

**BAL SAĞIM ÜNİTESİNİN
ENDÜSTRİ 4.0 YARDIMIYLA
MODERNİZASYONU ve ANALİZİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Hakan ŞAHMAN

Danışman

Prof. Dr. Abdurrahman KARABULUT

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ARALIK 2018

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BAL SAĞIM ÜNİTESİNİN ENDÜSTRİ 4.0
YARDIMIYLA MODERNİZASYONU ve ANALİZİ

Hakan ŞAHMAN

DANIŞMAN

Prof. Dr. Abdurrahman KARABULUT

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Aralık 2018

TEZ ONAY SAYFASI

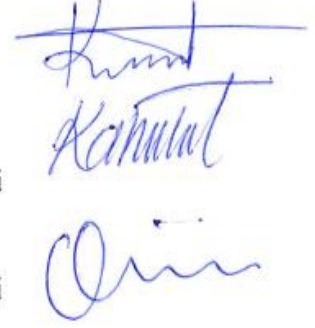
Hakan ŞAHMAN tarafından hazırlanan “ Bal Sağım Ünitesinin Endüstri 4.0 Yardımıyla Modernizasyonu ve Analizi ” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 07/12/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Abdurrahman KARABULUT

Başkan : Dr. Öğrt Üyesi Kemal TÜTÜNCÜ
Selçuk Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi

Üye : Prof Dr. Abdurrahman KARABULUT
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi

Üye : Dr. Öğrt Üyesi Özgür VERİM
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi



Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

...../...../..... tarih ve

..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....

Prof. Dr. İbrahim EROL

Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

18/12/2018

İmza

Hakan SAHMAN



ÖZET
Yüksek Lisans Tezi

**BAL SAĞIM ÜNİTESİNİN ENDÜSTRİ 4.0 YARDIMIYLA MODERNİZASYONU
ve ANALİZİ**

Hakan ŞAHMAN

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Abdurrahman KARABULUT

Endüstri 4.0 kapsamında Otomatik Bal Sağım Sistemi tasarım ve imalatı yapılması planlanmıştır. Mekanik sistemler ve elektronik sistemler birlikte kullanılarak bal çıtalarının hücrelerindeki balların santrifüj mekanizması oluşturularak dışarıya çıkartılması ve satış yapılacak duruma getirilmesi için gerekli bütün otomatik ve yarı otomatik üretim hattının yapılması planlanmıştır. Üretim hattında devre ve mekanizmalar için hızlı, ekonomik ve kaliteli bir şekilde elde edilmesini sağlayacaktır. Sistemin tamamı altı bölgeden oluşmaktadır. Bu çalışmada balın temas ettiği bütün parçalar gıda kodeksine uygun malzemeden imal edilmiştir.

Bu çalışmada önemli bir yönde verim analizi yapılmıştır. Üretim sırasında birim zaman bakımından bal sağılan çıtaların miktarı zamanla karşılaştırılarak önceki yapılan bu işlemlerden daha verimle fazla miktarda bal sağıldığı hesaplamalar doğrultusunda ortaya çıkartılmıştır. Bu mekanizma genel olarak Endüstri 4.0 formatına uygun bütün altı bölgeden oluşmaktadır. Elektronik devreler ile beslenen mekanizmalar bir kısmı otomatik bir kısmı ise yarı otomatik olarak bal üretim işlemini gerçekleştirecek şekilde tasarımı yapılmıştır. Analiz sonucunda mevcut önceki sistemlere göre %25 daha fazla üretim yapıldığı ortaya konmuştur.

2018, xiii + 108 sayfa

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, Görüntü İşleme, Bal Sağım Mekanizması, Verim Analizi,

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

MODERNIZATION and ANALYSIS of HONEY MILKING UNIT by INDUSTRY 4.0

Hakan ŞAHMAN

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Prof. Abdurrahman KARABULUT

It is planned to design and manufacture Automatic Honey Extract System within the scope of Industry 4.0. Together with mechanical systems and electronic systems, it is planned to make all automatic and semi-automatic production lines necessary for the extraction of the honey in the cells of the honey bars by creating a centrifugal mechanism. The circuits and mechanisms in the production line will ensure that the work is achieved in a fast, economical and quality way. The entire system consists of six regions. In this study, all pieces of honey contacted with food codex are made of appropriate material.

In this study, yield analysis is an important aspect. During the production, the amount of honey produced in terms of unit time was compared with the time, and it was revealed in the calculation that honey was milked more efficiently than these previous processes. This mechanism consists of all six regions which are generally in accordance with the Industry 4.0 format. Some of the mechanisms fed by electronic circuits are designed to perform the production process of honey in an automatic and semi-automatic manner. The analysis shows that 25% more production is made compared to the previous systems.

2018, xiii + 108 pages

Keywords: Industry 4.0, Image Processing, Honey Extracting, Yield Analysis

TEŐEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarında dolay tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Abdurrahman KARABULUT'a araştırma ve yazım süresince yardımlarını esirgemeyen Sayın Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Akif ŞAHMAN'na, her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teŐekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolay eşim Serap ŞAHMAN ile aileme teŐekkür ederim.

Hakan ŞAHMAN
AFYONKARAHİSAR, 2018

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Birinci Endüstri Devrimi	1
1.2 İkinci Endüstri Devrimi	1
1.3 Üçüncü Endüstri Devrimi	2
1.4 Dördüncü Endüstri Devrimi.....	2
1.4.1 Simulasyon	3
1.4.2 Sistem entegrasyonu	3
1.4.3 Nesnelerin interneti.....	3
1.4.4 Siber güvenlik.....	3
1.4.5 Bulut teknolojisi	4
1.4.6 Eklemeli üretim	4
1.4.7 Arttırılmış sanal gerçeklik	4
1.4.8 Büyük veri	5
1.4.9 Otonom robotlar	5
2. LİTERATÜR.....	9
3. MATERYAL ve METOT	29
3.1 Tasarım	29
3.2 İmalat	30
3.3 Mekanik Sistem	30
3.3.1 Gövde Sistemi	30
3.3.1.1 Şase Sistemi	31
3.3.1.2 Taşıma Sistemi.....	32
3.3.2 Yükleme Sistemi	34
3.3.2.1 Şase sistemi.....	35
3.3.2.2 Gövde sistemi	35
3.3.2.3 Taşıma sistemi	36

a.	Taşıma gövde sistemi	37
b.	Taşıma araba sistemi	37
3.3.3	Görüntüleme Sistemi	38
3.3.4	Mekatronik Sistemi	40
3.3.4.1	Gövde sistemi	42
3.3.4.2	İğne mekanizması	42
3.3.4.3	Vidalı mil sistemi.....	44
3.3.5	Boşaltma Sistemi	44
3.3.5.1	Şase sistemi.....	45
3.3.5.2	Gövde sistemi	45
3.3.5.3	Taşıma sistemi	46
a.	Taşıma gövde sistemi	47
b.	Taşıma araba sistemi	47
3.3.6	Sağım Sistemi	48
3.3.6.1	Gövde sistemi	49
3.3.6.2	Tambur sistemi	50
3.4	Yazılım Sistemi.....	51
3.4.1	Görüntüleme Kabini	51
3.4.2	Görüntü İşleme Yazılımı	53
3.4.3	Göz Seçim Algoritması	66
3.4.4	Matlab Uygulaması	69
4.	BULGULAR	73
4.1	Mekanik Hesaplamalar.....	73
4.1.1	Vidalı Mil Hesaplamaları.....	73
4.1.1.1	Mekatronik sistem y eksen vidalı mil hesaplama;.....	74
4.1.1.2	Mekatronik sistem x eksen vidalı mil hesaplama;.....	75
4.1.2	Motor Hesaplamaları	77
4.1.2.1	Taşıma zinciri motor hesabı;	77
4.1.2.2	Mekatronik sistem motor hesabı;	78
4.1.2.3	Yükleme-boşaltma sistem Y eksen motor hesabı;.....	79
4.1.2.4	Sağım Sistem Motor Hesabı;.....	79
4.1.3	Sistem Analizleri.....	81
4.1.3.1	Gövde sistem analizi.....	82
4.1.3.2	Yükleme-boşaltma analizi	82
4.1.3.3	Sağım sistemi analizi	83

4.2 Modernizasyon Özellikleri.....	84
4.3 Gelistirilen Sistemin Çalışma Prensibi.....	86
4.4 Verim Analizi.....	88
4.4.1 Klasik Sistemin Verim Hesaplaması	89
4.4.2 Modernize Sistemin Veri Analizi	89
5. SONUÇ.....	92
6. KAYNAKLAR.....	95
ÖZGEÇMİŞ.....	98
EKLER	100

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

π Pi sayısı

Kısaltmalar

AR	Arttırılmış Sanal Gerçeklik
BİT	Bilgi İletişim Teknolojileri
BT	Bilişim Teknolojileri
CAD	Bilgisayar Destekli Tasarım
CAM	Bilgisayar Destekli Üretim
CAPP	Bilgisayar Destekli Proses Planlama
CIM	Bilgisayara Entegre Üretim
CNC	Bilgisayar Kontrollü İşleme Sistemi
Eİ	Eklemeli İmalat
FEA	Sonlu elemanlar Analizi
GSYİH	Gayri Safi Yurt İçi Hâsıla
HMD	Kaska Monte Edilmiş Ekran
MPSL	Modüler Akıllı Üretim Laboratuvarı
PE1000	Polietilen 1000
PLC	Programlanabilir Denetleyici
RGB	Kırmızı-Yeşil-Mavi
VR	Sanal Gerçeklik

