

ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TELLİ GÜVENLİK MÜHÜRLERİNİN OTOMATİK OLARAK MARKALANMASINI
SAĞLAYAN SİSTEMİN TASARIMI VE İMALATI

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FURKAN TİRAKİ

ARALIK 2022

ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TELLİ GÜVENLİK MÜHÜRLERİNİN OTOMATİK OLARAK MARKALANMASINI
SAĞLAYAN SİSTEMİN TASARIMI VE İMALATI

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Furkan TİRAKİ

DANIŞMAN: Doç. Dr. Gökhan BAYAR

ZONGULDAK

Aralık 2022

KABUL:

Furkan TİRAKİ tarafından hazırlanan “Telli Güvenlik Mühürlerinin Otomatik Olarak Markalanmasını Sağlayan Sistemin Tasarımı Ve İmalatı” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. 20/12/2022

Danışman: Doç. Dr. Gökhan BAYAR

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine
Mühendisliği Bölümü

Üye: Prof. Dr. Yusuf Aytaç ONUR

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine
Mühendisliği Bölümü

Üye: Dr. Öğretim Üyesi Atilla Bayram

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği
Bölümü

ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım./...../2022

Prof. Dr. Fikret GÖLGELEYEN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Furkan TİRAKİ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TELLİ GÜVENLİK MÜHÜRLERİNİN OTOMATİK OLARAK MARKALANMASINI SAĞLAYAN SİSTEMİN TASARIMI VE İMALATI

Furkan TİRAKİ

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Gökhan BAYAR

Aralık 2022, 133 sayfa

Güvenlik mühürleri istenilen güvenlik seviyelerini sağlamak amacıyla kullanılan etkili bir yöntemdir. Güvenlik mühürleri değerli kargo eşyalarında, para kasalarında ve diğer değerli eşya gruplarında kullanılan bir güvenlik ürünüdür. Güvenlik mühürleri ile korunmak istenen alanlara dışarıdan müdahale engellenir.

Güvenlik mühürlerinin kullanım amacı hırsızlığın önlenmesinden ziyade korunması istenilen özel bölge alanına müdahale olup olmadığının kontrol edilmesidir. Güvenlik mühürlerinin avantajı düşük maliyetli bir yöntem olmasıdır. Güvenlik mühürlerinin kullanım alanı geniş ve çeşitlidir. Güvenlik mühürleri enerji sayaçları, hava yolları, demiryolu taşımacılığı, karayolu taşımacılığı, kargo ve posta şirketleri, bankalar, süper marketler, oteller, hastaneler, kamyonlar, petrol tankerleri, para kasaları ya da para taşıyan araçlar ve ÖSYM sınav sorularının korunması gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Güvenlik mühürlerinin barkodları, seri numaraları ve ürünlerin ID'lerinin doğruluğu büyük öneme sahip olduğu için güvenlik mühürlerinin üretimi %100 doğrulukta olmalıdır.

ÖZET (devam ediyor)

Otomasyon makineleri ile insan müdahalesi en aza indirilerek daha güvenli ve hızlı üretim sağlanmaktadır ve operasyonel verimlilik artmaktadır. Bu nedenle gerçekleştirilen tez kapsamında manuel olarak gerçekleştirilen güvenlik mühürlerinin üretiminin tasarlanan otomasyon makinesi ile sağlanması amaçlanmaktadır.

Gerçekleştirilen tasarım çalışması mekanik tasarım, elektrik-elektronik tasarım, kontrol sistemi yazılımı ve testler olmak üzere dört ana gruptan oluşmaktadır. Mekanik sistem tasarımı ana şase ve taşıyıcı sistemlerin mukavemet analizini, makinenin titreşim analizini, pnömatik piston hesaplarını, vakum tutma gücü hesaplarını, bantlı konveyör tasarımı ve hesaplamalarını içermektedir.

Bu tez çalışmasında otomasyon makinesinin tasarımı ve 3D görüntüsü detaylı olarak oluşturulmuştur. Sistem matematiksel olarak modellenerek deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Elektrik elektronik sistem olarak gömülü sistem kullanılmıştır ve sisteme uygun kontrol panosu tasarlanmıştır. Tasarım yazılım olarak C/C++ programlama dilinde geliştirilmiştir ve gömülü sisteme aktarılmıştır.

Otomasyon makinesinin imalatı ve testleri yapıp devreye alınmıştır ve şu anda makine seri üretim hattında aktif olarak çalışmaktadır. Bu çalışma 7210134 proje numaralı TÜBİTAK desteği ile yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Otomasyon sistemleri, Mekatronik, Makine Tasarımı ve İmalatı, Güvenlik Mühürleri.

Bilim Kodu: 625.01.03

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

THE DESIGN AND PRODUCTION OF AN AUTOMATED MARKING SYSTEM FOR WIRED SECURITY SEALS

Furkan TİRAKİ

**Zonguldak Bülent Ecevit University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering**

Thesis Advisor: Assoc. Prof. Dr. Gökhan BAYAR

December 2022, 133 pages

Security seals are an effective method used to provide the desired security levels. Security seals are a security product used in valuable cargo items, money boxes and other valuable items. With security seals, outside intervention is prevented in the areas to be protected.

The purpose of security seals is to control whether there is an intervention in the private area that is desired to be protected, rather than to prevent theft. The advantage of security seals is that it is an inexpensive method. The usage area of security seals is wide and varied. Security seals are widely used in many areas such as energy meters, airlines, rail transport, road transport, cargo and postal companies, banks, supermarkets, hotels, hospitals, trucks, oil tankers, money boxes or vehicles carrying money, and protection of ÖSYM exam questions. Since the accuracy of the barcodes, serial numbers and IDs of the products are of great importance, the production of security seals must be 100% accurate.

ABSTRACT (continued)

By minimizing human intervention with automation machines, safer and faster production is ensured and operational efficiency is increased. For this reason, within the scope of the thesis, it is aimed to produce manually performed security seals with the designed automation machine.

The design work carried out consists of four main groups: mechanical design, electrical-electronic design, control system software and tests. Mechanical system design includes strength analysis of main chassis and carrier systems, vibration analysis of the machine, pneumatic piston calculations, vacuum holding power calculations, belt conveyor design and calculations.

In this thesis, the design and 3D image of the automation machine were created in detail. Experimental studies were carried out by modeling the system mathematically. Embedded system was used as electrical and electronic system and a control panel suitable for the system was designed. The design was developed in the C/C++ programming language as software and transferred to the embedded system.

The manufacturing and testing of the automation machine has been made and commissioned, and the machine is currently working actively on the mass production line. This study was carried out with the support of TUBITAK with project number 7210134.

Keywords: Automation Systems, Mechatronics, Machine Design and Manufacturing, Security Seals.

Science Code: 625.01.03

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca tecrübelerinden yararlandığım ve tezin ortaya çıkarılmasında büyük emeği olan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Gökhan BAYAR, çalışmalarımı maddi manevi her şekilde büyük destek veren Gökerplast şirket sahibi Sayın Sinan GÖKTUĞ, Sayın Emre GÖKTUĞ, Sayın Ömer GÖKTUĞ'ya ve Gökerplast fabrika müdürü Özgür İNAM'a, tez çalışmalarımı 7210134 kodlu TÜBİTAK TEYDEB projesi kapsamında destekleyen Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na (TÜBİTAK), projenin analizlerin, yazılımın ve elektrik kısımlarının yapılmasında yardımcı olan Gökerplast şirketi Otomasyon Bölümünden Elektrik Elektronik Mühendisi Sayın Emrullah ÖZTÜRK'e, projenin parçaların işlenmesinde, elektrik panosu toplanmasında, montajlamalarda ve otomasyonun devreye alınmasında desteği olan şirkette tarafıma bağlı olan Gökerplast Otomasyon ve Atölye bölümünde çalışan çalışma arkadaşlarıma, proje çalışmalarında yardımcı olan Yüksek Makine Mühendisi Mehmet ERDEN'e, ve son olarak hayatım boyunca her koşulda yanımda olan ve her zaman bana inanan değerli eşim ve oğluma sonsuz teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL:	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvii
EK AÇIKLAMALAR DİZİNİ.....	xix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xxi
 BÖLÜM 1 GİRİŞ.....	 1
 BÖLÜM 2 LİTERATÜR TARAMASI	 5
 BÖLÜM 3 ELEKTRO-MEKANİK SİSTEM TASARIMI VE UYGUN DONANIM- EKİPMAN SEÇİMİ	 11
3.1 EKİPMAN SEÇİMİ VE HESAPLAMALAR.....	11
3.1.1 Step Motor Hesabı	11
3.1.1.1 Alt ve Üst Konveyör Step Motor Hesabı	11
3.1.1.2 Üst Bant Konveyör Hesabı.....	12
3.1.1.3 Alt Bant Konveyör Hesabı	15
3.1.2 Pnömatik Piston Hesaplamaları	15
3.1.4.1 Üst Kızak Pnömatik Piston Hesabı	15
3.1.4.2 Alt Kızak Pnömatik Piston Hesabı.....	18
3.1.4.3 Ürün Alma Pnömatik Piston	20
3.1.4.4 Fikstür Taşıma Pnömatik Piston	22

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
3.1.3 Vantuz Tutma Hesabı	24
3.1.4 Cıvata Hesabı	25
3.1.5 Şartlandırıcı Hesabı	26
3.2 MUKAVEMET HESAPLARI VE SİMÜLASYONLAR	27
3.2.1 Mühendislik Hesaplamalarında Sehim Formülasyonu	27
3.2.2 Mukavemet Analizi 1	28
3.2.3 Mukavemet Analizi 2	32
3.2.3 Mukavemet hesabı 3	36
3.2.4 Mukavemet hesabı 4	37
3.2.5 Mukavemet hesabı 5	38
3.2.6 Mukavemet hesabı 6	39
3.2.7 Mukavemet hesabı 7	40
BÖLÜM 4 SİSTEM TASARIMI	41
4.1 MEKATRONİK SİSTEMİ TASARIMI GENEL GÖRÜNÜMÜ	41
4.1.1 Üst Konveyör Montaj Tasarımı	41
4.1.2 Alt Konveyör Montaj Tasarımı	42
4.1.3 Alt ve Üst Konveyör Montaj Tasarımı	43
4.1.4 Ürün Taşıma Pnömatik Piston Montaj Tasarımı	43
4.1.5 Pnömatik Piston ve Üst Kızak Montaj Tasarımı	44
4.1.6 Alt Kızak Sistemi Montaj Tasarımı	45
4.1.7 Fikstür Taşıma Pnömatik Piston Montaj Tasarımı	46
4.1.8 Rulman Bağlantı Parçası Montaj Tasarımı	47
4.1.9 Step Motor Montaj Tasarımı	48
4.1.10 Güvenlik Mührü Toplama Haznesi Montaj Tasarımı	49
4.2 OTOMASYON YAZILIMI	50
4.3 ELEKTRONİK DEVRE ŞEMALARI	50
4.3.1 Pnömatik Devre Şeması	50

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

Sayfa

BÖLÜM 5 MATEMATİKSEL MODEL.....	51
5.1 TİTREŞİM MODELİ	51
5.2 PİSTON DİNAMİK MODELİ	55
BÖLÜM 6 MATERYAL METOD	59
6.1 MEKATRONİK SİSTEMİNİN İŞ AKIŞI	59
6.2 KULLANILAN MALZEMELER VE EKİPMANLAR	61
6.2.1 Makinede Giriş ve Çıkışlar	61
6.2.2 Makinede Kullanılan Mekanik Ekipmanlar	62
6.2.2.1 Step Motor	65
6.2.2.2 Step Motor Sürücü	66
6.2.2.3 Pnömatik Piston Çeşitleri	68
6.2.2.4 Doğrusal Hareket Elemanları	72
6.2.2.5 Rulman	72
6.2.2.6 Kaplin	73
6.2.2.7 Atmega 2560 Tabanlı Mikroişlemci	74
6.2.2.8 Vakum Üretici	74
6.2.2.9 Sensör Çeşitleri	75
6.2.3 Kullanılan Cihazlar	82
6.2.3.1 Enjeksiyon Makinesi	82
6.2.3.2 Lazer Makinesi	83
6.2.3.3 Barkod Okuyucular	83
6.3 TELLİ GÜVENLİK MÜHRÜ MARKALAMA MEKATRONİK SİSTEM TASARIMI	84
BÖLÜM 7 DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	89
7.1 TİTREŞİM VERİLERİ.....	89
7.1.1 Deneyde Kullanılan Ekipmanlar	90
7.1.2 Titreşim Sensörü Kodu	90

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
7.2 BASINÇ VERİLERİ	91
7.3 ENCODER VERİLERİ	93
7.3.1 Deneyde Kullanılan Ekipmanlar	93
7.3.2 Doğrusal Enkoder C++ kodu	93
7.4 GENEL DENEYSEL ÇALIŞMALAR	94
 BÖLÜM 8 SONUÇLAR.....	 95
 KAYNAKLAR.....	 99
EK AÇIKLAMALAR.....	105
ÖZGEÇMİŞ	133

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1 Güvenlik mühür çeşitleri	2
Şekil 3.1 Seçilen üst kızak pnömatik piston için analiz değerleri.	17
Şekil 3.2 Seçilen alt kızak pnömatik piston için analiz değerleri.	19
Şekil 3.3 Seçilen ürün alma pnömatik piston için analiz değerleri.	22
Şekil 3.4 Seçilen fikstür taşıma pnömatik piston için analiz değerleri.	24
Şekil 3.5 AW40 şartlandırıcının basınç ve akış grafiği	26
Şekil 3.6 Sehım 1, mukavemet yükünün yönü.	27
Şekil 3.7 Sehım 2, mukavemet yükünün yönü.	27
Şekil 3.8 Mukavemet hesabı yapılacak sigma profiller 1.	28
Şekil 3.9 Stres analizi 1.	30
Şekil 3.10 Statik düğüm stres grafiği 1.	31
Şekil 3.11 Yer değıştirme analizi 1.	31
Şekil 3.12 Yer değıştirme grafiği 1.	32
Şekil 3.13 Mukavemet hesabı yapılacak sigma profiller 2.	32
Şekil 3.14 Stres analizi 2.	33
Şekil 3.15 Statik düğüm stres grafiği 2.	34
Şekil 3.16 Yer değıştirme analizi 2.	35
Şekil 3.17 Yer değıştirme grafiği 2.	35
Şekil 3.18 Mukavemet hesabı yapılacak sigma profiler 3.	36
Şekil 3.19 Mukavemet hesabı yapılacak sigma profiller 4.	37
Şekil 3.20 Mukavemet hesabı yapılacak sigma profiller 5.	38
Şekil 3.21 Mukavemet hesabı yapılacak sigma profiller 6.	39
Şekil 3.22 Mukavemet hesabı yapılacak sigma profiller 7.	40
Şekil 4.1 Tasarımın genel montaj görünümü.	41
Şekil 4.2 Üst konveyör montajı.	42
Şekil 4.3 Alt konveyör montajı.	43
Şekil 4.4 Alt ve üst konveyör bağlantıları.	43
Şekil 4.5 Ürün taşıma pnömatik piston montajı.	44
Şekil 4.6 Üst kızak sistemi.	44
Şekil 4.7 Üst kızak sistemi montajı.	45
Şekil 4.8 Alt kızak sistemi bağlantısı görünüşü 1.	45
Şekil 4.9 Alt kızak bağlantısı görünüşü 2.	46
Şekil 4.10 Sistemin katı modeli.	46
Şekil 4.11 Sistemin katı modelinin ön görünüşü.	47
Şekil 4.12 Rulman bağlantı sistemi.	47

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.13 Rulman bağlantı parçası.....	48
Şekil 4.14 Step motor bağlantısının izometrik görünüşü.	48
Şekil 4.15 Step motor bağlantısı üst görünüşü.	48
Şekil 4.16 Step motor bağlantısı yan görünüşü.	49
Şekil 4.17 Güvenlik mühürleri toplama haznesi görünüş 1.	49
Şekil 4.18 Güvenlik mühürleri toplama haznesi görünüş 2.	49
Şekil 5.1 Titreşim Modeli.....	51
Şekil 5.2 Kontrol Sistemi	55
Şekil 5.3 Piston dinamik modeli	56
Şekil 6.1 İş akış şeması 1.	59
Şekil 6.2 İş Akış Şeması 2.....	60
Şekil 6.3 Step Motor.....	66
Şekil 6.4 Step motor sürücünün standart bağlantı şeması.	67
Şekil 6.5 Step motor sürücü.	68
Şekil 6.6 Üst kızak pistonu.....	69
Şekil 6.7 Alt kızak pistonu.	70
Şekil 6.8 Ürün alma pistonu.	71
Şekil 6.9 Fikstür bırakma pistonu.	71
Şekil 6.10 Doğrusal kızak ve araba sistemi.....	72
Şekil 6.11 UCP 204*20 mm Rulman.	72
Şekil 6.12 GS 24 Kaplin	73
Şekil 6.13 Atmega 2560 mikroişlemci	74
Şekil 6.16 Projede kulolanılan Vakum Üretici.	75
Şekil 6.15 Projede kullanılan M12 Endüktif Sensör.	76
Şekil 6.16 Projede kullanılan M12 Endüktif Sensörün Socketsli Kablosu.	76
Şekil 6.17 Projede kullanılan M8 Endüktif Sensör.	76
Şekil 6.18 Projede kullanılan M8 Endüktif Sensör Socketsli Kablosu.	77
Şekil 6.19 Projede kullanılan manyetik kanal sensörü.....	77
Şekil 6.20 Projede kullanılan fotosel sensör.	78
Şekil 6.21 Projede kullanılan Pnömatik Valf.	78
Şekil 6.22 Projede kullanılan güç kaynağı.	79
Şekil 6.23 Projede kullanılan butonlar.	80
Şekil 6.23 Projede kullanılan şartlandırıcı.	80
Şekil 6.25 Zaman ayarlı hız ayar valfi pnömatik bağlantısı.	81
Şekil 6.26 Ürünün teknik resmi.	81
Şekil 6.27 Zaman ayarlı hız ayar valfi.	82
Şekil 6.28 Projede kullanılan enjeksiyon makinesi.....	83
Şekil 6.29 Projede kullanılan barkod cihazı.....	84
Şekil 6.30 İmal edilen mekatronik sistem	84

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 6.31 Mekatronik sistemin üzerindeki ekipmanlar	85
Şekil 6.32 Mekatronik sistemin elektrik panosu	86
Şekil 6.33 Elektrik panosu üzerindeki ekipmanlar	87
Şekil 7.1 Deneyde kullanılan titreşim sensörü	90
Şekil 7.2 Deneyde kullanılan titreşim sensörünün bağlantı yeri.	91
Şekil 7.3 Titreşim sensörünün genlik-zaman grafiği	91
Şekil 7.4 Basınç sensörünün basınç-zaman grafiği	92
Şekil 7.5 Deneyde kullanılan basınç sensörü	92
Şekil 7.6 Doğrusal enkoderin bağlantısı	93
Şekil 7.7 Deneysel çalışmanın görseli.....	94
Şekil E.1 Birinci Atmega 2560 elektrik devre şeması.	118
Şekil E.2 Birinci Atmega 2560 yakından devre şeması.	119
Şekil F.1 İkinci Atmega 2560 elektrik devre şeması.	120
Şekil G.1 Üçüncü Atmega 2560 elektrik devre şeması.....	121
Şekil H.1 Dördüncü Atmega 2560 elektrik devre şeması.	122
Şekil I.1 Voltaj düşürücü devresi.	123
Şekil İ.1 Atmega 2560 Klemens Shild Baskı Devre Tasarımı.	124
Şekil K.1 Atmega 2560 ile Klemens Shild Bağlantısı.	126
Şekil L.1 Otomasyonun Pnömatik Devre Şeması.	127



ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1 Yuvarlanma sürtünmesi değerleri (f_1)	14
Çizelge 3.2 Rulmanın sürtünme direnci katsayısı tablosu (M_L)	14
Çizelge 3.3 Pad diameter tablosu.	25
Çizelge 3.4 DIN 267'ye göre cıvata ve somunlar için mukavemet ve sertlik değerleri	26
Çizelge 6.1 Makinede kullanılan giriş ve çıkışlar.	61
Çizelge 6.2 Alt konveyör mekanik malzeme listesi.	62
Çizelge 6.3 Alt konveyörde kullanılan malzemelerin toplam ağırlıkları.	63
Çizelge 6.4 Üst konveyör mekanik malzeme listesi.	63
Çizelge 6.5 Üst konveyörde kullanılan malzemelerin toplam ağırlıkları.	64
Çizelge 6.6 Üst kızak ve alt kızak mekanik malzeme listesi.	64
Çizelge 6.7 Üst ve alt kızakta kullanılan malzemelerin toplam ağırlıkları.	65
Çizelge 6.8 GS 24 Kaplin Ölçü tablosu	73
Çizelge 6.9 Ürün seçim tablosu.	81
Çizelge 7.1 Seri Üretim Sonuçları.....	89



EK AÇIKLAMALAR DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
EK A: Birinci Atmega 2560 Yazılımı.....	105
EK B: İkinci Atmega 2560 Yazılımı.....	110
EK C: Üçüncü Atmega 2560 Yazılımı.....	115
EK D: Dördüncü Atmega 2560 Yazılımı.....	117
EK E: Birinci Atmega 2560 Elektronik Devre Şeması.....	118
EK F: İkinci Atmega 2560 Elektronik Devre Şeması.....	120
EK G: Üçüncü Atmega 2560 Elektronik Devre Şeması.....	121
EK H: Dördüncü Atmega 2560 Elektronik Devre Şeması.....	122
EK I: Voltaj Düşürücü Devresi.....	123
EK İ: Atmega 2560 Klemens Shild Devre Tasarımı.....	124
EK J: Atmega 2560 Klemens Shild Kartı.....	125
EK K: Atmega 2560 Klemens Shild Kartı Montajı.....	126
EK L: Pnömatik Devre Şeması.....	127
EK M: Titreşim Sensörü Kodu.....	128
EK N: Doğrusal Enkoder Atmega 2560 Kodu.....	129
EK O: Genel Deneyisel Çalışmalar Atmega 2560 Kodu.....	130



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

P	: Güç
$P_{\text{basınç}}$	: Basınç
A	: Alan
F	: Kuvvet
F_{net}	: Net kuvvet
F_{cy1}	: Pnömatik kuvvet
F_f	: Sürtünme kuvvet
F_{ext}	: Dış kuvvet
F_c	: Viskoz sürtünme kuvveti
T	: Tork
$V_{\text{Hız}}$	: Hız
V_{Hacim}	: Hacim
ω_{motor}	: Açısal Hız
$Q_{\text{konveyör}}$	: Konveyör Kapasitesi
Q_{Debi}	: Pnömatik Piston Debi
r	: Yarıçap
D	: Çap
D_g	: Ruloda Kullanılan Rulmanın Göbek Çapı
N_{tambur}	: Tambur Devri
J	: Pnömatik Piston İş Hesabı
L	: Uzunluk
L_{mesafe}	: Pnömatik Piston Açılma Mesafesi
η	: Verim
f_1	: Yuvarlanma Direnci
α	: Konveyörün Yatayla Açısı
g	: Yerçekimi İvmesi
a	: ivme

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

$M_{ağırlık}$	: Bandın üzerine etki eden ağırlık
M_L	: Rulmanın Sürtünme Direnci Katsayısı
m_{motor}	: Kütle
$M_{yük}$	: Bant Üzerindeki Yük
M_{bant}	: Bant üzerindeki Toplam Ağırlık
M_{toplam}	: Konveyör Üzerindeki Toplam Ağırlık
t	: Zaman
$W_{yük}$	: Dağılık yük miktarı
I	: Atalet momenti
E	: Elastisite modeli
f	: Sehim
w	: Sürüş frekansı
w_n	: Normal frekans
μ	: Sürtünme katsayısı
B	: Viskoz sürtünme katsayısı
P_{atm}	: Atmosfer basıncı

KISALTMALAR

W	: Watt
3D	: 3 boyutlu
μm	: Micrometer
A	: Amper
AC	: Alternating Current
ANSYS	: Swanson Analysis Systems
ATM	: Automatic Teller Machine
ZBEÜ	: Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi
C	: Programlama dili
CAD	: Computer Aided Design
dk	: Dakika
FBE	: Fen Bilimleri Enstitüsü

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

FSR	: Force Sensing Resistors
HMI	: Human Machine Interface
IDE	: Integrated Development Environment
mA	: MiliAmper
MATLAB	: Matrix Laboratory
MM	: Millimeter
MPa	: Megapascal
ÖSYM	: Ölçme Seçme Yerleştirme Merkezi
Pa	: Pascal
Ph	: Power of Hydrogen
PIA	: Programmable Interface Adapter
PNP	: Positive Negative Positive
rad	: Radyan
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
V	: Volt



BÖLÜM 1

GİRİŞ

Sanayi devriminin dördüncüsü olarak bilinen Endüstri 4.0, 2011 yılında Almanya’da ortaya çıkmıştır. Ortaya çıktığı tarihten bugüne kadar Almanya, Amerika ve ilerleyen zamanlarda tüm dünyada hızla ilerlemiştir. Gelişen ülkelerin genelinde, daha fazla üretim, müşteriye çeşitlilik sunabilen, müşteri odaklılık, israfları azaltacak girişimlerde bulunarak akıllı fabrika ve akıllı üretime odaklanılmıştır. Endüstri 4.0 işçi gücünün azaltılmasının yanı sıra mavi yaka ve beyaz yaka olarak çalışan personellerin yapacağı işleri yapay zekanın yapmasını da hedeflemektedir. Dijitalleşmenin geliştiği bu dönemde mevcut çalışan sistemlerinde akıllanması gerekmektedir. Sanayi devrimindeki bu gelişimler ile birlikte otomasyon sistemlerine ve robotik çalışmalara olan ilgi artmıştır. Otomasyon makineleri sayesinde çalışılan saatlerde azalmalar meydana gelmiştir [1, 9].

Otomatik, kendi kendine yeten yani insan yerine otomatik çalışabilen bir sistem kullanılmasıdır. Mevcut otomasyon olmayan sistemlerde çalışanlar sürekli aynı verimlilik ile çalışması mümkün değildir. Verimlilikleri artırmak ve kar oranlarını artırmak için önemli bir kriter haline gelmiştir. Ayrıca otomatik sistemler yüksek güvenilirlik ve doğruluk sağladığı içinde özellikle tercih edilmektedir. Otomasyon sistemlerinin avantajlarının yanı sıra olumsuz yönleri de vardır. Otomasyon sistemlerinin ilk yatırım maliyeti yüksektir ve otomasyonlar insan kadar esnek değildir [10,16]. Üretim sistemlerinde mekatronik veya otomasyon sistemlerine önem veren şirketler son yıllarda önemli başarılarla imza atmaktadır [17]. Otomasyon sistemi imal edilmesi için öncelikli olarak girdi parametrelerinin belli olması gerekmektedir. Parametreler belli olduktan sonra tasarıma geçilir. Tasarım yapılması için çeşitli bilgisayar destekli tasarım programları vardır. CAD programları olmadan önce tasarımlar çok zaman almakla beraber maliyetli de olabilmekteydi. Bilgisayar destekli tasarım programları çizim yapılmasını oldukça kolaylaştırmaktadır. Tasarımı 3 boyutlu veya 2 boyutlu olarak görülmesini sağlamaktadır. CAD tasarımı yapılması için çeşitli programlar mevcuttur. Tasarım aşamasında görsellik çok önemli bir parametre olmuştur [18, 22].

Bu tez çalışmasında üretimi yapılacak ürün güvenlik mühürleridir. Güvenlik mühürleri kullanılacak yere göre çeşitli güvenlik seviyeleri sağlayan bir metottur. Güvenlik mühürlerine dışarıdan bir müdahalenin olup olmadığına güvenlik mühürleri sayesinde kolayca ortaya çıkabilir. Başka bir ifade ile korunmak istenen özel alanın açılıp açılmadığını takip edilebilecek ucuz bir yoldur. Güvenlik mühürlerindeki amaç hırsızlığı engellemek değildir. Korunması istenen özel alanın açılıp açılmadığını takip etmektir. Güvenlik mühürleri kullanılacak alanlara göre çeşitlilik göstermektedir. Güvenlik mühürlerinin kullanıldığı alanlar geniştir. Bazı kullanım alanları: Enerji sayaçları, hava yolları, demiryolu taşımacılığı, kara yolu taşımacılığı, denizyolu taşımacılığı, kargo ve posta şirketleri, bankalar, süpermarketler, oteller, hastaneler, gümrük idaresi, ATM, Yangın söndürme tüpleri, kargo taşımacılığı, kıymetli ürün ve eşya taşımacılığı, konteynırlar, kamyonlar, petrol tankerleri, para kasaları ya da bankaları taşıyan arabaları, ÖSYM sınav soruları vb. birçok kullanım alanları vardır. Güvenlik mühürlerin üretimi plastik enjeksiyon makinesi kalıbında yapılmaktadır. Şekil 1.1’de güvenlik mühür çeşitleri gösterilmiştir.



Şekil 1.1 Güvenlik mühür çeşitleri [23].

Güvenlik mühürlerinin üretimi plastik enjeksiyon makinesinde yapılır, hammaddesi plastiktir ve polimer malzemeden üretilmektedir. Plastik enjeksiyon yöntemi en çok kullanılan imalat yöntemlerinden biridir ve plastik enjeksiyon makinelerinde istenilen parçaları üretmek için

plastik enjeksiyon kalıbı kullanılır. Plastik enjeksiyon kalıbında üretilen ürünler insan hayatında geniş bir yer tutar [24,26].

Plastikler günlük hayatta çok fazla alanda kullanılmaktadır. Plastiklerin çeşitleri çok fazladır ve en önemli çeşitlerinden bir tanesi polimerdir. Teknolojinin ilerlemesi ile birlikte polimerler gelişim göstermektedir. Polimer malzemeler havacılık ve otomotiv sektöründe de kullanım alanı geniştir [27,31]. Enjeksiyon kalıbından çıkan güvenlik mühürleri çeşitli yöntemler ile markalaması yapılır. Bunlardan bazıları: Tampon baskı, termal baskı, sıcak baskı, inkjet ve lazer markalamasıdır.

Tampon baskı sisteminin çalışma prensibi tampon silikonu klişe üzerine baskı yapar ve baskı yapılacak ürüne baskısını yaparak çevrimini tamamlar. Kalıptaki görüntü önce silikon tampona daha sonra baskısı yapılacak materyalin yüzeyine aktarılır [32,34]. Termal makineleri takip edilmesini istenen ürünün üzerine markalama işlemi (barkod, seri numara vb) yapar. Termal makinelerde barkod ve seri numarasının transferi için ribon kullanılması gerekmektedir. Inkjet makineleri ise sıvı olarak bulunan mürekkebi yüzeye püskürterek markalama işlemi yapmaktadırlar [35]. Sıcak baskı makinelerine markalama işleminin yapılması için klişe kullanılmaktadır. Sıcak baskı yöntemi diğer yöntemlere göre biraz daha düşük maliyetlidir [36,37]. Lazer makinesi sayesinde ürünler üzerine markalama yapılır. Başka bir ifade ile belirtecek olursak nesnelerin üzerine etiketleme yapar. Lazer makinesi aynaların yardımı ile çalışmaktadır [38 39]. Bu markalama işlemi müşterinin özel talebine göre yapılabilir. Bu markalama işleminde temel amaç ürünler üzerine yapılan markalama sayesinde güvenlik mühürlerin sökülüp sökülmediği kontrol edilir. Bu tez çalışmasında markalama yöntemi olarak lazer makinesi ile yapılacaktır.

Bu tez çalışmasında güvenlik mühürlerinin telli olarak markalamasının yapılması için Endüstri 4.0'ın temel ilkeleri benimsenerek bir mekatronik sistem tasarımı gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan mekatronik sistemi ürüne özgü bir tasarımdır. Konveyör bant yardımı ile ürün taşınır, markalaması yapılır ve vakum yardımı ile hazneye yerleştirilir. İşlemlerin geneli konveyör bantta yapılmaktadır. Amacımız güvenli, kaliteli, hızlı ve personel kazancı sağlayan mekatronik sistemi imal etmektir. Tasarlanan sistemin güvenli bir şekilde işlevinin yerine getirilip getirilmediği statik ve dinamik analiz yardımı ile test edilmiştir. Analizler için ansys ve Solidworks programından yararlanılmıştır. Tasarlanan mekatronik sistemim ekipman seçimleri mühendislik hesaplara göre yapılmıştır.



BÖLÜM 2

LİTERATÜR TARAMASI

Lazer markalama makinesi günümüzde ürünlerin markalama işlemlerini yapan bir cihazdır. Markalama işlemini gerçekleştirecek başlıca ürünler metal, plastik, şişe, karton, boru, ahşap ve kablo şeklindedir. Lazer makinesinin gücü yeterli olduğu sürece bu ürünlerin hepsine markalama yapılabilir. Markalama işlemi yapılırken hassasiyetin önemli olduğu durumlarda otomatik makinelere ihtiyacımız vardır. Çünkü elle yapılan markalama işleminde hata olma ihtimali yüksektir. Hata olduğu durumlarda barkod yanlış yazabilir ve müşteriye hatalı siparişin gitme durumu söz konusu olabilir. Bu durum itibar ve mali kayıplara yol açabilir [40]. numaralı çalışma ile araştırmacılar; Belirlenen ihtiyaca uygun otomasyon makinesi tasarladılar ve bu otomasyon sistemi amacı kalite kontrolle uygun, kurulumu kolay ve otomatik çalışan bir makine olmasıdır. Tasarım bazı önemli ekipmanları döner tabla makinesi, robot kol ve lazer makinesinden oluşmaktadır. Çalışan personele ve çevreye zarar vermemesi için lazer makinesi iş güvenliğine uygun olması kapalı bir kabin içine alınmıştır. İmal edilmesi istenen makinenin gerekli analizleri yapılmış ve ardından makineyi imal etmişlerdir. Araştırmacılar makineyi imal ettikten sonra Amerika’da fuara katılmışlar ve beğeni almışlardır [41]. numaralı çalışma ile araştırmacılar; Endüstri 4.0, robotik ve otomasyon teknolojilerindeki ilerlemeler hakkında çalışma yapmıştır.

Teknoloji sanayi devriminden bugüne kadar hızla gelişmektedir. Sanayi devriminin çıkması sonucunda el ile yapılan işçilikler hızla yok olmuştur. Çünkü sanayi devriminde seri üretim yapan makineler ortaya çıkmıştır. Sanayi devriminin ardından makinelerde çıkan ürünlerin verimini, kalitesini, üretim adetini artırmak için otomasyon sistemleri gelişmiştir. Otomasyon sistemlerinin gelişmesinin ardından otomasyon sistemlerine geçmeyen firmaların kapanmasına yol açmıştır. Otomasyon sistemlerine geçen firmalar ile üretim hacmini arttırmıştır. Bunun doğrultusunda endüstrinin talebi olan daha kaliteli, daha hatasız, daha fazla üretim ve ucuz üretim ihtiyacı işletmeler için otomasyon makinelerine taleplerini artırmıştır.

Otomasyon kısaca insan gücünün çalışmasına gerek kalmadan makineler ile çalışan sistemlere denilmektedir.

Otomasyon tasarımı yapılırken veri çıktılarının en iyi şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. Aynı zamanda, otomasyon makinelerini istenildiği gibi hayata geçirebilmek için iyi bir planlama gerekmektedir. İyi bir planlamanın olmadığı yerde büyük sorunlara yol açabilmektedir. İmalatın gelişimini 5 aşamada düşünebiliriz. Sırasıyla; manuel idare, makineleşme, otomasyon mekanik kumanda, otomasyon, programlı kumanda, bilgisayar destekli imalattır. Bu şekilde gelişim sağlamıştır. Bunların gelişmesinin yanı sıra otomatik kontrol yetenekli çalışanları rutin işlerden kurtararak daha nitelikli iş yapmalarını sağlamıştır. Kontrol sistemleri, ürünlerin standart ve hatasız olarak üretilmesini sağlar. Birçok ürünün otomatik kontrol olmadan üretilmesi neredeyse imkânsızdır. Otomatik kontrolün başlıca avantajları; kalite artışı, üretim maliyet düşmesi, rekabet gücünün artması, iş kazalarının azalması, zamanda tasarruftur. Dezavantajları ise; İlk montaj maliyetinin yüksek olması, çalışan sayısında azalma, yatırım maliyetlerinin yükselmesidir. Bu bahsettiğimiz sistemleri düşünerek atık su arıtma sistemlerinde kontrol edilmesi gereken birçok kısım mevcuttur. Bunlardan bazıları; sıvı seviyesi, debi, basınç, Ph, sertlik redoks, çözünmüş oksijen, iletkenlik olarak sayılabilir. Atık su arıtma tesislerinde bu parametreler kontrol edilmektedir. Bu parametreler insan duyuları ile takip edilmesinin zorluğu atık su arıtma tesislerinde otomasyonu gerekli kılmaktadır. Tesisin verimli bir şekilde çalışabilmesi için proses değişkenleri tam zamanlı izlenmeli ve otomatik olarak kontrolü gerçekleşmelidir. Atık su arıtma sistemlerinden biri de Jet loop reaktörler sistemidir. Diğer sistemlere göre daha az yer kaplar ve enerji tüketimi oldukça düşüktür. Sistemin proses süresi emsallerine göre oldukça kısadır [10]. numaralı çalışma ile araştırmacılar; TÜBİTAK'ın desteklediği proje kapsamında geliştirilmiş jet loop reaktör otomasyonu yapmışlardır. Bu çalışma kapsamında jet-loop membran reaktörün tüm parametreleri sistemin orantısal vanalar ve pompalar yardımıyla kontrol edilebilmesini sağlanmıştır. Otomasyon sisteminde reaktör üstündeki veriler sensörlerden alınan geri bildirim sayesinde sistemin kontrolünü sağlanmıştır. Sisteme internet vasıtasıyla uzaktan erişim sağlanmıştır [42]. numaralı çalışma ile araştırmacılar; Araştırmacıların amacı, yatırım, işçilik ve işletim maliyetlerinden oluşan toplam maliyeti minimum seviyeye düşüren ve tüm sistemin gereksinimlerini kapsayan bir otomasyon seviyesini belirlemektir [43]. numaralı çalışma ile araştırmacılar; bu sistemi tasarım modelini oluştururken donanım ve yazılım bölümlerine öncelik vermişlerdir. Mekanik kısmı ise, yazılıma ve donanım gereksinimlerine cevap verebilecek minimum şekilde tasarlamışlardır.

Donanım kısmında kullanılan kart PIA kartıdır ve sürücü kartlarının step motorları çalıştırmasıyla mekanik hareket sağlarlar. Sistemin yazılımını yazmak için kullanılan program ise Turbo Pascal v7.0'dir. Bu çalışmada step motorların kontrolü için açık çevrimli sistem kullanılmıştır. Araştırmacılar bu bilgiler ile baskı devreli matkap tezgâhı tasarlamışlardır [44 45]. numaralı çalışma ile araştırmacılar; Robotik süreç otomasyonun önemi, teknolojiye ilerlemeleri, verimlilik, yazılım sistemleri ile iletişim kurabilen robot sistemleri araştırılmış ve robotik süreç otomasyonları ile ilgili literatür çalışması yapmışlardır.

