

**T.C.**  
**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ**  
**MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**



**MÜHENDİSLİK TASARIMI**  
**PNÖMATİK SİSTEMLİ PAKETLEME**  
**ROBOTU TASARIMI**

Ulaş ERASLAN

Yücel KARADENİZ

Yılmaz BAYRAK

Adem YILDIRIM

**OCAK 2020**

**TRABZON**

**T.C.**  
**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ**  
**MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**PNÖMATİK SİSTEMLİ PAKETLEME**  
**ROBOTU TASARIMI**

347892 Ulaş ERASLAN

347815 Yılmaz BAYRAK

347902 Yücel KARADENİZ

359300 Adem YILDIRIM

**Danışma:** Dr. Öğr. Üyesi Nurhan GÜRSEL ÖZMEN

**Bölüm Başkanı:** Prof. Dr. Burhan ÇUHADAROĞLU

**OCAK 2020**

**TRABZON**

## ÖNSÖZ

Son yıllarda teknolojide yaşanan devrimlerle insanoğlu makine tasarımı ve üretiminde çok ileriye gitmiştir. Bu gelişim rekabet ortamını sağlamış, sürekli ileriye dönük araştırma-geliştirmeler ve firmaların her zaman bir adım ilerde olma isteğiyle endüstri sektörünü de oldukça ilerletmiştir. Ülkemizde bu sektörde geri kalmamak için her gün üstüne koyarak daha da gelişmeyi hedeflemektedir.

Bu tasarım çalışmasında robotun ne olduğu, amacı, çalışma prensibi, tarihçesi, geçmişteki ve günümüzdeki tasarım örnekleri incelenmiştir. Buradan yola çıkarak pnömatik sistemli paketleme robotu tasarlanmasına karar verilmiştir.

Proje konusunun belirlenmesinde ve çalışmanın hazırlanma sürecinin her aşamasında bilgilerini, tecrübelerini ve değerli zamanını esirgemeyerek bizlere her fırsatta yardımcı olan mühendislik tasarımı danışmanımız Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Teorisi ve Dinamiđi Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Dr. Öğr. Üyesi Nurhan GÜRSEL ÖZMEN'e, bugünlere gelmemizde en büyük paya sahip olan, büyük emekler sarf eden, sevgi ve desteğini bizlerden esirgemeyen ailelerimize teşekkürlerimizi sunarım.

# İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	I
İÇİNDEKİLER.....	II
ÖZET.....	IV
SUMMARY.....	V
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VI
TABLolar DİZİNİ.....	VIII
Semboller ve Kısaltmalar Dizini.....	X
1. Amaç ve Kapsam.....	1
2.. Robot Genel Tanımı ve Tanıtımı.....	2
2.1. Robotların Sınıflandırılması.....	3
2.1.1 Koordinat Sistemlerine Göre Robotların Sınıflandırılması.....	3
2.1.1.1 Kartezyen Koordinat Sistemi .....	3
2.1.1.2 Silindirik Robot Kolu.....	3
2.1.1.3 Küresel Robot Kolu.....	4
2.1.1.4 Döner Koordinat Sistemi.....	4
2.1.2 Tiplerine Göre Sınıflandırılması.....	5
2.1.2.1 Kartezyen Robotlar.....	5
2.1.2.2 Scara Robotlar.....	5
2.1.2.3 Mafsallı Robotlar.....	6
2.2 Robot Kollarda Kullanılan Tahrik Sistemleri.....	7
2.2.1 Hidrolik Sistem.....	7
2.2.2 Elektrikli Sistem.....	7

2.2.3 Pnömatik Sistem.....	7
3.HAFTALIK ÇALIŞMA PROGRAMI.....	8
4. MÜHENDİSLİK HESAPLAMALAR.....	9
4.1. Taşıma Tablasındaki Cıvata Hesabı.....	9
4.2. Mil Hesabı.....	10
4.3 Tablaya Montajlanmış Piston Hesabı.....	11
4.4 Kaydırma Koluna Montajlanmış Piston Hesabı.....	12
4.4.1 Piston Miline Uygulanan Çekme Gerilmesi.....	12
4.4.2 Pistona Uygulanan Çekme Gerilmesi.....	12
4.4.3 Pistonu Alt Tablaya Bağlayan Cıvata Hesabı.....	13
4.5 Üst Piston ve Pistonun Bağlandığı Yerdeki Cıvata Hesabı.....	13
4.6 Pistonların Analizi.....	14
5. Çevresel Etki Değerlendirmesi.....	18
6. Maliyet Hesabı.....	19
7.Sonuçlar.....	20
8. Kaynaklar.....	21
9.Ekler.....	22
9.1 Ekler 2.....	35

## ÖZET

### Pnömatik Sistemli Paketleme Robotu

#### Tasarımı

Son yıllarda endüstri sektöründe her geçen gün bir gelişme görülmektedir. Bunlardan biri de paketleme robotlarıdır. Paketleme robotları genel olarak bir mekanizma sayesinde gelen ürünleri farklı bir mekanizmadaki paketlere taşımak için kullanılır. Paketleme robotunun çalışma prensibi; mekanizmadan gelen ürünü üst tablaya montajlanmış pnömatik pistonun alt tablayı itmesi sonucunda sıkıştırarak tutar. Robot koluna montajlanmış pnömatik piston ise tablayı yukarıya doğru çeker. Robot kolu motordan aldığı moment ile diğer mekanizmaya aksinel olarak döner. Robot koluna montajlanmış piston tablayı aşağıya doğru iter ve tablaya montajlanmış piston alt tablayı iterek ürünleri paketlere bırakır.

Anahtar Kelimeler: Pnömatik, Robot, Taşıma

## **SUMMARY**

### **Packaging Robot With Pneumatic System**

#### **Design**

In recent years, an improvement has been observed in the industrial sector day by day. One of these is packaging robots. Packaging robots are generally used to transport incoming products to packages with a different mechanism, thanks to a mechanism. The working principle of the packaging robot; It holds the product coming from the mechanism by squeezing it as a result of the pneumatic piston mounted on the upper table pushes the lower table. The pneumatic piston mounted on the robot arm pulls the table upwards. The robot arm rotates axially to the other mechanism with the momentum it receives from the motor. The piston mounted on the robot arm pushes the table downwards and the piston mounted on the table pushes the lower table and leaves the products in the packages.

**Keywords: Pneumatic, Robot, Transport**

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1 Kartezyen Robot Sistemi.....	3
Şekil 2 Silindirik Robot Kolu.....	3
Şekil 3 Küresel Robot Kolu.....	4
Şekil 4 Dairesel Koordinat Sistemi.....	4
Şekil 5 Kartezyen Robot.....	5
Şekil 6 Scara Robot.....	5
Şekil 7 Mafsallı Robot.....	6
Şekil 8 Tabladaki Pistonun İtiş Analizi.....	14
Şekil 9 Tabladaki Pistonun Çekiş Analizi.....	15
Şekil 10 Robot Kolundaki Pistonun İtiş Analizi.....	16
Şekil 11 Robot Kolundaki Pistonun Çekiş Analizi.....	17
Şekil 12 Tabladaki Pistonun Arka Tutacağı.....	22
Şekil 13 Tabladaki Pistonun Ön Tutacağı.....	23
Şekil 14 Kızak.....	24
Şekil 15 Robot Kolu Gövdesi.....	25
Şekil 16 Üst Tutma Kolu.....	26
Şekil 17 Alt Tutma Kolu.....	27
Şekil 18 Mil.....	28
Şekil 19 Kızak Tutacağı.....	29
Şekil 20 Robot Kolundaki Piston Tutacağı.....	30
Şekil 21 Üst Tabla.....	31
Şekil 22 Tasarımın Montaj Kesiti.....	32



Şekil 23 Tasarımın Montajı.....	33
Şekil 24 Pnömatik Devre.....	34
Şekil 25 Tasarım Montajının Kesit Görünümü.....	35

## TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1 Haftalık Çalışma Programı.....	8
Tablo 2 Maliyet Hesabı.....	18

## SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

$A_1$	:Cıvata dış dibi çapı, mm
$A_p$	:Parça kesit alanı, mm <sup>2</sup>
$D_0$	:Cıvatanın parça üzerindeki ortalama çapı, mm
$D_{mil}$	:Mil çapı, mm
$D_p$	:Piston çapı, mm
$F_0$	:Ortalama Kuvvet, N
$F_g$	:Genlik kuvveti, N
$F_{i\dot{s}}$	:İşletme kuvveti, N
$F_{max}$	:Maksimum kuvvet, N
$F_{min}$	:Minimum Kuvvet, N
$F_{ön=}$	:Ön gerilme kuvveti, N
$F_{stop}$	:Durdurma kuvveti, N
$F_z$	: $F_{i\dot{s}}$ 'in cıvataya uygulanan miktarı, N
$k_b$	:Boyut faktörü
$k_c$	:Cıvata rijitlik katsayısı
$k_ç$	:Çentik faktörü
$k_e$	:Eşdeğer rijitlik katsayısı
$k_{p=}$	:Parça rijitlik katsayısı
$k_{y=}$	:Yüzey pürüzlülüğü katsayısı
$M_{e0}$	:Ortalama eğilme momenti, N.mm
$M_{eg}$	:Genlik eğilme momenti, N.mm
$M_{emax}$	:Maksimum eğilme momenti, N.mm

$M_{emin}$  :Minimum eğilme momenti, N.mm

$N_k$  :Kızak kayacağıının ağırlığı, N

$S$  :Emniyet katsayısı

$\sigma_{Ak}$  :Akma gerilmesi, N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_d^*$  :Sonsuz ömre göre dinamik yükleme altındaki emniyet gerilmesi, N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{eg}$  :Genlik eğilme gerilmesi, N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{eo}$  :Ortalama eğilme gerilmesi, N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_k$  :Kopma gerilmesi, N/mm<sup>2</sup>

# 1. TASARIMIN AMAÇ VE KAPSAMI

## 1.1 Tasarımın Amacı

İnsanlık var olduğundan beri hayatlarını kolaylaştıracak aletler, cihazlar, makinalar gibi bir sürü icat bulmuştur. Bu icatlar insan yaşamını kolaylaştırmak ve insan gücünü en aza indirmek için hızla gelişmektedir. İlk zamanlarda insan eli ile çalışan bu makinalar da zamanla gelişerek tam otomatik olarak çalışır hale getirilmiştir.

