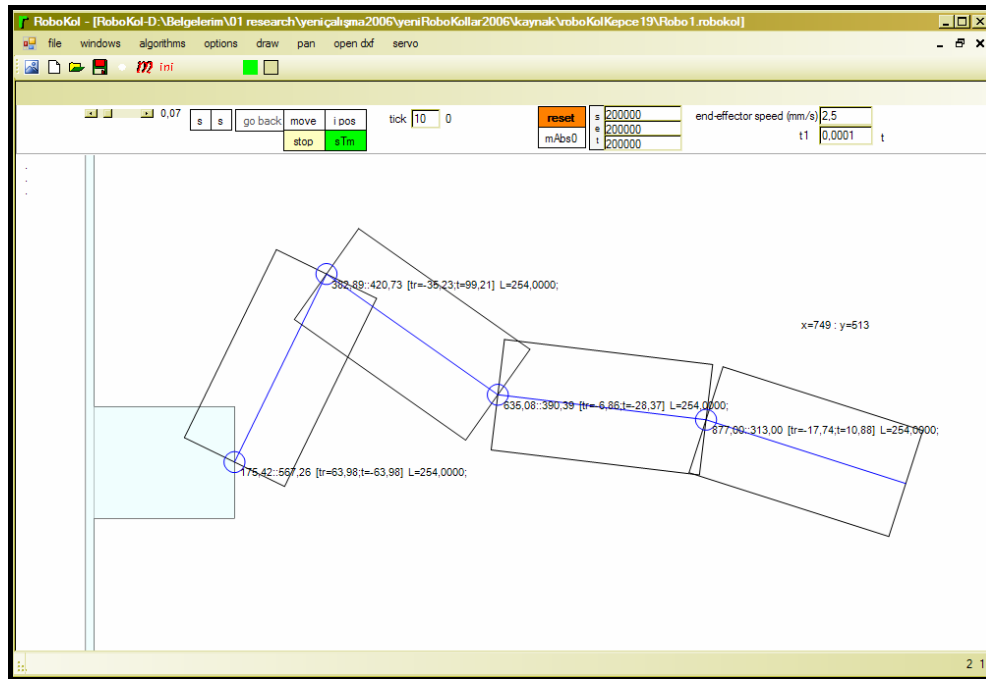
Şekil 4.16 Kaynak ışığının zararlı etkisinden dolayı yanan kol derileri

4.3. Robot Kolunun Kontrolü İçin Kullanılan *RoboKol* Programı

RoboKol'un ilk versiyonu Visual C++'da Windows ortamı için geliştirilmiştir. Yazılımda, yörünge planlaması metodu olarak potansiyel alan metodu kullanılmıştır. Kullanımı çok kolay olan bu yazılımda, engeller ve robotlar ekrana çizilir ve robotun hedefe varması gözlemlenir. Ayrıca potansiyel alanın iki ve üç boyutlu görüntüleri bir fare tıklamasıyla elde edilebilir. Yazılım, <http://sconkur.pamukkale.edu.tr> adresinden indirilerek kullanılabilir. Visual C Sharp'da yazılan programın yeni versiyonu şu anda devamlı olarak geliştirilmekte ve ilk versiyondan farklı kısımları içermektedir. Programdaki temel bölümler aşağıda sıralanmıştır.

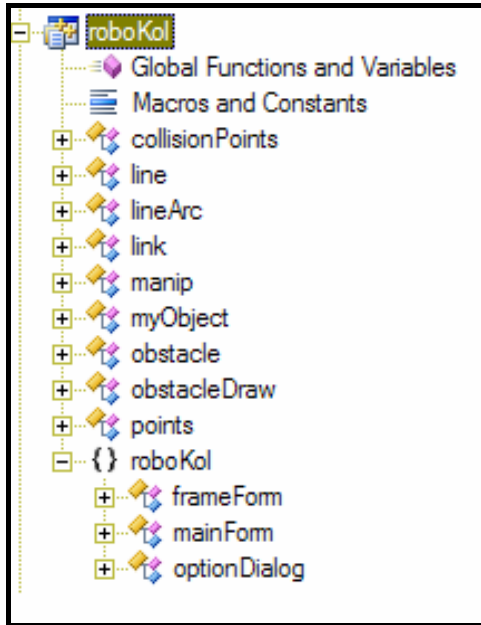
- Robotu temsil eden sınıf
- Engelleri temsil eden sınıf
- Engelleri çizecek kod
- Potansiyel alanı hesaplayıp ekranda görüntüleyecek kod
- Menüler, ikonlar, dosya açma vb. kısımları gösteren kod
- Robotları ve engelleri içeren çalışma alanını kaydedecek kod

Bunlardan “potansiyel alanı hesaplayıp ekranda görüntüleyecek kod” maddesi halen geliştirilme aşamasındadır.



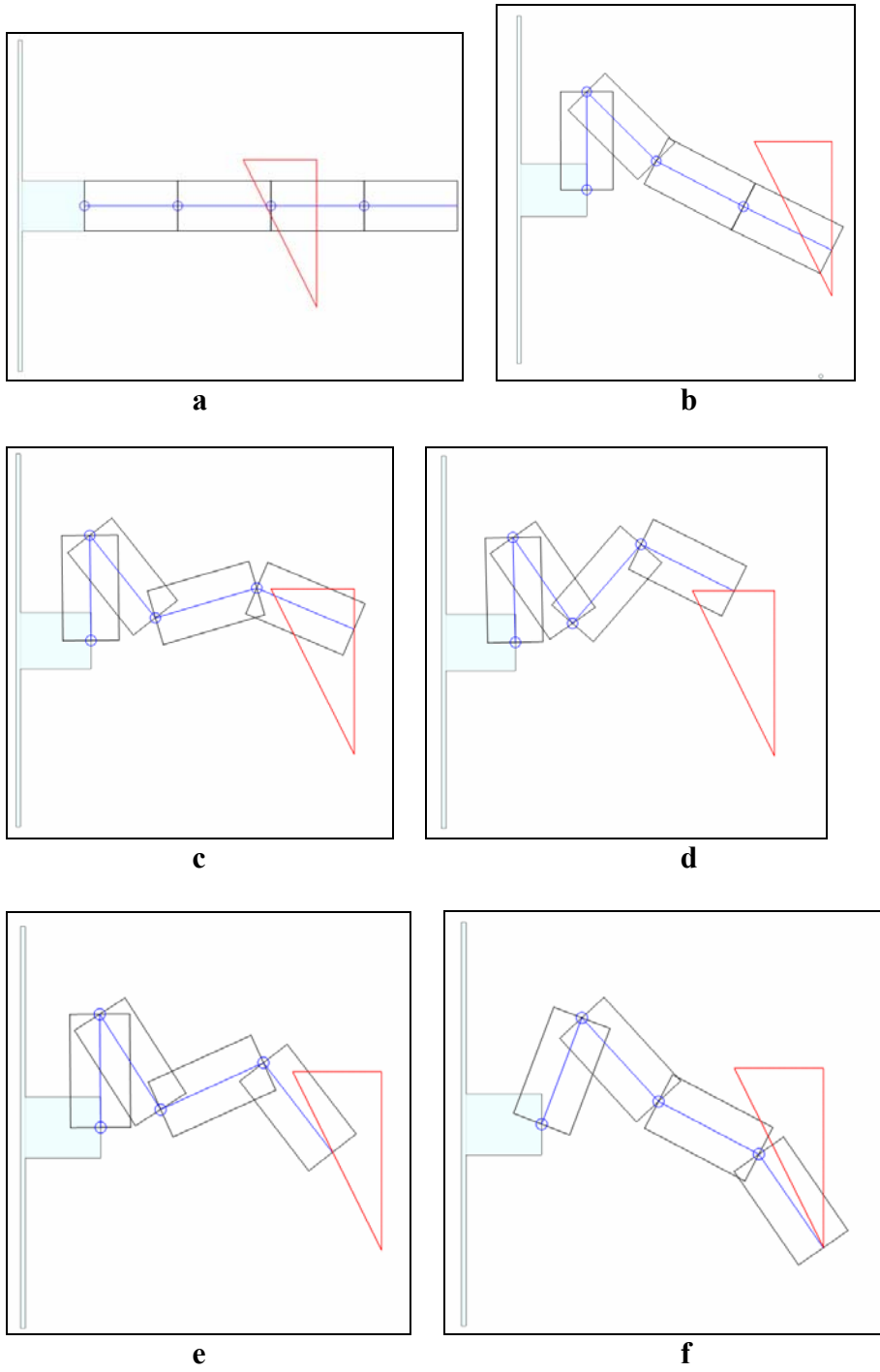
Şekil 4.17 *RoboKol* programının ara yüzü

Şekil 4.17’de görülen *RoboKol* programının ara yüzünde dört uzuvlu, uzuv genişlikleri ve uzuvların bazı parametreleri de görülen ve ürettiğimiz robotu bilgisayar programında temsil eden bir robot çizilmiştir. Algoritma geliştirirken uzuv genişlikleri ve parametreleri değerleri bazen gerekli olmakta bazen de bunların ekranda görüntülenmesi istenmemektedir. Bu yüzden uzuv genişlikleri ve parametreleri değerleri “options” diyalog kutusundan gerektiğinde iptal edilebilir.



Şekil 4.18 *RoboKol* programının sınıfları

Şekil 4.18’de şu ana kadar yazılmış kodda bulunan sınıflar görülmektedir. Bu sınıfların çoğu yeteri kadar geliştirilmiştir. Bir kaçı ise henüz başlangıç aşamasındadır. Şekil 4.19 a-f’de *RoboKol*’un başlangıç konfigürasyonu ve AutoCAD’ten alınmış bir üçgeni takip ederken çekilmiş görüntüleri yer almaktadır. Gerçek robot şekildeki hareketi yaparken gerçek zamalı olarak bilgisayar ekranından robotun hareketi gözlemlenebilmektedir.



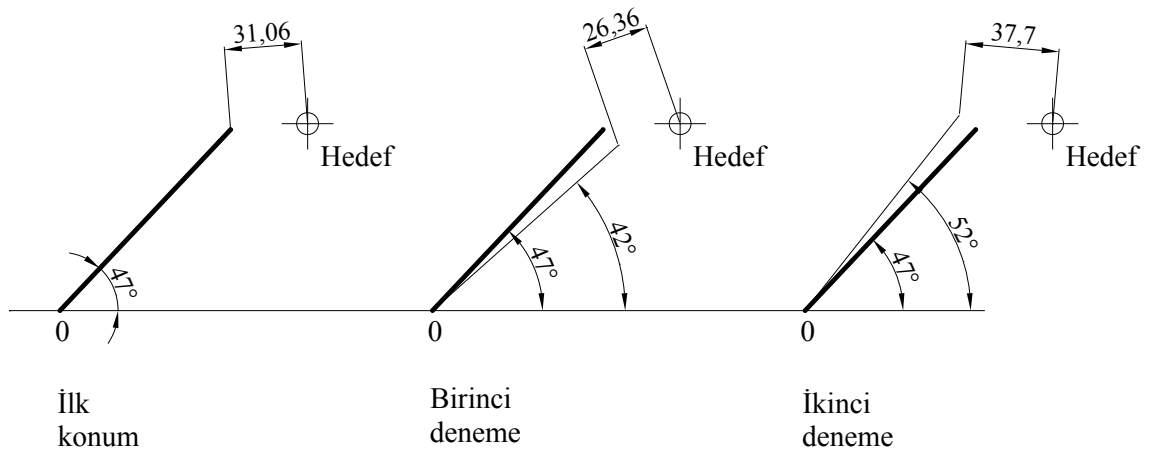
Şekil 4.19 a-f *RoboKol*'un başlangıç konfigürasyonu ve AutoCAD'den alınmış bir üçgeni takip ederken çekilmiş görüntüleri

5. GELİŞTİRİLEN HAREKET ALGORİTMASININ ÇALIŞMA TEMELİ

5.1. Algoritmanın Çalışma Mantığı

Robot kolunu bilgisayar ile kontrol edebilmek için bir algoritma planlanmış ve bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Geliştirilen programda robot kolunun her bir uzvu bir çizgi halinde ifade edilmiştir. Programda çizgiler arka arkaya eklenerek bir robot kolu ortaya çıkmıştır. Bilgisayar faresinin imlecinin koordinatları da bilgisayarda hedef olarak gösterilmiştir. Ekranda bilgisayar çizildikten sonra gerekli butona basıldığında programdaki algoritma çalışmakta ve robot kolunun uç kısmı fare imlecine yani hedefe ulaşmaktadır. Fare imleci hareket ettirildiğinde robot kolu tekrar hedefe ulaşabilmektedir.

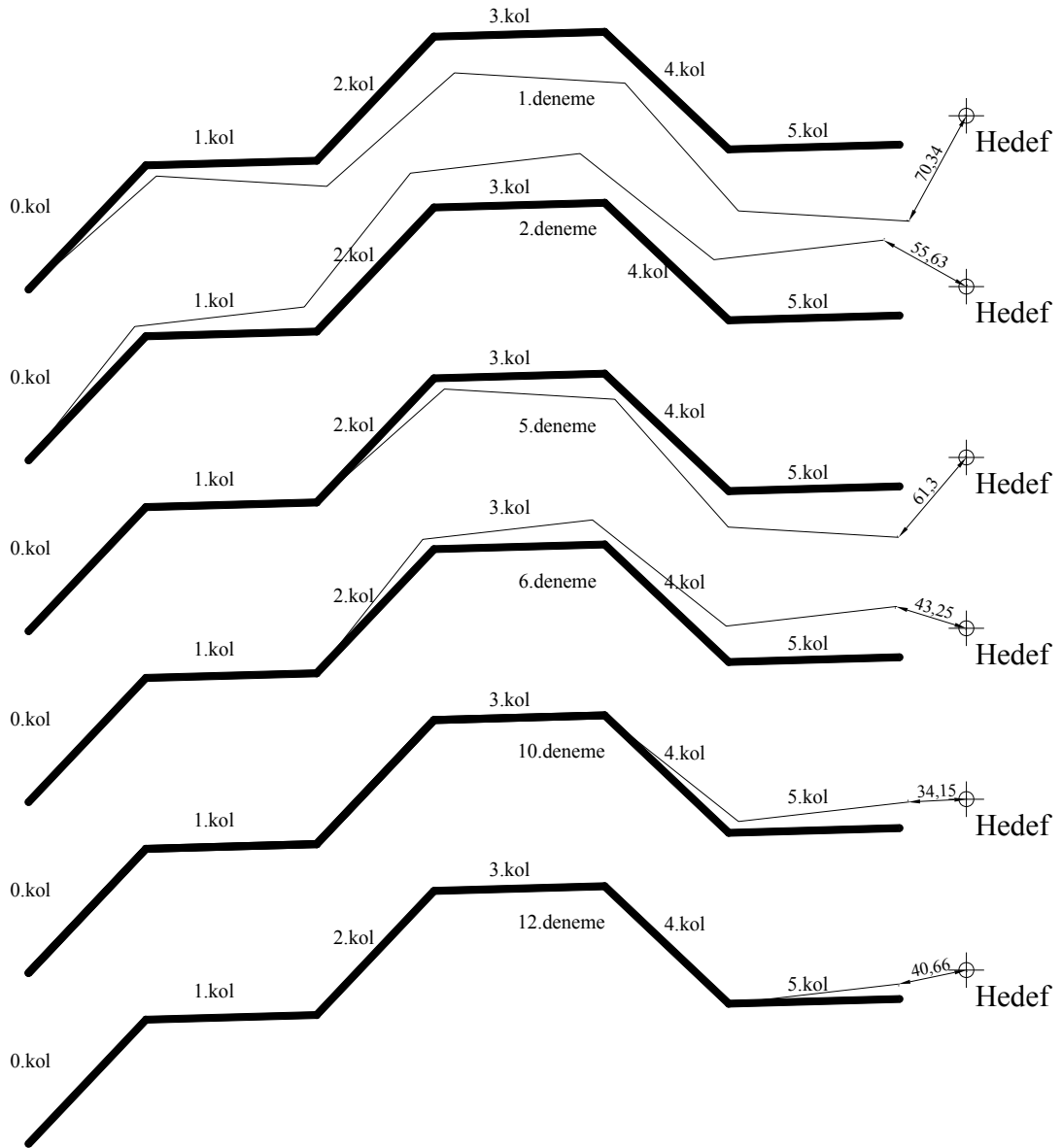
Algoritmada robot kolunun uç kısmının hedefe ulaşması deneme yanılma ile olmaktadır. Bilgisayar ortamında robot bütün kollarını sırayla ve tek tek küçük bir açı değeri ile sağa ve sola çevirir. Her denemede uç kısmın hedefe olan uzaklığı hesaplanır ve diziyeye bu değer kayıt yapılır. Çevirme işlemlerinden sonra kol açıları eski durumuna getirilir. Bu deneme çevirmeleri ekranda gösterilmez. Ayrıca dizide, kaydedilen her değerle birlikte hangi kolun hangi tarafa çevrildiği bilgisi de kaydedilir. Daha sonra bir döngü ile dizideki “robotun uç kısmının hedefe olan uzaklığı” değerleri arasından en küçük değer bulunur. Bununla birlikte en küçük değeri hangi kolun ve o kolun ne tarafa döndüğü bilgisi de alınır. Bulunan kol bulunan yöne küçük bir açı değeri ile döndürülür ve bu dönüş ekrana yansıtılır. Robotun uç kısmı hedefe daha önceki durumuna göre biraz daha yakındır. Bu çizimin ardından tekrar aynı işlemler yapılır ve robot kolu hedefe biraz daha yaklaşır. Kolun ucu hedefe ulaştığında ise denemeler devam eder fakat kol hedeften ayrılmaz. Hedef hareket ettirildiğinde bile denemeler devamlı bir döngü içinde devam ettiğinden, kolun ucu her zaman hedefe ulaşmaktadır. Kol uzunluğu hedefe ulaşılması için kısa kaldığında ise kol düz bir çubuk şeklini almaktadır. Bu sistem aşağıda çizimlerle adım adım anlatılacaktır.



Şekil 5.1 Tek bir uzvun hedefe ulaşması için yaptığı denemeler

Şekil 5.1’de bir tek uzvun ve o uzvun hedefe olan uzaklığı görülmektedir. Kalın çizgiler uzvun ilk halini, ince çizgiler ise uzvun deneme yapıldıktan sonraki halini göstermektedir ve bundan sonraki şekillerde de böyle gösterilecektir. Uzuvu ilk konumda X eksenine göre 47° açıyla durmaktadır. İlk konumda uzvun hedefe uzaklığı 31,06 mm’dir. Program, birinci denemede kolu (-) yönde 5° döndürmektedir ve hedefe olan uzaklık diziyeye 26,36 mm olarak kayıt yapılır. Program yine ikinci bir deneme yapar ve kolu (+) yönde 5° döndürür. Diziyeye hedefe kalan uzaklık olan 37,7 mm’yi kaydeder. Sonra bir döngü ile kayıta bulunan iki değerden en küçük olanını seçer. Hedefe en çok yaklaşmayı sağlayan uzvu 0. uzvudur ve - yönde döndürülmesi gerekmektedir. Artık uzvu döndürülebilir. Uzuvu (-) yönde $0,1^\circ$ döndürülür ve döndürme işleminden hemen sonra kol ekrana çizdirilir. Denemenin 5° ile olup ta döndürülmenin $0,1^\circ$ ile yapılmasının sebebi, küçük dönme açıları ile ekranda akıcılığın sağlanmasıdır.

Şimdi 6 uzvlu bir robot kolunun denemeleri incelenecektir. Denemelerin tamamı gösterilmemiştir. 0. kol eksi ve artı yönde deneme amaçlı döndürüldüğünde diğer bütün kollar da aynı açı değerinde hep beraber döneceklerdir. 0. kolün denemesi bittiğinde diğer kolların her biri artı ve eksi yönde döndürülür ve uç kısmın hedefe olan uzaklıkları diziyeye kayıt yapılır. Şekil 5.2’deki denemelere göre 10. denemede uç kısmın hedefe en yakın konumdadır. 10. deneme 4. kol (+) yönde döndürülürse robotun tek hamlede hedefe en çok yaklaşacağını göstermektedir. Daha önceden de belirtildiği gibi gerçek dönme miktarı çok küçük alınır böylelikle robotun hareketi akıcı olur.

