

**T.C.  
HİTİT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇOK YÖNLÜ HAREKET EDEBİLEN FORKLİFT  
PROTOTİPİ İMALATI**

**Erhan ÇİN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN  
Yrd. Doç. Dr. Kamil ÖZDİN**

**NİSAN 2015  
ÇORUM**

Erhan ÇİN tarafından hazırlanan “Çok Yönlü Hareket Edebilen Forklift Prototipi İmalatı” adlı tez çalışması 09/04/15 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. M. Emin ERDİN

Yrd. Doç. Dr. Mehmet Burak BİLGİN

Yrd. Doç. Dr. Kamil ÖZDİN

Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun 15/05/2015 tarih ve 2015/84 sayılı kararı ile Erhan ÇİN’ in Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans derecesi alması onanmıştır.

Prof. Dr. Ali KILIÇARSLAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## TEZ BEYANI

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını beyan ederim.



Erhan ÇİN

# ÇOK YÖNLÜ HAREKET EDEBİLEN FORKLİFT PROTOTİPİ İMALATI

Erhan ÇİN

HİTİT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Nisan 2015

## ÖZET

Fabrikalar, süpermarketler, depolar vb. işletmelerde alan değerli olduğu için maksimum verimle kullanılması istenir. Bu alanlarda bulunan malzeme ve ürünlerin düzgün şekilde istif edilmesine yardımcı olan çeşitli araçlar bulunmaktadır. Bunlardan en çok kullanılanı forklifttir. Klasik bir forklift, manevra esnasında büyük bir alana ihtiyaç duymaktadır. Bu da istif için kullanılan alanın azalmasına ve verim kaybına neden olmaktadır. Çok yönlü hareket edebilen forklift işletmelerdeki alanların daha verimli kullanılması amacıyla tasarlanmıştır. Mecanum tekerlek sistemi adı verilen her tekerleğin üzerinde teker eksenine 45° açı ile yerleştirilmiş silindirik ve kendi ekseninde serbest hareketli fiçı tekerler bulunmaktadır. Tekerlekler dönme hareketi yaptığı sırada teker eksenine dik, 45°'li ve kendi ekseninde olmak üzere hareket vektörü oluşturmaktadır. Bu sayede karşılıklı tekerleklerin dönüş yönlerinde yapılan değişiklikler ile istenilen yönlerde hareket sağlanabilmektedir. Forklift bulunduğu pozisyonda her yönde hareket edebilmektedir. Tekerleklerin her birinde ayrı bağımsız redüktörlü motorlar mevcuttur. Forkliftin kumandası 'peripheral interface controller – PIC' denilen programlanabilir elektronik devreler ile uzaktan kontrol edilmektedir. Kumanda sisteminden gelen sinyaller ile motorlar tekerleklere tahrik uygulamaktadır. Önden alınan yükü sonsuz vida sistemi ile kaldırırken bu yükü dengelemek için arkada bulunan ağırlık geri doğru çıkarak son durum itibarı ile tekerleklere eşit yük paylaşımı yapıp, aracın dengede olmasını sağlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler** : çok yönlü hareket, forklift, redüktör, swedish tekerlek.

# MANUFACTURING OF OMNIDIRECTIONAL FORKLIFT PROTOTYPE

Erhan ÇİN

HITIT UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

April 2015

## ABSTRACT

Each area in enterprises such as factories, supermarkets, warehouses, etc. is valuable so it need to be used with maximum efficiency. Various vehicles are assist to the proper stacking of materials and products in the enterprises. Forklifts are the most commonly used vehicle among them. A conventional forklift, requires a large area during maneuvers. This causes a reduction of the area used for the stacking and leads to loss of efficiency. Multidirectional forklift is designed in order to use the stocking areas more efficiently in enterprises. A wheel system comprises cylindrical and it's moving free parts which mounted with a  $45^\circ$  angle on each wheel axis which called as mecanum wheel system. When this wheel system performed a rotational movement, two motion vectors constitute with a  $45^\circ$  angle to the vertical axis of the wheel. A movement in the desired direction can be achieved with a change in the direction of rotation of the opposed wheels. The vehicle is able to move to any direction from the place positioned. Each wheel has a motor with a reducer of its own. Vehicle is driven by a peripheral interface controller (PIC) remote control. Motors are drive the wheels by the signals from the remote control system. The vehicle moves the rear-mounted weight towards to back with an endless screw system in order to ensure load balance among the wheels when lifting a taken load.

**Keywords:** Multidirectional movement, forklift, reducer, swedish wheel.

## TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Kamil ÖZDİN'e yine kıymetli tecrübelerinden ve görüşlerinden faydalandığım hocalarım Arő. Gör. Emre KARA ve Arő. Gör. Celal Utku DENİZ' e, maddi manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
RESİMLER DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ .....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI .....	2
3. KURAMSAL TEMELLER .....	5
4. SWEDISH MEKANİZMALI TEKERLEKLER .....	6
4.1. Pasif Silindirik Ruloların Tasarımı.....	9
4.2. Tekerlek Hareketinin İncelenmesi.....	10
5. MOTOR HESAPLARI .....	11
5.1. Tekerlek Motor Hesabı.....	11
5.2. Kaldıraç Motor Hesabı .....	14
5.3. Arka Ağırlık Hareketi İçin Motor Seçim Hesabı .....	15
6. TASARIM.....	17
6.1. Ana Hareket Modülleri.....	17
6.2. Kaldıraç Modülü.....	19
6.3. Arka Ağırlık Modülü .....	20
6.4. Kontrol Ünitesi .....	21
7. İMALAT .....	27
7.1. Tekerlekler.....	27
7.2. Ana Şase .....	29
7.3. Arka Ağırlık Modülü.....	29
8. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	29
KAYNAKLAR .....	31
EKLER.....	33

	<b>Sayfa</b>
EK-1 .....	34
EK-2 .....	35
EK-3 .....	36
EK-4 .....	37
EK-5 .....	43
EK-6 .....	44
EK-7 .....	45
EK-8 .....	46
EK-9 .....	47
EK-10 .....	48
EK-11 .....	53
EK-12 .....	54
EK-13 .....	55
EK-14 .....	56
EK-15 .....	62
EK-16 .....	63
EK-17 .....	64
EK-18 .....	65
EK-19 .....	66
EK-20 .....	67
EK-21 .....	68
EK-22 .....	69
EK-23 .....	70
EK-24 .....	71
EK-25 .....	72
EK-26 .....	73
EK-27 .....	74
EK-28 .....	75
EK-29 .....	76
ÖZGEÇMİŞ .....	77



**ÇİZELGELER DİZİNİ**

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 6.1. Motor dönüş yönlerine göre araç hareketleri .....	25

**ŞEKİLLER DİZİNİ**

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 4.1. Swedish mekanizmalı mobil aracın ileri-geri hareketinin hız vektörleri.....	6
Şekil 4.2. Swedish mekanizmalı mobil aracın sağa-sola hareketinin hız vektörleri....	7
Şekil 4.3. Swedish mekanizmalı mobil aracın düşey eksen etrafında dönme hareketinin hız vektörleri .....	8
Şekil 6.1. PIC kontrol devresi - röle bağlantı şeması.....	23
Şekil 6.2. Mikro denetleyici - araç üzeri .....	23
Şekil 6.3. Mikro denetleyici - uzaktan kumanda.....	24

**RESİMLER DİZİNİ**

<b>Resim</b>	<b>Sayfa</b>
Resim 2.1. The Uranus Mobile Robot .....	2
Resim 2.2. Airtrax Sidewinder .....	3
Resim 2.3. KUKA roboter gmbh yük taşıma robotu .....	3
Resim 2.4. Phase V Robocat .....	4
Resim 4.1. Swedish mekanizmalı forkliftin sağa-sola hareketi .....	7
Resim 4.2. Swedish mekanizmalı forkliftin düşey eksen etrafında dönme hareketi ...	8
Resim 4.3. Silindirik rulo .....	9
Resim 4.4. Çok yönlü tekerler.....	10
Resim 6.1. Ana hareket modülleri.....	18
Resim 6.2. Kaldıraç modülü .....	19
Resim 6.3. Arka ağırlık modülü.....	20
Resim 7.1. Tekerlek .....	21
Resim 7.2. Tekerlek parçaları .....	28
Resim 7.3. Tekerlek ana milleri .....	28
Resim 8.1. ECN-35 .....	30

## 1. GİRİŞ

Son yıllarda endüstrinin gelişmesi ile beraber fabrikalardaki depo alanlarının git gide daralması, kullanılan taşıma araçlarının kabiliyetinin artırılması lüzumunu doğurmuştur. Kullanılan taşıma araçlarının başında yer alan forklift bu alanda üstüne en çok düşünülen ve çalışılan araçlardan biridir. Fabrika depolarında çok küçük alanların dahi işletmeler için önemi büyüktür ve şu an kullanılan geleneksel forkliftler yeterli manevra kabiliyetine sahip olmadıklarından hareketleri sırasında büyük bir alana ihtiyaç duyarlar. Bu alanı en aza indirgeme düşüncesinden yola çıkılarak oluşturulan fikirde ve bunu takip eden araştırmalarda bir forklifte en az alanda en çok manevra kabiliyetinin nasıl verileceği bulunmuştur. Swedish mekanizması olarak bilinen bu mekanizma bir aracın her yöne hareket etmesine olanak sağlamaktadır. Bununla birlikte ayrıca PIC ile kontrolün çok daha pratik ve kullanımının kolay olacağı görülmüştür. Bu araştırmanın ispatı için çok yönlü hareket edebilen bir forkliftin prototipinin imalatının yapılmasına karar verilmiştir. Daha önce, çoğunluğu yurtdışında olmak üzere çeşitli robotik çalışmalar yapılmış ve oldukça iyi sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlar ile birlikte Mecanum (Swedish) mekanizmalı tekerleklerin kullanıldığı forklift ve benzeri araçlar bazı özel firmalar tarafından üretilmiştir.

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Swedish mekanizmalı tekerlekler ile ilgili bazı çalışmalar aşağıda belirtilmiştir. Bu tekerlek mekanizması tipi İsviçreli bilim adamı Bengt Ilon tarafından 1973 yılında icat edilmiştir (Diegel ve ark., 2002).

1985 yılında Gregg W. Podnar tarafından imal edilen ‘The Uranus Mobile Robot’ (Resim 2.1), bu alanda yapılmış ilk robotlardan olma özelliği taşımaktadır. 4 tekerlekli olan bu araçta her tekerlekteki motor başına 1 kW güç ve ayrı süspansiyonlar bulunmaktadır. ‘The Uranus Mobile Robot’ 100 kg yük taşıma kapasitesine sahiptir (Koyaş ve ark., 2013).



**Resim 2.1.** The Uranus Mobile Robot

1980 yılında Amerika donanması, gemilerin etrafındaki malzemeleri taşımak için Bengt Ilon’dan bu tekerleklerin patentini ve araştırmalarını satın almıştır. 1997 yılında bir Amerikan firması olan Airtrax ve bazı benzer şirketler Amerikan donanmasından 2500\$ karşılığında eski çizimleri ve motorların nasıl çalıştığına dair dokümanları satın almıştır (Anonim, 2011).

Bu tarihten sonra Swedish mekanizmalı tekerleklerin kullanım alanları oldukça yaygınlaşmıştır.

Airtrax firması Sidewinder isimli forklift modelini üretmiştir (Resim 2.2).



**Resim 2.2.** Airtrax Sidewinder

Bir Alman firması olan KUKA Roboter GmbH ise bu mekanizma ile çeşitli yük taşıma robotlarını üretmiştir (Resim 2.3).



**Resim 2.3.** KUKA Roboter GmbH Yük Taşıma Robotu

Swedish mekanizmalı tekerlekler robotik çalışmalarda da kullanılmaktadır. Amerikada Northwestern niversitesi'nde insanların evlerinde kullanabilecekleri tarzda boyutsal olarak küçük COBOT (Peshkin ve ark., 1996) isimli bir robot çalışması yapılmıştır.

Çok yönlü bir mobil robot, holonomik robot türüdür. Aynı anda ve bağımsız çevirme ve döndürme hareket yeteneği vardır. Phase V Robocat (Resim 2.4) isimli, Swedish mekanizmalı (mecanum) tekerleklerin 120° açıyla yerleştirildiği çok yönlü hareket edebilen bir robot icat edilmiştir (Yong ve ark., 2007).



**Resim 2.4.** Phase V Robocat

Tezde çok yönlü hareket edebilen forklift prototipi imalatına yönelik; literatür araştırması, çalışma sistemi ile ilgili hesaplamalar, forklift kontrolü, tasarım ve imalat detayları ile ilgili kısımlar bulunmaktadır.

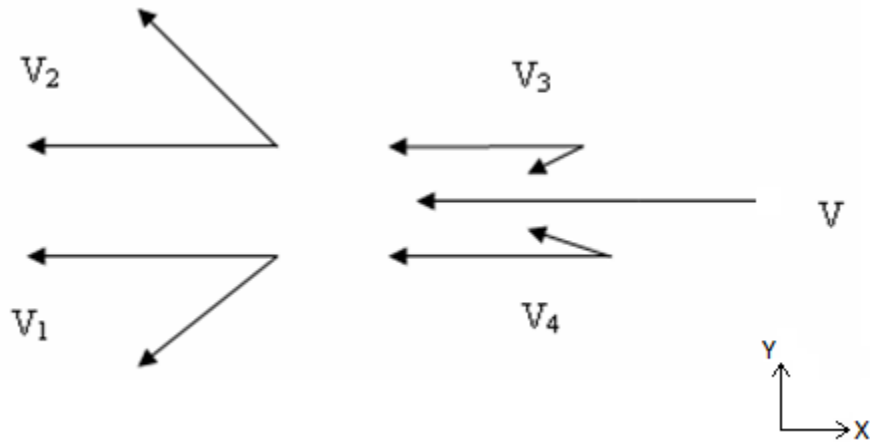
### **3. KURAMSAL TEMELLER**

Silindirik rulolu tekerlekler mobil robot tekeri üzerine, tekerin dönme eksenine göre farklı açılarda yerleştirilerek istenilen amaca yönelik tekere farklı tiplerde çok yönlülük kazandırılmaktadır. Genelde bu tip özellikteki tekerleklere Swedish (mecanum) mekanizmalı tekerlekler denilmektedir. Silindirik rulolu tekerleklerin, robot tekerinin dönme eksenine göre yerleştirildikleri açılara bağlı olarak isim verilmektedir. Küçük silindirik rulolu tekerlek robot tekerin dönme eksenine göre oluşturduğu açı  $90^\circ$  ise buna Swedish  $90^\circ$  lik tekerlek, küçük silindirik rulolu tekerlek robot tekerin dönme eksenine göre oluşturduğu açı  $45^\circ$  ise buna Swedish  $45^\circ$  lik tekerlek,  $0^\circ$  ise Swedish  $0^\circ$  lik tekerlek adı verilmektedir. İlon Tekerleği olarak da anılmaktadır.



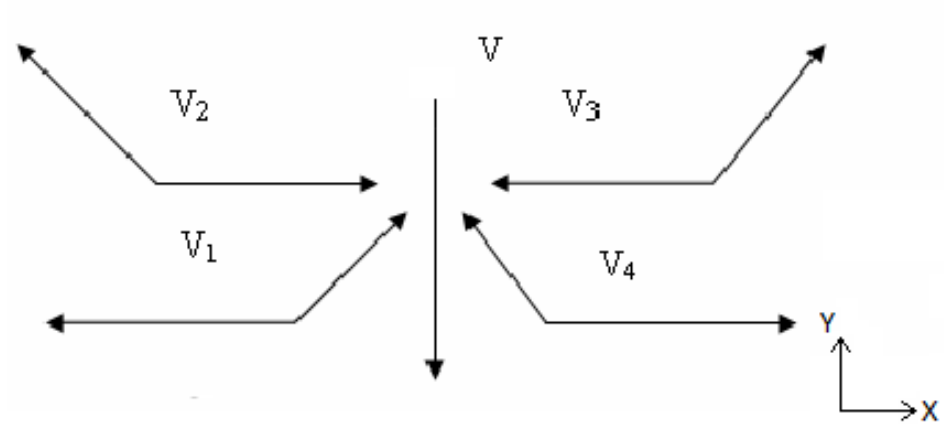
#### 4. SWEDISH MEKANİZMALI TEKERLEKLER

Swedish mekanizmalı tekerlekli mobil aracının her bir tekerleği ayrı motorlar ile tahrik edilir. Aracın dört tekerleği de farklı yönlerde ve farklı hızlarda hareket edebilirler. Şekil 4.1’de görüldüğü gibi, Swedish mekanizmalı tekerlekli forkliftin dört tekerleğinin hepsi aynı doğrultuda hareket ettirilirse, araç ileri ya da geri yönde hareket eder (Soygüder ve Alli, 2008). Burada aracın tekerlek merkez eksenleri Y doğrultusuna paralel olduğu halde,  $V_1, V_2, V_3, V_4$  tekerlek hız vektörlerini,  $V$  ise mobil aracın bileşke hareket vektörünü göstermektedir.

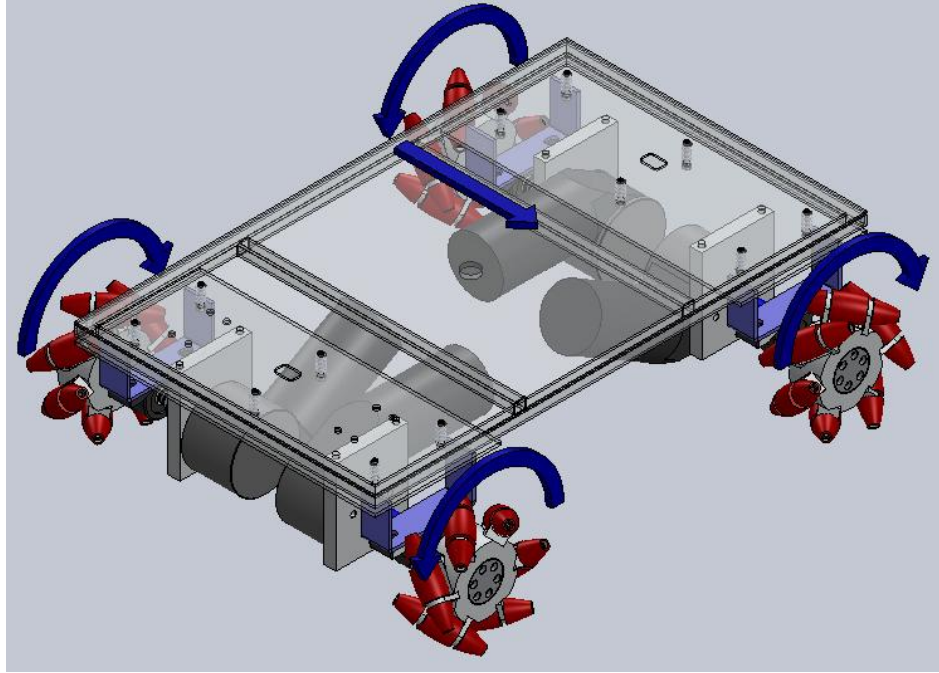


**Şekil 4.1.** Swedish mekanizmalı forkliftin ileri-geri hareketinin hız vektörleri

Fakat çapraz halde ardışık bir çift tekerleğe aynı yönde dönme hareketi verilirse ve diğer bir çift tekerlek de zıt yönde dönme hareketi yaptırıldığında forklift sağ-sol doğrultuda hareket eder (Şekil 4.2, Resim 4.1). Burada aracın tekerlek merkez eksenleri Y doğrultusuna paralel olduğu halde,  $V_1, V_2, V_3, V_4$  tekerlek hız vektörlerini,  $V$  ise mobil aracın bileşke hareket vektörünü göstermektedir.

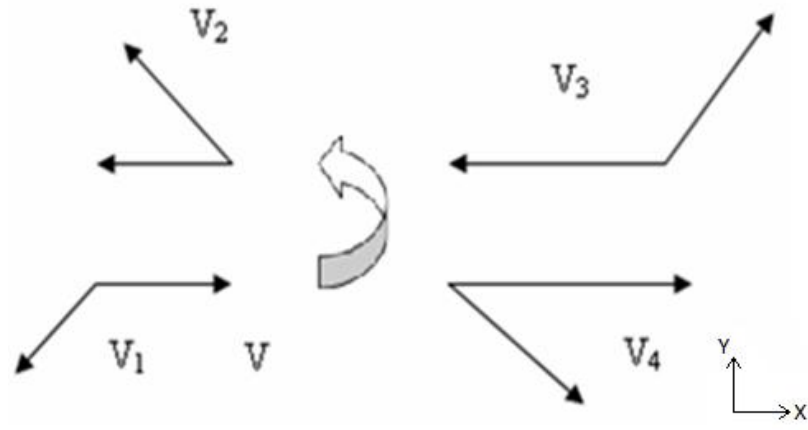


**Şekil 4.2.** Swedish mekanizmalı forkliftin sağa-sola hareketinin hız vektörleri

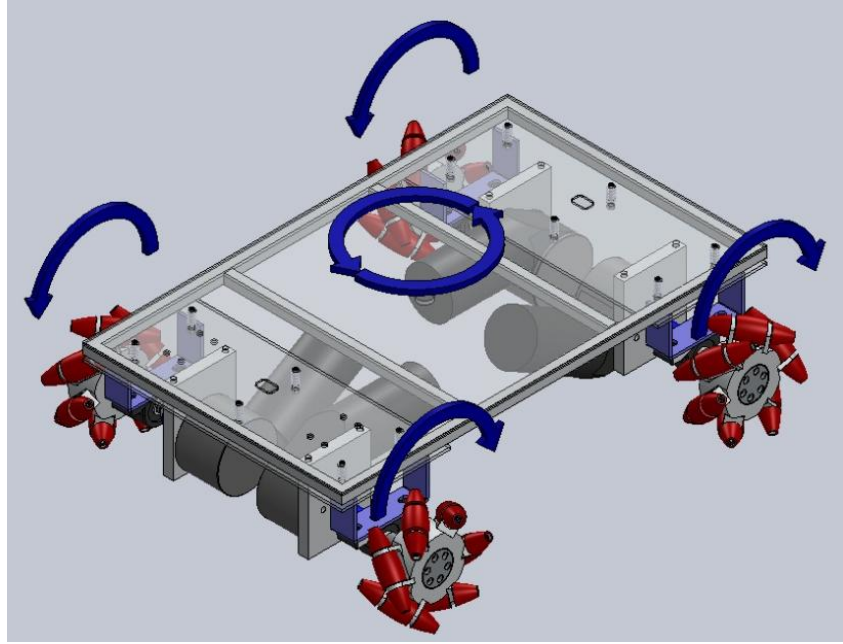


**Resim 4.1.** Swedish mekanizmalı forkliftin sağa-sola hareketi

Swedish mekanizmalı forklift planlanan yörüngede hareket edebilir ve dikey eksen etrafında hızla dönebilir (Şekil 4.3, Resim 4.2). Burada aracın tekerlek merkez eksenleri Y doğrultusuna paralel olduğu halde,  $V_1, V_2, V_3, V_4$  tekerlek hız vektörlerini,  $V$  ise mobil aracın bileşke hareket vektörünü göstermektedir.