Otomasyon sistemlerine her alanda ihtiyaç olduğu gibi tarım alanında da ihtiyaç vardır. Tarım da ürünleri hızlı bir şekilde boylarına, ağırlıklarına vb. şekilde gruplara ayırabilmek için otomasyon sistemlerine gereksinim duyulmaktadır. Otomatik sistemlerinin kurulmadığı durumlarda tek tek el ile ayırmak gerekecektir bu da zaman kaybına neden olmakla beraber tarım ürünlerinin tazeliği gitmesine neden olacaktır [46]. numaralı çalışmada araştırmacılar: Elmaları kütlesine göre gruplara ayırabilen bir otomasyon sistemi geliştirmişlerdir. Çalışmada, elmaların kütlesi yük hücresi tarafından ölçülmüş ve yük hücresinden alınan çıkış değeri ile elmalar dört farklı sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıflandırma işlemi için otomasyon sistemine uygun programlanabilir mantıksal denetleyici tasarlamışlardır [47]. numaralı çalışmada araştırmacılar: Elmaları kalitesine göre sınıflara ayırmıştır. Bunlar; Elmaları renk tonu, şekil bozukluğu, ağırlık, kızarma yüzdesi ve çürüklüğüdür [48]. numaralı çalışmada araştırmacılar: gıda sektöründe yiyecek ve içecekleri hazırlanması için robot ile bir araştırma yapmışlardır [49]. numaralı çalışmada araştırmacılar; dört tekerlekli mobil aracın hareket planlaması yapılmış ve aracı belirli bir referans da hareket ettirmişlerdir. Bu çalışma için literatürde "car-like robot" modeli olarak adlandırılan bir araç hareket modeli referans alınarak matematiksel altyapı matlab programında oluşturulmuştur.

Otomasyon sistemlerinin vazgeçilmezi olan kontrol sistemleri açık ve kapalı çevrim olmak üzere iki kısımda incelenmektedir. Kapalı çevrim geri besleme ile yani sensörden alınan geri bildirim ile çalışmaktadır. Açık çevrim geri beslemeye gerek kalmadan çalışan sistemlerdir. Kontrol sistemlerinin diğer önemli parametresi ise giriş kısımlarına önceden belirlenemeyen ve oluşturulan sistem içinde uygunsuz bir etkisi olan duruma bozucu denilmektedir. Bozucularda sorunu çözmek için genelde kök neden ile yani kaynağında müdahale edilerek çözülmesi gerekmektedir [50]. numaralı çalışma ile araştırmacılar; bu çalışmada kontrol sistemlerindeki bozucuların nedenleri araştırılmış ve etkilerinin giderilme yöntemleri incelenmiş ve üç yöntem üzerinde detaylıca çalışmışlardır. Bu yöntemler ana kaynağında

giderilmesi, geri besleme ile yani sensörle giderilmesi ve öngörü yöntemine göre giderilmesidir. Çalışmanın sonucunda, belirtilen yöntemlerde çalışmalar yapılarak bozucuların etkisinin tamamı ortadan kaldırılmıştır [51]. numaralı çalışmada araştırmacılar; sağlam ve hasarlı rulmanları tespit etmek istemişlerdir. Bu tespit işlemleri için gerekli modellemeler yapılmış ve bilyaların titreşimi simülasyon programları ile incelenmiştir.

Konveyör bant sistemleri otomasyon projelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Konveyör bant sistemlerinin amacı ürünün bir yerden bir yere gitmesi ve çalışan personellerin daha az efor harcamasına neden olmaktadır. Taşınması istenen ürünlerin sadece bir yerden bir yere gitmesinin yeterli olmadığı durumlarda konveyör bant üzerine ekipmanlar ilave edilerek daha kapsamlı bir şekilde kullanılabilir [52]. numaralı çalışma ile araştırmacılar; otomasyon sistemini uygulamasını istenildiği gibi yapabilmeleri için pozisyon ve konum kontrollerine ihtiyaçları vardır. Otomasyon sisteminde yer alan ürünlerin hareket halinde iken görülüp işlenmesi için görüntü işleme yapılması amaçlanmaktadır.

Robotik sistemlerde sensörlerin hız ve hassasiyeti robotların vereceği tepki süreleri uzayacağı için önemli bir parametredir. Hız ve hassasiyet işlemleri için doğru sensörü seçmek gerekmektedir. Doğru sensörü seçmek için optimum maliyet ile uygun olanı seçmek gerekir çünkü sensörler pahalı ekipmanlardır [53]. numaralı çalışma ile araştırmacılar; sensörler arasında daha hızlı tepki veren, daha küçük ve daha ekonomik olan kuvvet sensörlerini robotik sistemlerde uygulanabilirliğini incelemekle beraber robotların ve otomasyon sistemlerin kendi kendine çalışır hale gelebilmesi için önemini anlatmışlar [54]. numaralı çalışma ile araştırmacılar; İki eksenli kartezyen robot tasarımı yapmışlardır. Tasarımı yapılan robotun üretimi yapılmıştır [55]. numaralı çalışma ile araştırmacılar; 6 eksenli olarak çalışan CNC işleme merkezi tasarımı yapmışlardır. Makinenin gerekli titreşim, statik ve termal analizlerini yaparak makineyi imalata hazır hale getirmişlerdir [56]. numaralı çalışma ile araştırmacılar; araçların park problemleri üzerinde durmuşlar ve bunun için kontrol algoritması geliştirmişlerdir.

Tekstil fabrikalarında gereğinden fazla insan çalıştığı için otomasyon makinelerinin yapılmasına elverişli ortamlardır. Ayrıca tekstil fabrikalarında çok fazla hareket olmaktadır. Araştırmacılar bu çalışmayı yapmalarının amacı mekatronik sistemin tekstil fabrikalarında büküm yapan tekstüre iplik makinasında nasıl uygulanabileceğini veriler ile göstermek ve gerçek sistem imal etmektir [57]. numaralı çalışma ile araştırmacılar; yapmayı düşündükleri

sistemin tasarımı TÜBİTAK'a başvurmuşlar ve projeleri kabul olmuştur. Tasarımı yapılan makinenin mühendislik hesaplar ile servo motor, pnömatik ekipmanlar ve diğer ekipmanları seçilmiş ve makinenin imalatını gerçekleştirmişlerdir.

Robot teknolojisinde kullanılan birçok sensör çeşidi vardır ve bu sensör türlerinin karakteristik özellikleri çok önemlidir çünkü bu karakteristik özellikler robotun kabiliyetini doğrudan etkiler. Kapalı çevrim robot teknolojilerinde robotlar sensörler vasıtası ile dış ortamdan veriler toplar. Toplanan bu verilerin doğruluğu önemlidir. Bazı hassasiyeti yüksek durumlarda bu veriler için filtreleme kullanılır. Verinin güvenliğini daha çok hassas yapabilmek için birden fazla sayıda sensör teknolojisinden yararlanılabilir. Bu birden fazla kullanılan sensör türleri için farklı karakteristik özelliklere sahip olabilirler. Bu farklı karakteristik özellikler için veri analizi yapılmaktadır. Bu veri analizindeki amaç farklılıkları filtrelemektir. Filtreleme sayesinde farklılıklar dikkate alınır [58]. numaralı çalışma ile araştırmacılar; akıllı robotta sensörler ile hedefi daha doğru tespit edebilmek için matematiksel model geliştirilmiştir. Araştırmacılar bu amaç kapsamında robot tasarlamışlardır ve bu robot üzerinde sanal ve gerçek sensörler kullanılarak geliştirilen model ve yöntemler test etmişlerdir [8]. numaralı çalışmada araştırmacılar; Endüstri 4.0 ilkeleri referans alınarak alternatif sürüş sistemi tasarımı amaçlayıp, endüstriyel robot kol, ray mekanizması tasarımı yapmışlardır.

Endüstriyel üretimin sürekli artmasından dolayı ortaya çıkan ihtiyaçlardan bir tanesi kalite sistemidir. Üretimde sürekliliği sağlamak için kalite sisteminde gerekli testlerin yapılması gerekmektedir. Bu tez çalışmasında araştırmacıların başlangıç hedefi araçların şasisinin düzgünlüğünü ölçerek kullanıcıya bu konuda bilgi vermek olmuştur. Araştırmacılar araç şasisinin düzgünlüğünün yanı sıra birçok nesnenin düzgünlüğünü de test edebilecek bir cihaz tasarlamışlardır. Kontrolü zor olan araç şasisinin kontrolünü kolaylaştırmak için araştırmacılar profesyonel olarak bir test cihazı geliştirmeyi planlamışlardır [59]. numaralı çalışma ile araştırmacılar; 5 eksenli robot kolu tasarlamak için her ekleminde encoder bulunan, hareket kabiliyeti esnek ve hassasiyeti yüksek olmasını önemsemişlerdir. Ölçülmesi istenen yüzeylerin belirli noktalarından ölçümler alınarak test etmişlerdir [60]. numaralı çalışma ile araştırmacılar; Robotların uzaktan kontrolü sağlamaya çalışmışlardır. Bunun için Android telefon ile robot kontrolünü sağlamışlardır. Bunun için tasarım yapılmış ve robotu üretmişlerdir [61]. numaralı çalışma ile araştırmacılar; elektrik şebekesinin olmadığı uzak

yerleşim yerlerinde sera denetimini sağlayan otomasyon sistemi yapmışlardır. Projeyi gerçekleştirerek gün boyu sistemin kontrolünü ve takibini sağlamışlardır.



BÖLÜM 3

ELEKTRO-MEKANİK SİSTEM TASARIMI VE UYGUN DONANIM-EKİPMAN SEÇİMİ

Tez çalışmasının bu bölümü mekatronik sisteminin tasarımı için gerekli mühendislik hesaplamalarını ve simülasyon çalışmalarını içermektedir.

3.1 EKİPMAN SEÇİMİ VE HESAPLAMALAR

“Ekipman Seçimi ve Hesaplamalar” alt başlığı altında gerçekleştirilen tasarımın Step Motor, Pnömatik Piston, Vantuz Tutma, Cıvata ve Şartlandırıcı Hesaplamaları alt başlıklar halinde detaylıca sunulmaktadır.

3.1.1 Step Motor Hesabı

3.1.1.1 Alt ve Üst Konveyör Step Motor Hesabı

Step motora etki eden toplam 10 kg kütle için 1 s’de 250 mm mesafe hedeflenmektedir ve step motorun döndüreceği tambur çapı (D) 60 mm’dir.

Böylece step motor için gerekli çalışma hızı ($V_{Hız}$):

$$V_{Hız} = 250 \text{ mm/s} = 0.25 \text{ m/s} \quad (3.1)$$

Step motor için gerekli kuvvet (F):

$$F = m_{motor} \times g = 10 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2 \times 2 = 196.2 \text{ N} \quad (3.2)$$

Step motor için gerekli tork (T);

$$T = F \times r = 196.2 \text{ N} \times 0.03 \text{ m} = 6 \text{ Nm} \quad (3.3)[62]$$

r: yarıçap [mm]

Step motor için gerekli açısal hız (P):

$$\omega = \frac{V_{Hız}}{r} = \frac{250 \text{ mm/s}}{30 \text{ mm}} = 8.3 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad (3.4)[63]$$

$$\omega = 8.3 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \times \frac{60}{2\pi} = 79.26 \frac{\text{dev}}{\text{dk}} (\text{rpm}) \quad (3.5)$$

Step motor için gerekli güç (P):

$$P = T \times \omega \quad (3.6)[64]$$

$$P = 6 \text{ Nm} \times 8.3 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 49.8 \text{ W} = 0.0498 \text{ kW} \quad (3.7)$$

3.1.1.2 Üst Bant Konveyör Hesabı

Mekatronik sistemde bant bulunmaktadır ve bandın da sisteme ilave edilmesi gerekmektedir. Bunun için izlenmesi gereken yol aşağıdaki gibidir.

Konveyör uzunluğu: 1270 mm (1.27 m)

Rulmanın bağlı olduğu delik çapı: 20 mm

Konveyör bant bağlı olduğu tahrik tambur çapı (D) = 60 mm (0.06 m)

Konveyör hızı ($V_{Hız}$): 250 mm/s (0.25 m/s)

Bandın üzerine etki eden ağırlık ($M_{ağırlık}$): 10 kg

Konveyör kapasitesi ($Q_{konveyör}$): 3600 kg/saat (3.6 ton/saat)

Verim: 0.75

Konveyör eğimi: 90 derece bir düzlem üzerinde eğim yoktur.

Tambur devri hesabı:

ω_{tambur} : Tamburun açısal hızı

$$\omega_{motor} = \frac{V_{Hız}}{r} = \frac{250 \frac{mm}{s}}{30 mm} = 8.3 \frac{1}{s} \quad (3.8)$$

n_{tambur} : Tambur devri

$$n_{tambur} = 8.3 \frac{rad}{s} = 79.26 rpm \quad (3.9)$$

Bant üzerindeki yükü hesaplamamız gerekiyor çünkü motordan aldığımız gücü tambura iletmemiz lazım.

Bant üzerindeki yük:

$$M_{yük} = \frac{Q_{konveyör} \times L}{60 \times \pi \times D \times n_{tambur}} \times 1000 [kg] \quad (3.10)$$

$$M_{yük} = \frac{3.6 ton \times 1.27 mm}{60 \times \pi \times 0.06 m \times 79.26 dev/dk} \times 1000 = 5.1 kg \quad (3.11)$$

Bant ağırlığı:

$$M_{bant} = 2 \times L \times M_{ağırlık} = 2 \times 1.27 m \times 10 kg = 25.4 kg \quad (3.12)$$

Konveyör üzerindeki toplam ağırlık ($M_{toplamlam}$):

$$M_{toplamlam} = M_{yük} + M_{ağırlık} = 5.1 + 25.4 = 30.5 kg \quad (3.13)$$

Parametreler:

$M_{toplamlam}$: Konveyör üzerindeki toplam ağırlık (kg)

$V_{Hız}$: Bant hızı (m/s)

η : Verim

D: Rulo çapı (mm)

D_g : Ruloda kullanılan rulmanın göbek çapı (mm)

f_1 : yuvarlanma direnci

α : Konveyörün yatayla açısı (derece)

g : Yer çekimi ivmesi (m/s^2)

M_L : Rulmanın sürtünme direnci katsayısı.

Çizelge 3.1 Yuvarlanma sürtünmesi değerleri (f_1) [65].

Çelik-çelik	0.5-5	Tahta üzerine demir	220
Demir-demir	20	Çelik üzerine sert plastik	7.7
Granit üzerine demir	85	Beton üzerine plastik	5
Çelik üzerine tahta	1.2	Beton üzerine sert lastik	10-20
Çelik üzerine plastik	2	Beton üzerine yarı set lastik	15-35
Tahta üzerine tahta	60	-	-

Çizelge 3.2 Rulmanın sürtünme direnci katsayısı tablosu (M_L) [65].

Bilyalı / Masuralı Rulman	0.005
Kayar Yatak	0.08-0.1

Rulo üzerinde yuvarlanan bantlı tip konveyörler için C formülü (C formülü kullanılan bant tipine göre değişmektedir.) Bant malzemesine göre (kauçuk, çelik mi vb.) farklı C formülleri bulunmaktadır. Denklem 3.14'te kullandığımız bant tipine göre C formülü gösterilmiştir.

$$C = \left[\frac{2}{D} \left(M_L x \left(\frac{d}{2} \right) + f_1 \right) + \sin 90 \right] \times g \quad (3.14)$$

$$C = \left[\frac{2}{60} \left(0.005 x \left(\frac{20}{2} \right) + 7.7 \right) + 1 \right] \times 9.81 = 12.3 \quad (3.15)$$

Konveyörü hareket ettirmek için gerekli güç:

$$P = \frac{C \times M_{toplam} \times V_{Hız}}{1000 \times \eta} = \frac{12.3 \times 30.5 \times 0.25}{1000 \times 0.75} = 0.126 \text{ kW} \quad (3.16)$$

Bu hesaplamalar sonucunda Nema 42, 28 Nm step motor seçimi yapılmıştır.

3.1.1.3 Alt Bant Konveyör Hesabı

Alt bant konveyör hesabında, alt bant için kullanılan parametreler ve değerleri üst bant ile aynıdır, ayrıca yapılan hesaplamalar ve denklemler de aynı şekildedir. Tek fark alt bant uzunluğu 1460 mm'dir.

Konveyör uzunluğu = 1460mm (1.46 m)

Rulmanın bağlı olduğu delik çapı = 20 mm

Konveyör bant bağlı olduğu tahrik tambur çapı (D) = 60 mm (0.06 m)

Konveyör hızı ($V_{Hız}$) = 250 mm/s (0.2 m/s)

Bandın üzerine etki eden ağırlık = 10 kg

Konveyör kapasitesi ($Q_{Konveyör}$) = 3600 kg/saat (3.6 ton/saat)

Verim: 0.75

Konveyör eğimi: 90 derece bir düzlem üzerinde eğim yoktur

$$M_{bant} = 2 \times L \times M_{ağırlık} = 2 \times 1.46 \text{ m} \times 10 \text{ kg} = 29.2 \text{ kg} \quad (3.17)$$

$$M_{yük} = \frac{3.6 \text{ ton} \times 1.46 \text{ m}}{60 \times \pi \times 0.06 \text{ m} \times 79.26 \text{ dev/dk}} \times 1000 = 5.86 \text{ kg}$$

Konveyör üzerindeki toplam ağırlık (M_{toplam}):

$$M_{toplam} = M_{yük} + M_{ağırlık} = 5.86 + 29.2 = 35.06 \text{ kg} \quad (3.18)$$

Konveyörü hareket ettirmek için gerekli güç:

$$P_{alt} = \frac{C \times M_{toplam} \times V_{Hız}}{1000 \times \eta} = \frac{12.3 \times 35.06 \times 0.25}{1000 \times 0.75} = 0.15 \text{ kW} \quad (3.19)$$

Bu hesaplamalar sonucunda Nema 42, 28 Nm step motor seçimi yapılmıştır.

3.1.2 Pnömatik Piston Hesaplamaları

3.1.4.1 Üst Kızak Pnömatik Piston Hesabı

Pnömatik piston çapı (D) = 40 mm

Pnömatik piston yarıçapı (r) = 20 mm

Pnömatik pistonunda kullanılacak basınç ($P_{basınç}$) = 8 bar

Pnömatik pistonun açılma ve kapanma zamanı (t) = 1 saniye

Pnömatik pistonun 1 s’de aldığı mesafe (strok) (L_{mesafe}) = 575 mm

Pnömatik piston alan hesabı:

$$A = \pi \times r^2 = 3.14 \times 4 \text{ cm}^2 = 12.56 \text{ cm}^2 \quad (3.20)$$

Pnömatik piston kuvvet hesabı:

$$F = P_{basınç} \times A = 8 \text{ bar} \times 12.56 \text{ cm}^2 = 100.48 \text{ kgf} \quad (3.21)$$

$$F = 100.48 \text{ kgf} \times 9.80665 \frac{N}{kgf} = 985.37 \text{ N} \quad (3.22)$$

Pnömatik piston iş hesabı:

$$J = N \times m \quad (3.23)[66]$$

$$J = 985.37 \text{ N} \times 0.575 \text{ m} = 566.59 \text{ J} \quad (3.24)$$

Pnömatik piston güç hesabı:

$$P = \frac{J}{s} = \frac{566.59 \text{ J}}{1 \text{ s}} = 566.9 \text{ W} \quad (3.25)$$

Pnömatik piston hız hesabı:

$$V_{Hız} = \frac{m}{s} = \frac{0.575 \text{ m}}{1 \text{ s}} = 0.575 \text{ m/s} \quad (3.26)[67]$$

Pnömatik piston ivme hesabı:

$$a = \frac{m}{s^2} = \frac{0.575 \text{ m}}{1 \text{ s}^2} = 0.575 \text{ m/s}^2 \quad (3.27)[68]$$

Pnömatik piston hacim hesabı:

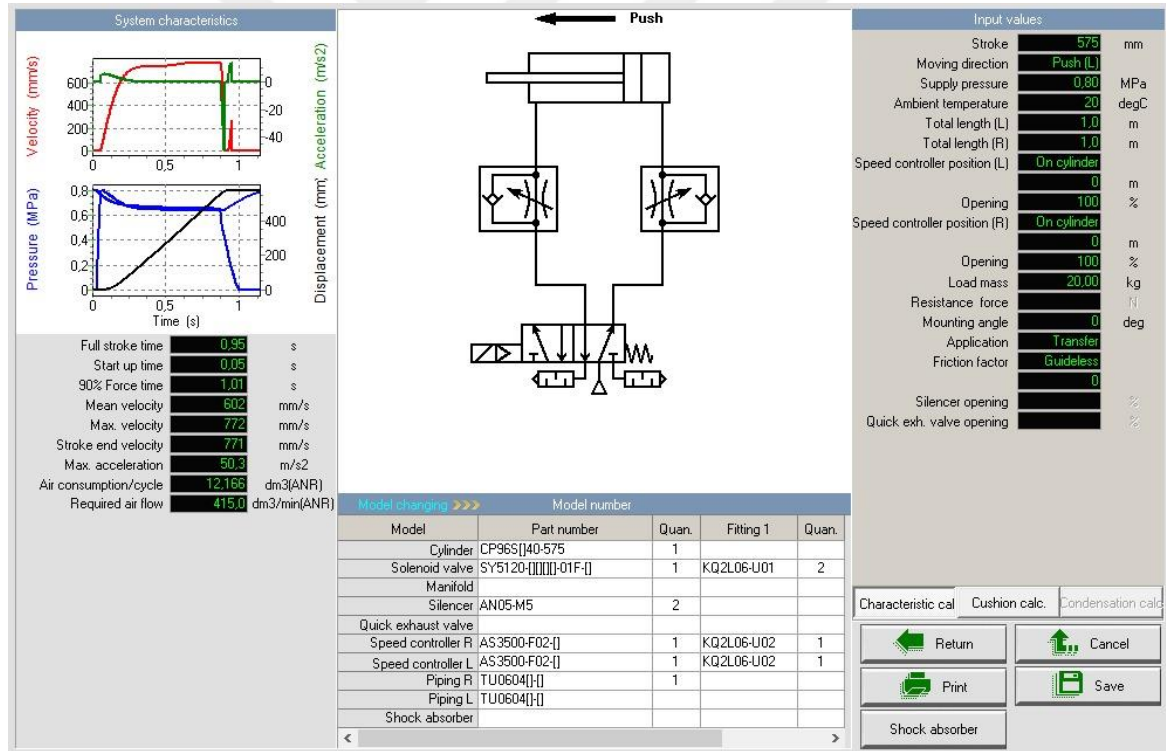
$$V_{Hacim} = \pi \times r^2 \times L_{mesafe} = 3.14 \times 20^2 \text{ mm}^2 \times 575 \text{ mm} = 722200 \text{ mm}^3 \quad (3.28)$$

Pnömatik piston debi hesabı:

$$Q_{Debi} = \frac{m^3}{s} = \frac{0.0007222 \text{ m}^3}{1 \text{ s}} = 0.0007222 \text{ m}^3/s \quad (3.29)[69]$$

Bu hesaplamalara göre SMC firmasından CP96SDB40-575C kodlu piston tercih edilmiştir. Bu pistonun hava tüketimine ve çalışmasına uygun olarak SMC firmasından SY5120 kodlu pnömatik valf tercih edilmiştir.

Şekil 3.1’de seçilen üst kızak pnömatik piston için analiz değerleri gösterilmektedir.



Şekil 3.1 Seçilen üst kızak pnömatik piston için analiz değerleri.

3.1.4.2 Alt Kızak Pnömatik Piston Hesabı

Pnömatik piston çapı (D) = 40 mm

Pnömatik piston yarıçapı (r) = 20mm

Pnömatik pistonunda kullanılacak basınç (P_{basınç}) = 8 bar

Pnömatik pistonun açılma ve kapanma zamanı (t) = 1 saniye

Pnömatik pistonun 1 s’de aldığı mesafe (strok) (L_{mesafe}) = 300 mm

Pnömatik piston alan hesabı:

$$A = \pi \times r^2 = 3.14 \times 4 \text{ cm}^2 = 12.56 \text{ cm}^2 \quad (3.30)[70]$$

Pnömatik piston kuvvet hesabı:

$$F = P_{basınç} \times A = 8 \text{ bar} \times 12.56 \text{ cm}^2 = 100.48 \text{ kgf} \quad (3.31)[71]$$

$$F = 100.48 \text{ kgf} \times 9.80665 \frac{N}{kgf} = 985.37 \text{ N} \quad (3.32)$$

Pnömatik piston iş hesabı:

$$J = N \times m = 985.37 \text{ N} \times 0.3 \text{ m} = 295.6 \text{ J} \quad (3.33)$$

Pnömatik piston güç hesabı:

$$P = \frac{J}{s} = \frac{295.6 \text{ J}}{1 \text{ s}} = 295.6 \text{ W} \quad (3.34)$$

Pnömatik piston hız hesabı:

$$V_{Hız} = \frac{m}{s} = \frac{0.3 \text{ m}}{1 \text{ s}} = 0.3 \text{ m/s} \quad (3.35)$$

Pnömatik piston ivme hesabı:

$$a = \frac{m}{s^2} = \frac{0.3 \text{ m}}{1 \text{ s}^2} = 0.3 \text{ m/s}^2 \quad (3.36)$$

Pnömatik piston hacim hesabı:

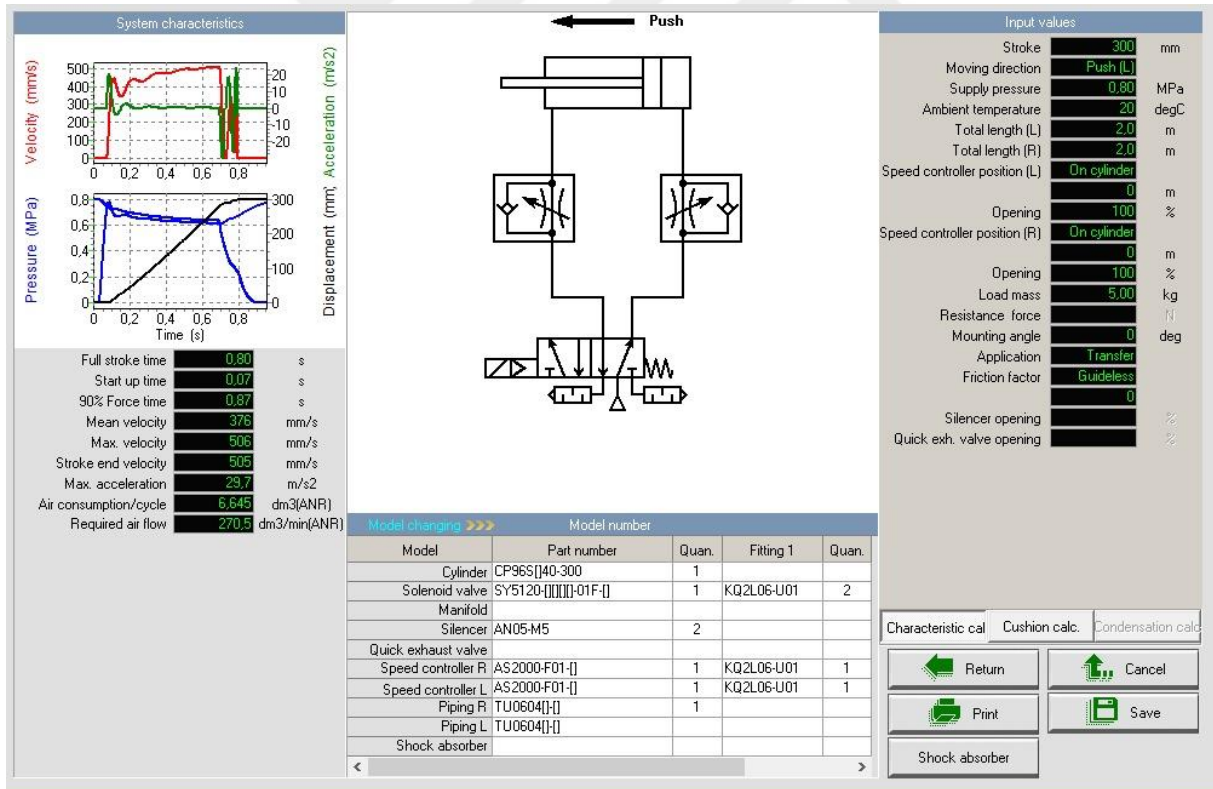
$$V_{\text{Hacim}} = \pi \times r^2 \times L_{\text{mesafe}} = 3.14 \times 20^2 \text{ mm}^2 \times 300 \text{ mm} = 376800 \text{ mm}^3 \quad (3.37)[72]$$

Pnömatik piston debi hesabı:

$$Q_{\text{Debi}} = \frac{m^3}{s} = \frac{0.0003768 \text{ m}^3}{1 \text{ s}} = 0.0003768 \text{ m}^3/\text{s} \quad (3.38)[73]$$

Bu hesaplara göre SMC firmasından CP96SDB40-300C kodlu piston tercih edilmiştir. Bu pistonun hava tüketimine ve çalışmasına uygun olarak SMC firmasından SY5120 kodlu pnömatik valf tercih edilmiştir.

Şekil 3.2’de seçilen alt kızak pnömatik piston için analiz değerleri gösterilmektedir.



Şekil 3.2 Seçilen alt kızak pnömatik piston için analiz değerleri.

3.1.4.3 Ürün Alma Pnömatik Piston

Pnömatik piston çapı (D) = 40 mm

Pnömatik piston yarıçapı (r) = 20 mm

Pnömatik pistonda kullanılacak basınç ($P_{\text{basınç}}$) = 8 bar

Pnömatik pistonun açılma ve kapanma zamanı (t) = 1 saniye

Pnömatik pistonun 1 s’de aldığı mesafe (strok) (L_{mesafe}) = 25 mm

Pnömatik piston alan hesabı:

$$A = \pi \times r^2 = 3.14 \times 4 \text{ cm}^2 = 12.56 \text{ cm}^2 \quad (3.39)$$

Pnömatik piston kuvvet hesabı:

$$F = P_{\text{basınç}} \times A = 8 \text{ bar} \times 12.56 \text{ cm}^2 = 100.48 \text{ kgf} \quad (3.40)$$

$$F = 100.48 \text{ kgf} \times 9.80665 \frac{\text{N}}{\text{kgf}} = 985.37 \text{ N} \quad (3.41)$$

Pnömatik piston iş hesabı:

$$J = N \times m = 985.37 \text{ N} \times 0.025 \text{ m} = 24.6 \text{ J} \quad (3.42)$$

Pnömatik piston güç hesabı:

$$P = \frac{J}{s} = \frac{24.6 \text{ J}}{1 \text{ s}} = 24.6 \text{ W} \quad (3.43)$$

Pnömatik piston hız hesabı:

$$V_{\text{Hız}} = \frac{m}{s} = \frac{0.025 \text{ m}}{1 \text{ s}} = 0.025 \text{ m/s} \quad (3.44)$$

Pnömatik piston ivme hesabı:

$$a = \frac{m}{s^2} = \frac{0.3 \text{ m}}{1 \text{ s}^2} = 0.3 \text{ m/s}^2 \quad (3.45)$$

Pnömatik piston hacim hesabı:

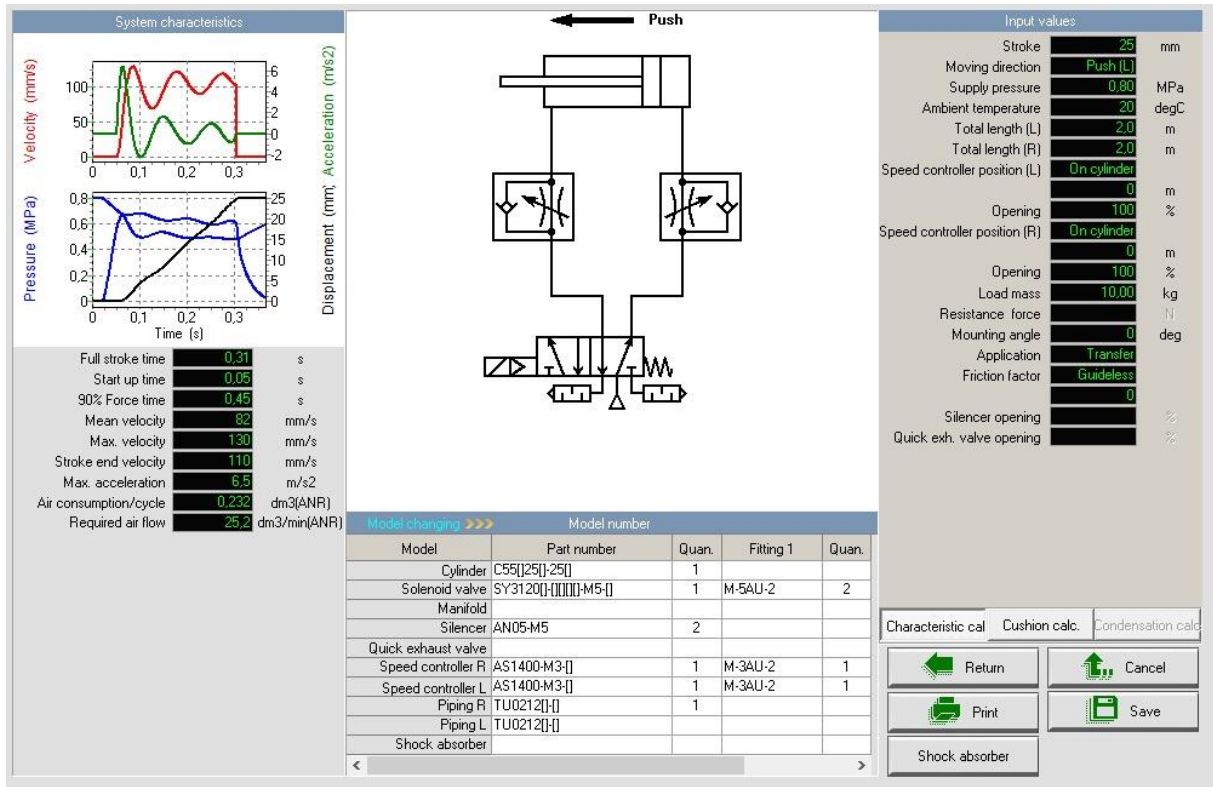
$$V_{\text{Hacim}} = \pi \times r^2 \times L_{\text{mesafe}} = 3.14 \times 20^2 \text{ mm}^2 \times 25 \text{ mm} = 31400 \text{ mm}^3 \quad (3.46)$$

Pnömatik piston debi hesabı:

$$Q_{\text{Debi}} = \frac{m^3}{s} = \frac{0.0000314 \text{ m}^3}{1 \text{ s}} = 0.0000314 \text{ m}^3/\text{s} \quad (3.47)$$

Bu hesaplara göre SMC firmasından CD55B25-25M kodlu piston tercih edilmiştir. Bu pistonun hava tüketimine ve çalışmasına uygun olarak SMC firmasından SY3120 kodlu pnömatik valf tercih edilmiştir.

Şekil 3.3'te seçilen ürün alma pnömatik piston için analiz değerleri gösterilmektedir.



Şekil 3.3 Seçilen ürün alma pnömatik piston için analiz değerleri.

3.1.4.4 Fikstür Taşıma Pnömatik Piston

Pnömatik piston çapı (D) = 40 mm

Pnömatik piston yarıçapı (r) = 20 mm

Pnömatik pistonda kullanılacak basınç ($P_{\text{basınç}}$) = 8 bar

Pnömatik pistonun açılma ve kapanma zamanı (t) = 1 saniye

Pnömatik pistonun 1 s’de aldığı mesafe (strok) (L_{mesafe}) = 250 mm

Pnömatik piston alan hesabı:

$$A = \pi \times r^2 = 3.14 \times 4 \text{ cm}^2 = 12.56 \text{ cm}^2 \quad (3.48)$$

Pnömatik piston kuvvet hesabı:

$$F = P_{\text{basınç}} \times A = 8 \text{ bar} \times 12.56 \text{ cm}^2 = 100.48 \text{ kgf} \quad (3.49)$$

$$F = 100.48 \text{ kgf} \times 9.80665 \frac{\text{N}}{\text{kgf}} = 985.37 \text{ N} \quad (3.50)$$

Pnömatik piston iş hesabı:

$$J = N \times m = 985.37 \text{ N} \times 0.25 \text{ m} = 246.34 \text{ J} \quad (3.51)$$

Pnömatik piston güç hesabı:

$$P = \frac{J}{s} = \frac{246.34 \text{ J}}{1 \text{ s}} = 246.34 \text{ W} \quad (3.52)$$

Pnömatik piston hız hesabı:

$$V_{\text{Hız}} = \frac{m}{s} = \frac{0.25 \text{ m}}{1 \text{ s}} = 0.25 \text{ m/s} \quad (3.53)$$

Pnömatik piston ivme hesabı:

$$a = \frac{m}{s^2} = \frac{0.25 \text{ m}}{1 \text{ s}^2} = 0.025 \text{ m/s}^2 \quad (3.54)$$

Pnömatik piston hacim hesabı:

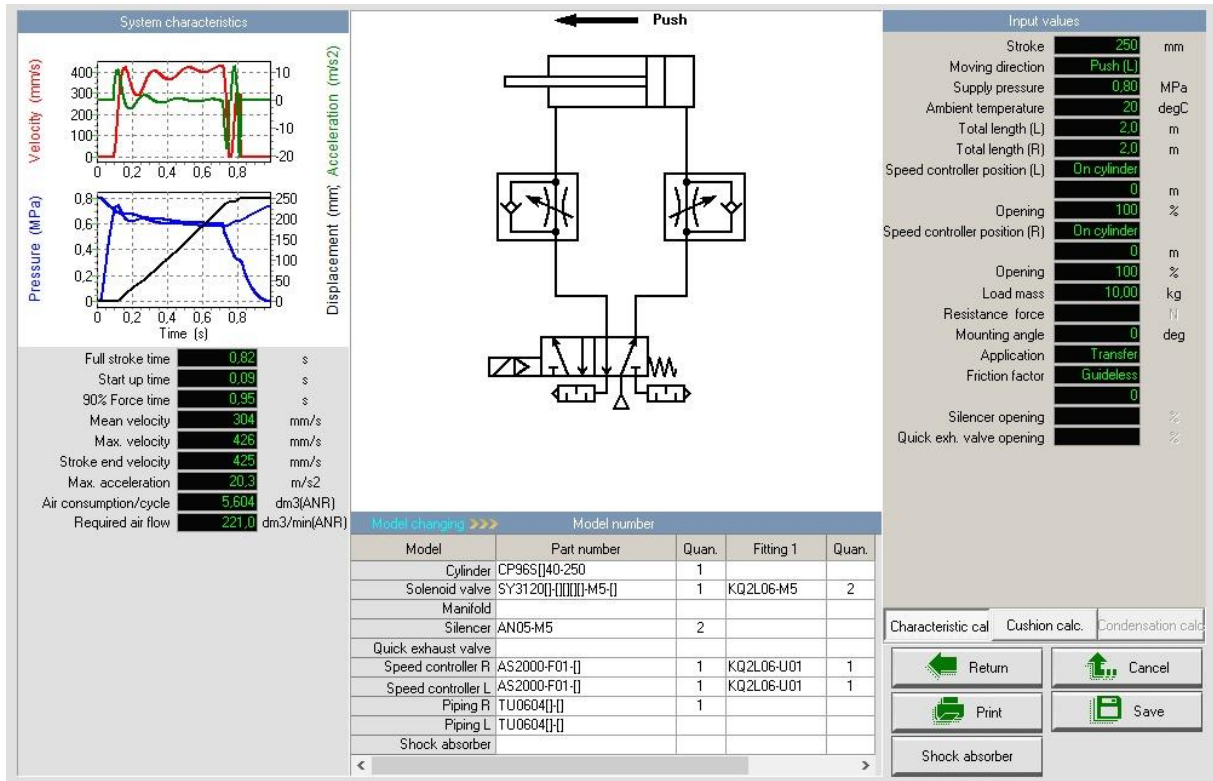
$$V_{\text{Hız}} = \pi \times r^2 \times L_{\text{mesafe}} = 3.14 \times 20^2 \text{ mm}^2 \times 250 \text{ mm} = 314000 \text{ mm}^3 \quad (3.55)$$

Pnömatik piston debi hesabı:

$$Q_{\text{Debi}} = \frac{m^3}{s} = \frac{0.000314 \text{ m}^3}{1 \text{ s}} = 0.000314 \text{ m}^3/\text{s} \quad (3.56)$$

Bu hesaplara göre SMC firmasından CP96SDB40-250C kodlu piston tercih edilmiştir. Bu pistonun hava tüketimine ve çalışmasına uygun olarak SMC firmasından SY3120 kodlu pnömatik valf tercih edilmiştir.