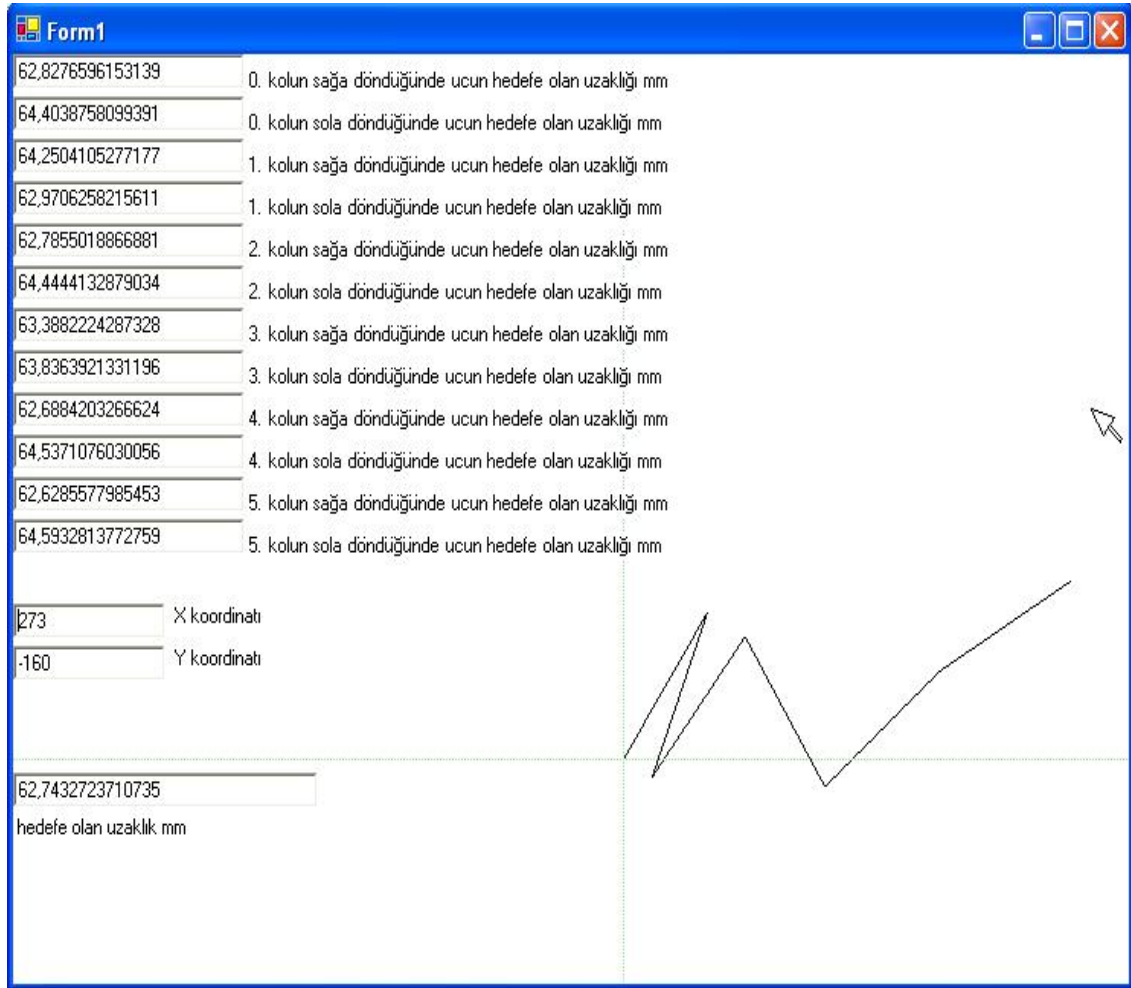


Şekil 5.2 Altı uzuvlu bir robot kolunun hedefe ulaşma denemeleri

5.2. Geliştirilen Bilgisayar Programı

Şekil 5.3'te yazılan bilgisayar programından bir görüntü yer almaktadır. Hedef olarak fare imleci seçilmiştir. Fareyi ekranda gezdirdikçe farenin X ve Y koordinatı textbox'lar aracılığı ile görüntülenmektedir. Hedefin yeri farenin koordinatları olarak tanımlanmıştır. Hedefe olan uzaklık da görüntülenmektedir. Ayrıca programlama yapılırken yardımcı olması için her denemede hedefe kalan uzaklıklar da görüntülenmektedir. Bu programda sıfırdan başlanarak sayıldığında 5 uzuvlu bir robot bulunmaktadır. Saymanın sıfırdan başlanmasının sebebi, bilgisayarda dizilerin sıfırdan başlayarak numaralandırılmasıdır. Buna uyum sağlamak amacı ile sayma işlemi sıfırdan

başlatılmaktadır. Uzunlar diziye kaydedilmemektedir. Program her açıldığında sabit olarak 5 kollu bir robot ekrana gelmektedir. Kol uzunlukları sabittir.



Şekil 5.3 Geliştirilen bilgisayar programından bir görüntü

Bu programdan sonra yazılan programda, robot uzuvları ilk önce fare yardımı ile çizilebilmektedir. İstenildiği sayıda robot kolu çizilebilmektedir ve her kolun uzunluğu değişik değerlerde olabilmektedir. Çizilen her kol başka bir dizi kullanılarak kayıt yapılır. Program yine her uzuv için deneme yapar ve uygun olan uzvu uygun olan yöne doğru çevirir. Ayrıca bu programda ilk engellerden uzaklaşma uygulanmıştır. Şekil 5.4'te geliştirilen ikinci program görülmektedir. Bu programda daha önceki programda bulunan hedefe gitme fonksiyonunun yanında bir de engellerden kaçınma fonksiyonu vardır. Şekil 5.4'te pencerenin sol tarafında "hedefe yaklaşma bilgileri" sağ tarafında ise "engellerden kaçınma bilgileri" yer almaktadır.

Şekil 5.4 Geliştirilen ikinci bilgisayar programı

Programdan alınan anlık görüntüde fare ile çizilmiş 5 uzuvlu bir robot kolu ve 4 adet yeşil daire şeklinde engel bulunmaktadır. İlk çalıştırıldığında farenin sol tuşuna basılı tutulur ve sürüklenir, istenilen uzunlukta uzuv oluştuğunda tuş bırakılır ve bundan sonrada her kol için aynı işlem yapılır. Yılan şeklindeki robot kolu çizildikten sonra “robotu oluştur” düğmesine basılır. Şimdi fare engel koyulmak istenen yere getirilir ve sol tuşa basılır. Tuşa basılan koordinatta küçük yeşil bir daire oluşur. Bu dairenin merkez koordinatı engel olarak diziye kayıt yapılır. “robotu çalıştır” düğmesine basılarak robotun hareketi başlatılır. Artık robot fareyi takip etmektedir. Programda yer alan bilgi alanlarının ne olduğu aşağıda verilmiştir.

Hedefe Yaklaşma Bilgileri:

i) Toplam kaç deneme olduğu: Hedefe yaklaşma denemelerinin toplam kaç defa yapıldığı bilgisidir. Her uzuv ile iki deneme yapılabilir. Burada toplam 5 uzuv olduğu için program toplam 10 deneme yapmıştır.

ii) Kaçınıcı denemenin uygulanacağı: Hedefe en çok yaklaşma sağlayan denemenin kaç numaralı deneme olduğunu gösterir. Burada 0 numaralı ilk uzuv döndürülüp hedefe en çok yaklaşma sağlanacaktır.

iii) Hedefe olan uzaklık: Robot kolunun ucunun hedefe olan uzaklığını verir. Fare bir yere sürüklendiğinde, robot hedefe yaklaşırken hedefe olan uzaklığın azaldığı ve hedefe ulaşıldığında sıfıra yaklaştığı görülmektedir.

iv) İlk 6 denemede hedefe kalan uzaklıklar: Programlama esnasında yardımcı bilgi olması amacıyla ve olası hataların görülmesi amacıyla ilk 6 denemenin robotu hedefe ne kadar yaklaştırdığı görülmektedir. Robot uzuv sayısı çok fazla olsa da ilk 6 kolun bilgisi programın düzgün yazılıp yazılmadığı hakkında bilgi vermesi açısından önemlidir.

v) X ve Y eksenleri: Farenin o andaki koordinatlarını verir. Sıfır koordinatı her zaman robotun başlangıç noktasıdır. Robot nereden çizilmeye başlanırsa orijin orası olmaktadır.

Engellerden kaçınma da hedefe ulaşmada kullanılan algoritmaya benzemektedir. Bir uzuv bir engelden kaçınacaksa, program bütün uzuvları teker teker sağa ve sola hareket ettirir ve hangi uzvun hangi tarafa döndürüldüğünde engelden en çok uzaklaşma sağlandığını diziye kayıt eder ve bulunan uzvu bulunan yönde çevirir. Böylelikle uzuv engelden uzaklaşmış olur. Burada önemli bir nokta hangi uzvun hangi engelden kaçınması gerektiğidir. Engele çok uzak bir uzvun engelden kaçınması gereksizdir. O halde ilk önce uzuvların her birinin ucunun her bir engele olan uzaklığı hesaplanır. Örnek olarak iki uzuvlu bir robot ve iki engel olduğunu farz edelim. Her kolun bir adet uç kısmı bulunmaktadır. İki uzvun iki adet ucu vardır. Birinci uzvun ucunun birinci ve ikinci engele uzaklığı bulunur ve kayıt edilir. İkinci uzvun ucunun da birinci ve ikinci engele olan uzaklığı bulunur. Bir döngü ile en küçük değer bulunur. Diyelim ki ikinci kolun ucu birinci engele diğerlerinden daha yakın, o zaman bütün kolların denemesi yapıldığında her seferinde ikinci kolun ucunun birinci engelden uzaklaşması dikkate alınacaktır. Şekil 5.3'teki anlık görüntüde 0.,1.,2.,3.,4. kollar vardır ve soldan sağa doğru 0.,1.,2.,3. engeller vardır. Robotun kolunun engellere en yakın olan yeri 1. uzvun ucudur ve 1. engele yakındır. Bu bilgi edinildikten sonra artık program kolları sağa ve

sola çevirme denemeleri yapabilir. Engelden uzaklaşma için en uygun kol bulunur ve çevirme gerçekleşir.

Engellerden Kaçınma Bilgileri:

i) Kaçınıcı link olduğu: En kritik yaklaşmanın hangi uzvun ucunda meydana geldiğini belirtmektedir.

ii) Kaçınıcı engel olduğu bilgisi en kritik uzvun yaklaştığı engel numarasını vermektedir.

iii) Toplam kaç noktanın birbirine yaklaşabileceği: Uzuv sayısı ile engel sayısının çarpımını verir. Programlamaya ve programın çalışması sırasında gözlemlemeye yardımcı bir bilgidir.

iv) Kritik uzuv ucunun kritik engele olan uzaklığı: Bu iki nokta arasındaki mesafeyi verir.

v) Dizide kaçınıcı denemenin en kritik deneme olduğu: Programlamaya yardımcı bir bilgidir. Denemeler diziye bir döngü ile kayıt yapıldığı için dizi numarası, hangi uzvun denemesi olduğu bilgisi için çok önemlidir.

Geliştirilen bu programda robot hedefe çok güzel bir şekilde ulaşabilmektedir ve uzuvlar hedefe doğru ilerlerken küçük titreşimler meydana gelmektedir. Hedefe 10 mm kala, programda bir if şartı ile ilerleme daha da azaltılmakta ve hedefe daha az titreşimle ulaşılma sağlanmaktadır. Uzuvlar ileri-geri açılma ve kapanma işlemlerini yapabilmekte fakat uzuvlara açı sınırlaması getirilmediği için uzuvlar birbirinin üzerinden geçebilmektedir. Farklı uzunluklarda uzuvlar çizilirse, uzun uzuvlar öncelikli olarak hareket etmektedir. Bunun sebebi, deneme gerçekleşirken aynı açı değeri için uzun uzvun daha çok yaklaşma sağlamasıdır.

Engellerden kaçınmada ise kısmen başarı ve büyük ölçüde başarısızlık gözlemlenmiştir. Uzuvlar kendisini engelden uzaklaştırabilmekte fakat engelden uzaklaşırken, genelde hedeften de uzaklaşma meydana gelmektedir. Tekrar hedefe yönelen kollar engelden tekrar kaçınmaya çalışmakta ve bir müddet sonra bütün denemeler hem hedefe ulaşma için hem de engelden kaçmak için aynı uzvun hareket

ettirilmesi gerektiğini göstermektedir. Yani bir tek uzuv bir tarafa dönerek hedefe ulaşmaya çalışırken, diğer tarafa dönerek de engelden kaçmaya çalışmaktadır. Böylelikle bir kilitlenme meydana gelmektedir. Son programda engellerden kaçınma fonksiyonu iptal edilmiştir.

Deneme yanılma ile robot yolunu bulabilmektedir fakat engellerden kaçınmamaktadır. Ayrıca hedefe giderken oluşan titreşimler istenmemektedir. Bu dezavantajlar göz önüne alınarak bu algoritma üzerinde daha fazla çalışılmaması gerektiğine karar verilmiştir.

Bu algoritma imalatı yapılan robot kolunu çalıştırmada kullanılmamıştır. Fakat bu çalışmalar robot kontrol algoritmalarının nasıl geliştirildiği, bilgisayar programlarının yazılması ve konunun içerdiği zorluklar yönünden oldukça eğitici olmuştur. Yapılan robot kolunu çalıştırması için kullanılan laboratuvarımızda geliştirilen bilgisayar programı ile ilgili gerekli bilgi Bölüm 4, Kısım 4.3’de verilmiştir.

6. SONUÇ

Gereğinden çok serbestlik dereceli robot kollarının (redundant robots) hareket kabiliyeti kendi uzuv değişkenlerine sonsuz sayıda çözüm üretebildiğinden oldukça yüksektir. Bu sayede robot hedefe giderken engellerle karşılaştığında bu engelleri aşabilecek biçimde şeklini değiştirebilmektedir. Bu tür robotların ileride, insanların ulaşması zor veya imkansız olduğu bölgelere girerek, el becerisi ve zeka gerektiren birçok işi otomatik olarak yapabilecekleri tahmin edilmektedir.

Gereğinden çok serbestlik dereceli robot kolları için kontrol algoritmaları henüz istenilen noktaya gelmemiştir. Buna paralel olarak robotun mekanik dizaynında da problemler vardır. Bu tezde kontrol sisteminden gelen taleplere cevap verebilecek bir mekanik dizayn oluşturabilmek hedef olarak konmuştur. Bu hedefe uygun olarak bu çalışmada gereğinden çok serbestlik dereceli bir robot dizayn yapılmış ve bir robot prototipinin imalatı gerçekleştirilmiştir.

İlk önce robotun tasarımı yapılmıştır. İlk başta taslak bir çizim yapılmış ve arkasından piyasadaki triger kayışı, civata vb. gibi standart parçalar göz önüne alınıp, bilgisayarda AutoCad, Solidworks, 3DMax programları kullanılarak iki boyutlu ve üç boyutlu çizimler yapılmıştır. Ayrıca, 3DMax programında çok detaylı bir animasyon hazırlanmıştır. Bu animasyon hataların görülmesi ve makinenin çalışma prensibinin en iyi şekilde anlaşılabilmesine katkıda bulunmuştur.

Bu prototip yatay düzlemde çalışan ve dört uzuvdan oluşan bir seri robottur. Uzuv uzunlukları birbirine eşit ve 254 mm'dir. Robotun ulaşabileceği maksimum uzaklık yani çalışma alanı yarıçapı 1016 mm olmaktadır. Her bir uzuv için bir adet 2.2 Nm tork üreten bir servo motor ve 1/142 çevrim oranlı bir redüktör kullanılmıştır. Servo motordan gelen hareket önce redüktörden geçirilmiştir. Bu sayede hareketin hızı azaltılırken torku artırılmıştır. Elde edilen bu hareket özel olarak tasarlanmış triger dişlileri üzerinden triger kayışlarıyla uzuvlar üzerinden diğer uzuvlara aktarılmıştır. Başka bir deyişle ilk uzuv hariç diğer uzuvların hareketi kendinden önceki uzuvların içinden geçmekte ve onların hareketlerine engel olmamaktadır. İstenen uzuv istenen açı

miktarı kadar hareket ettirilebilmektedir. Uzuvarlar isteğe bağlı olarak aynı anda veya parça parça hareket edebilmektedirler.

Robot imal edilip, çalıştırılmıştır. Robotun uç noktası bilgisayar faresinden, joystick'den veya AutoCad'de çizilmiş DXF dosyasından aldığı koordinatlara göre gerçek zamanlı olarak hareket edebilmektedir. Örnek bir uygulama olarak robota ark kaynağı yaptırılmıştır. Robotun yaptığı kaynaklar incelendiğinde, robotun oldukça başarılı olduğu söylenebilir. İlk çalıştırmada problem çıkmamıştır. İlerleyen zamanlarda triger kayışlarının dişlilerden attığı gözlemlenmiştir. Triger dişlilerinin yanaklarına kayışların çıkmaması için kapak takılmamıştır. Yapılan dizaynların arasında kapaklı Triger dişlileri de vardı. Ancak kolun kalınlaşacağı ve ağırlaşacağı düşüncesiyle bu kapaklar takılmamıştır. Kapakların takılmaması kayışların hızlı hareketlerde dişliden atmasına neden olmuştur. Bu istenmeyen bir durumdur fakat bir faydası da görülmüştür: Ani yada istenmeyen hareketlerde kayış atmakta ve böylece sistem zarar görmesi engellenmektedir. Sanayide çalışacak bir robot dizaynında kayışların atmaması için mutlaka önlem alınmalıdır. Triger kayışları her ne kadar hareketi bire bir iletirse de esnemelerden dolayı servo motordaki hareket istenildiği gibi iletilememektedir. Yapılacak diğer dizaynlarda daha kalın triger kayışları ve kayış gerdiriciler kullanılabilir. Robotun ağırlığı 250 kg'ın üzerindedir. Bu yüzden robotun taşınması ve hareket ettirilmesi oldukça zor olmaktadır. Fakat bu ağırlığın önemli bir kısmı redüktörlerden kaynaklanmaktadır. Bu redüktörler daha hafif ve hassas redüktörlerle değiştirildiğinden robotun ağırlığı oldukça azalacaktır. Ayrıca, robotun şasesine tekerlek takılarak hareketi kolaylaştırılabilir.

Bundan sonra bu araştırma üç şekilde devam edebilir. Birincisi eldeki mevcut mekanik dizaynın geliştirilmesidir. Mekanizma daha hızlı çalışabilir hale getirilebilir ve sanayi uygulamaları için detay çalışmaları yapılabilir. Diğer bir çalışma sahası ise uzuvlara konulacak sensörlerle ve bir video kamera ile dış dünyanın algılanıp robotun buna göre davranmasını sağlamaktır. Son çalışma sahası ise robotun 3 boyuttaki dizaynı ve imalatıdır. Yani uzuvların X ve Y düzleminden sonra Z ekseninde de hareket edebilecek şekilde dizayn edilmesidir.