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3. 1 Gövde ana sistemi.	30
Şekil 3. 2 Gövde şase sistemi (izometrik ve v kanal detay).	31
Şekil 3. 3 Gövde taşıma sistemi.	32
Şekil 3. 4 Gövde taşıma sistemi (yan ve izometrik görünüş).	33
Şekil 3. 5 Gövde taşıma sistemi (pim ve pe1000 detay).	34
Şekil 3. 6 Yükleme sistemi.	35
Şekil 3. 7 Yükleme gövde sistemi.	36
Şekil 3. 8 Yükleme taşıma sistemi.	37
Şekil 3. 9 Yükleme taşıma araba sistemi.	38
Şekil 3. 10 Langroth çıta görseli.	39
Şekil 3. 11 Görüntüleme Sistemi.	40
Şekil 3. 12 Görüntüleme sistemi (yan görünüş ve sigma detay).	40
Şekil 3. 13 Mekatronik sistem.	41
Şekil 3. 14 Mekatronik gövde sistem.	42
Şekil 3. 15 M. İğne mekanizması (izometrik ve yan görünüş).	43
Şekil 3. 16 Mekatronik vidalı mil sistemi.	44
Şekil 3. 17 Boşaltma sistemi.	45
Şekil 3. 18 Boşaltma gövde sistemi.	46
Şekil 3. 19 Boşaltma taşıma sistemi.	47
Şekil 3. 20 Boşaltma taşıma araba sistemi.	48
Şekil 3. 21 Sağım sistemi.	49
Şekil 3. 22 Sağım gövde sistemi (İzometrik ve Kesit Görüntü).	50
Şekil 3. 23 Sağım tambur sistemi.	51
Şekil 3. 24 Görüntüleme kabini.	52
Şekil 3. 25 Görüntüleme kabini.	52
Şekil 3. 26 Görüntüleme kabini.	53

Şekil 3. 27	Petek örnek resim.....	53
Şekil 3. 28	Basler endüstriyel kamera seti.	54
Şekil 3. 29	Basler kütüphane.....	54
Şekil 3. 30	Görüntü işleme program arayüz.....	55
Şekil 3. 31	Tek kare resim.....	55
Şekil 3. 32	Tek kare sürekli çekim.	56
Şekil 3. 33	Tam görüntü.	57
Şekil 3. 34	Küçük görüntü(yatay).	57
Şekil 3. 35	Küçük görüntü(dikey).	58
Şekil 3. 36	Küçük görüntü.....	58
Şekil 3. 37	Küçült komutu.....	59
Şekil 3. 38	Büyüt komutu.....	59
Şekil 3. 39	Ekrana sığdır komutu.	60
Şekil 3. 40	Nor. göster komutu.	60
Şekil 3. 41	Sola-sağa döndür komutu.....	61
Şekil 3. 42	İki kamera arayüzü.....	61
Şekil 3. 43	Kamera seçme ekranı.	62
Şekil 3. 44	Kamera algılama ekranı.	62
Şekil 3. 45	Tek çekim modu aktif.	63
Şekil 3. 46	Sürekli çekim modu aktif.....	64
Şekil 3. 47	Özellik menü yerleşim.	64
Şekil 3. 48	Kamera ekranları.....	64
Şekil 3. 49	Seçim butonları.	65
Şekil 3. 50	Koordinat seçim.	65
Şekil 3. 51	Göz seçim programı ana ekran görüntüsü.....	66
Şekil 3. 52	Canny filtre ekran görüntüsü.....	66
Şekil 3. 53	Laplacian filtre ekran görüntüsü.	67
Şekil 3. 54	Gaussian c filtre ekran görüntüsü.....	67

Şekil 3. 55 Template match 20 şablon için eşleştirme sonucu ekran görüntüsü.	68
Şekil 3. 56 Eşleştirme için kullanılan petek göz şablon görüntüleri.	68
Şekil 3. 57 Her bir pikselin RGB değerleri.	69
Şekil 3. 58 Her bir pikselin LAB değerleri.	69
Şekil 3. 59 Renkli kamera ile yakalanan petek görüntüsü.	70
Şekil 3. 60 Eşleştirmede kullanılan yavru arı gözü şablon resmi.....	71
Şekil 3. 61 Eşleştirme işlemi sonucu benzerlik oranını gösteren grafik.	71
Şekil 3. 62 Benzerlik oranına göre olan kısımların kırmızı halkayla işaretlenmesi.....	72

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Günümüz fabrikasının ve bir endüstri 4.0 fabrikasının karşılaştırması.....	10
Çizelge 4.1 Modernizasyon karşılaştırma tablosu.....	86
Çizelge 4.2 Modernize sistem çalışma zaman çizelgesi.....	90
Çizelge 4.3 Sistemlerin karşılaştırılması.....	91

1. GİRİŞ

Endüstri 4.0 bilindiği gibi fiziksel ve siber dünyanın birbiriyle etkileşimli olarak çalışmasıdır. Yani mekanik sistemler ile siber sistemlerin birlikte çalışıp kendi içlerinde haberleşip optimum seviyede esnek üretim yapabilmesidir. Bu bize ekonomik, daha az zamanda kaliteli ve esnek üretim imkânı vermektedir. Endüstri 4.0 ın kısaca tanımını bu şekilde yapılmaktadır.

Dünya üzerinde büyüme yavaşlıyor ve bu çok önemli bir konu olarak önümüze çıkmaktadır. Global ekonominin büyümesi duruyor. Aslında bu yeni olan bir durum değildir. Ekonominin büyümesi 50 yıldır düşmektedir. Eğer böyle devam eder ise gelecek 10 yılda büyümenin olmadığı bir dünya da yaşamayı öğrenmek zorunda kalacağız. Çünkü ekonomi büyümeyse hepimiz daha küçük pastadan pay almaya başlayacağız ve daha büyük dilim için savaş vereceğiz. Bu dünyada çatışmalara sebep olacaktır. Önümüzdeki bu sebeplere bakarak büyümek önemlidir. Büyümenin tarihine bakar isek büyük büyümeler daima endüstride gerçekleşen büyük üretim devrimlerin sayesinde olmuştur. Bunun sebebi ise büyümek için daha fazla üretmek ve ekonomiye daha fazla şey katmaktır. Sanayi devrimleri şimdiye kadar her 50-60 yılda bir olup şimdiye kadar üç defa gerçekleşmiştir.

1.1 Birinci Endüstri Devrimi

1. Endüstri Devrimi Thomas Newman tarafından 1712 yılında başlatılmıştır. Bu devrim de üretim için su-buhar gücü kullanılmıştır. Sistem ilk olarak dokuma sektöründe kullanılmıştır. Tek bir buhar motorundan alınan hareket kayış-kasnak mekanizması ile sistemler arasından aktarılarak hareket sağlanmıştır (İnt.Kyn.1).

1.2 İkinci Endüstri Devrimi

2. Endüstri Devrimi Henry Ford tarafından 1870 Yılında Ohio-Cincinnati deki Ford fabrikasında başlatılmıştır. Bu sanayi devriminde yürüyen bant üzerinde imalat başlamıştır. Seri imalatın temelidir. Ford Model T arabası bu sanayi devriminin ilk

üretimidir. Halen günümüzde kullanılan seri üretim hatlarının temel mantığı bu devrime dayanmaktadır (İnt.Kyn.1).

1.3 Üçüncü Endüstri Devrimi

3. Endüstri Devrimi Richard Morley ve arkadaşı Odo J. Struger ile birlikte ilk programlanabilir entegreyi (PLC) bulmasıyla başlamıştır. İlk PLC modeli Modicon 084'dür. Bu endüstri devrimi ile birlikte artık üretimde kullanılan mekanik sistemler elektronik devreler ile kontrol edilebilmekteydi. Günümüzdeki otomasyon sistemlerini temeli bu endüstri devrimi ile atılmıştır (İnt.Kyn.1).