Şekil 3.4'te seçilen fikstür taşıma pnömatik piston için analiz değerleri gösterilmektedir.



Şekil 3.4 Seçilen fişör taşıma pnömatik piston için analiz değerleri.

3.1.3 Vantuz Tutma Hesabı

Bu projesinde kullanılan vantuzların şekli dikdörtgendir. Vantuzların ölçüsü 10 x 6 mm²'dir. Projede 5 adet vantuz kullanılmıştır.

$$A_{vantuz} = 10 \text{ mm} \times 6 \text{ mm} \times 5 = 300 \text{ mm}^2 \text{ (3 cm}^2\text{)} \quad (3.57)$$

$$A_{vantuz} = s = \frac{\pi \times D_{vantuz}^2}{4} = 300 \text{ mm}^2 \quad (3.58)$$

İse;

$$D_{vantuz} = 19.54 \text{ mm,}$$

Buradaki D çapına göre tabloda en yakın değer çap 32mm seçilir.

Çizelge 3.3 Pad diameter tablosu.

Pad diameter[mm]		Ø 32	Ø 40	Ø 50	Ø 63	Ø 80	Ø 100	Ø 125
S : Pad area [cm ²]		8.04	12.56	19.63	31.16	50.24	78.50	122.66
Vakum Pressure [kPa]	-85	68.3	107	167	265	427	667	1043
	-80	64.3	100	157	249	402	628	981
	-75	60.3	94.2	147	234	377	589	920
	-70	56.3	87.9	137	218	352	550	889
	-65	52.2	81.6	128	203	327	510	847
	-60	48.2	75.4	118	187	301	471	796
	-55	44.2	69.1	108	171	276	432	745
	-50	40.2	62.8	98.1	156	251	393	694
	-45	36.2	56.5	88.3	140	226	353	633
	-40	32.2	50.2	78.5	125	201	314	592

Tablodan Vakum basıncı = 50 kpa seçilir.

Çap 32 mm için alanı hesaplar ise;

$$A_{vantuz} = s = \frac{\pi \times 32^2}{4} = 803.84 \text{ mm}^2 \quad (3.59)$$

Tutma kuvveti için;

$$F_{tutma} = P_{vakum} \times A_{vantuz} = 0.05 \text{ MPa} \times 804.2 \text{ mm}^2 = 40.2 \text{ N} \quad (3.60)$$

Bu hesaplara göre SMC firmasından vakum jeneratörü ZL112 A ve Festo firmasından ESS-4X10-ON kodlu vantuz alınmıştır.

3.1.4 Cıvata Hesabı

Projede M4, M5, M6, M8, M10 ve M12 civatalar kullanılmıştır. Civataların kalitesi 12.9'dur.

Kopma gerilmesi: $12 \times 10 = 120 \text{ kg/mm}^2$

Akma gerilmesi: $12 \times 9 = 90 \text{ kg/mm}^2$

Çizelge 3.5'te DIN 267'ye göre cıvata ve somunlar için mukavemet ve sertlik değerleri verilmiştir.

Çizelge 3.4 DIN 267'ye göre cıvata ve somunlar için mukavemet ve sertlik değerleri [74].

DIN 267 ye göre civata ve somunlar için mukavemet sertlik değerleri													
Cıvata Mukavemet Sınıfları		3,6	4,6	4,8	5,6	5,8	6,6	6,8	6,9	8,8	10,9	12,9	14,9
Kopma Mukavemeti (Kg/mm²)	Min	34	40		50			60		80	100	120	140
	Max	39	55		70			80		100	120	140	160
Sertlik HB	Min	90	110		140			170		225	280	330	390
	Max	150	170		215			245		300	365	425	

3.1.5 Şartlandırıcı Hesabı

Sistemin hava tüketimi:

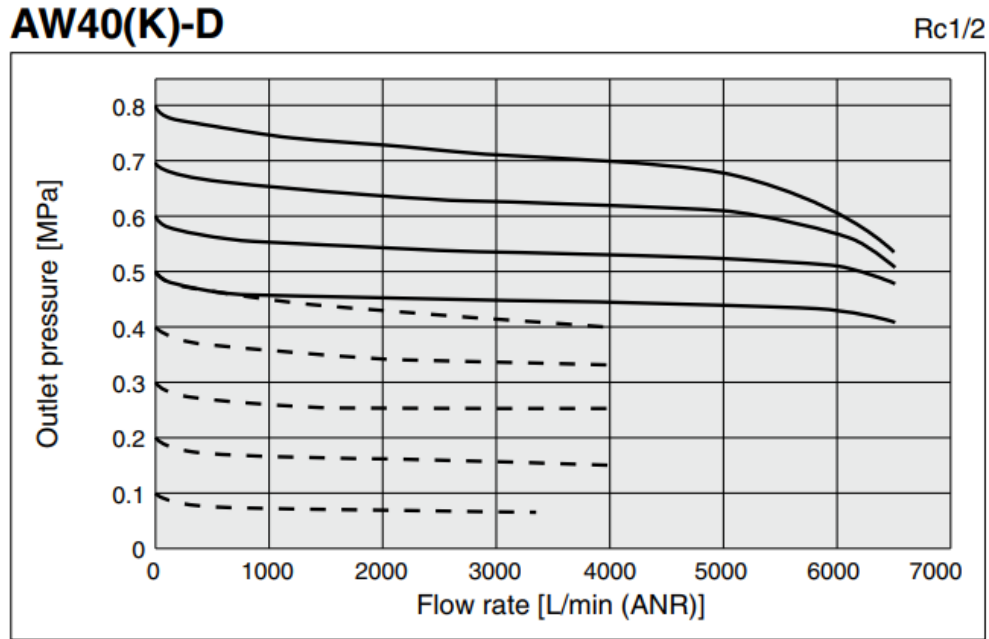
Ürün alma pnömatik pistonu hava tüketimi = 14.7 dm³/min

Fikstür taşıma pnömatik pistonu hava tüketimi = 135.9 dm³/min

Alt kızak pnömatik pistonu hava tüketimi = 167 dm³/min

Üst kızak pnömatik pistonu hava tüketimi = 290.9 dm³/min

Pnömatik pistonların toplam hava tüketimi = 608.5 dm³/min



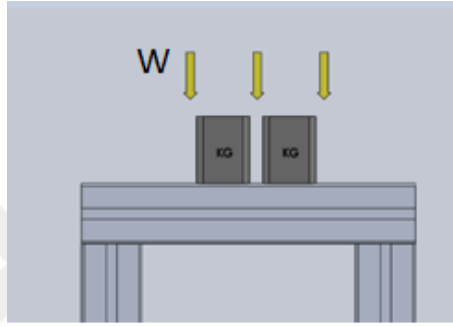
Şekil 3.5 AW40 şartlandırıcının basınç ve akış grafiği [75].

Bu hesaplardan sonra SMC firmasından AW40-F04CE-D ürünü tercih edilmiştir. Şekil 3.4'teki grafikte görüldüğü üzere toplam akış debisi bu ürün yeterli olmaktadır.

3.2 MUKAVEMET HESAPLARI VE SİMÜLASYONLAR

Bölüm 4.2.1 Mühendislik Hesaplamaları bölümünde gerekli mukavemet hesaplamaları ve simülasyonları sunulmaktadır. Hesaplar tasarım üzerinde kritik olarak belirlenen kısımlara sadeleştirme yapılarak yapılmıştır. Genel olarak sigma profillere yapılmıştır. Sigma profillerin üzerinde toplam ağırlık solidworks programı ile hesaplanmıştır.

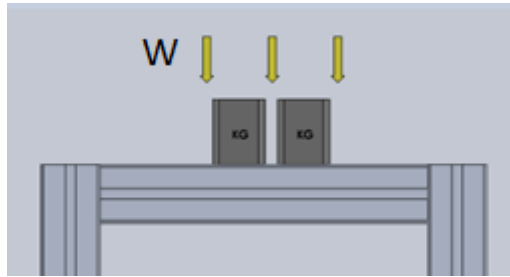
3.2.1 Mühendislik Hesaplamalarında Sehim Formülasyonu



Şekil 3.6 Sehim 1, mukavemet yükünün yönü [76].

Şekil 3.5'te sehim mukavemet hesaplarındaki yük gösterilmektedir ve sehim formülü denklem 3.61'de verilmiştir. Şekil 3.6 ve şekil 3.7 de montaj şekilleri gösterilmiştir. Bu montaj şekillerine göre denklem 3.61 ve 3.62 elde edilmiştir.

$$f = \frac{5 \times W \times L^4}{384 \times E \times I} \quad (3.61)[76]$$



Şekil 3.7 Sehim 2, mukavemet yükünün yönü [76].

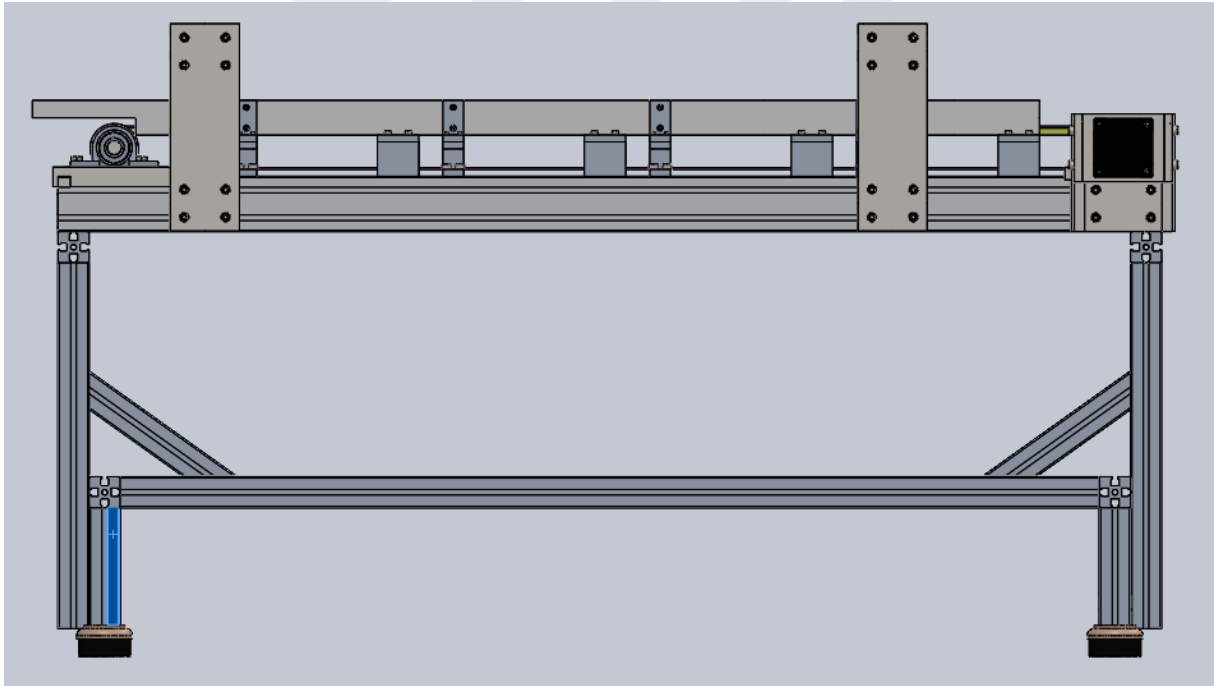
Şekil 3.6'daki sehim formülü Denklem 3.62'de verilmiştir.

$$f = \frac{W_{yük} \times L_{yük}^4}{384 \times E \times I} \quad (3.62)[76]$$

3.2.2 Mukavemet Analizi 1

Mukavemet Analizi 1, alt konveyör sigma profil ayakları için gerçekleştirilmiştir. Hesaplaması yapılan profiller 45 x 45 sigma profillerdir.

Şekil 3.8 de mukavemet hesabı yapılacak yer gösterilmiştir.



Şekil 3.8 Mukavemet hesabı yapılacak sigma profiller 1.

Analiz hesaplamaları:

Elastisite modülü (E) = 70.000 N/mm²

Elastisite modülü (E) sigma profil malzemesi alüminyum olduğu için 70.000 N/mm² değeri alınmıştır.

W_{yük} : Dağılık yük miktarı (Pa)

Atalet momenti (I) = 8.26 cm⁴

Sigma profil uzunluğu (L) = 170 mm

Sigma profildeki toplam yük (F) = 888 N

Bu yük 4 adet ayağa yaklaşık olarak eşit bölüneceği için toplam yük F 222 N olur.

Denklem 4.63'teki denklem değerleri girilerek Denklem 3.64'te bu analiz için hesaplanmıştır.

$$W_{yük} = \frac{F}{L} \quad (3.63)$$

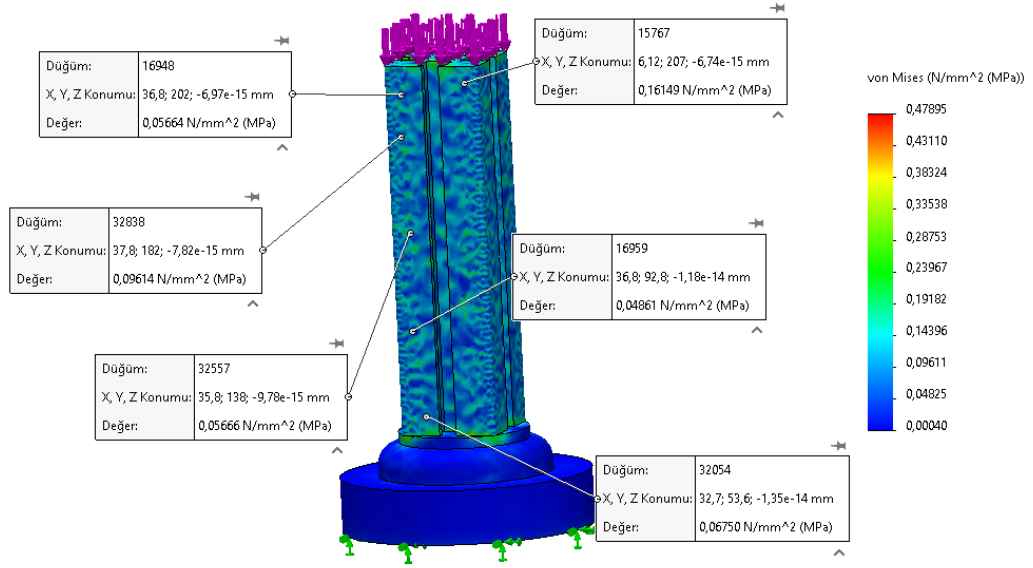
$$W_{yük} = \frac{222 \text{ N}}{170 \text{ mm}} = 1.31 \text{ Pa} \quad (3.64)$$

$$f = \frac{5 \times W_{yük} \times L^4}{384 \times E \times I} = \frac{5 \times (1.31 \text{ Pa}) \times (170 \text{ mm})^4}{384 \times \left(70000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right) \times (8.26 \times 10^4 \text{ mm}^4)} = 0.00247 \text{ mm} \quad (3.65)$$

Denklem 3.65'te Mukavemet Hesabı 1'de gerçekleşen sehım miktarı hesaplanmıştır.

SolidWorks analiz programı ile hesaplama:

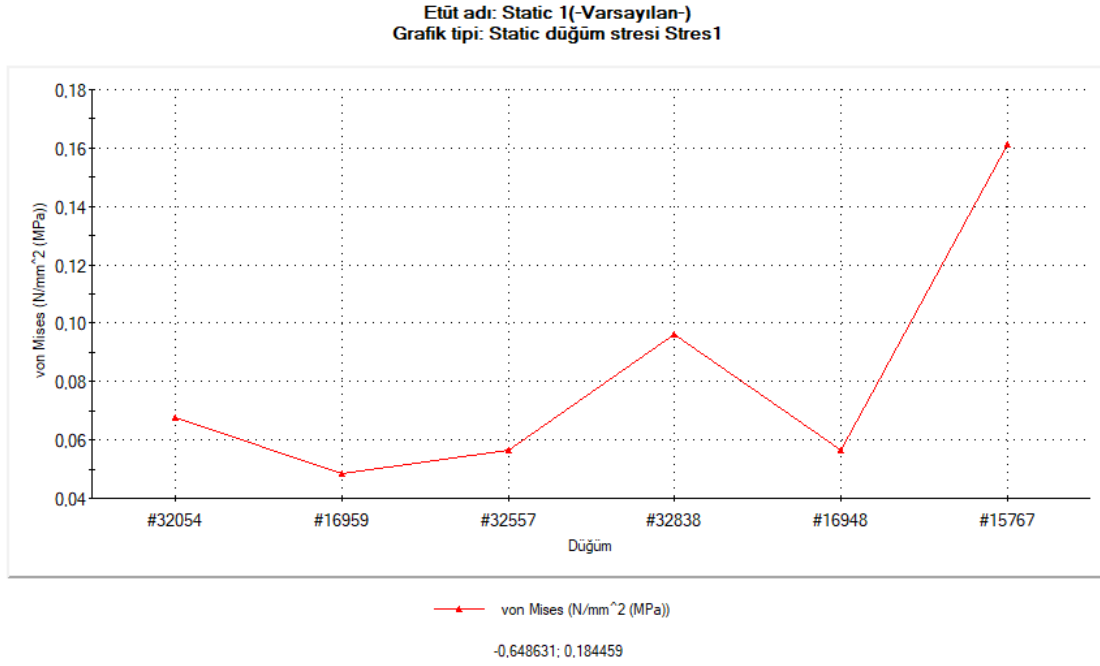
Stres grafiğı Von misses kriterine göre deformasyonları ve gerilmeleri, Yer değıştirme grafiğı sehimi, gerinim grafiğı ise şekil değıştirme miktarlarını gösterir.



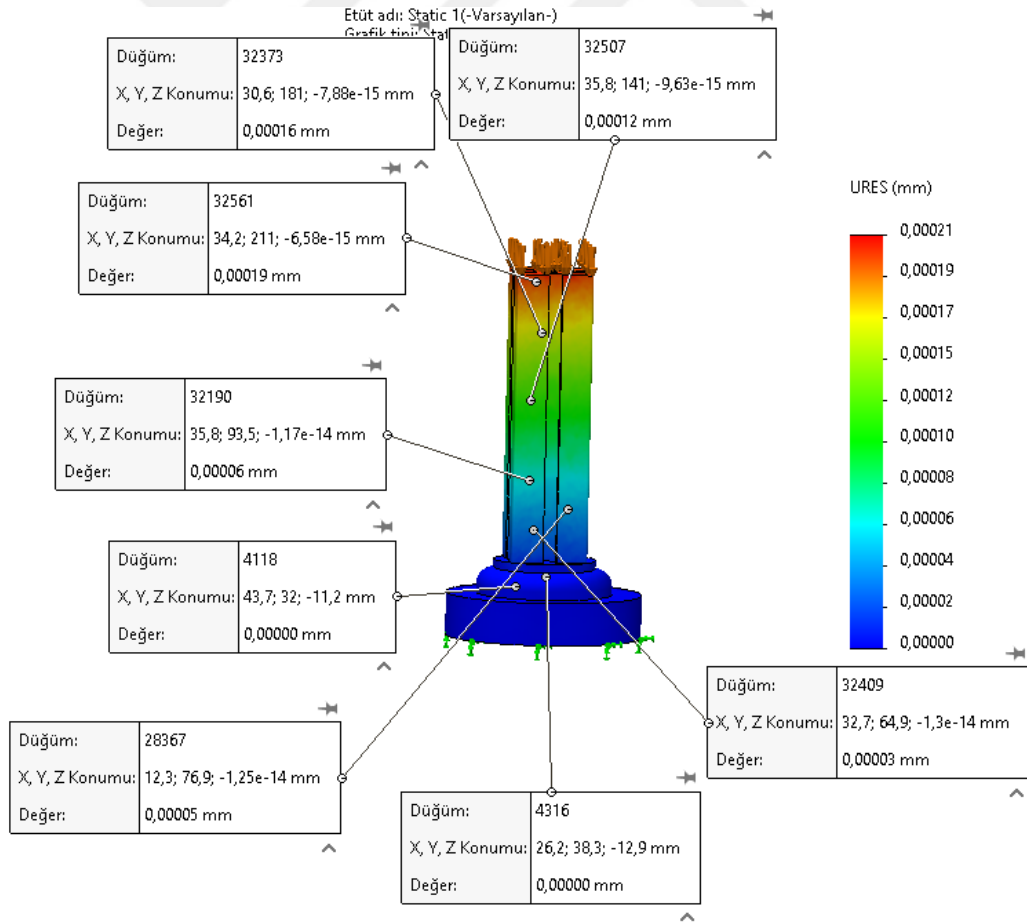
Şekil 3.9 Stres analizi 1.

Şekil 3.9’da ki analiz sonucuna göre en fazla Von Misses gerilme değeri 0.48 MPa değerindedir. Bu gerilme renk dağılımına göre kritik seviyeye ulaşmadığı için güvenli seviyededir. Parça üzerindeki farklı noktadaki gerilme değeri gösterilmiştir. Emniyet katsayısı 3 çıktığı için güvenli seviyededir. Şekil 3.10’da ise analiz değerleri grafik şeklinde gösterilmektedir.

$$\frac{\text{Solidworks programına göre maksimum gerilme}}{\text{Sistemdeki maksimum gerilme}} = \frac{0,48 \text{ MPa}}{0,16 \text{ MPa}} = 3 \quad (3.66)$$

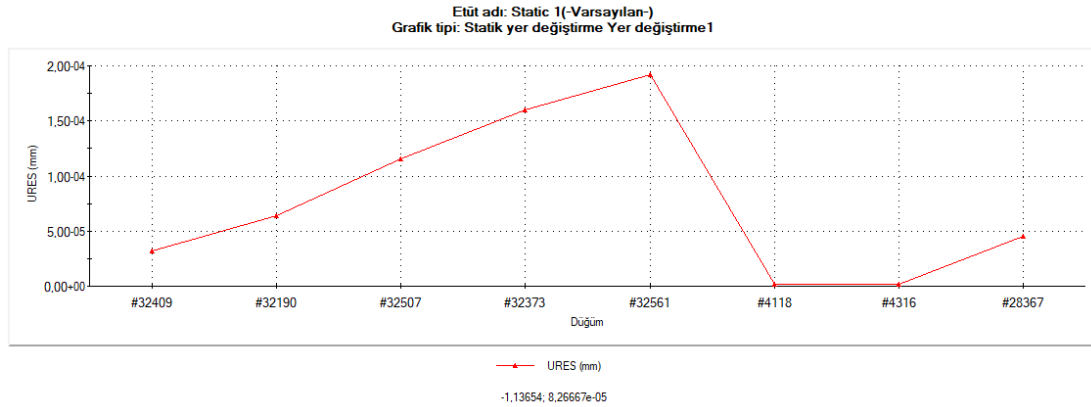


Şekil 3.10 Statik düğüm stres grafiği 1.



Şekil 3.11 Yer değiştirme analizi 1.

Şekil 3.11’de yer değıştirme analizinin düğüm noktaları gösterilmiştir.



Şekil 3.12 Yer değıştirme grafiğı 1.

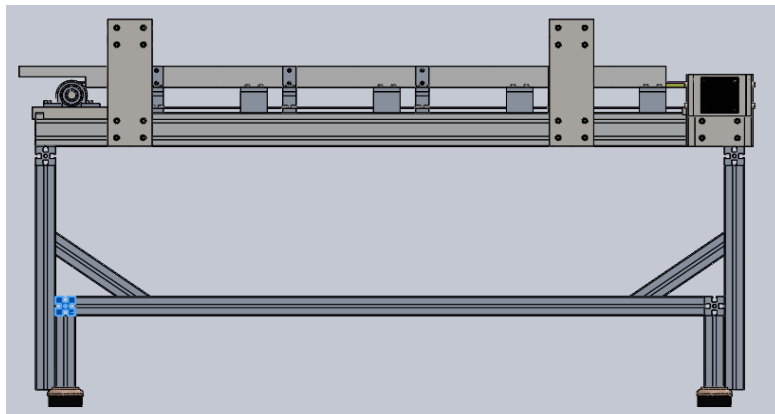
Maksimum sehım 0,00021 mm değerindedir. Bu değır çok küçük olduğı için güvenli seviyededir. Denklem 3.65 de ki değır ise 0,00247mm dir. Bu iki farklı değere göre sehım emniyetli seviyededir.

Şekil 3.12’de Parça üzerinde farklı konumların koordinat noktaları gösterilmektedir.

3.2.3 Mukavemet Analizi 2

Alt konveyör sigma profil ayaklarına yapılmıştır. Hesaplaması yapılan profiller 45 x 45 sigma profillerdir.

Şekil 3.15 de mukavemet hesabı yapılacak yer gösterilmiştir.



Şekil 3.13 Mukavemet hesabı yapılacak sigma profiller 2.

Elastisite modülü (E) = 70.000 N/mm²

Dağınık yük miktarı (W_{yük})

Atalet momenti (I) = 8.26 cm⁴

Sigma profil uzunluğu (L) = 500 mm

Sigma profilin toplam yük = 884 N

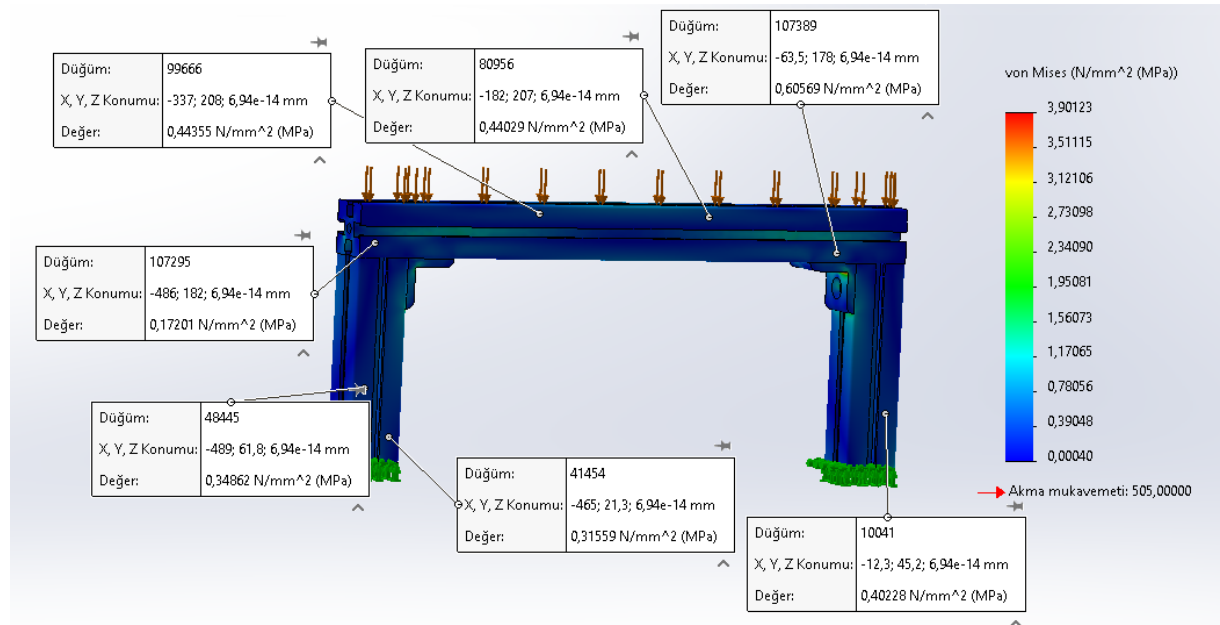
Bu yük 2 adet ayağa yaklaşık olarak eşit bölüneceği için 442 N olur.

$$W_{yük} = \frac{F}{L} = \frac{442 \text{ N}}{500 \text{ mm}} = 0.884 \text{ Pa} \quad (3.67)$$

$$f = \frac{W_{yük} \times L^4}{384 \times E \times I} = \frac{(0.884 \text{ Pa}) \times (500 \text{ mm})^4}{384 \times \left(70000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right) \times (8,26 \times 10^4 \text{ mm}^4)} = 0.025 \text{ mm} \quad (3.68)$$

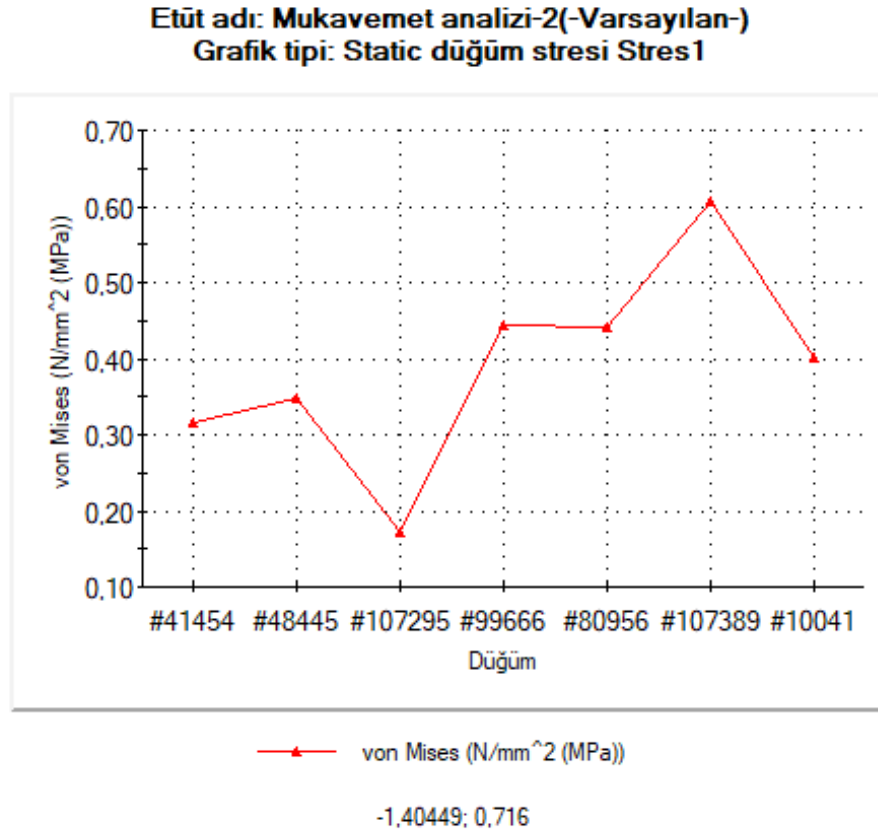
Solidworks analiz programı ile hesaplama:

Şekil 3.16 da Stres analizi gösterilmiştir.



Şekil 3.14 Stres analizi 2.

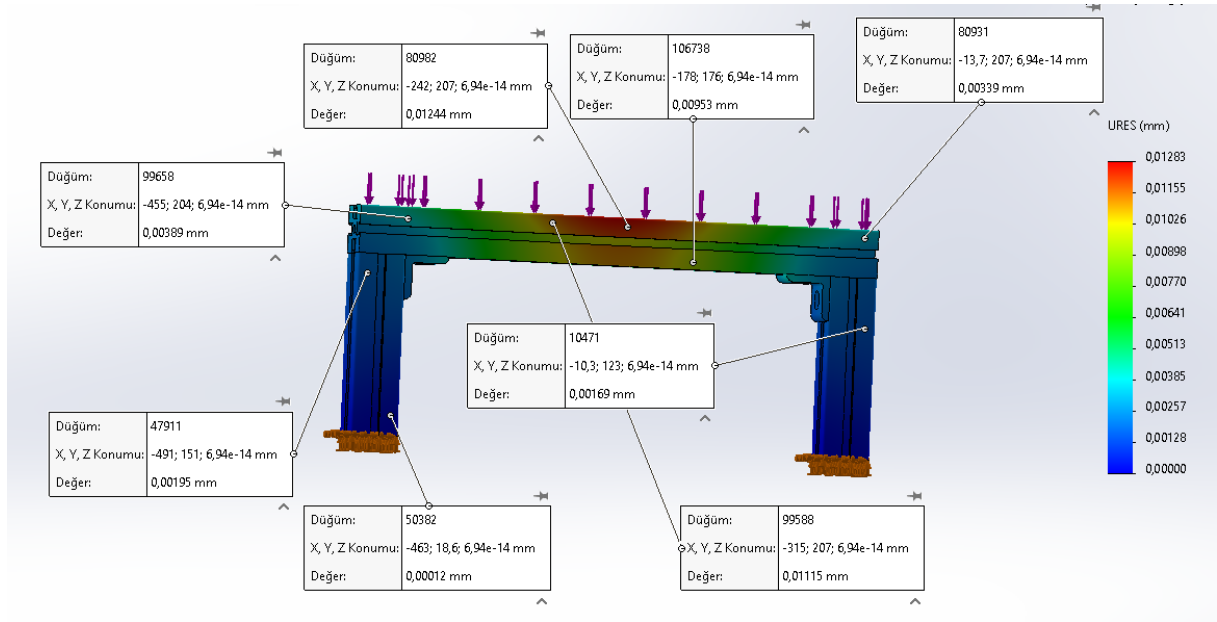
Şekil 3.17 de Stres analiz değerleri gösterilmiştir.



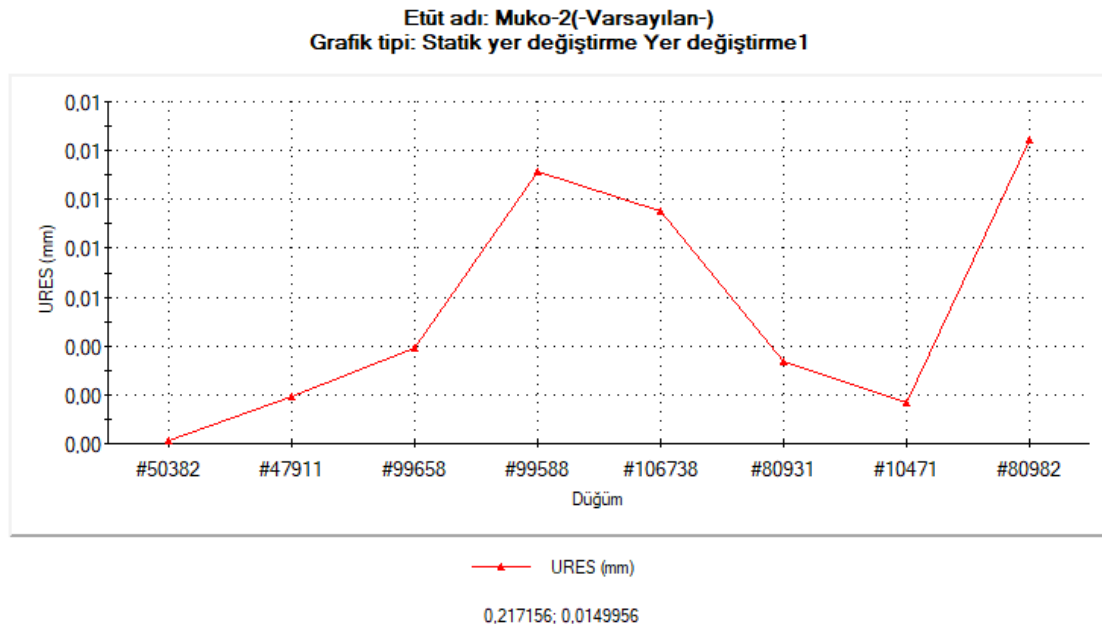
Şekil 3.15 Statik düğüm stres grafiği 2.

Şekil 3.16’da ki analiz sonucuna göre en fazla Von Misses gerilme değeri 3,9 MPa değerindedir. Bu gerilme renk dağılımına göre kritik seviyeye ulaşmadığı için güvenli seviyededir. Parça üzerindeki farklı noktalardaki gerilme değeri gösterilmiştir. Emniyet katsayısı 6,5 çıktığı için güvenli seviyededir.

$$\frac{\text{Solidworks programına göre maksimum gerilme}}{\text{Sistemdeki maksimum gerilme}} = \frac{3,9 \text{ MPa}}{0,6 \text{ MPa}} = 6,5 \quad (3.69)$$



Şekil 3.16 Yer değiştirme analizi 2.

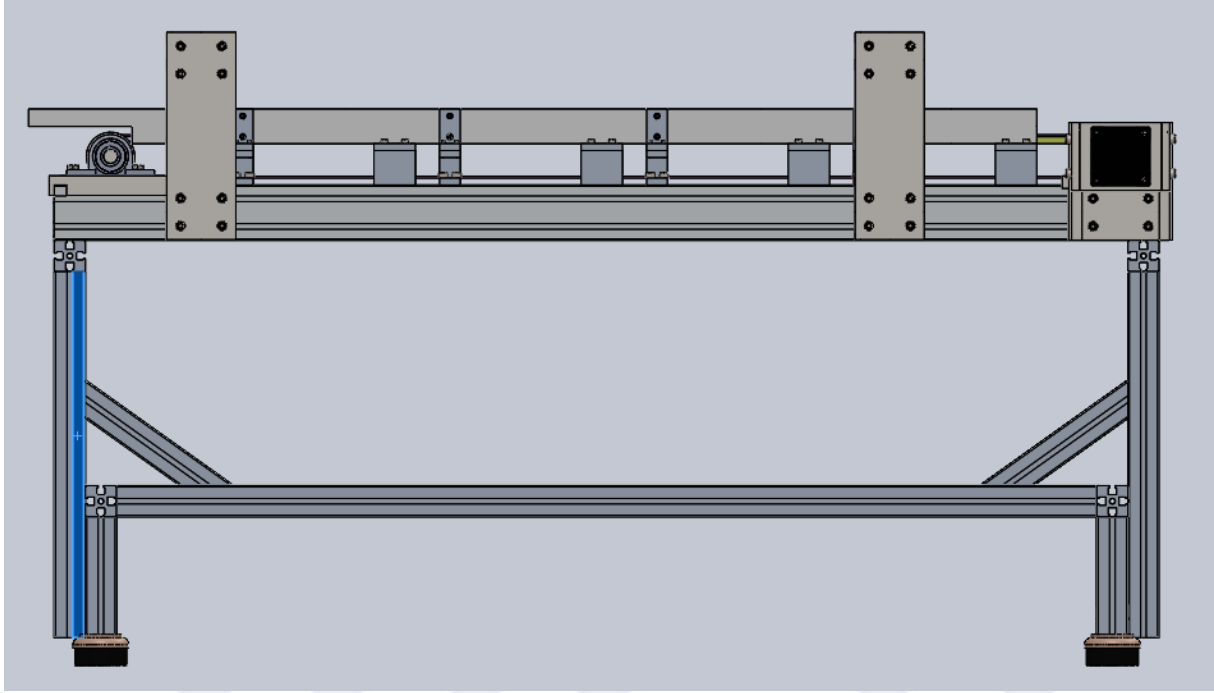


Şekil 3.17 Yer değiştirme grafiği 2.