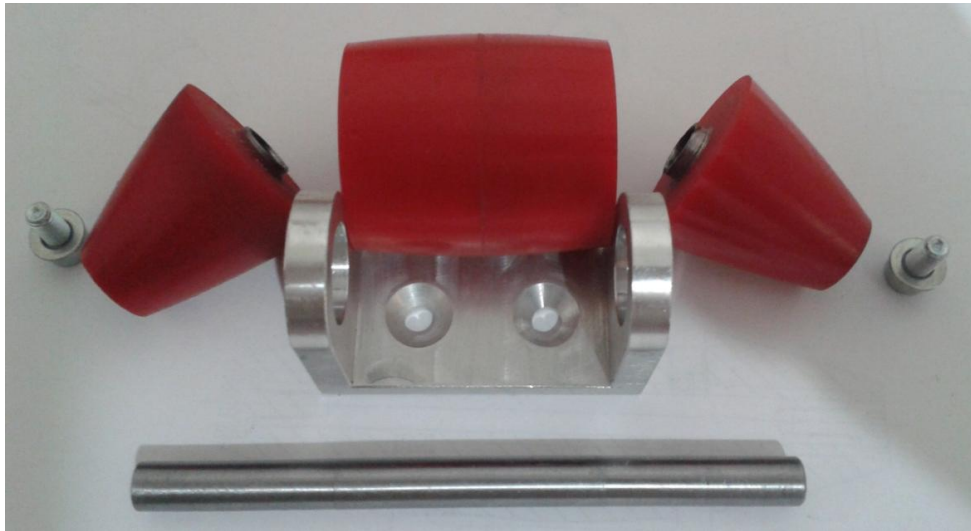
**Şekil 4.3.** Swedish mekanizmalı forkliftin düşey eksen etrafında dönme hareketinin hız vektörleri



**Resim 4.2.** Swedish mekanizmalı forkliftin düşey eksen etrafında dönme hareketi

#### 4.1. Pasif Silindirik Ruloların Tasarımı

Swedish mekanizmalı mobil aracın tekerlekleri üzerine yerleştirilen silindirik rulolar, tekerleğin serbestlik derecesini arttırmaktadır. Bu da araca çok yönlü bir mekanizma niteliğini kazandırmaktadır (Diegel ve ark., 2002). Tasarlanan dört tekerlekli forkliftin her bir tekerleğinin üzerine 6 adet silindirik rulo yerleştirilmiştir. Ruloların sayısı mobil robotun tekerlek çapına bağlı olarak değişebilmektedir. Silindirik rulolar tekerin dönme merkezi eksenine  $45^\circ$ lik açı ile pasif dönen eleman olarak yerleştirilmiştir. Silindirik rulo ve parçalarının teknik resimleri EK-21, EK-22, EK-23, EK-24'te görülmektedir. Her bir tekerlek üzerine yerleştirilen silindirik rulolar aynı doğrultuya sahip değildir. Bu yerleştirme düzeni (Resim 4.4) forkliftin istenilen her doğrultuda hareket edebilecek kapasitede hız vektörleri hesaplanarak elde edilmiştir. Çok yönlü hareket edebilen forklift prototipi bilgisayar ortamında tasarlanıp imalatı bu tasarıma uygun olarak yapılmıştır. Tekerleklerdeki silindirik rulolar bu araca özel olarak tasarlanmıştır (Resim 4.3). Pasif silindirik rulo tasarımında en önemli noktalardan biri, teker merkez eksenine dik açıdan bakıldığında tekerler tam bir daire oluşturmalıdır. Yani ruloların ölçülerinin her bir parçada aynı olması gerekmektedir ve bu yüzden rulo imalatı CNC torna tezgâhında yapılmıştır. Tekerleklerin istendiği gibi imal edilememesi durumunda araç hareketi esnasında titreşim ve gürültü ile karşılaşılacaktır.



**Resim 4.3.** Silindirik rulo



**Resim 4.4.** Çok yönlü tekerler

#### **4.2. Tekerlek Hareketinin İncelenmesi**

Çok yönlü forklift, her bir tekerleğin oluşturduğu hız vektörlerinin bileşkesi doğrultusunda hareket etmektedir (EK-25). Aracın istenilen hedef noktalara ulaşabilmesi için tekerleklerin farklı yönlerde dönüş hareketi yapması gerekmektedir. Bu da her bir tekerin farklı bir tahrik elmanı ile denetlenmesi demektir. Tasarlanan aracın her bir tekerleği ayrı redüktörlü motorlar ile tahrik edilmektedir. Silindirik rulo tekerlekler üzerinde iki ayrı hız vektörü oluşmaktadır. Silindirik rulo tekerlekleri üzerinde hem aktif hız vektörü hem de pasif hız vektörü oluşmaktadır. Silindirik rulo bu iki hız vektörünün oluşturduğu bileşke vektör doğrultusunda dönmektedir. Swedish mekanizmalı forkliftin her bir tekerleği 2 serbestlik dereceli bir sistemden oluşmaktadır (Hayes ve Langlois, 2006).

## 5. MOTOR HESAPLARI

### 5.1. Tekerlek Motor Hesabı

Aracın tekerlekleri dönüş hareketi yaptığı esnada pasif silindirik rulolar yüzey ile sırayla ve her defasında bir parçası olmak üzere temasa geçer. Bu temas sırasında silindirler kendi merkezi etrafında dönme ve yüzey ile sürünme hareketi yapmaktadır.

Hesaplama aşamasında kolaylık olması açısından ve 'her zaman hesaptan yüksek özellikler seçme' mantığından yola çıkarak tekerlekler, silindirik lastik tekerlek gibi düşünülüp buna göre hesap yapılmıştır. Bu şekilde yapılan hesaplamada tork ve güç değerleri Swedish Mekanizmalı tekerleklere nazaran daha yüksek çıkacaktır. Çünkü çalışmada kullanılan tekerleklerin yer ile temas eden alanı daha azdır ve ruloların yuvarlanma hareketi mevcuttur. Yapılan tasarımda kullanılan tekerlek çapı  $D=180$  mm ve olması istenilen tekerlek devir sayısı  $n=30$  d/d.

Teker yarıçapı

$$r = 90 \text{ mm}$$

Teker devir sayısı

$$n = 30 \text{ d/d} = 0,5 \text{ d/s}$$

#### **Kabuller;**

Tekerlekler silindirik yapıdadır.

Toplam ağırlık

$$m = 200 \text{ kg}$$

Beton zemin ile poliüretan malzeme arasındaki sürtünme katsayısı (EK-16).

$$\mu_{bp} = 0,4$$

Her bir tekerlekte bulunan düşey kuvvet;

$$\begin{aligned}
 F &= m \cdot g & (4.1) \\
 &= 50 \cdot 9,81 \\
 &= 490,5 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Yüzeyden etkiyen sürtünme kuvveti düşeydeki kuvvet (4.1) ile hesaplanır;

$$\begin{aligned}
 F_s &= \mu_{bp} \cdot F & (4.2) \\
 &= 0,4 \cdot 490,5 \\
 &= 196,2 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Forkliftin hareket edebilmesi için tekerleklerin yer ile olan sürtünme kuvvetini yenmesi gerekmektedir. Bu hareket için gereken tork;

$$\begin{aligned}
 T &= F_s \cdot r & (4.3) \\
 &= 196,2 \cdot 0,09 \\
 &= 17,66 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Tekerleklerin açısal hızı;

$$\begin{aligned}
 w &= 2 \cdot \pi \cdot f & (4.4) \\
 &= 2 \cdot \pi \cdot 0,5 = 3,14 \text{ radyan/s}
 \end{aligned}$$

Forkliftteki her tekerlekte bulunması gereken güç, tork(4.3) ve açısal hızın(4.4) çarpımı ile bulunur;

$$\begin{aligned}
 P &= T \cdot w & (4.5) \\
 &= 17,66 \cdot 3,14 \\
 &= 55,48 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Forklift prototip olduğu için motor seçimlerinin ebatsal açıdan küçük olması gerekmektedir. Enerji verilmediği esnada tekerleklerin hareket etmesi de istenmemektedir. Ayrıca aküden enerji verileceği için DC motor kullanılmalıdır. Bu yüzden küçük, sonsuz vidalı redüktörlü DC motor kullanılması gerekmektedir. Yapılan araştırmalar sonucunda standartta otobüs silecek motoru olarak kullanılan sonsuz vidalı redüktörlü DC motorların çok yönlü hareket edebilen forklift prototipine uygun olacağı görüldü. Bu motorların; teknik detayları EK-1’de gösterilen birkaç çeşidi bulunmaktadır. Yukarıdaki hesaplamalara göre, 20 Nm torca sahip DC motorun kullanılmasına karar verilmiştir. Motorlar 24 V olduğundan bundan sonraki elektriksel hesaplamaların hepsi 24 V'a göre yapılacaktır.

Motorlar seçildiği için forkliftin hızı;

Tekerlek çevresi;

$$C = 2 \cdot \pi \cdot r \quad (4.6)$$

$$= 2 \cdot \pi \cdot 0,09$$

$$= 0,57 \text{ m}$$

Araç hızı;

$$V = n \cdot C \quad (4.7)$$

$$= 30 \cdot 0,57$$

$$= 17,1 \text{ m /dk} \cong 1 \text{ km/h}$$



## 5.2. Kaldıraç Motor Hesabı

Bir forklifte standartta kaldıraç hareketi hidrolik pistonlar ile yapılır. Ancak çalışma prototip olduğu için sonsuz vida sistemi kullanılması kararlaştırıldı. Kaldıraç aparatı güç gerektirdiği için kare profilli vida seçilmiştir. Seçilen kare vidaya göre motor tork hesabı yapıldı.

Kare Vida Ölçüleri;

Mil çapı:	$d = 25 \text{ mm}$
Mil vida adımı:	$h = 5 \text{ mm}$
Toplam yük (vidaya etkiyecek olan maksimum yük):	$F = 700 \text{ N}$
Somun yüksekliği:	$H = 32 \text{ mm}$
Mil sürtünme katsayısı(gresli çelik)	$\mu_{gc} = 0,075$
Somun sürtünme katsayısı (gresli çelik)	$\mu_{gc} = 0,075$

Toplam tork iki adımda hesaplanır. Bunlardan ilki vidanın torku, ikincisi somunun torkudur. Sonrasında sırasıyla yukarı tork, aşağı tork ve somunun torku hesaplanır. Bu hesaplar aşağıda hesaplanmıştır;

Öncelikle vidanın ortalama çapı hesaplanır;

Kare vidalarda, bir adımın yükseklik ve derinliğin ölçüleri eşittir, bu eşitlikten;

$$d_o = d - \frac{h}{2} = 25 - \frac{5}{2} = 22,5 \text{ mm} \quad (4.8)$$

$$T_{yukarı} = \frac{F}{2} \cdot d_o \left( \frac{h + \pi \mu_{gc} d_o}{\pi d_o - \mu_{gc} h} \right) \quad (4.9)$$

$$= \frac{700}{2} \cdot 0,0225 \left( \frac{0,005 + \pi \cdot 0,075 \cdot 0,0225}{\pi \cdot 0,0225 - 0,075 \cdot 0,005} \right) = 1,28 \text{ Nm}$$

$$T_{aşağı} = \frac{F}{2} \cdot d_o \left( \frac{\pi \mu_{gc} d_o - h}{\pi d_o + \mu_{gc} h} \right) \quad (4.10)$$

$$= \frac{700}{2} \cdot 0,0225 \left( \frac{\pi \cdot 0,075 \cdot 0,0225 - 0,005}{\pi \cdot 0,0225 + 0,075 \cdot 0,005} \right) = 0,037 Nm$$

$$T_{\text{somun}} = \frac{F \mu_{gc} H}{2} \quad (4.11)$$

$$= \frac{700 \cdot 0,075 \cdot 0,032}{2} = 0,84 Nm$$

Buradan;

$$T_{\text{kaldırma}} = T_{\text{yukarı}} + T_{\text{somun}} = 1,28 + 0,84 = 2,12 Nm \quad (4.12)$$

$$T_{\text{indirme}} = T_{\text{aşağı}} + T_{\text{somun}} = 0,037 + 0,84 = 0,877 Nm \quad (4.13)$$

Toplam verim;

$$e = \frac{T_o}{T_{\text{kaldırma}}} = \frac{Fh}{2\pi T_{\text{kaldırma}}} = \frac{700 \cdot 0,005}{2 \cdot \pi \cdot 2,12} = 0,26 \quad (4.14)$$

### 5.3. Arka Ağırlık Hareketi İçin Motor Seçim Hesabı

Vida konumu EK18'de gösterildiği gibi yataydır. Delrin tekerleklerin içinde rulman olduğundan ve yalnızca dönme hareketi yaptığından sadece somun ile mil arasındaki sürtünme kuvveti iş yapmaktadır. İleri ve geri hareket esnasında aynı kuvvetler olacağından tek bir hesap yapılacaktır. Rulman içi sürtünmeler çok küçük değerler olduğu için dikkate alınmamıştır.

Kare Vida Ölçüleri;

Mil Çapı:  $d = 20 \text{ mm}$

Mil vida adımı:  $h = 5 \text{ mm}$

Somun yüksekliği:  $H = 32 \text{ mm}$

Somun sürtünme katsayısı (gresli bronz)  $\mu_{gb} = 0,16$

Öncelikle vidanın ortalama çapı hesaplanır;

$$d_o = d - \frac{h}{2} = 20 - \frac{5}{2} = 17,5 \text{ mm} \quad (4.8)$$

$$T_{ileri} = T_{sorumun} = \frac{F\mu_{gb}H}{2} = \frac{49,1 \cdot 0,16 \cdot 0,032}{2} = 0,126 \text{ Nm} \quad (4.11)$$

$$e = \frac{T_o}{T_{ileri}} = \frac{Fh}{2\pi T_{sorumun}} = \frac{49,1 \cdot 0,005}{2 \cdot \pi \cdot 0,126} = 0,31 \quad (4.14)$$

Yukarıdaki sonuçlara göre yapılan araştırma sonucu, teknik bilgisi EK-2’de bulunan 3Nm torka sahip redüktörlü DC motorda karar verilmiştir. Tekerlek motorları 24 V olduğundan bu iki motor da aynı voltaj değerlerinde seçilmiştir.

Arka ağırlığın ilerleme hızının yavaş olması istendiğinden düşük hızlı redüktör uygun görülmüştür.

Seçilen redüktörlü motorlara göre kaldıraç ve arka ağırlık hızı hesabı;

Kaldıraç redüktörünün dakikadaki devri;

$$n_k = 193 \text{ d/d} \quad \text{olmak üzere;}$$

$$V_{kaldıraç} = n_k \cdot h \quad (4.15)$$

$$= 193 \cdot 0,005$$

$$\cong 1 \text{ m/dk}$$

Arka ağırlık redüktörünün dakikadaki devri;

$$n_a = 93 \text{ d/d} \quad \text{olmak üzere;}$$

$$V_{ağırlık} = n_a \cdot h \quad (4.15)$$

$$= 93 \cdot 0,005 \cong 0,5 \text{ m/dk}$$

şeklinde yapılır.

## 6. TASARIM

Çok yönlü hareket edebilen forklift prototipi genel olarak 4 ana unsurdan oluşmaktadır:

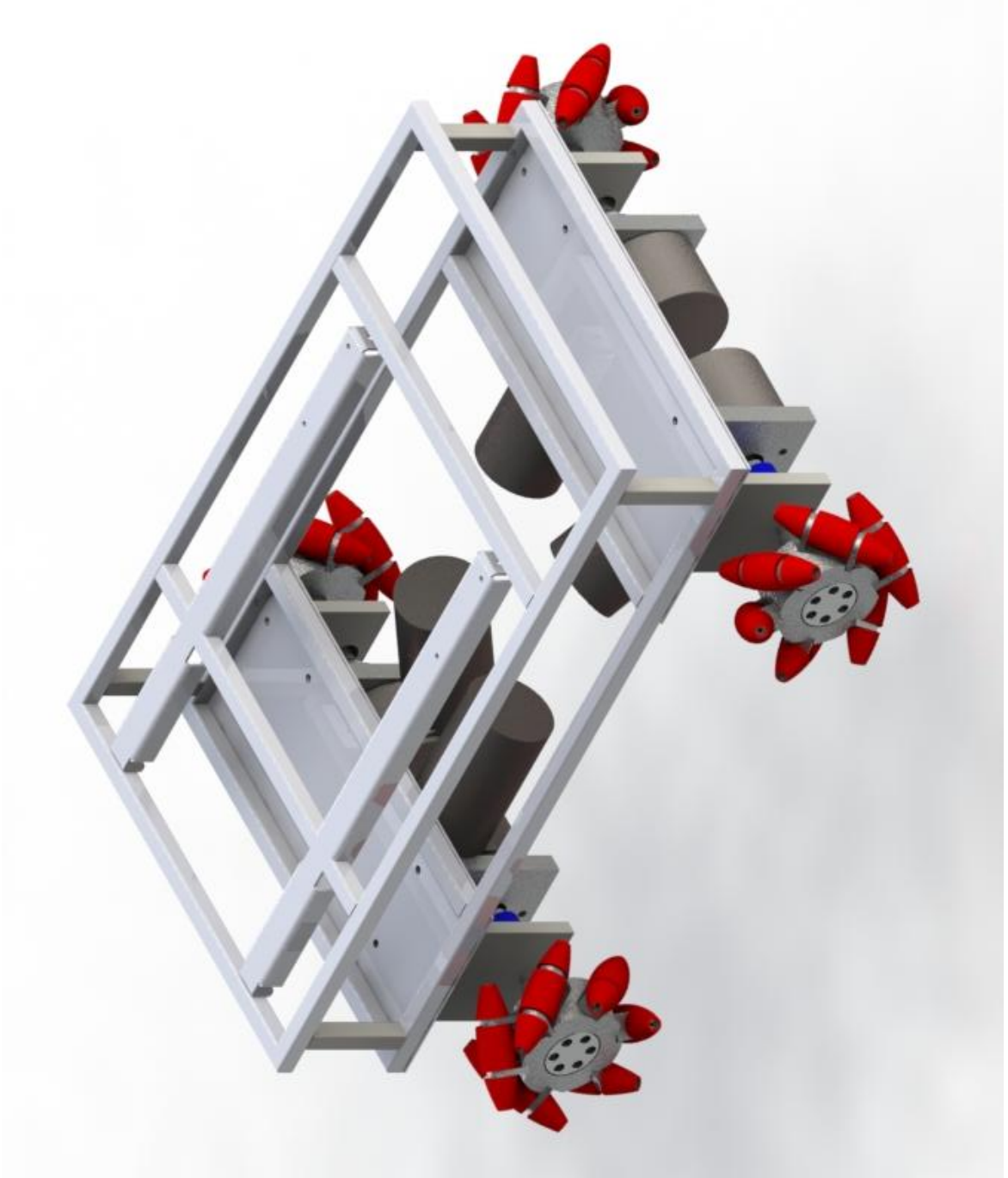
1. Ana hareket modülleri :Şase ve tekerlekleri içerir
2. Kaldıraç modülü :Ön kısımdaki tırnaklar ve destek parçalar
3. Arka ağırlık modülü :Aracın dengesi için hareketli parça
4. Kontrol ünitesi :PIC, Aküler gibi elektriksel parçalar

### 6.1. Ana Hareket Modülleri

Bütün parçaların bağlandığı gruptur. Şasenin altında redüktörlü motor, motor plakası, tekerlek, tekerlek plakası, rulman ve kaplından oluşan 2 adet modül bulunmaktadır. Redüktörlü motorlar tek yönlüdürler. Forkliftte sağ ve sol yönde ikişer adet kullanılması gerekmektedir. Motorlar büyük oldukları için, düz şekilde şasenin altına sığmamaktadır. Bu sorun iki motorun duruş açılarını  $60^\circ$  çevirerek çözülmüştür (Resim 6,1). Motorların torku yüksek olduğu için miller kaplinleri sıyrabilmektedir. Kaplinlere setscrew civataları uygulandı millere de civatalara uygun havşa oyuğu açıldı. Tekerlekler, araca yukarıdan bakıldığında çapraz olarak aynı doğrultuda ve bu çapraz doğrultuların merkezi de aracın merkezinde olmalıdır. Üst şase ise hem elektriksel ünitelere koruma hem de kaldırma ve arka ağırlık modüllerine bağlantı noktası oluşturmaktadır. Gerektiğinde yerinden sökülebilmesi için civatalı yapılmıştır (Muir ve Neuman, 1986).

Silindirik ruloların tasarımında en büyük zorluk, EK-25'te görüldüğü gibi teker merkez eksenini doğrultusunda bakıldığında, ruloların tam bir daire oluşturması gerekliliğidir. Ruloların tekerlek jantına sabitlenmesi için U şeklinde her iki ucunda rulman yatakları olan, rulmanları sabitlemesi için segman kanalları ve 3 parça ruloyu birbirine bağlayan milden oluşan bir sistem düşünülmüştür. U parçaların amacı herhangi birine zarar geldiği takdirde silindirik ruloların değiştirilebilir olmasıdır.

Ruloların içinden ST37 malzemedeki borular geçirildi ve her iki taraftan çıkıntılı tasarlandı. Bu çıkıntılar, rulman alınlarına bastırarak ruloların sıkışması engellendi. Ayrıca mil uzunluğu her iki taraftan içeride kalacak şekilde ayarlandı. Arada kalan boşluk ruloların sıkırma payıdır. Ana şase teknik resmi EK-17'de gösterilmiştir.