1.4 Dördüncü Endüstri Devrimi

Tüm endüstri devrimlerinin dünyada büyümeye sebep olmasının en önemli etkeni üretkenliği arttırmasıdır. Kısa sürede daha çok ürün üretilmesi büyümeyi sağlamıştır. Fakat geldiğimiz noktada ise ekonominin büyümesi durma noktasındadır. Çünkü endüstride büyüme sağlanamamaktadır. Bu yüzden büyüme için üretimden başka sektörden beklenti oluştu. Beklenti olan sektör teknoloji sektörüydü. Pek çok inovatif çözümlerin olduğu sektördü. Bunun en basit örneği internet'tir. Günümüzde kullandığımız internet ile büyüme sağlanması için çabalar sarfedilmiştir. Fakat bu endüstride büyümeden çok insan hayatını kolaylaştıran bir etken olmuştur. Üretim sahasını geliştirmek için başarılı çaba olmuştur. Teknolojik gelişmeler ise üretimden uzaklaşmaktadır. Bunun önüne geçmek için mevcut üretim sistemi ile teknolojik inovasyonların birleştirilmesine karar verilmiştir. Bu yapılan birleştirme Dördüncü Endüstri devrimini başlatmıştır. Birleştirme işlemi ilk defa 2011 Almanya Hannover-Messe fuarında Robert Bosch GmbH, Henning Kagermann ve Almanya Federal hükümeti birlikte bir bildiri yayımlayarak bu devrimin başladığını ilan etmiştir. Endüstri 4.0 üretimde 1/3 oranında büyüme sağlayacak olan bir devrimdir. Her ülke kendi içerisinde Endüstri 4.0 a farklı isimler vermiştir. Ülkemizde Sanayi 4.0 olarak adlandırılmaktadır. Endüstri 4.0 kendi içerisinde dokuz ana başlığa sahiptir. Bir sistemin Endüstri 4.0 üretim sistemi olarak belirlenmesi için alt başlıklardan en az dördünü içermesi gerekmektedir. Endüstri 4.0'in alt başlıkları şunlardır;

1.4.1 Simulasyon

Simülasyon günümüzde her alanda kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde yapılması öngörülen makine, proje, bina, askeri strateji vb. bilgisayar ortamında modellenerek sistem gerçekleştirilmeden sanal ortamda tüm varyasyonları kontrol edilerek gözden kaçan bir hatanın olup olmadığı yâda sistemin gerçekleştirilebilirliği incelenir. Bu yöntem üretimden satışa kadar her sektörde kullanılabilir. Arttırılmış Sanal Gerçekliğin birinci adımıdır.

1.4.2 Sistem entegrasyonu

Günümüzde mühendislik, üretim hizmet gibi departmanlardaki bilişim teknolojileri sistemlerinin çoğu tam olarak bütünleşmiş değildir. Endüstri 4.0 ile şirketler, bölümler, fonksiyonlar ve kapasiteler çapraz şirketlerle, evrensel veri bütünleşme ağlarıyla ve makine odaklı değer zincirleri etkinleştirilmesiyle daha uyumlu hale gelecektir. Buda Sistem Entegrasyonu ile mümkündür.

1.4.3 Nesnelerin interneti

Nesnelerin İnterneti adından da anlaşılacağı üzere farklı görevlerdeki farklı sistemlerdeki cihazların birbiriyle iletişim kurabildiği bir ağdır. Bu sistemde tüm cihazlar kendi içlerinden haberleşerek zincirleme oluşması gereken olayları kontrollü şekilde gerçekleştirir. Buna pek çok örnek verilebilir. Akıllı ev sistemleri, Yaya Kontrollü Araçlar, Akıllı Depo Sistemleri vb.

1.4.4 Siber güvenlik

Tüm sistemlerin birbiriyle bu kadar yoğun şekilde haberleşmesi sırasında yazılım korsanları sisteme sızıp üretimi etkileyebilir ya da şahsi bilgileri çalabilir. Bunu engellemek için tüm bu haberleşmelerin kontrolü ve korunumu sağlanması gerekmektedir. Bilgisayarlar IpV6 ile bu sisteme geçmiş bulunmaktadır. Siber Güvenlik

burada devreye girmektedir. Gelen veriyi kontrol edip sistemin korunumu sağlamaktadır.

1.4.5 Bulut teknolojisi

Endüstri 4.0, siteler ve şirket sınırları içinde veri paylaşımını gerektirecek durumlar doğuracaktır. Aynı zamanda, bulut teknolojilerinin performansı artacak ve sadece birkaç milisaniye tepkime süreleri elde edilecek. Bu verimlilik artırma sonucunda, makine verileri ve işlevselliği de artacaktır. Bu durum anlık olarak işlenecek verilerin boyutunu Eksabyte seviyesine ulaştıracaktır.

1.4.6 Eklemeli üretim

Mevcut üretim tekniklerinde karmaşık parçaların talaşlı imalat ile ya da döküm ile üretimi oldukça zordur. Üretimi zor ve maliyetli olan büyük parçaların ufak bir yeri deforme olsa dahi tüm parçanın değişmesi gerekmektedir. Diğer bir mevcut sistemlerin zorluğu ise en ufak prototip sistemi yada malzemeyi bile üretmek için ciddi bir maliyet gereklidir. Eğer tasarımda bir hata var ve gözden kaçmış ise yapılan yatırım tamamen heba olmaktadır. Bu noktada Eklemeli Üretim devreye girmektedir. 3D yazıcılar sayesinde tasarlanan ürün önce görsel olarak imal edilip kontrol edilebilmektedir. Ayrıca Eklemeli Üretim ile Krank Mili gibi yekpare olan malzemeler parça parça üretilerek en son eklenir. Bunun neticesinde malzeme zamanla oluşan hatalı kısım değiştirilir ve maliyet düşürülmüş olur.

1.4.7 Arttırılmış sanal gerçeklik

Simülasyon ile oluşturulan 3D model yardımcı bir ekipman ile sanki o ortamın içerisindeymiş gibi hareket etmemize ortamı incelemize olanak sağlayan sistemdir. Bu konuda OCULUS firmasının üretmiş olduğu Sanal Gerçeklik Gözlüğü en önde gelen üründür. Bu üründe 3D tasarlanan herhangi bir sahne yada ortam gözlüğün programı ile dönüştürülüp gözlüğün belleğine yüklenip izlenebilmektedir. Arttırılmış Sanal

Gerçeklik her sektörde kullanılabilir. Ayrıca servis ve bakım durumlarından da servis elemanına yardım için kullanılmaktadır.

1.4.8 Büyük veri

Büyük veri; toplumsal medya paylaşımları, ağ günlükleri, bloglar, fotoğraf, video, log dosyaları vb. gibi değişik kaynaklardan toparlanan tüm verinin, anlamlı ve işlenebilir biçime dönüştürülmüş biçimine denir. Olageldiği gibi, ilişkisel veri tabanlarında tutulan yapısal verinin dışında kalan, son dönemlere dek çok da kullanılmayan, yapısal olmayan veri yığındır. Artık yıkılmış olan yaygın bilişimci inancına göre, yapısal olmayan veri, değersizdi, ama büyük veri bize bir şey gösterdi o da günümüzdeki bilgi çöplüğü diye adlandırılan olgudan muazzam derecede önemli, kullanılabilir, yararlı yani çöplükten hazine çıkmasına neden olan yegâne sistemdir

1.4.9 Otonom robotlar

Üzerinden en az 4 sensör bulunan bir üretim hattında hassas ve seri işlemler için kullanılan tek kolunda en az 6 eksen bulunan robot sistemleridir. Eksenel hareketleri bir insan kolu hareketleri gibidir. Çoğunlukla tıpkı bir insan gibi sağ ve sol kol şeklindedir. Bir nevi insansı robotlar olarak bilinmektedir. Hayatımızın her alanında kullanılabilen robotlardır. Üretim hatlarında insanlar ile etkileşimli olarak çalışabilen robotlardır. Klasik robotlar gibi öğretilmiş seri üretim yerine esnek üretime imkân veren ve tekrar programlamaya gerek duyulmayan robotlardır.

Üretimi her alanınla artık sistemlerimizi Endüstri 4.0 a uyumlu hale getirmeliyiz. Özellikle zor üretilen ya da elde edilen ürünlerde bu modernizasyonu yapmalıyız. Bu çalışmadan arıcılık sektöründe bal üretimi için yapılacak bir modernizasyonun gerekçeleri, üretimi ve sonucu incelenecektir. Sonuç kısmında önemli olarak irdelenecek olan kısım verim analizidir.

İnsanoğlu dünya genelinde sahip olduğu 50 milyon bal arısı kolonisi ile bir milyon ton bal üretimi gerçekleştirmektedir. Dünya bal arısı kolonilerinin %13'ü ülkemizde

bulunmaktadır. Çin den sonra en büyük koloni varlığına sahip olan ülkemizde malesef bal üretimi istenen seviyelere çıkarılamamıştır. Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) 2010 rakamlarına göre koloni başına ortalama üretim 20 kg ve Çin’de 48 kg iken ülkemizde 15 kg civarındadır. Diğer taraftan dünya genelinde uluslararası bal ticareti 350.000 ton seviyelerinde olmasına karşın ülke olarak bu pastadan maalesef pay alamamaktayız. Hatta 2008 yılında ülkemiz bal ithal etmek zorunda kalmıştır. Çok sayıda koloniye sahip olmamıza rağmen bal üretiminde Dünya ortalamasının altında kalma sebepleri olarak süzme sırasında gerçekleşen yavru kayıpları ve mekanizasyon eksikliği gösterilebilir. Bal süzme işleminde en önemli aşama petek sırrının alınmasıdır. Mevcut kullanılan teknolojiler petekte bulunan yavruları gözetmeden tüm balı süzmekte ve yavrular ölmektedir. Yavru ölümleri ile kolonide bulunan arı sayısı azalmaktadır. Arı sayısının azalması hem üretilen bal miktarını önemli ölçüde etkilemekte, hem de koloniyi zayıf düşürerek dış tehditlere açık hale getirmektedir. Herhangi başka bir arı kolonisi saldırısında koloni yok olma riskiyle yüz yüze gelmektedir. Diğer taraftan mevcut teknolojiler işçi kullanımını gerektirdiğinden arıcılar vakitlerinin çoğunu süzmeye ayırmakta, arı kolonilerinin sağlıklı bir şekilde çoğaltılmasını sağlayamamaktadırlar. Ayrıca Görüntü işleme olmadan mevcut sistemle yapılan Sır Alma işleminde ortalama sezon başına 250 kovanı olan bir Arıcı için kayıp 25 petektir. Diğer bir kayıp ise Bal Sağımında oluşan kayıplardır. Burada ise 10 kg bal kaybı oluşmaktadır. Bunları topladığımızda oluşan kayıp 4500 TL dir.