Şekil 3.17 de maksimum sehim 0,013 mm değerindedir. Bu değer çok küçük olduğu için güvenli seviyededir. Denklem 3.68 de ki değer ise 0,025mm dir. Bu iki farklı değere göre sehim emniyetli seviyededir.

3.2.3 Mukavemet hesabı 3

Alt konveyör sigma profil ayaklarına yapılmıştır. Hesaplaması yapılan profiller 45x45 sigma profillerdir.



Şekil 3.18 Mukavemet hesabı yapılacak sigma profiller 3.

Elastisite modülü (E) = 70.000 N/mm²

Dağınmık yük miktarı ($W_{yük} = F/L$),

Atalet momentini (I) = 8.26 cm⁴

Sigma profil uzunluğu = 530 mm

Sigma profilin toplam yük = 870N

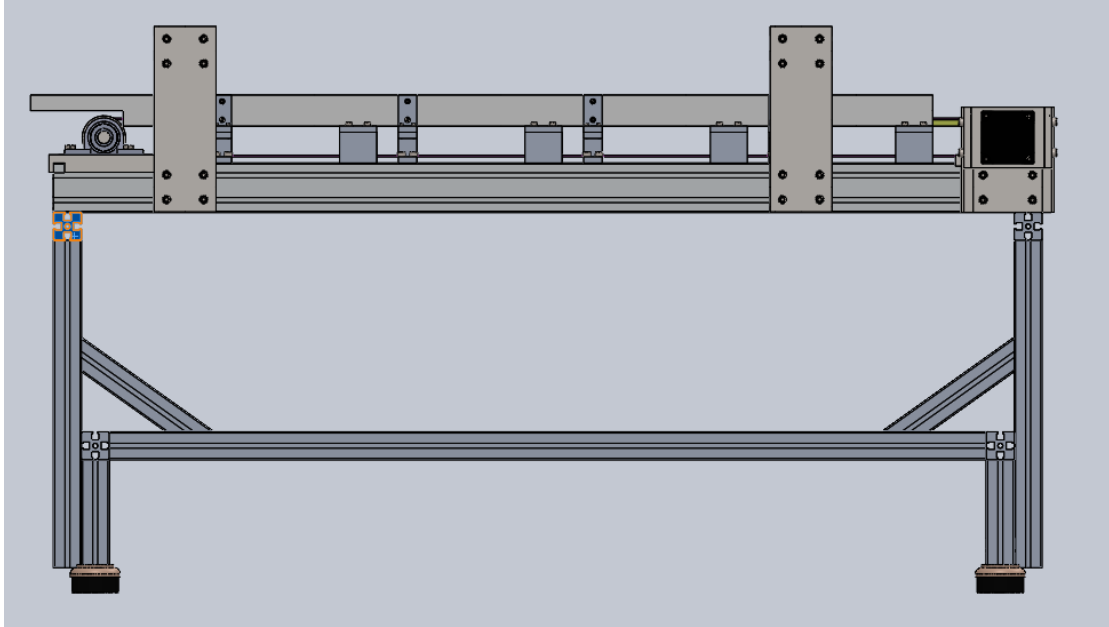
Bu yük 4 adet ayağa yaklaşık olarak eşit bölüneceği için 217.5 N olur.

$$W_{yük} = \frac{F}{L} = \frac{217.5 \text{ N}}{530 \text{ mm}} = 0.41 \text{ Pa} \quad (3.70)$$

$$f = \frac{5 * W_{yük} * L^4}{384 * E * I} = \frac{5 * (0.41 \text{ Pa}) * (530 \text{ mm}^4)}{384 * \left(70000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right) * (8,26 * 10^4 \text{ mm}^4)} = 0.73 \text{ mm} \quad (3.71)$$

3.2.4 Mukavemet hesabı 4

Alt konveyör sigma profil ayaklarına yapılmıştır. Hesaplaması yapılan profiller 45x45 sigma profillerdir.



Şekil 3.19 Mukavemet hesabı yapılacak sigma profiller 4.

Elastisite modülü (E) = 70.000 N/mm²

Dağınmık yük miktarı (W_{yük})

Atalet momentini (I) = 8.26 cm⁴

Sigma profil uzunluğu (L) = 310 mm

Sigma profilin toplam yük = 865 N

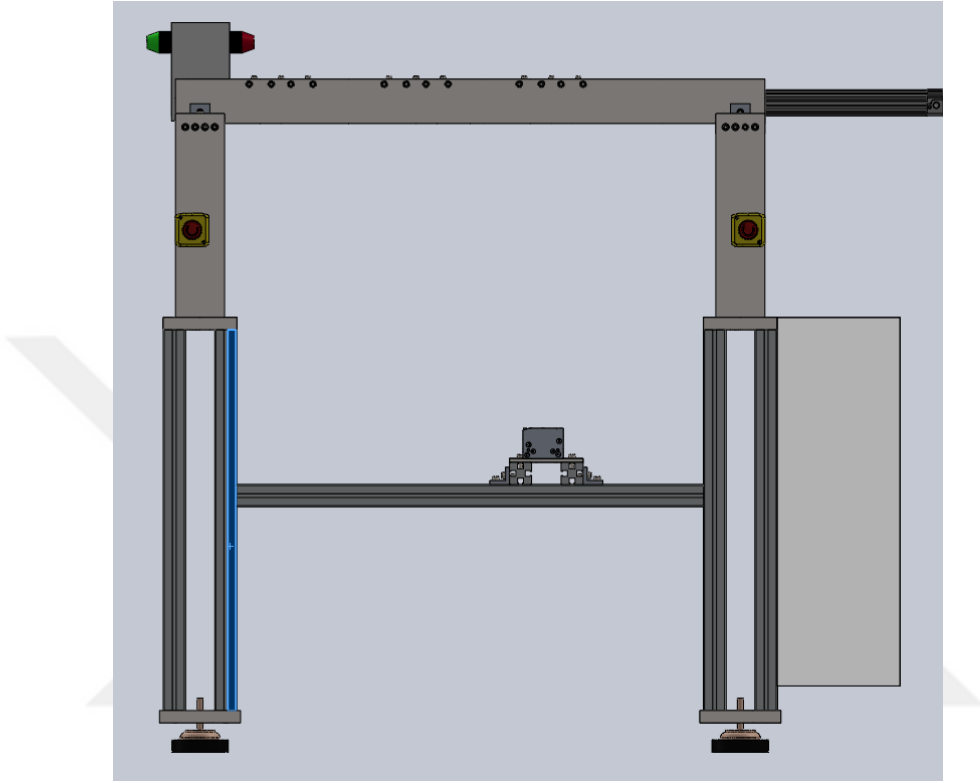
Bu yük 2 adet ayağa yaklaşık olarak eşit bölüneceği için 432.5 N olur.

$$W_{yük} = \frac{F}{L} = \frac{432.5 \text{ N}}{310 \text{ mm}} = 1.396 \text{ Pa} \quad (3.72)$$

$$f = \frac{5 * W_{yük} * L^4}{384 * E * I} = \frac{5 * (1.396 \text{ Pa}) * (310 \text{ mm})^4}{384 * \left(70000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right) * (8,26 * 10^4 \text{ mm}^4)} = 0.291 \text{ mm} \quad (3.73)$$

3.2.5 Mukavemet hesabı 5

Üst ve alt kızak sigma profil ayaklarına yapılmıştır. Hesaplaması yapılan profiller 45x45mm sigma profillerdir.



Şekil 3.20 Mukavemet hesabı yapılacak sigma profiller 5.

Elastisite modülü (E) = 70.000 N/mm²

Dağılık yük miktarı (W_{yük})

Atalet momenti = 8.26 cm⁴

Sigma profil uzunluğu (L) = 775 mm

Sigma profilin toplam yük = 985 N

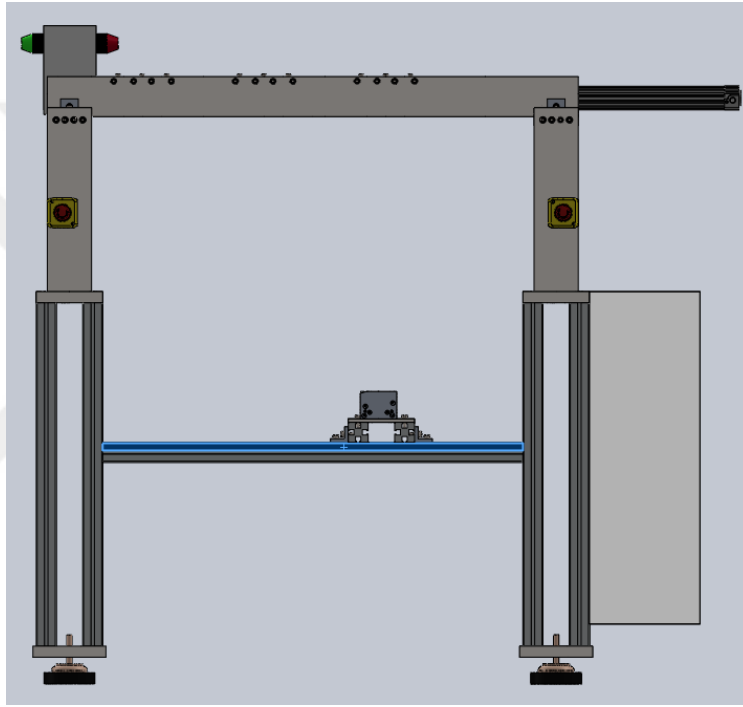
Bu yük 2 adet ayağa yaklaşık olarak eşit bölüneceği için 61.6 N olur.

$$W_{yük} = \frac{F}{L} = \frac{61.5 \text{ N}}{775 \text{ mm}} = 0.0794 \text{ Pa} \quad (3.74)$$

$$f = \frac{5 * W_{yük} * L^4}{384 * E * I} = \frac{5 * (0.0794 \text{ Pa}) * (775 \text{ mm})^4}{384 * \left(70000 \frac{N}{mm^2} \right) * (8,26 * 10^4 \text{ mm}^4)} = 0.065 \text{ mm} \quad (3.75)$$

3.2.6 Mukavemet hesabı 6

Üst ve alt kızak sigma profil ayaklarına yapılmıştır. Hesaplaması yapılan profiller 45*45mm sigma profillerdir.



Şekil 3.21 Mukavemet hesabı yapılacak sigma profiller 6.

E = Elastisite modülü (70.000 N/mm²),

W_{yük} = Dağılık yük miktarı (W_{yük} = F/L),

I = atalet momenti (8.26 cm⁴),

L = sigma profil uzunluğu (950 mm),

Sigma profilin toplam yük 55 N,

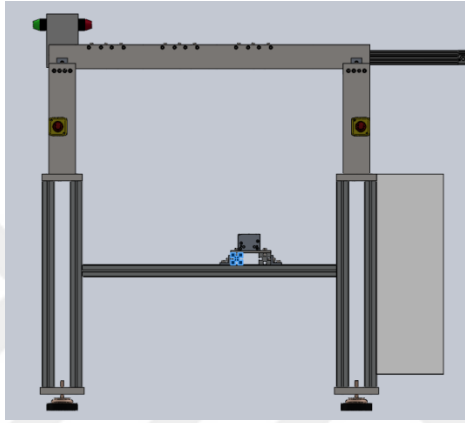
Bu yük 4 adet ayağa yaklaşık olarak eşit bölüneceği için; 13.8 N olur.

$$W_{yük} = \frac{F}{L} = \frac{13.8 \text{ N}}{950 \text{ mm}} = 0.015 \text{ Pa} \quad (3.76)$$

$$f = \frac{5 \times W_{yük} \times L^4}{384 \times E \times I} = \frac{5 \times (0.015 \text{ Pa}) \times (950 \text{ mm})^4}{384 \times (70000 \text{ N/mm}^2) \times (8.26 \times 10^4 \text{ mm}^4)} = 0.275 \text{ mm} \quad (3.77)$$

3.2.7 Mukavemet hesabı 7

Üst ve alt kızak sigma profil ayaklarına yapılmıştır. Hesaplaması yapılan profiller 45 x 45 mm sigma profillerdir.



Şekil 3.22 Mukavemet hesabı yapılacak sigma profiller 7.

Elastisite modülü (E) = 70.000 N/mm²

Dağılık yük miktarı (W_{yük})

Atalet momenti = 8.26 cm⁴

Sigma profil uzunluğu (L) = 790 mm

Sigma profilin toplam yük = 43 N

Bu yük 2 adet ayağa yaklaşık olarak eşit bölüneceği için; 21.5 N olur.

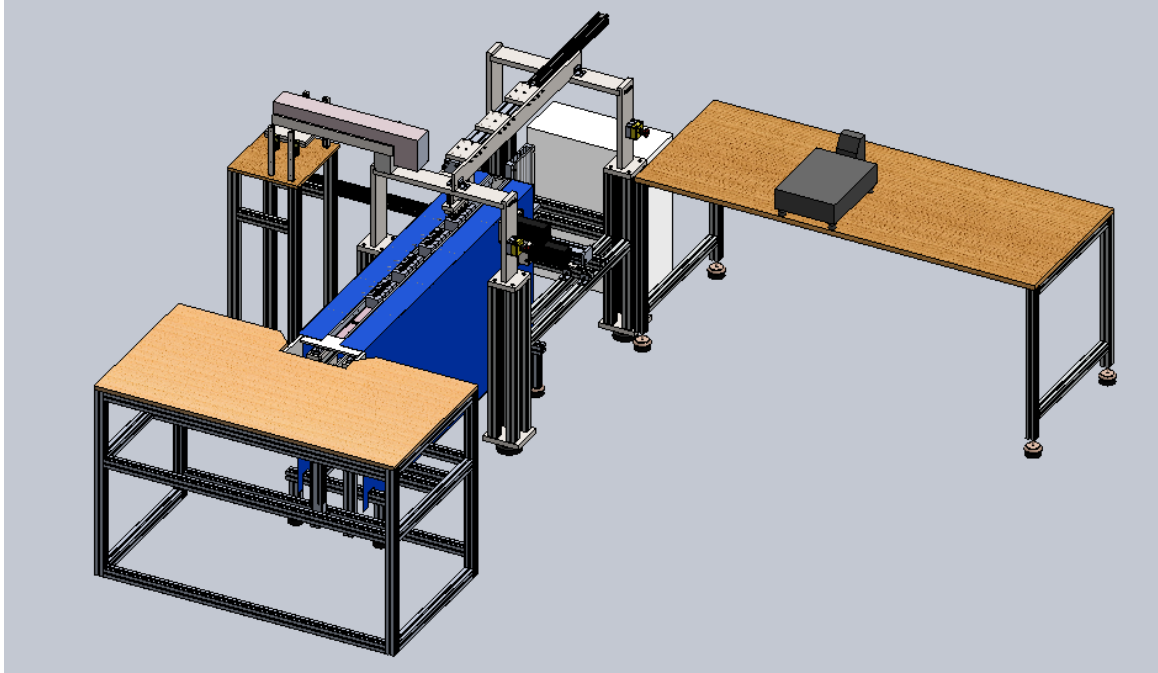
$$W_{yük} = \frac{F}{L} = \frac{21.5 \text{ N}}{790 \text{ mm}} = 0.028 \text{ Pa} \quad (3.78)$$

$$f = \frac{5 \times W_{yük} \times L^4}{384 \times E \times I} = \frac{5 \times (0.028 \text{ Pa}) \times (790 \text{ mm})^4}{384 \times 70000 \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right) \times (8.26 \times 10^4 \text{ mm}^4)} = 0.025 \text{ m} \quad (3.79)$$

BÖLÜM 4

SİSTEM TASARIMI

4.1 MEKATRONİK SİSTEMİ TASARIMI GENEL GÖRÜNÜMÜ



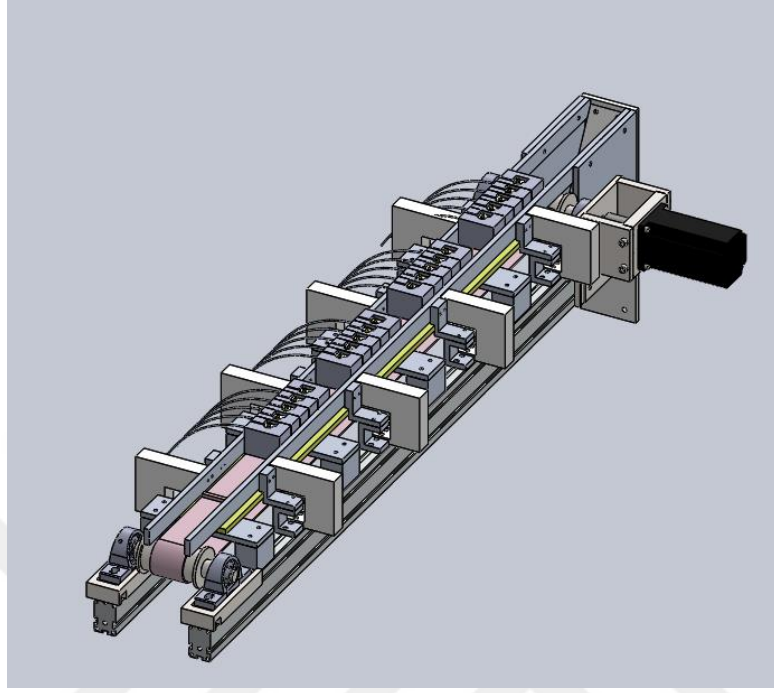
Şekil 4.1 Tasarımın genel montaj görünümü.

Şekil 4.1’de tasarımın genel montaj görünümü gösterilmiştir. Alt başlıklarda mekatronik sistemin tasarım adımları detaylıca anlatılmaktadır.

4.1.1 Üst Konveyör Montaj Tasarımı

Üst konveyör otomasyon projesinde fikstürlerin taşınıp belirli işlemleri yapılmasını sağlayan bölümdür. Üst konveyörde ürünler istasyonda durur ve dururken lazer markalama işlemi ve güvenlik mühürlerin taşıma işlemi yapılmaktadır.

Üst konveyör 4 adet UCP 204 Rulman, Nema 42 Step Motor, Bant, 45x45 Sigma Profil ve diğer mekanik parçalardan oluşmaktadır. Üst konveyör montajı Şekil 4.2’de gösterilmiştir.

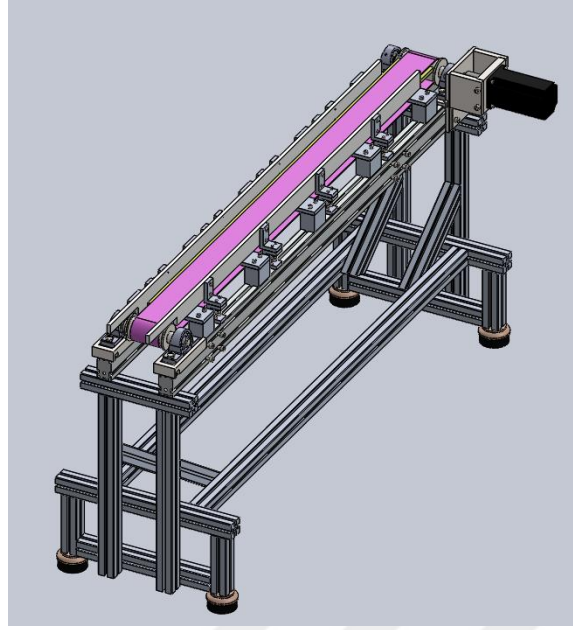


Şekil 4.2 Üst konveyör montajı.

4.1.2 Alt Konveyör Montaj Tasarımı

Alt konveyör işlemi biten fikstürleri tekrar işlemin başladığı yere götürmek amacıyla kullanılmaktadır.

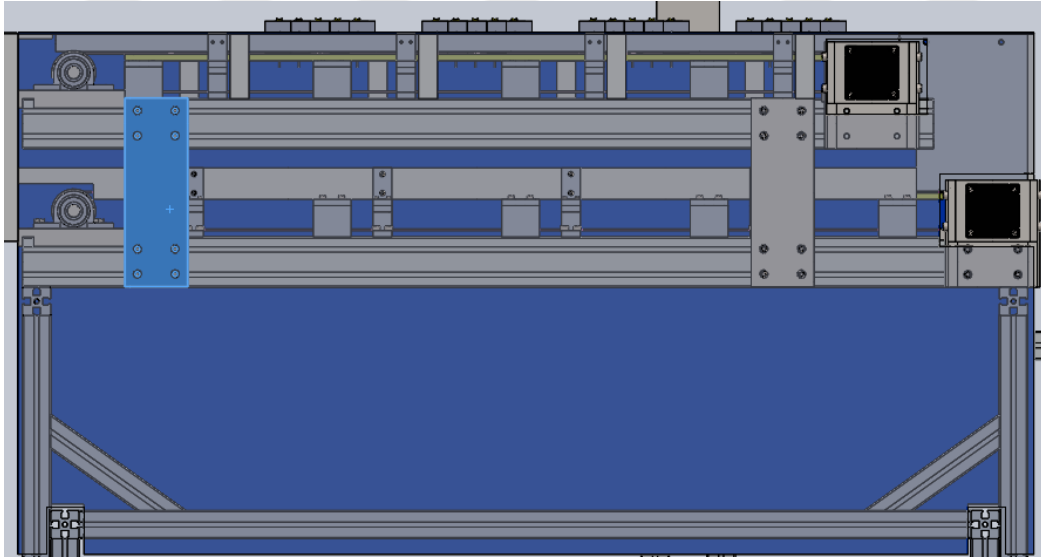
Üst konveyör 4 adet UCP 204 Rulman, Nema 42 Step Motor, Bant, 45*45 Sigma Profil ve diğer mekanik parçalardan oluşmaktadır. Alt konveyör montajı Şekil 5.3’te gösterilmiştir.



Şekil 4.3 Alt konveyör montajı.

4.1.3 Alt ve Üst Konveyör Montaj Tasarımı

Bu mekatronik sistem projesinde alt ve üst konveyör bağlantıları Şekil 4.4’te gösterilmiştir.

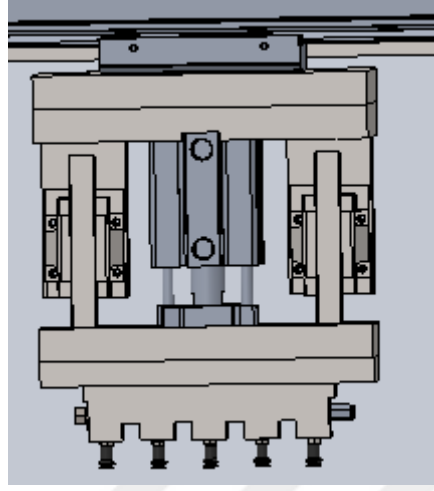


Şekil 4.4 Alt ve üst konveyör bağlantıları.

4.1.4 Ürün Taşıma Pnömatik Piston Montaj Tasarımı

Üst konveyörde işlem sonrası gelen ürünler pnömatik piston ve vantuzlar vasıtasıyla yukarı kaldırılır. Hedeflenen yere üst kızak sistemi ile ulaşır. Hedeflenen kısma ulaştığı zaman

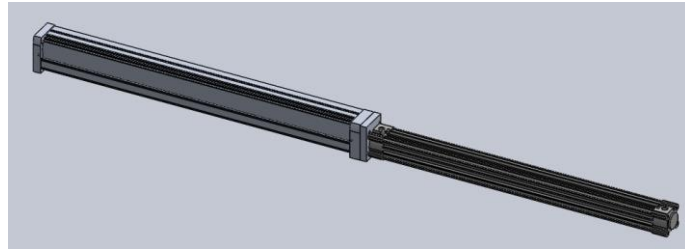
ürünler pnömatik piston ve vantuz vasıtasıyla ulaşması gereken alana bırakılır. Ürün taşıma pnömatik piston montajı Şekil 4.5’te gösterilmiştir.



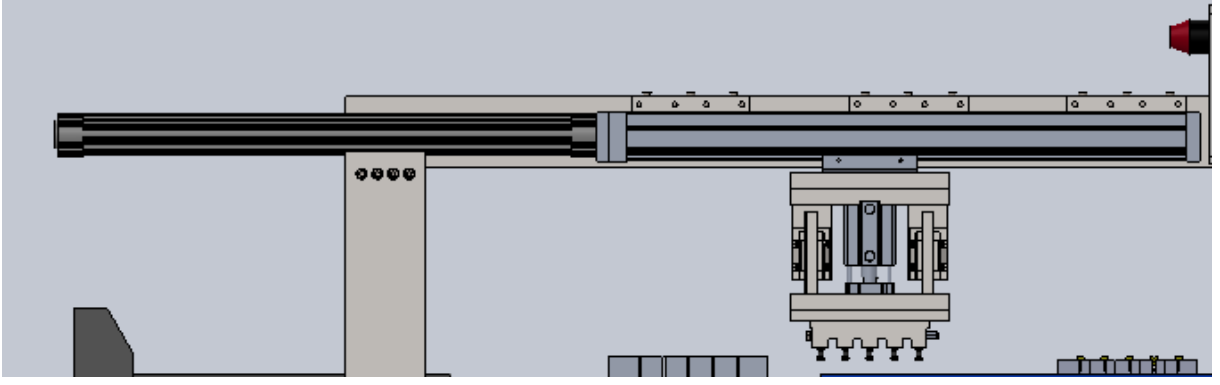
Şekil 4.5 Ürün taşıma pnömatik piston montajı.

4.1.5 Pnömatik Piston ve Üst Kızak Montaj Tasarımı

Otomasyon projesinde üst kızak sistemi ürün taşıma pnömatik pistonunun aldığı ürünlerin üst kızak pnömatik piston vasıtasıyla hedeflenen yere ulaştırılmasını sağlar. Üst kızak sistemi Festo marka kızak ve SMC marka pnömatik pistondan oluşmaktadır. Üst kızak sistemi Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’de gösterilmiştir.



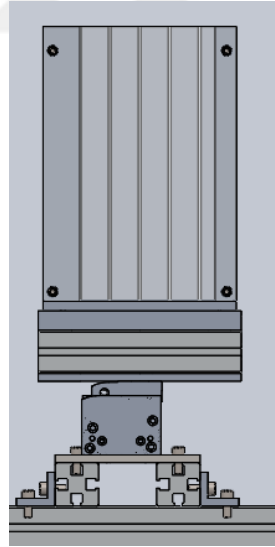
Şekil 4.6 Üst kızak sistemi.



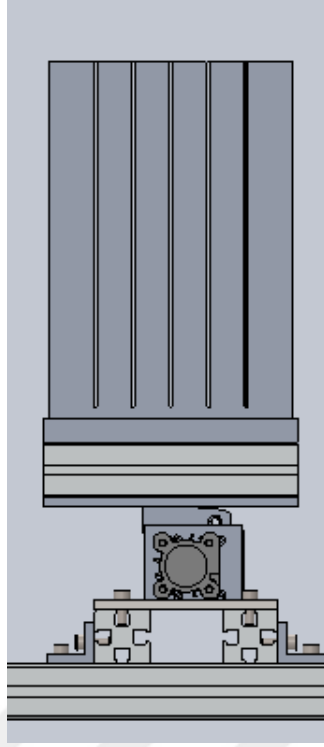
Şekil 4.7 Üst kızak sistemi montajı.

4.1.6 Alt Kızak Sistemi Montaj Tasarımı

Otomasyon sisteminde alt kızak sisteminde güvenlik ürünleri 50'li ya da 100'lü olarak birikmektedir. Hedeflenen ürün bilgisine ulaşıldığı zaman ürünler otomatik olarak alt kızak pnömatik pistonu sayesinde ileriye doğru hareket ettirilmektedir. Hareket ettikten sonra ürünler operatör tarafından el ile alınarak paketleme yapılmaktadır. Şekil 5.8 ve Şekil 5.9'da alt kızak sistemi bağlantısı gösterilmiştir.



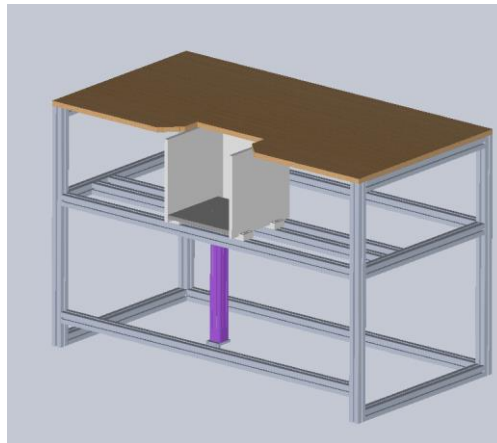
Şekil 4.8 Alt kızak sistemi bağlantısı görünüşü 1.



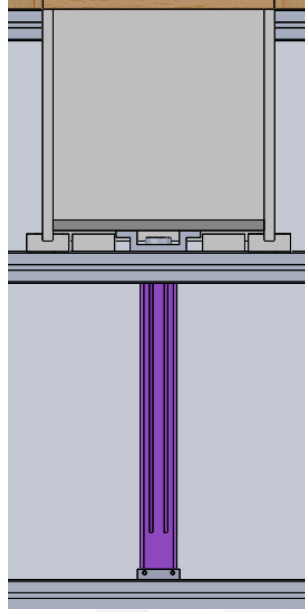
Şekil 4.9 Alt kızak bağlantısı görünüşü 2.

4.1.7 Fikstür Taşıma Pnömatik Piston Montaj Tasarımı

Fikstür taşıma pnömatik pistonu işlemi biten fikstürleri yukarı kaldırmaya yarayan sistemdir. Şekil 4.10’da sistemin katı modeli ve Şekil 4.11’de sistemin katı modelinin ön görünümü verilmektedir.



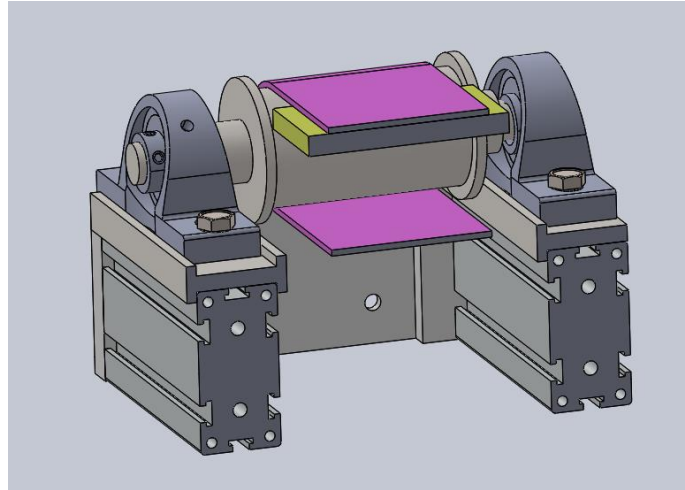
Şekil 4.10 Sistemin katı modeli.



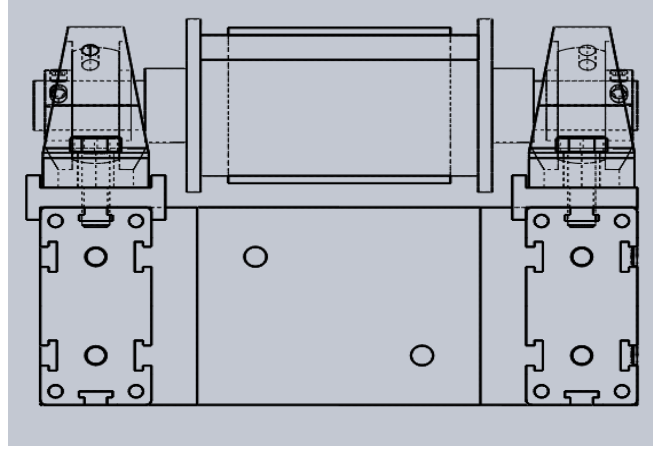
Şekil 4.11 Sistemin katı modelinin ön görünüşü.

4.1.8 Rulman Bağlantı Parçası Montaj Tasarımı

Üst ve alt konveyörlerde toplam 8 adet UCP 204 Rulman bulunmaktadır. Otomasyon sisteminde kesit görünümünde ortaya çıkan rulman montajı Şekil 4.12’de gösterilmiştir. Şekil 4.13’te de Rulman bağlantı parçası gösterilmektedir.



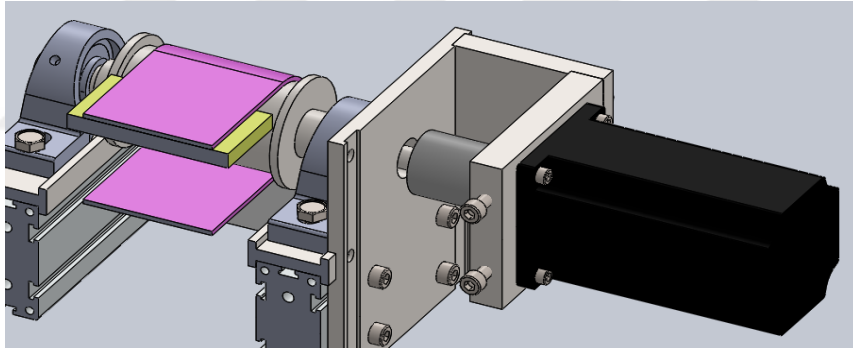
Şekil 4.12 Rulman bağlantı sistemi.



Şekil 4.13 Rulman bağlantı parçası

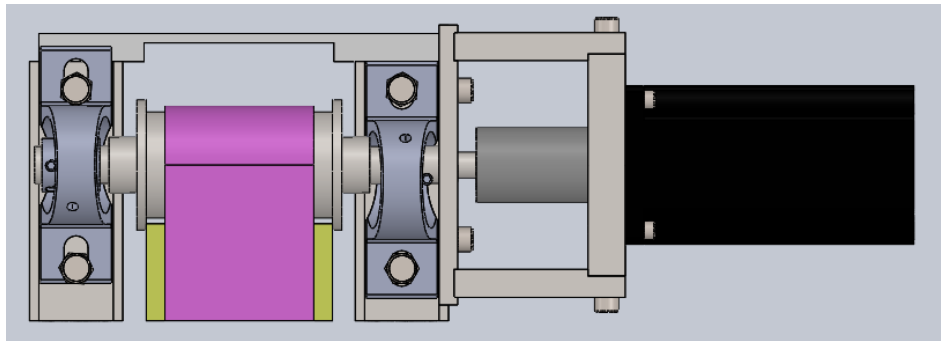
4.1.9 Step Motor Montaj Tasarımı

Step motor bağlantı bölümü UCP 204 Rulman ve Kaplinden oluşmaktadır. Şekil 4.14’te bağlantı kısımları gösterilmiştir.

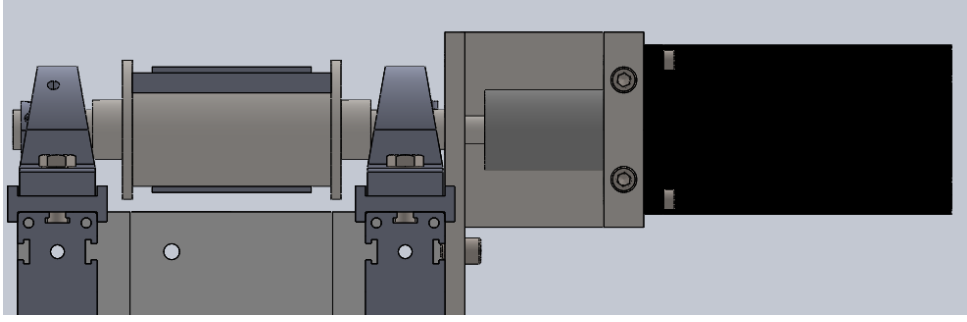


Şekil 4.14 Step motor bağlantısının izometrik görünüşü.

Şekil 4.1 ve Şekil 4.16’da Step Motor bağlantısının farklı görünüşleri gösterilmektedir.



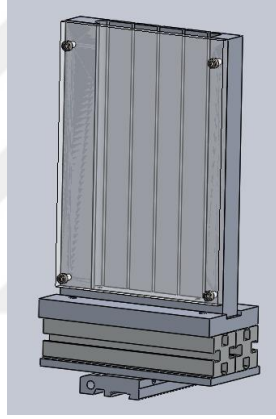
Şekil 4.15 Step motor bağlantısı üst görünüşü.



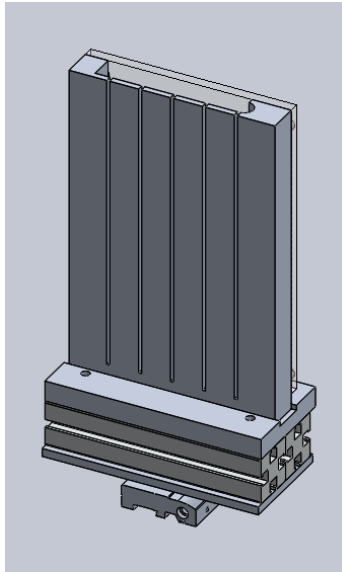
Şekil 4.16 Step motor bağlantısı yan görünüşü.

4.1.10 Güvenlik Mührü Toplama Haznesi Montaj Tasarımı

Şekil 4.17 ve Şekil 4.18’de Güvenlik Mührü toplama haznesi gösterilmektedir.



Şekil 4.17 Güvenlik mühürleri toplama haznesi görünüş 1.



Şekil 4.18 Güvenlik mühürleri toplama haznesi görünüş 2.

4.2 OTOMASYON YAZILIMI

Yazılım için 4 farklı Atmega 2560 mikroişlemci kullanılmıştır. Her bölümün kontrolü farklı bir Atmega 2560 mikroişlemci ile yapılmıştır. Bu yazılımlar ekte sunulmuştur. (EK A, EK B, EK B, EK D)

4.3 ELEKTRONİK DEVRE ŞEMALARI

Bu bölümde Elektronik devre şemaları sunulmaktadır.

4 farklı mikroişlemci için ayrı ayrı devre şemaları çizilmiştir. Bu şemalara ekte erişebilirsiniz. (EK E, EK F, EK G, EK H)

Sensörler vb. ekipmanlar 24 V ile çalışmaktadır. Bu sensörleri mikroişlemci ile kontrol edebilmemiz için 5V a düşürmemiz gerekmektedir. Bunun için voltaj düşürücü devresi tasarlanmıştır. Bu voltaj düşürücü devresi ekte sunulmaktadır (EK I)

Atmega 2560 için özel baskı devre kartı tasarımı yapılmıştır. Bu karttaki amaç kablo bağlantıları için pratik kazanmak ve voltaj sinyalinin doğru bir şekilde alabilmektir. Bu kart ile Atmega 2560 endüstriyel otomasyon sistemine uygun olarak kullanabilmektedir. Bu kart tasarım ve kart ekte sunulmaktadır (EK İ, EK J, EK K).