Elektronik ve bilgisayar teknolojisinin gelişmesiyle de endüstride pnömatik elemanlı ve pnömatik sistemli makinalar PLC cihazları kullanılarak üretilmeye başlanmıştır.

PLC cihazları fabrikaların üretim bölümlerinde veya çalışan makinaların kontrol işlemlerinde kullanılan, isteğe göre programlanabilen, otomatik iş yaptırma kabiliyeti olan bir otomasyon cihazıdır. Bu sebeple işletme sektöründe çok fazla tercih edilmektedir.

İşletme sektöründe oluşan çetin rekabet, fabrikaların otomasyona geçmeleri ile üretim hızı, ürün kalitesini arttırmaları ve ayrıca üretim maliyetlerini düşürmeleri bir zorunluluk haline gelmiştir. Çalışan işçi sağlığı çok önemli olduğundan, ağır yükleri taşımaları halinde sakatlanma riskleri oluşmaktadır. Robotların malzeme taşıma otomasyon sistemlerinde kullanılmaları işçi sağlığı açısından da büyük önem taşımaktadır.

Yukarıda verilen açıklamalar doğrultusunda, bu tez çalışması ile endüstriyel otomasyonda kullanılan pnömatik sistemli paketleme robotu tasarımı ve üretimi yapılmıştır.

## 2.ROBOT GENEL TANIMI VE TANITIMI

Robot kelimesi, ilk defa Karel Čapek'in 1920 yılında yazdığı R.U.R.- Rossum's Universal Robots adlı (ve Türkçeye Halid Fahri tarafından R.U.R.- Alemşumul Suni Adamlar Fabrikası adıyla çevrilip, Osmanlıca olarak 1927 yılında Devlet Matbaası tarafından da yayınlanan) eserinde yer almış ve daha sonra tüm dünyada kullanılmaya başlanmıştır.<sup>[1]</sup>

Robot, otonom veya önceden programlanmış görevleri yerine getirebilen elektromekanik bir cihazdır. Güncel tanımı ile robotlar, elektronik ve mekanik birimlerden oluşan, algılama yeteneğine sahip olan ve programlanabilen cihazlardır. Başka bir tanımla robotlar, canlıların işlevlerini ve davranışlarını taklit edebilen, fiziksel yeteneklere ve yapay zekâya sahip, disiplinler arası öğeler içeren mühendislik ürünleridir.<sup>[2]</sup>

Robot duyargaları ile çevresini algılayan, algıladıklarını yorumlayan, bunun sonucunda karar alan (yapay zeka), karar sonucuna göre davranan, eylem olarak hareket organlarını çalıştıran veya durduran bir aygıttır. Bu tanıma göre bilgisayara paralel port ile bağlı ve klavyeden kontrol edilen bir araba robot değildir. Çünkü kendisi tek başına karar vermemekte, bizim klavyeden verdiğimiz talimatları uygulamaktadır. Ancak aynı araba duyargaları ile algıladıklarını yorumlamak üzere bilgisayarın mikroişlemcisini kullanıp, yorumlatıyor ve kendi karar alabiliyor, algılamalarına göre bizden bağımsız davranabiliyorsa o artık bir robottur.<sup>[3]</sup>

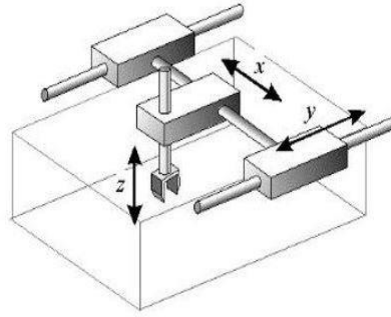
Günümüzde robotlar askeri, endüstri, taşıma gibi pek çok alanda kullanılmaktadır. Robotlar genellikle üretim hızını arttırmak, üretim maliyetini düşürmek ve daha kaliteli ürün üretmek için kullanılır. Ayrıca oluşabilecek kazalardan insan sağlığını güvence altına alabilmek için tehlikeli yerlerde robotlar kullanılır.

## 2.1. Robotların Sınıflandırılması

### 2.1.1 Koordinat Sistemlerine Göre Robotların Sınıflandırılması

#### 2.1.1.1 Kartezyen Koordinat Sistemi

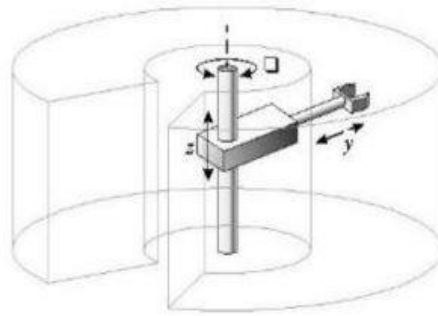
Bu robot kollarının üç eklemi de prizmatik yapı tasarlanır. Tanımlanan çalışma uzayı içerisinde X, Y ve Z koordinatlarına göre hareket ederler. Bu tip manipülatörler tasarlanan çalışma uzayına uygun büyüklükte, boyutlarda ve ağırlıklardaki nesnelere taşımak için idealdirler.



Şekil 1

#### 2.1.1.2 Silindirik Robot Kolu

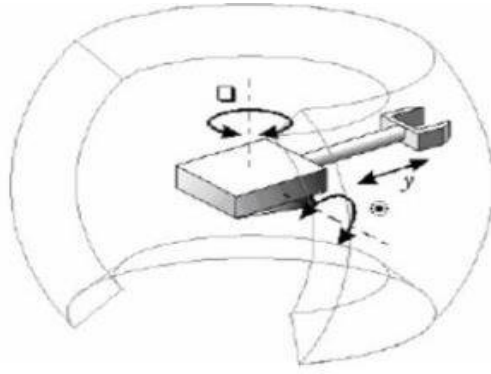
Bu tip robotlar temel bir yatak etrafında dönebilir ve diğer uzuvları taşıyan ana gövdeye sahip özelliktedir. Hareket düşeyde ve ana gövde eksen kabul edildiğinde radyal olarak sağlanır. Dolayısıyla çalışma hacmi içerisinde robotun erişemeyeceği, ana gövdenin hacmi kadar bir bölge oluşur. Ayrıca genellikle, mekanik özelliklerden dolayı gövde tam olarak 360° dönemez.



Şekil 2

### 2.1.1.3 Küresel Robot Kolu

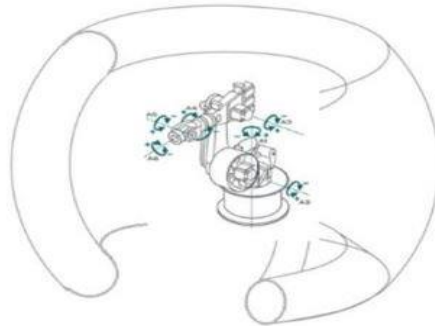
Üç eksen yapısı bulunur. Birinci eksen kendi etrafına dönebilir, ikinci eksen dirsek görevini görür ve döner hareket yapar. Üçüncü eksen doğrusal hareket yapar. Tanımlanan çalışma uzayı içerisindeki noktalara ulaşabilme bakımından yetenekli robotlardır. Robotikte küresel koordinat sistemi en eski koordinat sistemlerinden biridir. Oldukça çok işlevli, birçok uygulama alanına sahip özelliğinin yanında, yapım ve montaj açısından da oldukça kolaylık sağlamaktadır.



Şekil 3

### 2.1.1.4 Döner Koordinat Sistemi

Eğer bir robot herhangi bir iş yaparken kolu dairesel hareketli bağlamlarla oluşturuyorsa, bu tip robotlara Döner koordinat sistemli robotlar denir. Robot kolunun bağlantıları gövde üzerine, etrafında dönecek şekilde monte edilmiştir ve dayanak noktaları birbirine benzeyen iki ayrı bölümü taşır. Dönen parçalar yatay ve dikey monte edilebilir.



Şekil 4



## 2.1.2 Tiplerine G6re Sınıflandırılması

### 2.1.2.1 Kartezyen Robotlar

Kartezyen robot 3 eksen 6zerinde lineer hareket eden robot tipidir. Eyleyici yapıları d6nel olsa da eksen hareketleri doğrusaldır. Bu robotların avantajları 3 eksende 6alıştıkları i6in daha az hata payı olması ve y6ksek hassasiyetlere sahip olabilmeleridir. Bu nedenle CNC ve 3 boyutlu yazıcı gibi hassasiyetin 6nem taşıdığı uygulamalarda sıklıkla kullanılırlar. Bu uygulamalar dışında sağlam yapıları sayesinde b6y6k y6kleri taşımak i6in de tercih edilebilirler.



şekil 5

### 2.1.2.2 Scara Robotlar

Scara, (Se6ilebilir uyumlu montaj robot kolu “Selective Compliant Assembly Robot Arm”) veya (Se6ilebilir uyumlu eklemlı robot kolu “Selective Compliant Articulated Robot Arm”) tanımlarının kısaltmasıdır. 6ok y6ksek hızlara, en iyi tekrarlıama kabiliyetine, y6ksek hassasiyet ve doğruluk oranlarına sahiptir. Elektronik devre elemanlarının baskılı devre 6zerine yerleştirilmesinde, elektromekanik olarak 6alışan k66k cihazların ve bilgisayar disk s6r6c6lerinin montajında bu robotlardan faydalanılmaktadır.