Günümüzde uygulanan genel bal toplama tekniğinde, kovanlarda üretilen bal kasnakları herhangi bir ön kontrol yapılmadan el ile doğrudan sıyırma tekniği kullanılarak bal kazanına boşaltılmaktadır. Bu işlemde petek üzerinde arı yavrusunun yer aldığı hücreler de balmış gibi muamele görmektedir. Yeni geliştirilen otomatik sistemlerde ise el ile yapılan sıyırma işlemini mekanik sistemler yine herhangi bir ayırma gözetilmeksizin yapmaktadır. Yeni ve eski sistemlerin hiçbirinde bal/yavru hücre kontrolü yapılmamaktadır. Bu da sistemde verimin kontrol edilmesini engellemektedir.

Bu çalışmada geliştirilen sistem bal süzme işlemindeki iki prosesi birleştirip kompakt bir hale getirmiştir. Bu prosesler Sır Alma İşlemi, Bal Süzme İşlemi dir. Sır Alma İşleminde görüntü işleme teknolojisi kullanılarak peteğin her iki yüzeyini haritası

çıkartılmıştır. Çıkartılan haritada bal olan gözler ve yavru olan gözlerin konumsal (x-y) koordinatı belirlenmiştir. Konumları belirlenen yavru olan gözler korunarak bal dolu olan gözler pnömatik sistem yardımı ile açılmıştır. Görüntü işleme ile sırları alınan petekler operatör yardımı ile bal süzme makinasına konulacaktır. Bal süzme makinası dikey konumda radyal şekilde hareket eden bir makinadır. Peteklerin doğal yapısı içe doğru 15° eğimli şekildedir. Bundan faydalanarak dönme esnasında balın gözlerden dışarı doğru çıkması sağlanmıştır. 16 adet peteğin aynı anda bal süzme işlemi tamamlanmıştır. Sistem 16 peteğin bal süzme işlemini 225 saniyede bitirmektedir. Bal süzme makinası PLC kontrollüdür. Bu aracıya kendi istediği hızlarda çevirme işlemi yapmasını sağlamaktadır. Çünkü bazı peteklerin mukavemet değeri düşüktür buda hızlı çevirmelerde peteğin yırtılmasına sebep olabilmektedir. Hızın ayarlanması ile bunun önüne geçilmektir. Bu sistem mevcut sistemlerden farklı olarak kasnak üzerindeki bal ve arı yavrusu bulunan hücreleri otomatik olarak tespit edebilmektedir. Kameradan alınan görüntü üzerinde ön işlem, segmentasyon (bal ve yavru bölgelerinin işaretlenmesi) ve karşılaştırma işlemleri uygulanarak arı yavrusu bulunan hücreler işaretlenip konumlandırılır. Yazılımdan elde edilecek sonuçlara göre elektronik kartı ile kontrol edilen delme mekatronik sistemi bal bulunan hücreleri delerek balın sağlanması sağlanır. Mevcut sistemlerden başlıca farklılıkları şu şekildedir.

- 1- Mevcut makinalarda petek yükleme boşaltma işlemi için 1 kişi, sır alma işlemi için 2 kişi, bal süzme işlemi için 1 kişi olmak üzere toplam 4 kişiye ihtiyaç duyulmaktadır. Geliştireceğimiz sistemde 1 kişi tüm işlemleri yapabilecek ve işçilik maliyetlerinden %75 oranında tasarruf sağlanmakta.
- 2- Mevcut makinalarda yavru arı korunumu olmadığı gibi sezonda bir kere hasat (Bal Alma İşlemi) yapılabilmektedir. Geliştireceğimiz görüntü işleme sisteminde yavru arıların korunması ile koloninin gücü muhafaza edilecek, güçlü bir koloniden bir sezonda birden fazla hasat işlemi yapılabilir.
- 3- Bal sağım tamburu dönme hızları sabit ya da sadece kullanıcının bir hız kontrolörünü çevirerek göz kararı ile arttırıp azaltılabilmektedir. Fakat yeni

yapacağımız sistemde arıcı petek tipine göre 4 kademeli şekilde hızları belirleyecektir ve başlatınca sistem o hızlar ve sürelerde dönecektir.

- 4- Diğer bir yenilik ise sistemimizde bal sağım tankının içerisinde sağılan balın seviyesini belirleyecek bir sensör olmasıdır. Bal sağım sistemi tankının alt kısmı konik şekildedir bunu sebebi balın boşaltılmasının kolay olması içindir. Konik kısmın zirve kısmında döner tamburun yatağı bulunmaktadır. Eğer arıcı seviyeyi kontrol etmez ise bal yatağa kadar çıkar ve bal kullanılamaz. Buda ortalama 40 kg balın telef olması demektir. Bu sensör sayesinde bunu engellemiş olduk.
- 5- Arıcılıkta bir kayıpta bal sağım makinasından stoklamak için kullanılan kapların dolunun da gerçekleşmektedir. Kayıp şudur arıcı sürekli çalışması sebebiyle vananın altına koyduğu kabın dolunun kontrol etmeyi unuttur. Buda kabın dolup taşan balın zayi olmasına sebeptir. Yapacağımız sistemde kullanacağımız load-cell ile arıcının belirlemiş olduğu kadar bal kaba dolması ile vana otomatik olarak kapanıp arıcıya haber vermektedir.

2. LİTERATÜR

Çalışmamızda yön gösterecek diğer çalışmaları örnek almak için yapılan taramada diğer araştırmacıların yapmış olduğu teorik ve uygulama çalışmaları aşağıda paylaşılmıştır.

Bahati and Gill (2011) siber-fiziksel sistemler (CPS) terimi, birçok yeni yöntemle insanlarla etkileşime girebilen entegre hesaplamalı ve fiziksel yeteneklere sahip yeni nesil sistemleri ifade eder. Hesaplama, iletişim ve kontrol yoluyla fiziksel dünyanın yetenekleri ile etkileşim kurma ve genişletme yeteneği, gelecekteki teknoloji gelişmeleri için önemli bir kolaylaştırıcıdır. Fırsatlar ve araştırma zorlukları, yeni nesil uçakların ve uzay araçlarının, hibrit gazlı elektrikli araçların, tam otonom kentsel sürüşün ve beyin sinyallerinin fiziksel nesnelere kontrol etmesini sağlayan protezlerin tasarımı ve geliştirilmesini içerir.

Lee *et al.* (2014) siber-Fiziksel Sistemler (CPS), fiziksel varlıkları ve hesaplama yetenekleri arasında birbirine bağlı sistemleri yönetmek için dönüştürücü teknolojiler olarak tanımlanmaktadır. Algılayıcıların, veri toplama sistemlerinin ve bilgisayar ağlarının daha yüksek kullanılabilirliği ve satın alınabilirliği ile sonuçlanan son gelişmelerle, günümüzün endüstrisinin rekabetçi doğallığı, daha fazla fabrikanın, yüksek teknoloji metodolojilerini uygulamaya doğru ilerlemesine neden olmaktadır. Sonuç olarak, giderek artan sensör kullanımı ve ağ bağlantılı makineler, Big Data olarak bilinen yüksek hacimli verilerin sürekli üretilmesine yol açmıştır. Böyle bir ortamda, CPS, Büyük Verileri yönetmek ve makinelerin birbirine bağlı, akıllı, esnek ve kendi kendini adapte edebilen makinelere ulaşmak için ara bağlantıdan faydalanmak için geliştirilebilir. Ayrıca, mevcut endüstriyel uygulamalarda CPS'i üretim, lojistik ve hizmetlerle bütünleştirerek bugünün fabrikalarını önemli ekonomik potansiyele sahip bir Endüstri 4.0 fabrikasına dönüştürecektir. Örneğin, Fraunhofer Enstitüsü ve endüstri birliği Bitkom tarafından hazırlanan ortak bir rapor, Endüstri 4.0'ı getirdikten sonra Alman brüt değerinin 2025 yılına kadar birikmiş 267 milyar avro artabileceğini söyledi. Mevcut ve Endüstri 4.0 fabrikaları arasında kısa bir karşılaştırma Tablo 1'de sunulmuştur.

CPS, gelişimin ilk aşamasında olduğu için, CPS'nin yapısını ve metodolojisini endüstrideki uygulaması için kılavuz olarak açıkça tanımlamak önemlidir. Böyle bir talebi karşılamak için genel uygulamalar için birleşik bir sistem çerçevesi tasarlanmıştır. Ayrıca, her bir sistem katmanındaki karşılık gelen algoritmalar ve teknolojilerin, birleştirilmiş yapıyla işbirliği yapmaları ve gelişmiş donanım verimliliği, güvenilirliği ve ürün kalitesi için genel sistemin istenen işlevlerini gerçekleştirmeleri önerilmektedir. 5C mimarisi olarak önerilen 5 seviyeli CPS yapısı, üretim uygulaması için bir CPS geliştirmek ve uygulamak için adım adım kılavuz sunar. Genel olarak, bir CPS iki ana fonksiyonel bileşenden (1) oluşur; fiziksel dünyadan gerçek zamanlı veri edinimi ve siber alandan gelen bilgi geribildirimini sağlayan gelişmiş bağlantı ve (2) siber alan yaratan akıllı veri yönetimi, analitik ve hesaplama yeteneği. Ancak, bu gereksinim çok soyut ve genel olarak uygulama amacı için yeterince spesifik değildir. Aksine, burada sunulan 5C mimarisi, sıralı bir iş akışı tarzıyla, ilk veri ediniminden analitik değere, nihai değer oluşturmaya kadar bir CPS'nin nasıl oluşturulacağını açıkça tanımlar.