Bu çalışma, uygulamalı bir çalışma olarak bir projenin sıfırdan başlayıp bitişini ve çıkan zorlukların nasıl aşılabildiğini göstermektedir. Bu tip uygulamalı projeler sanayi-üniversite arasındaki işbirliği ve bağı güçlendireceği için daha da faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Amato, N., and Wu, Y. (1996) “A randomised roadmap method for path and manipulation planning”, *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, s. 113-120.
- Body, C. L. and Taylor, J. D. (1993) “Whole arm reactive collision avoidance control of kinematically redundant manipulators”. *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, s. 382-387.
- Buckingham, R., (1993) Towards safe active robotic devices for surgery. *Industrial Robot*, 20 (2): 8-11.
- Chen, J. L., Liu, J. S., Lee, W. C., and Liang, T. C., (2002) On-line multi-criteria based collision-free posture generation of redundant manipulator in constrained workspace. *Robotica*, 20 (6): 625–636.
- Chirikjian, G.S., and Burdick, J.W. (1991) “Parallel formulation of the inverse kinematics of modular hyper-redundant manipulators”, *Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation*, s. 708–713.
- Conkur, E. S., and Buckingham, R., (1997a) Clarifying the definition of redundancy as used in robotics. *Robotica*, 15 (5): 583-586.
- Conkur, E.S., Buckingham R., (1997b) Manoeuvring highly redundant manipulators. *Robotica*, 15: 435-447.
- Çonkur, E. Ş. (2003) “Gereğinden Çok Serbestlik Dereceli Robot Kollarının Yörünge Planlaması İçin Geliştirilmiş Bir Yazılım”, *11. Ulusal Makina Teorisi Sempozyumu, Gazi Üniversitesi*, Ankara.
- Gupta, K. K., (1990) Fast collision avoidance for manipulator arms: a sequential search strategy. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 6 (5): 522-532.
- Hsu, D., Latombe J., and Motwani, R. (1997) “Path planning in expensive C-spaces”, *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, s. 2719-2726.
- Khatib, O., (1986) Real-time obstacle avoidance for manipulators and mobile robots. *The International Journal of Robotics Research*, 5 (1): 90-98.

Latombe, J. (1991) Robot motion planning, *Kluwer Academic Publishers*, USA.

Maciejewski, A. A., and Klein, C. A., (1985) Obstacle avoidance for kinematically redundant manipulators in dynamically varying environments. *The International Journal of Robotics Research*, 4 (3): 109-117.

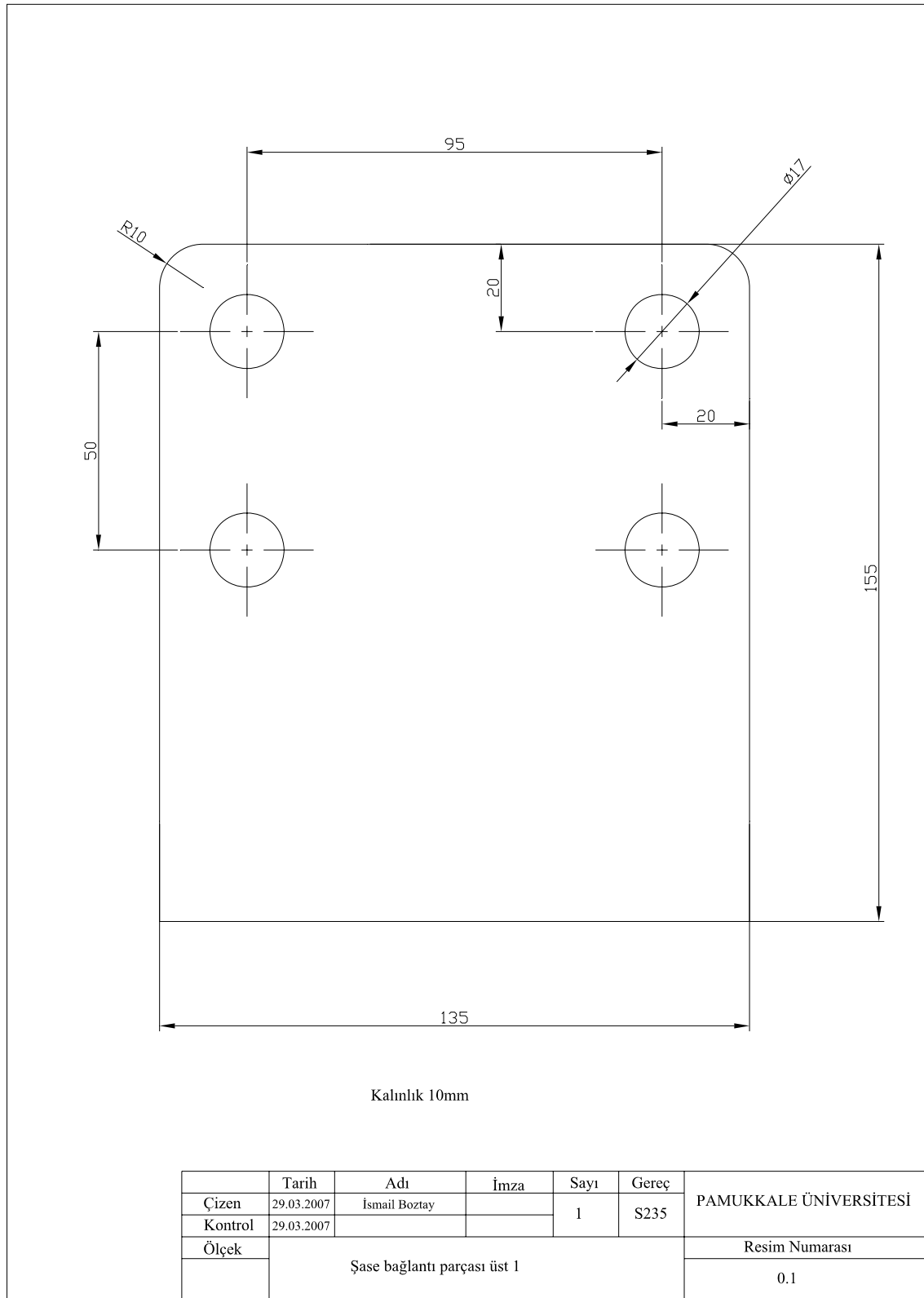
Ma, S., Hirose, S., Yoshinada, H., (1995) Development of a hyper-redundant multijoint manipulator for maintenance of nuclear reactors. *Advanced Robotics*, 9 (3): 281-300.

Nakamura, Y. (1991) Advanced robotics, redundancy and optimisation, *Addison-Wesley Pub. Company*, Reading, England.

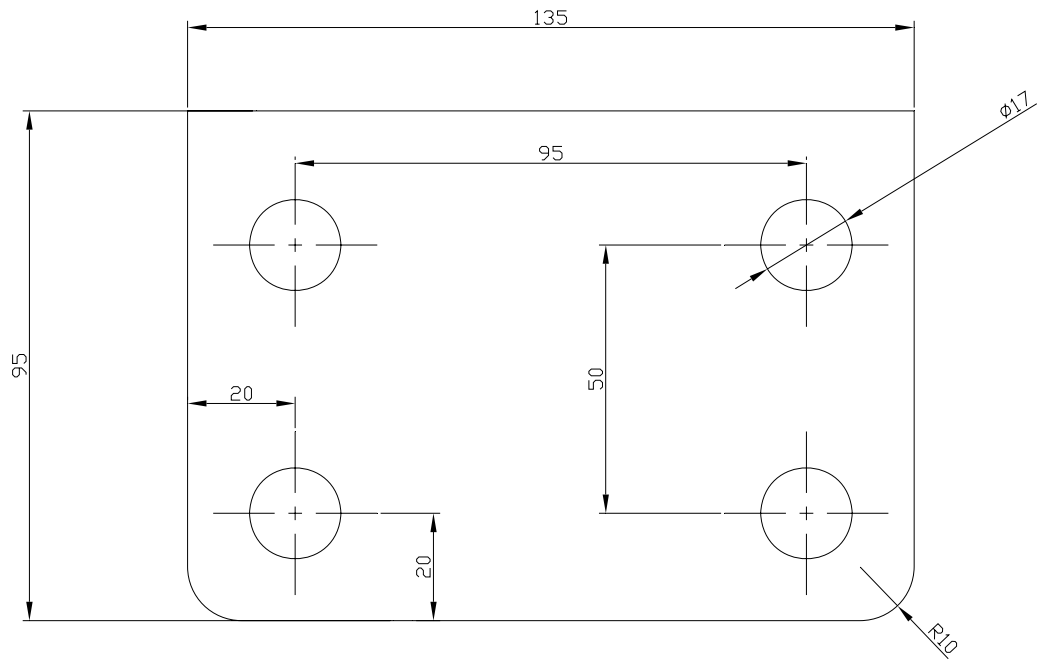
Nenchev, D. N., (1989) Redundancy resolution through local optimisation: a review. *Journal of Robotic Systems*, 6 (6): 769-798.

EKLER

Ek-1. Şase Bağlantı Parçası Üst 1



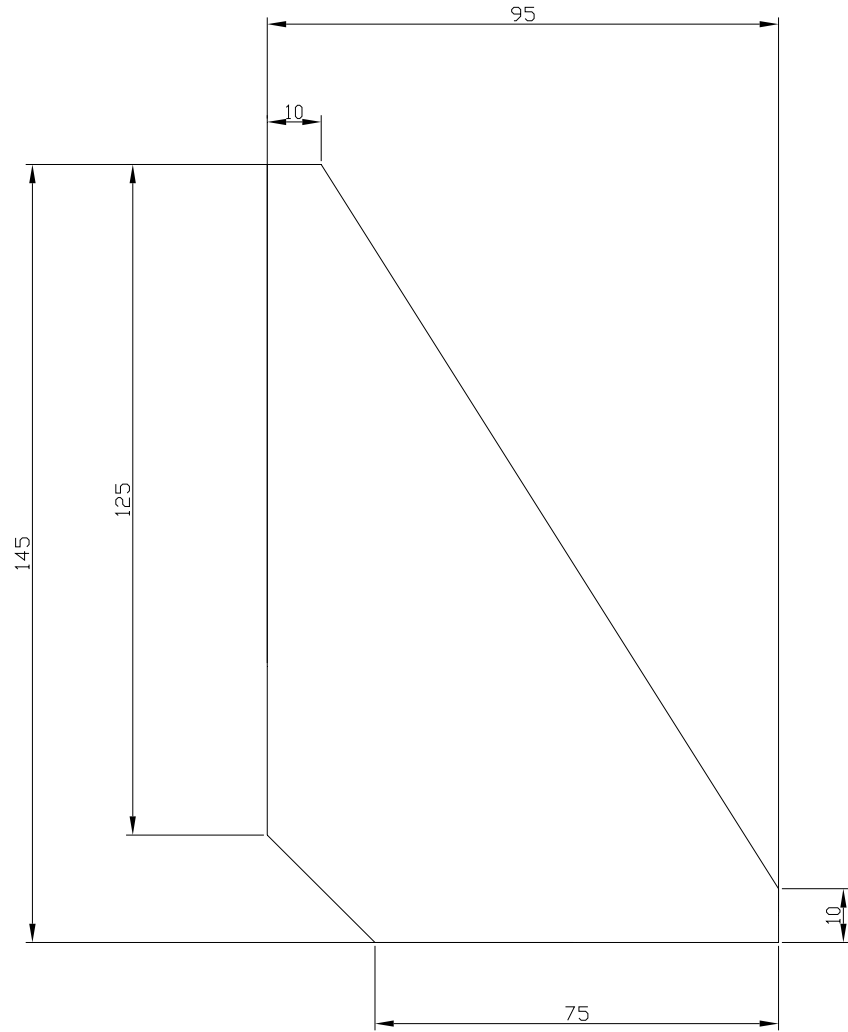
Ek-2. Şase Bağlantı Parçası Üst 2



Kalınlık 10mm

	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Gereç	PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
Çizen	29.03.2007	İsmail Boztay		1	S235	
Kontrol	29.03.2007					
Ölçek	Şase bağlantı parçası üst 2					Resim Numarası
						0.2

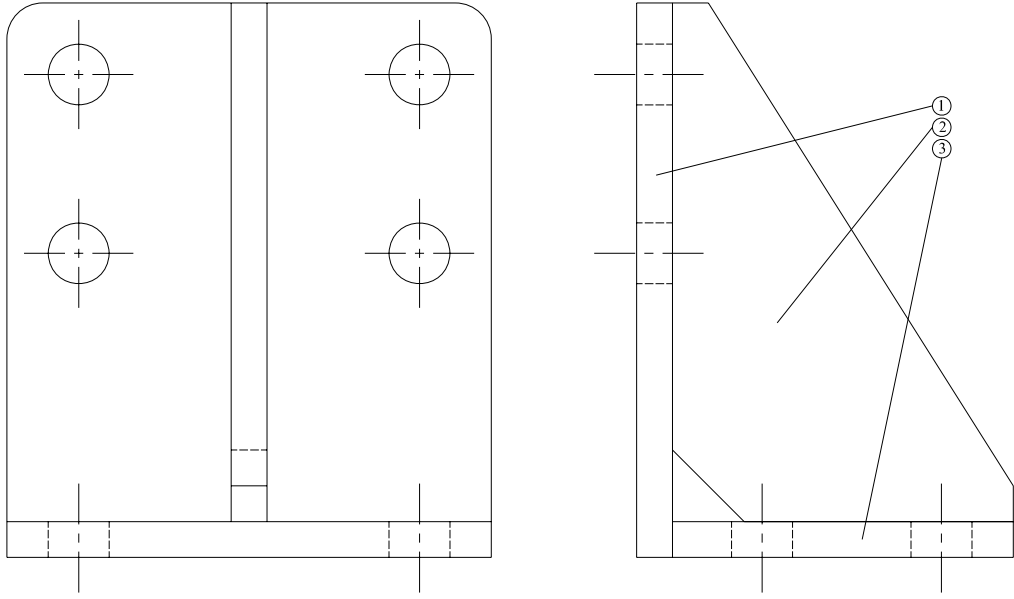
Ek-3. Şase Bağlantı Parçası Üst 3



Kalınlık 10mm

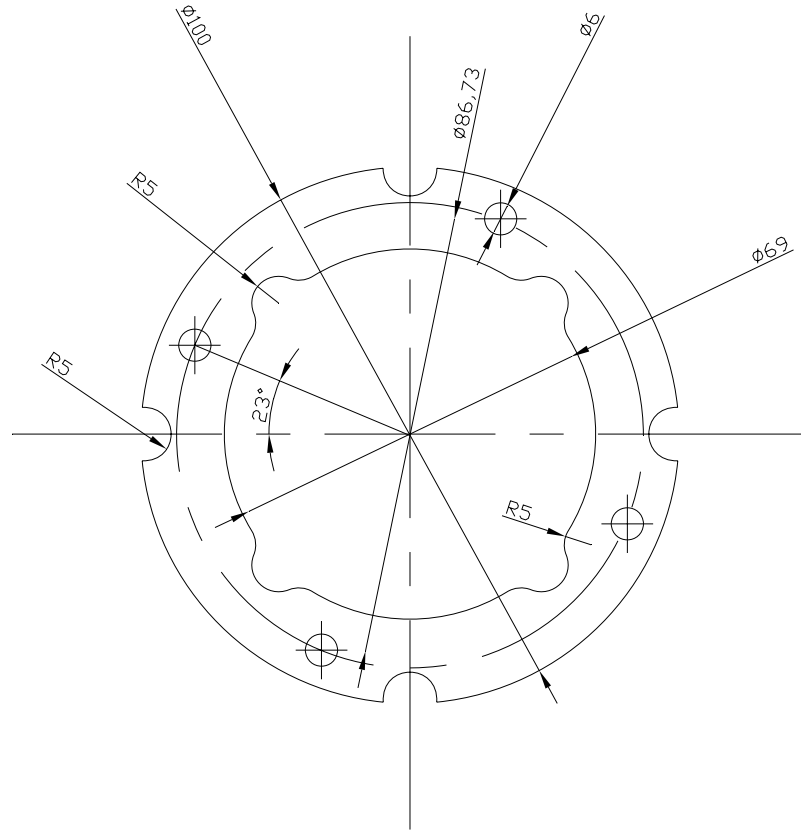
	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Gereç	PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
Çizen	29.03.2007	İsmail Boztay		1	S235	
Kontrol	29.03.2007					
Ölçek	Şase bağlantı parçası üst 3					Resim Numarası
						0.3

Ek-4. Şase Bağlantı Parçası Üst Montaj



3	Şase bağlantı parçası üst 3			0.3		S235	
2	Şase bağlantı parçası üst 2			0.2		S235	
1	Şase bağlantı parçası üst 1			0.1		S235	
Sayı	Adı ve Açıklamalar			Resim Nr Standart Nr	Parça Nr	Gereç	Açıklamalar
		Tarih	Adı	İmza	Sayı	Gereç	PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
	Çizen	29.03.2007	İsmail Boztay		1/1	S235	
	Kontrol	29.03.2007					
	Ölçek	Şase bağlantı parçası üst Montaj				Resim Numarası	
						0.4	

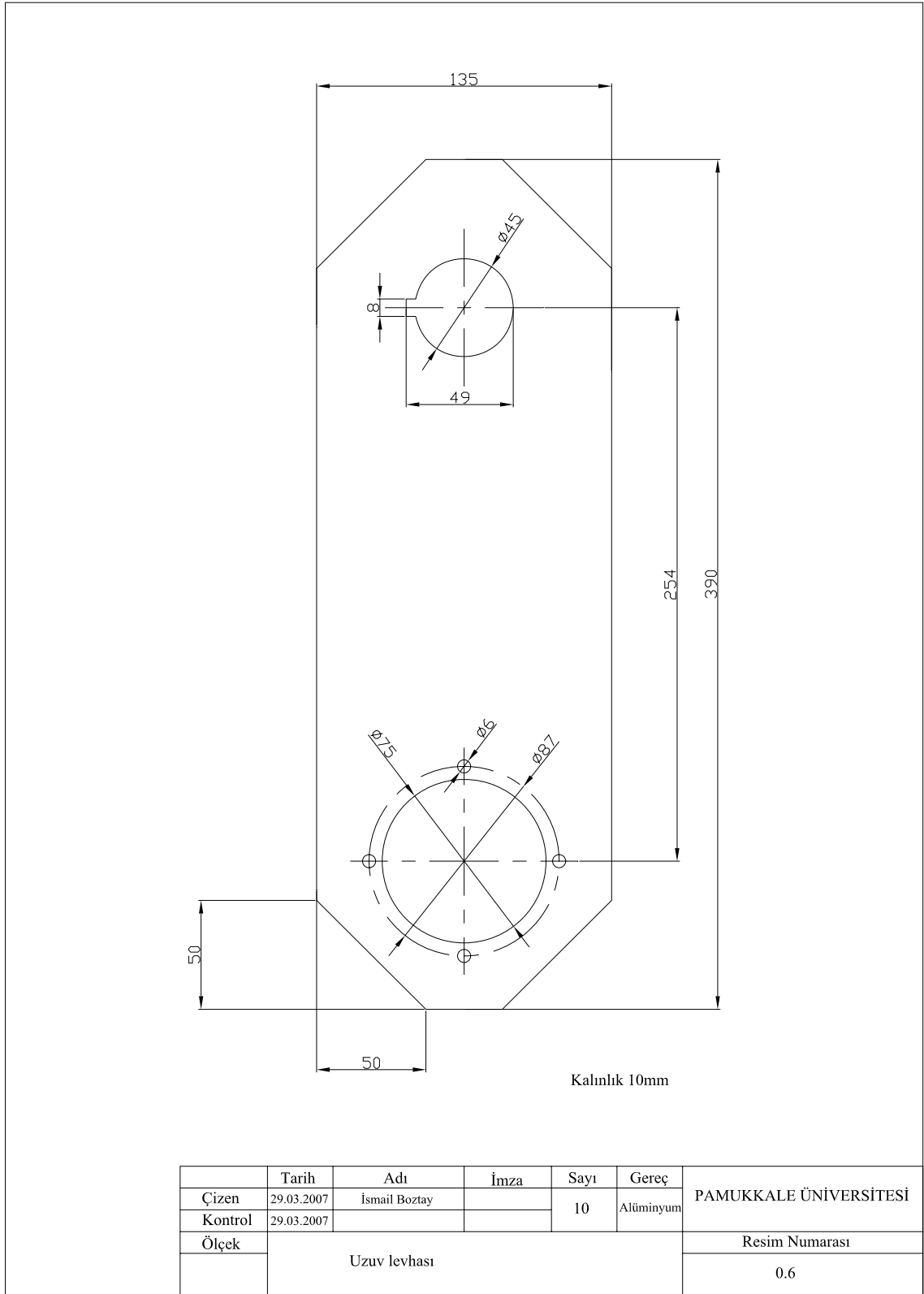
Ek-5. Rulman Kapağı



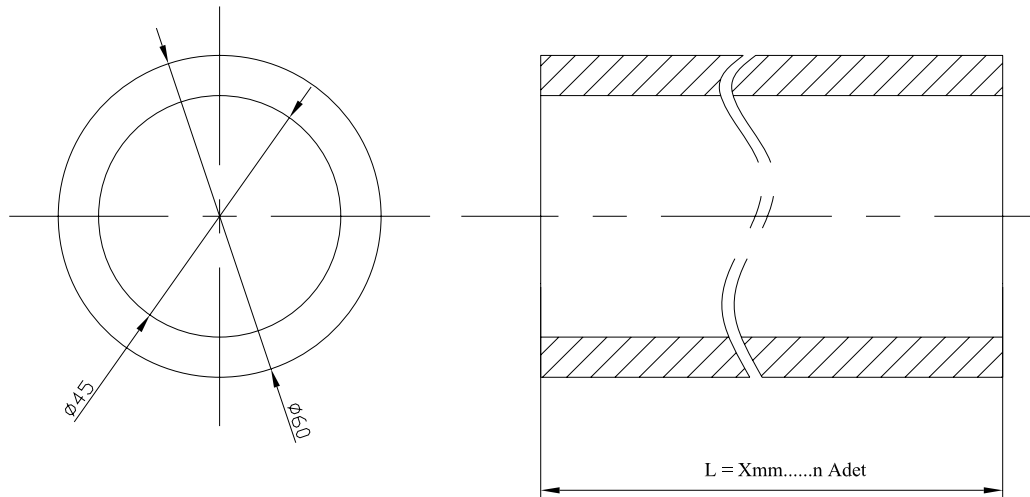
Kalınlık 3mm

	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Gereç	PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
Çizen	29.03.2007	İsmail Boztay		1	S235	
Kontrol	29.03.2007					
Ölçek	Rulman kapağı					Resim Numarası
						0.5