şekil 6

### 2.1.2.3 Mafsallı Robotlar

İnsan kolunun hareketlerini taklit etmeye en yakın robot kol dur. Endüstriyel robot deyince ilk akla gelen robottur. Kol üzerinde bulunan eklemlerden bazıları yatayda dairesel hareket yaparken bazıları dikey ekseninde dairesel hareket yapabilmektedir. Diğer robot türlerine göre karmaşık bir yapıya sahip olup, kinematik hesaplamalarının zorluğundan dolayı programlanması da diğerlerine göre zordur. Ağır ve karmaşık kaynak, montaj ve boya uygulamalarında tercih edilmektedir.<sup>[4]</sup>



Şekil 7

## **2.2 Robot Kollarda Kullanılan Tahrik Sistemleri**

Robotun önemli elemanı tahrik sistemidir. Bu tahrik sistemi robotun hareketini sağlar. Robotun kullanacağı alana ya da gerek duyduğu güce göre tahrik sistemleri 3 çeşittir. Genellikle sanayide kullanılan bu sistemler:

### **2.2.1 Hidrolik Sistem**

Hidrolik tahrik sistemi, robota büyük hız ve güç verir. Bu sistem, mafsalların doğrusal ve dairesel hareket etmesini sağlayacak şekilde tasarlanır. Hidrolik sistemin temel dezavantajı robotun fazla yer işgal etmesidir. Ayrıca, sızıntı problemi vardır. Yüksek hız ve güç sağladığından bu sistem birçok endüstriyel robotta kullanılmaktadır. Sprey boyamadaki gibi elektrikli sistemlerin yangın çıkartma tehlikesi yüksek olan alanlarda hidrolik robotlar kullanılmaktadır.

### **2.2.2 Elektrikli Sistem**

Hidrolik sistemlerle karşılaştırıldığında, elektrikli sistemler, daha az hız ve güç sağlarlar. Bundan dolayı elektrikli sistemler daha küçük robotlarda kullanılır. Fakat bu sistemler daha hassas ve daha iyi tekrarlanabilme kabiliyetinde ve kullanımı daha temizdir. En yaygın olarak endüstride bu tip robotlar kullanılır. Nümerik kontrollü tezgahlarda olduğu gibi bu tip robotlar iki grupta sınıflandırılır: Adım motorlular ve doğru akımlı servo motorlulardır. Adım motorlu robotların çoğu açık döngü tipindedir, fakat geri besleme döngüleri bu robotlarda ortaktır. Servo sistemli robotlar, sistem ile robot arasında sabit olan geri besleme döngülerine sahiptirler.,

### **2.2.3 Pnömatik Sistem**

Pnömatik tahrikli sistemler, genellikle daha küçük robotlarda kullanılır. Bu robotlar daha az serbestlik dereceli ve malzemeleri bir yerden alıp başka bir yere nakletme işlemlerinde kullanılır. Bu işlemler genellikle basit ve kısa sürelidir. Pnömatik güç, doğrusal veya dairesel eklemler için kullanılır. Pnömatik robotlar, elektrikli veya hidrolik robotlardan daha ucuzdur. Fakat çoğunlukla, pnömatik robotlar mekanik olarak her bir eksen için sabit noktalı işlemler yaparlar. Bunlar, sınırlı hareketler yapan sıra robotlardır. Bu robotların büyük avantajı basit modüler yapıda olduğundan standart mevcut parçaların kullanılmasıdır. Bu da bir firma için maddi açıdan önemli ölçüde kazanç sağlar.<sup>[5]</sup>

### 3.HAFTALIK ÇALIŞMA PROGRAMI

HAFTALAR	YAPILAN ÇALIŞMALAR
1.HAFTA	Literatür Araştırmalarının Yapılması
2.HAFTA	Robot Kolları Hakkında Bilgi Edinilmesi
3.HAFTA	Üretilcek Tasarımın Kullanım Alanın Belirlenmesi
4.HAFTA	Robot Kolunun Tasarımının Araştırılması
5.HAFTA	Pnömatik Piston Hakkında Bilgi Edinilmesi
6.HAFTA	Toplanan Bilgilerin Yazılması ve Robot Kolunun Tasarımının 3D Taslak Çizimi
7.HAFTA	(Vize Haftası)
8.HAFTA	(Vize Haftası)
9.HAFTA	Fluid-SIM Programının Araştırılması
10.HAFTA	Tasarımda Kullanılacak Parçaların Mühendislik Hesaplarının Yapılması
11.HAFTA	Maliyet Hesabının Yapılması
12.HAFTA	Mühendislik Hesabı Yapılan Parçaların Çizilmesi ve Montajlanması
13.HAFTA	Tasarım Çalışması Yazma ve Düzenleme

Tablo 1: Haftalık Çalışma Programı

## 4. MÜHENDİSLİK HESAPLAMALAR

### 4.1. Taşıma Tablasındaki Cıvata Hesabı

Cıvata Malzemesi= St50

$$F_{\text{ön}} = 500\text{N} \quad , \quad \text{Cıvata Kalitesi}=4.6 \quad , \quad \frac{F_{\text{ön}}}{F_{\text{iş}}} = 2.75 \quad , \quad \sigma_{\text{Ak}} = \frac{240\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$F_{\text{min}} = F_{\text{ön}} \quad (1)$$

$$F_{\text{max}} = F_{\text{ön}} + F_z \quad (2)$$

$$F_z = k_e * F_{\text{iş}} \quad (3)$$

$$k_e = \frac{k_c}{k_p + k_c} \quad (4)$$

$$k = E * A/l \quad (5)$$

$$A_p = \left(\frac{\pi}{4}\right) * (D_0^2 - d_D^2) \quad (6)$$

$$D_0 = s + (k * l_p/2) \quad (7)$$

$$\sigma_K = \frac{490\text{N}}{\text{mm}^2} \quad , \quad k=2 \quad , \quad s=1.5d$$

$$k_p = \frac{\left(\frac{210000\text{N}}{\text{mm}^2}\right) * 8.64\text{mm}^2}{30\text{mm}} \quad k_p = \frac{60480\text{N}}{\text{mm}}$$

$$k_c = \frac{\left(\frac{210000\text{N}}{\text{mm}^2}\right) * 7.75\text{mm}^2}{26\text{mm}} \quad k_c = \frac{62596.15\text{N}}{\text{mm}}$$

$$k_e = 0.51$$

$$F_z = 255\text{N}$$

$$F_{\text{min}} = 500\text{N}$$

$$F_{\text{max}} = 755\text{N}$$

$$F_0 = \frac{F_{\text{max}} + F_{\text{min}}}{2} \quad (8)$$

$$F_0 = 627.5\text{N}$$

$$F_g = \frac{F_{\max} - F_{\min}}{2} \quad (9)$$

$$F_g = 127.5 \text{ N}$$

$$A_1 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \quad (10)$$

$$A_1 = 7.75 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{d^*} = \frac{60 \text{ N}}{\text{mm}^2}$$

$$\left( \frac{F_0}{A_1} \right) + \left( \frac{\sigma_{AK}}{\sigma_{d^*}} \right) * \left( \frac{F_g}{A_1} \right) = \frac{\sigma_{AK}}{s} \quad (11)$$

$$34 \text{ N/mm}^2 \leq \frac{\sigma_{AK}}{s}$$

$s = 7$  emniyetli

#### 4.2. Mil Hesabı

Mil Malzemesi= St50

$$M_{\text{emax}} = 128040 \text{ N} * \text{mm} \quad , \quad M_{\text{emin}} = 108000 \text{ N} * \text{mm} \quad ,$$

$$M_{e0} = \frac{M_{\text{emax}} + M_{\text{emin}}}{2} \quad (12)$$

$$M_{e0} = 118020 \text{ N} * \text{mm}$$

$$M_{eg} = \frac{M_{\text{emax}} - M_{\text{emin}}}{2} \quad (13)$$

$$M_{eg} = 10020 \text{ N} * \text{mm}$$

$$\sigma_{e0} = 32 * \frac{M_{e0}}{\pi * d^3} \quad (14)$$

$$\sigma_{e0} = \frac{1202141.85 \text{ N} * \text{mm}}{d^3}$$

$$\sigma_{eg} = 32 * \frac{M_{eg}}{\pi * d^3} \quad (15)$$

$$\sigma_{eg} = \frac{102062.9 \text{ N} * \text{mm}}{d^3}$$

$$k_b = 0.78 \quad , \quad k_y = 0.95 \quad , \quad k_c = 1$$

$$\sigma_{d^*} = \left( k_y * \frac{k_b}{k_c} \right) * (0.45 * \sigma_K) \quad (16)$$

$$\sigma_{d^*} = \frac{163.4N}{mm^2}$$

$$\sigma_{e0} + \left( \frac{\sigma_{AK}}{\sigma_{d^*}} \right) * (\sigma_{eg}) \leq \frac{\sigma_{AK}}{s} \quad (17)$$

$$s = 3 \text{ için } d \geq 24.16 \text{ mm}$$

### 4.3 Tablaya Montajlanmış Piston Hesabı

$$D_p=50mm \quad , \quad D_{mil}=20mm \quad , \quad P=4bar$$

$$F = P * A \quad (18)$$

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} = 19.64cm^2$$

$$F = (4bar) * (19.64cm^2) = 78.56kg$$

$$a=20mm/s = 0.02m/s$$

$$F = (78.56kg) * \left( \frac{0.02m}{s} \right) = 1.58N$$

$$\text{Kızak kayacağıının kütlesi} = 0.05kg \quad \text{Ağırlığı} \cong 0.5N = N_{KK}$$

$$F_s = \mu * N_{KK} \quad (19)$$

Çelik-Çelik sürtünme statik katsayısı=0.75'tir.

$$F_s = 0.75 * 0.5 = 0.375N$$

4 tane kızak kayacağıının sürtünmeyi yenmesi gerektiğinden;

$$F_{stop} = 4 * 0.375N = 1.5N$$

Bizim kullandığımız pistonun F kuvveti, sürtünme yoluyla kaybolacak kuvvetten büyük olması sebebiyle piston kızıağı kaydırabilecektir.