Çizelge 2.1 Günümüz fabrikasının ve bir Endüstri 4.0 fabrikasının karşılaştırması.

	Veri Kaynağı	Günümüz Fabrikaları		Endüstri 4.0	
		Öznitelikler	Teknolojiler	Öznitelikler	Teknolojiler
Bileşen	Sensör	Doğruluk	Akıllı ve Arıza Tespiti	Kendi Farkında Kendi Tahmin	Bozunma izleme ve kalan faydalı ömür tahmini
Makina	Denetçi	Üretim ve Performans	Durum tabanlı izleme ve teşhis	Kendi Farkında Kendi Tahmin Kendi Kıyaslama	Kestirimci sağlık izleme ile zaman
Üretim Sistemi	Ağ Sistemi	Verimlilik ve OEE	Yalın işlemler: iş ve atık azaltma	Kendi Yapılandır Kendi Bakım Kendi Organize	Sorunsuz üretkenlik

Heng (2014) endüstri 4.0, akıllı ürünleri, prosedürleri ve süreçleri (akıllı üretim) hedeflemektedir. Endüstri 4.0'ın önemli bir unsuru bu nedenle akıllı fabrikadır. Akıllı fabrikanın işi, üretim verimliliğini önemli ölçüde artırırken, artan karmaşıklığı kontrol etmektir. Akıllı fabrikada insan, makine ve kaynaklar arasında doğrudan iletişim vardır. Akıllı ürünler üretim süreçlerini ve gelecekteki uygulamalarını bilir. Bu bilgi ile üretim

sürecini ve belgelemeyi aktif olarak destekliyorlar (ne zaman hazırlandım, hangi parametreler verilecektim, nereye teslim edilmem gerektiği vb.). Akıllı mobilite, akıllı lojistik ve akıllı şebekeler için arayüzleri ile akıllı fabrika gelecekteki akıllı altyapıların önemli bir unsurudur. Geleneksel değer zincirleri böylece rafine edilecek ve tamamen yeni iş modelleri kurulacak, böylece sağlayıcılar Endüstri 4.0 tekliflerini otomasyonun tamamlandığını ilan etmekte ve aynı zamanda üretimin bireysel gereksinimlere uygun maliyetli bir şekilde adapte edilmesini mümkün kılmaktadır.

Vijayaraghavan *et al.* (2008) tasarımdan üretime kusursuz bir “imalat boru hattı” oluşturulması uzun zamandır birçok sektörün hedefi olmuştur. Ürün ve süreç tasarımcısını zemin / donanım / operasyon seviyesindeki veri alışverişi ve simülasyon, optimizasyon ve kontrol için geri besleme ile birleştiren dijital fabrika konseptlerinin geliştirilmesi gerçeğe daha yakındır. Takım tasarımı, takım yolu planlaması, süreç parametresi optimizasyonu, kesme kuvveti tahmini ve uzman sistemler gibi alanlarda “adalar” in geliştirilmesinde kapsamlı çalışmalar yapılsa da, zorluklar onları sorunsuz bir şekilde birleştirmede yatar.

Ayrıca, tipik bir üretim tesisi, bir ürünün zamanında, kaliteli ve uygun maliyetli bir şekilde üretilmesini sağlamak için konsorsiyumda çalışan yüzlerce veya binlerce makine ve bağımsız sisteme sahiptir. Bu makineler ve sistemlerin her biri, işletimi hakkında bilgi biriktirir ve genellikle bunu herhangi bir kişiye veya başka herhangi bir şeye iletmez. Bu her zaman geçerli olmayabilir, ancak genel olarak, bu makineler ve sistemler arasında bilgi ve işlem verilerinin iletilmesi zordur. Sonuç olarak, makineyi, fabrikayı veya sistemi kabul etmek için koordinasyon, optimizasyon veya veri takibi kabul edilebilir bir seviyede (makine verimliliğini, süreç akışını, enerji kullanımını, takım yolu doğrulama, vb.) Çok zor bir şekilde işletmektedir. Makine aletleri ve diğer üretim ekipmanı için sıkı entegrasyon ve birlikte çalışabilirlik sağlayan standartlaştırılmış arayüzlere ihtiyaç vardır. Bu iki temel avantaj sağlar, ilk olarak, “adalar” teknolojisinden elde edilen gelişmeler tamamen gerçekleştirilebilir ve ikincisi, takımlar arası iletişim ve takım tezgâhları ortak bir dilde gerçekleşebilir.

Dağdeviren *et al.* (2016) malzeme bilimi ve makine mühendisliğindeki son gelişmeler, yüksek performanslı piezoelektrik sistemlerin, yumuşak, esnek / gerilebilir formatlarda

gerçekleştirilmesini mümkün kılmakta, biyo-entegre uygulamalarda, mekanik enerji toplamadan, algılama ve harekete geçirme için eşsiz fırsatlar sunmaktadır. Bu makalede, bu türdeki cihaz ve sistemlerde elektriksel dönüşüm süreçleri için gerekli mekanik, tasarımlarında önemli hususlar vurgulanmaktadır. Kantitatif, deneysel olarak onaylanmış mekanik modeller, optimize edilmiş konfigürasyonların ve malzeme seçeneklerinin seçiminde kılavuz sağlar. Eski, ince geometrilere, nötr mekanik düzlem inşasına ve kontrollü burkulmaya odaklanır. İkincisi, organik polimerler, inorganik nanomateryaller ve çeşitli tipteki kompozitler gibi seçenekleri içerir. Sonuç bölümleri biyomedikalde temsili uygulamaları özetlemekte, içsel organların doğal hareketlerinden mekanik sensörler ve cildin aktüatörleri arasında değişen mekanik enerji toplama cihazlarından oluşmaktadır.

Ang (1987) bireysel bilgisayarlar ve CNC takım tezgâhları, robotlar ve kontrol makineleri gibi diğer cihazlar, verimliliği artırmak için tek işi otomatikleştirmek için iyi çalışır. Bununla birlikte, bu küçük otomasyon adaları, daha büyük olanlara, bir FMS gibi bir bölümün büyüklüğüne ya da otomatik veya insansız bir fabrika gibi bir fabrikanın büyüklüğüne bağlı olarak, daha fazla verimlilik elde edilebilir. Aygıtları bağlamak için iki bağlantı gereklidir: bir fiziksel bağlantı ve bir bilgi bağlantısı. Birincisi, malzeme taşıma sistemleri, ikincisi ise veri iletişim sistemleri tarafından sağlanmaktadır. Bu ikinci bağlantı, cihazlar arasında bilgi alışverişini ve etkin faktör entegrasyonu için gerekli olan programlar, depolama alanı, veri tabanları ve hesaplama güçleri gibi kaynakların paylaşılmasını sağlar. Bilgi sistemini otomatik hale getirmeye yardımcı olur ve bu sayede mağazadakilerin ofisindekilere kadar çeşitli faaliyetlerin yürütülmesini ve koordinasyonunu kolaylaştırır. Bağlantı, fabrikanın verimliliği üzerinde büyük bir potansiyel etkiye sahip olduğundan, tanıtımı uygun şekilde planlanmalıdır.

Lee *et al.* (2014) günümüzün rekabetçi iş ortamında şirketler, daha yüksek verimlilik için hızlı karar verme ile ilgili büyük veri sorunlarına yol açan zorluklarla karşı karşıyadır. Pek çok üretim sistemi, akıllı analitik araçların eksikliği nedeniyle büyük verileri yönetmeye hazır değildir. Almanya, Siber-Fiziksel Sistem destekli üretim ve

hizmet yeniliğine dayalı olarak 4. Nesil Sanayi Devrimi'ne (Endüstri 4.0) doğru bir dönüşüme liderlik ediyor. Daha fazla yazılım ve gömülü zeka endüstriyel ürünlere ve sistemlere entegre edildiğinden, öngörücü teknolojiler elektronik algoritmalarla ve akıllı olmayan zeka ile akıllı algoritmaları daha fazla iç içe geçirebilir. Bu teknolojiler daha sonra ürün performansı bozulmasını tahmin etmek ve ürün hizmet gereksinimlerini özerk yönetmek ve optimize etmek için kullanılacaktır.