Ek-6. Uzun Levhası



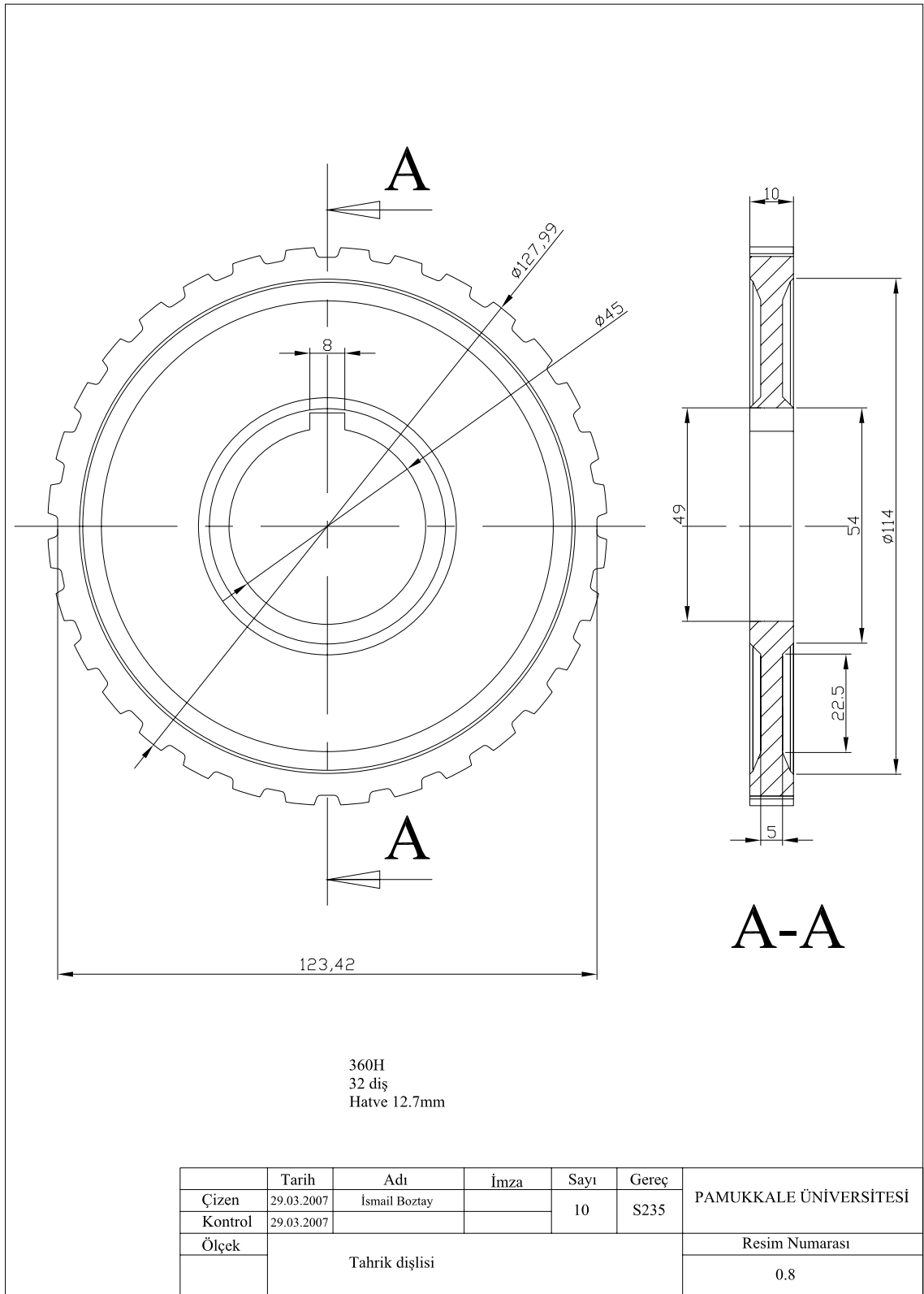
Ek-7. Kalın Burç



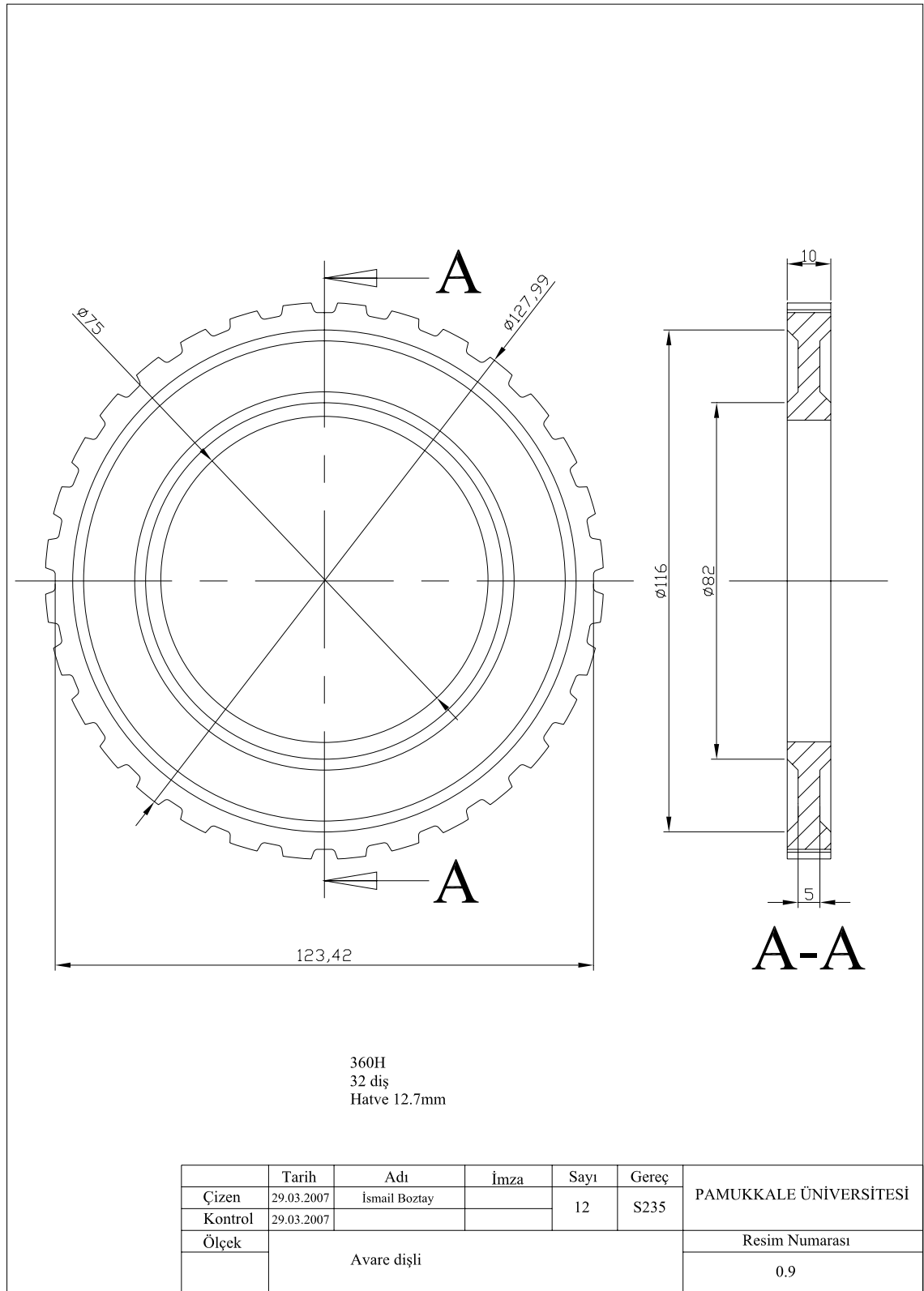
L = 88mm.....1 Adet
L = 34mm.....2 Adet
L = 10mm.....8 Adet
L = 56mm.....1 Adet
L = 14mm.....4 Adet
L = 44mm.....1 Adet
L = 29mm.....1 Adet
L = 5mm.....3 Adet
L = 7mm.....2 Adet
L = 12mm.....1 Adet

	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Gereç	PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
Çizen	29.03.2007	İsmail Boztay		24	S235	
Kontrol	29.03.2007					
Ölçek	Kalın burç					Resim Numarası
						0.7

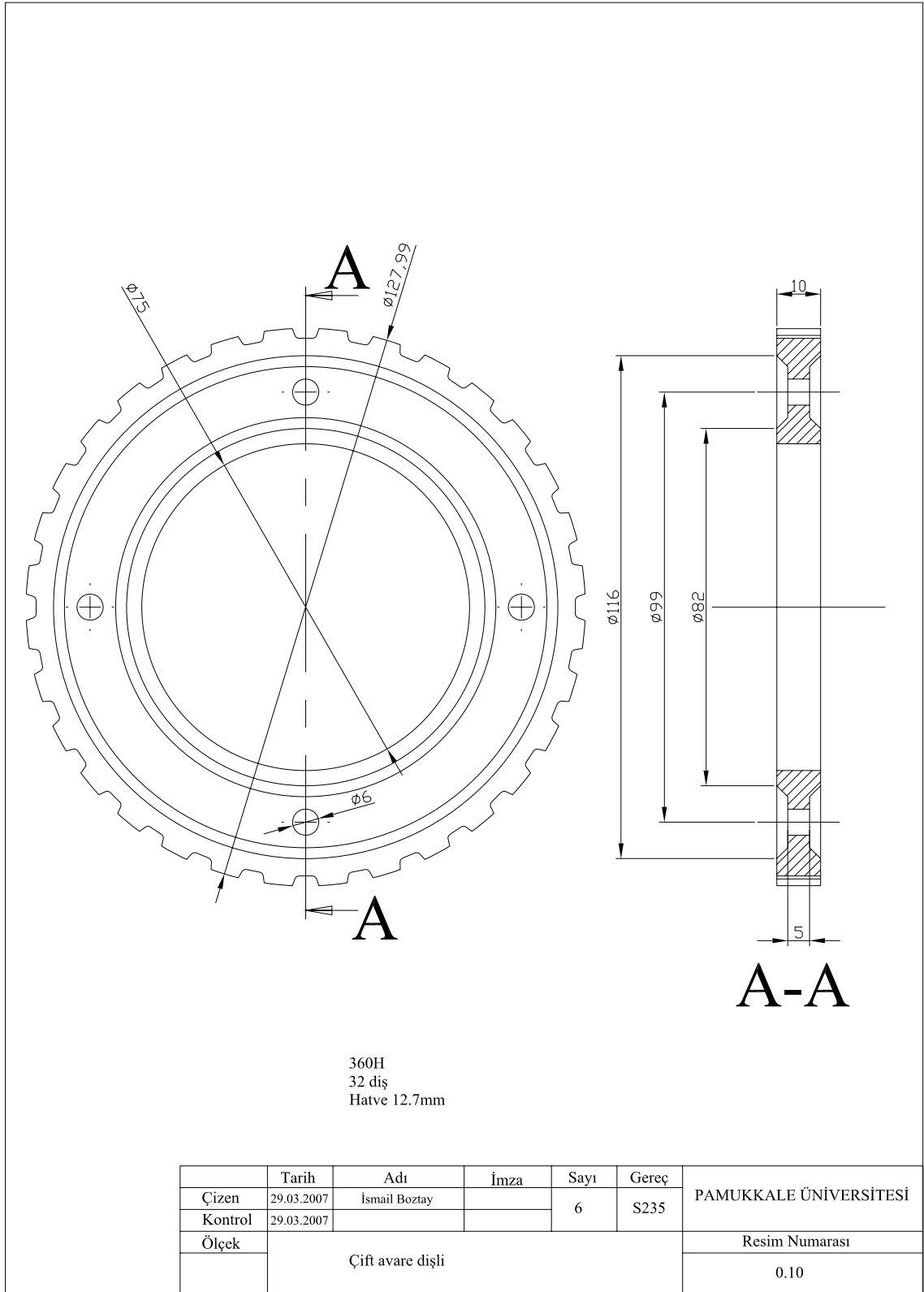
Ek-8. Tahrik Dişlisi



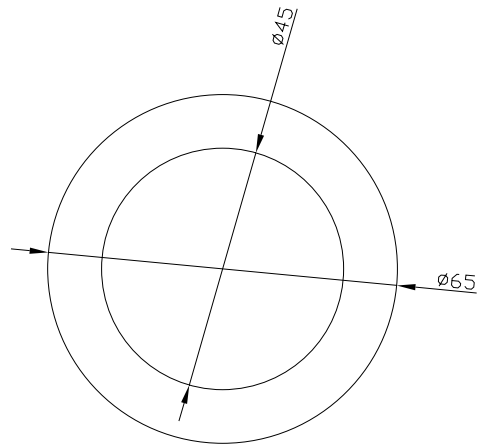
Ek-9. Avare Dişli



Ek-10. Çift Avare Dişli



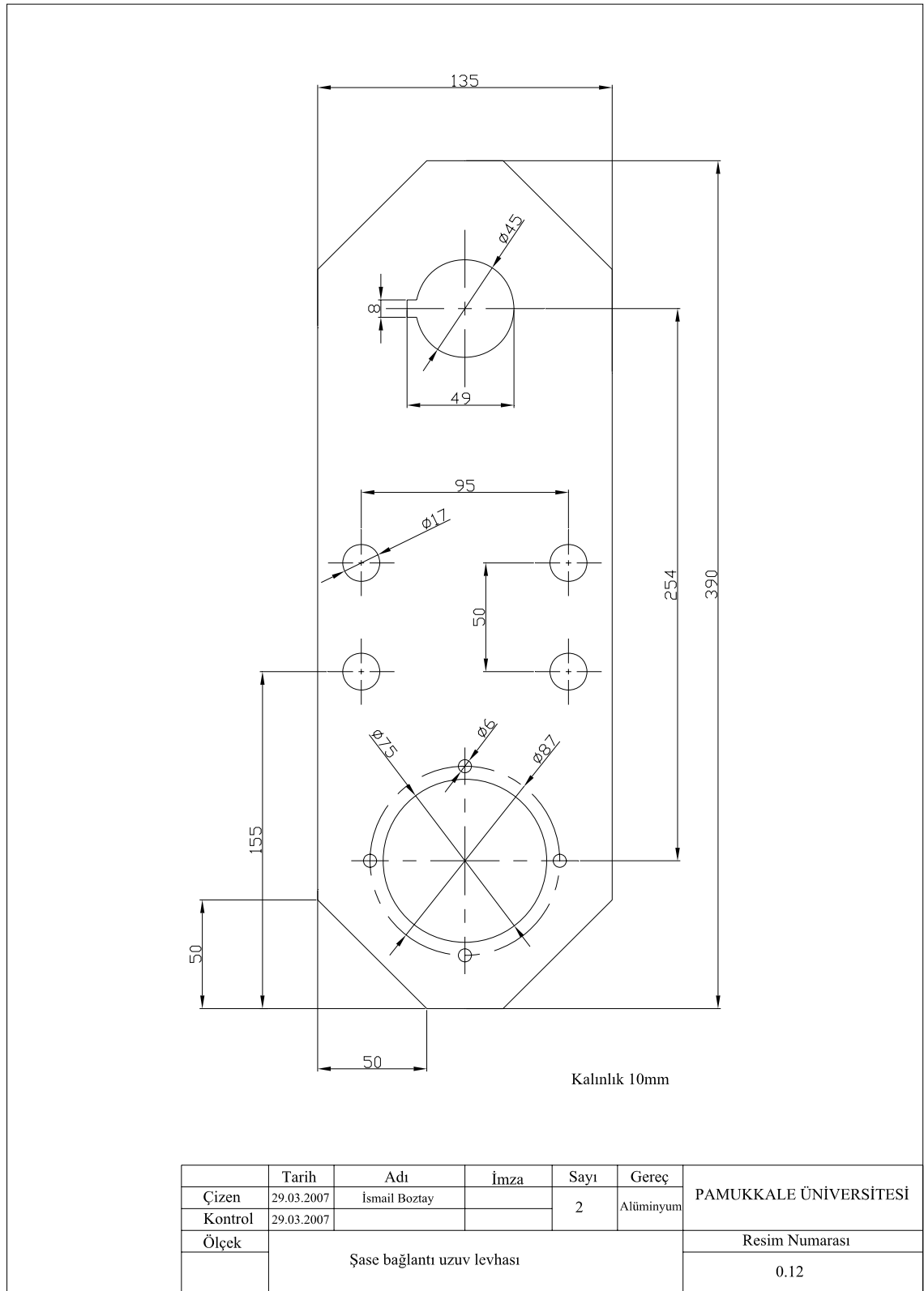
Ek-11. İnce Burç Pulu



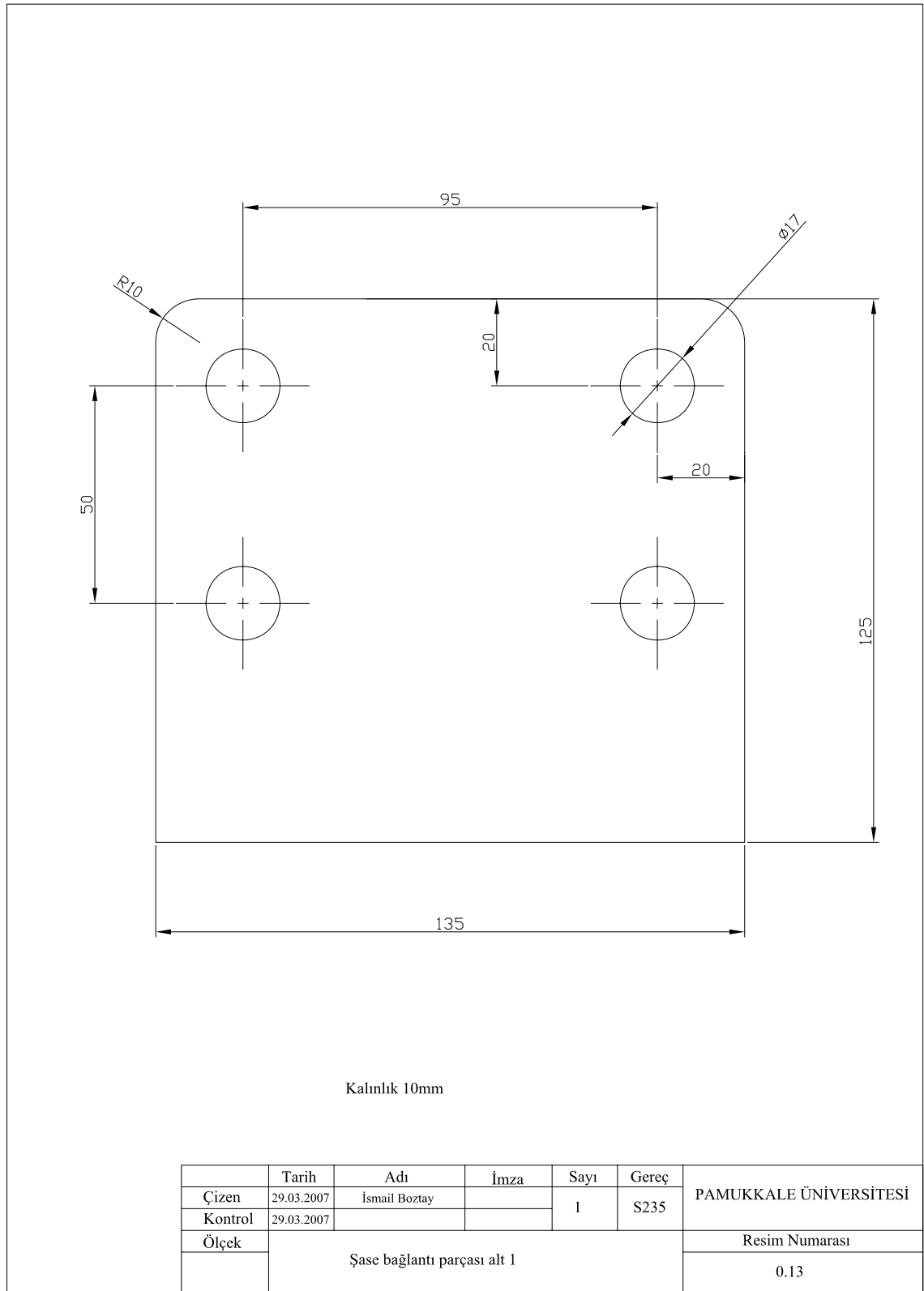
Kalınlık 2mm

	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Gereç	PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
Çizen	29.03.2007	İsmail Boztay		9	S235	
Kontrol	29.03.2007					
Ölçek	İnce burç pulu					Resim Numarası
						0.11