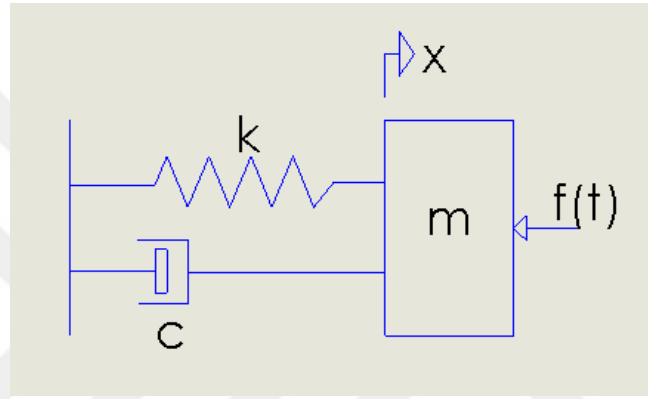
4.3.1 Pnömatik Devre Şeması

Projede kullanılan pnömatik ekipmanlar için devre şeması çizilmiştir. Bu şema ekte sunulmaktadır (EK L).

BÖLÜM 5

MATEMATİKSEL MODEL

5.1 TİTREŞİM MODELİ



Şekil 5.1 Titreşim Modeli.

Şekil 5.1’de sistemin titreşim modelinin şematik gösterimi verilmektedir. Titreşim modelinde kuvvet denklem 5.1’deki ikinci dereceden diferansiyel denklem ile ifade edilir.

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = f(t) \quad (5.1)$$

f: Uygulanan dış kuvvet

Titreşim modelinde dış kuvvet durumları dörde ayrılmaktadır:

- Harmonik
- Harmonik olmayan
- Periyodik
- Periyodik Olmayan

Harmonik Durum:

Harmonik durumda titreşim modeli denklem 5.2’de görüldüğü gibi ifade edilmektedir.

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = f_0 \sin wt \quad (5.2)$$

$$\ddot{x} + \frac{c}{m} \dot{x} + \frac{k}{m} x = \left(\frac{f_0}{m}\right) \sin wt \quad (5.3)$$

$$\ddot{x} + 2\mu\dot{x}w_n + w_n^2 x = \left(\frac{f_0}{m}\right) \sin wt \quad (5.4)$$

Denklem 5.2 ve denklem 5.3’ten denklem 5.4 elde edilir.

w : Sürüş frekansı (Harici yükleme frekansı)

w_n : Normal frekans

Denklem 5.5’te görüldüğü üzere sürüş frekansının normal frekansa eşit olması durumunda ($w = w_n$) rezonans meydana gelir. Eğer sürüş frekansı normal frekansa eşit değil ise denklem 6.5 ifade edilir.

Eğer $W = W_n$ Resonance happens

$$W \neq W_n$$

$$\ddot{x} + 2\mu\dot{x}W_n + W_n^2 x = \frac{1}{y} \sin wt \quad (5.5)$$

Denklem 5.5’teki denklem 5.6’da görüldüğü gibi ifade edilmektedir.

$$x = \frac{m}{f_0} \quad (5.6)$$

Denklem 5.5'ten ikinci dereceden denklem 5.7 elde edilir.

$$y\ddot{x} + 2\mu w_n y\dot{x} + xyW_n^2 = \sin wt \quad (5.7)$$

Denklem 5.7'deki ikinci dereceden denklem çözümlenirse;

$x_{homojen}$ çözüm: x_h

$x_{özel}$ çözüm: x_p

$$x_{(t)} = x_h + x_p \quad (5.8)$$

Denklem 5.8'deki x_h denklem 5.9'da ifade edilmiştir.

$$x_h \rightarrow \ddot{x} + 2\mu w_n \dot{x} + w_n^2 x = 0 \quad (5.9)$$

Denklem 5.8'deki x_p ise denklem 5.10 ve denklem 5.11'de görüldüğü gibi ifade edilir.

$$x_p = M \sin wt + N \cos wt \quad (5.10)$$

Denklem 5.10'daki denklemin türevi alınırsa denklem 5.11 elde edilir.

$$\dot{x}_p = Mw \cos wt - Nw \sin wt \quad (5.11)$$

Tekrar türev alma işlemi gerçekleştirilse denklem 5.11'den denklem 5.12 elde edilir.

$$\ddot{x}_p = -Mw^2 \sin wt - Nw^2 \cos wt \quad (5.12)$$

Denklem 5.7'den denklem 5.13 elde edilir.

$$Y(-Mw^2 \sin wt - Nw^2 \cos wt) + 2\mu W_n Y(Mw \cos wt - Nw \sin wt) + W_n^2 (M \sin wt + N \cos wt) = \sin wt \quad (5.13)$$

Denklem 5.13'teki N yalnız bırakılırsa denklem 5.14 elde edilir.

$$N = \frac{-2\mu W_n W}{Y[(W_n^2 - W^2) + (2\mu W_n W)^2]} \quad (5.14)$$

Denklem 5.14'teki N denklem 5.13'te yerine koyulur ve M yalnız bırakılırsa denklem 5.15 elde edilir.

$$M = \frac{W_n^2 - W^2}{Y[(W_n^2 - W^2)^2 + 2\mu W_n W]} \quad (5.15)$$

Bu durumda özel çözüm denklem 5.16'da verilmektedir.

$$X_p = \frac{(W_n^2 - W^2)(\frac{F_0}{m})}{[(W_n^2 - W^2)^2 + (2\mu W_n W)^2]} \sin wt + \frac{(-2\mu W_n W)(\frac{F_0}{m})}{[(W_n^2 - W^2)^2 + (2\mu W_n W)^2]} \cos wt \quad (5.16)$$

$$\eta = \frac{W}{W_n} \quad (5.17)$$

Denklem 5.16 ve denklem 5.17'den denklem 5.18 elde edilir.

$$X_p = \frac{(1 - \eta^2)(\frac{F_0}{k})}{[(1 - \eta^2)^2 + (2\mu\eta)^2]} \sin wt + \frac{(-2\mu\eta)(\frac{F_0}{k})}{[(1 - \eta^2)^2 + (2\mu\eta)^2]} \cos wt \quad (5.18)$$

Denklem 5.8'deki $x(t) = x_h + x_p$ denkleminde denklem 5.20 ve denklem 5.21 elde edilir.

$$\text{Eğer } 0 < \mu < 1 \quad X_h = e^{-\mu W_n t} \left(X_0 \cos w_d t + \left(\frac{\dot{x}_0 + \mu W_n x_0}{w_d} \right) \sin w_d t \right) \quad (5.20)$$

$$\mu = 1 \quad X_h = e^{-\mu W_n t} (X_0 (1 + w_n t) + \dot{x}_0 t)$$

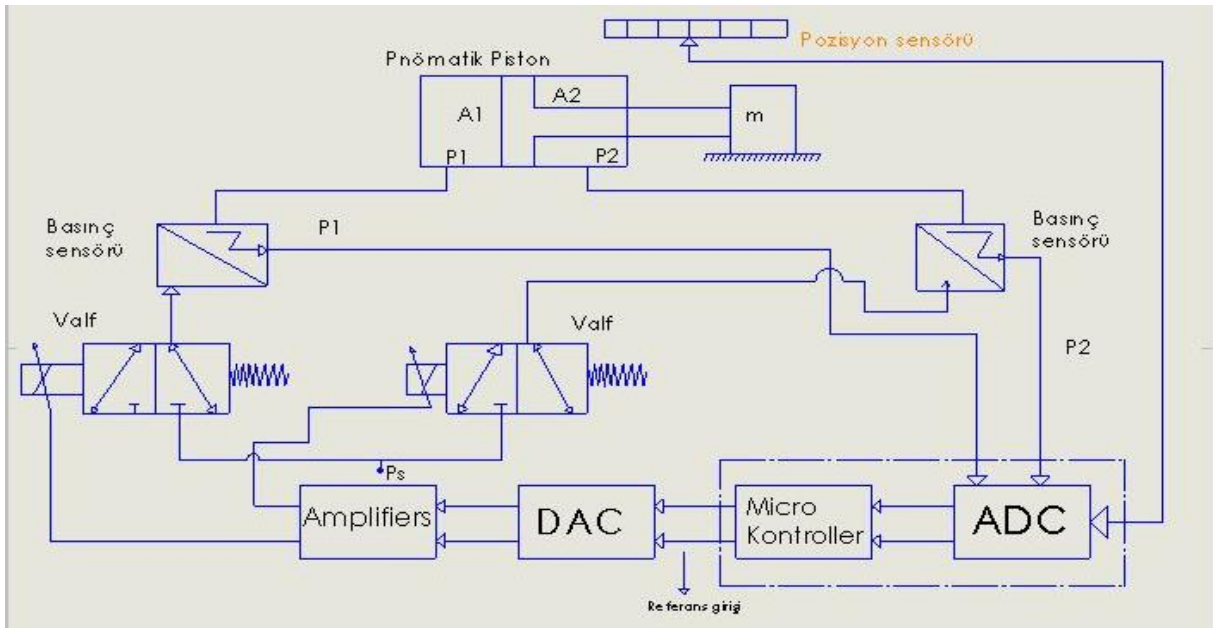
$$\text{Eğer } \mu > 1 \quad X_h = e^{-\mu W_n t} \left(X_0 \cosh(w_n t) + \frac{\dot{x}_0 + \mu W_n x_0}{W_n} \mu = 0.02 \right) \quad (5.21)$$

$$\eta = 0.02 \text{ (Sönümlenmiş)}$$

Böylece sonuç olarak denklem 5.1'deki x değişkeni için denklem 5.22 elde edilir.

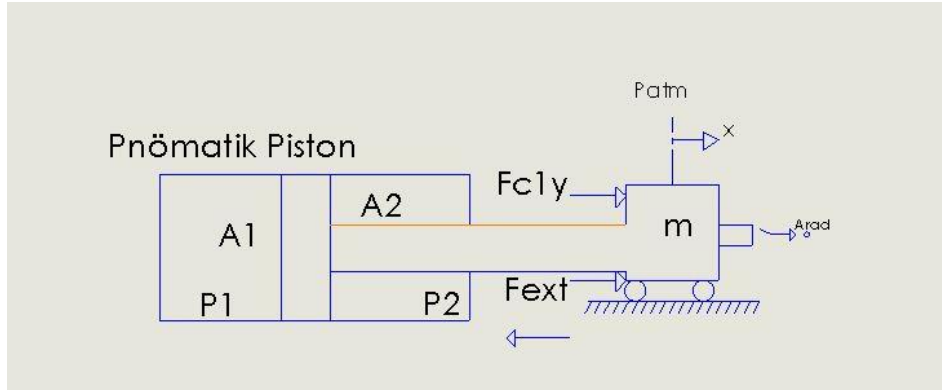
$$\begin{aligned} \therefore x = e^{-\mu W_n t} \left[x_0 \cos w_d t + \left(\frac{\dot{x}_0 + \mu W_n x_0}{w_d} \right) \sin w_d t \right] + \left\{ \frac{(1 - \eta^2) \left(\frac{F_0}{k} \right)}{[(1 - \eta^2)^2 + (2\mu\eta)^2]} \sin w t \right. \\ \left. + \frac{(-2\mu\eta) \left(\frac{F_0}{k} \right)}{[(1 - \eta^2)^2 + (2\mu\eta)^2]} \cos w t \right\} \end{aligned} \quad (5.22)$$

5.2 PİSTON DİNAMİK MODELİ



Şekil 5.2 Kontrol Sistemi.

Şekil 5.2’de pnömatik piston kontrol sisteminin şematik gösterimi sunulmaktadır.



Şekil 5.3 Piston dinamik modeli.

Şekil 5.3’te piston dinamik modelinin şematik gösterimi sunulmaktadır.

Şekil 5.3’te net kuvvetin matematiksel olarak ifadesi denklem 5.23’e verilmektedir.

$$F_{net} = F_{cy1} - F_f + F_{ext} = m\ddot{x} \quad (5.23)$$

F_{net} : Net kuvvet

F_{cy1} : Pnömatik kuvvet

F_f : Sürtünme kuvveti

F_{ext} : Dış kuvvet

Denklem 5.23’teki pnömatik kuvvet Denklem 5.24’te verilmektedir.

$$F_{cy1} = P_1 A_1 - P_2 A_2 - P_{atm} A_{rad} \quad (5.24)$$

P_{atm} : Atmosfer basıncı

$$F_f = F_c + B\dot{x} = \mu F_n + B\dot{x} \quad (5.25)$$

B : Viskoz sürtünme katsayısı.

F_c : Coulomb vizkoz Sürtünme kuvveti

$$F_c = \mu F_n \quad (5.26)$$

Denklem 5.25'te sürtünme kuvvetinin denklemi verilmektedir.

m : Toplam kuvvet ($Piston + Piston Rad + Yük$)

Böylece piston dinamik modeli denklem 5.23'ten denklem 5.27 olarak elde edilir.

$$(P_1 A_1 - P_2 A_2 - P_{atm} A_{rad}) - (\mu F_n + B \dot{X}) + (F_{ext}) = m \ddot{x} \quad (5.27)$$

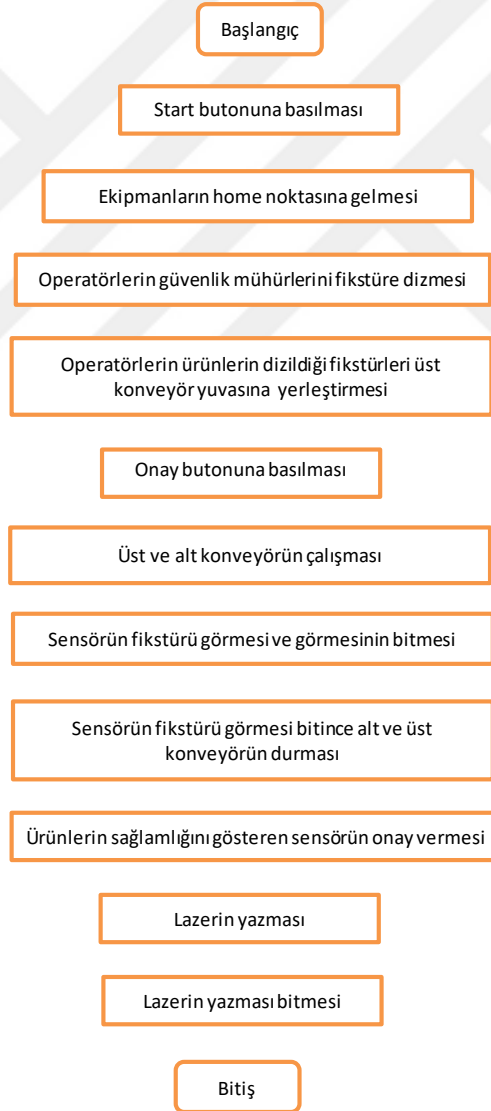


BÖLÜM 6

MATERYAL METOD

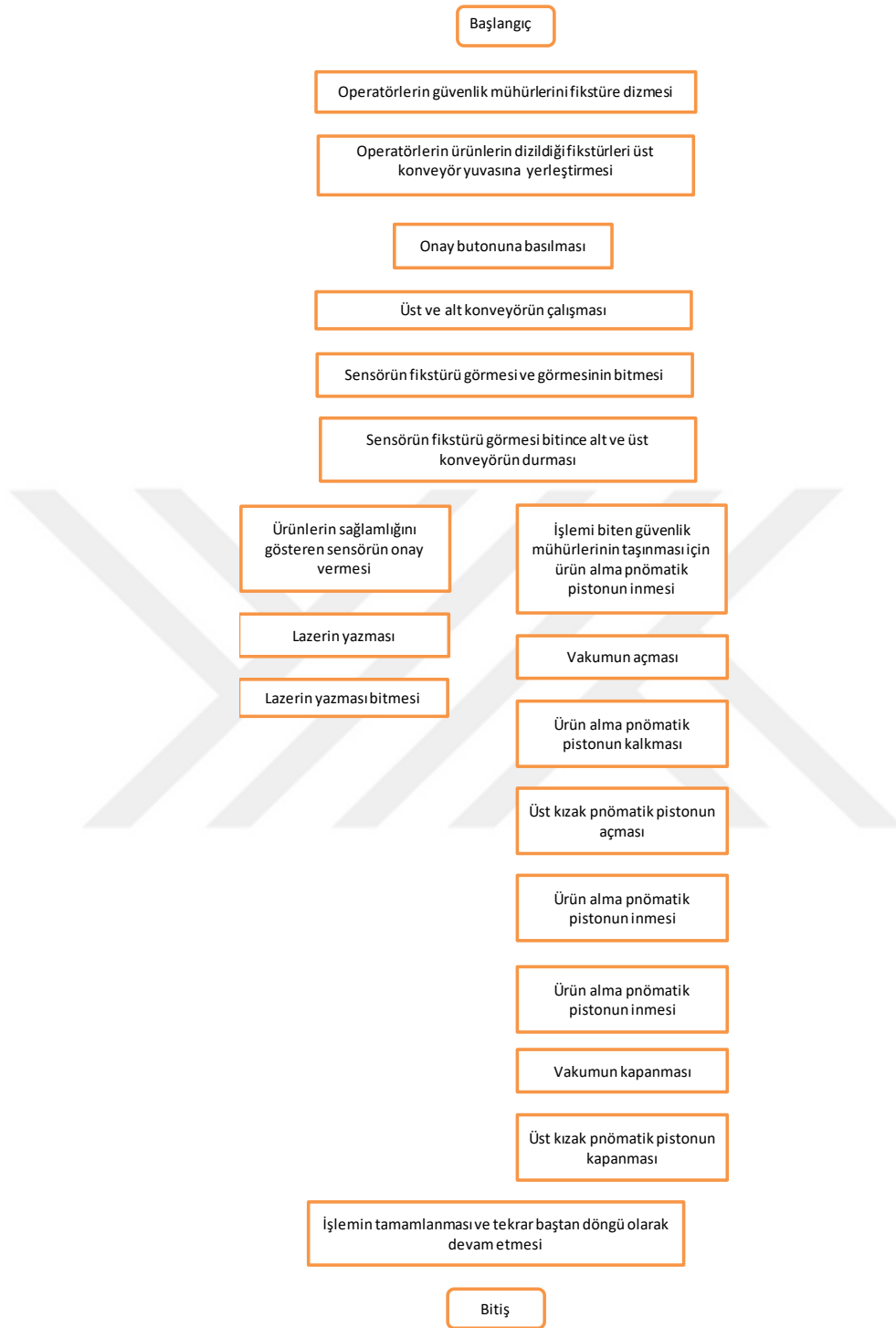
6.1 MEKATRONİK SİSTEMİNİN İŞ AKIŞI

Şekil 6.1’de mekatronik sisteminin başlangıç çalışma döngüsü verilmiştir.



Şekil 6.1 İş akış şeması 1.

Şekil 6.2’de mekatronik sisteminin seri üretim çalışma döngüsü verilmektedir.



Şekil 6.2 İş Akış Şeması 2.

6.2 KULLANILAN MALZEMELER VE EKİPMANLAR

6.2.1 Makinede Giriş ve Çıkışlar

Çizelge 6.1’de Makine Kullanılan giriş ve çıkış malzemeleri verilmiştir.

Çizelge 6.1 Makinede kullanılan giriş ve çıkışlar.

OTOMASYON INPUT/OUTPUT				
No	Malzeme adı	I/O	Yazılım kodu	Açıklama
1	Step motor	O*3	Üst step motor	Üst konveyörü hareket ettirmek için kullanılır.
2	Step motor	O*3	Alt step motor	Alt konveyörü hareket ettirmek için kullanılır.
3	Pnömatik piston	O	Üst kızak pnömatik piston/valf	Üst kazağı hareket ettirmek için kullanılır.
4	Pnömatik piston	O	Alt kızak pnömatik piston/valf	Alt kazağı hareket ettirmek için kullanılır.
5	Pnömatik piston	O	Ürün alma pnömatik piston/valf	Ürünü alması ve bırakması için kullanılır.
6	Pnömatik piston	O	Fikstür bırakma pnömatik piston/valf	İşlemi biten fikstürleri kaldırmak için kullanılır.
7	Vakum üretici	O	Vakum üretici	Ürünler tutmak için kullanılır.
8	Fotosel sensör	I	Fotosel sensör-1	1.ürünün var yok kontrolü için kullanılır.
9	Fotosel sensör	I	Fotosel sensör-2	2.ürünün var yok kontrolü için kullanılır.
10	Fotosel sensör	I	Fotosel sensör-3	3.ürünün var yok kontrolü için kullanılır.
11	Fotosel sensör	I	Fotosel sensör-4	4.ürünün var yok kontrolü için kullanılır.
12	Fotosel sensör	I	Fotosel sensör-5	5.ürünün var yok kontrolü için kullanılır.
13	Endüktif sensör	I	Üst konveyör sensör	Üst konveyörde fikstürlerin gelme durumu kontrol eder.
14	Endüktif sensör	I	Üst kızak konum-1 sensör	Üst kazağın ilerlemesini kontrol eder.
15	Endüktif sensör	I	Üst kızak konum-2 sensör	Üst kazağın ilerlemesini kontrol eder.
16	Endüktif sensör	I	Üst kızak piston hareket takip sensör	Üst kızak pistonun gelme durumunu kontrol eder.
17	Endüktif sensör	I	Alt kızak konum-1 sensör	Alt kazağın ilerlemesini kontrol eder.
18	Endüktif sensör	I	Alt kızak konum-2 sensör	Alt kazağın ilerlemesini kontrol eder.
19	Endüktif sensör	I	Alt kızak piston konum sensör	Alt kızak pistonun gelme durumunu kontrol eder.
20	Manyetik sensör	I	Üst kızak piston konum sensör-1	Üst kızak pistonun konumunu kontrol eder.
21	Manyetik sensör	I	Üst kızak piston konum sensör-2	Üst kızak pistonun konumunu kontrol eder.
22	Manyetik sensör	I	Alt kızak piston konum sensör-1	Alt kızak pistonun konumunu kontrol eder.
23	Manyetik sensör	I	Alt kızak piston konum sensör-2	Alt kızak pistonun konumunu kontrol eder.
24	Manyetik sensör	I	Ürün alma piston konum-1	Ürünü alan pistonun konumunu kontrol eder.
25	Manyetik sensör	I	Ürün alma piston konum-2	Ürünü alan pistonun konumunu kontrol eder.
26	Buton	I	Start butonu	Otomasyonu başlatmak için kullanılır.
27	Buton	I	Stop butonu	Otomasyonu durdurmak için kullanılır.
28	Buton	I	Ürün alma onay butonu	Alt kazağı tekrar döngüye geçirmek için kullanılır.
29	Buton	I	Fikstür alma onay butonu	Fikstürleri almak için kullanılır.
30	Buton	I	Acil stop butonu	Otomasyonu durdurmak için kullanılır.

6.2.2 Makinede Kullanılan Mekanik Ekipmanlar

Çizelge 6.2’de alt konveyör mekanik malzeme listesi verilmiştir.

Çizelge 6.2 Alt konveyör mekanik malzeme listesi.

Alt konveyör mekanik malzeme özellikleri					
No	Malzeme Cinsi	Malzeme Ölçüleri	Adet	Adet gramı	Toplam gram
1	Makine titreşim tampon ayağı	M10*75mm ayak	4	500	2000
2	Sigma profil	45*45*170mm	4	30	120
3	Sigma profil	45*45*500mm	2	80	160
4	Sigma profil	45*45*380mm	2	70	140
5	Sigma profil	45*45*1420mm	2	230	460
6	Sigma profil	45*45*530 mm	4	90	360
7	Sigma profil	45*45*310 mm	2	50	100
8	Sigma profil	80*40*1600mm	2	800	1600
9	Sigma profil	45*45*308mm	4	50	200
10	Rulman	UCP 204*20mm	4	658	2632
11	St1040	Ø70*220mm	2	2650	5300
12	PVC bant	1520*80*3mm	1	1000	1000
13	Step motor	Nema 42 28Nm	1	1000	1000
14	St1040	119*98*20mm	1	1118	1118
15	St1040	98*92*15mm	2	980	1960
16	St1040	170*150*10mm	1	1740	1740
17	Kaplin	GS 24	1	560	560
18	St1040	140*50*18mm	2	539	1078
19	St1040	170*61*28mm	2	1190	2380
20	Al7075	215*60*10mm	5	358	1790
21	Kestamid	675*100*10mm	1	1349	1349
22	Al7075	60*55*40mm	10	338	3380
23	Kestamid	1460*50*10mm	2	706	1412
24	Al7075	60*48*30mm	10	81	810
25	Al7075	50*40*30mm	10	89	890
26	St1040	300*100*12mm	4	2365	9460
27	Kestamid	215*80*15mm	2	177	354
28	Cıvata	M8*15mm	76	51	3876
29	Cıvata	M5*15mm	42	12	504
30	Cıvata	M10*30mm	8	56	448
31	Köşe bağlantısı	45*45mm köşe	32	59	1888

Çizelge 6.3'te alt konveyörde kullanılan malzemelerin toplam ağırlıkları verilmektedir ve verilen ağırlık değerleri işlenmiş malzeme üzerinden hesaplanmıştır.

Çizelge 6.3 Alt konveyörde kullanılan malzemelerin toplam ağırlıkları.

Alt konveyör kullanılan malzemelerin toplam ağırlıkları		
		Kullanılan toplam ağırlık
1	Sigma profil	3140 gram
2	Rulman	2632 gram
3	PVC bant	1000 gram
4	St1040	23036 gram
5	Kestamid	3115 gram
6	Al7075	6870 gram
7	Step motor	1000 gram
8	Makine titreşim tampon ayağı	2000 gram
9	Civata	4828 gram
10	Köşe bağlantısı	1888 gram
Toplam ağırlık = 49506 gram		

Çizelge 6.4'te Üst konveyör mekanik malzeme listesi verilmiştir.

Çizelge 6.4 Üst konveyör mekanik malzeme listesi.

Üst konveyör mekanik malzeme özellikleri						
No	Malzeme Cinsi	Malzeme Ölçüleri	Adet	Adet gramı	Toplam gram	
1	Sigma profil	80*40*1450mm	2	667	1334	
2	St1040	171*61*28mm	2	1190	2380	
3	Rulman	UCP 204*20mm	4	658	2632	
4	Kaplin	GS 24	1	560	560	
5	St1040	140*50*18mm	2	539	1078	
6	St1040	Ø70*220mm	2	2650	5300	
7	Step motor	Nema 42 28Nm	1	1000	1000	
8	St1040	119*98*20mm	1	1118	1118	
9	St1040	98*92*15mm	2	980	1960	
10	St1040	170*150*10mm	1	1740	1740	
11	PVC bant	1330*60*8mm	1	800	800	
12	Kestamid	1150*100*10mm	1	1149	1149	
13	Al7075	215*60*10mm	5	358	1790	
14	Al7075	60*55*40mm	8	338	2704	
15	Al7075	1548*30*10mm	2	1297	2594	
16	Kestamid	175*65*50mm	4	546	2184	
17	Al7075	60*48*30mm	10	81	810	
18	Al7075	50*40*30mm	10	89	890	
19	Al7075	252*204*10mm	2	1390	2780	
20	Kestamid	250*65*20mm	1	175	175	
21	Saç	1620*850*2mm	2	2317	4634	
22	Civata	M5*15mm	42	12	504	
23	Civata	M10*30mm	8	56	448	
24	Civata	M8*15mm	38	51	1938	

Çizelge 6.5'te üst konveyörde kullanılan malzemelerin toplam ağırlıkları verilmektedir ve verilen ağırlık değerleri işlenmiş malzeme üzerinden hesaplanmıştır.

Çizelge 6.5 Üst konveyörde kullanılan malzemelerin toplam ağırlıkları.

Üst konveyör kullanılan malzemelerin toplam ağırlıkları		
		Kullanılan toplam ağırlık
1	Sigma profil	1334 gram
2	Rulman	2632 gram
3	PVC bant	800 gram
4	St1040	13576 gram
5	Kestamid	3508 gram
6	Al7075	11568 gram
7	Step motor	1000 gram
8	Saç	4634 gram
9	Civata	4828 gram
Toplam ağırlık = 42502 gram		

Çizelge 6.6'da üst kızak ve alt kızak mekanik malzeme listesi verilmiştir.

Çizelge 6.6 Üst kızak ve alt kızak mekanik malzeme listesi.

Üst kızak mekanik malzeme özellikleri					
No	Malzeme Cinsi	Malzeme Ölçüleri	Adet	Adet gramı	Toplam gram
1	Makine titreşim tampon ayağı	M10*75mm ayak	4	500	2000
2	Sigma profil	45*45*775mm	16	124	1984
3	St1040	1500*135*25mm	4	3594	14376
4	St1040	425*100*25mm	4	8010	32040
5	St1040	650*100*25mm	2	12512	25024
6	St1040	1200*90*10mm	1	12488	12488
7	Sigma profil	45*45*950mm	4	152	608
8	Sigma profil	45*45*520mm	2	83,2	166,4
9	Al7075	40*40*35mm	4	58	232
10	St1040	150*100*20mm	3	2199	6597
11	Üst kızak ve üst pnömatik piston		1	3450	3450
12	Köşe bağlantısı	45*45mm köşe	10	59	590
13	Civata	M8*20mm	114	54	6156
14	Civata	M5*25mm	18	14	252
Alt kızak mekanik malzeme özellikleri					
No	Malzeme Cinsi	Malzeme Ölçüleri	Adet	Adet gramı	Toplam gram
1	Sigma profil	45*45*790mm	2	126,4	252,8
2	Al7075	40*40*35mm	8	58	464
3	St1040	150*40*8mm	3	364	1092
4	Alt kızak ve alt pnömatik piston		1	2950	2950

Çizelge 6.7’de üst kızak ve alt kızakta kullanılan malzemelerin toplam ağırlıkları verilmektedir ve verilen ağırlık değerleri malzeme üzerinden hesaplanmıştır.

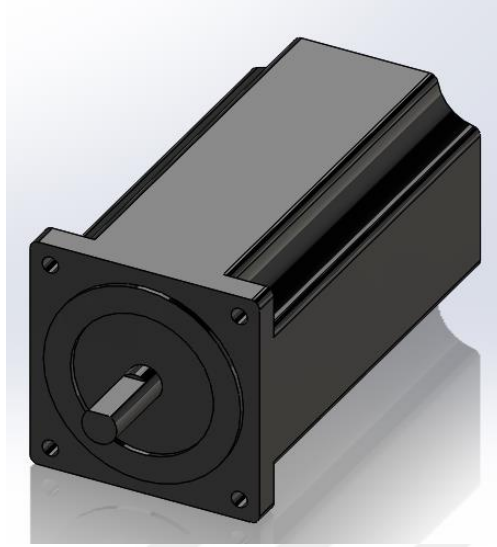
Çizelge 6.7 Üst ve alt kızakta kullanılan malzemelerin toplam ağırlıkları.

Üst ve alt kızak kullanılan malzemelerin toplam ağırlıkları		
		Kullanılan toplam ağırlık
1	Sigma profil	3011 gram
4	St1040	91617 gram
6	Al7075	696 gram
8	Makine titreşim tampon ayağı	2000 gram
9	Civata	6408 gram
10	Köşe bağlantısı	590 gram
Toplam ağırlık = 104322 gram		

6.2.2.1 Step Motor

Sistem step motorlar vasıtasıyla tahrik edilmektedir. Kullanılan step motorlarda hız kontrollü uygulanmıştır. Step motorların kullanılmasındaki asıl neden 250 mm’ye 1 saniyede ulaşmasıdır. Aksi takdirde üretim kapasitesi düşecektir. Sistemde özdeş 2 adet step motor kullanılmıştır. Birinci step motor üst konveyördeki fikstürleri taşımaktadır. İkinci step motor ise işlemi biten fikstürü başa geri getirmektedir. Gerekli hesaplamalar ile Nema 42 step motor modeli seçilmiştir. Mekatronik sisteminde kullanılan step motorun tutma torku 28 Nm, akımı 5.6 Amper, flanş ölçüsü 110*110 mm’dir. Tasarımı yapılan makinede üst step motorun görevi, fikstür üzerine dizilen güvenlik mühürlerinin konveyör bant yardımı ile istasyonlarda durdurulmasıdır. Bu durma sürecinde güvenlik mühürlerine markalama işlemi yapılır ve markalaması bitmiş güvenlik mühürlerinin taşınması işlemi gerçekleştirilir. Alt step motorun görevi ise işlemi bitmiş güvenlik mühürlerinin dizildiği fikstürlerin konveyör sayesinde tekrar işlemin başladığı alana getirilmesidir.

Şekil 6.3’de Step motor görseli verilmiştir.

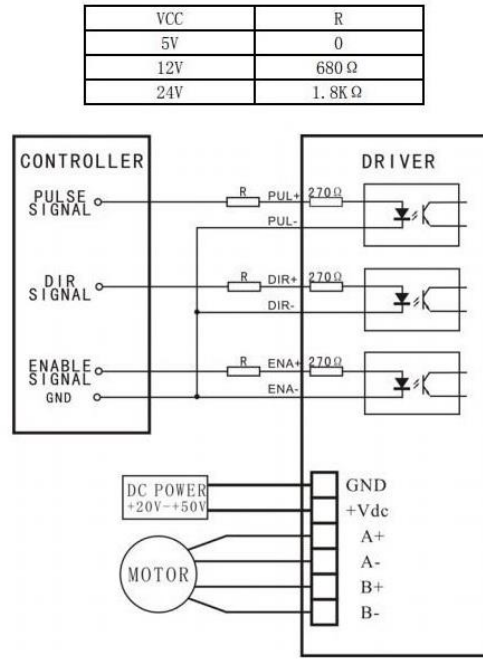


Şekil 6.3 Step Motor.

6.2.2.2 Step Motor Sürücü

Step motor sürücüsünün mümkün olduğu kadar büyük seçilmesi gerekmektedir. Böylece step motorun tok çalışması ile verim %15 civarı artacaktır. Step motor sürücü seçilirken en önemli durum step motorun etiketindeki amper değerinin minimum besleme amperinden düşük olmamasıdır. Minimum beslenme amperinin step motorun etiketteki amperinden düşük olması durumunda step motorda aşırı ısınma gerçekleşecektir. Step motor sürücülerinde güç kaynağı seçilirken step motorun voltajı ve amperi güç kaynağının değerine uygun olmalıdır. Ayrıca step motor, sürücüsü ile bağlanırken bağlantılara dikkat edilmesi gerekmektedir. Çünkü yanlış bağlantı yapılması durumunda motor yanlış yöne gidebilir veya zarar görebilir. Step motorun voltaj, akım ve faz değerleri bağlandıktan sonra adım ayarları yapılabilir.

Şekil 6.4’de step motor sürücüsünün standart bağlantı şeması verilmiştir.



Şekil 6.4 Step motor sürücüsünün standart bağlantı şeması [77].

Bazı step motor sürücülerde microstep pulse sayısı 1600 gibi direkt olarak verilmekte, bazılarında ise katsayı olarak verilmektedir. Katsayı olarak verilen sürücülerde hesap mantığına örnek verilecek olursa;

$$8 \times 200 = 1600 \text{ Pulse} \quad (6.1)$$

Denklem 6.1’de gösterildiği üzere 8 katsayısı seçildiğinde 200 motordan geldiği için 1 tur 1600 pulse olacaktır.

$$60 \text{ sn} = 60000000000 \text{ nanosaniye} \quad (6.2)$$

$$\frac{60000000000}{55555} = 1080010,80 \text{ Pulse (Dakikada)} \quad (6.3)$$

$$\frac{1080010,80}{1600} = 675 \text{ devir/dakika} \quad (6.4)$$

Step motorun etkin çalışma aralığı 0-400 devir/dakika’dır.

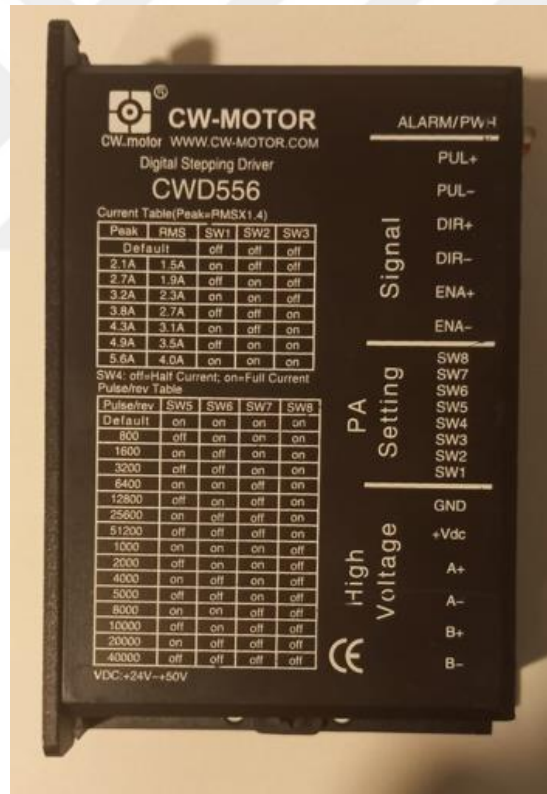
Diğer taraftan step motor sürücülerine maksimum 20000 hertz kadar pulse gönderir, bu durumda 1600 pulse ayarı yapmak için:

$$20000 \times 60 \text{ sn} = 1200000 \text{ Pulse} \quad (6.5)$$

$$\frac{1200000}{1600} = 750 \text{ Devir/Dakika} \quad (6.6)$$

750 devir/dakika ise step motorun etkin ve verimli çalıştığı 0-400 devir/dakika aralığının yaklaşık iki katıdır. Sonuç olarak yüksek devirli uygulamalarda düşük pulse çözünürlüğü, düşük devirli uygulamalarda ise yüksek pulse çözünürlüğü seçimi uygundur [77].

Şekil 6.5’de step motor sürücü görseli sunulmaktadır.



Şekil 6.5 Step motor sürücü.

6.2.2.3 Pnömatik Piston Çeşitleri

Pnömatik pistonlar hava ile çalışmaktadır. Pnömatik pistonların çalışma prensibi öncelikle pnömatik pistonun içine hava dolması, bu dolan hava sayesinde basınç enerjisinin mekanik

enerjiye dönüşmesi şeklindedir. Bir yerde akış olması için basınç farkı olması gerekmektedir. Pnömatik pistonlar döner ve doğrusal olmak üzere ikiye ayrılır. Gerçekleştirilen bu projede doğrusal pnömatik pistonlar kullanılmıştır.

Makinelerde pnömatik piston seçimi yapılırken bazı kriterlerin bilinmesi gerekmektedir. Bu kriterler:

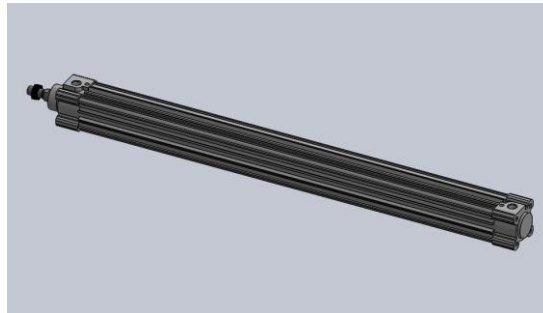
- Hareket iletimi doğrusal yada döner olma durumu
- Hareket iletimi döner ise saat yönü yada tersi olma durumu
- Gerekli olan kuvvet ve gücü
- Gerekli olan hız bilgisi
- Çalıştığı ortamın çevresel etkileri (sıcaklık yada başka bir etkenin bakılması)
- Tek yada çift etkili olma durumu

Bu değerler belirlendikten sonra uygun pnömatik ekipman seçimi yapılmaktadır. Gerçekleştirilen bu projede prototip mekatronik sisteminde farklı ölçülerde doğrusal hareket eden dört adet pnömatik piston kullanılmıştır.