Yeni teknolojilerin keşfedilmesi, mevcut dinamik pazar gereksinimlerine ve taleplerine duyarlı ve uyarlanabilir olmak için, mekanik sistemlerin erken evrilmesinden, üretim süreçlerini desteklemekten, günümüzün yüksek otomatik montaj hatlarından endüstri gelişimine kadar eşlik etmiştir. Endüstri 4.0 konsepti altında, bilgi teknolojisinin ve sosyal medyancılığın ilerlemesi ve benimsenmesi sürecindeki şaşırtıcı büyüme, tüketicilerin ürün inovasyonu, kalitesi, çeşitliliği ve teslimat hızı konusundaki algısını giderek daha fazla etkilemiştir. Bu, fabrikanın kendini belirleme, kendini tahmin etme, kendi kendini karşılaştırma, kendini yeniden yapılandırma ve kendi kendini idare etme yetenekleriyle kurmasını gerektirir. Bu yeni teknoloji ile birlikte, iki tür yenilikçi gelişme, akademi ve endüstriler tarafından daha fazla ilgi görüyor: Hizmet İnovasyonu ve Endüstriyel Büyük Veri.

Nesnelerin İnterneti (IOT) çerçevesindeki son gelişmeler ve algılama teknolojisinin ortaya çıkışı, sistemleri ve insanları birbirine sıkı sıkıya bağlayan birleşik bir bilgi ağı oluşturdu ve bu da sektördeki büyük bir veri ortamını daha da arttırdı. Daha gelişmiş analitik, bulut bilişimin ve bir Siber-Fiziksel Sistem (CPS) çerçevesinin ortaya çıkmasıyla, geleceğin endüstrisi, makinelerin kendi kendine farkında olmalarına ve potansiyel performans sorunlarını aktif bir şekilde önlemelerine yardımcı olan filo çapında bir bilgi sistemi elde edebilecektir. Kendi kendine yeten ve kendi kendini idare eden bir makine sistemi, kendi sağlığını ve bozulmasını kendi kendine değerlendirebilen ve olası sorunlardan kaçınmak için akıllı bakım kararları için diğer akranlardan benzer bilgileri kullanabilen bir sistem olarak tanımlanır. Bu istihbaratın elde edilmesi için akıllı analitik, bireysel makine ve filo seviyelerinde kullanılacaktır.

Bugün, bir Endüstri 4.0 fabrikasında, makineler işbirlikçi bir topluluk olarak bağlanmıştır. Bu tür bir evrim, avantajlılık araçlarının kullanılmasını gerektirir, böylece veriler, belirsizlikleri açıklamak için sistematik olarak işlenebilir ve böylece daha “bilinçli” kararlar alır. Siber-Fiziksel Sistem tabanlı üretim ve hizmet yenilikleri, imalat sanayileri için kaçınılmaz iki eğilim ve zorluklardır. Bu makalede, büyük veri ortamında üretim hizmeti dönüşümünün eğilimlerinin yanı sıra, büyük verileri yönetmek için akıllı öngörülü bilişim araçlarının hazır olması, dolayısıyla saydamlık ve üretkenlik elde edilmesi konularına değinilmektedir.

Stock and Seliger (2014) mevcut küreselleşme, sosyal, çevresel ve ekonomik boyutlarında insan varoluşunun sürdürülebilir bir şekilde gelişmesini eş zamanlı olarak sağlayarak, dünya çapında sürekli artan sermaye ve tüketim malları talebini karşılama zorluğuyla karşı karşıyadır. Bu zorluğun üstesinden gelebilmek için, endüstriyel değer yaratımı sürdürülebilirliğe yönelik olmalıdır. Hali hazırda, sanayileşmiş ülkelerin sanayileşmiş değer yaratımı, sanayileşmenin dördüncü aşamasına doğru, Sanayi 4.0 olarak adlandırılan gelişme ile şekillenmektedir. Bu gelişme, sürdürülebilir üretimin gerçekleştirilmesi için muazzam fırsatlar sunmaktadır. Bu makale, araştırma ve uygulamadaki son gelişmelere dayanarak Endüstri 4.0'ın bir sanat incelemesi sunacaktır. Daha sonra Endüstri 4.0'da sürdürülebilir üretim için farklı fırsatların genel bir değerlendirmesi sunulacaktır. İmalat ekipmanlarının Sanayi 4.0'da sürdürülebilir üretim için özel bir fırsat olarak güçlendirilmesi için bir kullanım örneği, örnek olarak ana hatlarıyla belirtilecektir.

Dilberoğlu *et al.* (2017) dördüncü sanayi devrimi, yani Sanayi 4.0, akıllı otomasyon teknolojisindeki son harekettir. Bu yeni dönemde, yeni bilgi teknolojilerinin entegrasyonu bağlamında modern üretim becerilerinin kullanılması, ekonomik rekabetçilik üzerinde önemli bir rol oynamaktadır.

Sanal çevreyle ilgili temel kavramlar, Nesnelerin İnterneti (IoT), Büyük Veri, Bulut Bilişim vb. İçerirken, fiziksel alanı Özerk Robotları ve Katkılı Üretimi içerir. Siber fiziksel sistemlerle ilgili olarak IoT, bilgisayar ağları veya hızlandırılmış kablosuz bağlantıları kullanarak fiziksel nesnelere bilgi toplama kavramı olarak

tanımlanmaktadır. Ürünlerden, makinelerden veya üretim hatlarından çıkarılan bilgiler, değiştirilecek ve analiz edilecek önemli miktarda istatistiksel veriyi oluşturur. Diğer veri kaynakları tasarım kayıtları, müşterilerin siparişi, tedarikçilerin teslimatı, stok ve lojistik ile ilgili bilgilerdir. Bir bütün olarak, bu büyük miktardaki veri, Endüstri 4.0'da bir başka önemli kavram olan Büyük Veri olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca, mevcut tüm bilgilerin işlenmesiyle ilgili olan bulut bilişim, sanal endüstri dünyasındaki en önemli terimlerden biri olarak da düşünülebilir. Tüm bu siber teknolojiler, geleceğin akıllı üretimi için mevcut bilginin etkin kullanımını sağlamaya yardımcı olur.

Öte yandan, akıllı fabrikaların fiziksel kısmı mevcut üretim sistemlerinin kapasitesi ile sınırlıdır. Bu, Eİ'yi Endüstri 4.0'ın hayati bileşenlerinden biri haline getiriyor. Endüstri 4.0'da kitlesel özelleştirme gerekliliği nedeniyle, geleneksel olmayan üretim yöntemlerinin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Böylece, gelişmiş özneliklere (yeni materyaller, şekiller) sahip sofistike nesnelere yaratma kabiliyeti nedeniyle, Eİ, özelleştirilmiş ürünleri imal etmek için anahtar bir teknoloji haline gelebilir. Artan ürün kalitesi sayesinde, Eİ şu anda havacılık, biyomedikal ve imalat gibi çeşitli sektörlerde kullanılmaktadır. Kitlesel üretime uygulanabilirliği konusunda hala bazı şüpheler olsa da, Eİ'nin sektördeki kullanımı yeni teknolojik gelişmeler nedeniyle artmaktadır. Artan üretim hızıyla doğru ve güçlendirilmiş karmaşık nesnelere oluşturmak için gelişen bir teknoloji olmak, yakın gelecekte geleneksel üretim tekniklerini değiştirmenin bir yolunu sunabilir.

Andersen *et al.* (2017) günümüzde, birçok imalat şirketi üretimde artan kişiselleştirme, düşük ürün yaşam döngüleri ve düşük iş gücü gerektiren ülkelerden artan rekabet nedeniyle öngörülemez ve dinamik üretim ortamı yaşamaktadır. Küreselleşen pazarda rekabet edebilmek için, üretim sistemlerini buna göre uyarlamak ve esnek otomatik çözümler yaratmak zorundadır. Günümüzde robot tabanlı üretim, bir hücreye yerleştirilen ve önceden tanımlanmış bir dizi görev yürüten statik olarak sabit endüstriyel robotlar nedeniyle istenen otomasyonu sunmaktadır. Bununla birlikte, mevcut robotik çözümler, mobil olduklarında ve dinamik görevleri yerine getirirken, beklenen zekâ ve esneklikten yoksundur. Bu nedenle, verimli bir üretim ile birlikte daha fazla esneklik elde etmek için, üretim paradigmasını geleneksel endüstriyel robotlardan

esnek ve otonom robotik sistemlere, sezgisel bir on-the-fly programlama ile değiştirmek ve ideal bir parti boyutu sağlamak için şarttır.

Giorgio *et al.* (2017) üretim mühendisliğinde İnsan-Robot İşbirliği (HRC), Artırılmış Gerçeklik (AR) ve VR'nin, operatörlerin kendi görüş alanında izleyebilecekleri özelliklerin miktarlarını genişleten ya da tamamen değiştirebilen arayüzler sağladıkları bir araştırma konusudur sanal dünya. Tipik endüstriyel üretim uygulamaları, ürün tasarımı veya yeniden tasarlanması sırasında işbirliğine dayalı fabrika planlamasına eğitime odaklanan ya da muayene için kullanılan gerçek zamanlı gelişmiş bilgileri sağlayabilen üretim süreci simülasyonundan kaynaklanmaktadır. Aslında, VR, uygulama öncesi değişiklikleri analiz ederken ve değerlendirirken, üretim sistemlerinin işbirlikçi (yeniden) tasarımı için kullanılabilir. Bu, maliyetli tasarım hatalarını önlemeyi mümkün kılar.