**Resim 6.1.** Ana hareket modülleri

## 6.2. Kaldıraç Modülü

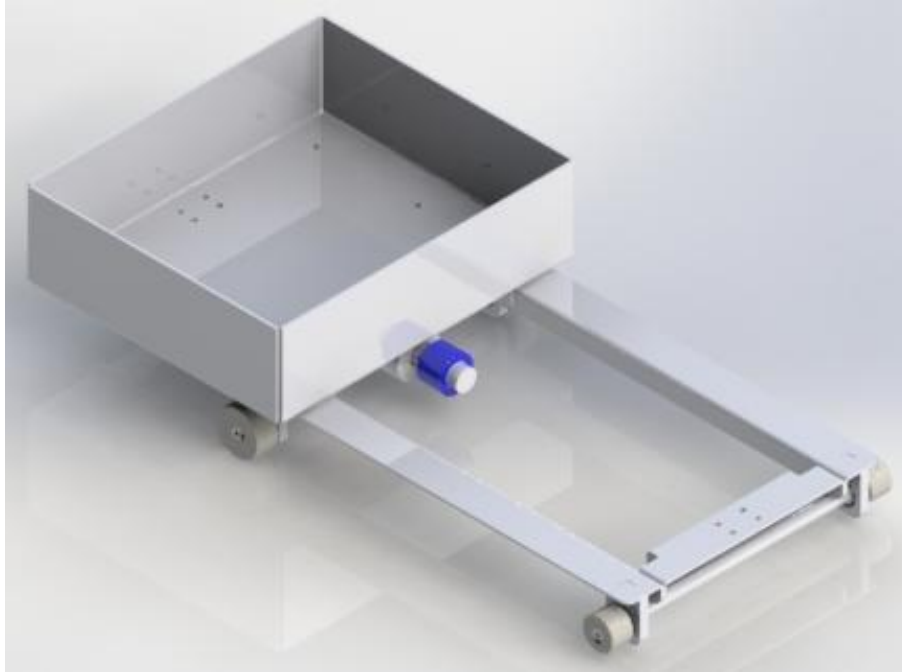
Seçilen kare vidaya göre yapılan tork hesabı sonucu seçilen redüktörlü motora uygun şekilde bir kaldıraç modülü tasarlanmıştır (Resim 6.2). Kare vidanın ve diğer aksamların motor miline baskı uygulamaması için kare vida altına 51200 aksenal sabit bilyalı rulman uygulanmıştır. Vidanın üst kısmında ise vidayı sabitlemek için 6002 rulman bulunmaktadır. Vidanın her iki tarafında Ø16 mm'lik krom kaplı mil bulunmaktadır. Millerin üzerinde kaldıraçın tırnaklarının bulunduğu bloğu tutması için 4 adet SCE UU 16 modelinde lineer yatak bulunmaktadır. Vida ile motor milinin arasındaki tahrik geçişi ise 14 lük kaplin ile sağlanmıştır. Sistemde bulunan, 2 adet tırnağın statik analiz detayı EK-4'te gösterilmiş olup, aracın 40kg yükte, L olan parçaların yalnız kullanılması halinde yalnızca boşta kalan (alt) kısımda kabul edilebilir oranda esneme ve güvenlik faktörünün 4,8 olacağı görüldü. Aksenal sabit bilyalı rulmanın teknik özellikleri EK-5'te, lineer yatağın teknik özellikleri EK-6'da gösterilmiştir. Kaldıraç modülü teknik resmi EK-3'te gösterilmiştir.



**Resim 6.2.** Kaldıraç modülü

### 6.3. Arka Ağırlık Modülü

Yapılan hesaplamalar sonucu seçilen redüktöre göre oluşan tasarımda kare vida somununun bronzdan imal edilmesi uygun görülmüştür. Teknik resmi EK-28’de görülen parça bronz parça, ağırlık haznesinin altına uygun olacak şekilde işlendi. Arka ağırlığın dışarı ve içeri hareket edebilmesi için tekerleklerin olabildiğince ön tarafa yakın yapılması gerekmektedir. Bu nedenlerden dolayı modülün ön tarafına ek çıkıntılar yapıldı ve ön tekerlekler çıkıntıların ucuna bağlandı. Arka tekerlekler ise haznenin uç tarafına takıldı. Ağırlık haznesi merkezi bu dört tekerleğin dışında olduğu için modül arkaya doğru yatma eğilimindedir. Bu sorun ise ön tekerleğin üzerine şaseye bağlantılı raylar yapılarak çözüldü. Ön tekerlekler alt yüzeye sürtmemesi için küçültüldü, buna karşılık modül dengesinin bozulmaması için ön tekerlek merkezleri yükseltilerek ön ve arka tekerleklerin üst teğet çizgileri yatay konumda çakışık hale getirildi. Tekerlek malzemelerinin imalatı için, mekanik özellikleri ve maliyeti açısından son derece uygun olan delrin kullanıldı. Yine millere 6002 rulman takıldı. Yerlerinden çıkmamaları için millere segman takıldı. Delrinin mekanik özellikleri EK-7’de gösterilmiştir. Teknik resmi EK-18’de gösterilen modülün görünüşü Resim 6.3’te gösterilmiştir.



**Resim 6.3.** Arka ağırlık modülü

#### 6.4. Kontrol Ünitesi

Araçta 12 adet 12 V 7A akü bulunmaktadır. Seçilen motorlar 24 V olduğu için aküler 2li gruplar halinde seri bağlanarak 6 Adet 24 V 7 A elde edildi. Gruplar da paralel bağlanarak 24 V 42 A güç sağlandı. Bu hesaptan araçta yaklaşık olarak 1 kW güç bulunmaktadır.

Motorlar otobüs sileceklerinde kullanıldığı için şaselerinde eksi kutup bulunmaktadır. Motorların hepsi aynı yönlü çalıştırıldığında normal değerlerinde dönmektedirler. Ancak ters yönlü dönüş hareketinde pozitif ve negatif kutuplar birbirlerini nötrleyip motorların çalışmasına engel olmaktadır. Şase bağlantısını söktüğümüzde her motor farklı değerde akım çekmektedir. Bu sorunun çözümü ise motorları yalıtımdır. Araçta motor bağlantı plakalarının ana şaseye temas ettiği yüzeyleri ve birbirleri arasındaki bağlantı cıvataları, temas yüzeylerine elektrik bandı sarılarak yalıtıldı. Böylece her motorun kendi devresinde çalışması sağlandı. Motorlar tek yönlü çalışması için tasarlandığından ileri dönüşlerde 2 A geri dönüşlerde 3,5 A akım çekmektedir. Aradaki 1,5 Amperlik akım tekerlek devirlerinde gözle görülemeyecek kadar farklılığa neden olmaktadır. Aracın tasarımında sağ ön ve arka motorlar bir yöne, sol ön ve arka motorlar tersine konumlandırılmıştır. Yani araç hareketi sırasında sağdaki tekerlekler ile soldakiler arasında ufak bir devir farklı bulunmaktadır. Bu fark araç hareketlerinden sağa-sola-çaprazlara-kendi etrafında dönüşlere bir sıkıntı oluşturmamaktadır. Ancak ileri ve geri hareketlerde bir yöne doğru hafifçe dönmeye çalışmaktadır. Gerçekte olması gereken servo motorlar kullanılması durumunda bu sorun da ortadan kalkacaktır. Araçta 20 amperlik sigorta mevcuttur.

Araç uzaktan kumanda ile kontrol edilmektedir. El kumandasında verici ve ana kontrol ünitesinde alıcı mevcuttur. Uzaktan kumandada bulunan butonların her biri bir hareketi temsil etmektedir. Burada oluşan sinyaller verici tarafından araçtaki alıcıya iletilir. Alıcı ise mikrodenetleyiciye iletir.

Kontrol ünitesinde PIC16F628 adı verilen mikrodenetleyici kullanılmıştır. PIC16F628 ismini İngilizce '*Peripheral Interface Controller*' kelimesinin baş



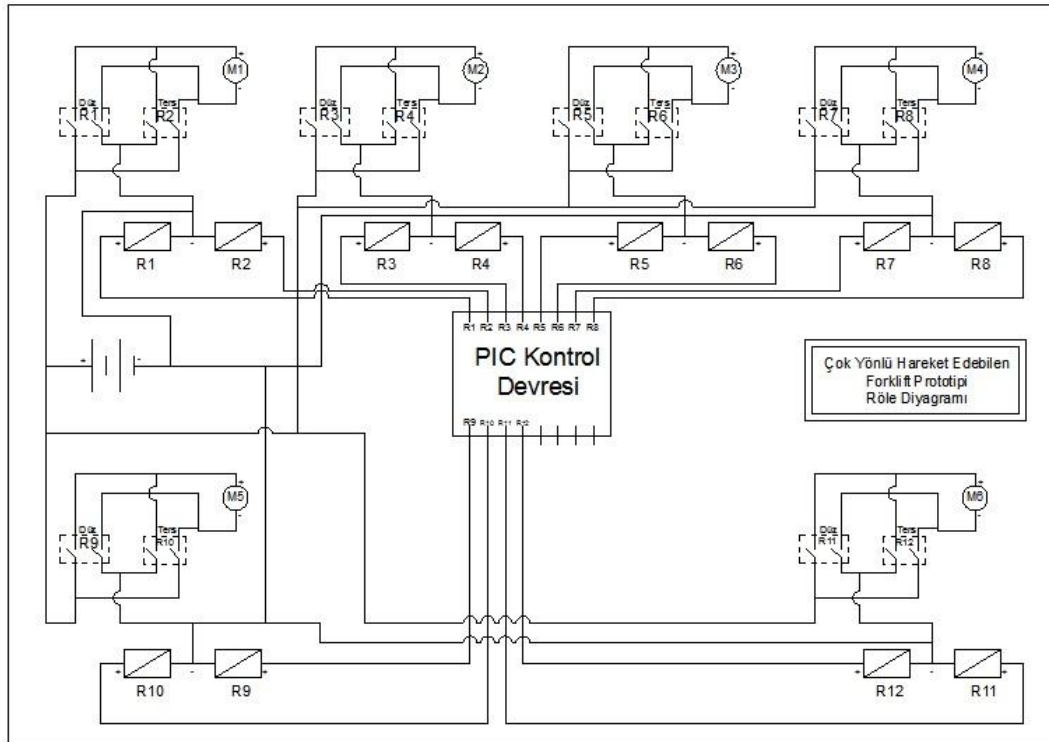
harflerinden alır. RISC (Reduced Instruction Set Computer) mimarisi adı verilen bir yöntem kullanılarak üretildiklerinden bir PIC16F628'i programlamak için kullanılacak komutlar oldukça az ve kolaydır. Bir tasarım yöntemi plan RISC mimarisindeki temel düşünce, daha kolay ve az sayıda komut kullanılmasıdır. Bir programlayıcı yardımıyla hangi sinyal ile hangi hareketi yapacağını yazılımı PIC modülüne girilir. Araçta toplam 14 farklı hareket bulunmaktadır. Her hareket için ayrı bir yazılım satırı mevcuttur. Bu satırlar ise kumandadan gelen sinyal ile mikrodenetleyiciden geçer ve istenilen röleleri çalıştırarak motorların dönmesi sağlanır.

Araçta toplamda 6 adet redüktörlü motor bulunmaktadır. Her redüktör için de ileri ve geri hareketini kontrol edebilmek için 2'şer adet röle bulunmaktadır. Rölelerin her biri ana kontrol ünitesinden gelen sinyallere göre açılarak akülerden gelen enerjiyi motorlara göndermektedir. Kontrol ünitesinde her bir röle için bir adet led lamba bulunmakta ve böylece hangi röleye sinyal gittiği görülmektedir.

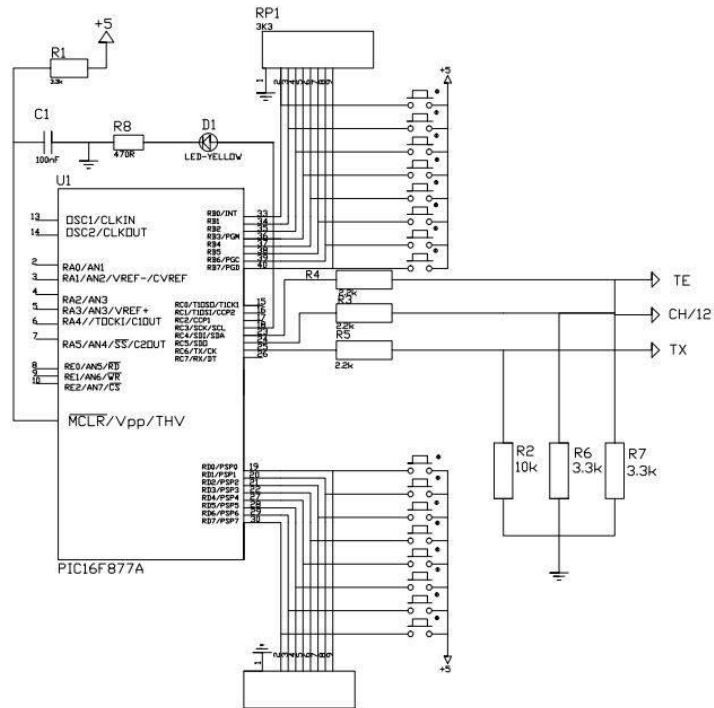
Araçta uyarı amacı ile forkliftlerde kullanılan flâşör sinyal bulunmaktadır. 12 V ile çalışan bu ürün otomobillerde kullanılan flâşörün bağlanması ile oluşturuldu. Flâşördeki X ucuna akülerin birinden + ucu bağlandı. L ucu ise önce lambaya sonrasında bir anahtara, anahtardan sonra ise aynı akünün – ucuna bağlandı. Böylece anahtara basıldığında lambanın yanıp sönmesi sağlanmıştır.

Aküleri şarj etmek için, araca voltajı ayarlanabilir adaptör sistemi entegre edildi. Adaptörün çıkışlarına anahtar amaçlı ve geri besleme olmaması için sigorta takıldı. Dış enerji bağlantısı ise aracın hemen dışına konumlandırılan priz ile yapılmıştır.

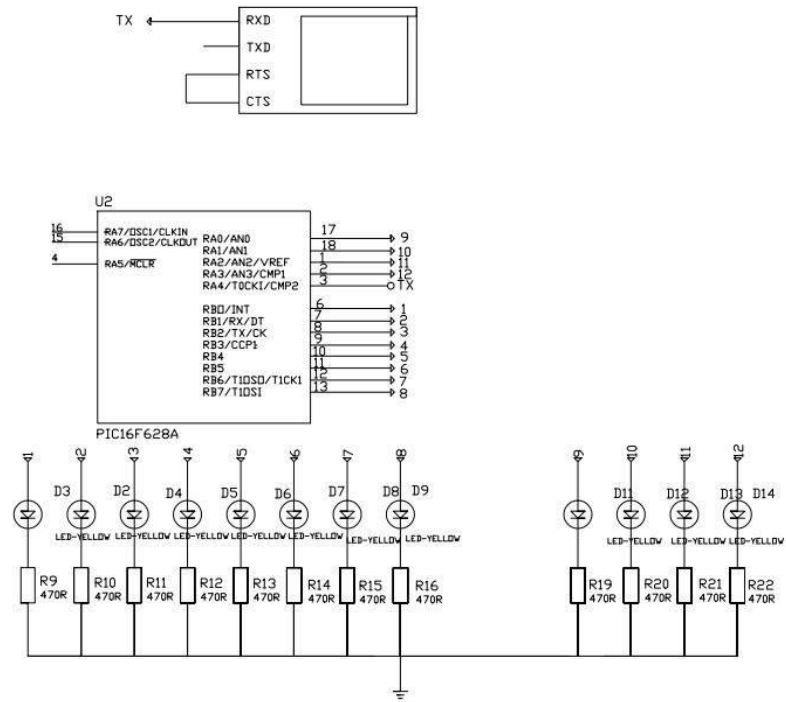
PIC kontrol devresi Şekil 6.1'de gösterilmiştir. Mikro denetleyici bağlantı şeması Şekil 6.1, Şekil 6.2 ve Şekil 6.3'te gösterilmiştir. Motor dönüş yönlerine göre araç hareketleri Çizelge 6.1'de gösterilmiştir (Huang ve Lim, 2004).



Şekil 6.1. PIC kontrol devresi - Röle bağlantı şeması



Şekil 6.2. Mikro denetleyici - Araç üzeri



Şekil 6.3. Mikro denetleyici - Uzaktan kumanda

**Çizelge 6.1.** Motor dönüş yönlerine göre araç hareketleri

Hareket No	Araç Hareketi	Motor	Motor Çalışması
1	İleri	1	Saat Yönünde
		2	Saat Yönünde
		3	Saat Yönünde
		4	Saat Yönünde
2	Geri	1	Saat Yönünün Tersî Yönde
		2	Saat Yönünün Tersî Yönde
		3	Saat Yönünün Tersî Yönde
		4	Saat Yönünün Tersî Yönde
3	Sağa	1	Saat Yönünde
		2	Saat Yönünün Tersî Yönde
		3	Saat Yönünde
		4	Saat Yönünün Tersî Yönde
4	Sola	1	Saat Yönünün Tersî Yönde
		2	Saat Yönünde
		3	Saat Yönünün Tersî Yönde
		4	Saat Yönünde
5	Kendi Merkezi Etrafında Dönme Saat Yönünde	1	Saat Yönünde
		2	Saat Yönünün Tersî Yönde
		3	Saat Yönünün Tersî Yönde
		4	Saat Yönünde
6	Kendi Merkezi Etrafında Dönme Saat Yönünün Tersî	1	Saat Yönünün Tersî Yönde
		2	Saat Yönünde
		3	Saat Yönünde
		4	Saat Yönünün Tersî Yönde
7	45° Sağa-İleri	1	Stop
		2	Saat Yönünde
		3	Stop
		4	Saat Yönünde

**Çizelge 6.1. (Devam) Motor dönüş yönlerine göre araç hareketleri**

8	45° Sola-Geri	1	Stop
		2	Saat Yönünün Tersi Yönde
		3	Stop
		4	Saat Yönünün Tersi Yönde
9	45° Sağa-Geri	1	Saat Yönünün Tersi Yönde
		2	Stop
		3	Saat Yönünün Tersi Yönde
		4	Stop
10	45° Sola-İleri	1	Saat Yönünde
		2	Stop
		3	Saat Yönünde
		4	Stop
11	Kaldıraç Yukarı - Aşağı	6	Kumandadan Kontrol
12			
13	Arka Ağırlık İleri-geri	5	Kumandadan Kontrol
14			

## 7. İMALAT

### 7.1. Tekerlekler

Rulolar teknik bilgileri EK-8’de verilen 90shore poliüretan malzemedan imal edilmiştir. EK-9’da teknik resmi gösterilen rulo sabitleme milleri imalat çeliğinden üretilmesi halinde nasıl sonuç alınacağı analiz edilmiştir. Sonuç olarak her bir mile, uç kısmından uygulanan yaklaşık 20 kg’lık bir yük varsaydığımızda 2,7 güvenlik faktörü ile uygulamaya uygun olduğu görülmüştür. Ruloların sabitleme milinin mukavemet analizleri EK-10’da gösterilmiştir. Rulo sisteminde bulunan U parçalar ve teker ana jantı(EK-19, EK-20) talaşlı imalata uygunluğu ve mekanik özellikleri göz önüne alınarak, 6082 alüminyum malzemedan imal edilmiştir. 6082 alüminyum malzemenin teknik özellikleri EK-11’de verilmiştir. Teker ana mili ST-37 çelikten imal edilmiştir (EK-13). Aracın 200 kg olduğu varsayımı üzerinden yapılan değerlendirmede ST37 (Kullanılan program malzemelerinde AISI 1020’ye tekabül eder) malzemedan üretilen millerin 3,2 güvenlik faktörü ile pratiğe uygunluğu görüldü. ST-37 malzemenin teknik özellikleri EK-12’de, milin analizleri EK-14’de bulunmaktadır. Tekerlek sisteminde bulunan bütün parçalar Resim 7.1, Resim 7.2, Resim 7.3’te gösterilmektedir.



**Resim 7.1.** Tekerlek



**Resim 7.2.** Tekerlek parçaları



**Resim 7.3.** Tekerlek ana milleri

## **7.2. Ana Şase**

Ana şase 30x30x2 mm kare profilden imal edilmiştir. Redüktörlü motorların ve tekerleklerin bağlı olduğu plakaların teknik resimleri EK-26, Ek-27'de gösterilmiştir.

## **7.3. Arka Ağırlık Modülü**

Arka Ağırlıkta kullanılan bronz kare somunun malzeme özellikleri EK-15'te verilmiştir. Bu ürünlerin teknik resimleri EK-28'de gösterilmiştir.

## **8. SONUÇ ve ÖNERİLER**

'Çok yönlü hareket edebilen forklift prototipi imalatı' tez çalışmasında geleceğe yönelik önemli edinimler gerçekleşmiştir. Bu çalışma sonucunda 'Çok Yönlü Hareket Edebilen Forklift' adı altında patent başvurusu yapılmıştır. Türkiye içinde patenti alındı, yurtdışı araştırmaları devam etmektedir. ECN-35 isimli çok yönlü hareket edebilen forklift prototipinin teknik resmi EK-29 'da ve üretilen araç Resim 8.1'de görülmektedir. Bu projede gerek tasarım ve hesaplamalar, gerek imalat, gerek ürün seçimi ve temin edilmeleri konularında oldukça faydalı bilgiler ve tecrübeler edinildi. Bir araç tasarımında kontrol ünitelerinin en az mekanik aksam kadar önemli ve bilinmesi gereken konular olduğu görülmüştür.





**Resim 8.1. ECN-35**

**KAYNAKLAR**

- Diegel, O., Badve, A., Bright, G., Potgieter, J., Tlale, S., 2002. Improved mecanum wheel design for omni - directional robots. Australasian Conference on Robotics and Automation, 27-29 November, Auckland, 117-121.
- Ferriere, L., Raucent, B., Campion, G., 1996. Design of omni- mobil robots wheels. International Conference on Robotics and Automation, April, Minnesota, 3664-3670.
- Hayes, M.J.D., Langlois, R.G., 2005. Report For Atlas: A Novel Kinematic Architecture For Six DOF Motion Platforms. Department of Mechanical & Aerospace Engineering, Carleton University, Canada, 701-710.
- Huang, L., Lim, Y.S., Li, David, Teoh, C.E.L., 2004. Design and analysis of a four-wheel omnidirectional mobile robot. 2nd International Conference on Autonomus Robots and Agents, 13-15 December, 425-428.
- Koyaş, E., Saraç, M., Erdoğan, A., Patoğlu, V., Çetin, M., 2013. Sonsal Olasılık Değerleri ile Bba Tabanlı Üst Uzuv Rehabilitasyon Sistemi Kontrolü. Lisans Tezi, Sabancı Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İstanbul.
- Muir, P.F., Neuman, C.P., 1986. Kinematic Modeling Of Wheeled Mobile Robots. Department of Electrical and Computer Engineering The Robotics Institute Camegie Mellon University, Pennsylvania, 126s.
- Peshkin M.A., Colgate J.E., Wannasuphoprasit, W., Moore, C.A., Gillespie, R.B., Akella, P., 2001. Cobot Architecture, IEEE Transactions on Robotics and Automation, August, 17(4), 377-389.
- Podnar, G.W., 1985. The Uranus Mobile Robot, Robotics Institute, Pittsburg, 127-129.
- Robinson, J.D., Holland, J.B., Hayes, M.J.D., Langlois, R.G., 2006. Velocity-Level Kinematics of the Atlas Spherical Orienting Device Using Omni-Wheels. Department of Mechanical and Aerospace Engineering, Carleton University, Canada, 10p.

- Salih, J.E.M., Rizon, M., Yaacob, S., Adom, A.H., Mamat, M.R., 2006. Omni - directional mobile robot with mecanum wheel. American Journal of Applied Sciences, 3(5), 1831-1835.
- Soygüder, S., Alli, H., 2006. Programlanabilir mantık denetleyici kullanarak PID yöntemi ile robot hız ve konum denetimi. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilim Dergisi, 18(1), 113-121.
- Soygüder, S., Alli, H., 2006. Çok yönlü tekerleklere sahip bir mobil robotun PLC ile denetimi. TİMAK Tasarım İmalat Analiz Kongresi, 26-28 Nisan, Balıkesir, 403-412.
- Soygüder, S., Alli, H., 2006. Çok yönlü tekerleklere sahip bir mobil robotun PLC ile denetimi. TİMAK Tasarım İmalat Analiz Kongresi, 26-28 Nisan, Balıkesir, 482-490.
- Soygüder, S., Alli, H., 2008. Çok yönlü tekerleklere sahip bir mobil robotun tasarımı ve modelinin gerçekleştirilmesi. Celal Bayar Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 4(1), 111-120.
- Wada, M., Mory, S., 1996. Holonomic and omni directional vehicle with conventional tires. International conference on robotics and automation, Minneapolis, Minnesota, April, 3671-3676.
- Yong L., Zhu J., Robert L. Williams II, Wu J., 2007, Omni-directional mobile robot controller based on trajectory linearization. Robotics and Autonomous Systems, 56, 461-479.