#### 4.4 Kaydırma Koluna Montajlanmış Piston Hesabı

##### 4.4.1 Piston Miline Uygulanan Çekme Gerilmesi

50kg mekanizma, 50kg yük kapasitesi olmak üzere 100kg yük etkimektedir.

$$F=100\text{kg}\cdot 9.81\text{m/s}^2=981\text{N}$$

$$\sigma = \frac{F}{A} \leq \frac{\sigma_{em}}{s}$$

$$\frac{981\text{N}}{\pi \cdot \frac{20^2}{4}} \leq \frac{\sigma_{AK}}{s}$$

$$3.12 \leq \frac{\sigma_{AK}}{s} \quad \text{emniyetlidir.}$$

##### 4.4.2 Pistona Uygulanan Çekme Gerilmesi

$$F = P \cdot A$$

$$F = (4 \cdot 10^5) \cdot \frac{\pi \cdot 0.1^2}{4}$$

$$F = 3141.6\text{N}$$

$$W = 981$$

$$F_{nd} = 2160.6\text{N}$$

$$\sigma = \frac{F}{A} \leq \frac{\sigma_{em}}{s}$$

$$\frac{2160.6}{\pi \cdot \frac{100^2}{4}} \leq \frac{250}{s} \quad \text{emniyetlidir.}$$



#### 4.4.3 Pistonu Alt Tablaya Bağlayan Cıvata Hesabı

$$\sigma = 1.3 * \frac{F_{\text{ön}}}{A} \leq \frac{\sigma_{AK}}{s}$$

$$\frac{1.3 * 981}{\pi * \frac{10^2}{4}} \leq \frac{240}{s}$$

$$\frac{16.23N}{\text{mm}^2} \leq \frac{240N}{\text{mm}^2} \quad \text{emniyetli}$$

Yapılan statik hesap emniyet şartlarını fazlasıyla karşılaması sebebiyle dinamik hesaba gerek duyulmamıştır.

#### 4.5 Üst Piston ve Pistonun Bağlandığı Yerdeki Cıvata Hesabı

$$W=981N$$

$$F_H=3141.6N$$

$$F_{\text{top}}=4122.6$$

$$\sigma = (1.3) * 4 * \frac{4122.6}{\pi * 10^2} \leq \frac{240}{s}$$

$$68.23N \leq \frac{240}{s}$$

$$s \geq 3.51 \text{ emniyetli}$$

## 4.6 Pistonların Analizi

### Giriş değerleri - sistem parametreleri

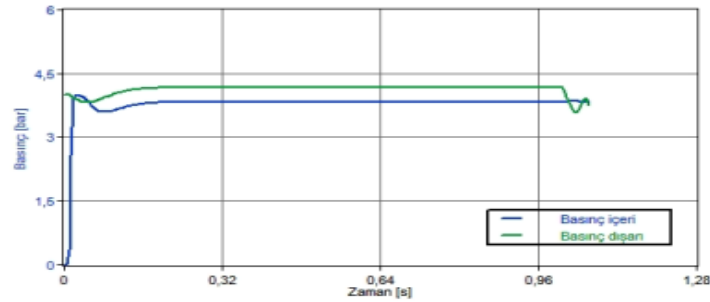
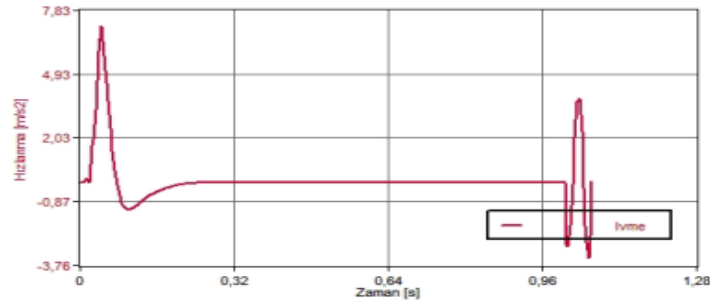
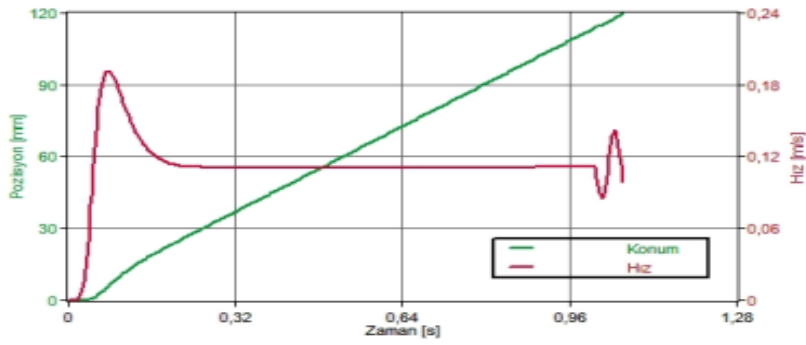
Istenecek strok	0.12 m	Hareketin yönü	Uzat
Hareket eden kütle	10 kg	Basınç hattındaki basıncı	4 bar
Ek itme kuvveti	0 N	Ek sürtünme	10 N
Yerleştirme açısı	0 deg		

### Parça listesi

Tahrik elemanı	ADN-50-120-A-PPS-A	536309	Ayarlar:	Debi6.1 Devir açık
Kısma valfi	GRLA-1/8-QS-8-D	193145		
Valf	VUVG-L14-B52-ZT-G18-1P3	566509		
Susturucu	U -1/8	2307		
Hortum [Sil. > Valf]	PUN-H-8x1,25-BL	197385	Hortum uzunluğu	1 m
Bağlantı rakoru1	CRQS-1/8-B	162863		
Hortum [kaynak > valf]	PUN-H-8x1,25-BL	197385	Hortum uzunluğu	1 m
Bağlantı rakoru2	CRQS-1/8-B	162863		

### Hesaplanmış sonuçlar

Toplam konumlama zamanı	1.063 s	Darbe hızı	0.100 m/s
Ortalama hız	0.120 m/s	Max. hız	0.193 m/s
Döngü başına Hava Tüketimi	2.514 l		
Kinetik darba enerjisi	0.051 J		



Şekil 8: Tabladaki Pistonun İtiş Analizi

## Giriş değerleri - sistem parametreleri

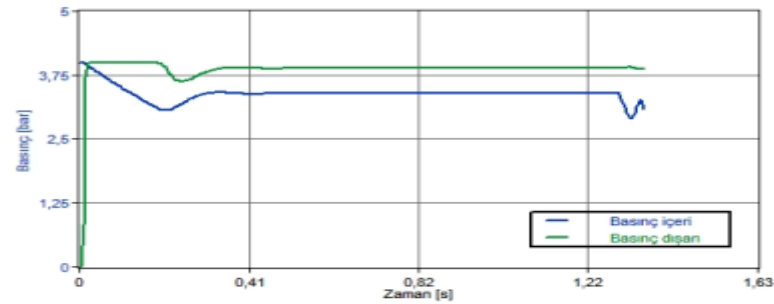
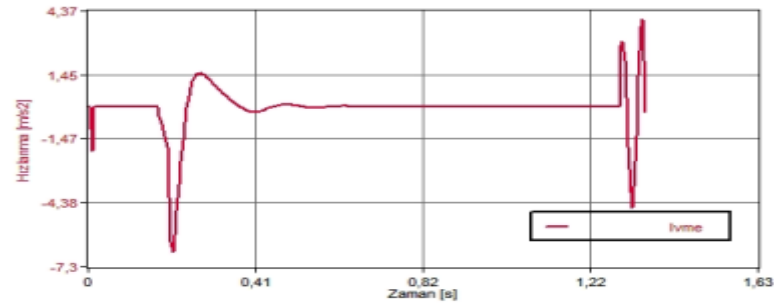
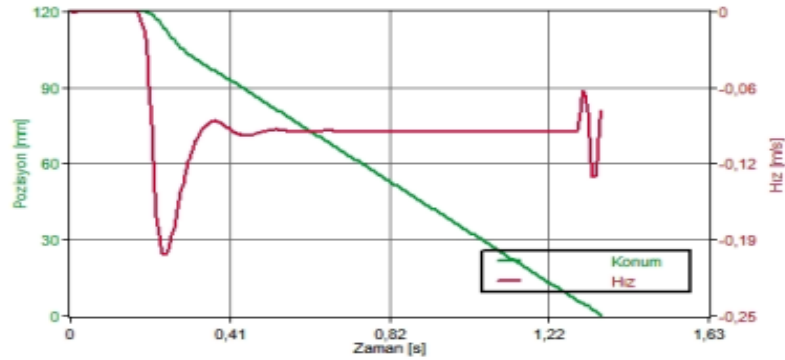
Istenecek strok	0.12 m	Hareketin yönü	Geri çekil
Hareket eden kütle	10 kg	Basınç hattındaki basıncı	4 bar
Ek itme kuvveti	0 N	Ek sürtünme	10 N
Yerleştirme açısı	0 deg		

## Parça listesi

Tahrik elemanı	ADN-50-120-A-PPS-A	536309	Ayarlar:	Debi:6.1 Devir açık
Kısma valfi	GRLA-1/8-QS-8-D	193145		
Valf	VUVG-L14-B52-ZT-G18-1P3	566509		
Susturucu	U -1/8	2307		
Hortum [Sil. > Valf]	PUN-H-8x1,25-BL	197385	Hortum uzunluğu	1 m
Bağlantı rakoru1	CRQS-1/8-8	162863		
Hortum [kaynak > valf]	PUN-H-8x1,25-BL	197385	Hortum uzunluğu	1 m
Bağlantı rakoru2	CRQS-1/8-8	162863		

## Hesaplanmış sonuçlar

Toplam konumlama zamanı	1.357 s	Darbe hızı	-0.080 m/s
Ortalama hız	0.100 m/s	Max. hız	0.199 m/s
Döngü başına Hava Tüketimi	2.514 l		
Kinetik darba enerjisi	0.033 J		