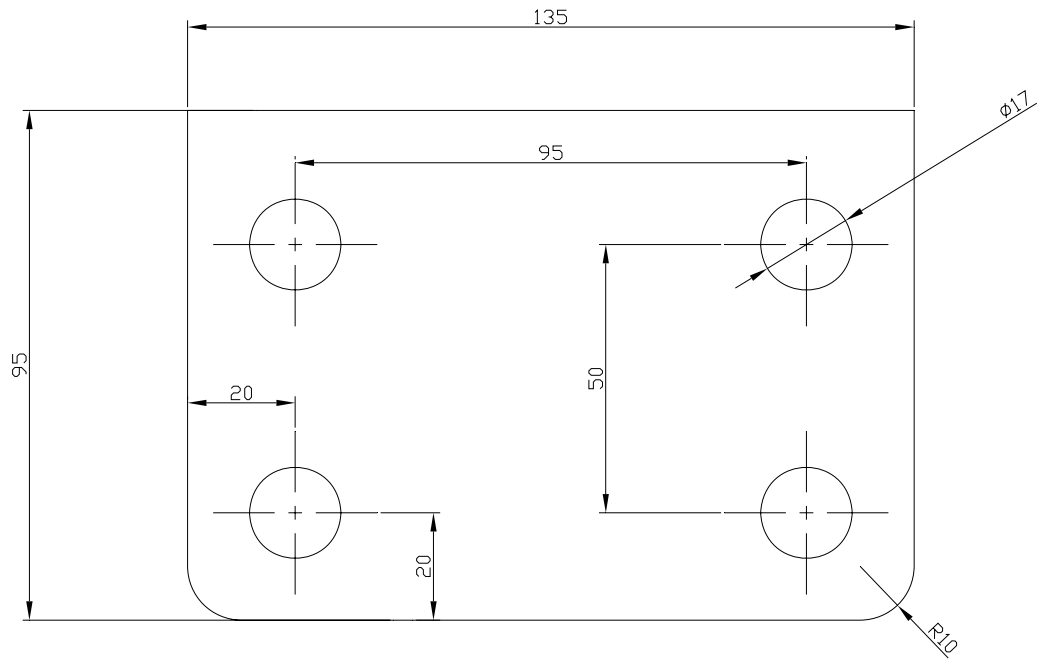
Ek-12. Şase Bağlantı Uzun Levhası



Ek-13. Şase Bağlantı Parçası Alt 1



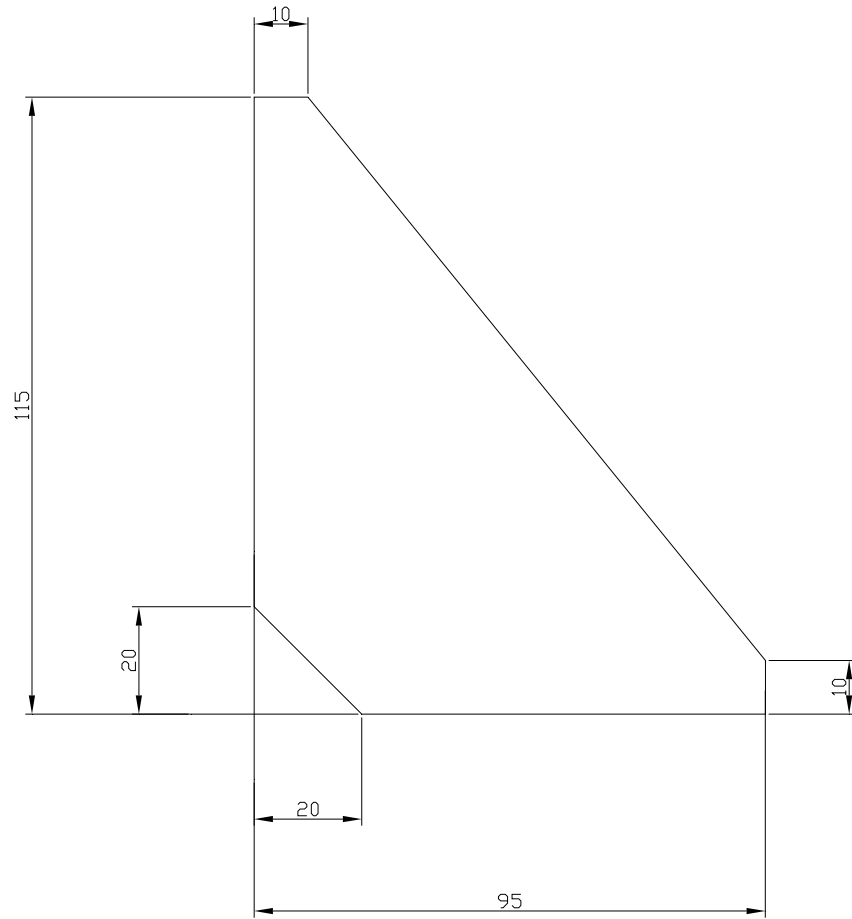
Ek-14. Şase Bağlantı Parçası Alt 2



Kalınlık 10mm

	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Gereç	PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
Çizen	29.03.2007	İsmail Boztay		1	S235	
Kontrol	29.03.2007					
Ölçek	Şase bağlantı parçası alt 2					Resim Numarası
						0.14

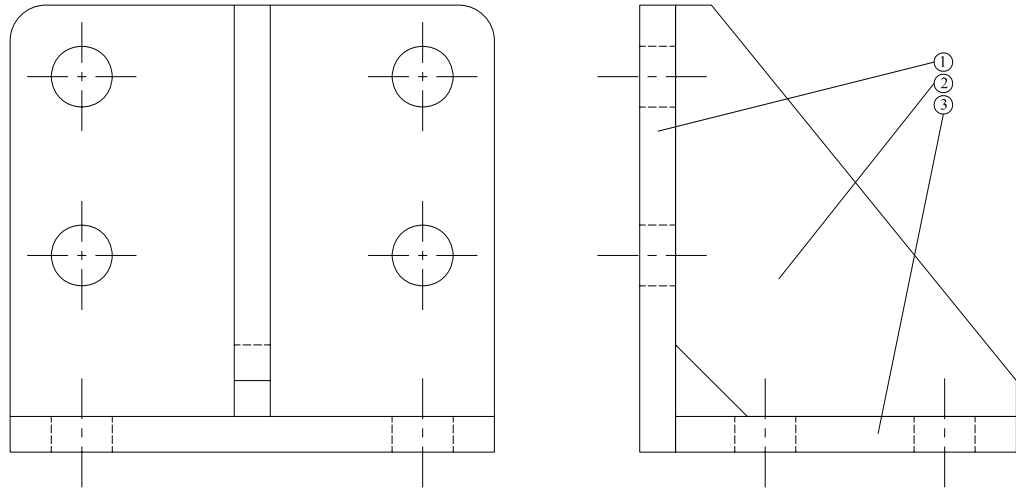
Ek-15. Şase Bağlantı Parçası Alt 3



Kalınlık 10mm

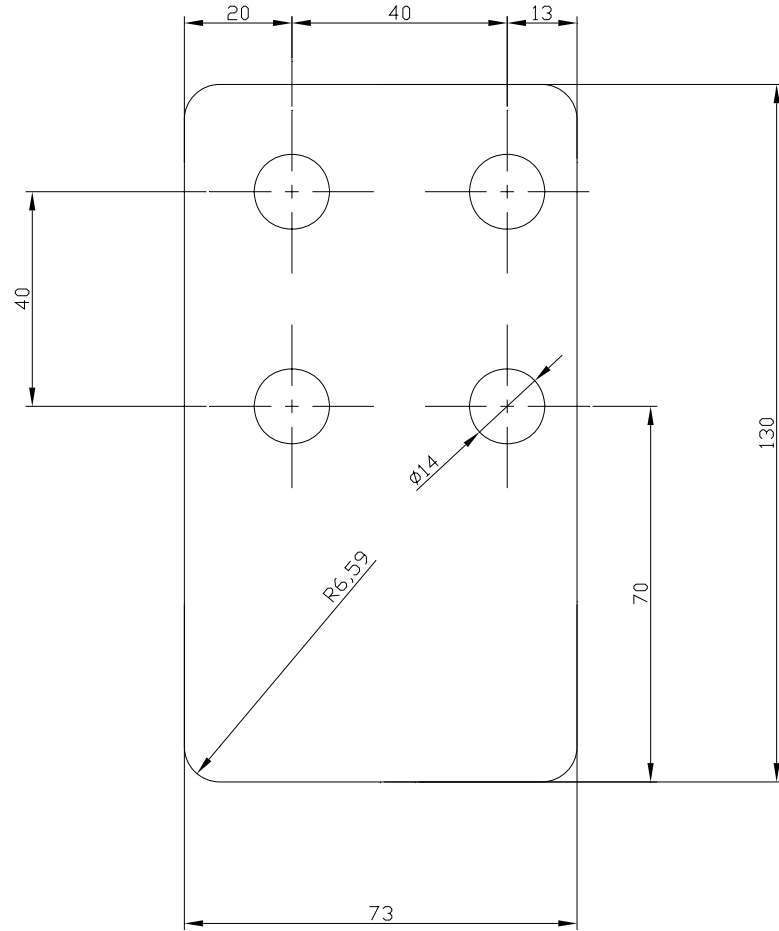
	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Gereç	PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
Çizen	29.03.2007	İsmail Boztay		1	S235	
Kontrol	29.03.2007					
Ölçek	Şase bağlantı parçası alt 3					Resim Numarası
						0.15

Ek-16. Şase Bağlantı Parçası Alt Montaj



3	Şase bağlantı parçası alt 3			0.15		S235	
2	Şase bağlantı parçası alt 2			0.14		S235	
1	Şase bağlantı parçası alt 1			0.13		S235	
Sayı	Adı ve Açıklamalar			Resim Nr Standart Nr	Parça Nr	Gereç	Açıklamalar
		Tarih	Adı	İmza	Sayı	Gereç	PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
	Çizen	29.03.2007	İsmail Boztay		1/1	S235	
	Kontrol	29.03.2007					
	Ölçek					Resim Numarası	
	Şase bağlantı parçası alt Montaj					0.16	

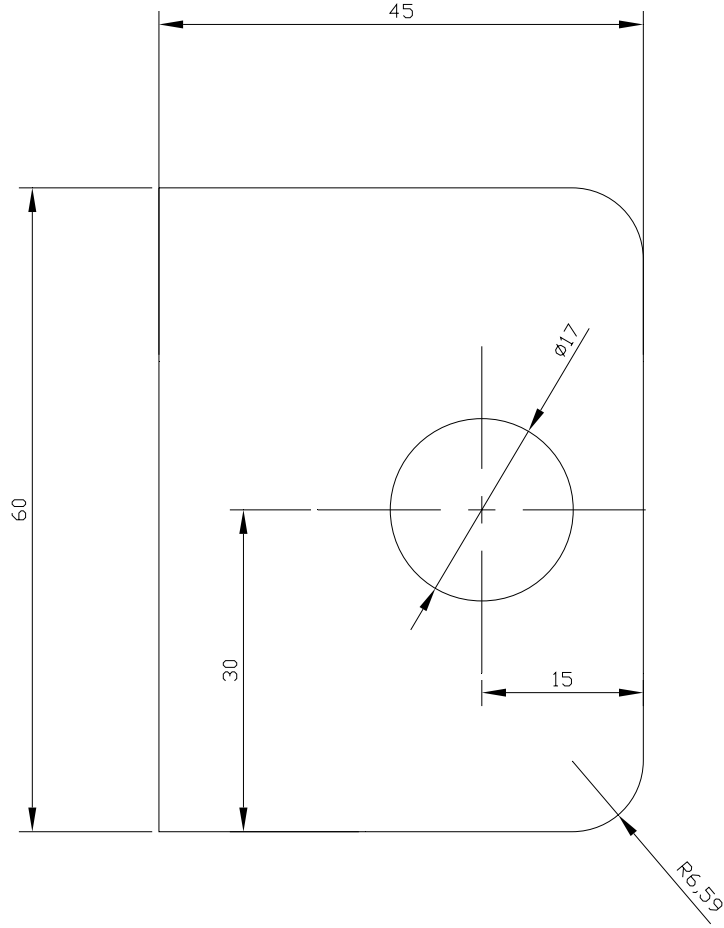
Ek-17. Şase Ayağı Montaj Parçası



Kalınlık 10mm

	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Gereç	PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
Çizen	29.03.2007	İsmail Boztay		4	S235	
Kontrol	29.03.2007					
Ölçek	Şase ayağı montaj parçası					Resim Numarası
						0.17

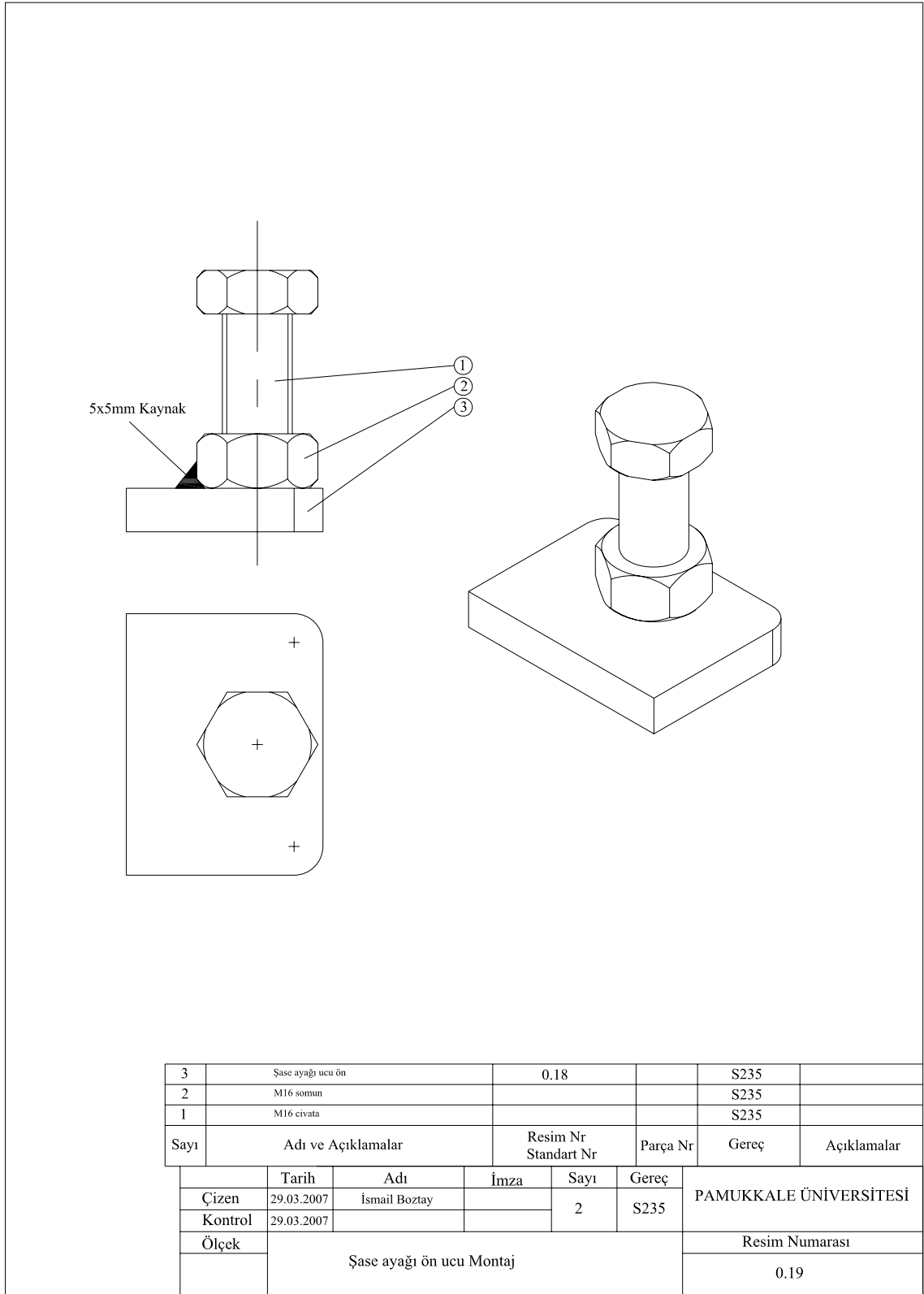
Ek-18. Şase Ayağı Ucu Ön



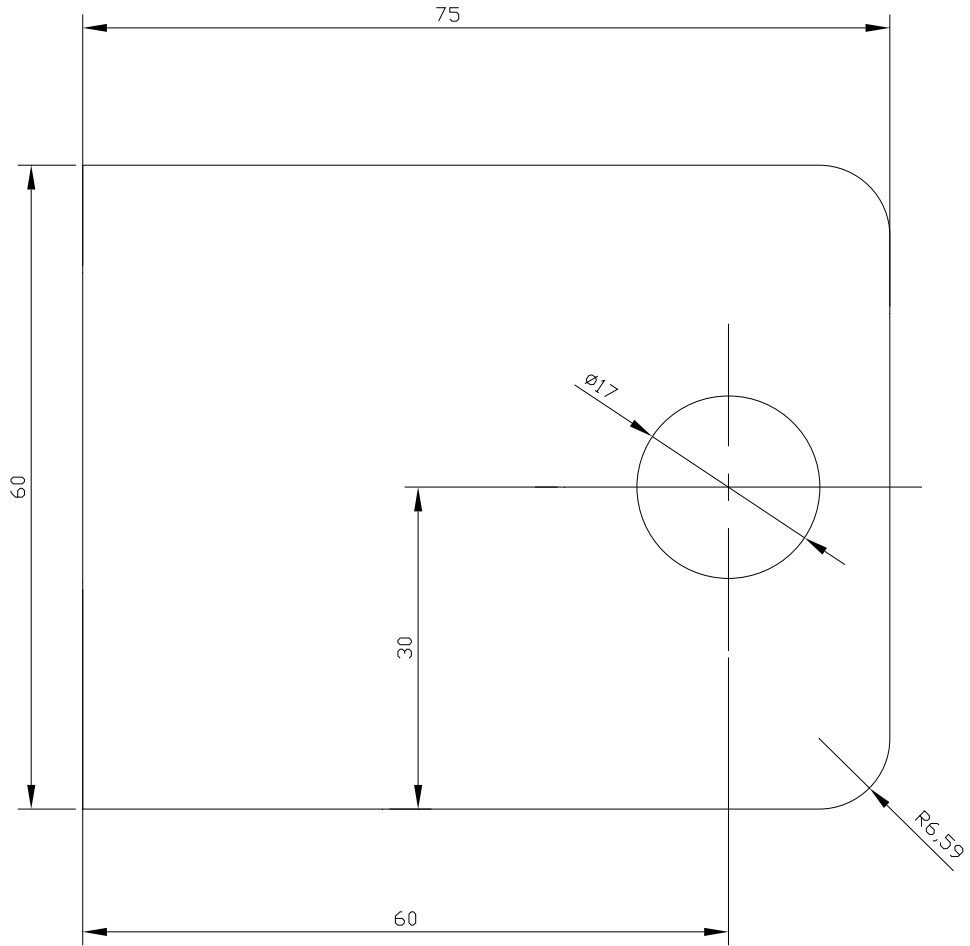
Kalınlık 10mm

	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Gereç	PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
Çizen	29.03.2007	İsmail Boztay		2	S235	
Kontrol	29.03.2007					
Ölçek	Şase ayağı ucu ön					Resim Numarası
						0.18