Her ne kadar bazı çalışmalar insan faktörünü endüstriyel sürecin bir parçası olarak görse de ve VR'yi simülasyondaki operatör hareketlerini doğru bir şekilde içerecek şekilde ayarlamış olsa da, çoğu zaman operatörün deneyimlemesi söz konusudur. VR / AR sadece statik bir konumdan, örn. giriş sensörlerinin bulunduğu sabit veya oturmuş durumda. Başka bir yaklaşım ise, operatörü bir mağarada, öngörülen bir VR duvarında, fiziksel kısıtlamalarla açık bir şekilde sınırlanmış bir alanın içine sokmaktır. Diğer taraftan oyun endüstrisi, sensörleri yerleştirmek ve oyuncuyu VR / AR ortamındaki fiziksel kısıtlamalardan kurtarmak için gelişmiş yöntemler geliştirdi: sanal dünyada hareket etme ve ortaya çıkan her şeyle etkileşim kurma yeteneği oyuncunun etrafında. VR HMD'leri giyen bir veya daha fazla operatörü olan büyük işbirliği ekipleri bile desteklenmektedir. Oyun bu nedenle AR / VR'deki inovasyonun, özellikle son kullanıcı sayısı veya beta sürümlerini kabul etmeye çok eğilimli olan ve ilk deneyi yapabilmek için erken test kullanıcıları haline gelen oyuncular sayesinde yoğun bir şekilde zorlandığı alan haline gelir. . Sektörde benzer bir yenilik, yıllarca test, endüstriyel standartlarda değişiklikler, makinelerin yenilenmesi ve fabrika tasarımının yükseltilmesini gerektirmekte, maliyetli yatırımları ve yönetim kararlarını belirtmemektedir.

Trstenjak and Cosic (2017) sanayi 4.0 değişmek için birçok meslek getirdi. İnsanlar yeni günlük işleri öğrenmekle yükümlüdür, aynı zamanda işlerinin en önemli faktörü haline gelecek olan yüksek teknoloji ürünü araçları kullanmak zorundadırlar. Ayrıca, makine tarafından verilen verilere güvenmek zorundadırlar, aynı zamanda verilerin doğru olduğundan emin olmalıdırlar. Daha hızlı süreçlerle, daha fazla veriyi işlemek ve ondan karar almak zorundadırlar, aynı zamanda öngörü analizini yapmak zorundadırlar.

Bu, gelişmiş ülkelerde genç işgücüne kolay bir şey gibi görünebilir, ancak geçiş ülkelere geldiğinde, çalışma gücü biraz daha eskidir ve yeni teknolojilere aşına değildir. Eğitim süreci daha uzun ve direnç daha güçlüdür. Bu mesleklerden biri, Endüstri 4.0'ın gelmesiyle başka bir boyut kazandıran bir süreç planlayıcısıdır. Endüstri 4.0 konseptinin uygulanmasıyla, çalışma ortamının çoğu, Siber-Fiziksel sistemler ve Nesnelerin İnterneti ile otomatik hale getirildi ve veriler bulut bilişim kullanılarak çevrimiçi olarak işleniyor. Makine-makine iletişimi gereklidir, bu nedenle insan üretim sürecinin bazı önemli kısımlarından elimine edilir. Planlama süreci tamamen otomatikleştirilebilir mi? Otomasyona yönelik talepler nelerdir ve gelecekteki ürünlere insan taşımacılığı bilgisi olabilir mi? Birincil işlem seçimi, işlem sıralaması ve çizelgeleme için karar verme süreci otomatikleştirilmeli ve bunun bilgisi, süreci planlayabilen bir sisteme aktarılmalı ve müşteriden gelecek ürünün ve siparişin CAD ve CAM modeline dayanan çizelgeleme yapılmalıdır. Bu, Sanayi 4.0'da ulaşılması gereken bir süreç planlayıcısının yeni rolü ve ortamıdır. CAPP'den sürekli bir yoldur, süreç planlamasında yapay zekâ uygulamasıdır. Bu alandaki araştırmanın ilk aşamasında Endüstri 4.0 ortamında süreç planlaması incelenecek ve CIM'in parçası olan CAPP gibi önceki benzer başarı ve yaklaşımlarla ilişkilendirilecek ve sunulacaktır. Gelecek aşamalar, “Ürün planlama” yazılımının tek parçalarının geliştirilmesine ayrılacaktır.

Lee (2008) siber Fiziksel Sistemler (CPS), hesaplamanın ve fiziksel süreçlerin entegrasyonudur. Gömülü bilgisayarlar ve ağlar fiziksel süreçleri izler ve kontrol eder, genellikle fiziksel süreçlerin hesaplamaları etkilediği geri besleme döngüleri ve tersi. Bu tür sistemlerin ekonomik ve toplumsal potansiyeli, gerçekleştirilenden çok daha büyüktür ve teknolojiyi geliştirmek için dünya çapında büyük yatırımlar yapılmaktadır. Özellikle, bu tür sistemlerin fiziksel bileşenlerinin, genel amaçlı hesaplamadaki

niteliklerden niteliksel olarak farklı olan güvenlik ve güvenilirlik gereksinimlerini ortaya koyması nedeniyle, önemli zorluklar söz konusudur. Ayrıca, fiziksel bileşenler, nesne yönelimli yazılım bileşenlerinden niteliksel olarak farklıdır. Metod çağrılarında ve konulara dayalı standart soyutlamalar çalışmaz. Bu makale, bu tür sistemlerin tasarlanmasındaki zorlukları incelemekte ve özellikle günümüzün bilgisayar ve ağ teknolojilerinin CPS için yeterli bir temel sağlayıp sağlamadığı sorusunu gündeme getirmektedir. Tasarım süreçlerini iyileştirmenin, soyutlama seviyesini yükseltmenin veya bugünkü soyutlamalar üzerine inşa edilmiş (resmi veya başka şekillerde) tasarımları doğrulamanın yeterli olmayacağı sonucuna varır. CPS'in tam potansiyelini gerçekleştirmek için, bilgisayar ve ağ oluşturma soyutlamalarını yeniden inşa etmek zorundayız. Bu soyutlamalar fiziksel dinamikleri ve hesaplamayı birleşik bir şekilde kucaklamak zorunda kalacaklar.

Schmidt and Möhring (2013) büyük Veri yönetim ve BT departmanları için giderek daha önemli bir konudur. Başlangıçta Büyük Veri uygulamaları öncül kurulumlarda büyüktü. Bugün, Büyük Veri uygulamalarını uygulamak için bulutlar hizmetleri giderek daha fazla kullanılmaktadır. Bu, farklı stratejik kurumsal hedefleri destekleyen farklı yollarla yapılabilir. Bu nedenle, Bulut Hizmetlerini kullanarak Büyük Veri uygulamalarını uygulamak için alternatifleri sıralayan ve bu alternatiflerin desteklediği stratejik hedefleri belirleyen bir çerçeve geliştiriyoruz. Oluşturulan çerçeve, bulut bilişim kullanan Büyük Veri girişimlerinin seçeneklerini açıklığa kavuşturuyor ve böylece Büyük Veri uygulamalarının stratejik uyumunu geliştiriyor.

Quin *et al.* (2016) ilk Sanayi Devrimi'nden bu yana, daha sonraki devrimler, imalatta, su ve buharla çalışan makinelerden elektrik ve dijital otomatik üretime kadar radikal değişimlere neden oldu. Üretim süreçleri giderek daha karmaşık, otomatik ve sürdürülebilir hale geldi; bu da insanların makineyi basit, verimli ve ısrarlı bir şekilde kullanabilmeleri anlamına geliyor. Burada modern üretim, özellikle Avrupa ülkelerinde, kelimenin tam anlamıyla önemli bir rol oynuyor. GSYİH'nın yaklaşık% 17'si, Avrupa Birliği'nde çeşitli ek meslekler ile yaklaşık 32 milyon iş pozisyonu yaratan endüstri tarafından karşılanmaktadır. Bununla birlikte, son yıllarda Avrupa ülkelerinin endüstrileri pek çok sorunla karşı karşıyadır; Yaşlanan nüfus ve gelişmekte olan

ülkelerden rekabet gibi. Ekonomik Politika Komitesi ve Avrupa Komisyonu'na göre, çalışma yaşı nüfusu (24 ila 60 yaşları arasında) yaklaşık 48 milyon (% 16) azalacakken, 2050 yılına kadar 58 milyon yaşlı kişi var olacak. 2011 yılında, gelişmekte olan ülkelerin (Çin, Hindistan ve Brezilya gibi) sanayi değeri payı, 1990 yılında% 179 oranında artarak 6,577 milyar Avro'nun yaklaşık% 40'ını oluşturmuştur. Buna karşılık, Batı Avrupa ülkeleri sanayi değeri payı azalmıştır. % 25 ile% 36 oranında 3 451 € (Almanya'da% 8, Fransa'da% 20 ve İngiltere'de% 29). Bu sorunlar, işgücünü azaltmak, ürünün gelişmekte olan zamanını kısaltmak, kaynakları verimli kullanmak ve böylece, Siber Fiziksel Sistem (CPS) ve Nesnelerin İnterneti (IoT), son on yılda geliştirilen son teknoloji ürünüdür.