Şekil 9: Tabladaki Pistonun Çekiş Analizi

### Giriş değerleri - sistem parametreleri

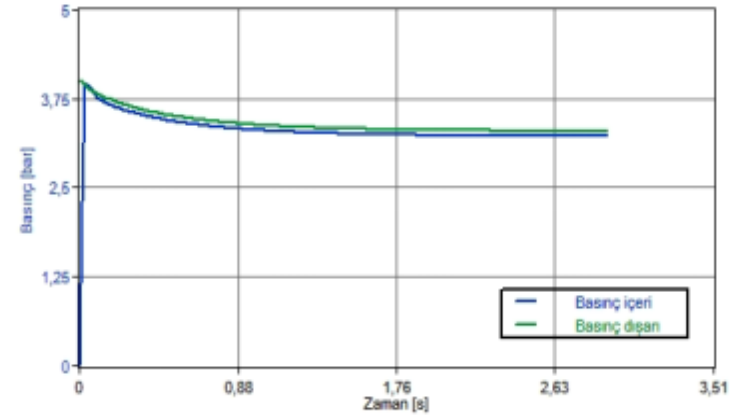
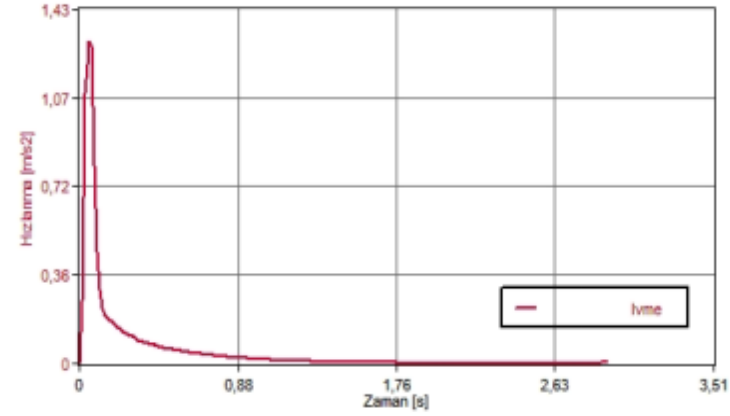
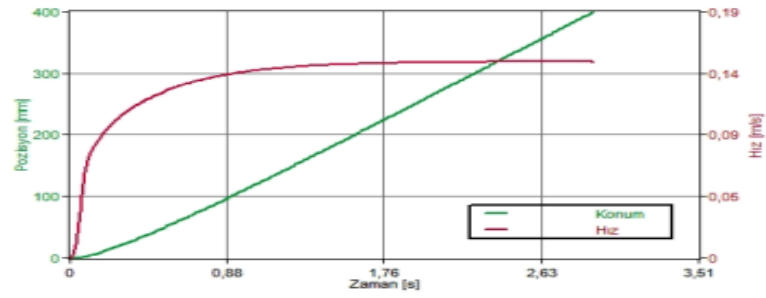
İstenen strok	0.4 m	Hareketin yönü	Uzat
Hareket eden kütle	50 kg	Basınç hattındaki basıncı	4 bar
Yerleştirme açısı	0 deg		

### Parça listesi

Tahrik elemanı	ADNGF-100-400-P-A	537132	Ayarlar:	Debi7.8 Devir açık
Kısma valfi	GRLA-1/8-QS-8-RS-B	162966		
Valf	CPV14-M1H-5JS-1/8	161361		
Susturucu	U -1/8	2307		
Hortum [Sil. > Valf]	PUN-V0-8x1,25-BL	525443	Hortum uzunlugu	1 m
Bağlantı rakoru 1	QS-1/8-8	153004		
Hortum [kaynak > valf]	PUN-10x1,5-BL	159668	Hortum uzunlugu	1 m
Bağlantı rakoru 2	QS-1/8-10	190643		

### Hesaplanmış sonuçlar

Toplam konumlama zamanı	2.924 s	Darbe hızı	0.150 m/s
Ortalama hız	0.140 m/s	Max. hız	0.151 m/s
Döngü başına Hava Tüketimi	31.180 l		
Kinetik darba enerjisi	0.592 J		



Şekil 10: Robot Kolundaki Pistonun İtiş Analizi

### Giriş değerleri - sistem parametreleri

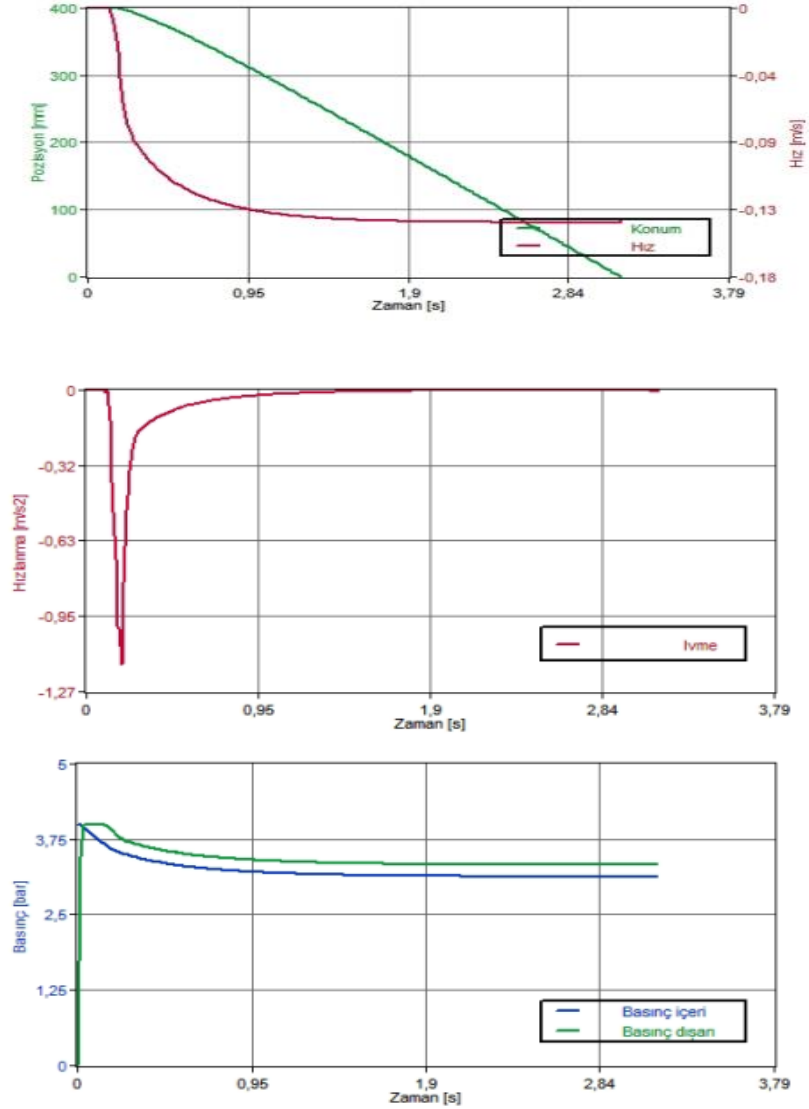
Istenen strok	0,4 m	Hareketin yönü	Geri çekil
Hareket eden kütle	50 kg	Basınç hattındaki basıncı	4 bar
Yerleştirme açısı	0 deg		

### Parça listesi

Tahrik elemanı	ADNGF-100-400-P-A	537132	Ayarlar:	Debi7.8 Devir açık
Kisma valfi	GRLA-1/8-QS-8-R5-B	162966		
Valf	CPV14-M1H-5JS-1/8	161361		
Susturucu	U -1/8	2307		
Hortum [Sil. > Valf]	PUN-V0-8x1,25-BL	525443	Hortum uzunluğu	1 m
Bağlantı rakoru1	QS-1/8-8	153004		
Hortum [kaynak > valf]	PUN-10x1,5-BL	159668	Hortum uzunluğu	1 m
Bağlantı rakoru2	QS-1/8-10	190643		

### Hesaplanmış sonuçlar

Toplam konumlama zamani	3.153 s	Darbe hızı	-0.140 m/s
Ortalama hız	0.130 m/s	Max. hız	0.144 m/s
Döngü başına Hava Tüketimi	31.180 l		
Kinetik darba enerjisi	0.519 J		



Şekil 11: Robot Kolundaki Pistonun Çekiş Analizi

Pistonların analizi FESTO Türkiye sitesinden yapılmıştır.<sup>[6]</sup>

## 5. ÇEVRESEL ETKİ DEĞERLENDİRMESİ

Tasarımı yapılan pnömatik sistemli paketlenme robotunda elektrik motoru, elektrik enerjisini hareket enerjisine dönüştürdüğü için havaya herhangi bir gaz çıkışı sağlamamaktadır bu nedenle çevreye olan etkisi azdır.

Pnömatik sistemlerle malzeme taşınmada ortaya çıkacak riskleri azaltmak için, çalışanların iş ile ilgili olası yaralanmaları ve hastalıkları öğrenmeleri gerekir. Güvenliğin artması, sistemde verimliliği artırarak sistem maliyetini düşürecektir. Bu sistemlerde en çok görülen sorunlar, boru tesisatının tıkanması ve aşırı basınç yükselmesiyle patlamaların oluşmasıdır. Patlamalar genelde toz patlaması şeklindedir. Bu patlamaların çalışanlarla birlikte çevreye verdikleri hasarlar oldukça büyüktür. Basınç yükselmesi genelde tesisatta, filtrasyon ünitelerinde ve blow tanklarda ortaya çıkar. Pnömatik taşımanın amacı, patlayıcı olduğu bilinen tozlu ve taneli malzemelerin taşınması olduğu için, tasarım aşamasında gereken önlem alınmalıdır. Hava aktarımında, genellikle pozitif yer değiştirmeli makineler tercih edilir. Basınç veya volümetrik debi cinsinden, blower ve kompresör için yapılacak doğru seçim, sistemde tıkanmaların önüne geçecektir. Yeterli taşıma için minimum gaz hızı tüm tesisatta sağlanmalı ve taşıyıcı gazın sıkışabilirliği unutulmamalıdır. Hemen hemen tüm malzemeler, taşıma sırasında elektrostatik şarj ile yüklenirler. İhmal edilseler de bazen yüksek gerilim alanı oluşturarak tehlikeli sınırlara ulaşırlar. Elektrostatik şarjdan kurtulmak için, toz birikimini en aza indirmek, mümkünse tamamen temizlemek gereklidir. Uzun süre, nefes yoluyla alınan tozlar, özellikle silis, asbest ve kömür gibi mineral esaslı tozlar, ciğerlerde sürekli doku bozulmasına neden olmaktadır. Semptomların başında, kronik nefes darlığı ve solunum yolu enfeksiyonları gelmekte, daha ilerleyen vakalarda ise zatürre ve kanser oluşmaktadır.<sup>[7]</sup>

## 6. MALİYET HESABI

Parçaların maliyet hesabı Solidworks uygulamasından hesaplanmıştır.