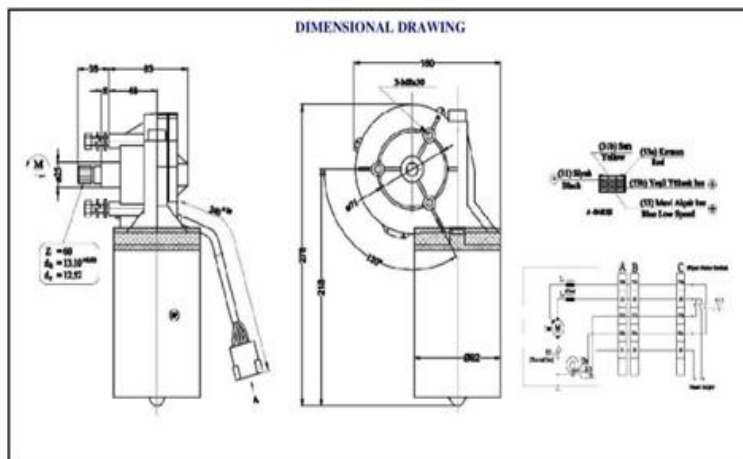
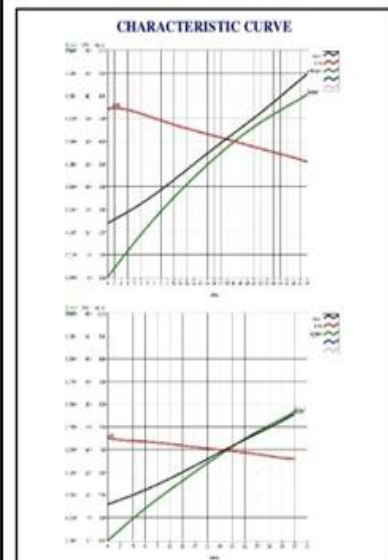
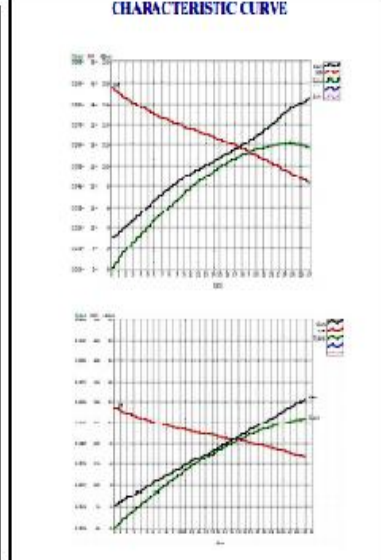
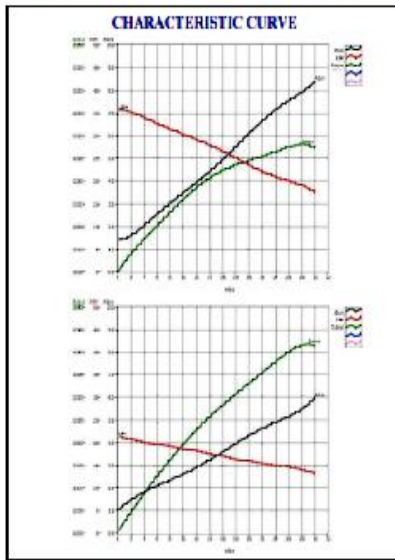
**EKLER**

EK-1. Tekerlekler için seçilen redüktörlü motor

TECNICAL SPECIFICATIONS		
Operating Voltage		24V
Number Of Speed		2
Speed	rpm	27-30 / 17-20
Current	A	5 / 3.2
Torgue	Nm	12
Rotational Direction		C.C.W
IP Class		IP44

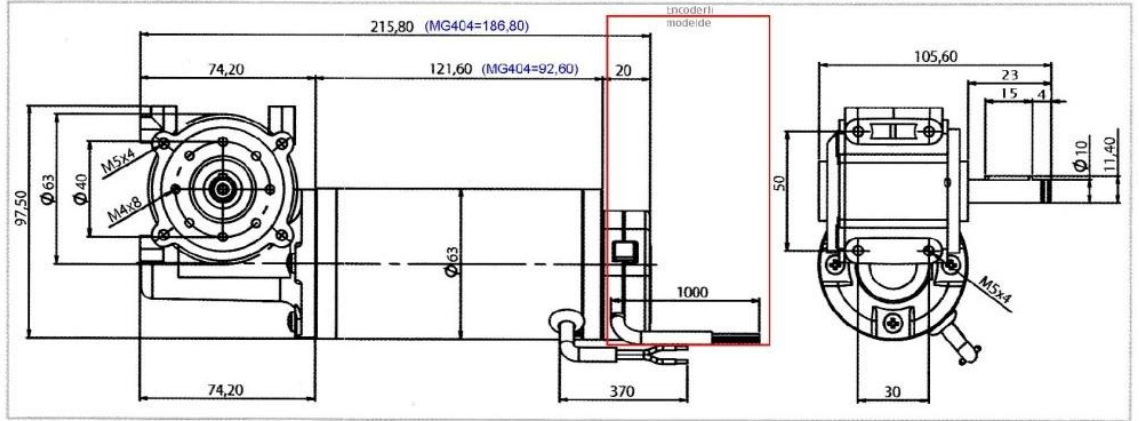
TECNICAL SPECIFICATIONS		
Operating Voltage		12V
Number Of Speed		2
Speed	rpm	40 / 26
Current	A	7.5 / 5.3
Torgue	Nm	10
Rotational Direction		C.C.W
IP Class		IP44

TECNICAL SPECIFICATIONS		
Operating Voltage		24V
Number Of Speed		2
Speed	rpm	30 / 20
Current	A	6.4 / 4.6
Torgue	Nm	20
Rotational Direction		C.C.W
IP Class		IP33



## EK-2. Kaldıraç ve arka ağırlık için seçilen redüktörlü motor

	Voltaj	Anma Gücü	Devir	Akım	Nominal Çalışma Torku	Devir	Akım	Kilitleme Torku	Redüksiyon Oranı	Ağırlık
	V	W	rpm	A	Nm	rpm	A	Nm	i	kg
MG402	24	100	230	0,5	3	193	5	13	15:1	1,300
MG403	24	100	115	0,5	6	93	4,5	20	30:1	1,300
MG404	24	60	115	0,5	2	93	3,5	9	30:1	1,105






## EK-4. Kaldıraç analizi

## Birimler

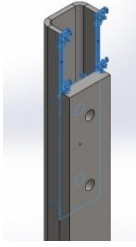
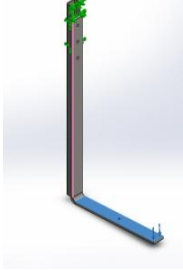
<b>Birim sistemi:</b>	SI (MKS)
<b>Uzunluk/Yer Değişirme</b>	mm
<b>Sıcaklık</b>	Kelvin
<b>Açısal Hız</b>	Rad/sn
<b>Basınç/Stres</b>	N/m <sup>2</sup>

## Malzeme özellikleri

Model Referansı	Özellikler
	Ad: AISI 1020
	Model tipi: İzotropik Doğrusal Elastik Analizi
	Varsayılan hata kriteri: Maks. von Mises Gerilimi
	Akma mukavemeti: $3.5 \cdot 10^8$ N/m <sup>2</sup>
	Gerilme mukavemeti: $4.2 \cdot 10^8$ N/m <sup>2</sup>
	Elastik modül: $2 \cdot 10^{11}$ N/m <sup>2</sup>
	Poisson oranı: 0.29
	Kütle yoğunluğu: 7900 kg/m <sup>3</sup>
	Yırtılma modülü: $7.7 \cdot 10^{10}$ N/m <sup>2</sup>



## EK-4 (Devam). Kaldıraç analizi

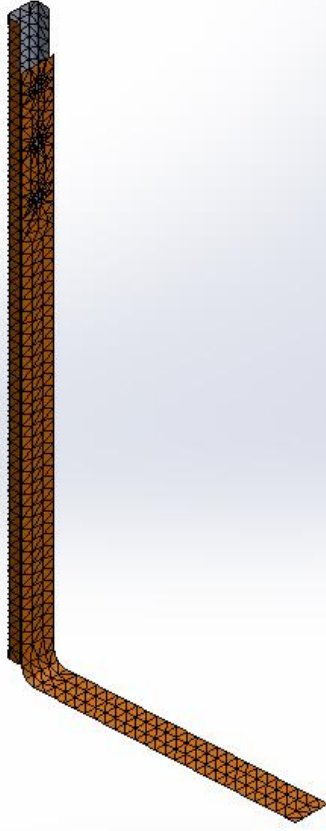
Fikstür ismi	Fikstür Resmi	Fikstür Detayları
Sabitlenmiş-1		<b>Objeler:</b> 3 yüzler <b>Tip:</b> Sabit <b>Geometri</b>
Yük adı	Resim Yükle	Yük Detayları
Kuvvet-1		<b>Objeler:</b> 1 yüzler <b>Tip:</b> Normal kuvvet <b>Değer:</b> 200 N

## Mesh Bilgisi

<b>Mesh tipi</b>	Ara Yüzeyler Kullanarak Kabuk Meshi
<b>Kullanılan Meshleyici:</b>	Standart
<b>Eleman Boyutu</b>	12.69 mm
<b>Tolerans</b>	0.63 mm
<b>Mesh Kalitesi</b>	Yüksek

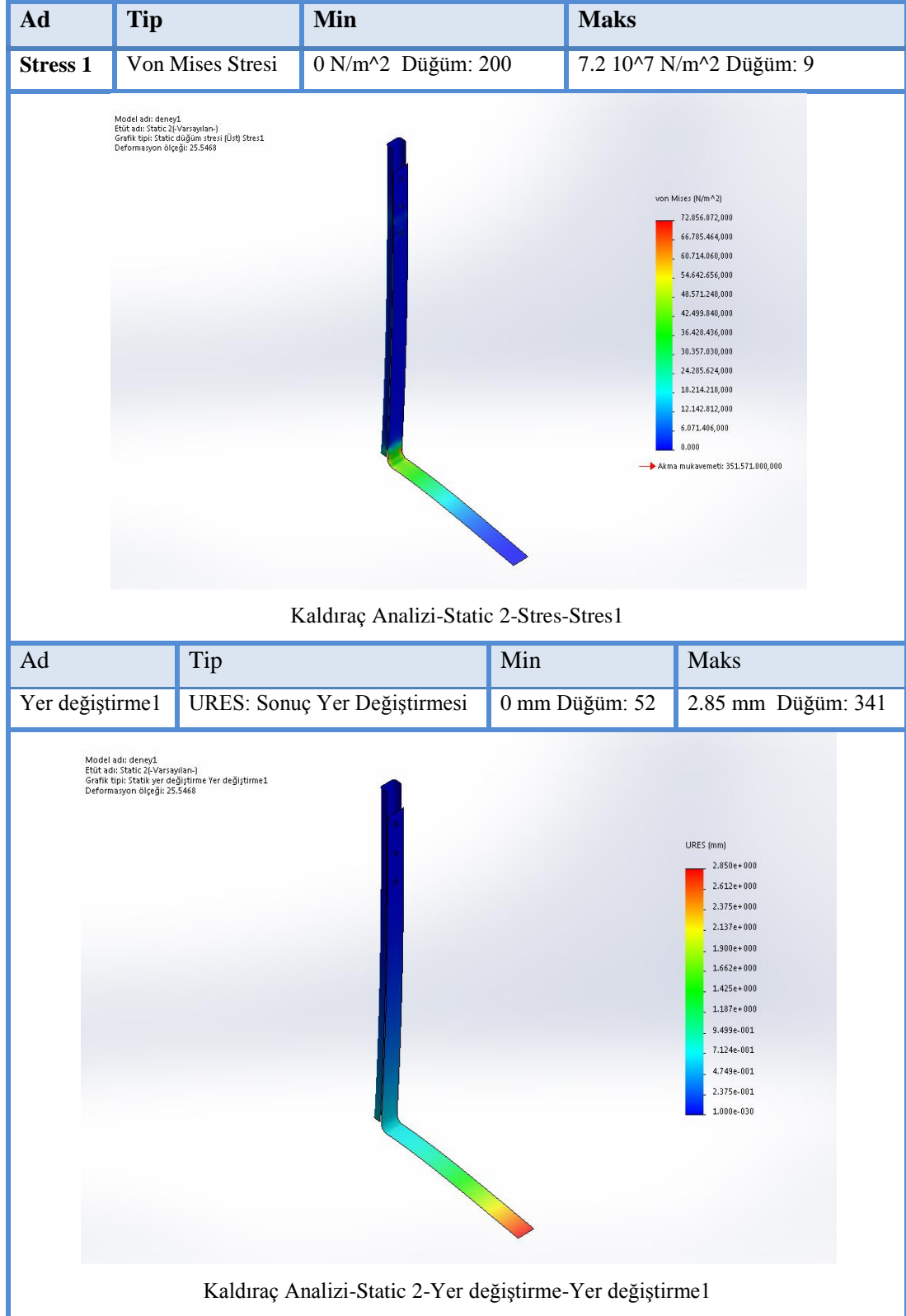
## EK-4 (Devam). Kaldıraç analizi

## Mesh Bilgisi - Detaylar

<b>Toplam Dügüm</b>	2859
<b>Toplam Elemanlar</b>	1270
<p>Model adı: deney1 Etüt adı: Static 2(-Varsayılan-) Mesh tipi: Arayüzeyleri kullanan kabuk meshi</p> 	

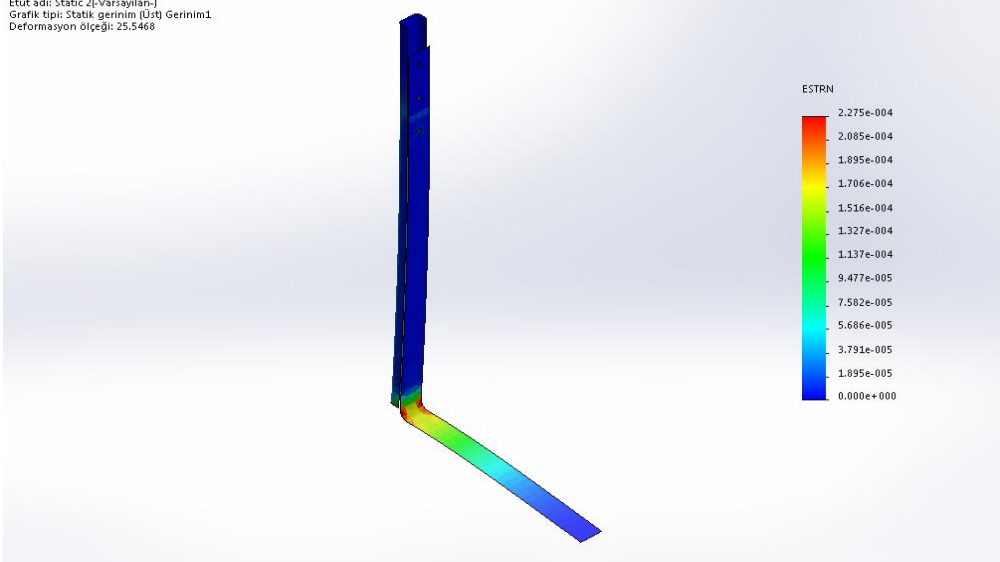
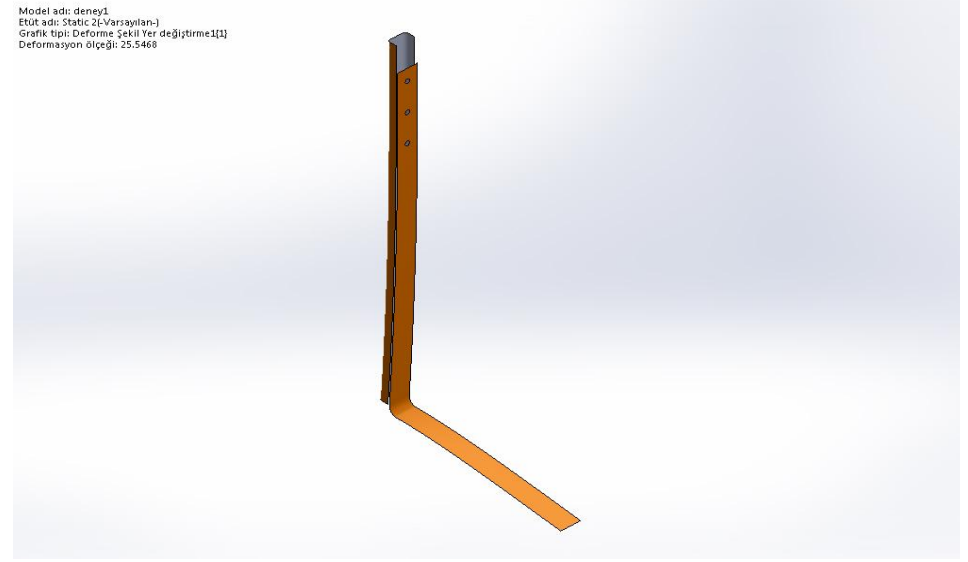
## EK-4 (Devam). Kaldıraç analizi

## Etüt sonuçları



## EK-4 (Devam). Kaldıraç analizi

## Etüt sonuçları

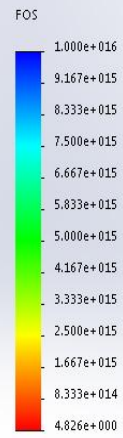
Ad	Tip	Min	Maks
Gerinim1	Eşdeğer Gerilme	0 Eleman: 297	0.0002 Eleman: 423
<p>Model adı: deney1 Etüt adı: Static 2(-Varsayılan-) Grafik tipi: Statik gerinim (Üst) Gerinim1 Deformasyon ölçeği: 25.5468</p>  <p>Kaldıraç Analizi-Static 2-Gerinim-Gerinim1</p>			
Ad	Tip		
Yer değiştirme1 {1}	Deforme Şekil		
<p>Model adı: deney1 Etüt adı: Static 2(-Varsayılan-) Grafik tipi: Deforme Şekil Yer değiştirme1{1} Deformasyon ölçeği: 25.5468</p>  <p>Kaldıraç Analizi-Static 2-Yer değiştirme-Yer değiştirme1 {1}</p>			

## EK-4 (Devam). Kaldıraç analizi

## Etüt sonuçları

Ad	Tip	Min	Maks
Güvenlik Faktörü1	Otomatik	4.83 Düğüm: 9	1 10 <sup>16</sup> Düğüm: 200

Model adı: deney1  
Etüt adı: Static 2(-Varsayılan-)  
Grafik tipi: Güvenlik Faktörü Güvenlik Faktörü1  
Kriter: Otomatik  
Güvenlik faktörü dağılımı: Min FOS = 4.8

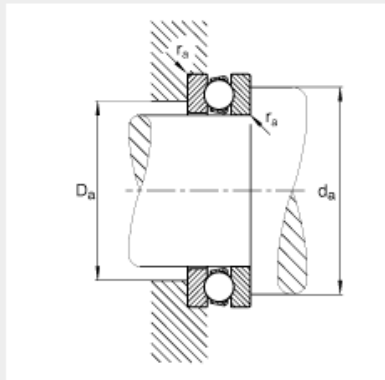
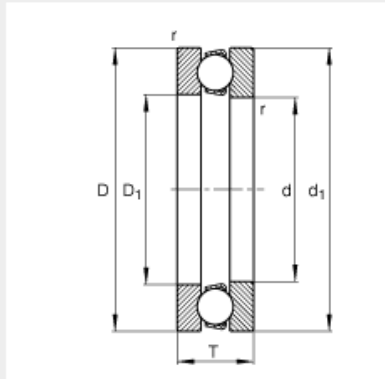


Kaldıraç Analizi -Static 2-Güvenlik Faktörü-Güvenlik Faktörü1

## EK-5. Eksenel sabit bilyalı rulman

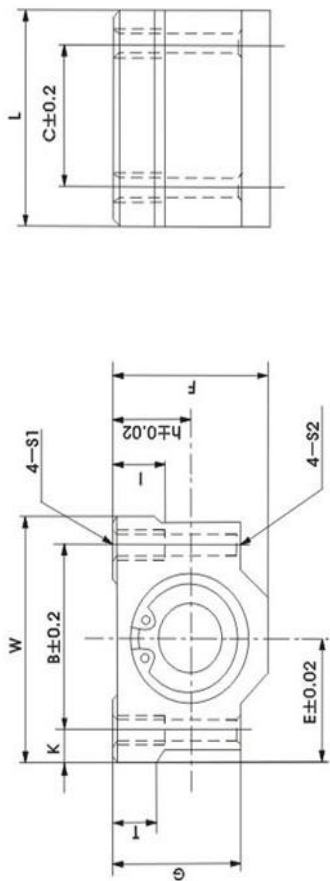
**Eksenel Sabit Bilyalı Rulmanlar 51200**

Ana ölçüler DIN 711/ISO 104'e uygun, tek yönlü, parçalanabilir



<b>d</b>	10 mm	
<b>D</b>	26 mm	
<b>T</b>	11 mm	
<b>D<sub>1</sub></b>	12 mm	
<b>D<sub>a max</sub></b>	16 mm	
<b>d<sub>1</sub></b>	26 mm	
<b>d<sub>a min</sub></b>	20 mm	
<b>r<sub>a max</sub></b>	0,6 mm	
<b>r<sub>min</sub></b>	0,6 mm	
<b>m</b>	0,029 kg	Ağırlık
<b>C<sub>a</sub></b>	12700 N	Dinamik yük katsayısı, eksenel
<b>C<sub>0a</sub></b>	17000 N	Statik yük katsayısı, eksenel
<b>A</b>	0,0020	Minimum yük faktörü
<b>n<sub>G</sub></b>	10900 1/min	Limit devir sayısı
<b>C<sub>ua</sub></b>	760 N	Yorulma yük limiti, eksenel

EK-6. Linear yatak



型号 MODEL NO.	轴径 SHAFT DIAMETER	主要尺寸 MAIN DIMENSIONS											安装尺寸 Mounting dimension					重量 WEIGHT (kg)
		H	E	W	L	F	G	T	B	C	K	S1	S2	I				
SCE 8 UU	8	11	17	34	30	22	18	6	24	18	5	M4	3.4	8	0.052			
SCE 10 UU	10	13	20	40	35	26	21	8	28	21	6	M5	4.3	12	0.092			
SCE 12 UU	12	15	22	44	39	30	24.5	8	33	26	5.5	M5	4.3	12	0.120			
SCE 16 UU	16	19	25	50	44	38.5	32.5	9	36	34	7	M5	4.3	12	0.200			
SCE 20 UU	20	21	27	54	53	41	35	11	40	40	7	M6	5.2	12	0.27			
SCE 25 UU	25	26	38	76	67	51.5	42	12	54	50	11	M8	7	18	0.600			
SCE 30 UU	30	30	39	78	76	59.5	49	15	58	58	10	M8	7	18	0.776			
SCE 40 UU	40	40	51	102	90	78	62	20	80	60	11	M10	8.7	25	1.590			
SCE 50 UU	50	52	61	122	110	102	80	25	100	80	11	M10	8.7	25	3.340			
SCE 60 UU	60	58	66	132	137	114	94	30	108	90	12	M12	10.7	25	4.80			