Üst Kızak Pnömatik Piston

Üst kızak pnömatik piston çapı 40 mm ve strok boyu 575 mm olarak hesaplanmıştır. Piston SMC firmasından alınmıştır. Ürün modeli CP96SDB40-575C'dir. Pnömatik piston 1 saniyede 575 mm yol almaktadır ve valf ile kontrol edilmektedir. Bu pistonun mekatronik sistemindeki görevi vakum ile alınan güvenlik mühürlerini alt kızak sistemindeki arabaya ulaştırılmasıdır.

Şekil 6.6'da üst kızak pistonu gösterilmiştir.

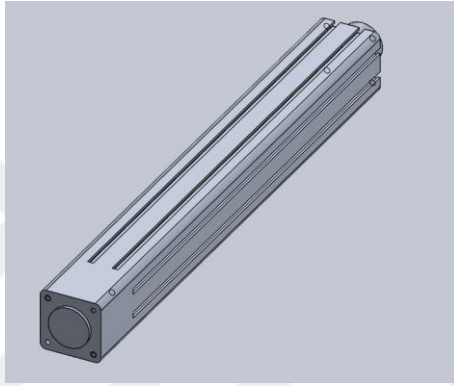


Şekil 6.6 Üst kızak pistonu.

Alt Kızak Pnömatik Piston

Alt kızak pnömatik piston çapı 40 mm ve strok boyu 300 mm olarak hesaplanmıştır. Piston SMC firmasından alınmıştır. Ürün modeli CP96SDB40-575C'dir. Pnömatik piston 1 saniyede 300 mm yol almaktadır ve valf ile kontrol edilmektedir. Bu pistonun mekatronik sistemindeki görevi arabaya ulaşan güvenlik mühürlerinin sayılarının 50 ya da 100 olduğu zaman ileriye doğru hareket ettirilerek güvenlik mühürlerin alınmasını sağlanmasıdır.

Şekil 6.7'de mekatronik sisteminde kullanılan alt kızak pistonu gösterilmiştir.

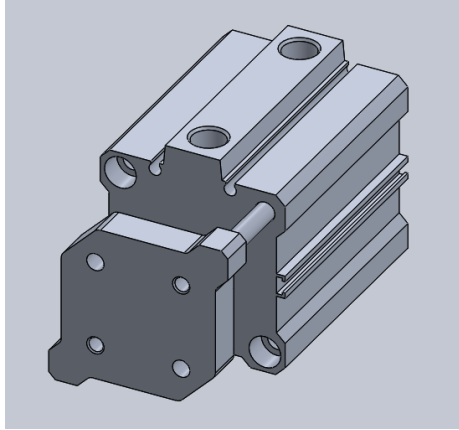


Şekil 6.7 Alt kızak pistonu.

Ürün Alma Pnömatik Piston

Ürün alma pnömatik piston çapı 40 mm ve strok boyu 25 mm olarak hesaplanmıştır. Piston SMC firmasından alınmıştır. Ürün modeli CP96SDB40-25C'dir. Pnömatik piston 1 saniyede 25 mm yol almaktadır ve valf ile kontrol edilmektedir. Bu pistonun mekatronik sistemindeki görevi ucuna bağlı olan vantuzlar sayesinde güvenlik mühürlerini çekmek ve bırakılması gereken yere ulaştığı zaman ürünleri bırakmasıdır.

Şekil 6.8’de ürün alma pistonu gösterilmiştir.

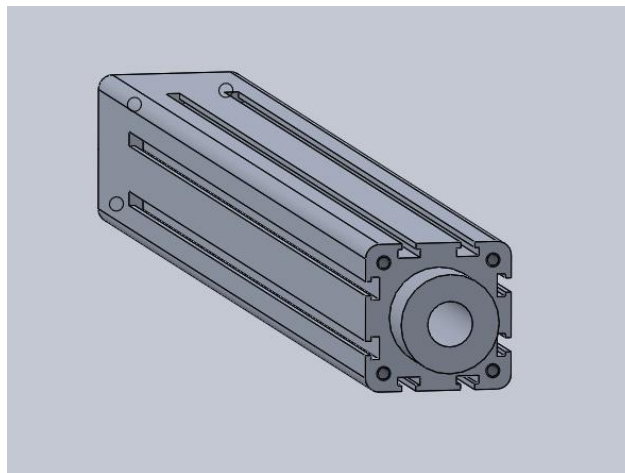


Şekil 6.8 Ürün alma pistonu.

Fikstür Taşıma Pnömatik Piston

Fikstür taşıma piston çapı 40 mm ve strok boyu 250 mm olarak hesaplanmıştır. Piston SMC firmasından alınmıştır. Ürün modeli CP96SDB40-250C’dir. Pnömatik piston 1 saniyede 250 mm yol almaktadır ve valf ile kontrol edilmektedir. Bu pistonun mekatronik sistemindeki görevi gelen fikstürleri yukarı kaldırarak operatörler tarafından fikstürlerin rahat bir şekilde alınmasının sağlanmasıdır.

Şekil 6.9’da mekatronik sisteminde kullanılan fikstür bırakma pistonu gösterilmiştir.

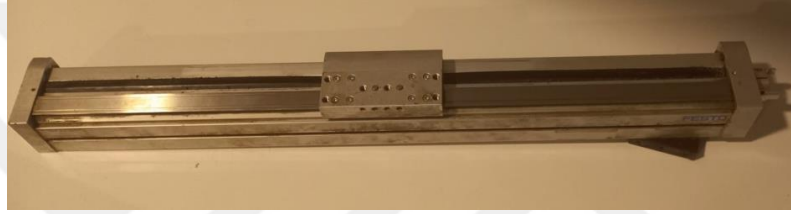


Şekil 6.9 Fikstür bırakma pistonu.

6.2.2.4 Doğrusal Hareket Elemanları

Bu çalışmada doğrusal hareket elemanları olarak doğrusal kızak ve arabalar kullanılmıştır. Kızak ve arabaların projedeki görevleri pnömatik pistonların yaptığı doğrusal hareketi iletmektir. Ayrıca kızak sistemleri pnömatik pistonlardaki yataklama görevini yapmaktadır. Projede Festo marka EGC-70-400-BS-10P-KF-0H-ML-GK kodlu ürünler kullanılmıştır. Bu ürünlerin birincisi üst kızak pistonunun hareketi için kullanılmıştır. İkincisi ise alt kızak pistonunun hareketi için kullanılmıştır.

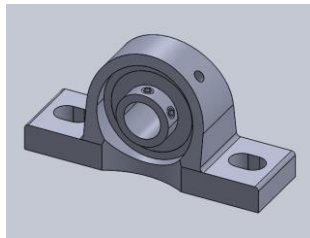
Şekil 6.10'da doğrusal kızak ve araba sistemi gösterilmiştir.



Şekil 6.10 Doğrusal kızak ve araba sistemi.

6.2.2.5 Rulman

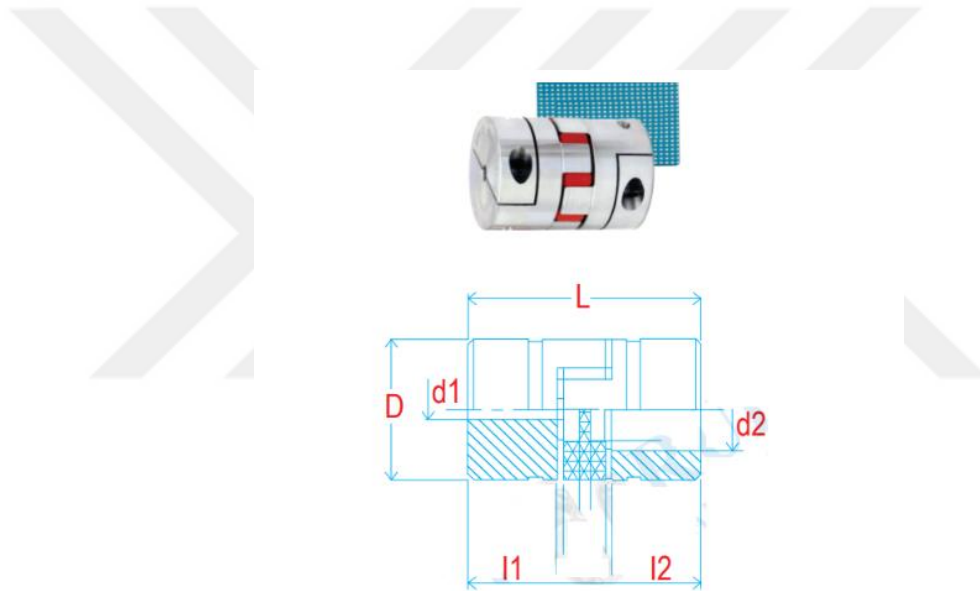
Rulmanlar makine parçalarının dönme serbestliğini sağlayan mekanik parçalardır ve rulmanlar genellikle mil-göbek arasında dönmektedir. Rulmanlar sürtünme kayıplarını düşürdüğü için makinelerde veya mekatronik sistemlerinde kullanılan önemli bir elemandır. Bu projede rulmanlar üst ve alt konveyör kısımlarında kullanılmıştır. Toplam olarak 8 adet rulman kullanılmıştır. Kullanılan rulmanların hepsi aynı özelliktedir. Ürün modeli Şekil 6.11'de gösterilen M1000_UCP204*20 mm'dir.



Şekil 6.11 UCP 204*20 mm Rulman.

6.2.2.6 Kaplin

Kaplinler aktarma organının temelini oluşturur ve otomasyon sistemlerinde güç aktarımını sağlayan en temel makine aksamlarından bir tanesidir. Otomasyon sistemlerinde kaplinler motor milinin hareketini mile aktarır ve bu sistemler güvenilir bir şekilde güç aktarımını sağlamaktadır. Kaplinler başka bir ifade ile motorda meydana gelen momenti diğer ekipmana aktarmaktadır ve kullanım alanına göre farklı torklarda üretilebilirler. Bu projede Şekil 6.12 ve Çizelge 6.8’de gösterilen GS 24 kaplin tercih edilmiştir. Tercih edilme sebebi motor mil çapı’dır (13mm). Motor mil çapı 13 mm olduğu için GS 19 kaplin altındakiler uyum sağlamamaktadır. Emniyetli katsayının üstüne çıkmak için GS 24 kaplin tercih edilmiştir. Aynı zamanda motor devir sayısına göre GS 24 kaplin seçimi yapılmıştır.



Şekil 6.12 GS 24 Kaplin [78].

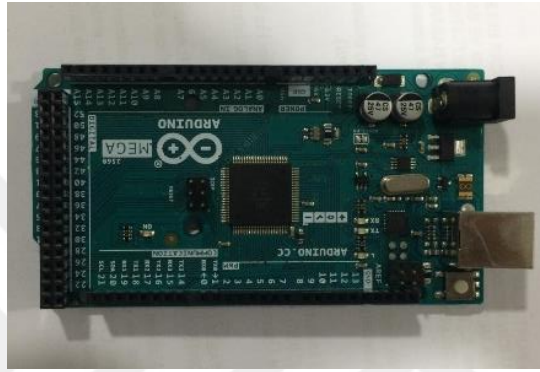
Çizelge 6.8 GS 24 Kaplin Ölçü tablosu [78].

Rulman No	Boyutlar						Tork (Nm)	Max Devir	Ağırlık (kg)
	d1	d2	D	L	l1	l2			
GS 09	4	9	20	30	10	10	5	22.500	0,02
GS 12	4	12	25	34	11	11	9	15.000	0,03
GS 14	6	14	30	35	11	11	12,50	12.700	0,05
GS 19	6	24	40	66	25	25	17	9.550	0,16
GS 24	8	28	55	75	30	30	60	6.950	0,33
GS 28	10	38	65	90	35	35	160	5.850	0,56
GS 38	12	45	80	114	45	45	325	4.750	1,10
GS 42	14	55	95	126	50	50	450	4.000	1,85
GS 48	15	62	105	140	56	56	525	3.600	2,50

6.2.2.7 Atmega 2560 Tabanlı Mikroişlemci

Projede pin sayılarının fazla olması nedeniyle ve projelerde kullanmaya uygun olan Şekil 6.13'te gösterilen atmega 2560 kullanılmıştır.

Atmega 2560 bir mikrodenetleyiciyi desteklemek için gerekli bileşenlerin hepsini içerir. Atmega 2560 bir bilgisayara bağlanarak, bir adaptör ile ya da pil ile çalıştırılabilir. Kullanım kolaylığı sebebi ile tercih edilmektedir. [79]



Şekil 6.13 Atmega 2560 mikroişlemci.

6.2.2.8 Vakum Üretici

Vakum üreteçleri mekatronik sistemlerde taşımada kullanılmaktadır. Vakum sistemleri prensibi ventüri ilkesine göre çalışmaktadır. Geçmesini istediğimiz alandan geçer ve daralan alandan geçen havanın hızı artar. Vakum üreteçleri artan bu hız ile Bernoulli prensibine uygun bir şekilde basınç azalması meydana gelmektedir ve bu basınç düşümü sayesinde vakum elde edilmektedir. Bu otomasyon sisteminde SMC firmasından alınan vakum üretici kullanılmıştır. Şekil 6.13'de gösterilen projede kullanılan ürünün kodu ZL112 A'dır. Ürünün içerisinde emiş filtresi, egzoz susturucusu ve vakum anahtarı mevcuttur.



Şekil 6.16 Projede kulolanılan Vakum Üreteci.

6.2.2.9 Sensör Çeşitleri

Bu çalışmada sensörler step motorları ve pnömatik pistonları çalıştırıp durdurmak için kullanılmaktadır. Projede üç farklı sensör tipi kullanılmıştır:

- 1-Endüktif sensör,
- 2-Manyetik kanal sensörü,
- 3-Fotosel sensör,

Endüktif Sensör

Mekatronik sistemlerde endüktif sensörler çok sık kullanılmaktadır. Endüktif sensörlerin metal cismi algılayan sensörlerdir. Sensörün algılama alanı içerisinde manyetik bir alan oluşmaktadır. Bu çalışmada 7 adet endüktif sensör kullanılmıştır ve bu sensörün verdiği sinyal ile otomasyon sistemi kontrol edilmiştir. Sensörlerden 5 tanesi M12 ve 2 tanesi ise M8 sensörlerdir. Sensörler kendinden kablolu değil soketli olarak kullanılmıştır. Soketli sensörün tercih edilme sebebi sensör arıza yapma durumunda değişiminin kolay olmasıdır. Diğer tercih sebebi ise kabloların dönmesinden kaynaklanan kablo kopmasının önüne geçmektir. Şekil 6.17’de gösterilen M8 sensörler Omron firmasından alınmıştır ve ürün modeli E2B-S08LS02-MC-B1’dir. Şekil 6.18’de gösterilen M8 sensörün kablosu omron firmasından alınmıştır ve ürün modeli XS3F-LM8PVC3S5M dir. Şekil 6.15’de gösterilen M12 endüktif sensörler ise bedok firmasından alınmıştır ve ürün modeli EE12-4SV2 dir. Şekil 6.16’da gösterilen M12 endüktif sensörünün kablosu M8 endüktif sensörünün kablosu ile bire bir aynıdır. Çünkü soket dişleri aynı ölçüdedir. Endüktif sensörler PNP, 10-30V, normalde kapalı ve algılama mesafesi 4mm’dir.



Şekil 6.15 Projede kullanılan M12 Endüktif Sensör.



Şekil 6.16 Projede kullanılan M12 Endüktif Sensörün Soketli Kablosu.



Şekil 6.17 Projede kullanılan M8 Endüktif Sensör.



Şekil 6.18 Projede kullanılan M8 Endüktif Sensör Soketli Kablosu.

Manyetik Kanal Sensörü

Manyetik sensörler otomasyon makinelerinde pnömatik pistonların kontrolü için kullanılmaktadır. Manyetik sensörler pnömatik pistonların içindeki mıknatısı algılar. Bu projede Şekil 6.19’da gösterilen expflex marka manyetik sensör kullanılmıştır. Ürünün modeli 31R2’dir. Sensörün özellikleri PNP,10-30V, normalde kapalıdır. Projede 6 adet kullanılmıştır.



Şekil 6.19 Projede kullanılan manyetik kanal sensörü.

Fotosel Sensör

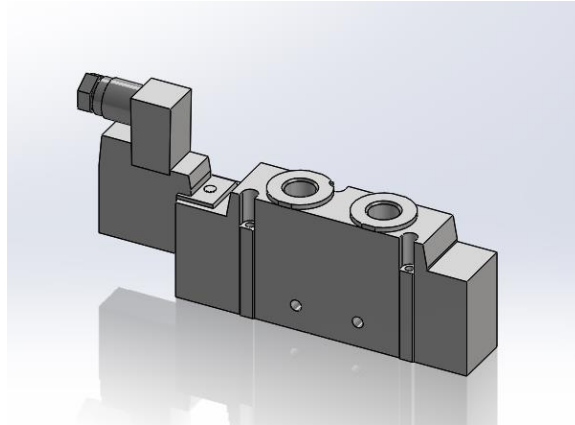
Fotosel sensörler bu projede ürünlerin var yok kontrolünü yapmak için kullanılmaktadır. Projede Şekil 6.20’de gösterilen bedok marka sensör tercih edilmiştir. Ürün modeli P12-D0200P-SIEU4’ tür. Ürün özellikleri PNP, normalde kapalı, çalışma voltajı 10-30V, 150Ma, algılama mesafesi 200mm’dir. Projede 5 adet kullanılmıştır.



Şekil 6.20 Projede kullanılan fotosel sensör.

Pnömatik Valf

Valflerin üst kısmında özelliklerini görebileceğimiz semboller bulunmaktadır. Bu semboller pnömatik valf sistemlerinin fonksiyonları ve çalışma şekilleri olarak bilgi vermektedir ancak pnömatik valflerin iç yapıları hakkında herhangi bir bilgi vermemektedir. Pnömatik valflerin üzerindeki semboller kare sayısını belirtir. Valflerin hava giriş çıkışları; 5/2, 5/3, 3/2, 2/2 vs şeklinde gösterilmektedir. Bu giriş çıkışlar kullanılacak iş elemanının çalışma özelliğine göre seçilmektedir. Valflerin kontrolü bobin olarak ifade edilen ekipmalar ile yapılmaktadır. Pnömatik piston elemanlarının kontrolü için toplam 4 adet 5/2 1/8” tek bobin valf kullanılmıştır. Kullanılan valf 4W gücünde ve 24V’tur. Projede kullanılan valfin modeli Şekil 6.21’de gösterilen SY3120 ve SY5120’dir. Valfin çalışma basıncı aralığı 0,15-0,8 MPa aralığındadır.



Şekil 6.21 Projede kullanılan Pnömatik Valf.

Güç Kaynağı

Elektrik panosundaki ekipmanların beslenmeleri için 24V-5A DC güç kaynağı kullanılmıştır. Dışarıdan gelen 100-240V arasındaki AC giriş gerilimini 24V DC çıkış gerilimine düşürmektedir. Bu çalışmada güç kaynağı sensörler, pnömatik valfler, vakum üretici ve step motorların beslenmesinde kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan güç kaynağı Şekil 6.24’de gösterilen WT-120-24 modelidir. Bu model güç kaynağından 2 adet kullanılmıştır.



Şekil 6.22 Projede kullanılan güç kaynağı.

Butonlar Anahtarlar

Butonlar otomasyon sisteminin vazgeçilmezidir. Üzerine baskı yapıldığında otomasyon sürecinin başlamasını ya da bitmesini sağlar. Açık ya da kapalı olarak üretilmektedir. Normalde açık butonlar enerjinin direk geçtiği butonlardır. Normalde kapalı butonlar ise üzerinde basıldığında enerji geçer ve işlem yapmaya başlar. Butonlar genelde sert plastik malzemeden imal edilmektedir. Bu projede Şekil 6.23’de gösterilen buton olarak Emas marka normalde kapalı butonlar tercih edilmiştir.



Şekil 6.23 Projede kullanılan butonlar.

Şartlandırıcı

Pnömatik sistemlerde havanın içinde su ve partikül oluşmaktadır. Ayrıca havanın basınç ayarının yapılması gerekmektedir. Şartlandırıcı da hava filtrelerde temizlenmektedir ve manometre ile basınç ayarı yapılmaktadır. Bu projedeki çalışmada Şekil 6.23’de gösterilen SMC firmasının AW40-F04CE-D kodlu şartlandırıcısı tercih edilmiştir.

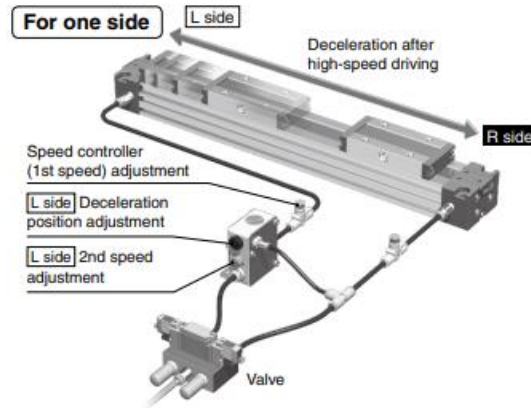


Şekil 6.23 Projede kullanılan şartlandırıcı.

Zaman Ayarlı Hız Ayar Valfi

Valf ile pnömatik piston arasında montaj edilerek, pnömatik pistonun strok sonlarındaki darbeleri çalışmasını önler. İçerisinde hız ayar valfi ve pnömatik zamanlayıcı bulunmaktadır. Zaman ayarlı hız ayar valfi stoku 575 mm olan pnömatik piston için kullanılmıştır. Pistonun strok mesafesi diğerlerine göre daha uzun olduğu için durma sırasında sarsılma ve pnömatik

pistonda bozulmalar meydana gelmektedir. Zaman ayarlı valfinin üzerindeki ayar düğmesi ile istediğimiz şekilde hava basıncının hızlanması ya da yavaşlaması ayarlanabilmektedir. Zaman ayarlı hız ayar valfi bağlantısı Şekil 6.25’de gösterilmiştir.



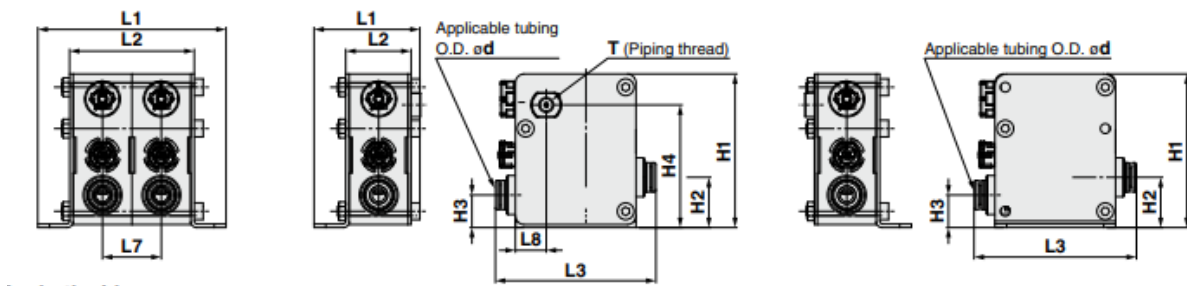
Şekil 6.25 Zaman ayarlı hız ayar valfi pnömatik bağlantısı. [80]

Çizelge 6.9’da pnömatik rekorlarının hava giriş çaplarına ürün seçimi yapılmıştır. Ayrıca bu tabloda ürünün teknik ölçüleri yer almaktadır.

Çizelge 6.9 Ürün seçim tablosu [80].

Model	d	H1	H2	H3	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	Weight(g)
DAS5-04-X946	4	52	17	11	64	42.4	54.4	25	54.6	41	20	134
DAS5-06-X946	6						55.2					140
DAS5-08-X946	8						77.6					162

Şekil 6.26’da ürünün teknik resmi gösterilmektedir.



Şekil 6.26 Ürünün teknik resmi. [80].

Çizelge 6.10’da sistemin ana parametreleri gösterilmiştir.

Çizelge 6.10 Sistemin ana parametreleri [80].

Fluid	Air
Max operating pressure	0.7 MPa
Min operating pressure	0.3 MPa
Ambient and fluid temperatures	0 to 60 °C
Applicable tubing material	Nylon, Soft, nylon, Polyurethane, FEP, PFA

Gerçekleştirilen bu projede Şekil 6.27’de gösterilen SMC firmasının DAS-06-X946 kodlu zaman ayarlı hız ayar valfi seçilmiştir.



Şekil 6.27 Zaman ayarlı hız ayar valfi [80].

6.2.3 Kullanılan Cihazlar

6.2.3.1 Enjeksiyon Makinesi

Bu projede güvenlik mühürlerinin üretimi için enjeksiyon makinesi kullanılmıştır. Projede kullanılan enjeksiyon makinesi olarak Şekil 6.28’de gösterilen Arburg marka enjeksiyon makinesidir ve makine özellikleri:

- 300-ton basma kuvveti.
- 8-ton makine ağırlığı.
- 380V çalışma gerilimi.
- 1*22kw pompa motoru bulunmaktadır.



Şekil 6.28 Projede kullanılan enjeksiyon makinesi.

6.2.3.2 Lazer Makinesi

Projede güvenlik mühürlerinin markalanması için fiber lazer kullanılmıştır. Kullanılan lazerin teknik özellikleri:

- 50 watt lazer yazma gücü.
- 240*240mm² markalama alanı.
- 120*120mm galvo kafa.
- 220 volt çalışma gerilimi bulunmaktadır.

6.2.3.3 Barkod Okuyucular

Lazer markalaması yapılan ürünlerin doğruluğunu kontrol etmek için manuel barkod okuyucu kullanılmaktadır. Barkod okuyucu sayesinde hatalı yapılan markalama işlemi tespit edilmektedir. Projede Şekil 6.29’da gösterilen LS2208 Symbol marka barkod okuyucu tercih edilmiştir.



Şekil 6.29 Projede kullanılan barkod cihazı.

6.3 TELLİ GÜVENLİK MÜHRÜ MARKALAMA MEKATRONİK SİSTEM TASARIMI



Şekil 6.30 İmal edilen mekatronik sistem.

Projemizde mekanik, elektrik-elektronik, elektromekanik ve yazılım dahil kısımları tamamlanmış ve makine seri üretilme alınmıştır. Hatta şu anda aktif olarak çalışan makinenin çalışma aşamaları şu şekilde özetlenebilir:

- I. Telli kelebek mühürler, operatör aracılığıyla fikstürlere dizilir ve konveyör sistemine konulur.

- II. Konveyöre koyulan fiksür lazer markalama makinesinin olduğu bölüme gelir ve mühürler müşterinin isteği doğrultusunda markalanır.
- III. Markalama işlemi biten fiksür diğer bir aşama olan görüntü işleme kısmına gelir. Burada yapılan markalamanın doğruluğu kontrol edilir.
- IV. Kontrolü sağlanan ürünler pnömatik piston ve vakumlar yardımıyla ürün haznesine konulur.
- V. Son aşamada ise ürünlerin koyulduğu hazne paketleme sayısına ulaştığında hazne ileri yönde bir hareket eder. Operatör, haznenin içindeki lazer markalama ve kalite kontrolü yapılmış ürünleri paketleyip bir paketlik üretimi sonlandırmış olur.
- VI. Bütün bu aşamalarda; konveyör sistemi, pnömatik piston ve vakumlama sistemi, lazer markalama, görüntü işleme ve markalama kontrolü, güvenlik switchleri, güvenlik anahtarları ve diğer elektrik-elektronik donanımlar kontrol sistemi vasıtasıyla anlık olarak kontrol edilmektedir.

Şekil 6.30’da imal edilen mekatronik sistemin seri üretimdeki hali gösterilmiştir.



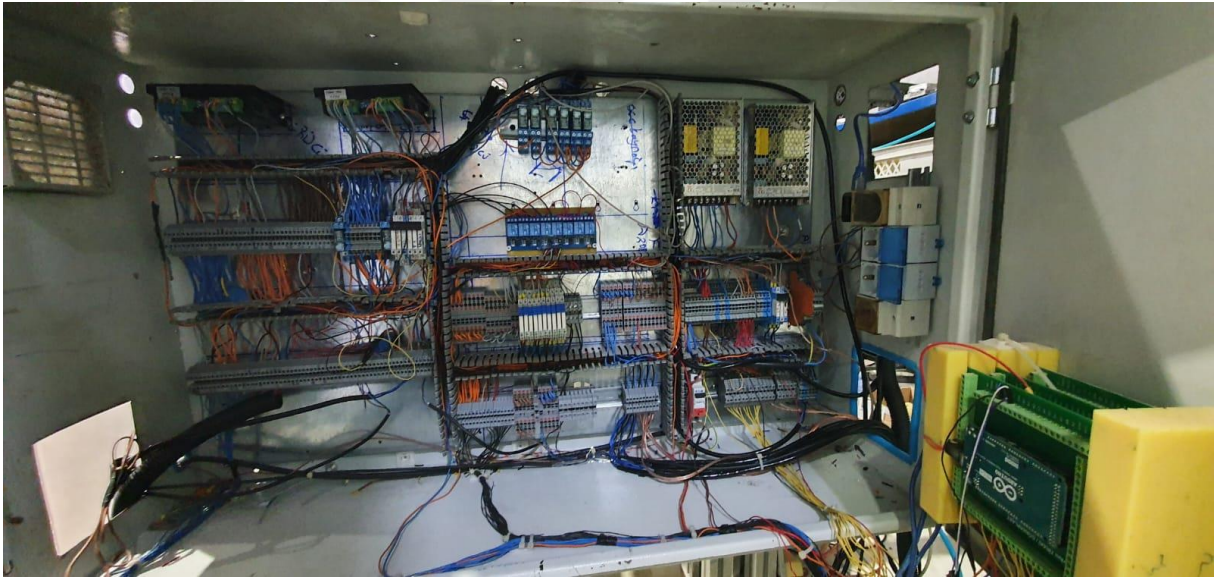
Şekil 6.31 Mekatronik sistemin üzerindeki ekipmanlar.

Şekil 6.31’de mekatronik sistemin üzerindeki ekipmanlar gösterilmiştir. Bu ekipmanlar aşağıdaki gibidir;

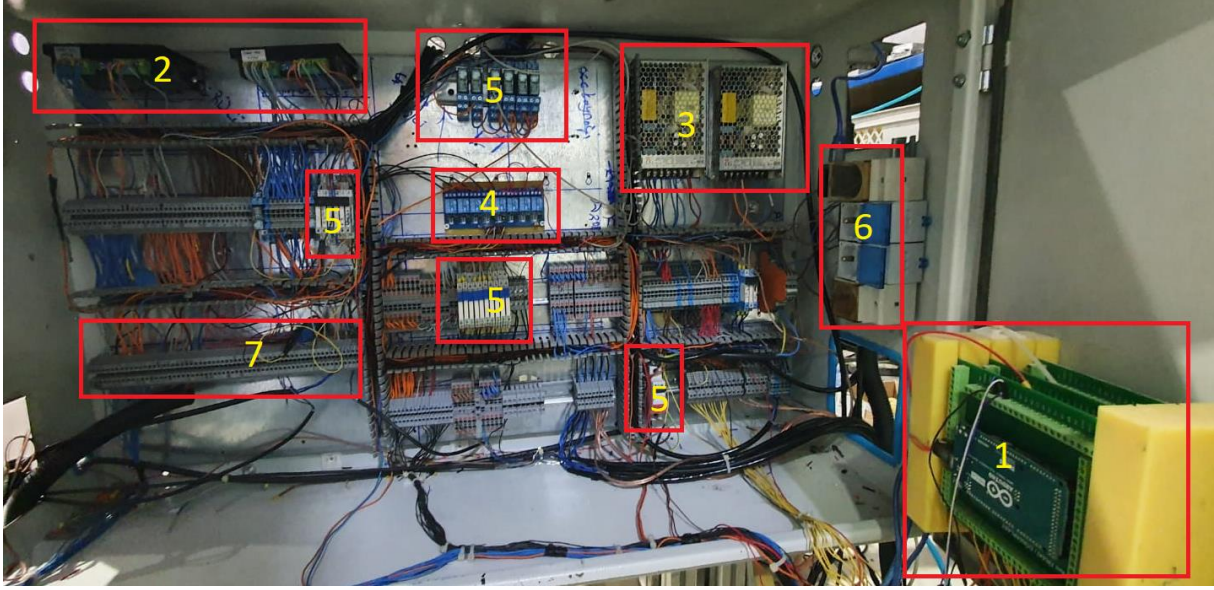
1. Lazer markalama makinesinin ayarlarının yapıldığı ekran,
2. Ürünlerin fiksüre doldurulduğu masa,
3. Fiksürlerin üst konveyöre yerleştirileceği alan,
4. Üst konveyörün hareket yönü,

5. Lazer markalama makinesi,
6. Görüntü işleme sisteminin yapıldığı alan,
7. Görüntü işleme operatör arayüzü (HMI ekran),
8. Markalaması ve kontrolü yapılan ürünün vakum ile alındığı kısım,
9. Vakum ile alınan ürünün hareket yönü,
10. Paketleme adetine göre ürünlerin toplandığı hazne (Haznedeki ürün paketleme adetine ulaştığında hazne ileri yönde hareket eder),
11. Alt konveyör hareket yönü (Boş fikstürlerin geri geldiği yön),
12. Boş fikstürlerin tekrar doldurma alanına gelme noktası,
13. Elektrik kontrol panosudur.

Şekil 6.32’de Sistemin elektrik panosu gösterilmiştir.



Şekil 6.32 Mekatronik sistemin elektrik panosu



Şekil 6.33 Elektrik panosu üzerindeki ekipmanlar

Şekil 6.33 de gösterilen numaralandırmaları detaylı olarak açıklarsak;

1. Atmega 2560 mikro işlemci ve klemens shield gösterilmiştir. Bu kartlar ile sistemin genel kontrolü sağlanmıştır.
2. Step motor sürücüler gösterilmiştir. Bu sürücü ile step motor kontrolü sağlanmıştır.
3. 24V 5 A güç kaynakları gösterilmiştir. Bu güç kaynağı ile sistemden gelen şebeke voltajı 24 V'a düşürülerek sensör, röle, step motor sürücü vb. ekipmanların çalışma voltajına uygun voltaj seviyesine düşürülmesi amaçlanılmıştır.
4. 5V 10 A röle modülü gösterilmiştir. Pnömatik valf kontrolünü sağlamak için kullanılmıştır.
5. 24 V 10 A röle gösterilmiştir. Sensörleri kontrolünü sağlamak için kullanılmıştır.
6. Prizler gösterilmiştir.
7. Klemens gösterilmiştir. Kablo bağlantılarını düzenlemek için kullanılmıştır.

Gerçekleştirilen bu projede telli güvenlik mühürlerin güvenli bir şekilde markalanması işleminin otonom bir şekilde yapılabilmesi için bir mekatronik sistemin tasarlanması ve tasarlanan bu sistemin imal edilmesi amaçlanmıştır.

Mevcut çalışma sisteminde telli güvenlik mührü markalanması işlemini gerçekleştiren lazer makine performansı operatörün verimine bağlıdır. Operatörün barkod baskısı tamamlandıktan sonra bekleme yapmadan markalanan ürünleri alması gerekmektedir. Bu projede

gerçekleştirilen mekatronik sistem ile lazer makinesine operatörün müdahalesi ortadan kaldırılarak daha iyi bir proses hedeflenmektedir.

Firma bünyesinde mevcut barkod baskı markalama hattında proses manuel bir şekilde ilerlediğinden 4 operatör çalışmaktadır ve günlük barkod baskı yapılan ürün adeti 35.000'dir. Bu proje çalışması ile tasarlanan mekatronik sistem ile ortalama 48 bin Adet ürün markalaması yapılabilecektir. İlerleyen süreçte hedefimiz ise 70 bin adettir.

Tasarlanan mekatronik sistemin temel bileşenleri; üst konveyör, alt konveyör, üst kızak ve alt kızaktır. Otomasyon makinesinden geri bildirim sensörler vasıtasıyla sağlanacaktır. Sistemin istenilen şekilde çalışması bu sensörler sayesinde gerçekleşecektir. Piston, valf ve vakum gibi ekipmanlar ile sistemdeki ürünlerin taşınması sağlanacaktır. Makine Gökerplast firmasının kendi bünyesinde yer alan atölyede imal edilmiştir. Projenin gerçekleştirilmesinde sistem tasarımı için SolidWorks programı, yazılım için C++ programı, elektronik pano tasarımı için Proteus programı, analizler için ise ANSYS programı kullanılmıştır.

Mekatronik sistem prosesinde izlenilecek adımlar:

- 2 personel bant sistemine özel olarak yapılacak taşıma aparatına ürünleri dolduracak ve aparatları banda koyacaktır.
- Bantta hareket eden ürünler lazer markalama alanına geldiğinde bant duracak ve markalama başlayacaktır.
- 1 tane operatör sorunsuz olarak üretilen %100 kontrollü ürünleri sayım haznesinden alarak paketlemesini yapacaktır.

Projenin Yenilikçi Yönleri ve Özgün Değeri:

- Projede yapılacak olan makinenin müşteri talep ve ihtiyaçlarını karşılayabilmek adına firma alt yapısı da göz önüne alınarak geliştirilmesi hedeflenmektedir.
- Projenin tamamlanması sonrası elde edilecek barkod otomasyon ve akıllı takip sistemi içeren makine ile ilgili yapılacak ilk çalışmalardan biri olması özgün değerini oluşturur.
- Yapılacak çalışma ile sanayinin Dijital Dönüşümüne ilişkin akıllı robotik sistemlerinin geliştirilmesine yönelik uygulamalarına yeni bir yöntem kazandırılmış olunacaktır.

BÖLÜM 7

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Sistemin tasarımı ve imalatı tamamlanan mekatronik sistemin performansı sahada gerçekleştirilmiş deneysel çalışmalar ile gözlenmiştir. Çalışmanın başında belirlenen günde 45 bin adet telli güvenlik mührü markalaması hedefi başarı ile tutturulmuştur. Bu çalışmalar ile ilgili sistem üzerinden elde edilen örnek bir istatistik verisi Çizelge 7.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 7.1 Seri Üretim Sonuçları.

Tarih	Üretim Adedi	Hatalı Ürün Adedi	Ort. Saatlik Adet	Açıklama
29.08.2022	30.000	42	1500	Ürünler lazer makinesinin yanlış markalama yapmasından kaynaklıdır. Hatalı ürünler görüntü işleme ile tespit edilmiştir.
2.09.2022	21.000	23	1500	Ürünler lazer makinesinin yanlış markalama yapmasından kaynaklıdır. Hatalı ürünler görüntü işleme ile tespit edilmiştir.
13.09.2022	36.000	17	1800	Makinede fiktürleri sabitlemek için kullandığımız kitleme mekanizmalarından kaynaklı hatalı ürünler çıkmıştır.
19.09.2022	30.000	25	1800	Makinede fiktürleri sabitlemek için kullandığımız kitleme mekanizmalarından kaynaklı hatalı ürünler çıkmıştır.
23.09.2022	15.000	6	2000	Operatör fiktürü düzgün koyamadığından bir fiktürlük(5 adet) hatalı ürün yapılmıştır.
26.09.2022	30.000	15	2000	Operatör fiktürü düzgün koyamadığından üç fiktürlük(15 adet) hatalı ürün yapılmıştır.