Parça Adı	Maliyet
Tabladaki Pistonun Arka Tutacağı	175TL
Tabladaki Pistonun Ön Tutacağı	175TL
Kızak*4 adet	300TL
Robot Kolu	3500TL
Üst tutma Kolu	500TL
Alt Tutma Kolu	500TL
Piston*2 adet	350TL+450TL
Kızak Tutacağı	250TL
Robot Kolundaki Piston Tutacağı	150TL
Üst tabla	650TL
Cıvatalar	10TL
Rulman	225TL
Elektrik Motoru	1350
Toplam Maliyet	8585TL

Tablo 2:Maliyet Hesabı

## 7.SONUÇLAR

Bu tasarım çalışması boyunca öncelikli olarak robot, robot kolu, pnömatik sistemin ne olduğu, neleri kapsadığı, hangi amaçlar doğrultusunda üretildiğini, hangi alanlarda kullanıldığından bahsedilmiştir.

Bu tasarımda yapılan pnömatik sistemli paketleme robotu anlatılmış çeşitli çizimlerle desteklenerek düzenlenmiştir. Tasarımı yapılan projenin matematiksel hesaplamaları yapılmış ve bazı programlar kullanılarak kayıt altında incelenmiştir.

Bu tasarım çalışmasında kullanılacak ve üretilecek parçaların maliyet hesabı yapılmış ve planlanmıştır.

Yapılan tasarım çalışması ve projeye olan istek, heves ve bitirme arzusu bunun yanında robotlar üzerinde çalışmalar yapılarak bu sistemler hakkında detaylı bilgi edinmek, çalışma sistemlerini kavramak ve bunların sonucu olarak yerli ve milli paketleme sisteminin üretilebilir hale gelmesi, bu yöndeki çalışmaların artması ve desteklenmesi için konuyu öğrencilerin ve mühendislerin ilgi alanına sokarak endüstriyel sanayisi başta olmak üzere bu tarz robotların kullanıma uygun alanlarda daha fazla ilerlemesini ve yapılacak diğer çalışmalarla ülkemizi bu alanda bağımsız ve hür hale getirebilme gayesinde olmamız çalışmamızı bu aşamaya kadar getirmiştir. Bu ilgi ve alakayla projenin başarıyla tamamlanması için elimizden geldiğince öz veriyle çalıştık ve çalışmaya devam edeceğiz.

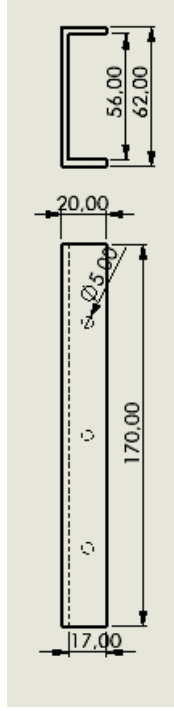
Günümüz diğer ülkelerde bu sistemlere bakıldığı zaman bu tarz çalışmaların ne kadar önemli bir ihtiyaç olduğu açık şekilde görülmektedir. Bu yüzden bu tasarım çalışmamızda da göreceğiniz üzere daha da vakit kaybetmeden bu yönde çalışmalar desteklenerek ilerleme kaydedilmelidir. Sonuç olarak bu tarz model paketleme sistemlerinde bile ne kadar detaylı ve ayrıntılı mühendislik çalışması yapılması gerektiği göz önüne alınırsa tam anlamıyla çalışan gerçek ölçekteki bir jet motor için yüksek maliyete, tasarıma, üretime ve analize gereksinim olduğu ortaya çıkmaktadır. Test aşamalarında ise büyük emek, ekip çalışması, ham madde ile yatırıma olan ihtiyaç en önemlisi de uzun bir zamana ihtiyaç olduğu görülmektedir. Bu aşamalardan gereği önem verilerek ve çalışılarak başarıya ulaştıktan sonra semalardaki yerini almaya hazır hale gelip amacına ulaşacaktır.



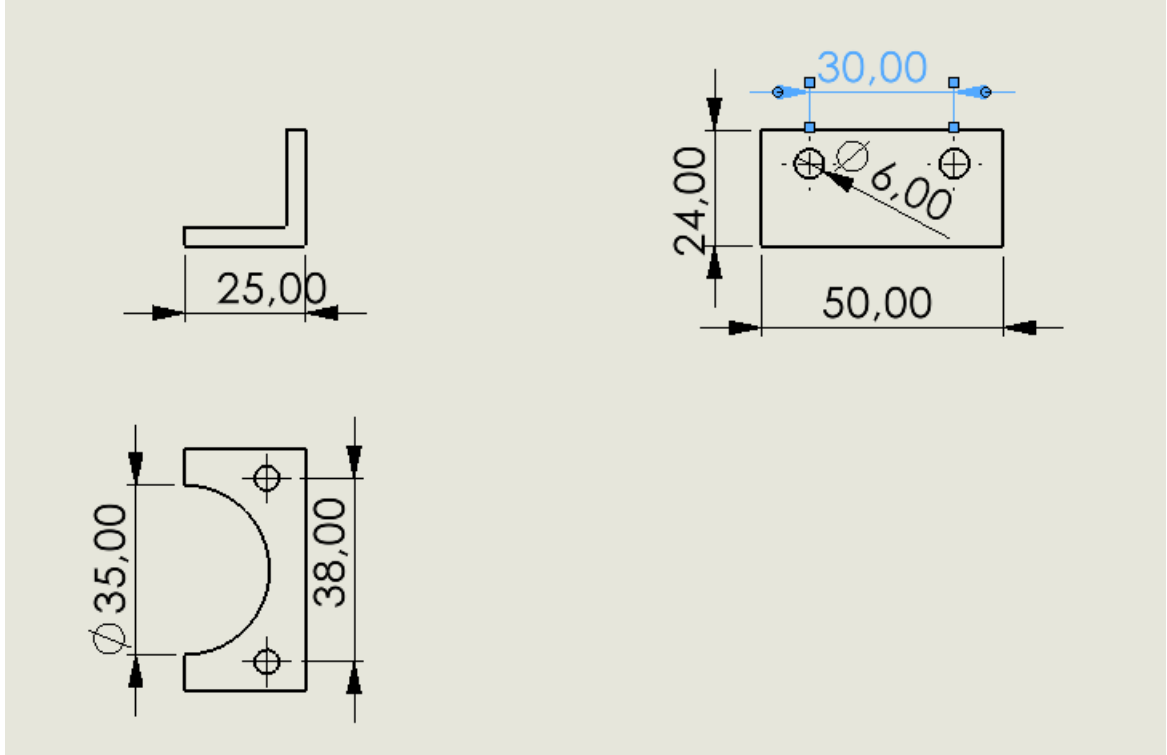
## 8.KAYNAKÇA

1. "Atılım Üniversitesi Robot Teknolojileri Uygulama ve Araştırma Merkezi-Robotlar" (PDF). 24 Ocak 2013 tarihinde kaynağından (PDF) arşivlendi. 14 Ekim 2020.
2. [Şişman B., "Eğitimde Robot Kullanımı", Eğitim Teknolojileri Okumaları 2016, İşman A., Odabaşı H.F., Akkoyunlu B., Ed., TOJET, Ankara, ss.299-314, 2016]
3. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Robot> Robot Nedir? 12 Ocak 2021.
4. [www.kaizen40.com/robot-nedir/](http://www.kaizen40.com/robot-nedir/) Robotların Sınıflandırılması. 27 Ekim 2020
5. <https://diyot.net/robotik-sistemler/> Robotların Güç Kaynakları. 28 Ekim 2020
6. <https://www.festo.com/cat/xdki/> Pnömatik Tahrik Elemanlar. 24 Aralık 2020
7. Ergür, S., Pnömatik Sistemlerde Sağlık ve Güvenlik, Mühendis ve Makine, 56 (662), 2015,63-71.