Ek-19. Şase Ayağı Ön Ucu Montaj



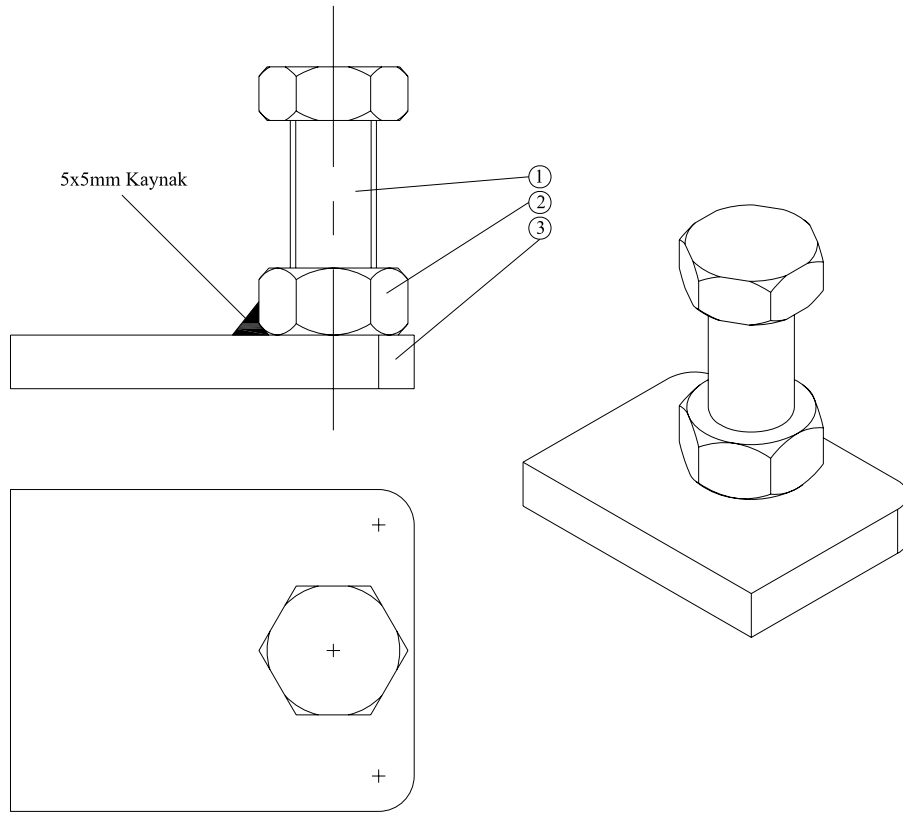
Ek-20. Şase Ayağı Ucu Arka



Kalınlık 10mm

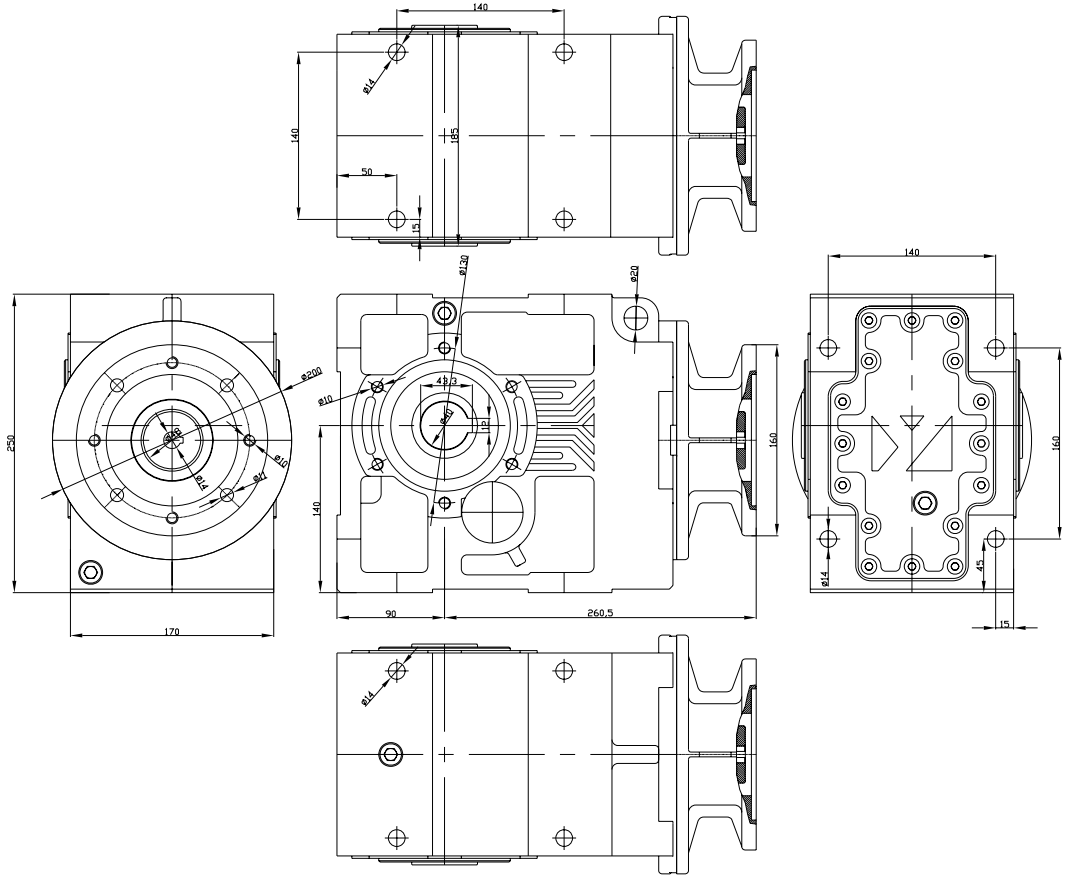
	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Gereç	PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
Çizen	29.03.2007	İsmail Boztay		2	S235	
Kontrol	29.03.2007					
Ölçek	Şase ayağı ucu arka					Resim Numarası
						0.20

Ek-21. Şase Ayağı Arka Ucu Montaj



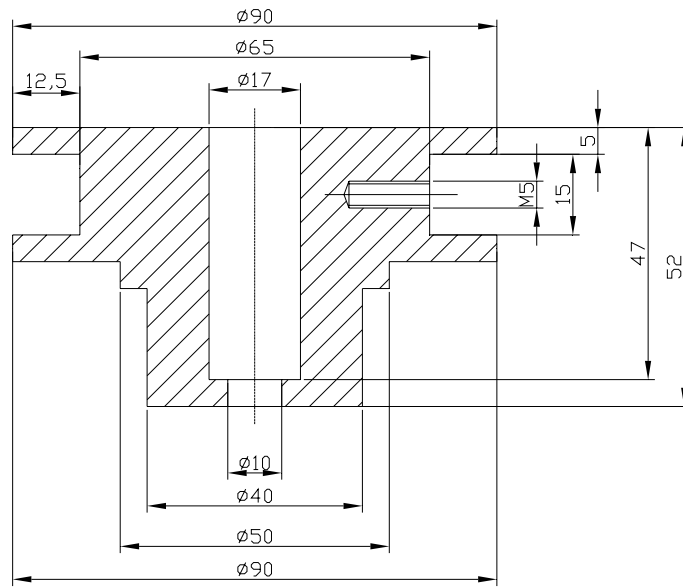
3	Şase ayağı ucu arka	0.20		S235	
2	M16 somun			S235	
1	M16 civata			S235	
Sayı	Adı ve Açıklamalar	Resim Nr Standart Nr	Parça Nr	Gereç	Açıklamalar
					PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
Çizen	29.03.2007	İsmail Boztay	2	S235	
Kontrol	29.03.2007				
Ölçek	Şase ayağı arka ucu Montaj			Resim Numarası	
				0.21	

Ek-22. Redüktör



	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Gereç	
Çizen	29.03.2007	İsmail Boztay		4		PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
Kontrol	29.03.2007					
Ölçek	Redüktör					Resim Numarası
						0.22

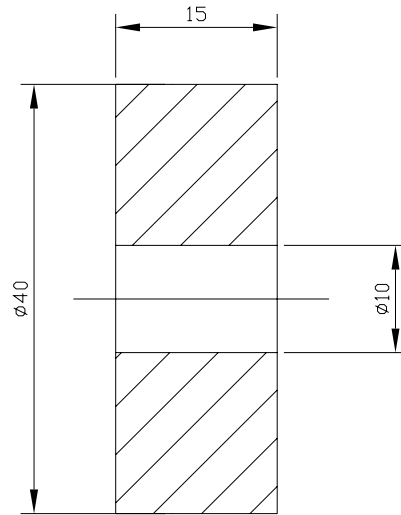
Ek-23. Yay Kasnağı



M5 vida açılan yere M5 hazır
kanca takılacaktır.

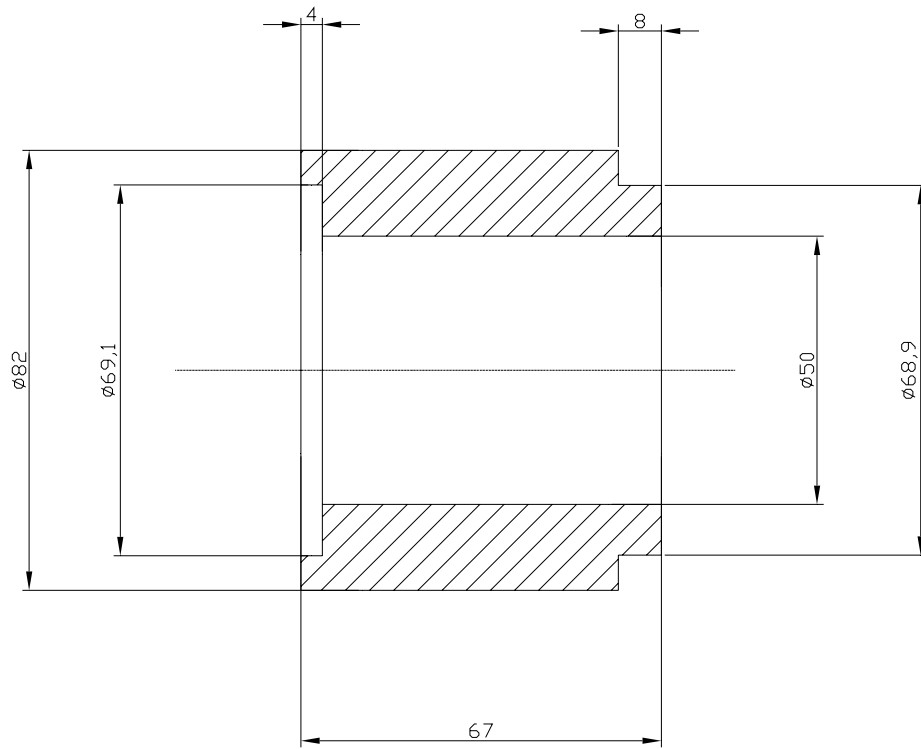
	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Gereç	PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
Çizen	29.03.2007	İsmail Boztay		4	S235	
Kontrol	29.03.2007					
Ölçek	Yay kasnağı					Resim Numarası
						0.23

Ek-24. Yay Kasnağı Vidalama Pulu



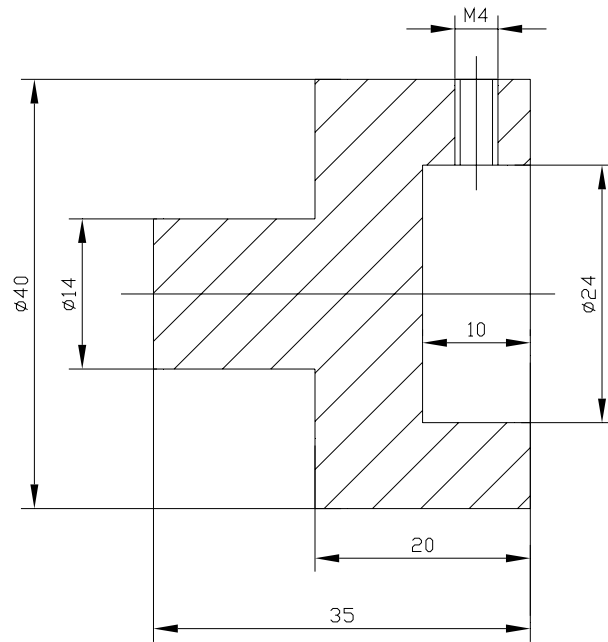
	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Gereç	PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
Çizen	29.03.2007	İsmail Boztay		4	S235	
Kontrol	29.03.2007					
Ölçek	Yay kasnağı vidalama pulu					Resim Numarası
						0.24

Ek-25. Etili Boru Uzatma Ara Parçası



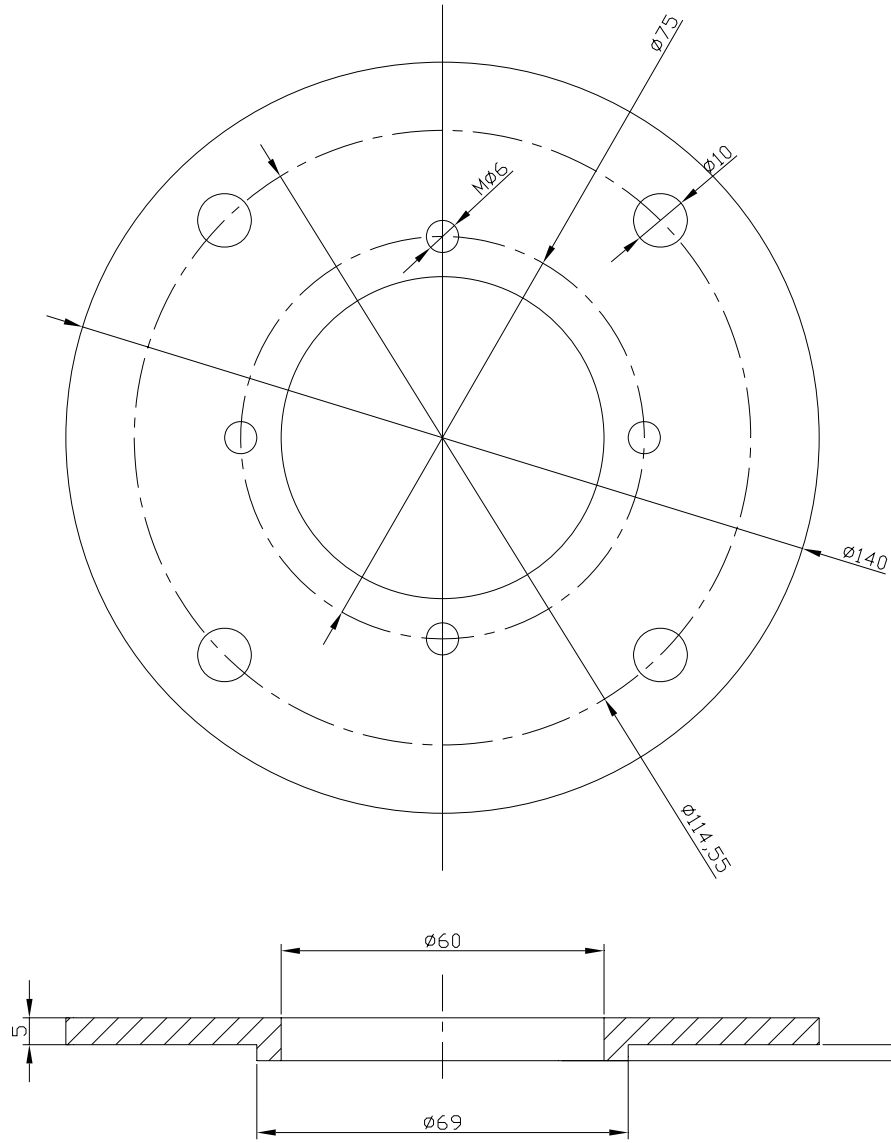
	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Gereç	PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
Çizen	29.03.2007	İsmail Boztay		4	S235	
Kontrol	29.03.2007					
Ölçek	Etili boru uzatma ara parçası					Resim Numarası
						0.25