Sistemin performansını etkileyen en önemli etkenler sürtünme, titreşim, basınç kaybı, pozisyon ve hız kontrolüdür. Bu değişkinlerin gözlemlenmesi için aşağıda detayları verilen geri bildirim sensörleri sisteme entegre edilmiş, model üzerinde test edilmiş ve elde edilen sonuçların detayları verilmiştir.

7.1 TİTREŞİM VERİLERİ

ANSYS programında ve mühendislik hesaplamalarında çıkan sonuçları doğrulamak için titreşim sensörü alınmıştır. Bu bölümde uygulaması yapılan deney çalışması sunulmaktadır.

Uygulamada Vibratek firmasından Monitran marka titreşim sensörü kullanılmıştır. Sensörden 4-20 mA giriş sinyali olarak bir titreşim verisi alınabilir.

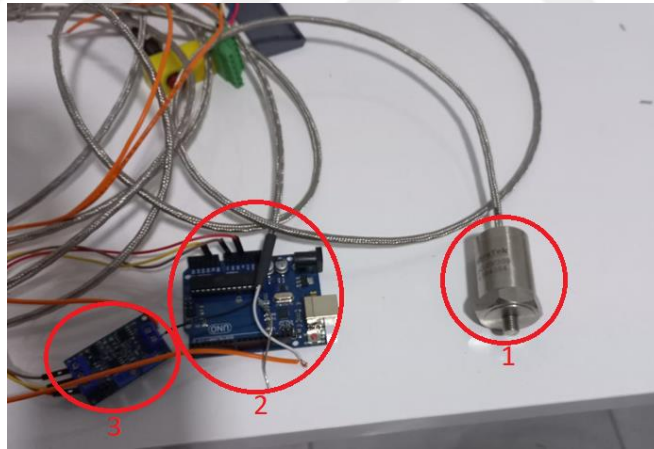
7.1.1 Deneyde Kullanılan Ekipmanlar

Deneyde kullanılan ekipmanlar aşağıda verilmektedir.

1. Titreşim sensörü
2. Atmega 328
3. Akım-Gerilim dönüştürücü
4. 24 v Güç kaynağı

7.1.2 Titreşim Sensörü Kodu

Titreşim sensörü için yazılın c++ kodu ekte yer almaktadır (EK M).



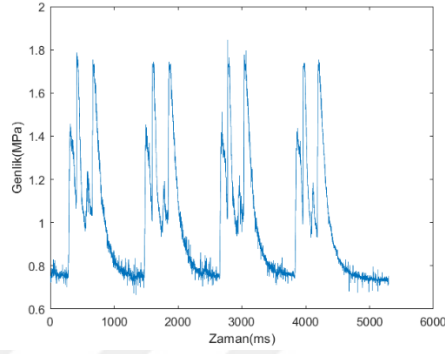
Şekil 7.1 Deneyde kullanılan titreşim sensörü.

Şekil 7.1’de deneyde kullanılan titreşim sensörü gösterilmektedir.



Şekil 7.2 Deneyde kullanılan titreşim sensörünün bağlantı yeri.

Şekil 7.2’de deneyde kullanılan titreşim sensörünün bağlantısı gösterilmektedir.



Şekil 7.3 Titreşim sensörünün genlik-zaman grafiği.

Şekil 7.3’te titreşim sensörünün genlik-zaman grafiği verilmiştir.

Titreşim verileri ANSYS, mühendislik hesaplama ve MATLAB programında yapılan algoritma ile kontrol edilmiş ve verilerin birbirleri ile yaklaşık olarak aynı olduğu görülmüştür.

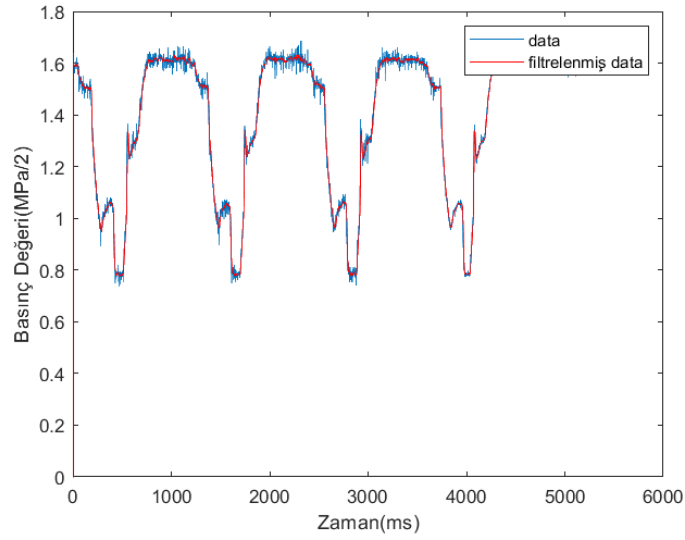
7.2 BASINÇ VERİLERİ

İmalatı yapılan mekatronik sistemin giriş ve çıkış basınçları kontrol edilmiştir. Deney çalışmalarında Mindman marka basınç sensörü kullanılmıştır. Basınç sensörü analog ve 1-5V arasında çalışmaktadır.

Deneyde kullanılan ekipmanlar

Deneyde kullanılan ekipmanlar aşağıda verilmektedir.

1. Basınç sensörü
2. Atmega 328



Şekil 7.4 Basınç sensörünün basınç-zaman grafiği.

Şekil 7.4'te basınç sensörünün basınç-zaman grafiği verilmiştir.



Şekil 7.5 Deneyde kullanılan basınç sensörü.

Şekil 7.5’te deneyde kullanılan basınç sensörü gösterilmiştir.

7.3 ENCODER VERİLERİ

Doğrusal enkoder şekildeki gibi bağlanmıştır. Bu enkoder sayesinde pnömatik pistonu anlık pozisyonu görülmekte ve kontrol edilmektedir. Deneyde MLC 320 B2 005 TTL kodlu Türk menşei doğrusal enkoder kullanılmıştır. Kullanılan enkoder özellikleri; Toplam boyu 1metre, çektiği akım 40 mA, çalışma hızı 3 m/s, giriş gerilimi 10-30V, çıkış gerilimi 5 V ve çözünürlük 10 µm dir.

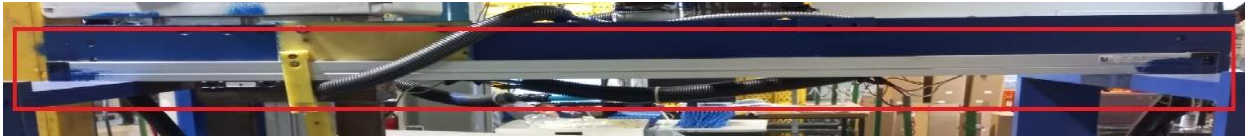
7.3.1 Deneyde Kullanılan Ekipmanlar

Deneyde kullanılan ekipmanlar aşağıda verilmektedir.

1. Doğrusal Enkoder,
2. Atmega 328,
3. 24 v Güç kaynağı,
4. Pnömatik piston,

7.3.2 Doğrusal Enkoder C++ kodu

Doğrusal enkoder için yazılan c++ kodu ekte yer almaktadır. (EK N)



Şekil 7.6 Doğrusal enkoderin bağlantısı

Şekil 7.6’da doğrusal enkoderin bağlantısı gösterilmektedir.

7.4 GENEL DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deneysel çalışmalarda öncelikle titreşim sensörü, basınç sensörü ve doğrusal enkoder ayrı ayrı kontrol edilmiştir. Daha sonra genel c++ ve matlab kodu yazılarak 3 ayrı sistem birbirleri ile birleştirilerek kontrol edilmiştir. Bu yazılım ekte sunulmaktadır (EK O).



Şekil 7.7 Deneysel çalışmanın görseli

BÖLÜM 8

SONUÇLAR

Telli güvenlik mühürleri doğalgaz sayaçlarında, konteynırlarda, araç takometrelerinde ve kıymetli kargo paketlerinde sadece sorumlu kişinin müdahalesi için kullanılır. Bu mühürlerin takibi için her bir mühür üzerine o mühre özel bir barkod markalanır. Bu tez çalışması güvenlik mühür grubunun markalamasının hatasız olarak yapılabilmesi için gerçek bir otomasyon makinesi imal etmeyi ve sorunsuz bir şekilde üretime geçirmeyi amaçlamaktadır.

Bu tez çalışmasının çıkış amacı telli güvenlik mühürlerinin otomasyon sistemi ile %100 kontrolü olarak üretilmesidir. Güvenlik mühürleri genel olarak telsiz olarak üretilir ve tel poşetin içine konulur. Bu alanda piyasa açığını kapatmak için bu şekilde bir otomasyon sistemine ihtiyaç duyulmuştur.

Gerçekleştirilen proje 5 aşamadan oluşmaktadır;

1. 3 boyutlu bilgisayar modeli solidworks programı ile oluşturulmuştur. Parçalar part halinde çizilip alt montajlar şeklinde birleştirme yapılmıştır ve genel tasarım oluşturulmuştur. Genel tasarımda oluşturulan part çizimler teknik resim halinde getirilmiştir.
2. Mukavemet analizi, malzeme seçim hesapları, mühendislik hesaplamalar ve kullanılan malzeme listesi oluşturulmuştur.
3. Teknik resimleri oluşturulan malzemeler çıktı alınarak dosya haline getirilmiştir. Parçalar tasarım kriterlerine göre imal edilmiştir. İmal edilen parçalar montajlanmıştır.
4. Devre şeması dizaynı Proteus programı ile yapılmıştır.
5. Yazılım ve kontrol uygulamaları c++ programı ile yapılmıştır. Mikroişlemciye yükleme ve kontrol kısımları daha kolay olduğu için arduino ile programı kullanılmıştır.

Bu alışmalar tamamlandıktan sonra testler yapılmıştır. Test aşamasında uygunsuzluk ortaya çıktığı durumunda öncelikli olarak sorunun ne olduğu öğrenilmiştir. Ardından tasarım, imalat, elektrik panosu ve yazılım güncelleyerek uygunsuzluklar giderilmiştir.

Bu testler titreşim sorunu ve merkezleme sorunu çözümü şeklinde olmuştur. Bunlar;

Titreşim Sorunu

Otomasyon makinesi test aşamalarında lazer makinesinin titreşimden etkilendiği tespit edilmiştir. zm olarak lazer makinesini, makineden ayırarak titreşimin lazere etkisi giderilmiştir.

Merkezleme Sorunu

Makinede lazer markalama işlemi esnasında fiktrn %1 hassasiyet ile aynı noktada durması gerekmektedir. Bu hassasiyetin %1 olmasının sebebi ürünlerimizin markalama alanının küçük olmasından kaynaklanmaktadır. Bu hassasiyeti sağlamak için makineye sabitleyici pistonlar ilave edilmiştir.

Lazer makinesi markalama yaparken etrafa yanmadan oluşan zararlı gaz ve ışık samaktadır. Daha nceki üretim hattında operatörler lazer makinesine yakın mesafede oturmaktaydılar. Mevcut geliştirilen otomasyon makinesi ile çalışan operatörün lazer makinesinin zararlı etkilerindende korumuştur veya lazerin vereceği zararlı etki büyük ölçüde azaltılmıştır.

Bu tez çalışması ile üretimi yapılan otomasyon makinesi ile kaliteli ürün çıkarılmasını sağlamıştır. Bu projeye ilave olarak görüntü işleme sistemi dahil edilmiştir. Görüntü işlemi sayesinde lazer makinesinde yapılan markalama işleminin doğruluğu %100 kontrol altına alınmıştır. Sonuç olarak telli güvenlik mühürlerin kalite seviyesine artırmıştır. Görüntü işleme kapsamında test yapılmıştır. Bu test sonuçları aşağıdaki gibidir.

Telli kelebek mühürler ile pilot ve seri üretim denemeleri yapılarak aynı sistem içinde hem markalama yapılmış hem de görüntü işleme ile doğruluğu sağlanmıştır. Görüntü işleme sistemi hatalı ürünleri %100 tespit etmektedir. Sistemi test etmek için yapılan çalışmaları özetlemek gerekirse;

- **%100 doğru markalama yapılmış ürünlerin görüntü işleme ile barkod kontrolü:** Barkod Otomasyon ve Akıllı Takip Sistemi arayüze girilen sipariş başlangıç ve bitiş barkod/QR bilgileri ile ürünler üzerindeki barkod/QR'ları eşleştirerek kontrolünü sağlamış ve sistemin hatasız çalıştığı görülmüştür.
- **%100 yanlış markalama yapılmış ürünlerin görüntü işleme ile barkod kontrolü:** Barkod Otomasyon ve Akıllı Takip Sistemi arayüze girilen sipariş başlangıç ve bitiş barkod/QR bilgileri ile ürünler üzerindeki barkod/QR'ları kontrolünü sağlamış ve arayüzdeki bilgiler ile ürünlerdeki bilgiler eşleşmediğinden hatalı ürünleri tespit ettiği görülmüştür.
- **%90 doğru %10 yanlış markalama yapılmış ürünlerin görüntü işleme ile kontrolü:** Barkod Otomasyon ve Akıllı Takip Sistemi arayüze girilen sipariş başlangıç ve bitiş barkod/QR bilgileri ile ürünler üzerindeki barkod/QR'ları kontrolünü sağlamış ve arayüzdeki bilgiler ile eşleşen ve eşleşmeyen ürünlerin tespit edildiği görülmüştür.

Bu tez çalışması ile elde edilen tecrübeler doğrultusunda işletmenin birçok bölümünde kullanılmak üzere gerçekleştirilebilecek yeni otomasyon sistemleri sisteme dahil edilecektir. Bu otomasyon sistemleri Endüstri 4.0 ilkeleri baz alınarak yapılacaktır.

Bu tez kapsamında insan eli ile yapılan bu markalama işleminin akıllı bir mekatronik sistem tarafından yapılabilmesini sağlayacak otomasyon makinesi tasarım çalışmaları gerçekleştirildi ve imal edilerek Çizelge 7.1'de seri üretim sonuçları elde edilmiştir.

Makine seri üretimde çalışmaktadır. Seri üretim çalışmalarına göre anlık olarak veriler tutulmaktadır. Görüntü işleme sistemi bu kapsamda test edilmiş ve %100 kontrolün sağlandığı görülmüştür. Makinede şuana kadar 162.000 adet üretim yapılmıştır. Bu ürünler müşterilere gönderilmiş ve herhangi bir olumsuz geri dönüş alınmamıştır. Seri üretim verileri yukarıda bulunan tablodaki gibidir.

Bu seri üretim sonuçlarına göre başlangıçta günlük 35 bin üreten manuel markalama sistemi şuan 48 bin adet üretim kapasitesine ulaşmış ve bu işlemi %100 doğru bir şekilde yaptığı tespit edilmiştir. İlerleyen zamanda 70 bin adet ürün üretimi hedeflenmektedir.



KAYNAKLAR

- [1] **Aksoy S** (2017) Değişen teknolojiler ve endüstri 4.0: endüstri 4.0'ı anlamaya dair bir giriş. SAV Katkı, 4, 34-44.
- [2] **Fırat S Ü ve Fırat O Z** (2017) Sanayi 4.0 devrimi üzerine karşılaştırmalı bir inceleme: kavramlar, küresel gelişmeler ve Türkiye. Toprak İşveren Dergisi, (114): 10-23.
- [3] **Ghobakhloo M** (2020) Industry 4.0, Digitization, and opportunities for sustainability. Journal of Cleaner Production, 252: 119869.
- [4] **Lu Y** (2017) Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. Journal of Industrial Information Integration, 6: 1-10.
- [5] **Stock T and Seliger G** (2016) Opportunities of sustainable Manufacturing in Industry 4.0. Procedia CIRP, 40: 536-541.
- [6] **Thames L and Schaefer D** (2016) Software-Defined cloud manufacturing for industry 4.0. Procedia CIRP, 52: 12-17.
- [7] **Toker K** (2018) Endüstri 4.0 ve sürdürülebilirliğe etkileri. İstanbul Management Journal, 29 (84): 51-64.
- [8] **Erden M** (2022) Endüstriyel robotik kol için kavisli ray mekanizması ile sürüş sistemi tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul, 127 s.
- [9] **Robla-Gomez S, Beracca V M, Llata J R, Gonzalez-Sarabia E, Torre-Ferrero C and Perez-Oria J** (2017) Working together: A review on safe human-robot collaboration in industrial environments. IEEE Access, 5: 26754-26773.
- [10] **Selimbeyoğlu K** (2019) Jet loop reaktörler için otomasyon sistemi tasarımı ve uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Balıkesir, 78 s.
- [11] **Shingo S** (1989) A study of the toyota production system: from an industrial engineering viewpoint, 1, ISBN: 9780915299171, Productivity Press, 296 p.
- [12] **Vanderspek P** (1993) Planning for factory automation – a management guide to world Class Manufacturing, ISBN-10: 9780070669499, McGraw-Hill, 174 p.
- [13] **Wiley J and Sons** (1976) Behavioral foundation of system development. The American Journal of Psychology, 353-356

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- [14] **Nickerson R S** (1992) Looking Ahead: Human Factors Challenges in a Changing World, ISBN-10: 0805811516, Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, 456 s.
- [15] **URL-1** <<https://www.endustri40.com/endustrinin-gelisimine-bakis/>>, Ziyaret Tarihi: 27.10.2021,
- [16] **Sawas M** (2018) Automation of end-of-line systems using collaborative robots. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kontrol ve Otomasyon Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul, 70 s.
- [17] **Kasap A ve Uğurlu M** (2013) Mekatronik deney sistemlerinin kurulması. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi. Bilimsel Araştırma Komisyonu, Proje No: 2012/96, 1 st.
- [18] **Utanır İ, Durgun İ ve Öztürk Ö** (2011) Tasarımda otomasyon teknikleri. Türkiye Makine Mühendisleri Odası, 12. Otomotiv ve Üretim Teknolojileri Sempozyumu, 13-14 Mayıs 2011, Bursa, 1-10 s.
- [19] **Utanır İ** (2007) CATIA ortamında makine elemanları ile tasarımda otomasyon. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Ana Bilim Dalı, Ankara, 218 s.
- [20] **Demir H** (2018) CAD datası olmayan parçaların tersine mühendislik metodu ile CAD dataalarının oluşturulması. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Ana Bilim Dalı, Elazığ, 114 s.
- [21] **Yağmurlu K** (2017) Makine tasarımında 3ds max programının kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Ana Bilim Dalı, Afyon, 97 s.
- [22] **Kayserilioğlu E** (2009) Automation systems and design of an automated packaging machine. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Bölümü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul, 309 s.
- [23] **URL-2** <<https://gokerplast.com.tr/guvenlik-muhurleri/>>, Ziyaret Tarihi: 15.08.2021,
- [24] **Çelik Y H** (2010) Plastik enjeksiyon kalıplarının modellenmesi için bir paket programın geliştirilmesi ve optimizasyonu. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Ana Bilim Dalı, Elâzığ, 196 s.
- [25] **Bozca M** (1996) Plastik enjeksiyon makinalarının tahrik sistemlerinin tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul, 135 s.
- [26] **Yasin O** (2021) Avoiding short shot quality failure in injection molding machine. Yüksek Lisans Tezi, Özyeğin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Endüstri Mühendisliği Bilim Dalı, İstanbul, 92 s.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- [27] **Özbek İ** (2013) Plastik enjeksiyon makinesi seçiminde aksiyomatik tasarım yaklaşımı. Yüksek Lisans tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Ana Bilim Dalı, İstanbul, 173 s.
- [28] **Esenlik M** (2001) Plastik Enjeksiyon Kalıpcılığında Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri. Yüksek Lisans tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 164 s.
- [29] **Akyüz Ö F (Ed.)** (1998) Plastikler ve Plastik Enjeksiyon Teknolojisine Giriş, PAGEV Yayınları Kaptan Ofset İstanbul. 1, ISBN: PAGEV yayınları kaptan ofset, İstanbul, 271 s.
- [30] **Yalçınkaya S E Y** (2008) Nanokil-polimer kompozitlerinin sentez ve karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Ankara, 85 s.
- [31] **Yavuz B** (2015) Manufacturing of polymer/metal macro composites by plastic injection molding and investigating the effects of process parameters. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Malzeme ve imalat Bilim Dalı, İstanbul, 66 s.
- [32] **Birol E** (2015) Tampon baskı sisteminde kaliteye etki eden parametrelerin belirlenmesi Doktora tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 128 s.
- [33] **Birol E ve Oktav M** (2017) Tampon baskı sisteminde tram sıklığının nokta kazancına etkisi incelenmesi. Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Dergisi, 12(47), 41-51.
- [34] **Kanber B** (2005) Serigrafi tampon baskı makinasının bilgisayar destekli tasarımı ve imalatı. Doktora tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Ana Bilim Dalı, İstanbul, 34 s.
- [35] **Yağbasan A** (2018) Termal transfer sisteminde yazma kalitesini ve yazıcı başlık ömrünün artırılması. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Konya, 94 s.
- [36] **Ziyara A A İ** (2015) Optimization of the fabrication processes of microfluidic chips by hot embossing. Yüksek Lisans Tezi, Çankaya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 75 s.
- [37] **Ağca M A** (2016) Sıcak baskı folyolarının değişik proses parametrelerindeki ABS malzeme üzerine baskı kalite performansının incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul, 87 s.
- [38] **Bozkurt A** (2018) ESD ile sert faz kaplanmış titanyum alaşımlarının ve çeliklerin lazer ile işlenmesi ve karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul Afyon, 82 s.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- [39] **Çalgülü U** (2009) AISI 304-430 Paslanmaz-AISI 1010 Çelik Çiftlerinin Lazer Yöntemi ile Kaynağında Birleşme Özelliklerinin İncelenmesi. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kaynak Eğitimi Bilim Dalı, Elâzığ, 171 s.
- [40] **Hawthorne M** (2018) Automated laser marking achine, Doctoral dissertation, University of Cincinnati, the Department of Mechanical and Materials Engineering College of Engineering, Applied Science, Cincinnati, 25 p.
- [41] **Bahrin M A K, Othman M F, Azli N H N and Talib M F** (2016) Industry 4.0: A Review on Industrial Autamation and Robotic. Journal Teknologi, 78 (6-13):137-143.
- [42] **Güney Y** (2014) Automation level optimization for an automobile assembly line. Yüksek Lisans Tezi, Galatasaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul, 100 s.
- [43] **Orhan A** (1994) Bilgisayar kontrolü programlanabilir baskılı devre matkap tezgâhı. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul, 109 s.
- [44] **Syed R, Suriadi S, Adams M, Bandara W, Leemans S J, Ouyang C and Reijers H A** (2020) Robotic process automation: contemporary themes and challenges. Computers in Industry, 115: 103162.
- [45] **Asquith A and Horsman G** (2019) Let the robots do it!-Taking a look at Robotic Process Automation and its potential application in digital forensics. Forensic Science International: Reports, 1: 100007.
- [46] **Toylan H ve Kuşçu H** (2013) Kütle duyarlı elma sınıflandırma endüstriyel otomasyon tasarımı. Ejovoc (Electronic Journal of Vocational Colleges), 3 (1): 210-216.
- [47] **Kavdır İ and Guyer D E** (2008) Evaluation of different pattern recognition techniques for apple sorting. Biosystems Engineering, 99, 211-219.
- [48] **Accorsi R, Tufano A, Gallo A, Galiza F G, Cocchi G, Ronzoni M and Abbate A** (2019) An application of collaborative robots in a food production facility. Procedia Manufacturing, 38: 341-348.
- [49] **Ulusal E** (2019) Otonom tarım robotlarının hareket planlaması ve yörunge takibi kontrolüne yüzey eğimi etkilerinin incelenmesi, Bülent Ecevit Ünivesitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 93 s.
- [50] **Tekin E** (2008) Kontrol sistemlerinde bozucuların giderilmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul, 64 s.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- [51] **Arslan H, Orhan S ve Aktürk N** (2003) Bilyalı rulman hasarlarının neden olduğu titreşimlerin modellenmesi. Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 18(4).
- [52] **Çelikdemir Ö** (2006) An automatic vision guided position controller in a conveyor belt pick and place system. Yüksek Lisans Tezi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim, İzmir, 79 s.
- [53] **Işık A F** (2013) Sensör çeşitleri, robotik alanda kullanılan sensörler ve FSR sensör uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Balıkesir, 149 s.
- [54] **Poyraz S B** (2010) Pnömatik iki-eksenli kartezyen robot sistemi ile malzeme taşıma otomasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mekatronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İzmir, 130 s.
- [55] **Özsoy M** (2016) Yüksek hızlı esnek 6 eksen CNC işleme merkezi geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Balıkesir, 112 s.
- [56] **Lee S, Kim M, Youm Y and Chung W** (1999) Control of a Car-Like Mobil Robot Parking Problem. Proceedings of the 1999 IEEE International Conference on Robotics & Automation, 10-15 Mayıs 1999, Detroit, Michigan, 814-819.
- [57] **Çalışkan Ö** (2007) Çok sayıda servomotor, sensör ve elektropnömatik eleman içeren tekstüre-büküm makinası otomasyonu. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mekatronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul, 143 s.
- [58] **Kurt S** (2007) Akıllı robotlardaki sensörlerin sürekli senkronizasyonu ile hedef belirleme. Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul, 72 s.
- [59] **Ayaz K** (2019) Mikroişlemci denetimli beş serbestlik derecesine sahip robot ile yüzey ölçüm. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik- Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Samsun, 76 s.
- [60] **Aksu C** (2020) Arduino ile çalışan çok fonksiyonlu robot. Yüksek Lisans Tezi, Haliç Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul, 113 s.
- [61] **Aygör Y** (2019) Arduino ile güneş enerjili sera otomasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Kaynakları ve Yönetimi Ana Bilim Dalı, Çanakkale, 74 s.
- [62] **URL-3** < <https://tr.wikipedia.org/wiki/Tork>>, Ziyaret Tarihi: 08.11.2022.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- [63] URL-4 < [https://tr.wikipedia.org/wiki/Açısal_hız](https://tr.wikipedia.org/wiki/A%C4%7Fısal_hız)>, Ziyaret Tarihi: 08.11.2022,
- [64] URL-5 < [https://tr.wikipedia.org/wiki/Güç_\(fizik\)](https://tr.wikipedia.org/wiki/Güç_(fizik))>, Ziyaret Tarihi: 08.11.2022,
- [65] URL-6 < <https://test.yr.com.tr/Res/var/PDF/Presentation/MekanikUygulamalar.pdf>>, Ziyaret Tarihi: 01.11.2022,
- [66] URL-7 <<https://fizikdersi.gen.tr/is-nedir-tanim-ornek-sorular-cozumleri/>>, Ziyaret Tarihi: 08.11.2022,
- [67] URL-8 <<https://www.muhandisbeyinler.net/fizik-formulleri/>>, Ziyaret Tarihi: 08.11.2022,
- [68] URL-9 < <https://tr.wikipedia.org/wiki/İvme>>, Ziyaret Tarihi: 08.11.2022,
- [69] URL-10 < <https://tr.wikipedia.org/wiki/Debi>>, Ziyaret Tarihi: 08.11.2022,
- [70] URL-11 <<https://matematikdelisi.com/Orta/Sinif8/Konu/geometrik-cisimler/dairesel-dik-silindirin-yuzey-alani-hacmi.html>>, Ziyaret Tarihi: 08.11.2022,
- [71] URL-12 < <https://tr.wikipedia.org/wiki/Kuvvet>>, Ziyaret Tarihi: 08.11.2022,
- [72] URL-13 < <https://tr.wikipedia.org/wiki/Hacim>>, Ziyaret Tarihi: 08.11.2022,
- [73] URL-14 < <https://tr.wikipedia.org/wiki/Debi>>, Ziyaret Tarihi: 08.11.2022,
- [74] URL-15 < <http://www.muhandislikbilgileri.com/?pnum=139&pt=VİDA-CİVATA>>, Ziyaret Tarihi: 06.11.2021,
- [75] URL-16 < https://static.smc.eu/pdf/ACD-C_EU.pdf> Ziyaret Tarihi: 08.12.2021,
- [76] URL-17 <<https://www.doguskalip.com.tr/Urun/5316/40x40-light-sigma-profil>>, Ziyaret Tarihi: 03.05.2022,
- [77] URL-18 <<https://www.sahinrulman.com/blog/step-motor-surucu-secimi-ve-jumper-ayarlari>>, Ziyaret Tarihi: 01.11.2021,
- [78] URL-19 < <https://www.otomasyoncu.net/urun/gs24-kaplin-servo-kaplin>>, Ziyaret Tarihi: 02.11.2021,
- [79] URL-20 < http://www.robotiksisitem.com/arduino_mega_2560_ozellikleri.html>, Ziyaret Tarihi: 03.11.2021,
- [80] URL-21 < <https://ca01.smcworld.com/catalog/New-products-en/mpv/20-E747-DAS-X946/data/20-E747-DAS-X946.pdf>>, Ziyaret Tarihi: 01.11.2022.

EK AÇIKLAMALAR

EK A: Birinci Atmega 2560 Yazılımı

```
//giriş ve çıkışları tanımlama
const int stepPin = 3;//Step motor step pin
const int dirPin = 4;//Step motor dır pin
const int enPin = 5; //Step motor en pin
int Sensor1=6;//Konveyör sensör
int Sensor2=12;//Kızak sensör
//HER DÖNGÜDE OLAN ORTAK İFADELER
int sayici=0;
int lazer_sure=4000;
//HER DÖNGÜDE OLAN ORTAK İFADELER
//HOME AYARLARI İÇİN YAPILANLAR
int baslangic_butondurumu = 0;//Konveyör sensör durumu
int baslangic_deger=0; //sensörü, of, on ve of konumuna bakan değer
int baslangic_x = 0; // motor for döngüsü değeri
int baslangic_numberOfPulse = 60;//motor çalışma aralığı
int baslangic_orneklemeHizi = 200; // bekleme zamani
void baslangic_sayicideger(); //kontrolü yapılan değer
void baslangic_motorcalis();// motor çalışma değeri
void baslangic_motordur();// motor durma döngüsü
void baslangic_zaman();//lazer yazma bekleme zamanı döngüsü
//HOME AYARLARI İÇİN YAPILANLAR
//2. ve 3. Döngü için yapılanlar
void ikinci_motordur();// motor durma döngüsü
void ikinci_zaman();//lazer yazma bekleme zamanı döngüsü
int C1 = 0;
//2. ve 3. Döngü için yapılanlar
```

```

//İlk üç döngü için
void ilk_uc_dongu();//İlk üç döngünün çalışma döngüsü
int C2 = 0; // sayıcı değeri 3 olduğu zaman döngüden çıkarma kısmı
//İlk üç döngü için
//Dört ve diğer tüm döngüler için
int kizak_butondurumu=0;
int kizak_deger=0;
void dongu_zaman();
void dongu();
void dongu_motordur();
void calisma_dongusu();
void sensor2_sayicideger();
//Dört ve diğer tüm döngüler için

int C3 = 1;
void setup() {
  pinMode(Sensor1, INPUT);
  pinMode(Sensor2, INPUT);
  pinMode(stepPin, OUTPUT);
  pinMode(dirPin, OUTPUT);
  pinMode(enPin, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);}
//HOME NOKTASI İÇİN BAŞLANGIÇ ÇALIŞMASI
void baslangic_sayicideger(){
  baslangic_butondurumu =digitalRead(Sensor1); //Konveyör sensör durum tespiti için 3
  konumda değerlendirme LOW HIGH VE tekrar LOW olunca baslangic deger=3 oluyor
  if ( (baslangic_butondurumu == LOW) && (baslangic_deger == 0) ){
    baslangic_deger=1;
    delay(1);}
  if ( (baslangic_butondurumu == HIGH) && (baslangic_deger== 1) ) {
    baslangic_deger=2;
    delay(1); }
  if ( (baslangic_butondurumu == LOW) && (baslangic_deger == 2) ) {
    baslangic_deger=3;

```

```

    delay(1); } }
void baslangic_motordur(){
    if(baslangic_deger==3)//motoru durdurma kısmı
{delayMicroseconds(10);
digitalWrite(stepPin, LOW);
delayMicroseconds(10);
baslangic_zaman();//lazer yazma zamanı }}
void baslangic_motorcalis(){
    if(baslangic_deger < 3) //Motor çalış konveyör sensörden veri gelince dur. Başlangıç degeri
0 olacağı için duracaktır.
{ digitalWrite(dirPin, HIGH);
for (baslangic_x = 0; baslangic_x < baslangic_numberOfPulse; baslangic_x ++ ) {
digitalWrite(stepPin, HIGH);
delayMicroseconds(baslangic_orneklemeHizi);
digitalWrite(stepPin, LOW);
delayMicroseconds(baslangic_orneklemeHizi); }
baslangic_sayicideger();//başlangıç_degerin içine giren kısım. } }
void baslangic_zaman(){
    delay(lazer_sure);
    sayici=1;
    C1=1;
    baslangic_deger=0;//döngünün tekrar etmesi için sıfırlamak gerekiyor.
} //HOME NOKTASI İÇİN BAŞLANGIÇ ÇALIŞMASI
// 2.ve 3. döngüler
void ikinci_motordur(){
    if(baslangic_deger==3)//Fikstürlerin 2.turda durma pozisyonu için. {
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(stepPin, LOW);
    delayMicroseconds(10);
    ikinci_zaman();}}
void ikinci_zaman(){
    delay(lazer_sure);
    sayici = sayici + 1;
    delay(1);

```

```

    baslangic_deger=0;
    if((sayici==3)&&(C2==0)){
        C2=1;}}
// 2.ve 3. döngüler
//İlk üç döngü için
void ilk_uc_dongu(){
    if(C2==0){
        if(sayici<1)//Başlangıç koşulu sayici=0 olduğu için çalışacaktır.
        {
            baslangic_motorcalis();//Başlangıç motor çalıştırma kısmı
            delay(1);
            baslangic_motordur(); }
        if ((sayici<3) && (C1==1))//C1=1 değeri lazerin yazdırma süresi bitmesi ile alakalıdır.
        { delay(1);
            baslangic_motorcalis();//2.Fikstürün gelmesi için gerekli çalıştırma komutudur.
            delay(1);
            ikinci_motordur();//2.Fikstürün durması komutudur. } }
        Serial.print("sayici değeri ");
        Serial.print(sayici);
        Serial.println(". oldu.");}
//İlk üç döngü için
//Dört ve diğer tüm döngüler için
void dongu_zaman(){
    delay(lazer_sure);
    sayici = sayici + 1;
    delay(1);
    baslangic_deger=0;
    kizak_deger=0;
    if((sayici==3)&&(C2==0)){
        C2=1; }}
void sensor2_sayicideger(){
    kizak_butondurumu =digitalRead(Sensor2); //Konveyör sensör durum tespiti için 3
    konumda değerlendirme
    if ( (kizak_butondurumu == LOW) && (kizak_deger == 0) ) {

```

```

kizak_deger=1;
delay(1);}
if ( (kizak_butondurumu == HIGH) && (kizak_deger== 1) ){
    kizak_deger=2;
    delay(1);}
if ( (kizak_butondurumu == LOW) && (kizak_deger == 2) ) {
    kizak_deger=3;
    delay(1); } }
void dongu_motordur(){
    if(baslangic_deger==3) {
        delayMicroseconds(10);
        digitalWrite(stepPin, LOW);
        delayMicroseconds(10);
        dongu_zaman();}}
void dongu(){
    if(kizak_deger==3){
        delay(1);
        baslangic_motorcalis();
        delay(1);
        dongu_motordur();}
    sensor2_sayicideger();}
void calisma_dongusu(){
    if(sayici>=3) {
        delay(1);
        dongu();
        delay(1); }}
//Dört ve diğer tüm döngüler için;
void loop() {
    ilk_uc_dongu();
    delay(1);
    calisma_dongusu();
    delay(1);}

```

EK B: İkinci Atmega 2560 Yazılımı

```
//giriş ve çıkışlar
int sensor_manyetik_urun_alma1 =7;//ürün alma pistonun manyetik sensörü üst
int sensor_manyetik_urun_alma2 =4;//ürün alma pistonun manyetik sensörü alt
int fotosel = 9; //Fikstür gelme kontrol sensörü
int alt_kizak_sensor = 5;//Alt kızak arabasının yerinde olmasını kontrol eden sensör
int vakum = 10;//vakum pini
int urun_alma_valf = 11;//ürün alma pistonun valf pini
int ust_kizak_valf= 14;//üst kızak pistonun valf pini
//input ve outputlar
//değerler
int konveyor_durumu=0;//konveyör fikstür durumu kontrolü sensörü okuma
int konveyor_deger=0;//konveyör fikstür durumu kontrolü değeri
int urun_alma_piston_durumu=0;//ürün alma pistonunun kontrolü sensör okuma
int urun_alma_ust_sensor_deger=0;//ürün alma pistonunun durum değeri
int urun_alma_piston_durumu2=0;//ürün alma pistonunun kontrolü sensör okuma
int urun_alma_alt_sensor_deger=0;//ürün alma pistonunun kontrolü sensör okuma
int alt_kizak_durumu = 0;
int C1=0;
int C2=0;
int C3=0;
int C4=0;
int C5=0;
//değerler
//donguler
void konveyor_durumu_kontrol_sensoru_fotosel();//fotosel sensör döngüsü
void urun_alma_manyetik_ust_sensor();//ürün alma üst sensör döngüsü
void urun_alma_manyetik_alt_sensor();//ürün alma alt sensör döngüsü
void ust_kizak_manyetik_alt_sensor();
void ust_kizak_manyetik_ust_sensor();
void alt_kizak_konumu();
void calisma_dongu();
//donguler
```

```

void setup() {
  pinMode(sensor_manyetik_urun_alma1, INPUT); //ürün alma üst manyetik sensör input
  pinMode(sensor_manyetik_urun_alma2, INPUT); //ürün alma alt manyetik sensör input
  pinMode(fotosel, INPUT); //konveyör fikstür durum fotosel sensör input
  pinMode(alt_kizak_sensor, INPUT); //alt kızak araba durum kontrolü sensörü
  pinMode(vakum, OUTPUT); //vakum//vakum tanımlanması
  pinMode(ust_kizak_valf, OUTPUT); //üst kızak valf tanımlanması
  pinMode(urun_alma_valf, OUTPUT); //valf ürün alma tanımlanması
  digitalWrite(vakum, HIGH); //vakum başlangıç durumu no olduğu için tam tersi çalışıyor
  digitalWrite(urun_alma_valf, HIGH); //valf başlangıç durumu no olduğu için tam tersi
  çalışıyor
  digitalWrite(ust_kizak_valf, HIGH); //valf başlangıç durumu no olduğu için tam tersi
  çalışıyor
  Serial.begin(9600); //Seri port ekranı }
void konveyor_durumu_kontrol_sensoru_fotosel() //konveyör sensör durumu{
  konveyor_durumu = digitalRead(fotosel);
  if ( (konveyor_durumu == LOW) && (konveyor_deger == 0) ){
    konveyor_deger=1;
    delay(10); }
  if ( (konveyor_durumu == HIGH) && (konveyor_deger== 1) ) {
    konveyor_deger=2;
    delay(10); }
  if ( (konveyor_durumu == LOW) && (konveyor_deger == 2) ){
    konveyor_deger=3;
    delay(10); } }
void urun_alma_manyetik_ust_sensor(){
  urun_alma_piston_durumu = digitalRead(sensor_manyetik_urun_alma1);
  if ( (urun_alma_piston_durumu == LOW) && (urun_alma_ust_sensor_deger == 0) ) {
    urun_alma_ust_sensor_deger=1;
    delay(10);}
  if ( (urun_alma_piston_durumu== HIGH) && (urun_alma_ust_sensor_deger== 1) ){
    urun_alma_ust_sensor_deger=2;
    delay(10);}
  if ( (urun_alma_piston_durumu== LOW) && (urun_alma_ust_sensor_deger == 2) ){