EK-7. Delrin özellikleri

**ÖZELLİKLER (Kullanıcılara birçok özellik sağlar)**

- Boyutsal dayanıklılık
- Yüksek mekanik sağlamlık ve bükülmezlik
- Diğer plastiklerin karşılayamayacağı, sürekli azalıp, artan yükler veya sıcaklıklar altındaki sağlamlığı
- Yağlama yapılmadan bile en iyi yatak özellikleri
- Yüksek elastikiyet
- İyi elektrik yalıtma özelliği
- Düşük su emme (absorbsiyon) özelliği
- Sıcaklık direnci (-50, +160°C)

**ÖZELLİKLER**

**a) Isı Özellikleri**

- |                            |  |
|----------------------------|--|
| 1) Ergime Noktası          | : 175°C                                    |
| 2) Akma Noktası            | : 182°C                                    |
| 3) Isı Geçirgenliği        | : $5,5 \times 10^4$ Cal/cm <sup>2</sup> °C |
| 4) Isı Genleşme Kat Sayısı | : $1 \times 10^4$ °C                       |
| 5) Özgül Isısı             | : 0,35 Cal/gram/°C                         |

**b) Fiziki Özellikleri**

- |                       |   |
|-----------------------|---|
| 1) Özgül Ağırlığı     | : 1,42 gram/cm <sup>3</sup>                         |
| 2) Rockwell Sertliği  | : M94, R 120 (ASTM No.D 785)                        |
| 3) Sürtünme Katsayısı | : 0,1 – 0,3 (23°C - 121°C)<br>Basınca ve hıza bağlı |

**c) Elektrik Özellikleri**

- |                        |  |
|------------------------|--|
| 1) Dielektrik Sabitesi | : 3,7 (50% İzafi Rutubet)<br>(23°C, 10 <sup>2</sup> , 10 <sup>6</sup> , CPS) |
|------------------------|--|

**d) Kendiliğinden Yanma Noktası** : 375°C

**e) Yanma Noktası** : 375°C

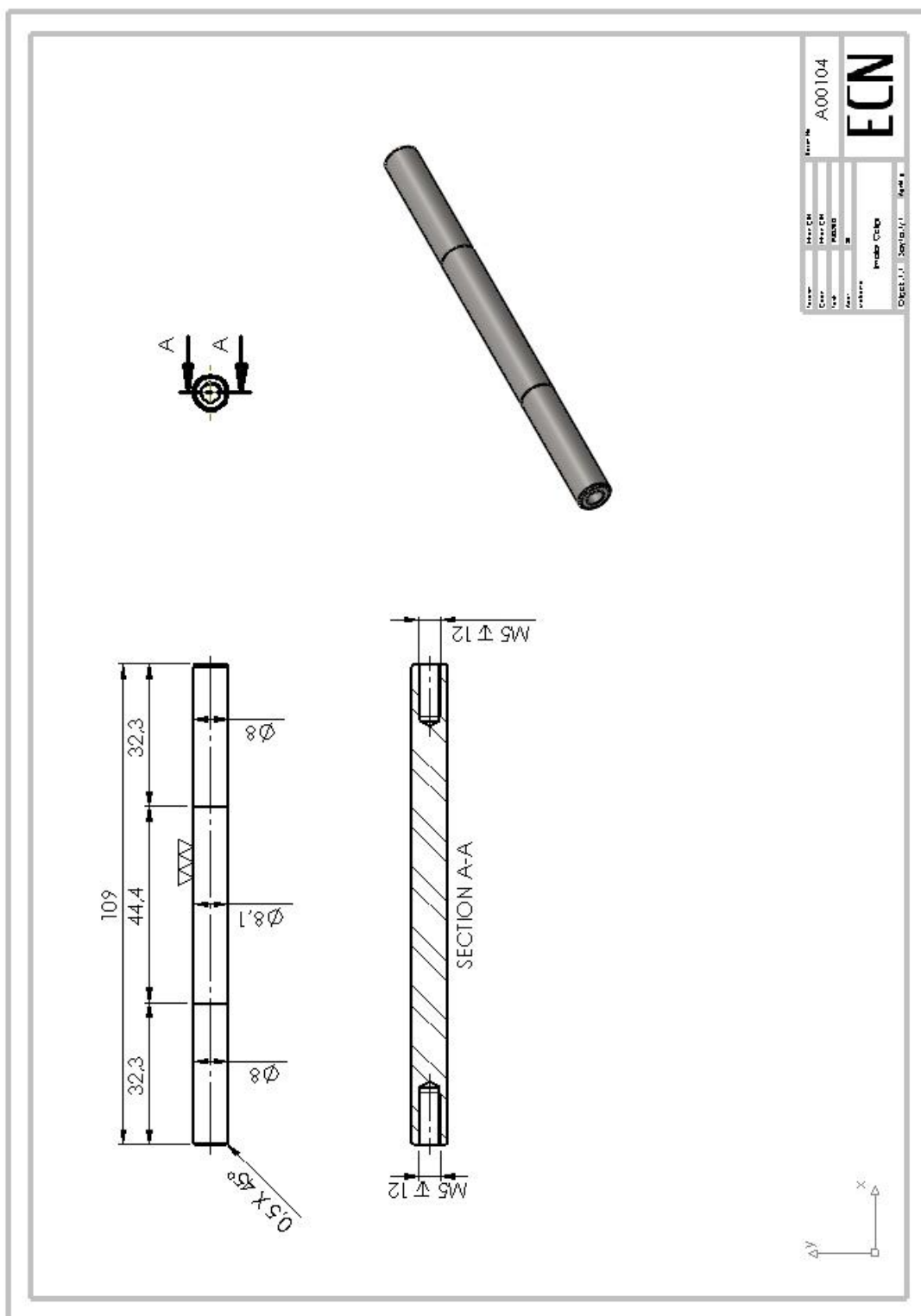


## EK-8. Poliüretan malzeme özellikleri

Dış Çap	Delik Çapı	Yük/Kg	Esname Max.Çapı	Esname Max.Boy
16	6,5	226	20	3
		218		5
		212		5
		208		6,25
		200		8
20	8,5	334	25	3
		330		5
		324		5
		320		6,25
		308		8
25	10,5	540	31	4
		530		5
		520		6,25
		510		8
		50		10
		480		12,5
32	13,5	930	40	4
		900		5
		880		6,25
		850		8
		820		10
		810		12,5

40	13,5	1620	50	5
		1550		6,25
		1500		8
		1450		10
		1410		12,5
50	17	1380	62	15,75
		2500		6,25
		2400		8
		2300		10
		2250		12,5
63	17	2200	78	15,75
		2150		20
		4200		9
		4050		10
		3900		12,5
		3800		15,75
		3700		20
3600	25			

EK-9. Rulo Sabitleme Mili



## EK-10. Silindirik rulo sabitleme milleri analizi

## Etüt özellikleri


Etüt adı	Study 2
Analiz tipi	Static
Mesh tipi	Katı Mesh
Termal Etki:	Açık
Termal seçenek	Sıcaklık yüklerini ekle
Sıfır gerilim sıcaklığı	298 Kelvin
SolidWorks Flow Simulation'dan akışkan basınç etkilerini de ekle	Kapalı
Çözümleyici tipi	FFEPlus
Düzlemde Etkisi:	Kapalı
Yumuşak Yay:	Kapalı
Atalet Kabartması:	Kapalı
Uyumsuz bağlama seçenekleri	Otomatik
Büyük yer değiştirme	Kapalı
Serbest gövde kuvvetlerini hesapla	Açık
Sürtünme	Kapalı
Uyumlu Yöntemi Kullan:	Kapalı

## Birimler

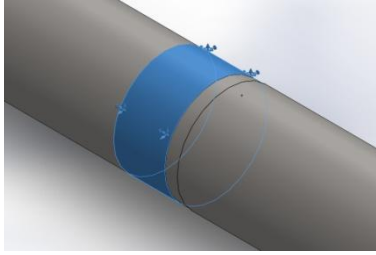
Birim sistemi:	SI (MKS)
Uzunluk/Yer Değiştirme	mm
Sıcaklık	Kelvin
Açısal Hız	Rad/sn
Basınç/Stres	N/m <sup>2</sup>

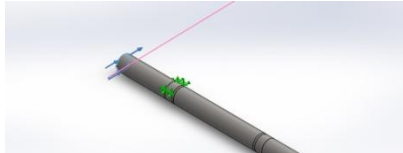
## EK-10 (Devam). Silindirik rulo milleri analizi

## Malzeme özellikleri

Model Referansı	Özellikler
	<p>Ad: <b>AISI 1020</b></p> <p>Model tipi: <b>İzotropik Doğrusal Elastik Analizi</b></p> <p>Varsayılan hata kriteri: <b>Bilinmeyen</b></p> <p>Akma mukavemeti: <b><math>3.5 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2</math></b></p> <p>Gerilme mukavemeti: <b><math>4.2 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2</math></b></p> <p>Elastik modül: <b><math>2 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2</math></b></p> <p>Poisson oranı: <b>0.29</b></p> <p>Kütle yoğunluğu: <b><math>7900 \text{ kg/m}^3</math></b></p> <p>Yırtılma modülü: <b><math>7.7 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2</math></b></p>

## Yükler ve Fikstürler

Fikstür ismi	Fikstür Resmi	Fikstür Detayları
Fixed-1		<p><b>Objeler:</b> 1 yüzler</p> <p><b>Tip:</b> Sabit Geometri</p>

Yük adı	Resim Yükle	Yük Detayları
Force-1		<p><b>Objeler:</b> 1 yüzler</p> <p><b>Tip:</b> Konumu uygula</p> <p><b>Değerler:</b> 200 N</p>

## EK-10 (Devam). Silindirik rulo milleri analizi

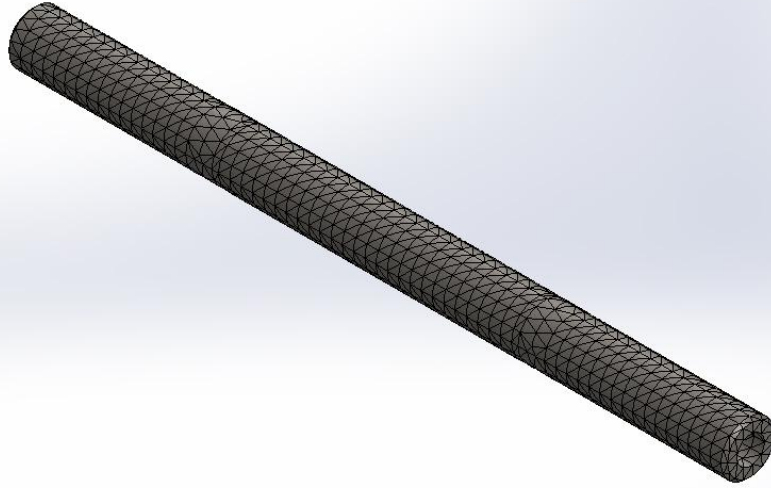
## Mesh bilgisi

Mesh tipi	Katı Mesh
Kullanılan Meshleyici:	Standart
Jakoben noktalar	4 Noktalar
Eleman Boyutu	1.72 mm
Tolerans	0.086 mm
Mesh Kalitesi	Yüksek

## Mesh bilgisi - detaylar

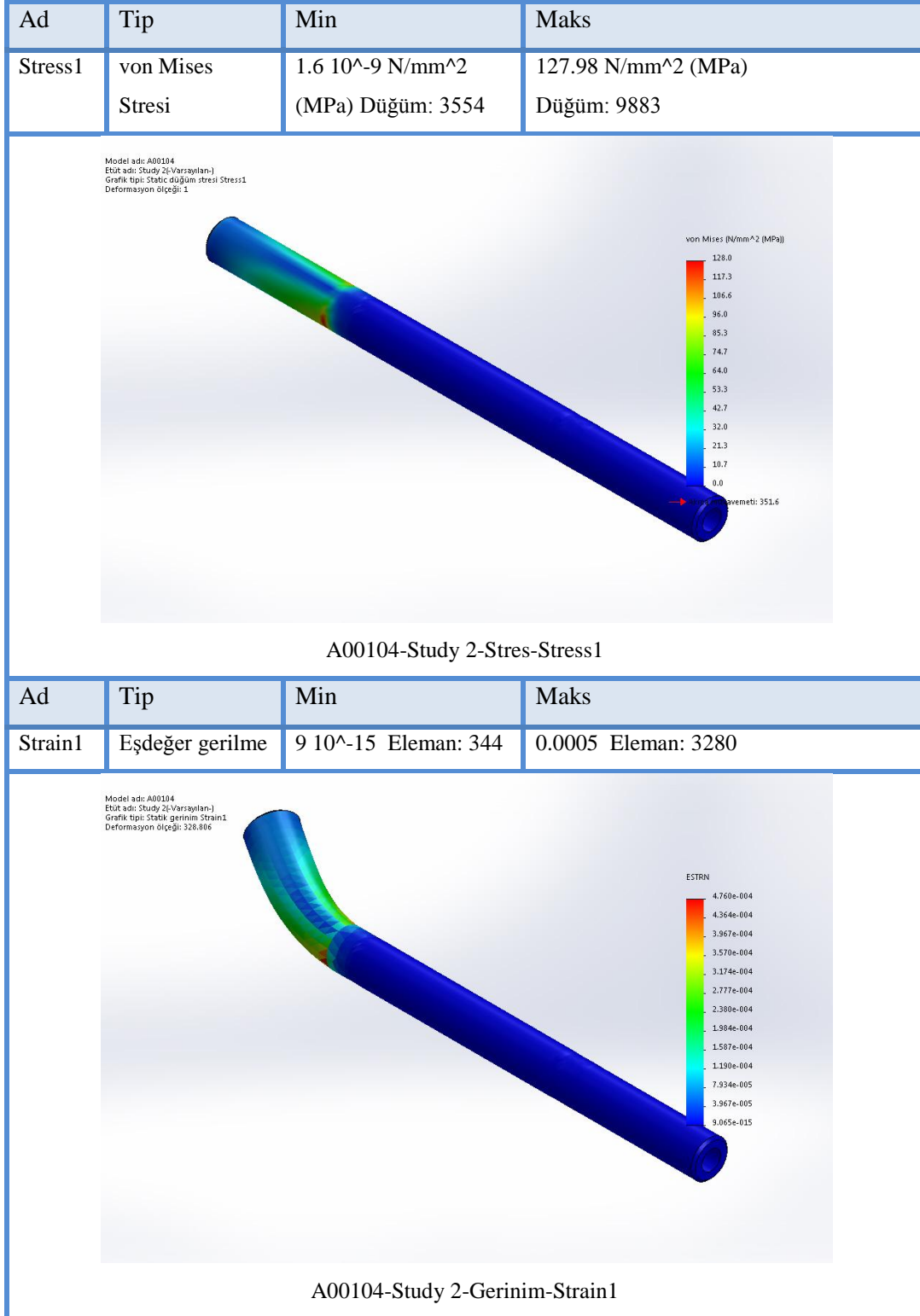
Toplam Düğüm	12488
Toplam Elemanlar	7527
Maksimum En Boy Oranı	7.78
En-Boy oranı < 3 olan elemanların % oranı	99.5

Model adı: A00104  
Etüt adı: Study 2(-Varsayılan-)  
Mesh tipi: Katı mesh



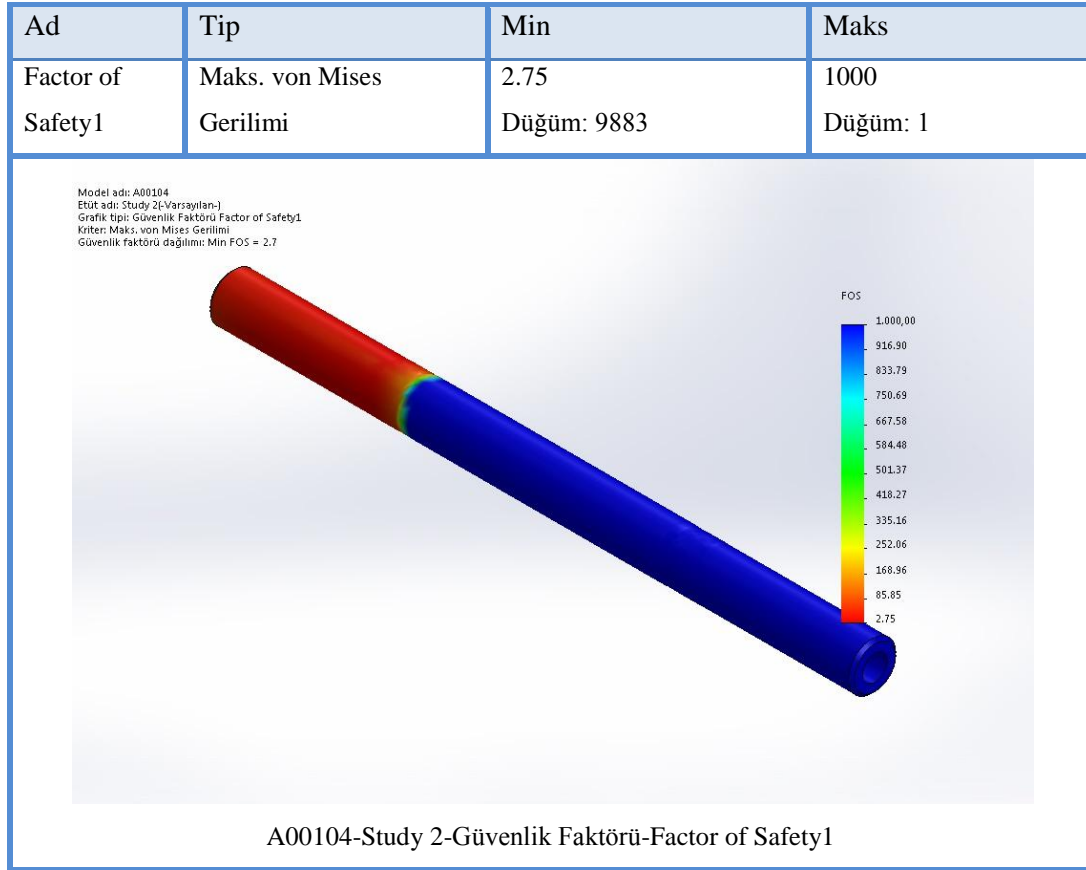
## EK-10 (Devam). Silindirik rulo milleri analizi

## Etüt sonuçları



## EK-10 (Devam). Silindirik rulo milleri analizi

## Etüt sonuçları



# 6082

## Kimyasal Bileşimi

Fe	Si	Cu	Mn	Mg	Zn	Cr	Diğer	Al
0,5	0,7-1,3	0,1	0,4-1,0	0,6-1,2	0,2	0,15	0,15	Kalan

## Mekanik Özellikleri

Temper	Akma Mukavemeti (MPa) min-max	Çekme Mukavemeti (MPa) min-max	Uzama (%50) min-max	Sertlik (brinell) min-max
0	60	130	26	35
T1	70	260	24	70
T4	170	260	19	70
T5	250-275	290-325	19	70
T6	260-310	310-340	19	95

**Karakteristik Özellikler**Krozyon dayanımı yüksek, çok iyi kaynak yapılabilir, makine yapımı için uygun, T4 ısıtılmasından sonra stabilize edilmiş formda soğuk şekillendirilebilir. Kalınlığı çok iyi, yorulma dayanımı orta seviyede, kompleks parçalar için uygun değildir.