Ek-26. Kaplin-Redüktör Arası Bağlama Parçası



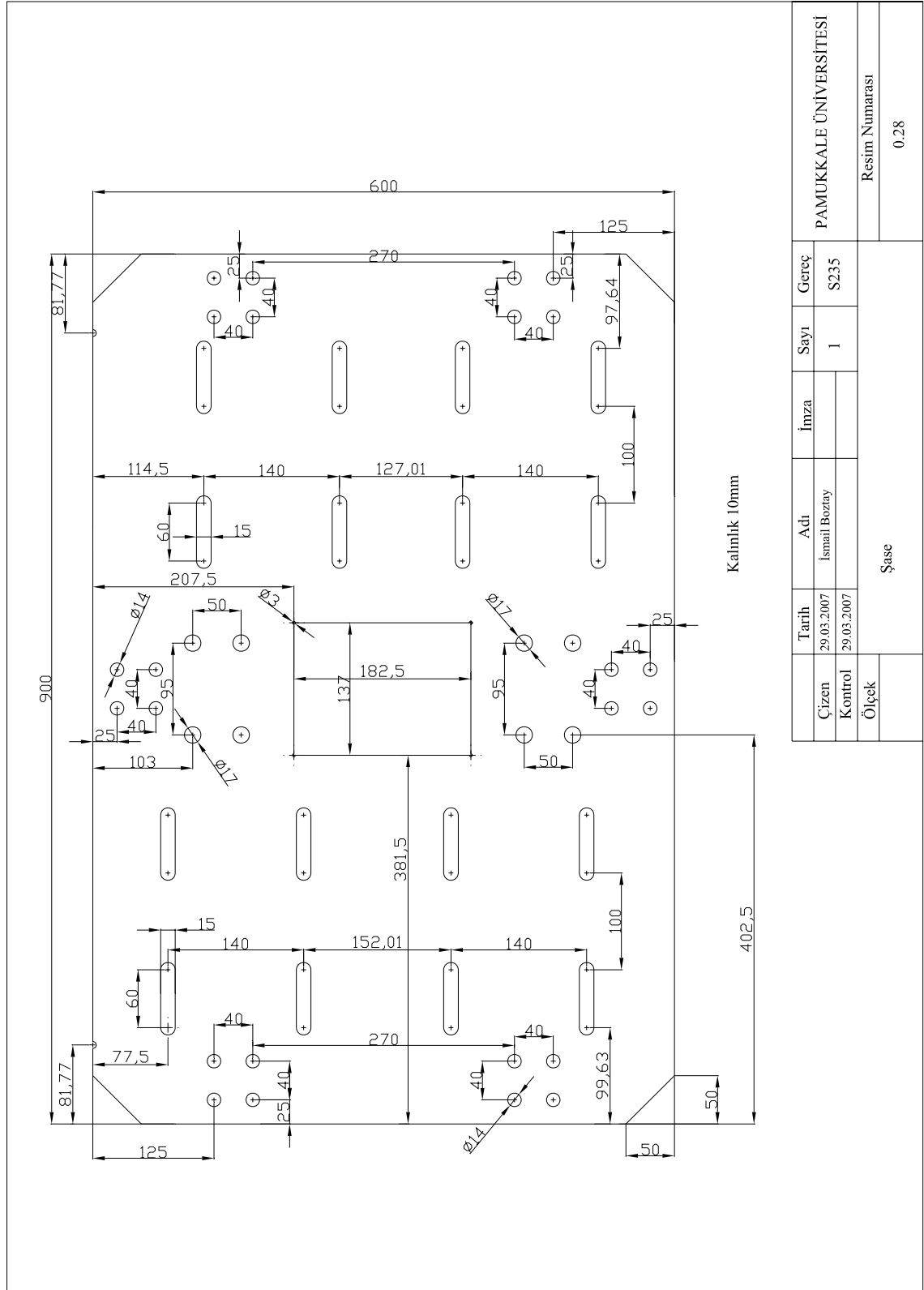
	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Gereç	PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
Çizen	29.03.2007	İsmail Boztay		4	S235	
Kontrol	29.03.2007					
Ölçek	Kaplin-redüktör arası bağlama parçası					Resim Numarası
						0.26

Ek-27. Motor Flanşı

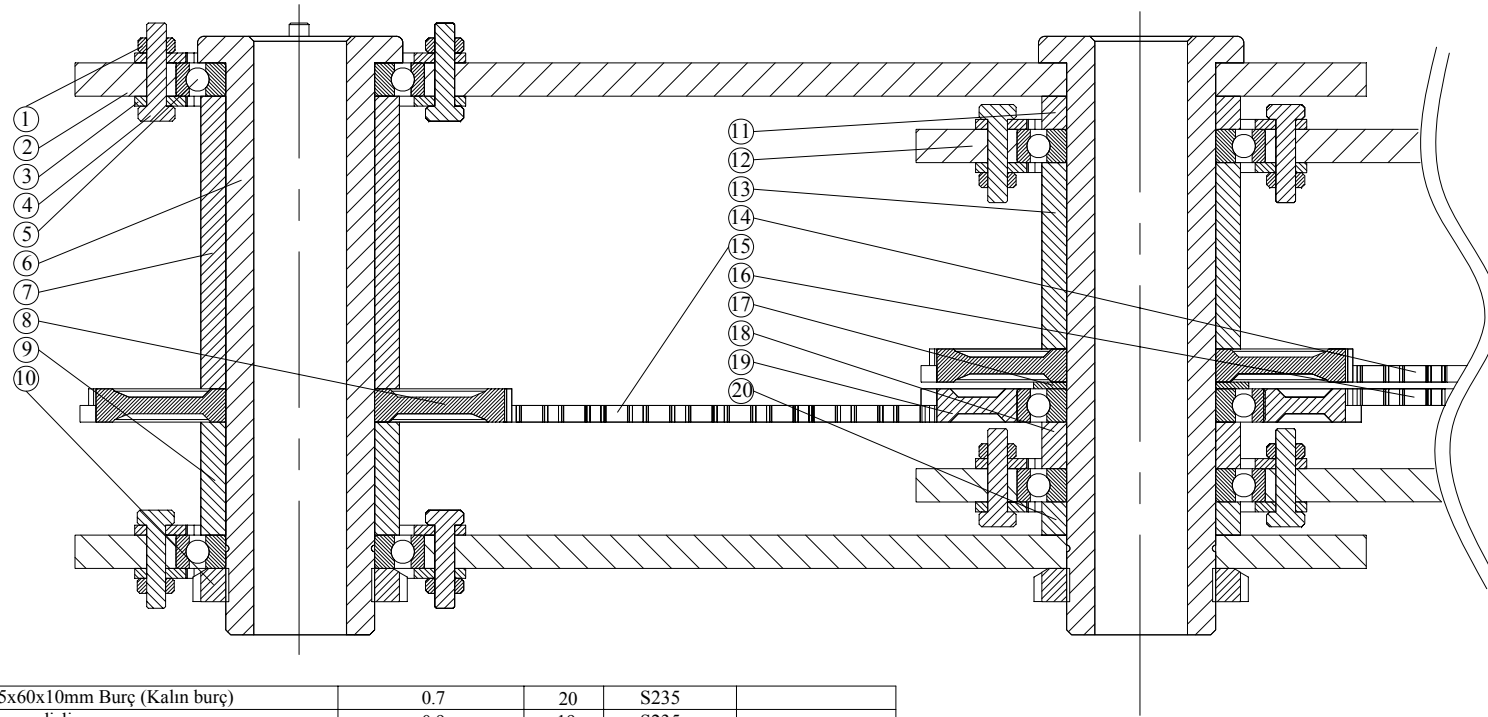


	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Gereç	PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
Çizen	29.03.2007	İsmail Boztay		4	S235	
Kontrol	29.03.2007					
Ölçek	Motor flanşı					Resim Numarası
						0.27

Ek-28. Şase



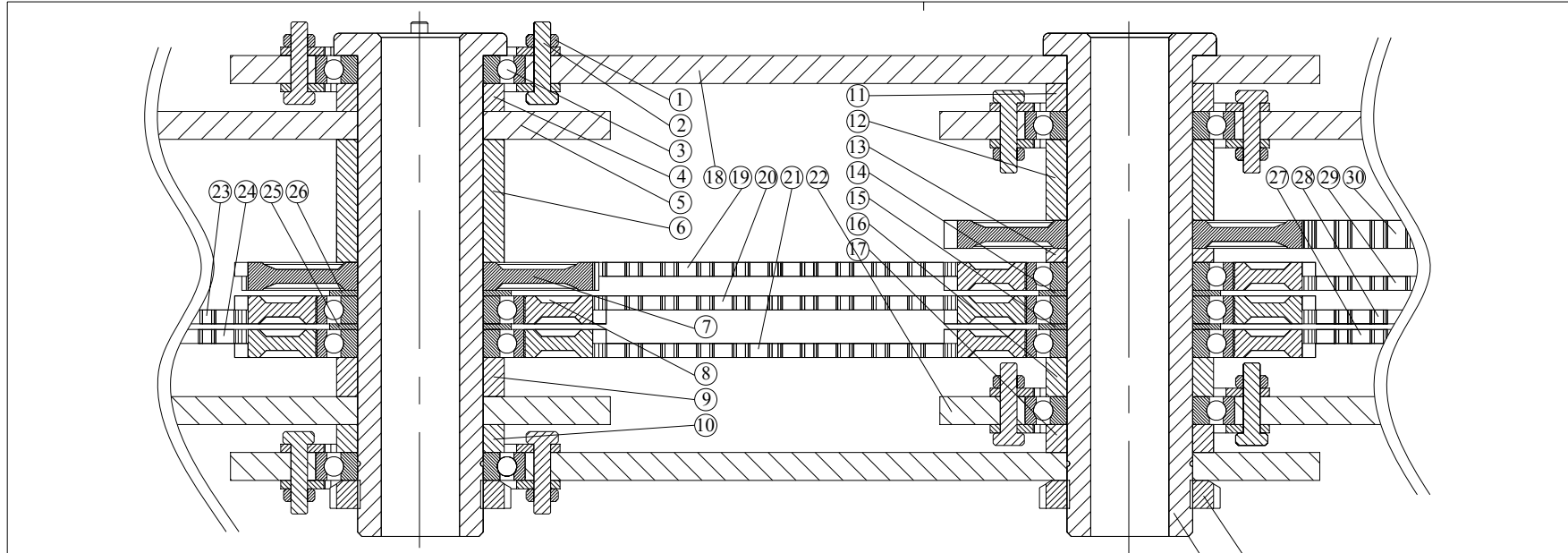
Ek-29. 1. ve 2. Uzun Montaj



1	45x60x10mm Burç (Kalın burç)	0.7	20	S235	
1	Avare dişli	0.9	19	S235	
1	45x60x14mm Burç (Kalın burç)	0.7	18	S235	
1	45x65x2mm Burç pulu (İnce burç pulu)	0.11	17	S235	
1	360Hx5mm Triger kayışı		16		
1	360Hx5mm Triger kayışı		15		
1	360Hx5mm Triger kayışı		14		
1	45x60x56mm Burç (Kalın burç)	0.7	13	S235	
2	2. Uzun levhası	0.6	12	Alüminyum	
1	45x60x10mm Burç (Kalın burç)	0.7	11	S235	
2	M45 Tırnaklı maşon somunu		10		Hazır
1	45x60x34mm Burç (Kalın burç)	0.7	9	S235	
2	Tahrik dişlisi	0.8	8	S235	8x8x10mm Kama ile montajlanacak
1	45x60x88mm Burç (Kalın burç)	0.7	7	S235	
2	Mil	0.37	6	1040	
5	45x75x10mm Rulman		5		Hazır
16	M5x30mm Altı köşe başlı civata		4	S235	Hazır
8	Rulman kapağı	0.5	3	S235	
2	1. Uzun levhası	0.6	2	Alüminyum	
16	M5 Somun		1	S235	Hazır
Sayı	Adı ve Açıklamalar	Resim Nr Standart Nr	Parça Nr	Gereç	Açıklamalar

	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Gereç	
Çizen	29.03.2007	Ismail Boztay		1		PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
Kontrol	29.03.2007					
Ölçek	1. uzuv ve 2. Uzun montaj					Resim Numarası
						0.29

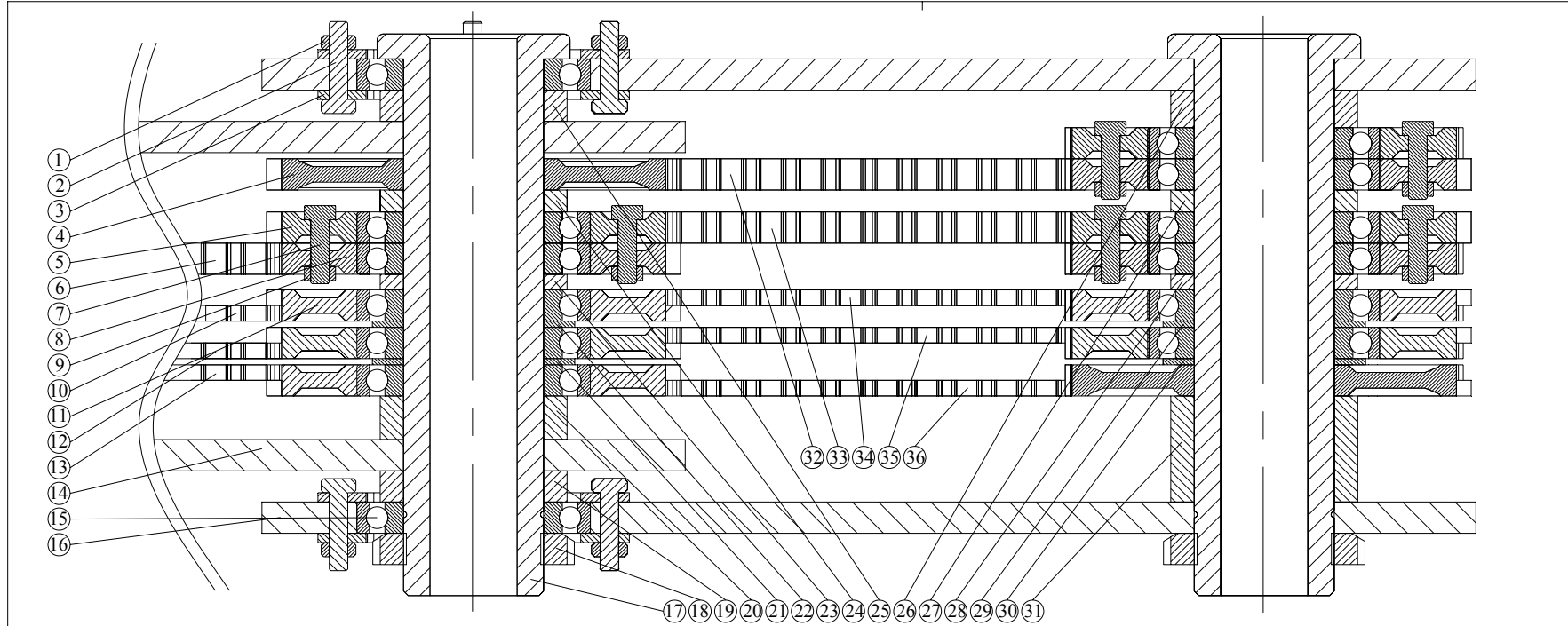
Ek-30. 2., 3. ve 4. Uzun Montaj



2	M45 Tırnaklı mason somunu		32	S235	Hazır
2	Mil	0.37	31	1040	
1	360Hx10mm Triger kayışı		30		Kesilerek hazırlanacak
1	360Hx5mm Triger kayışı		29		Kesilerek hazırlanacak
1	360Hx5mm Triger kayışı		28		Kesilerek hazırlanacak
1	360Hx5mm Triger kayışı		27		Kesilerek hazırlanacak
1	45x65x2mm Burç pulu (İnce burç pulu)	0.11	26	S235	
1	45x65x2mm Burç pulu (İnce burç pulu)	0.11	25	S235	
1	360Hx5mm Triger kayışı		24		Kesilerek hazırlanacak
1	360Hx5mm Triger kayışı		23		Kesilerek hazırlanacak
2	4. Uzun levhası	0.6	22	Alüminyum	
1	360Hx5mm Triger kayışı		21		Kesilerek hazırlanacak
1	360Hx5mm Triger kayışı		20		Kesilerek hazırlanacak
1	360Hx5mm Triger kayışı		19		Kesilerek hazırlanacak
2	3. Uzun levhası	0.6	18	Alüminyum	
1	45x60x10mm Burç (Kalın burç)	0.7	17	S235	
1	45x60x14mm Burç (Kalın burç)	0.7	16	S235	
1	45x65x2mm Burç pulu (İnce burç pulu)	0.11	15	S235	
1	45x65x2mm Burç pulu (İnce burç pulu)	0.11	14	S235	
1	45x60x5mm Burç (Kalın burç)	0.7	13	S235	
1	45x60x29mm Burç (Kalın burç)	0.7	12	S235	
1	45x60x10mm Burç (Kalın burç)	0.7	11	S235	
1	45x60x10mm Burç (Kalın burç)	0.7	10	S235	
1	45x60x14mm Burç (Kalın burç)	0.7	9	S235	
5	Avare dişli	0.9	8	S235	
2	Tahrik dişlisi	0.8	7	S235	8x8x10mm Kama ile montajlanacak
1	45x60x44mm Burç (Kalın burç)	0.7	6	S235	
2	2. Uzun levhası	0.6	5	Alüminyum	
1	45x60x10mm Burç (Kalın burç)	0.7	4	S235	
9	45x75x10mm Rulman		3		Hazır
16	M5x30mm Altı köşe başlı civata		2	S235	Hazır
16	M5 Somun		1	S235	Hazır
Sayı	Adı ve Açıklamalar	Resim Nr Standart Nr	Parça Nr	Gereç	Açıklamalar

	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Gereç	PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
Çizen	29.03.2007	Ismail Boztay		1		
Kontrol	29.03.2007					Resim Numarası
Ölçek	2., 3. ve 4. Uzun montaj					0.30

Ek-31. 4. ve 5. Uzuv Montaj



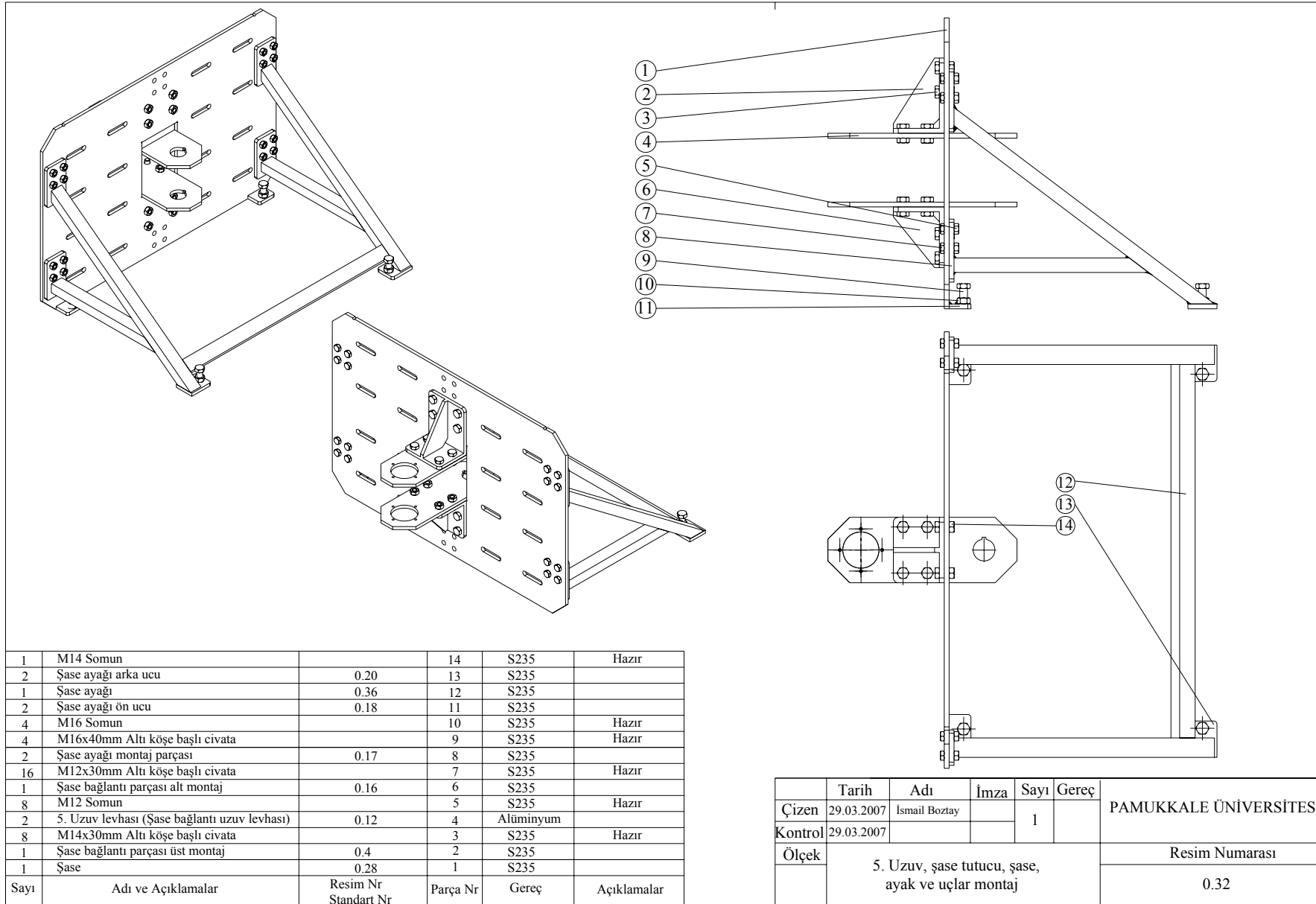
1	45x60x7mm Burç (Kalın burç)	0.7	27	S235	
1	45x60x12mm Burç (Kalın burç)	0.7	26	S235	
1	45x60x10mm Burç (Kalın burç)	0.7	25	S235	
1	45x60x7mm Burç (Kalın burç)	0.7	24	S235	
1	45x60x5mm Burç (Kalın burç)	0.7	23	S235	
1	45x65x2mm Burç pulu (İnce burç pulu)	0.11	22	S235	
1	45x65x2mm Burç pulu (İnce burç pulu)	0.11	21	S235	
1	45x60x14mm Burç (Kalın burç)	0.7	20	S235	
1	45x60x10mm Burç (Kalın burç)	0.7	19	S235	
2	M45 Tırnaklı mason somunu		18	S235	Hazır
2	Mil	0.37	17	S235	
2	5. Uzuv levhası (Sase bağlantı uzuv levhası)	0.12	16	Alüminyum	
13	45x75x10 Rulman		15		Hazır
2	4. Uzuv levhası	0.6	14	Alüminyum	
1	360Hx5mm Triger kayışı		13		Kesilerek hazırlanacak
1	360Hx5mm Triger kayışı		12		Kesilerek hazırlanacak
5	Avare dişli	0.9	11	S235	
1	360Hx5mm Triger kayışı		10		Kesilerek hazırlanacak
12	M5 Somun		9	S235	Hazır
6	Çift avare dişli	0.10	8		
12	M5x25mm Altı köşe başlı civata		7	S235	Hazır
1	360Hx10mm Triger kayışı		6		Kesilerek hazırlanacak
6	Çift avare dişli	0.10	5	S235	
2	Tahrik dişlisi	0.8	4	S235	8x8x10mm Kama ile montajlanacak
4	Rulman kapağı	0.5	3	S235	
4	M5x30mm Altı köşe başlı civata		2	S235	Hazır
4	M5 Somun		1	S235	Hazır
Sayı	Adı ve Açıklamalar	Resim Nr Standart Nr	Parça Nr	Gereç	Açıklamalar