```

```

urun_alma_ust_sensor_deger=3;
delay(10); } }
void urun_alma_manyetik_alt_sensor(){
    urun_alma_piston_durumu2 = digitalRead(sensor_manyetik_urun_alma2);
    if ( (urun_alma_piston_durumu2 == LOW) && (urun_alma_alt_sensor_deger == 0) ) {
        urun_alma_alt_sensor_deger=1;
        delay(10);}
    if ( (urun_alma_piston_durumu2== HIGH) && (urun_alma_alt_sensor_deger== 1) ){
        urun_alma_alt_sensor_deger=2;
        delay(10);}
    if ( (urun_alma_piston_durumu2== LOW) && (urun_alma_alt_sensor_deger == 2) ){
        urun_alma_alt_sensor_deger=3;
        delay(10); } }
void calisma_dongu(){
    konveyor_durumu_kontrol_sensoru_fotosel();
    delay(10);
    urun_alma_manyetik_alt_sensor();
    delay(10);
    urun_alma_manyetik_ust_sensor();
    delay(10);
    if((C1==0 )&& (konveyor_deger==3)&&(C2==0)){
        delay(10);
        if((urun_alma_alt_sensor_deger == 1)&&(C2==0)&&(urun_alma_ust_sensor_deger==0)){
            digitalWrite(urun_alma_valf, LOW);//valf aç komutu
            delay(500);
            digitalWrite(vakum, LOW);//vakum aç komutu
            delay(500);
            digitalWrite(urun_alma_valf, HIGH);//valf aç komutu
            delay(500);
            C2=1;}
        if((C2==1)&&(C3==0)){
            digitalWrite(ust_kizak_valf, LOW);//valf aç komutu
            delay(2000);
            C3=1; }

```

```

if((C3==1)&&(C5==0)){
    if(C4==0) {
        digitalWrite(urun_alma_valf, LOW);//valf aç komutu
        delay(500);
        digitalWrite(vakum, HIGH);//vakum aç komutu
        delay(500);
        digitalWrite(urun_alma_valf, HIGH);//valf aç komutu
        delay(500);
        C4 = 1;
        C5 = 1; } }
if((C5==1)&&(C4==1)){
    digitalWrite(ust_kizak_valf, HIGH);
    delay(2000);
    C1=0;
    delay(1);
    C2=0;
    delay(1);
    C3=0;
    delay(1);
    //alt_kizak_deger=0;
    delay(1);
    urun_alma_alt_sensor_deger=0;
    delay(1);
    urun_alma_ust_sensor_deger=0;
    delay(1);
    konveyer_deger=0;
    delay(1);
    C5=0;
    delay(1);
    C4=0;} } }
void loop(){
    alt_kizak_durumu = digitalRead(alt_kizak_sensor);
    if(alt_kizak_durumu==HIGH){
        calisma_dongu(); }

```

```
Serial.print("Sensör ");  
//Serial.print(alt_kizak_deger );  
Serial.println(". defa gördü.");}
```



EK C: Üçüncü Atmega 2560 Yazılımı

```
const int buttonPin1= 5;
const int buttonPin2=12;
const int valf1 = 2;
int buttonState2=0;
int sayac=0;
int deger=0;
void durum1();
void durum2();
void sifirlama();
void setup() {
  pinMode(valf1 , OUTPUT);
  pinMode(buttonPin1, INPUT);
  pinMode(buttonPin2, INPUT);
  digitalWrite(valf1, LOW);
  delay(1);
  Serial.begin(9600);}
void durum1(){
  if ((deger==0)&&(sayac==20)){
    delay(1000);
    digitalWrite(valf1,HIGH);
    deger=1; }}
void durum2(){
  buttonState2=digitalRead(buttonPin2);
  if((buttonPin2==LOW)&&(deger==1)){
    delay(1000);
    digitalWrite(valf1,LOW);
    deger=2; }}
void loop() {
  int okudum=digitalRead(buttonPin1);
  if (okudum==HIGH){
    sayac=sayac+1;
    Serial.println(sayac);
```

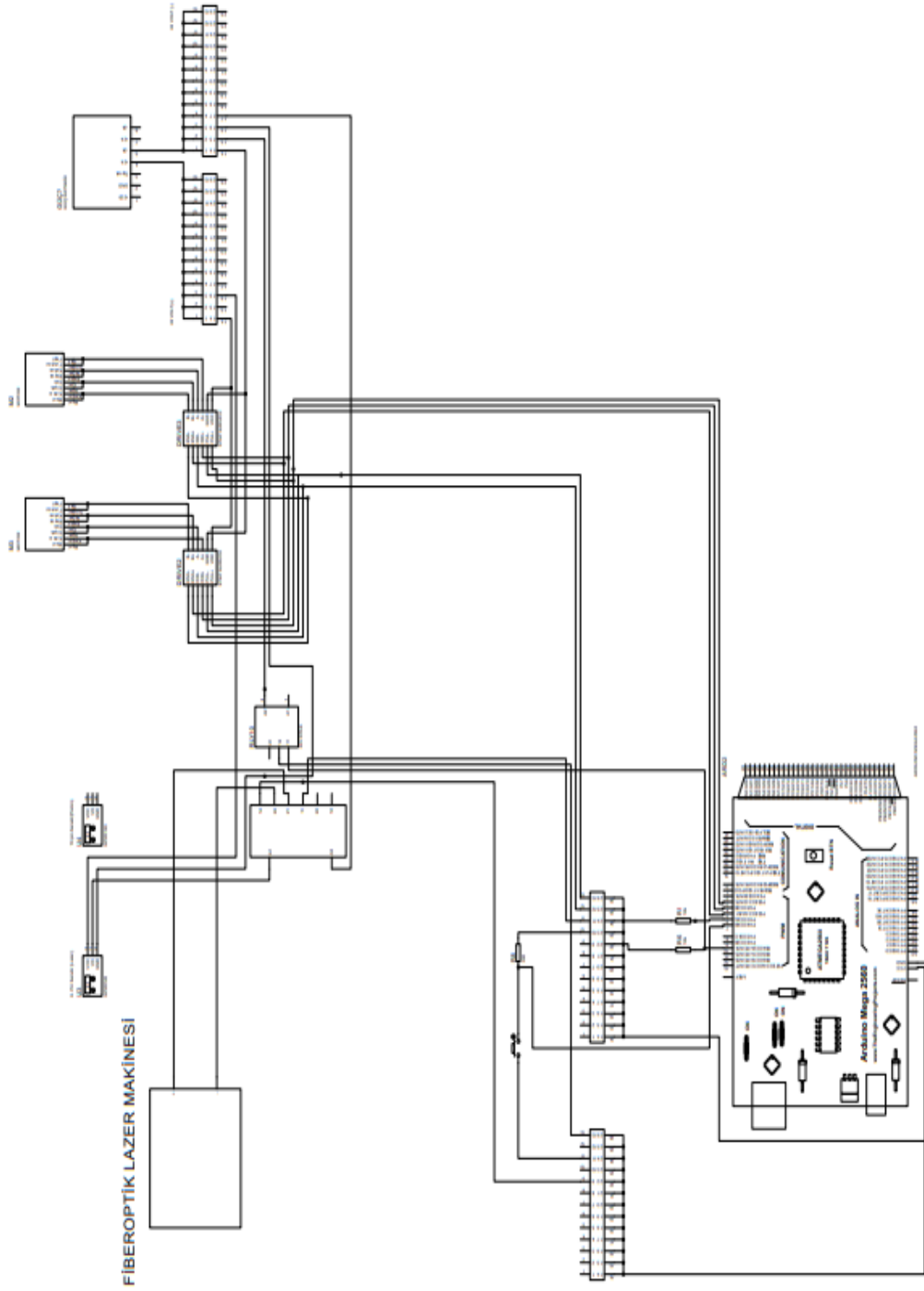
```
durum1();  
durum2();  
while(okudum==HIGH){  
    delay(10);  
    okudum=digitalRead(buttonPin1);  
} while(okudum==LOW){  
    delay(10);  
    okudum=digitalRead(buttonPin1);  
} } Serial.println(sayac); }
```



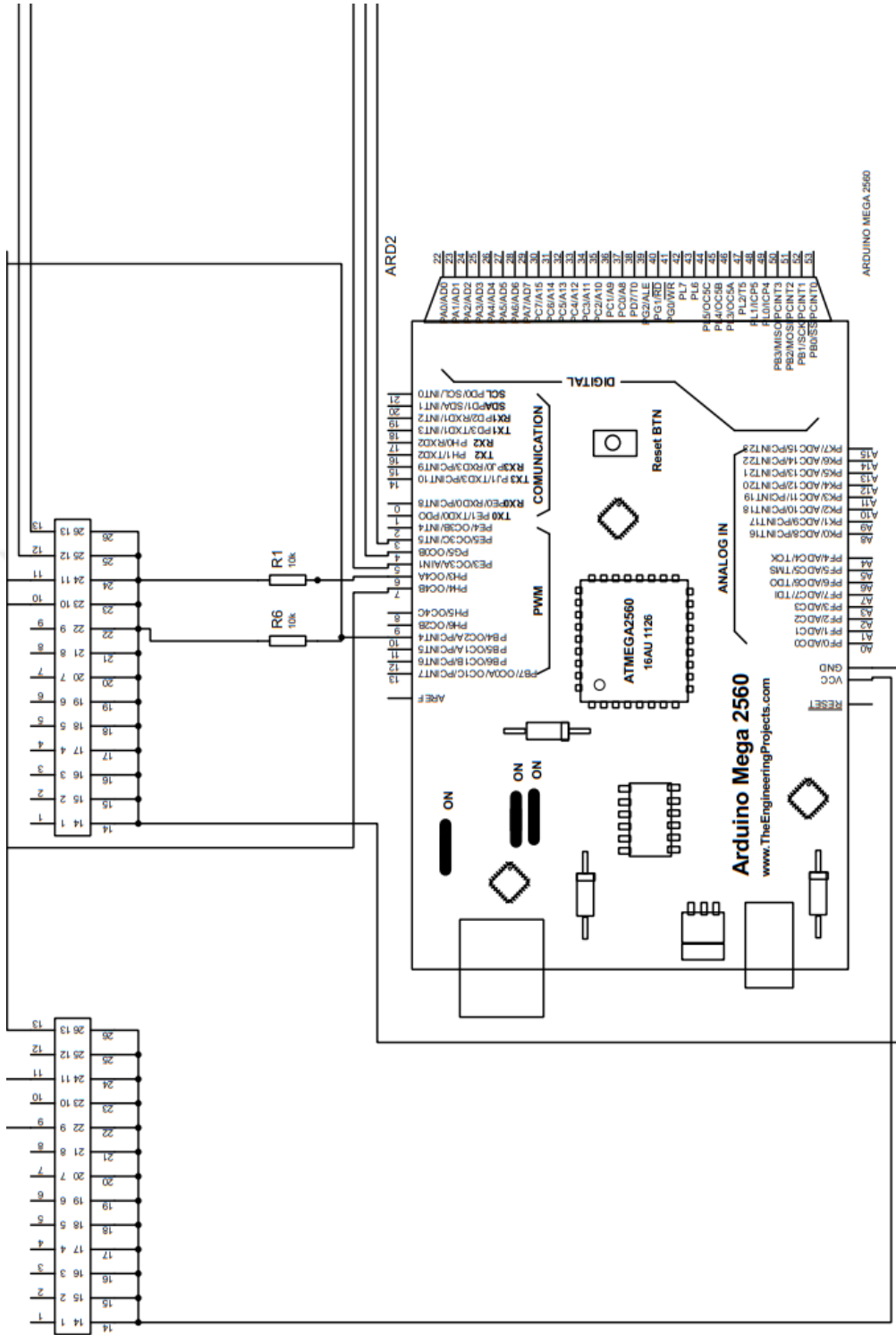
EK D: Dördüncü Atmega 2560 yazılımı

```
int button=2;
int piston=7;
void setup(){
  Serial.begin(9600);
  pinMode(button,INPUT);
  pinMode(piston,OUTPUT);
  digitalWrite(led,HIGH); }
void loop(){
  if(buttonState==HIGH){
    digitalWrite(piston,HIGH);  }}
```

EK E: Birinci Atmega 2560 Elektronik Devre Şeması

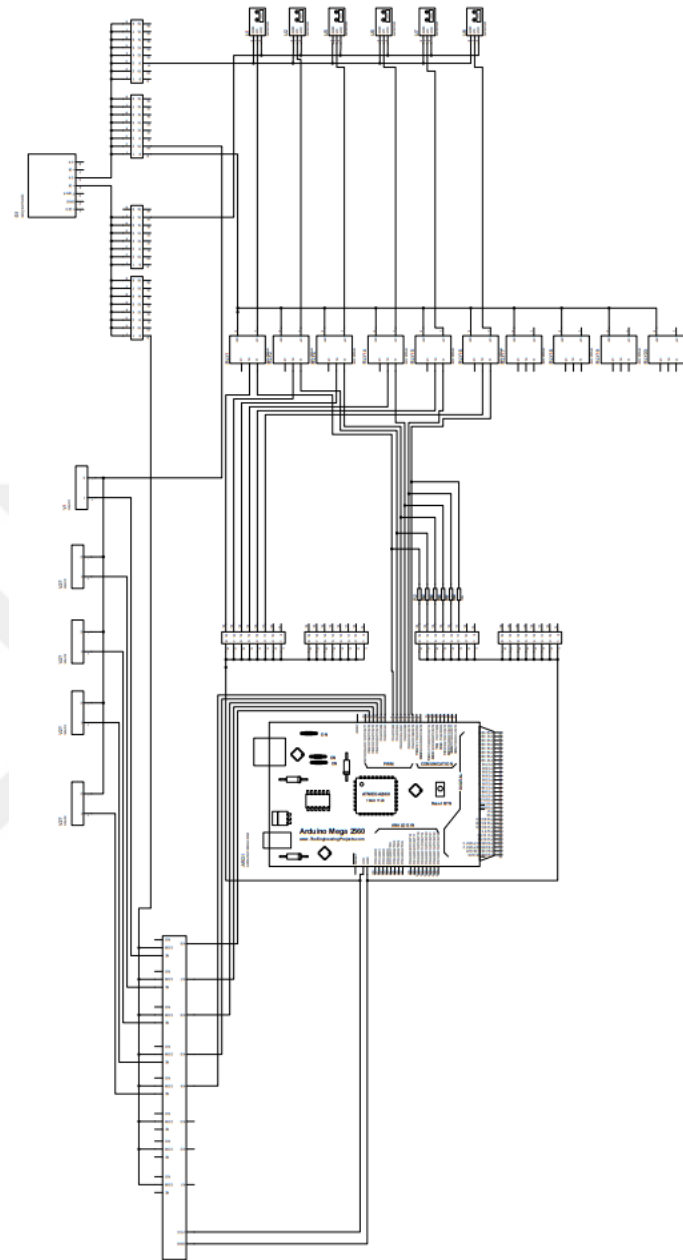


Şekil E.1 Birinci Atmega 2560 elektrik devre şeması.



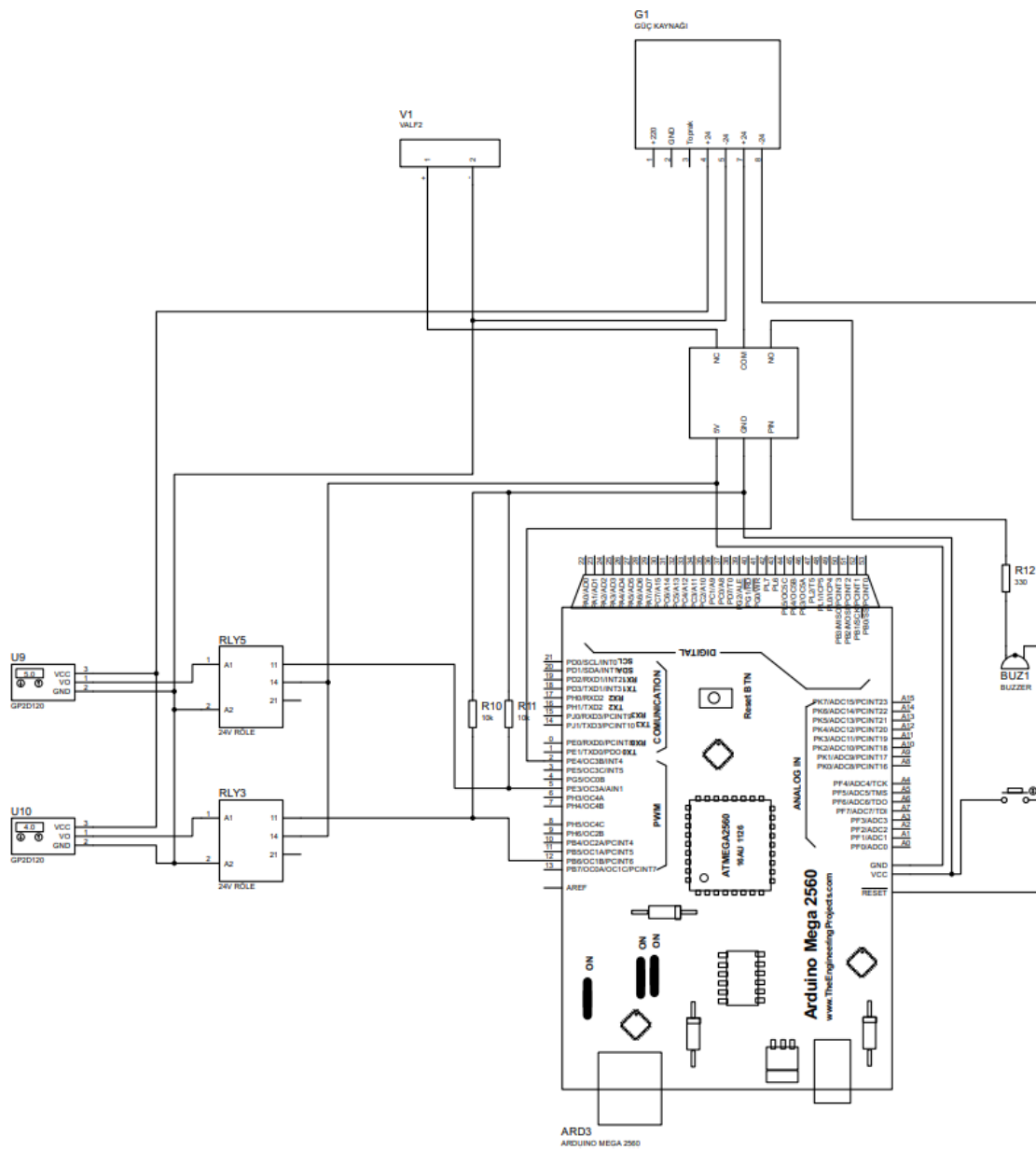
Şekil E.2 Birinci Atmega 2560 yakından devre şeması.

EK F: İkinci Atmega 2560 Elektronik Devre Şeması



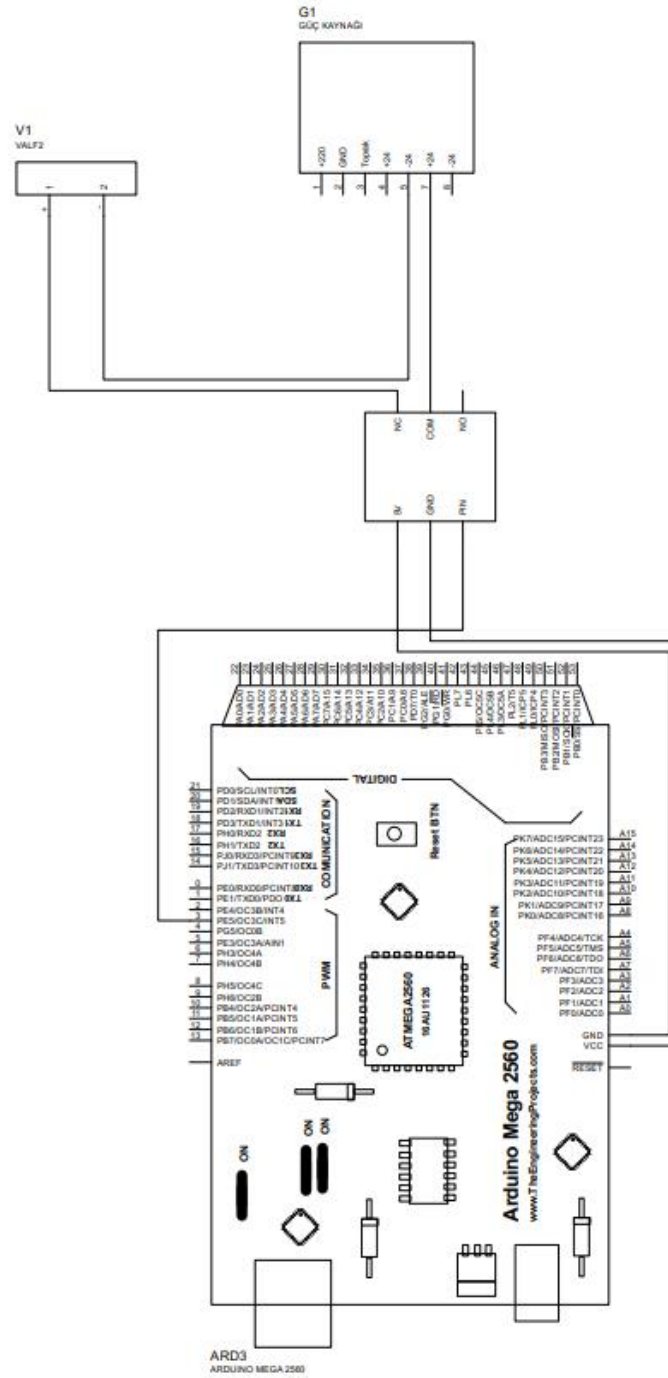
Şekil F.1 İkinci Atmega 2560 elektrik devre şeması.

EK G: Üçüncü Atmega 2560 Elektronik Devre Şeması



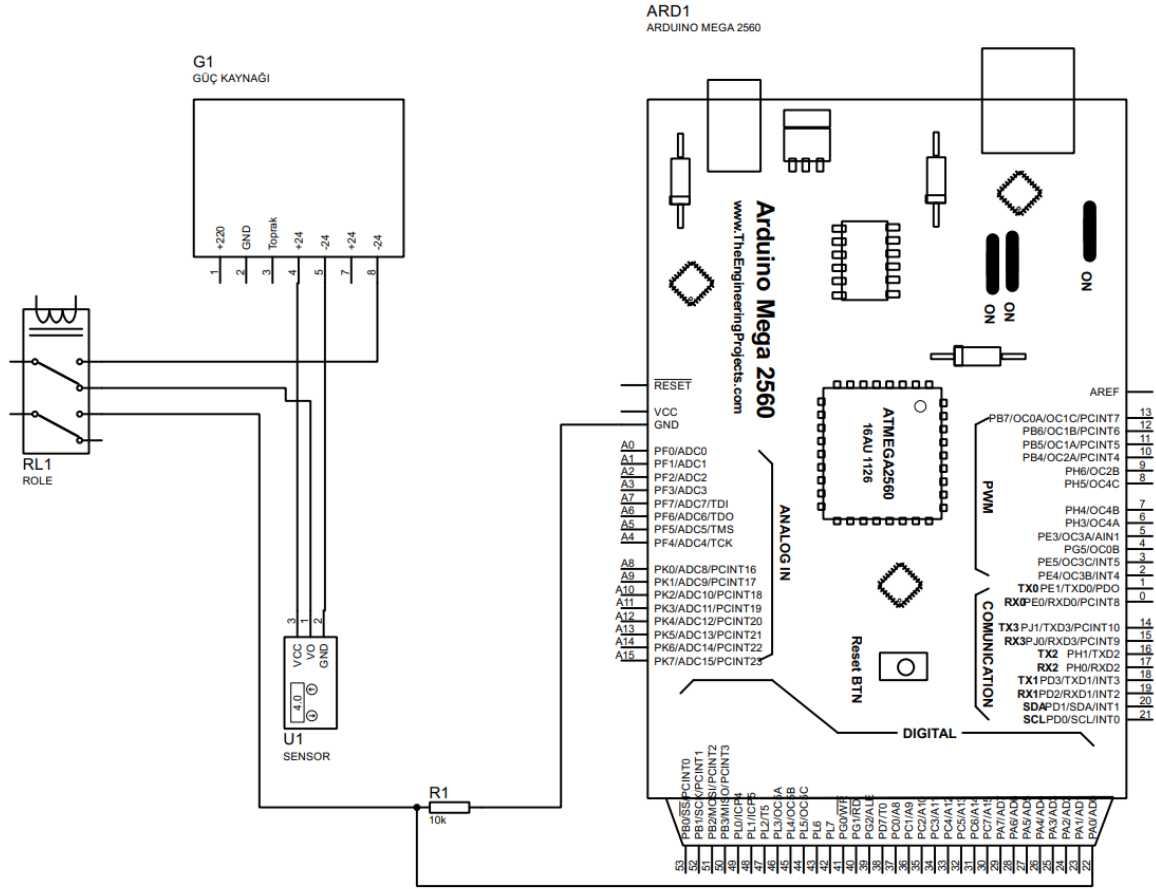
Şekil G.1 Üçüncü Atmega 2560 elektrik devre şeması.

EK H: Dördüncü Atmega 2560 Elektronik Devre Şeması



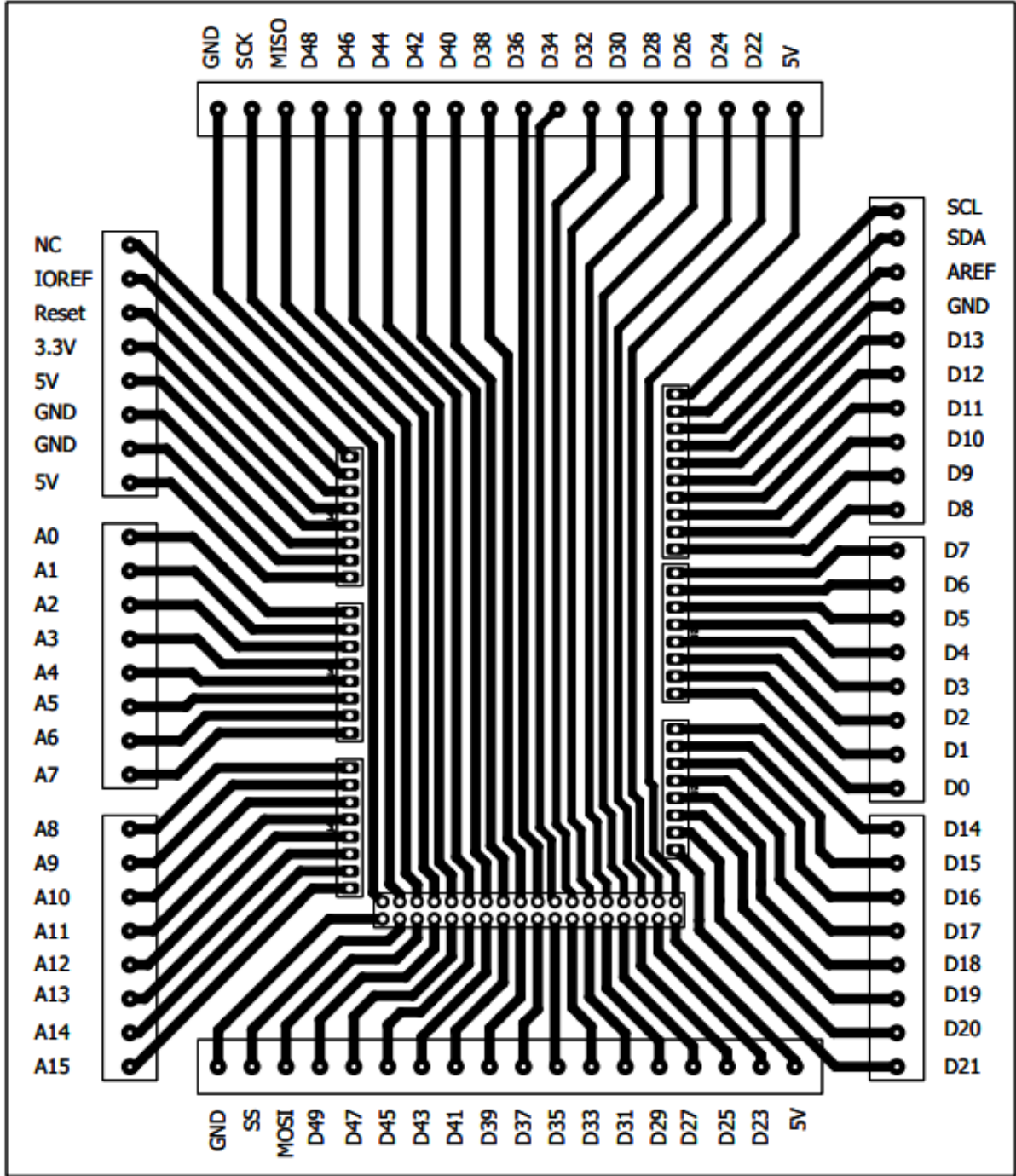
Şekil H.1 Dördüncü Atmega 2560 elektrik devre şeması.

EK I: Voltaj Düşürücü Devresi



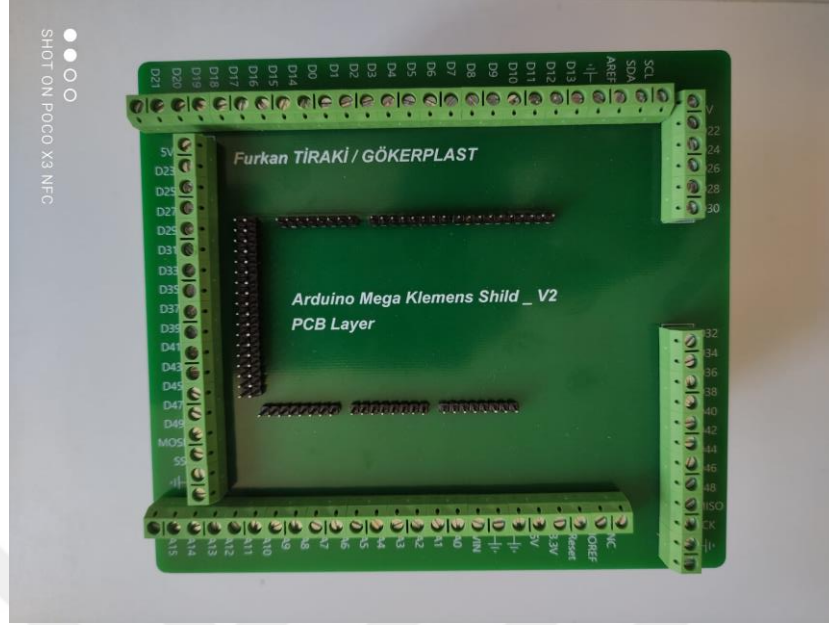
Şekil I.1 Voltaj düşürücü devresi.

EK İ: Atmega 2560 Klemens Shild Devre Tasarımı



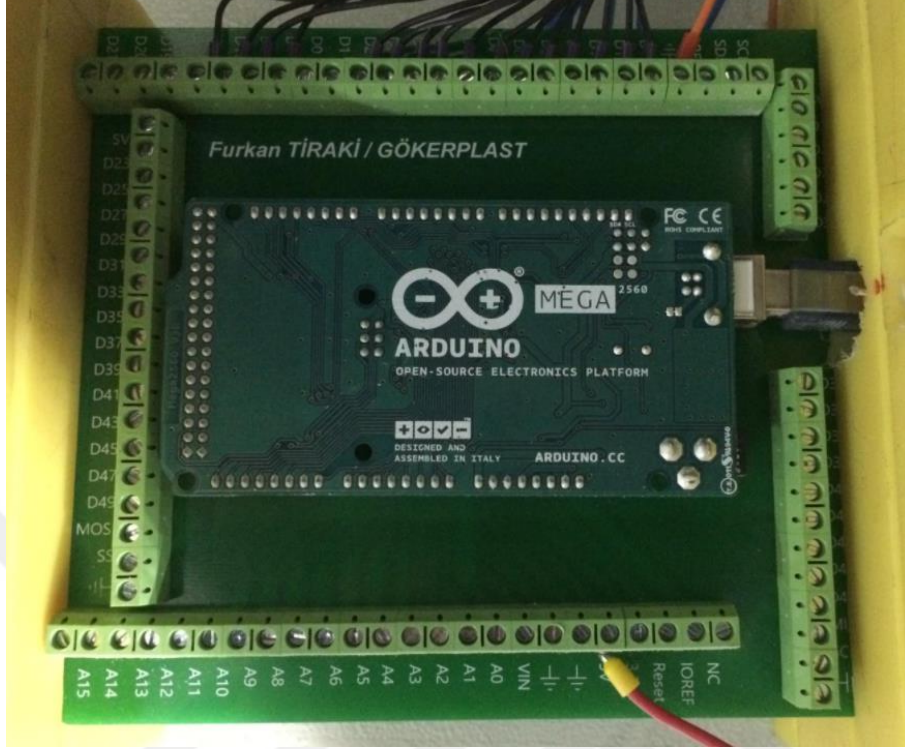
Şekil İ.1 Atmega 2560 Klemens Shild Baskı Devre Tasarımı.

EK J: Atmega 2560 Klemens Shild Kartı



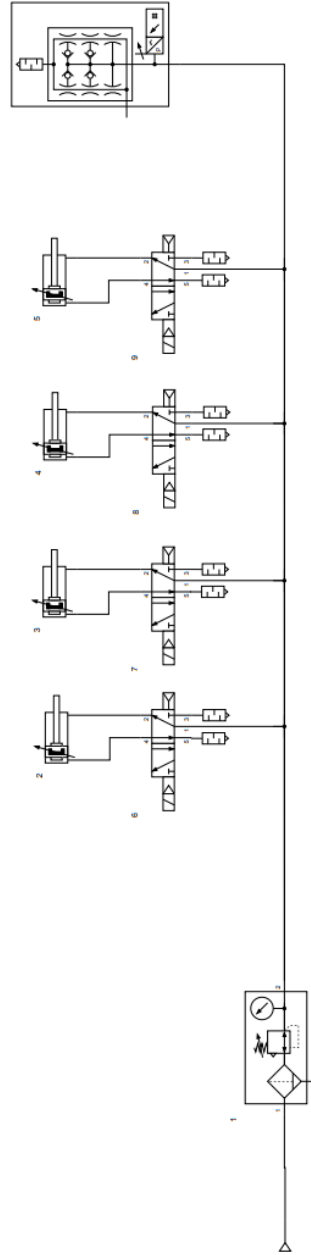
Şekil J.1 Atmega 2560 Klemens Shild Kartı.

EK K: Atmega 2560 Klemens Shild Kartı Montajı



Şekil K.1 Atmega 2560 ile Klemens Shild Bağlantısı.

EK L: Pnömatik Devre Şeması



Şekil L.1 Otomasyonun Pnömatik Devre Şeması.

EK M: Titreşim Sensörü Kodu

```
int titresim=A2;
int out = 0;
void setup ()
{
  pinMode(titresim,INPUT);
  Serial.begin (9600);
  delay(100);
}
void loop ()
{
  out = analogRead (titresim);
  delay(10);
  Serial.println(out-130);
}
```

EK N: Doğrusal Enkoder Atmega 2560 Kodu

```
volatile unsigned int temp, counter = 0;
int ledPin=8;
int t0 = 0;
int t1=0;
int A = 0;
int X = 0;
void setup() {
  Serial.begin (115200);
  pinMode(2, INPUT_PULLUP);
  pinMode(3, INPUT_PULLUP);
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(2), Interrupt_fonksiyonu1, RISING);
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(3), Interrupt_fonksiyonu2, RISING);}
void Interrupt_fonksiyonu1() {
  if(digitalRead(3)==LOW) {
    counter++;
  }else{
    counter--;} }
void Interrupt_fonksiyonu2() {
  if(digitalRead(2)==LOW) {
    counter--;
  }else{
    counter++;}}
void loop() {

  X = counter;
  if( counter != temp ) {
temp = counter;}
  unsigned long duration=pulseIn(3, HIGH, 100000);
  delay(10);
  Serial.print("pulse= ");
  Serial.println(duration);}
```

EK O: Genel Deneyisel Çalışmalar Atmega 2560 Kodu

```
volatile unsigned int temp, counter = 0;
int ledPin=8;
int girisbasinc=0;
int cikisbasinc=0;
int giris=A0;
int cikis=A1;
int titresim=A2;
int out=0;
unsigned long zaman;
int A = 0;
int X = 0;
void setup() {
    Serial.begin (115200);
    pinMode(titresim,INPUT);
    pinMode(2, INPUT_PULLUP);
    pinMode(3, INPUT_PULLUP);
    pinMode(ledPin, INPUT);
    digitalWrite(ledPin, LOW);
    attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(2), Interrupt_fonksiyonu1, RISING);
    attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(3), Interrupt_fonksiyonu2, RISING);}
    void Interrupt_fonksiyonu1() {
        if(digitalRead(3)==LOW) {
            counter++;
        }else{
            counter--; }
    }
    void Interrupt_fonksiyonu2() {
        if(digitalRead(2)==LOW) {
            counter--;
        }else{
            counter++; }
    }
    void loop() {
        zaman=millis();
```

```

out=analogRead(titresim);
girisbasinc=analogRead(giris);
cikisbasinc=analogRead(cikis);
X = counter;
if (A == 0 && X >= 0 && X < 5000) {
    digitalWrite(ledPin, HIGH);
    //A = 1;
    //X = 0;}
else {
    digitalWrite(ledPin, LOW); }
if( counter != temp ){
    //Serial.print("zaman = ");
    Serial.print(zaman);
    Serial.print(",");
    //Serial.print("mesafe = ");

    if(X<0)
    { Serial.print (X+65536);
      Serial.print(",");
    }else
    { Serial.print (X);
      Serial.print(","); }
    Serial.print (out-130);
    Serial.print(",");
    Serial.print(10*((girisbasinc*0.001235)-0.2363));
    Serial.print(",");
    Serial.println(10*((cikisbasinc*0.001235)-0.2363));
    temp = counter; } }

```



ÖZGEÇMİŞ

Furkan TİRAKİ, İlk, orta ve lise öğrenimini Zonguldak'ta tamamladıktan sonra; 2011 yılında Adnan Menderes Üniversitesi Söke Meslek Yüksek Okulunda Mekatronik Bölümünü ön lisans eğitime başlayarak 2013 yılında mezun olmuştur. Aynı yıl Dikey Geçiş Sınavını kazanarak Bozok Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi'nde Makine Mühendisliği Bölümünde lisans eğitime başlayarak 2016 yılında mezun olmuştur. 2016 yılında askerlik görevini tamamladıktan sonra 2017 yılında Gökerplast firmasında Otomasyon Sistemleri ve Atölye Süreç Sorumlusu olarak çalışma hayatına başlamıştır. Yüksek lisans eğitimi süresince robotik/mekatronik/otomasyon tasarımı alanları üzerinde çalışmıştır ve 2019/2020 bahar döneminde başladığı yüksek öğrenimini de 2022/2023 güz dönemi sonunda tamamlamıştır.