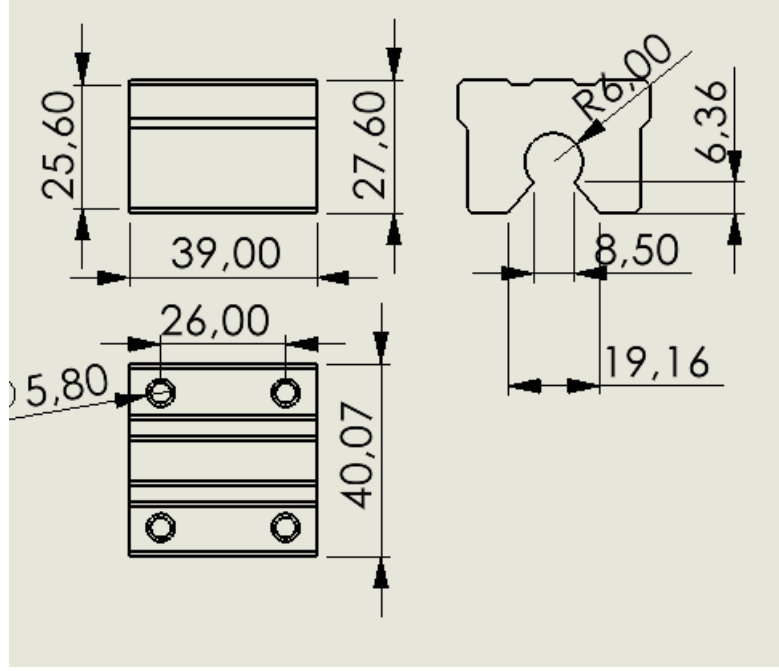
## 9.EKLER



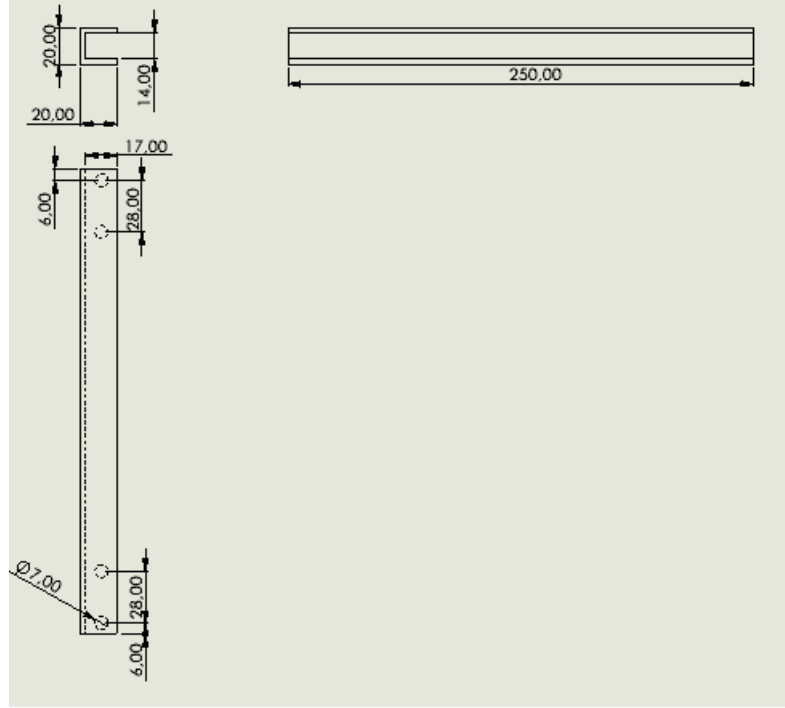
Şekil 12: Ürün Tutma Kolu



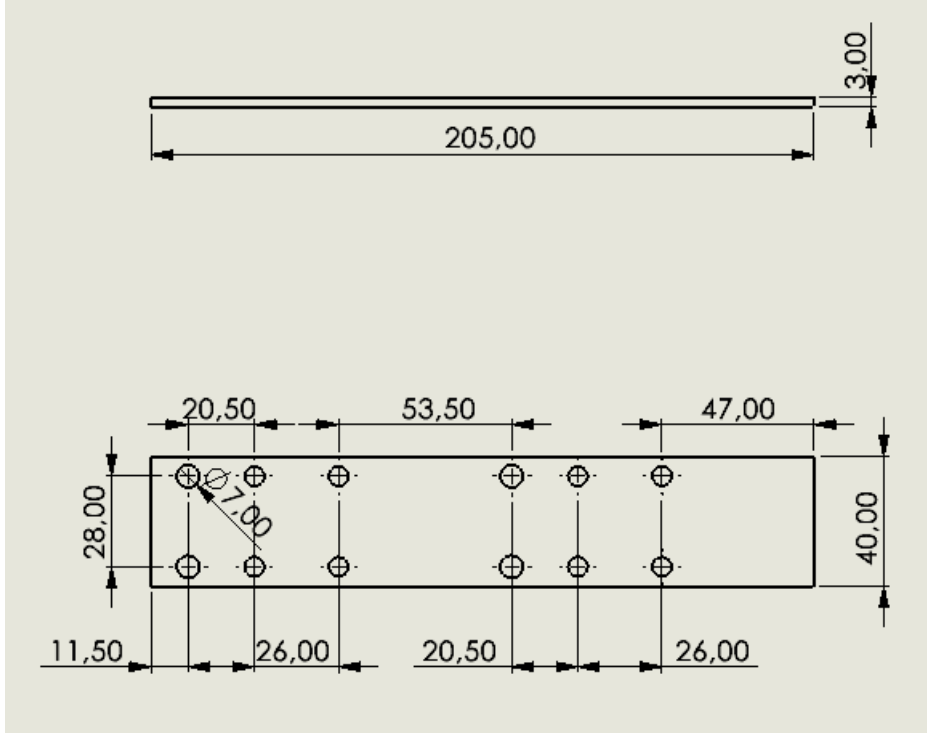
Şekil 13: Piston Tutma Kolu



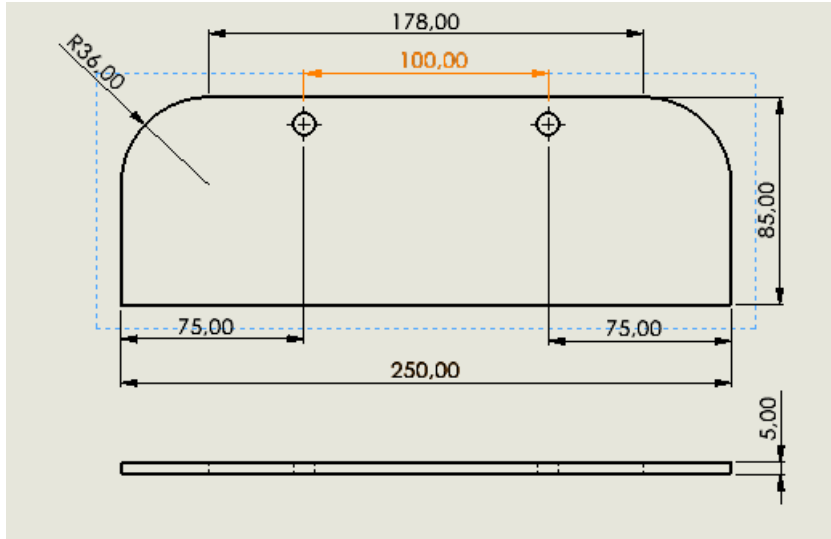
Şekil 14:Kızak



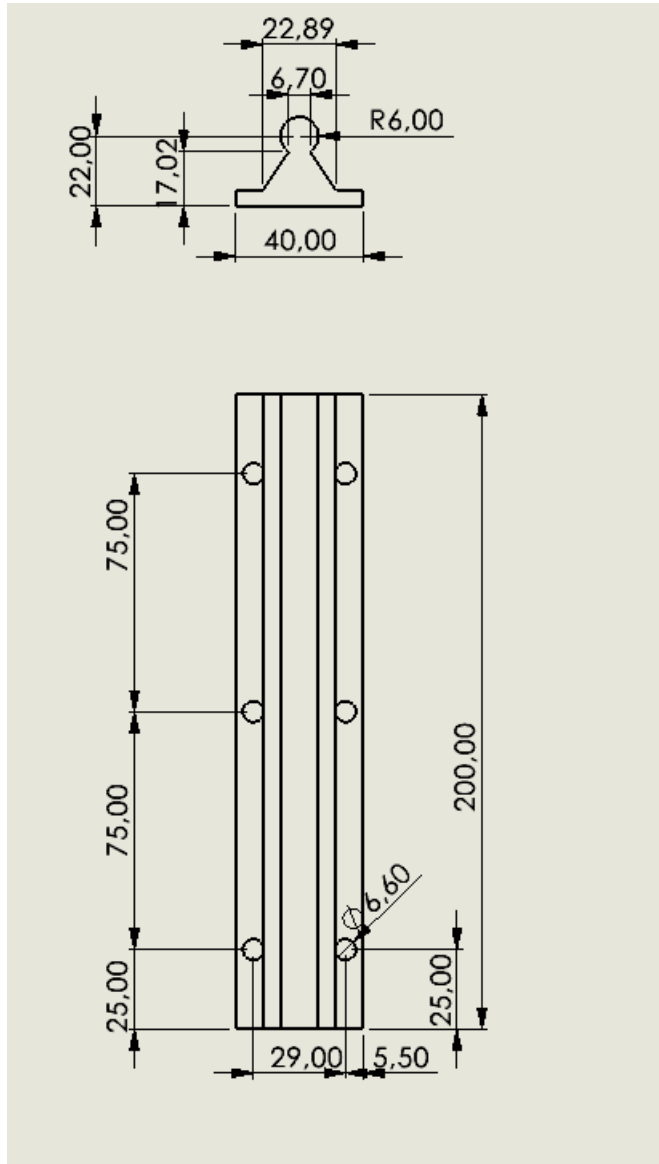
Şekil 15: Alt Tutma Kolu



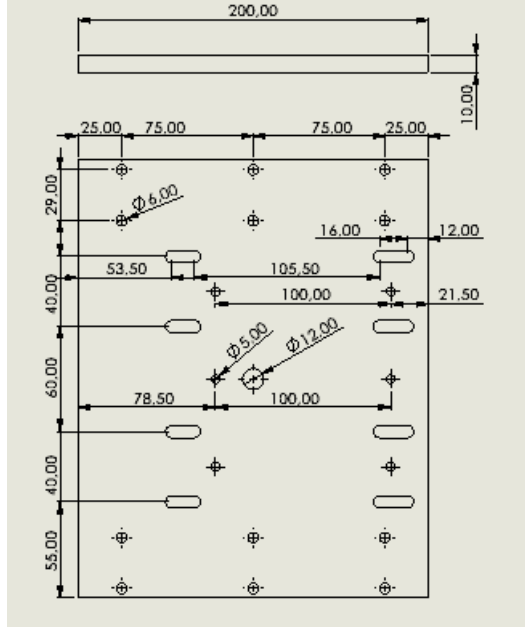