**Ürün Şekilleri** Levha, Çubuk, Boru, Lama, Profil çeşitleri

### Uygulama Alanları

- Demiryolu vagonlarında ağır yapılar
- Kamyon karkulıkları
- Gemi inşaat sektörü
- Köprüler
- Askeri köprüler
- Bisiklet imalatı
- Kazan imalatı
- Platform
- Flanş imalatı
- Hidrolik sistem ve parçalar
- Maden ekipmanları
- Pilon
- Kule
- Nükleer enerji
- Gemi direkleri ve kirişleri
- Iskele borulan tüpleri
- Tente boruları
- Perçin

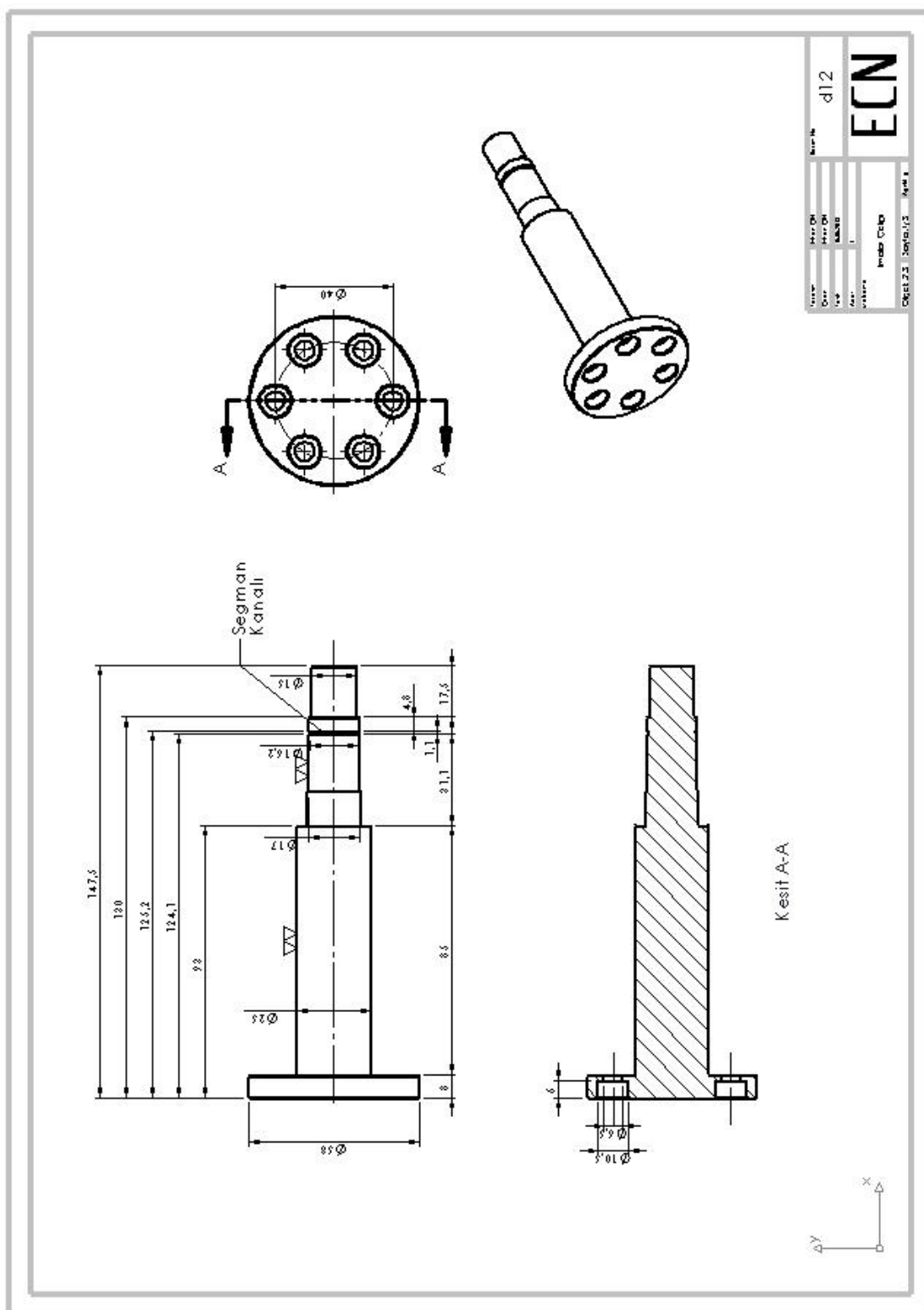


## EK-12. ST-37 Çelik malzemenin teknik detayları

Alaş. Elemt.	Kimyasal Bileşim(%ağırlık)													
	C	Si	Mn	P	S	Mg	Cr	Ni	Mo	Cu	Al	V	W	Fe
St 37	0.217	0.001	0.426	0.026	0.022	0.0001	0.064	0.001	0.001	0.001	0.017	0.001	0.003	99.2199

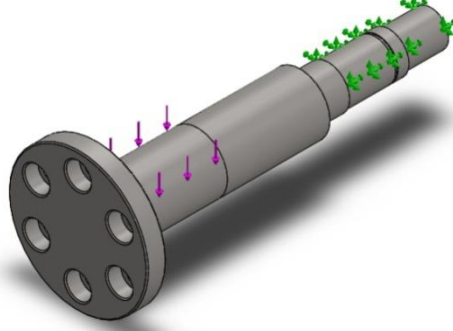
Özellik	Değer	Birimler
Elastikiyet Modülü	2e+011	N/m <sup>2</sup>
Poisson Oranı	0.29	Yok
Yırtılma Modülü	7.7e+010	N/m <sup>2</sup>
Kütle Yoğunluğu	7900	kg/m <sup>3</sup>
Gerilme Mukavemeti	420507000	N/m <sup>2</sup>
Sıkıştırma Mukavemeti		N/m <sup>2</sup>
Akma mukavemeti	351571000	N/m <sup>2</sup>
Termal Genişleme Katsayısı	1.5e-005	/K
Termal İletkenlik	47	W/(m·K)
Özgül Isı	420	J/(kg·K)
Malzeme Sönüm Oranı		Yok

EK-13. Ana teker mili



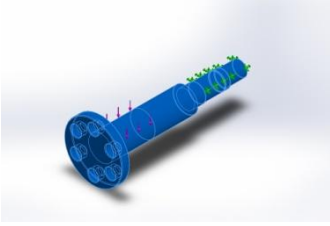
## EK-14. Ana teker mili analizi

## Model bilgisi



Model adı: Tekerlek Ana Mili

## Katı Gövdeler

Belge Adı ve Referansı	Şöyle Davran	Hacimsel Özellikler
Jant yüzeyi 	Katı Gövde	Kütle:0.56 kg Hacim:7.1 10 <sup>-5</sup> m <sup>3</sup> Yoğunluk:7900 kg/m <sup>3</sup> Ağırlık:5.5 N

## EK-14 (Devam). Ana teker mili analizi

## Etüt özellikleri

Etüt adı	Static 2
Analiz tipi	Static
Mesh tipi	Katı Mesh
Termal Etki:	Açık
Termal seçenek	Sıcaklık yüklerini ekle
Sıfır gerilim sıcaklığı	298 Kelvin
Çözümleyici tipi	FFEPlus
Düzlemde Etkisi:	Kapalı
Yumuşak Yay:	Kapalı
Atalet Kabartması:	Kapalı
Uyumsuz bağlama seçenekleri	Otomatik
Büyük yer değiştirme	Kapalı
Serbest gövde kuvvetlerini hesapla	Açık
Sürtünme	Kapalı
Uyumlu Yöntemi Kullan:	Kapalı

## Birimler

Birim sistemi:	SI (MKS)
Uzunluk/Yer Değiştirme	mm
Sıcaklık	Kelvin
Açısal Hız	Rad/sn
Basınç/Stres	N/m <sup>2</sup>

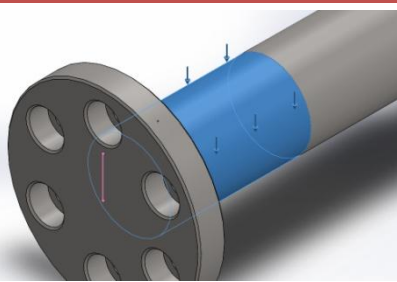
## EK-14 (Devam). Ana teker mili analizi

## Malzeme özellikleri

Model Referansı	Özellikler
	<p><b>Ad:</b> AISI 1020</p> <p><b>Model tipi:</b> İzotropik Doğrusal Elastik Analizi</p> <p><b>Varsayılan hata kriteri:</b> Maks. von Mises Gerilimi</p> <p><b>Akma mukavemeti:</b> <math>3.5 \times 10^8 \text{ N/m}^2</math></p> <p><b>Gerilme mukavemeti:</b> <math>4.2 \times 10^8 \text{ N/m}^2</math></p> <p><b>Elastik modül:</b> <math>2 \times 10^{11} \text{ N/m}^2</math></p> <p><b>Poisson oranı:</b> 0.29</p> <p><b>Kütle yoğunluğu:</b> <math>7900 \text{ kg/m}^3</math></p> <p><b>Yırtılma modülü:</b> <math>7.7 \times 10^{10} \text{ N/m}^2</math></p>

## Yükler ve fikstürler

Fikstür ismi	Fikstür Resmi	Fikstür Detayları
Sabitlenmiş-1		<p><b>Objeler:</b> 2 yüzler</p> <p><b>Tip:</b> Sabit Geometri</p>

Yük adı	Resim Yükle	Yük Detayları
Kuvvet-1		<p><b>Objeler:</b> 1 yüzler</p> <p><b>Tip:</b> Konumu uygula</p> <p><b>Değerler:</b> 500 N</p> <p><b>Faz Açısı:</b> 0</p> <p><b>Birimler:</b> deg</p>

## EK-14 (Devam). Ana teker mili analizi

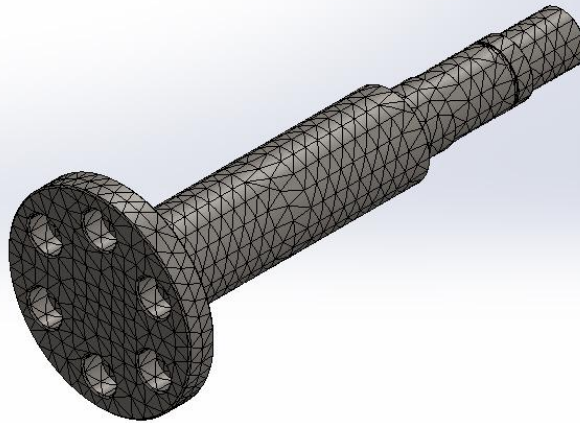
## Mesh Bilgisi

Mesh tipi	Katı Mesh
Kullanılan Meshleyici:	Standart
Otomatik Geçiş:	Kapalı
Mesh Otomatik Döngülerini Ekle:	Kapalı
Jakoben noktalar	4 Noktalar
Eleman Boyutu	4.14 mm
Tolerans	0.20 mm
Mesh Kalitesi	Yüksek

## Mesh Bilgisi - Detaylar

Toplam Düğüm	14628
Toplam Elemanlar	8840
Maksimum En Boy Oranı	16.546
Bilgisayar adı:	ECINPC

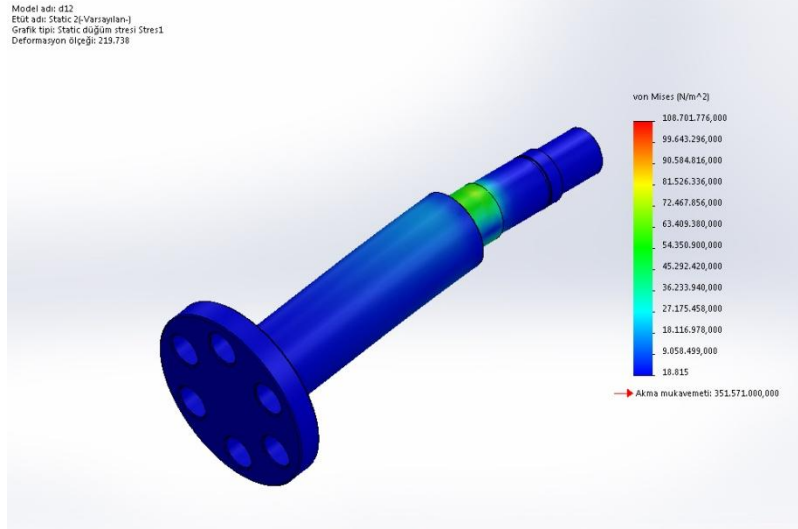
Model adı: d12  
Etüt adı: Static 2(-Varsayılan-)  
Mesh tipi: Katı mesh



## EK-14 (Devam). Ana teker mili analizi

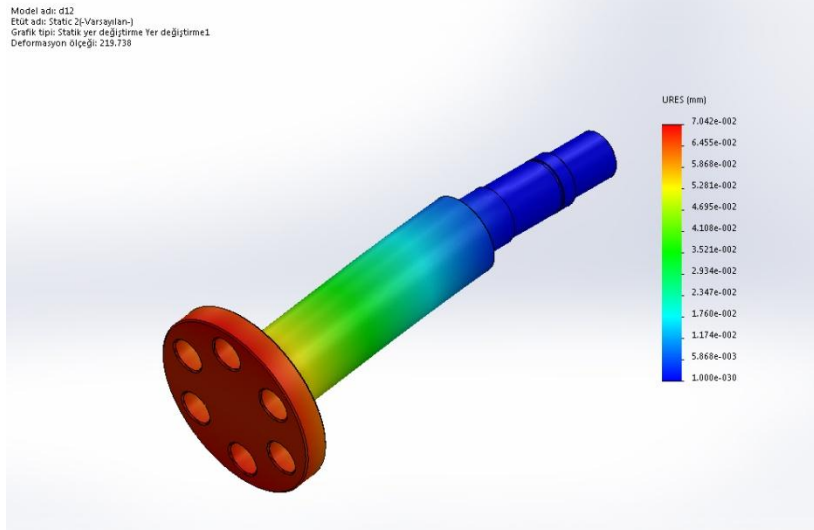
## Etüt sonuçları

Ad	Tip	Min	Maks
Stres1	Von Mises Stresi	18.82 N/m <sup>2</sup> Düğüm: 8488	1.09 10 <sup>8</sup> N/m <sup>2</sup> Düğüm: 10050



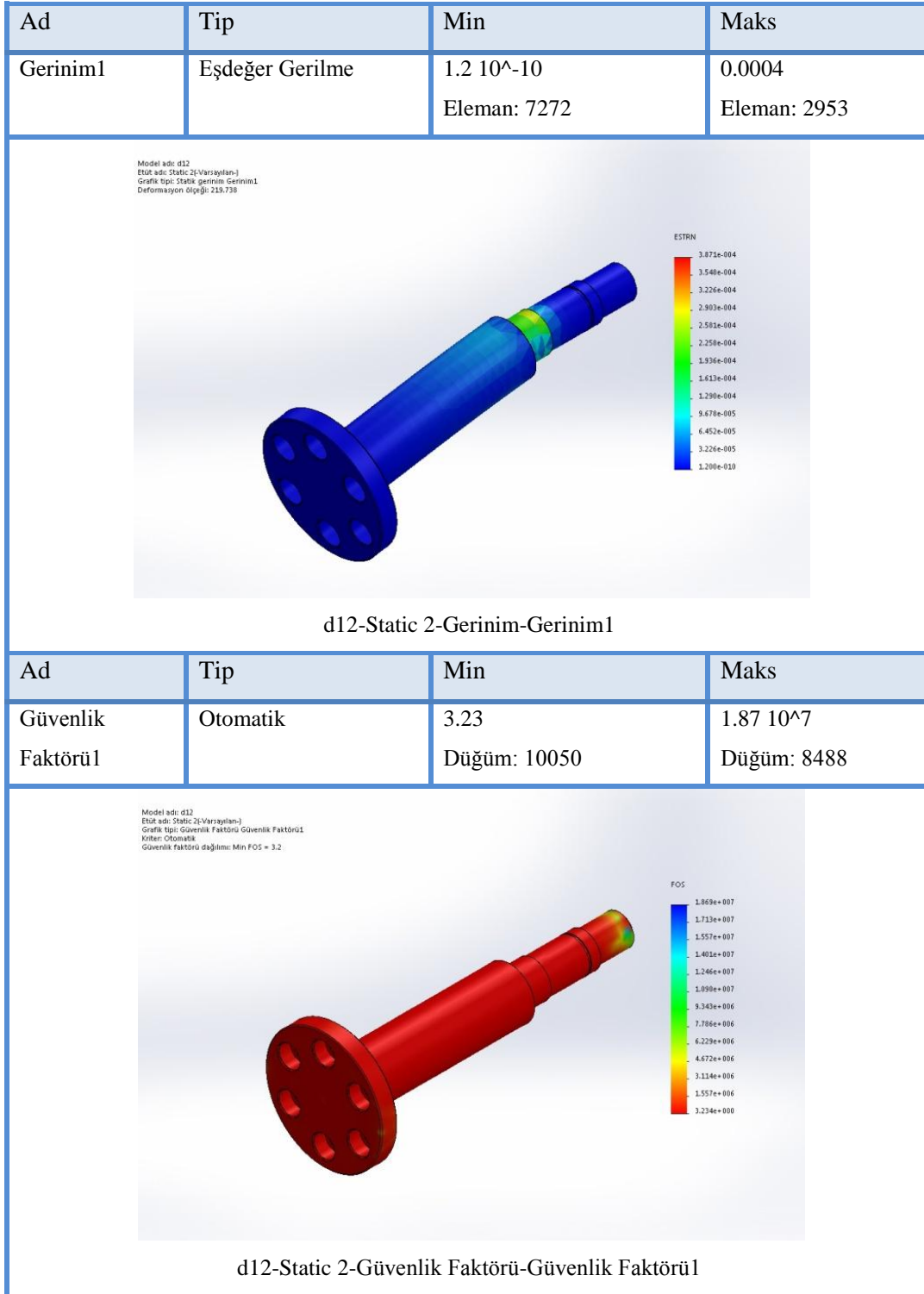
d12-Static 2-Stres-Stres1

Ad	Tip	Min	Maks
Yer değiştirme1	Yer Değiştirmesi	0 mm Düğüm: 778	0.07 mm Düğüm: 246



d12-Static 2-Yer değiştirme-Yer değiştirme1

## EK-14 (Devam). Ana teker mili analizi





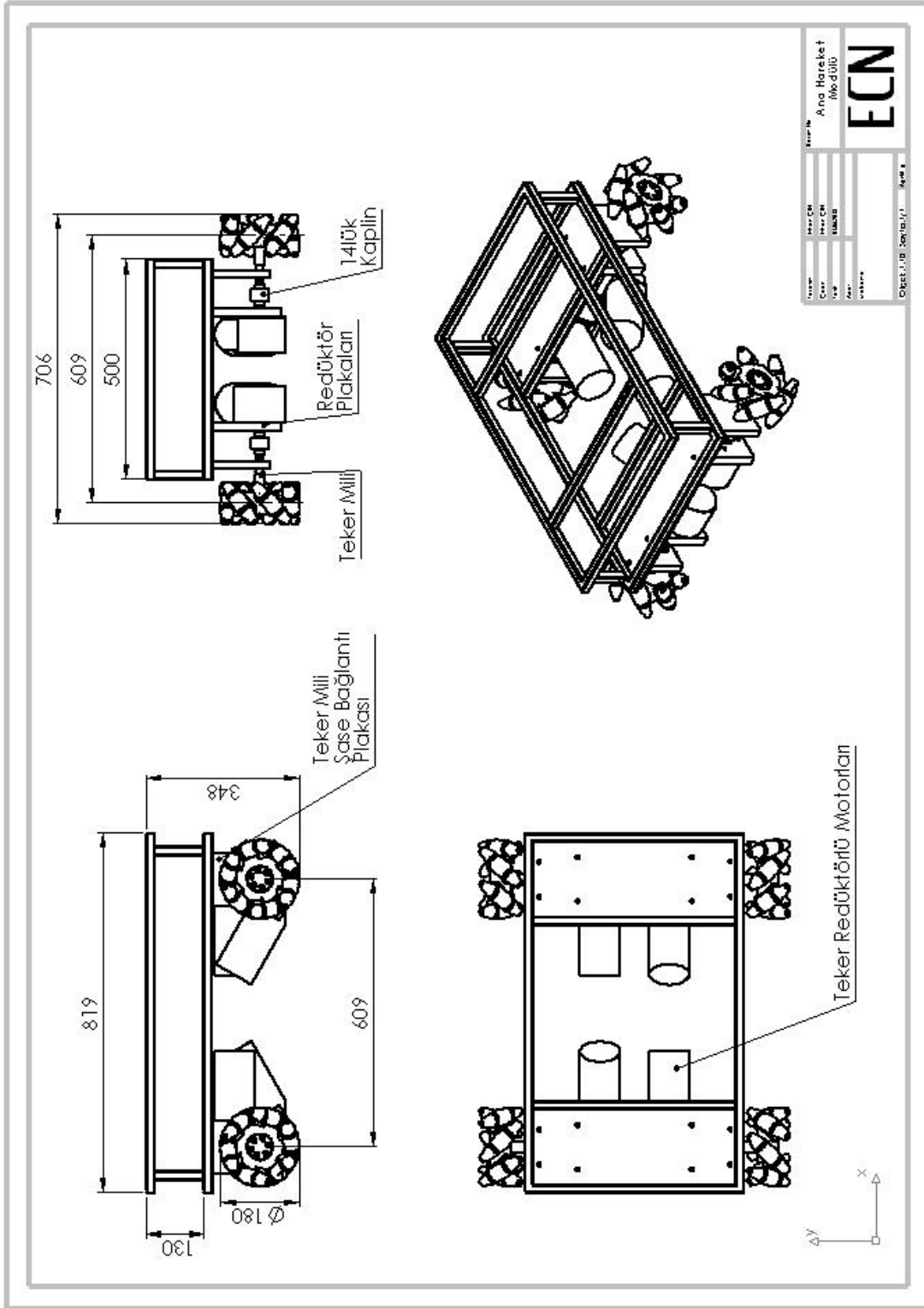
## EK-15. Bronz malzeme mekanik özellikleri

BRONZ İŞARETİ	NORMU	FİZİKSEL ÖZELLİKLER			ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM YERLERİ
		ÇEKME (KP/MM2)	UZAMA (%)	SERTLİK (HB)	
RB/7	DIN 1716 G Cu Pb 20 Sn	15/20	6/10	45/55	Çok iyi kaydırma özelliğine sahip, yumuşak, aside dayanıklı, kötü yağlama şartlarına uygun, su ile yağlamada iyi özellik gösteren bir malzemedir. Düşük devirli ve yüksek yüzey basıncına tabi yataklar, su pompaları korozyona dayanıklı armatürler, motor biyel kolu ve soğuk hadde yataklarında.
RB/8	DIN 1716 G Cu Pb 15 Sn	16/22	8/12	60/70	Yumuşak ve yüksek kaydırma özelliğine sahip, sülfürik aside dayanıklıdır. Yağsız kalma durumunda su ile yağlamada çalışabilen bir malzemedir. Normal basınca dayanıklı genel bakım yataklarında ağır yük altında çalışan parçalarda, aside dayanıklı pompa, pervane ve gövdelerinde.