1	360Hx5mm Triger kayışı			36		Kesilerek hazırlanacak
1	360Hx5mm Triger kayışı			35		Kesilerek hazırlanacak
1	360Hx5mm Triger kayışı			34		Kesilerek hazırlanacak
1	360Hx10mm Triger kayışı			33		Kesilerek hazırlanacak
1	360Hx10mm Triger kayışı			32		Kesilerek hazırlanacak
1	45x60x34mm Burç (Kalın burç)	0.7		31	S235	
1	45x65x2mm Burç pulu (İnce burç pulu)	0.11		30	S235	
1	45x65x2mm Burç pulu (İnce burç pulu)	0.11		29	S235	
1	45x60x5mm Burç (Kalın burç)	0.7		28	S235	

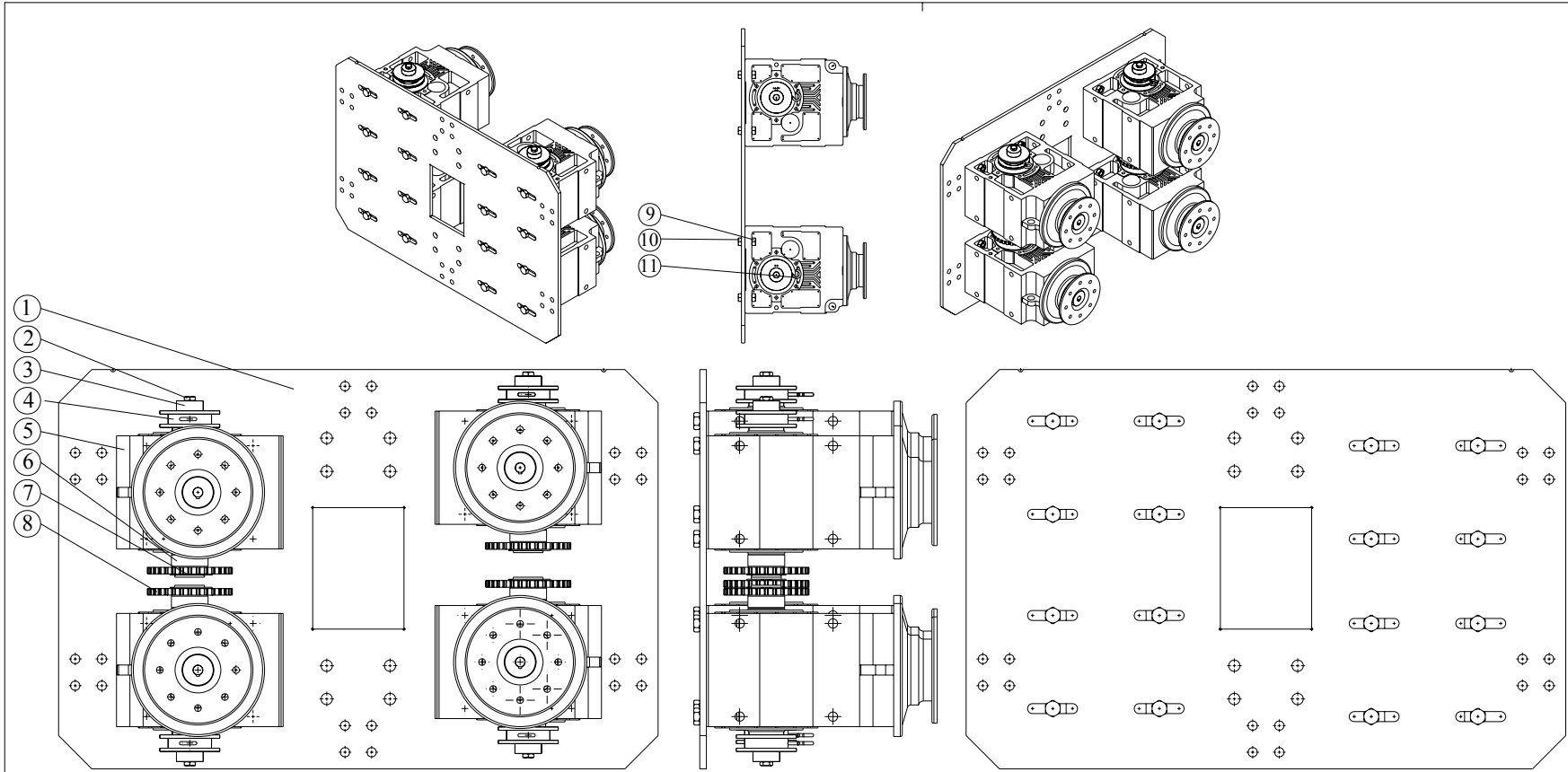
Sayı	Adı ve Açıklamalar	Resim Nr Standart Nr	Parça Nr	Gereç	Açıklamalar
	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Gereç
Çizen	29.03.2007	Ismail Boztay		1	
Kontrol	29.03.2007				
Ölçek	4. ve 5. Uzuv montaj				Resim Numarası
					0.31

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ

Ek-32. 5. Uzun, Şase, Ayak ve Uçlar Montaj



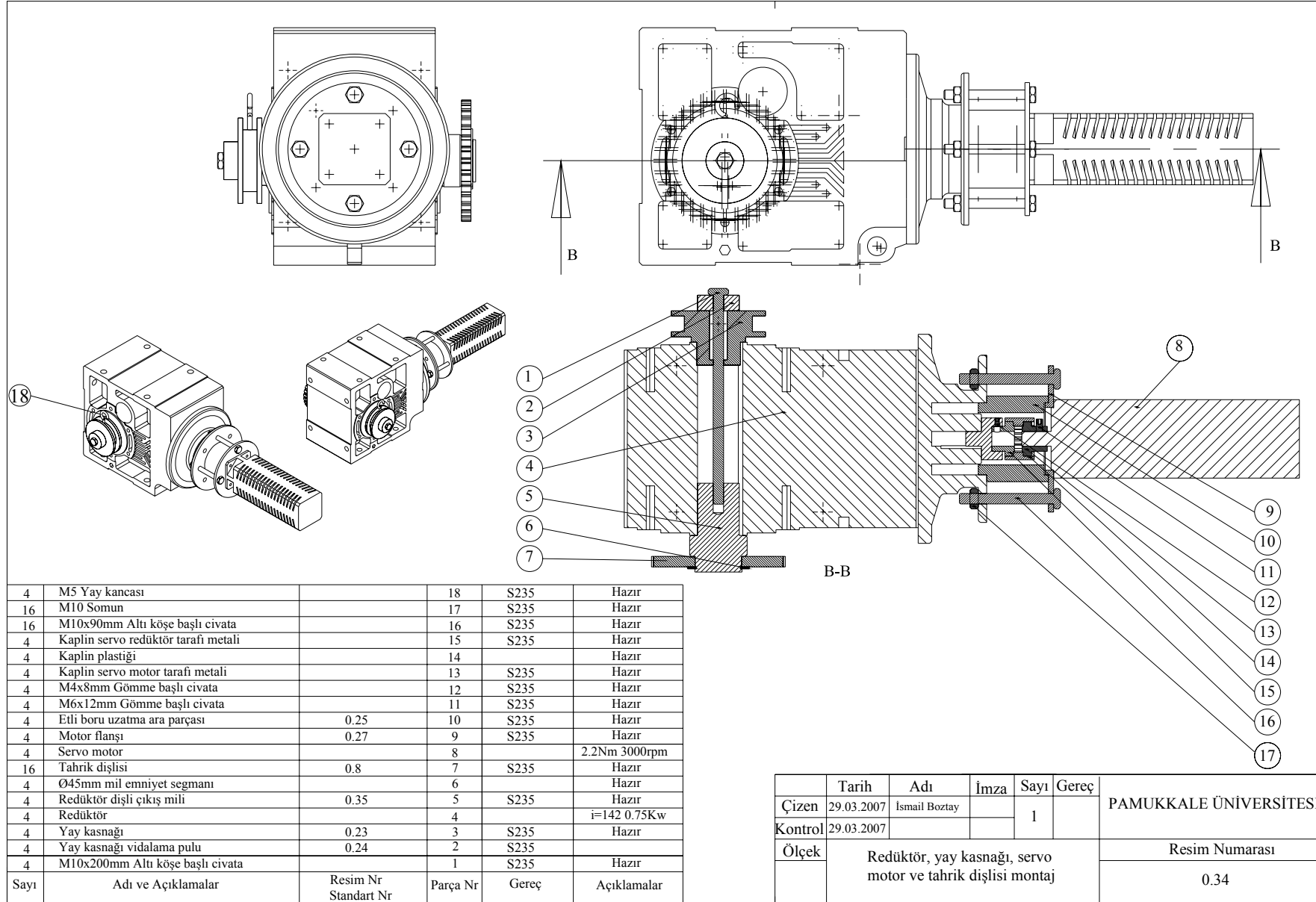
Ek-33. Şase ve Redüktör Montaj



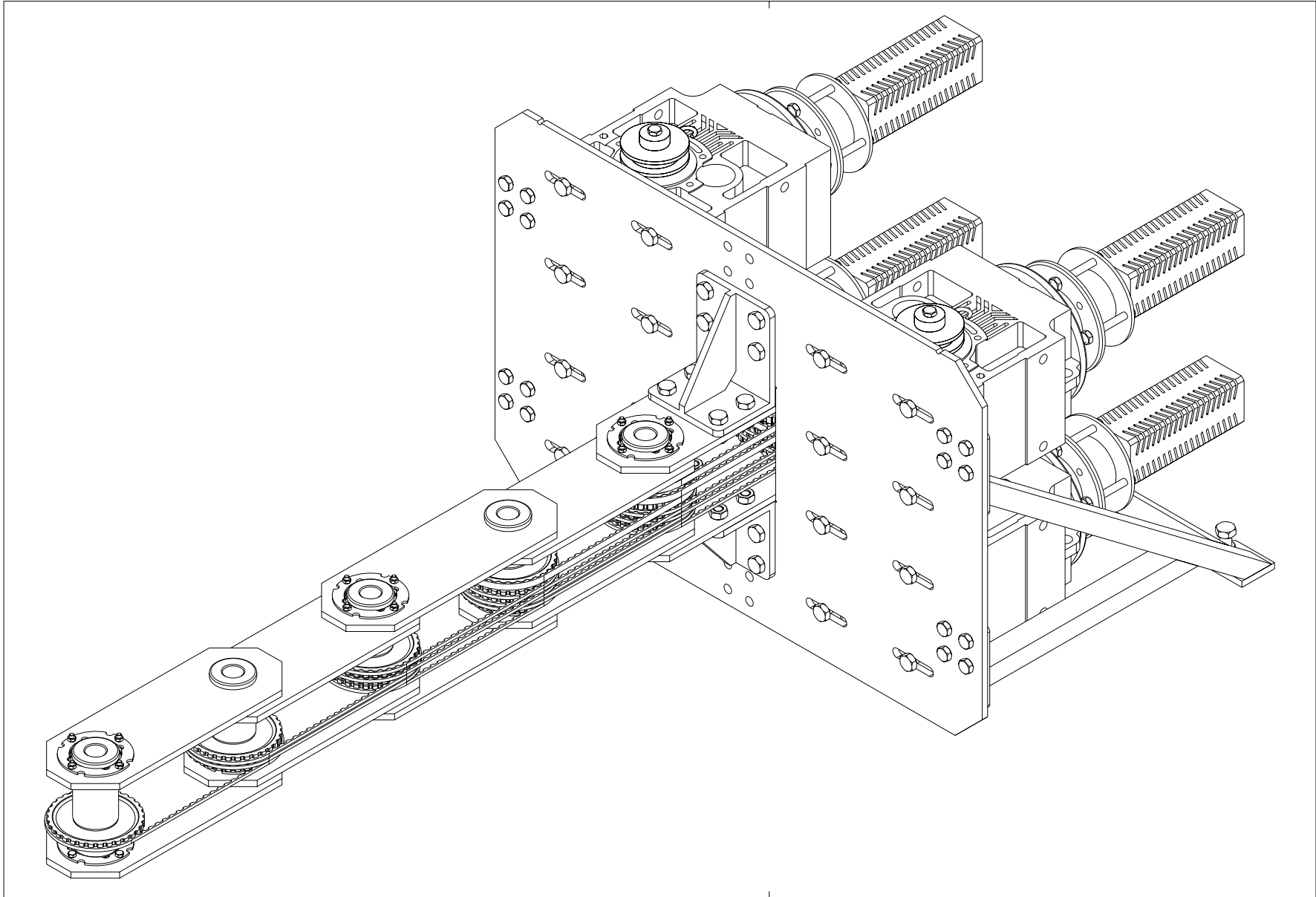
2	M5 yay kancası		11	S235	Hazır
4	M14x40mm Altı köşe başlı civata		10	S235	Hazır
4	M14 Somun		9	S235	Hazır
2	Tahrik dişlisi	0.8	8	S235	
4	45mm Mil emniyet segmanı		7		Hazır
1	Redüktör dişli çıkış mili	0.35	6	S235	
4	Redüktör	0.22	5	S235	Hazır
4	Yay kasnağı	0.23	4		
4	Yay kasnağı vidalama pulu	0.24	3	S235	
4	M10x200mm Altı köşe başlı civata		2	S235	Hazır
1	Şase	0.28	1	S235	
Sayı	Adı ve Açıklamalar	Resim Nr Standart Nr	Parça Nr	Gereç	Açıklamalar

	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Gereç	PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
Çizen	29.03.2007	İsmail Boztay		1		
Kontrol	29.03.2007					
Ölçek	Şase ve redüktörler montaj					Resim Numarası
						0.33

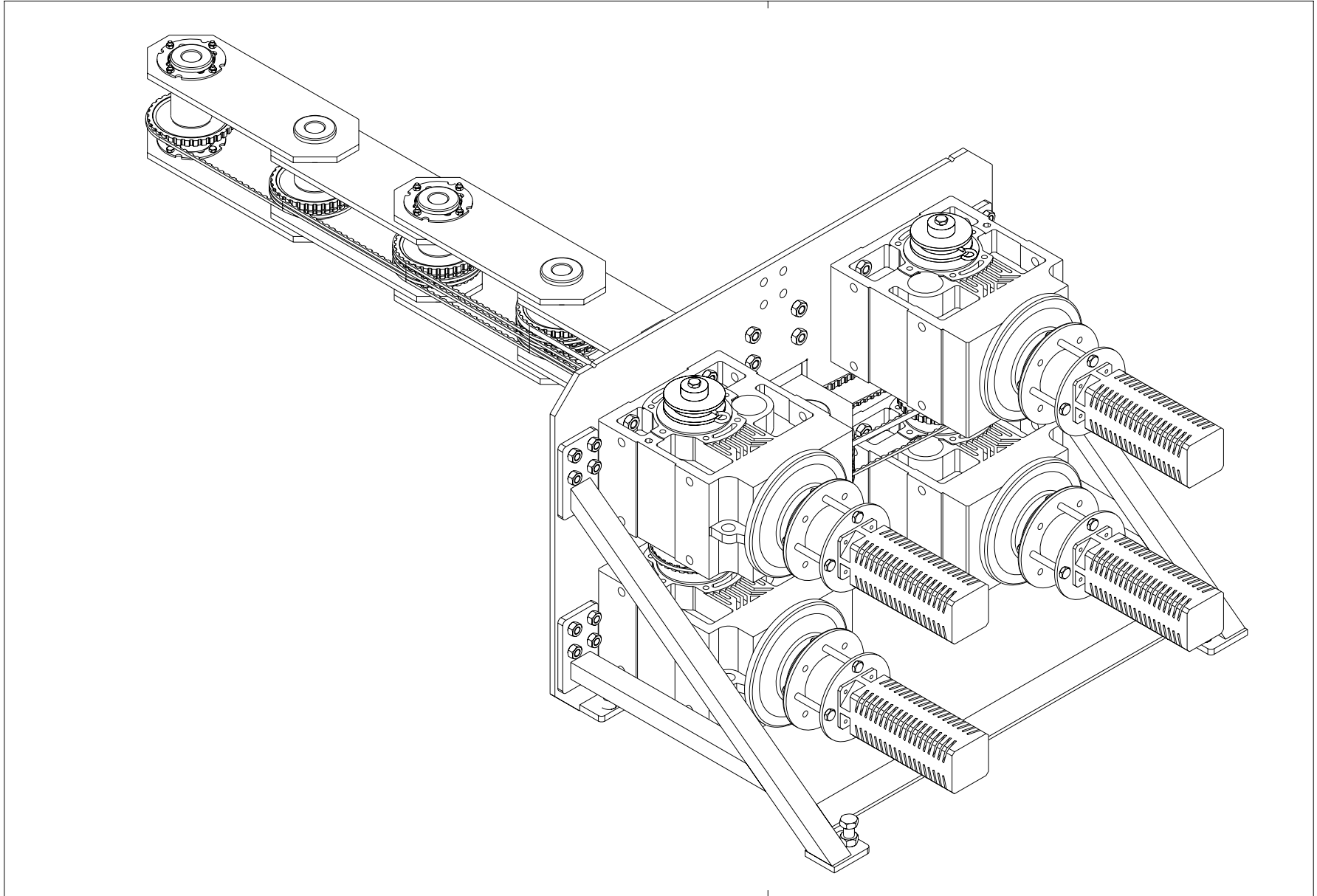
Ek-34. Redüktör, Yay Kasnağı, Servo Motor ve Tahrik Dişlisi Montaj



Ek-35. Robotun tamamı 1



Ek-35. Robotun tamamı 2



ÖZGEÇMİŞ

Adı	İsmail
Soyadı	Boztay
Doğum yeri ve Tarihi	Afyonkarahisar 02.03.1981
Lisans	Pamukkale Üniversitesi, Makine Mühendisliği 2004
Yabancı Dil	İngilizce
Bilgisayar	Autocad, 3DMax, Visual Studio C#
Çalıştığı yerler	Doğan Hafriyat, Denizli, 2005, 5 ay
Telefon	0 532 405 76 63
Adres	Dervişpaşa M. Bilgi C. N:18 Afyon