Şekil 16: Alt tabla



Şekil 17: Kızak Tutacağı

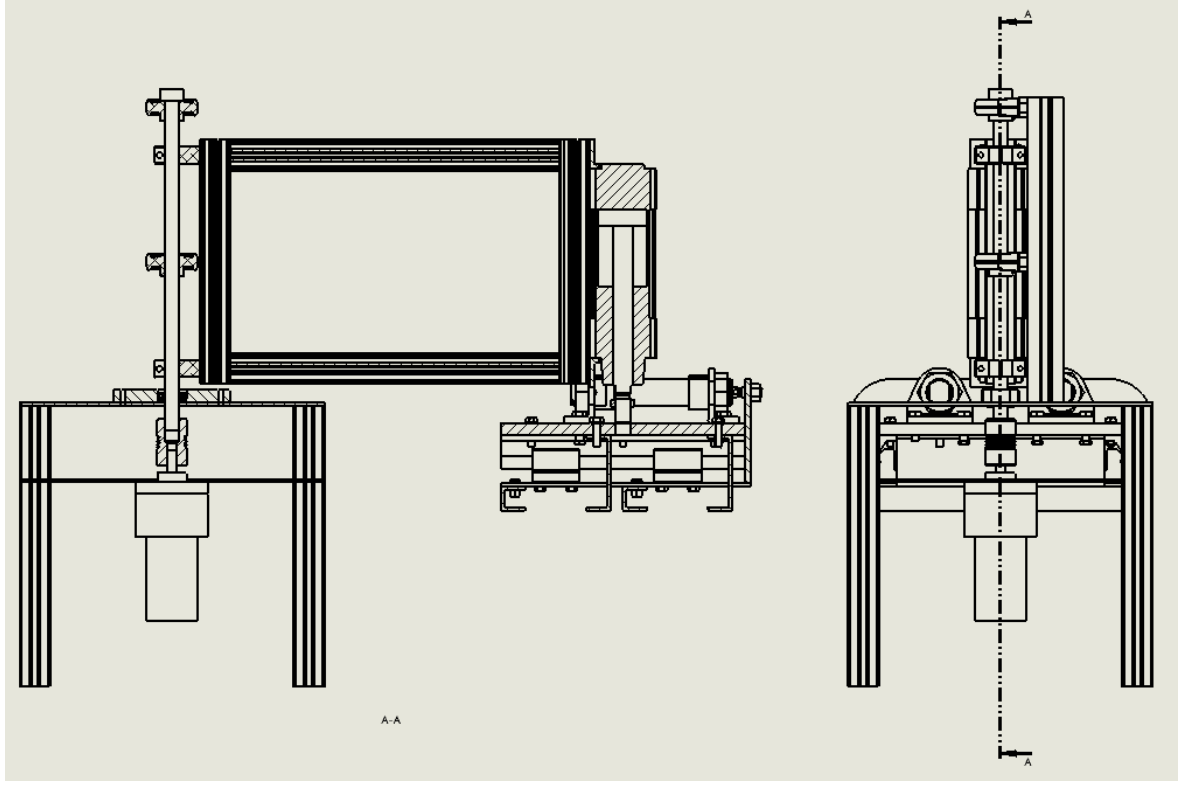


Şekil 18: Ray

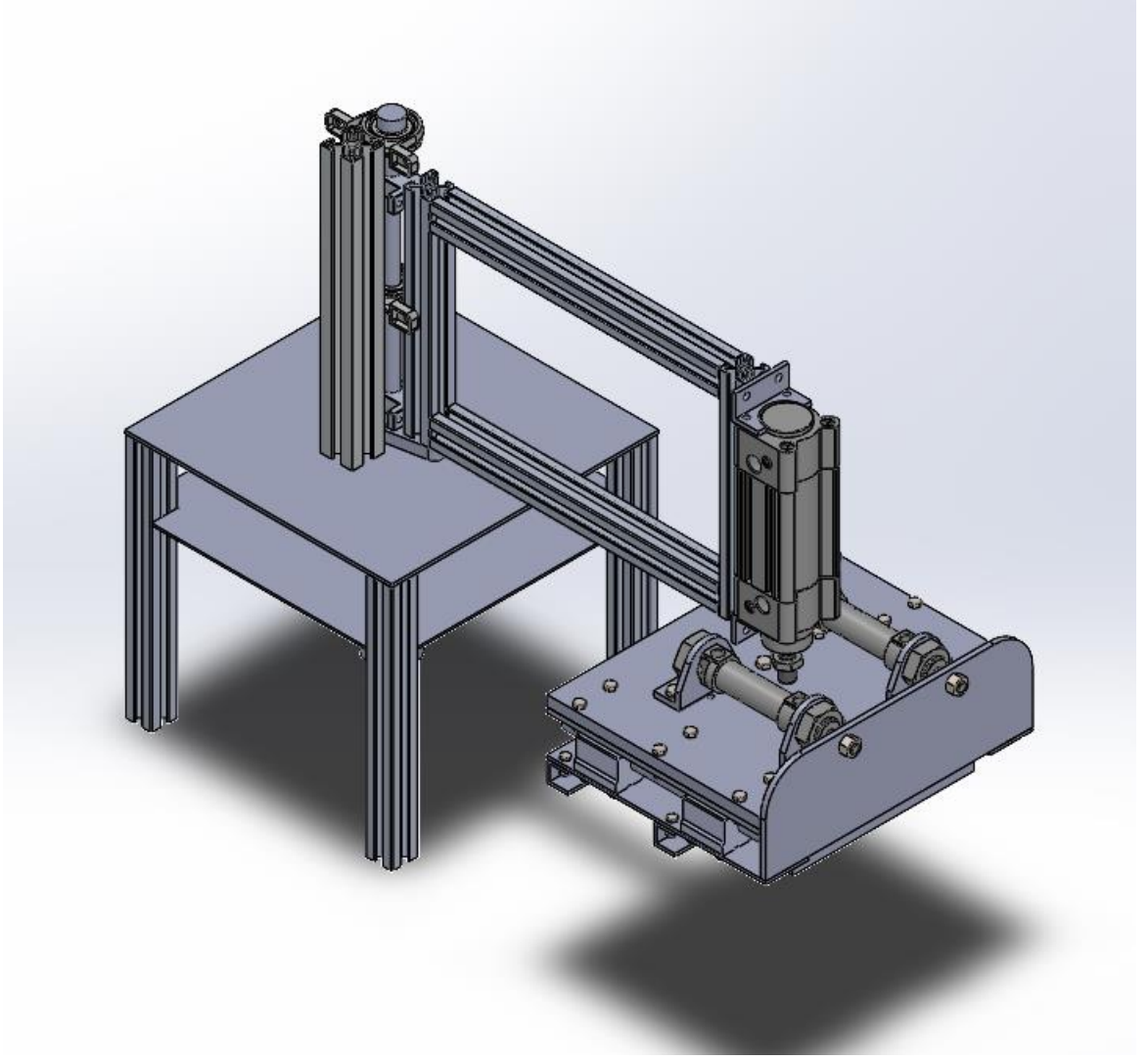


Şekil 19: Üst Tabla



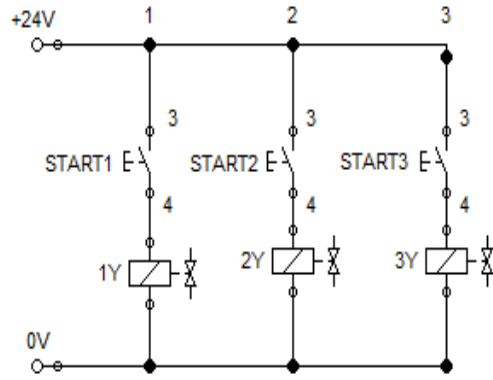
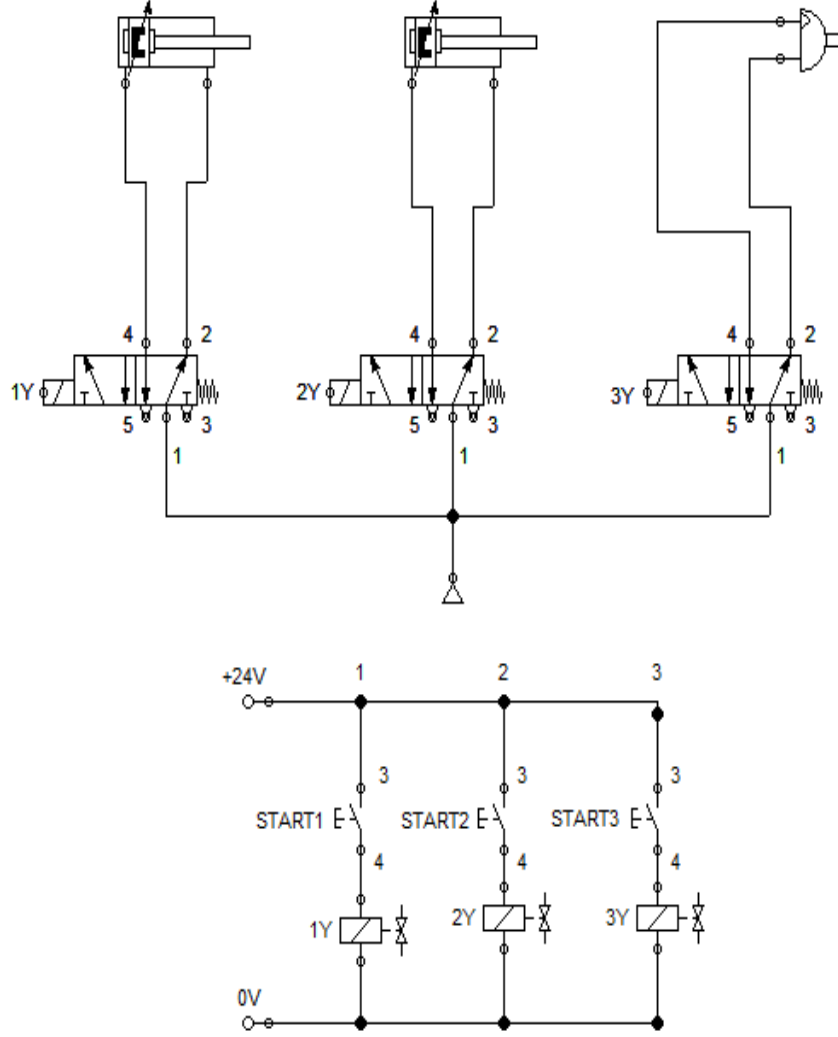


Şekil 20: Tasarımın Kesiti



Şekil 21: Tasarımın 3D Montajı

## 9.1 Ekler 2



Şekil 25: Pnömatik Devre