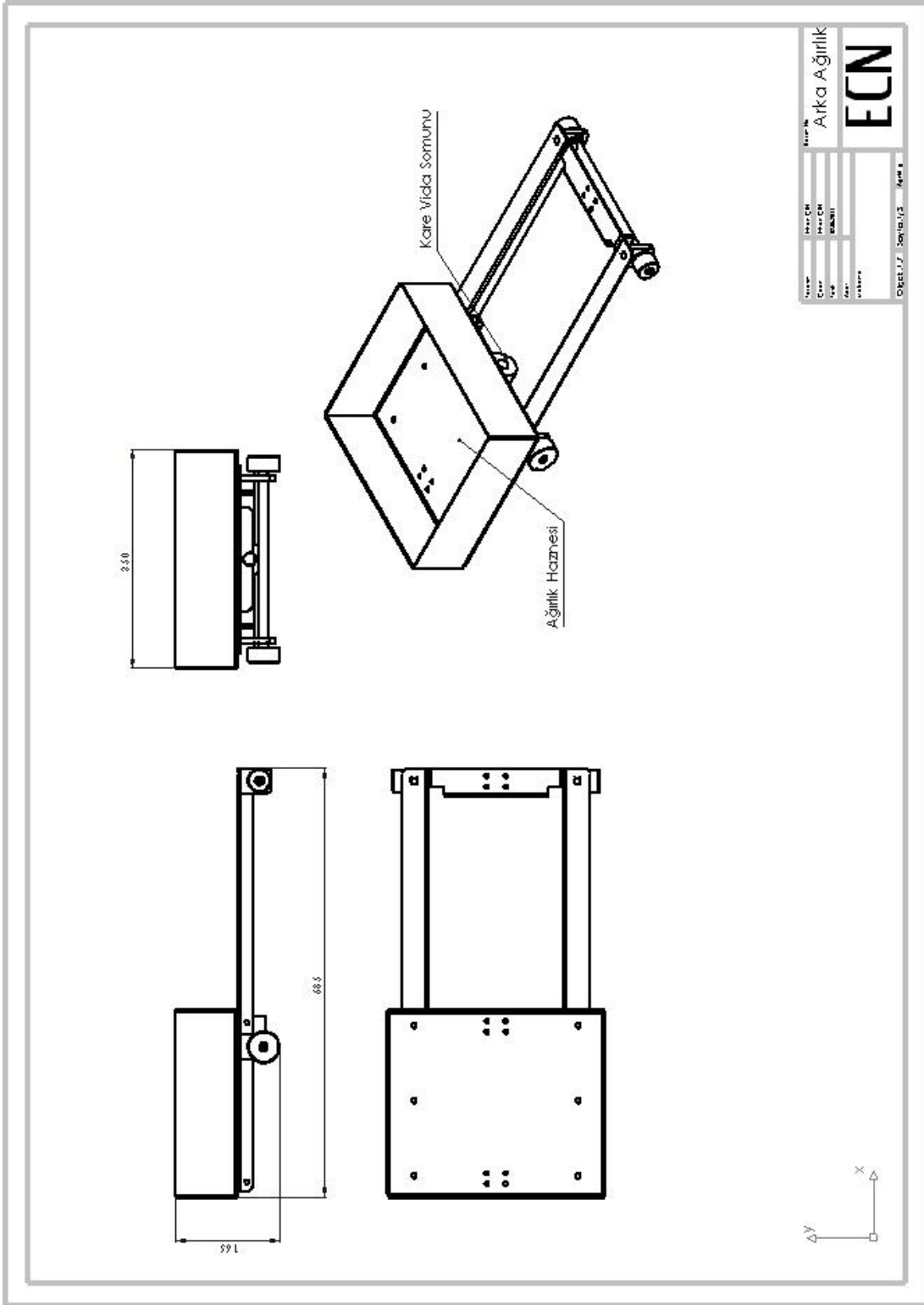
EK-16. Bazı malzemeler için sürtünme katsayıları tablosu

Maddeler	$\mu_s$
Beton üzerinde lastik	1
Buz üzerinde buz	0,1
Cam üzerinde cam	0,94
Islak kar üzerinde cilalı tahta	0,14
Beton üzerinde poliüretan	0,4
Metal üzerinde metal (yağlanmış)	0,15
Tahta üzerinde tahta:	0,25-0,5
Teflon üzerinde teflon	0,04
Çelik üzerinde alüminyum	0,61
Çelik üzerinde bakır	0,53

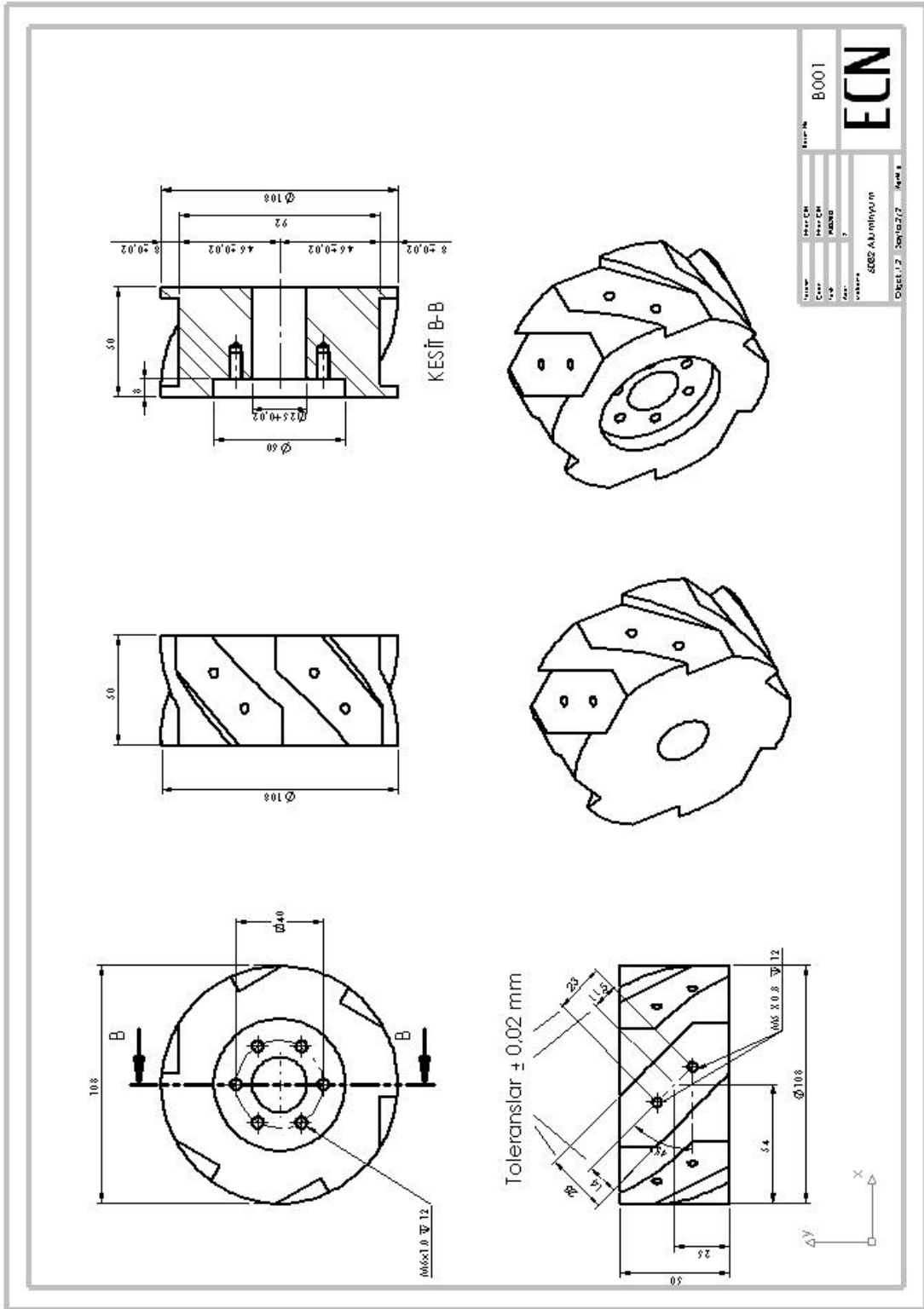
EK-17. Ana şase



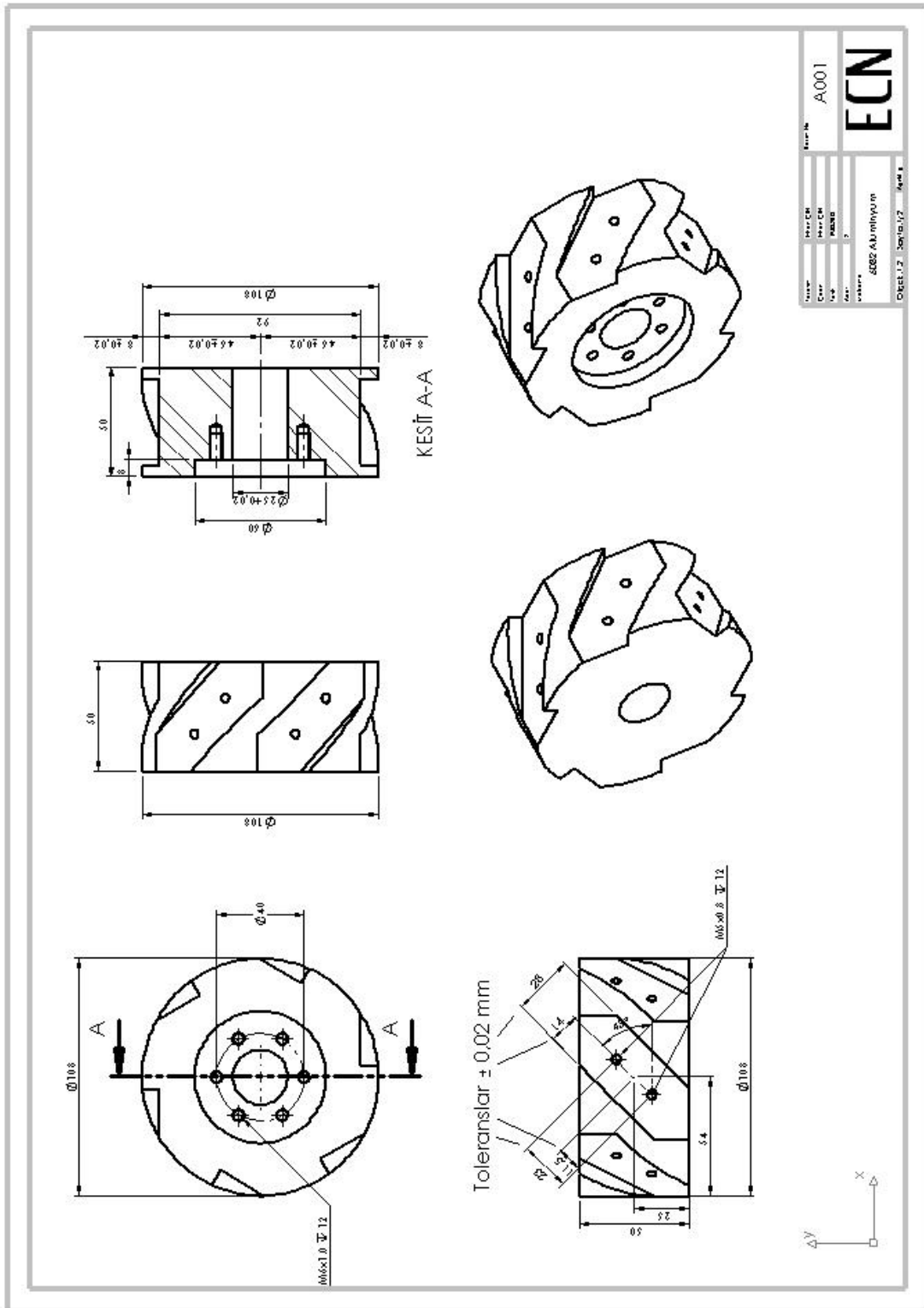
## EK-18. Arka ağırlık sistemi



## EK-19. Sağ tekerlek jantı

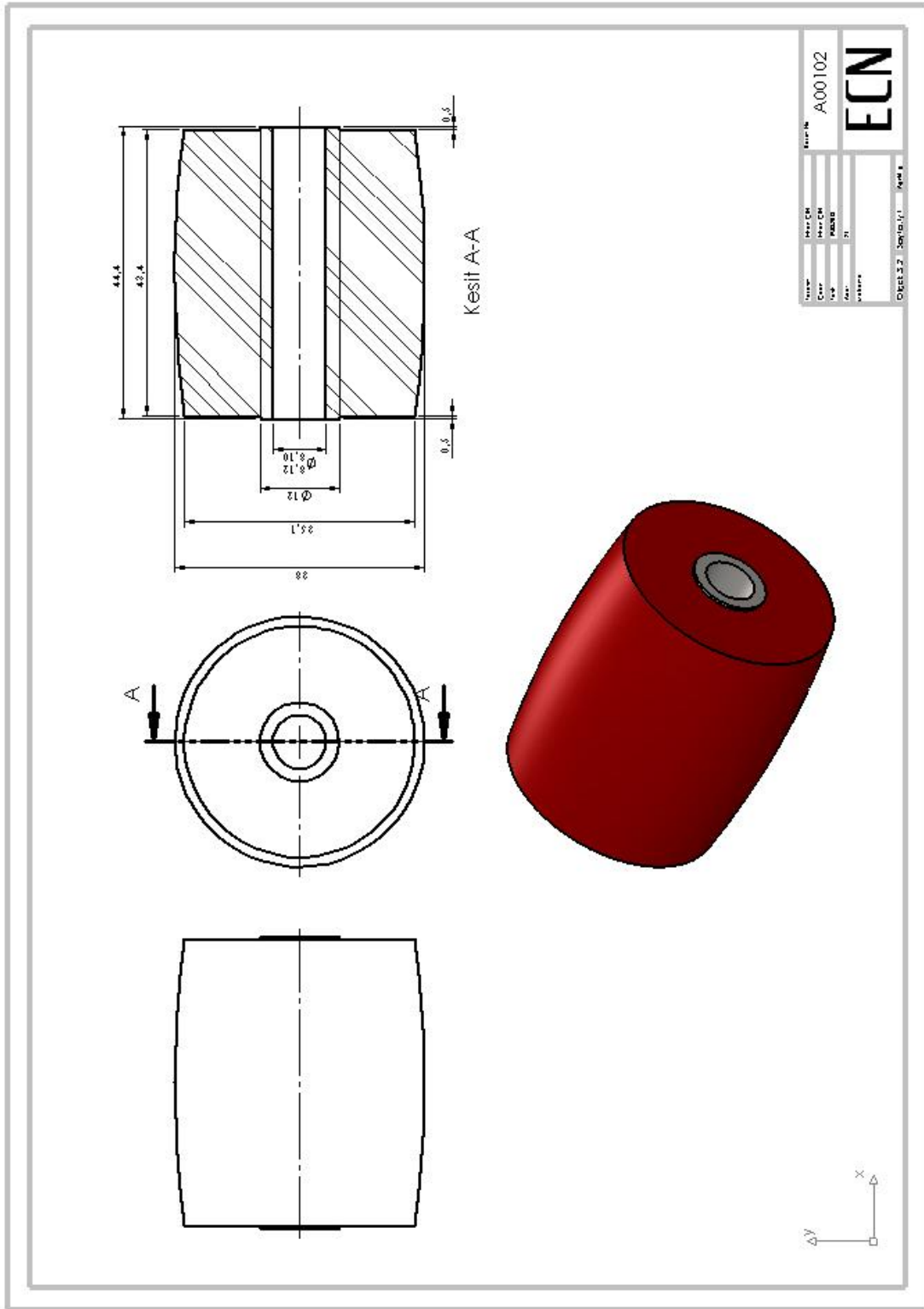


EK-20. Sol tekerlek jantı

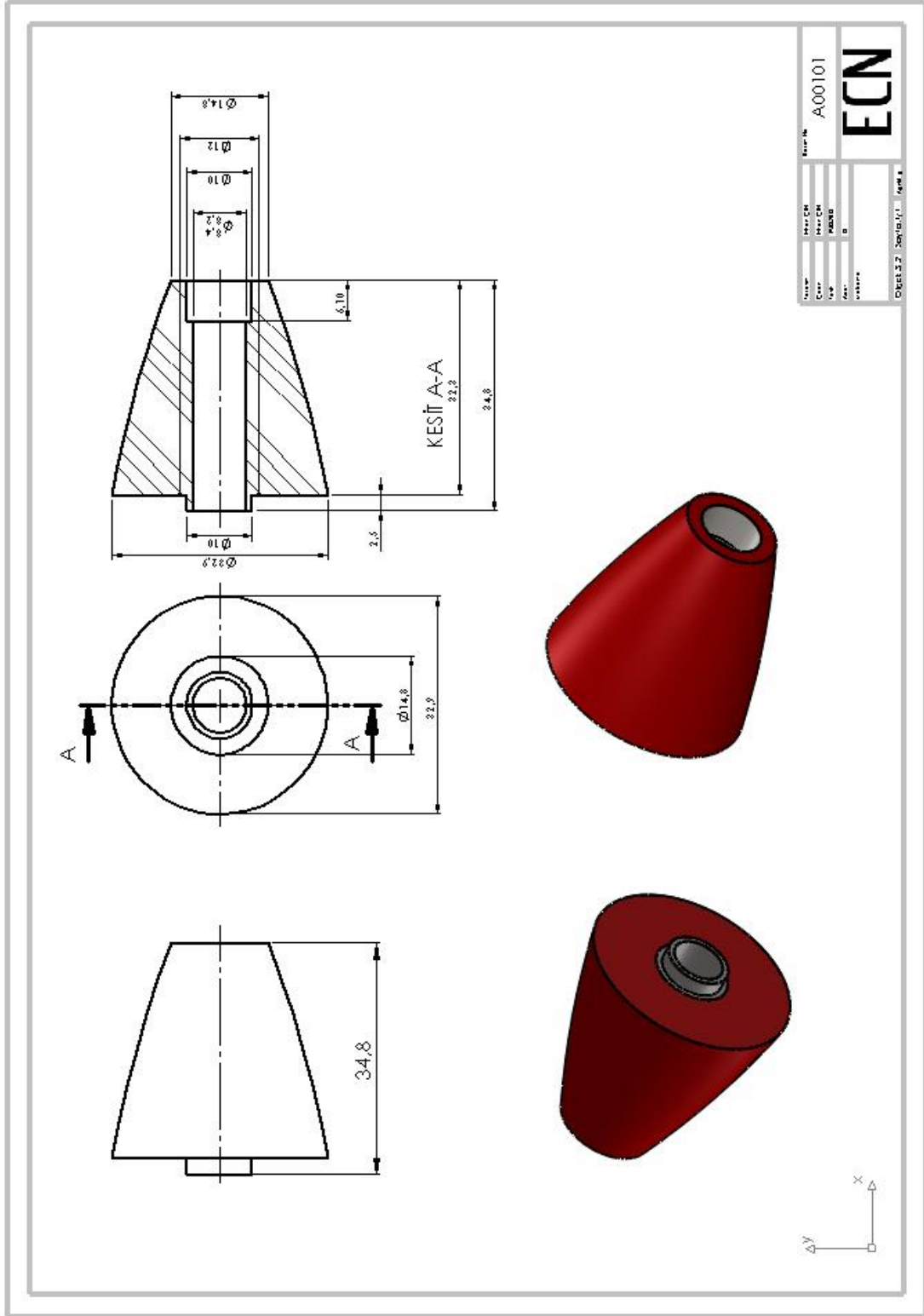


Model	Part No	Revizyon
ECN	A001	
Yazan	Çizilen	Onaylayan
6002 Alüminyum		
DİĞERLİP 30.10.17		

## EK-21. Silindirik rulo orta kısım

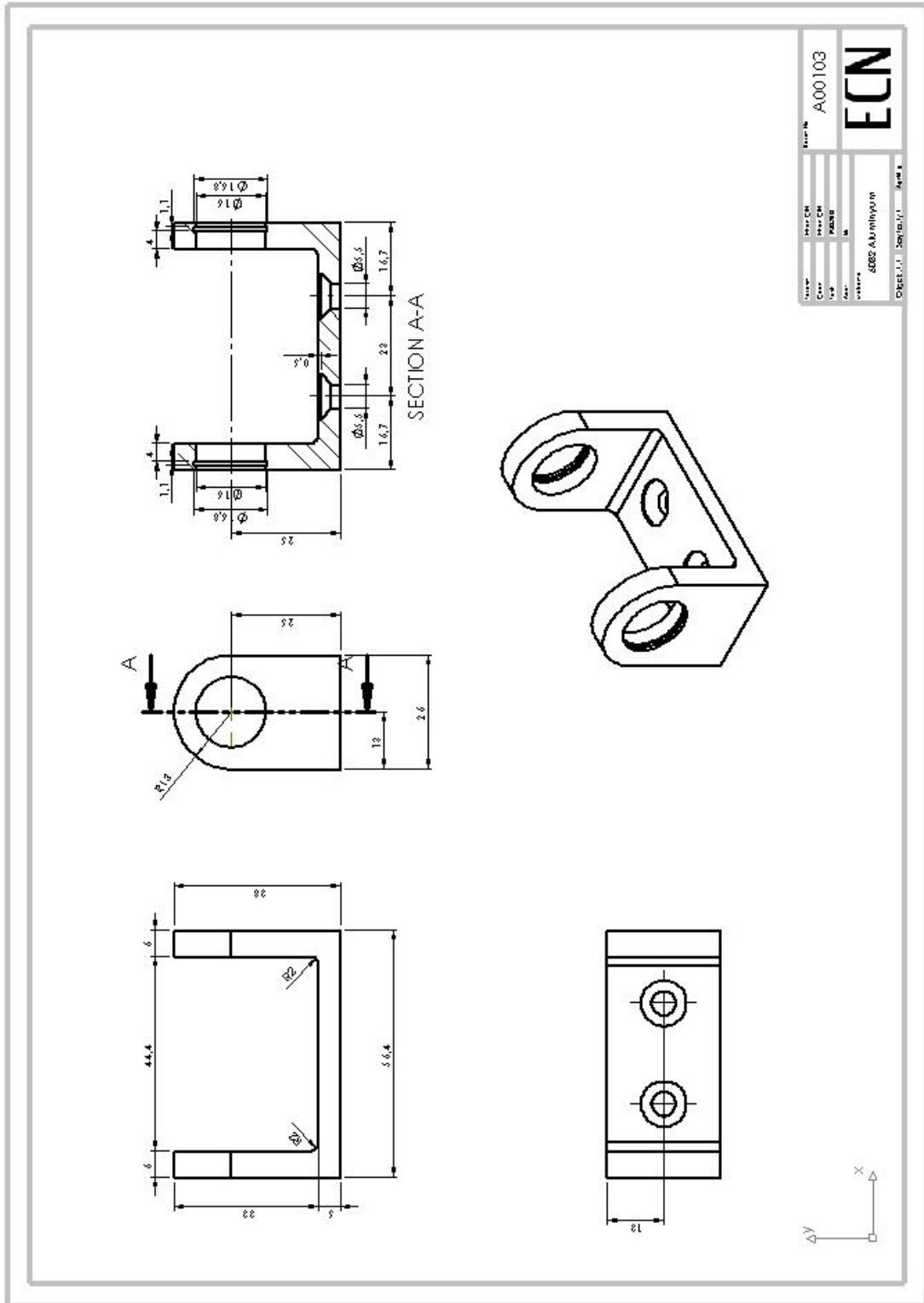


EK-22. Silindirik rulo uç kısım

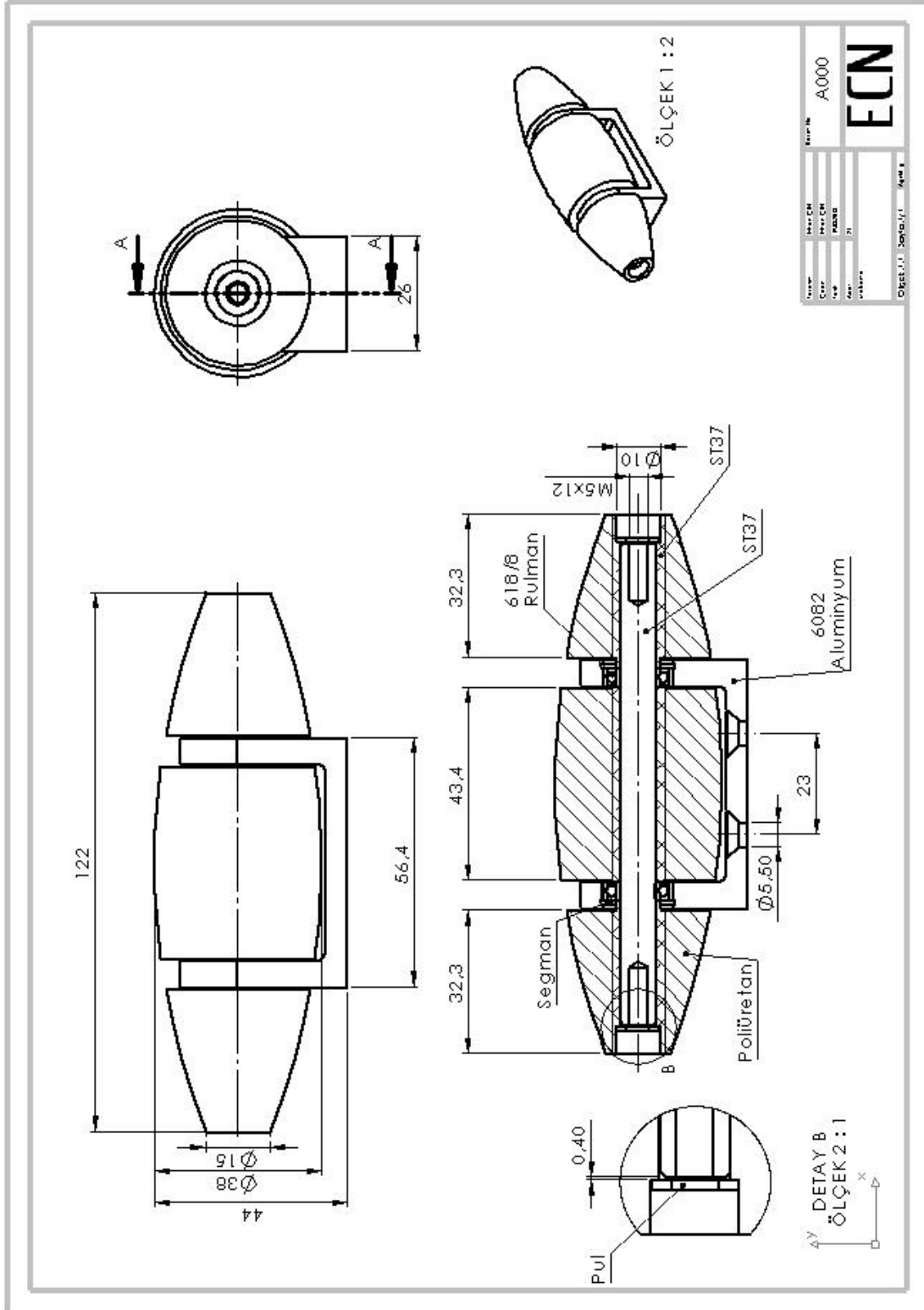




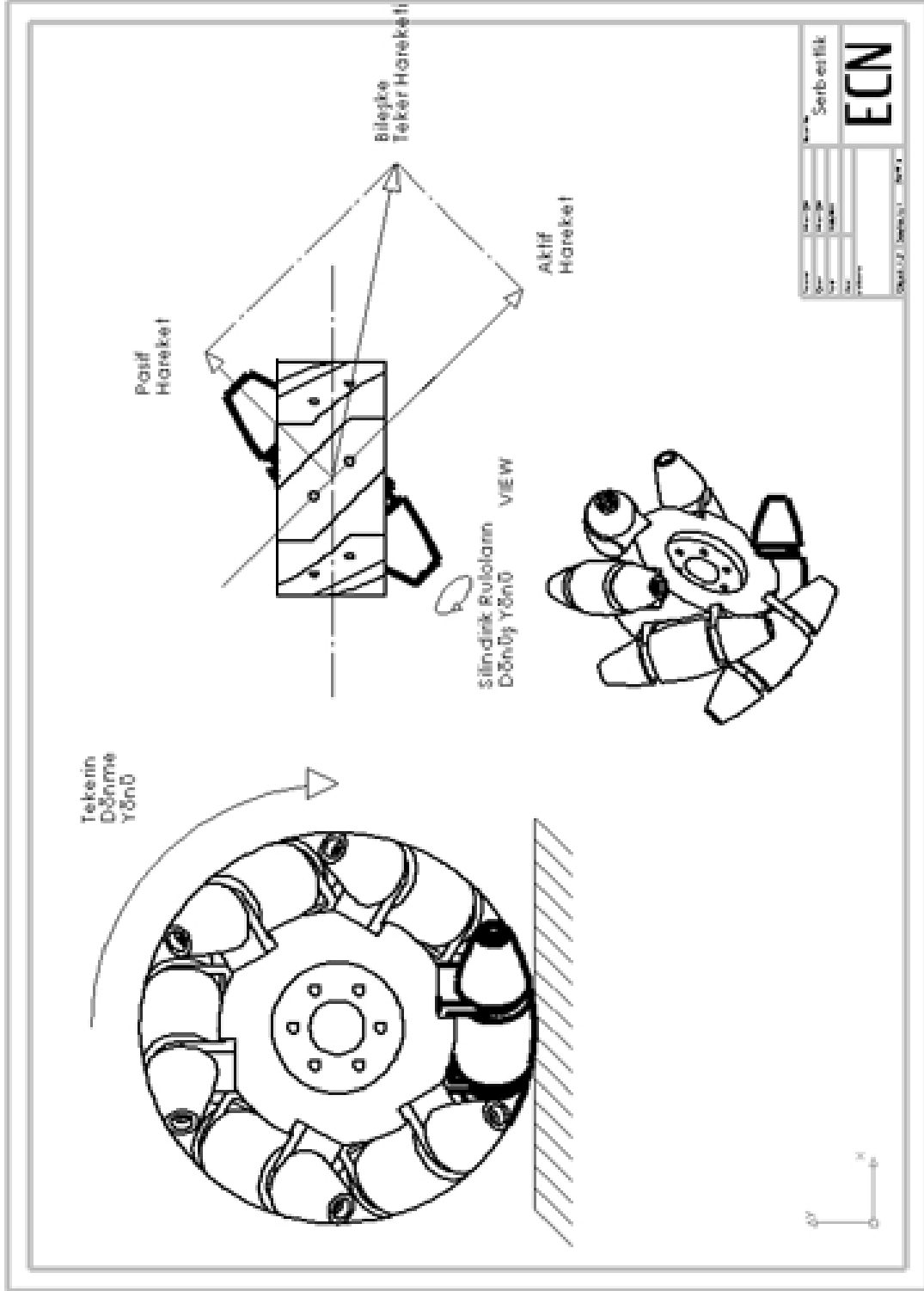
EK-23. Silindirik rulo U parçası



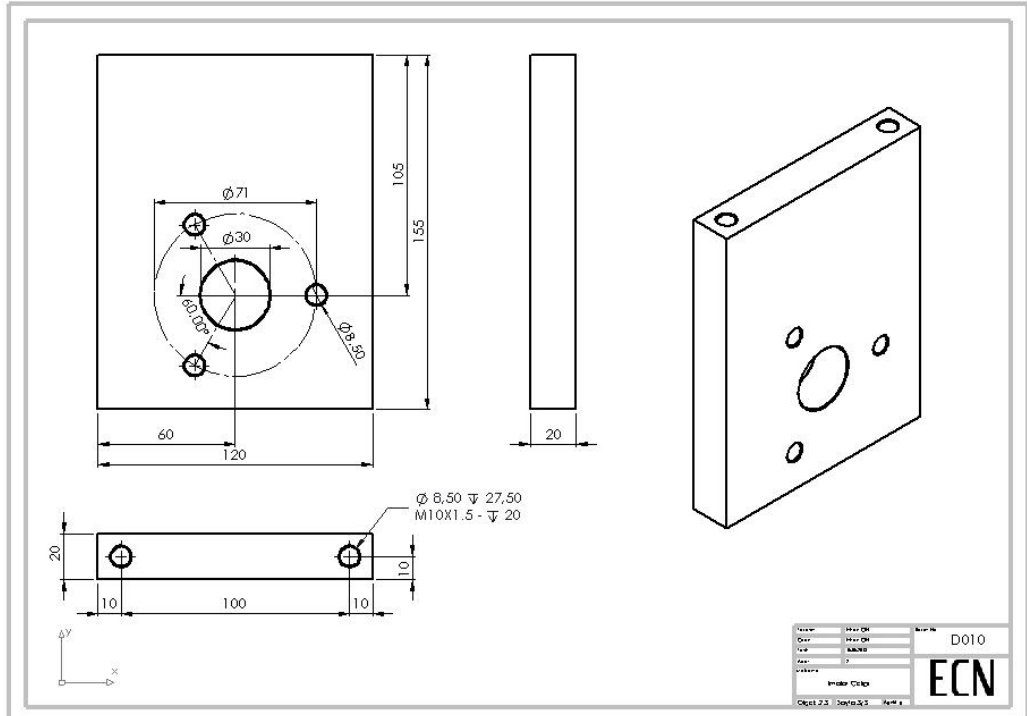
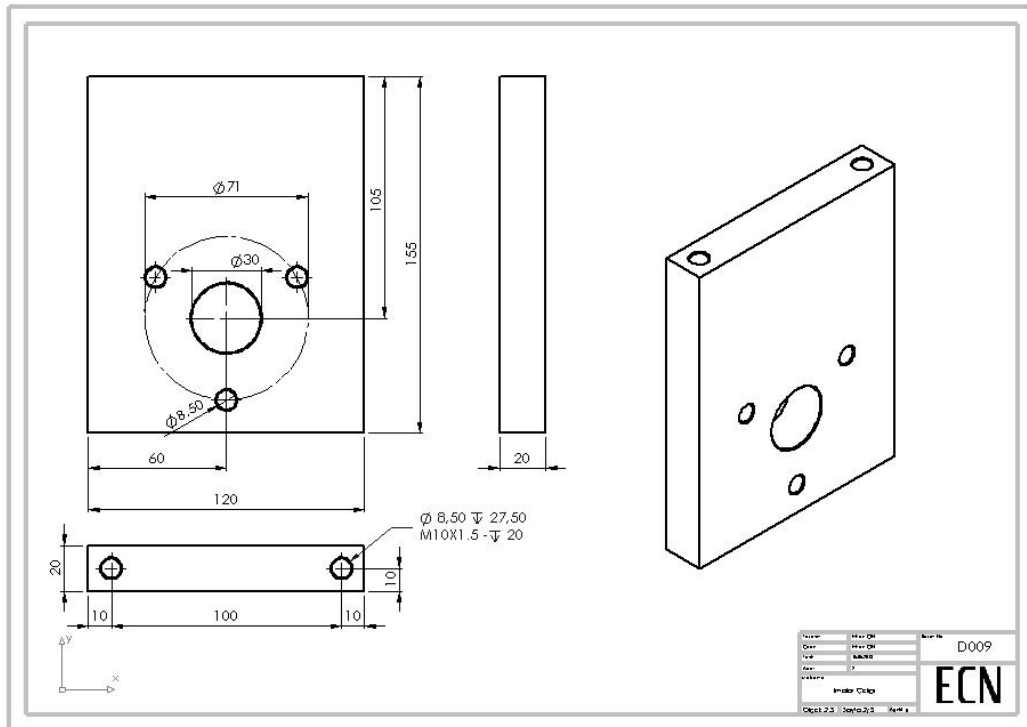
## EK-24. Silindirik rulo



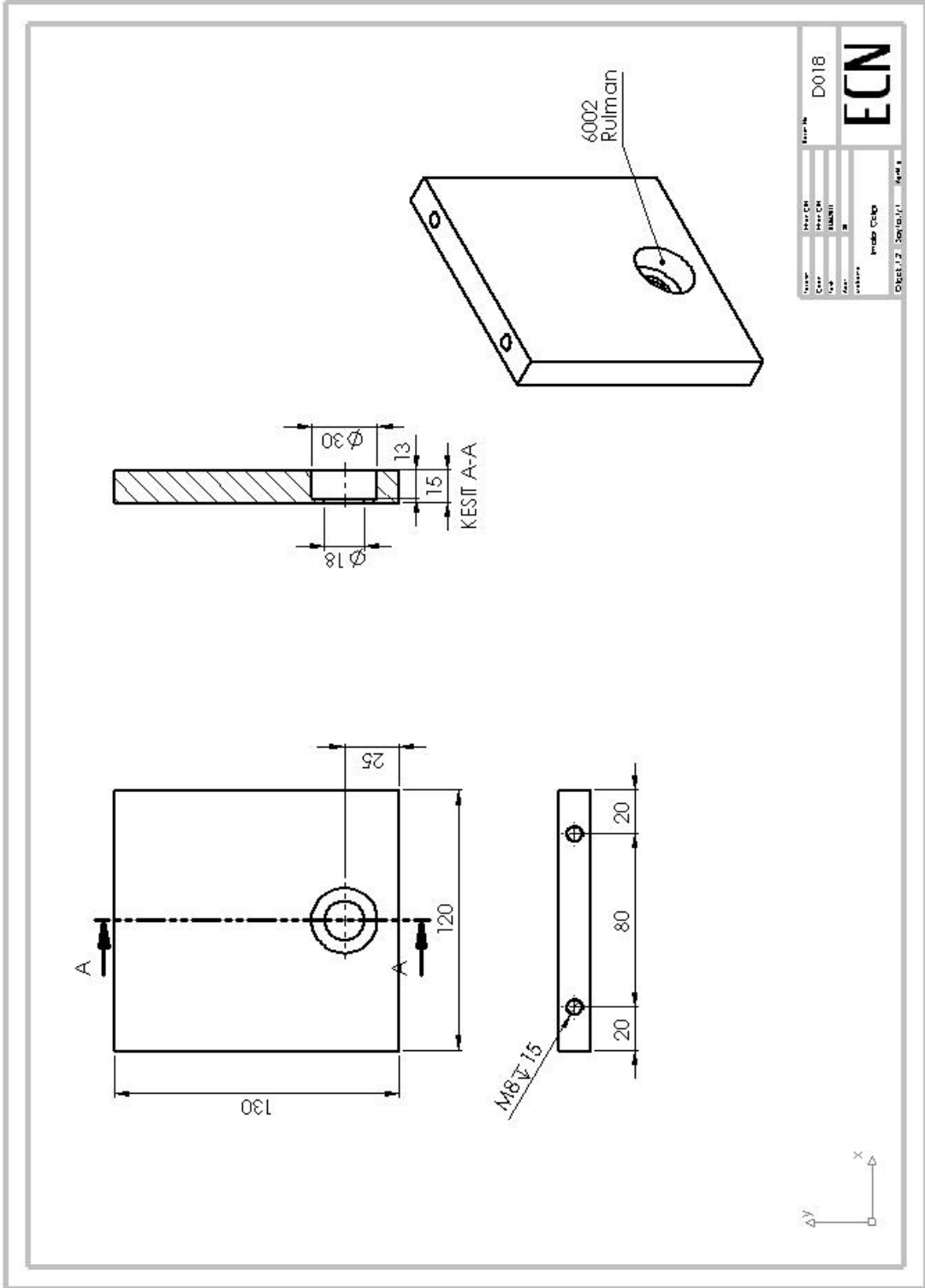
EK-25. Tekerlek hareket vektörleri



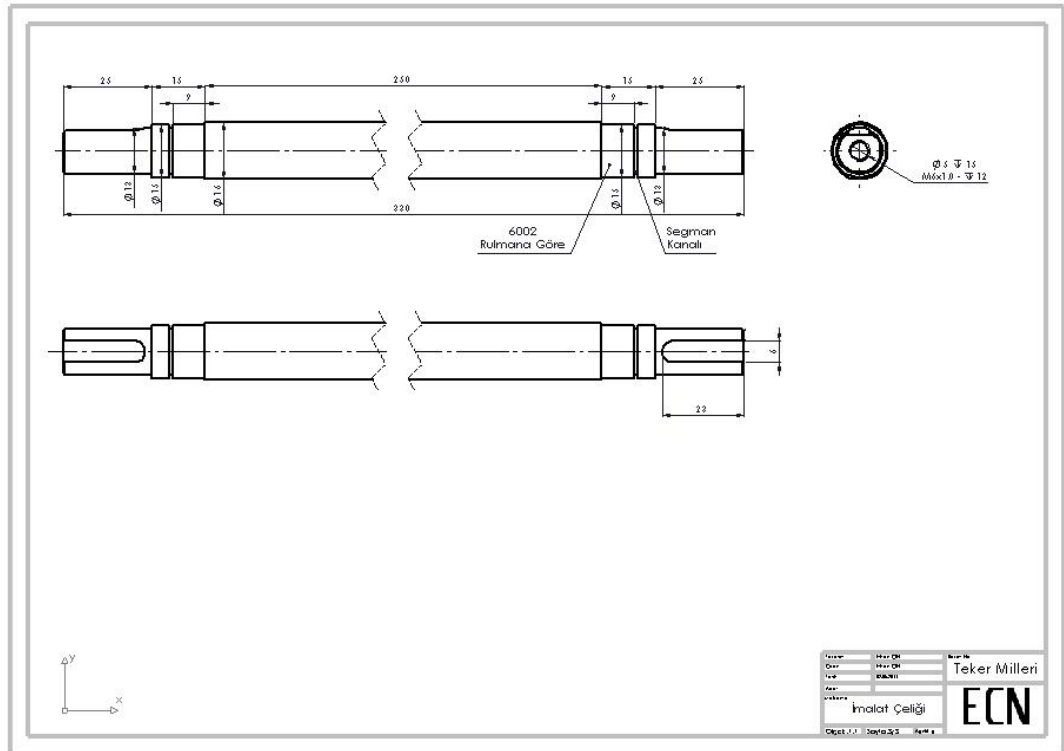
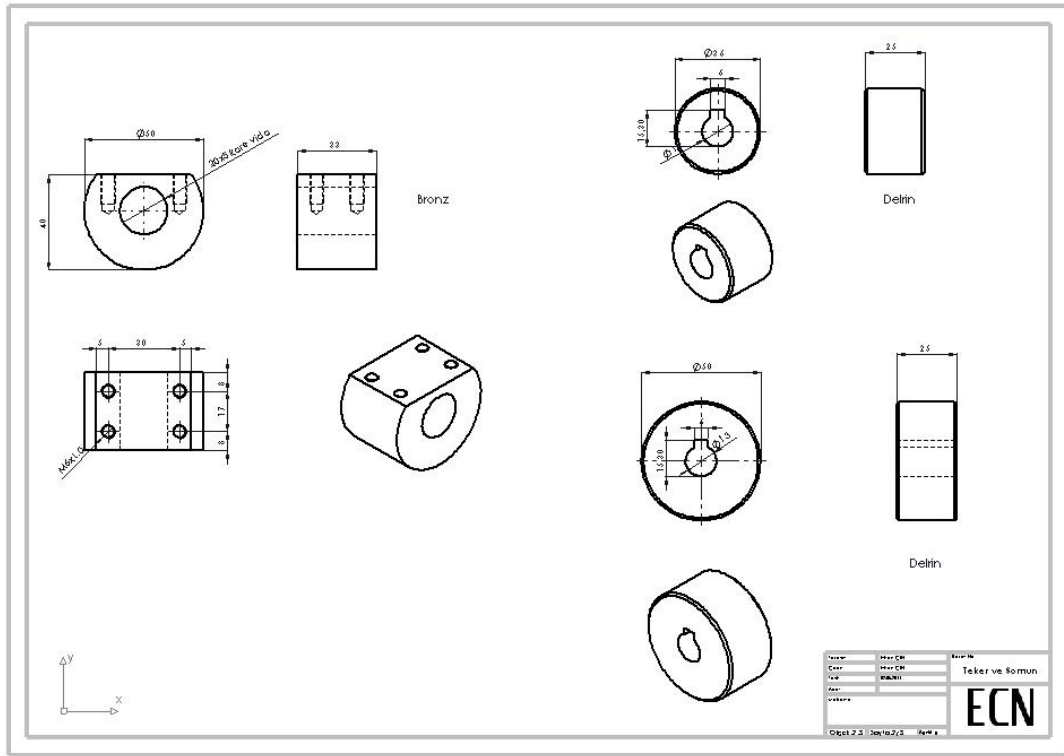
## EK-26. Motor bağlantı plakaları sağ-sol



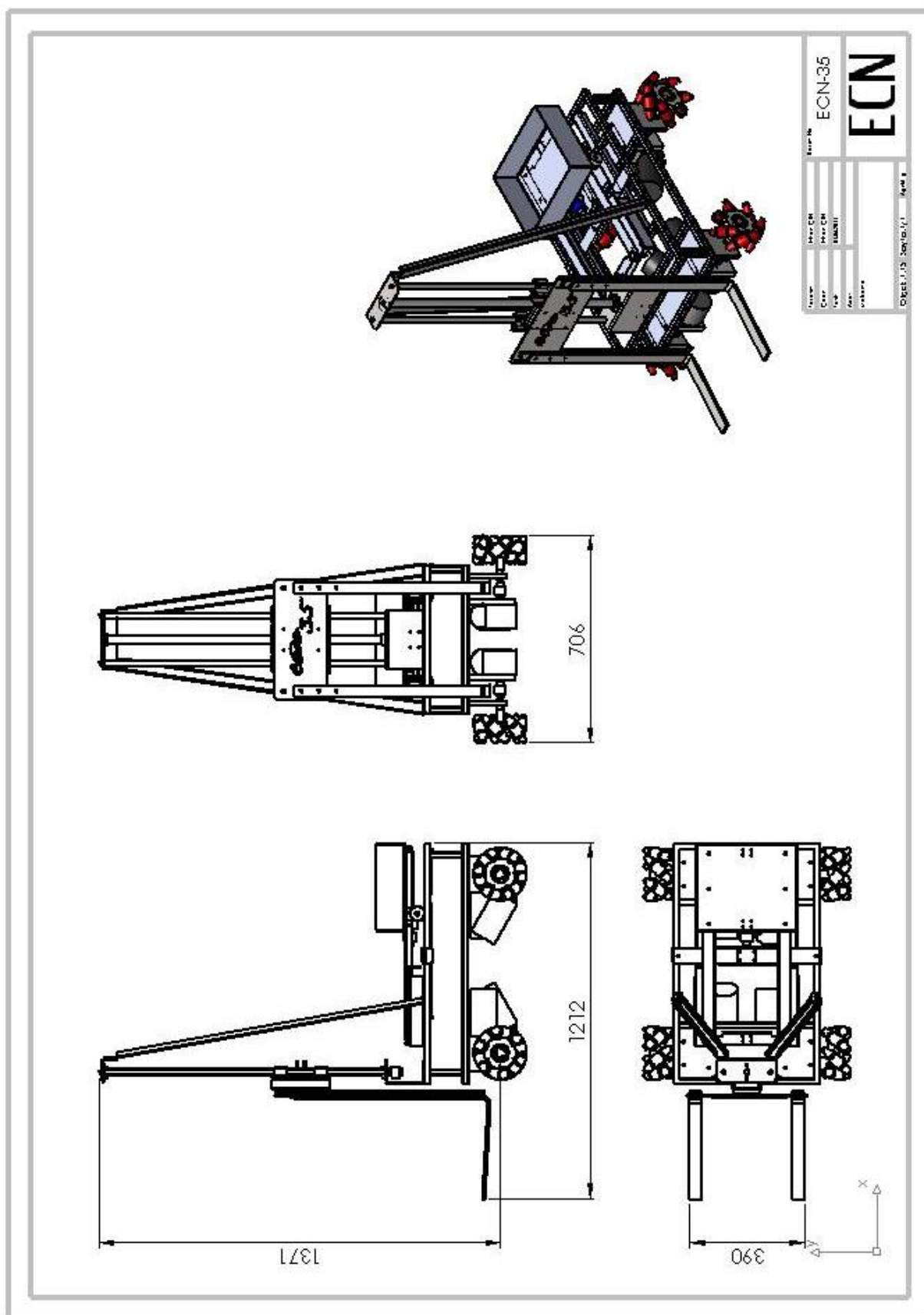
EK-27. Ana mil bağlantı plakası



## EK-28.Arka ağırlık bronz burcu delrin tekerleği ve mili



EK-29.ECN-35



## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : ÇİN, Erhan  
Uyruğu : T.C.  
Doğum tarihi ve yeri : 02.06.1989 - İzmir  
Medeni hali : Bekar  
Telefon : 0 (555) 719 61 18  
e-mail : [erhancin@windowslive.com](mailto:erhancin@windowslive.com)

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Hitit Üniversitesi/ Makine Müh. Bölümü	2011
Lise	İzmir Kız Lisesi	2007

### İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2011-2012	Makine ve Enerji A.Ş.	İmalat Sorumlusu
2012-2013	Özmeridyen Mühendislik	Ar-Ge Sorumlusu
2013-2014	Prodi Makine Ltd. Şti.	Proje Şefi
2014-	Sade Makine	İmalat Sorumlusu

### Yabancı Dil

İngilizce, Almanca