Bu teknolojilerin gelişmesiyle birlikte, 4. endüstri devriminin başlangıcını simgeleyen Hannover Fuarı etkinliğinde, Alman tarafından yeni bir konsept olan Endüstri 4.0, tanıtıldı. İlk yayınından bu yana, birçok Avrupa üretim araştırma kuruluşu ve şirketi bu konu üzerinde çalışma üretmişlerdir. Bu, Endüstri 4.0 altında üretimin, değiş tokuş edilebilir bilgi ve kontrol edilen makinelerden ve birlikte işlerlik içinde bağımsız ve akıllıca hareket eden üretim birimlerinden oluşacağını vurgular. Bununla birlikte, araştırmacılar, Endüstri 4.0'ın çeşitli gerekliliklerine ve farklı endüstriyel teknoloji uygulamalarına dayanan başarısının farklı görüşlerine sahiptir. Modern üretimin çok alanlı olarak detaylandırılan geliştirilmiş bir konu olduğu açıktır. Bu nedenle, Endüstri 4.0'ın mevcut anlayışı ilkeleri hak iddia edemez. Buna ek olarak, üretim endüstrisi insanlara Endüstri 4.0'ı yerine getirme konusunda rehberlik edecek bir hiyerarşik teknoloji uygulama prosedürü eksikliği için umutsuzdurlar.

İlk üç sanayi devrimi, insan üretimine mekanizasyon, elektrik ve bilgi teknolojisi (BT) getirdi. En ileri teknoloji ürünü üretim ülkelerinden biri olan Almanya, en sofistike üretim şirketlerinin ve fabrikalarının çoğunu elinde bulundurmaktadır. Dahası, Alman hükümeti, endüstriyel teknolojinin hızla büyümesini sağlayan endüstriyel kalkınmaya yönelik üç Araştırma ve Geliştirme fonundan ikisini de sağlamaktadır. Pasif makineler ve robotlar emek güçlerini değiştirdi, yani bilinçsiz bir insan tarafından kontrol ediliyorlar. 2012 yılında, Almanya'da 1000 işçi başına sanayi robot sayısı yaklaşık 273'tür. Bununla birlikte, çalışanların kullanımı ve kontrol, kontrol veya verimli bakım

için gerekli ek kaynaklar kullanımında hala pahalıdır. Son zamanlarda, nesnelerin (IOT) ve Siber-Fiziksel Sistemin (CPS) İnternetinden faydalanarak, endüstri ile ilgili ürünler, örneğin malzeme, sensörler, makineler, ürünler, tedarik zinciri ve müşteriler, bu gerekli nesnelerin birbirleriyle bağımsız ve otonom olarak bilgi alışverişinde bulunacak ve eylemleri kontrol edecekleri anlamına gelir. Alman mühendisler, üretimin, kendi üretim işlemlerini kontrol etme eğiliminde olduğu “Sanayi 4.0” adı verilen yeni bir değerler dizisi geçişine dönüştüğünü biliyorlar. O zamandan beri, Endüstri 4.0 terimi, dünyadaki endüstri ve akademi arasında en popüler üretim konularından biridir ve aynı zamanda gelecekte üretim üzerinde aşırı etki yaratan dördüncü sanayi devrimi olarak kabul edilmiştir. Hemen hemen aynı zamanda, birçok diğer sanayi ülkesi bu yeni gelen üretim çağının farkındadır. Çin'de 2015 yılında “ Çin'de 2025 yapımı “adı verilen bir sanayi geliştirme planı yayınlandı. Ayrıca, Sanayi 4.0 ile aynı amaçlarla bir endüstri geliştirme planı yapılmıştır. Bu bölümde, geleceğin üretim vizyonu, devam eden endüstri örnekleri ve sistem mimarisi, pek çok farklı araştırmacının araştırmasına ve görüşüne göre, Endüstri 4.0'ın ana kavramlarını ortaya çıkarmak için gösterilmektedir.

Herter and Ovtcharova (2016) endüstri 4.0 girişimi, ürün geliştirmede çeşitli disiplinler arasındaki yakın işbirliğini teşvik eder. İşbirlikçi yönler, çeşitli sistemler, Sistem Mühendisliği ve daha kesin olarak Model Tabanlı Sistem Mühendisliği tarafından ele alınmaktadır. Bu çalışma, kavramsal modellerin entegre bir görselleştirilmesiyle disiplinlerarası iletişim için yeni bir yöntem katkıda bulunmaktadır. Yöntem, ilgili disiplinlerdeki uzmanlar arasında doğrudan iletişim için bir ortam tanımlar. Yaygın uygulama senaryoları, süreç uzmanlarının bilgisayar bilimi, lojistik veya mühendislik gibi diğer disiplinlerden uzmanlarla bağlılık göstermesi gereken iş süreci yönetimi atölyeleridir. Özellikle Endüstri 4.0 senaryolarında, çeşitli alanlardaki uzmanlar arasındaki karşılıklı anlayış, başarılı bir süreç kurulumu, planlama ve üretim senaryolarının hazırlanması için çok önemlidir. Yöntem, model arası ilişkileri kurmak ve bunların görselleştirilmesi için teorik bir çerçeve içermektedir. Modeller arasında bağlantı kurmak için ontoloji tabanlı bir yaklaşım uygulanır. Bilgi sistemleri için Bunge-Wand-Weber Ontology, tutarlı modeller arası ilişkiler kurmak için genel ve henüz uygulanabilir bir temel sağlar. Destek iletişim süreçleri için entegre modeller gösterilmelidir. Anlaşılabilir bir görselleştirme sağlamak için, bağlantılı modellerin

düzenlendiği ve görüntülendiği üç boyutlu bir ortam önerilmektedir. Bilimsel temel, bilgi görselleştirmesinin bilimsel disiplinde tanımlanan görsel değişken kavramının uygulanmasıyla verilir. Uzay derinliği, görsel değişken setini genişletir. Entegre modellerin semantik kavramına uygulandığında, entegre modellerin ayırt edilebilir bir görselleştirilmesi sağlanmıştır.

Bedolla *et al.* (2017) akıllı Fabrikanın (SF) gelişimi, Avrupa'nın yeniden sanayileşmesinde kritik bir kavramdır. En sanayileşmiş ülkeler, Endüstri 4.0 üretim teknolojilerinin üretim ortamlarına entegrasyonunu teşvik etmek için ulusal ve uluslararası programlara kaynak sağlamaktadır. Şekil 1'de, dünyanın en aktif ülkelerini (a) ve Avrupa'da (b) ve ilgili programları gösteren bir harita gösterilmektedir. SF yayılımı, sektördeki iş tanımını önemli ölçüde etkileyecektir. Bugün bir şirketin personeli iki kategoride sınıflandırılabilir: “beyaz” ve “mavi” yakalar. Genellikle, mühendislerin bir alanda yetkin olmaları ve açık işbölümü ile geleneksel organizasyon kültürü nedeniyle diğer alanlarda bazı temel bilgilere sahip olmaları istenir. Bununla birlikte, genel olarak “gri” yakalı olarak adlandırılan yeni bir figür ortaya çıkmaktadır: pratik becerileri teknik ve entelektüel yeteneklerle birleştiren işçilerden oluşur. Bu nedenle, BT araçları, üretim ve otomasyon dâhil olmak üzere işlerini geliştirmek için çeşitli teknolojilere hâkim olmak için yeni mühendisler gerekli olacaktır. Bu endüstriyel ihtiyacı karşılamak için eğitim programları güncellenmelidir. Bu ihtiyaç aynı zamanda bir Avrupa araştırmasında da vurgulanmıştır. Bu da yetenekli mühendislerin eksikliğinin zaten şirketleri daha fazla iş üretmesini engellediğini belirtmektedir. Son zamanlarda, üniversiteler akıllı fabrika laboratuvarlarını geliştirmek ve dağıtmak için büyük yatırımlar yapmaya başladı. Teknolojik unsurların yanı sıra, BT araçları süreçlerin yürütülmesinde kritik bir rol oynamakta ve herhangi bir şirket için hayati önem taşımaktadır. Bu araçlar arasında en popüler olanlardan bazıları şunlardır: Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD), Bilgisayar Destekli Üretim (CAM), Bilgisayar Destekli Mühendislik (CAE), Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi (PLM), Kurumsal Kaynak Planlama (ERP), Üretim Yürütme Sistemleri (MES) ve Ayrık Olay Simülasyonu (DES). Bununla birlikte, literatürdeki sanatta, bu araçların tam olarak entegre edildiği eğitim ortamları için birkaç kanıt bulunmaktadır.

Meissner *et al.* (2017) endüstri 4.0'ın üretim araştırmalarındaki yüksek ilgisine ve bu konudaki çok sayıda yayına rağmen, Endüstri 4.0'ın açıkça tanımlanmamıştır. Dahası, bu konuyla tam olarak neyin ilgilendiği anlayışı farklıdır ve etkilenen araştırma alanları farklıdır. Son üç sanayi devrinin aksine, yaklaşan dördüncü devrim için Endüstri 4.0'ı tetikleyen tek bir teknoloji belirlenmedi. Bunun yerine, daha çok, şimdi birlikte çalışmakta olan, hem mevcut hem de yeni olan birçok teknolojinin bir araya gelmesiyle daha açık bir şekilde tarif edilebilir. Bu teknoloji kombinasyonu, üretim sistemlerinde yeni fırsatlara ve uygulamalara yol açar.

Standart bir tanımın olmamasına rağmen, daha önce de belirtildiği gibi, Endüstri 4.0'a ait olan teknolojiler ve özellikler vardır. Dördüncü sanayi devrimindeki en önemli teknolojilerden biri de internettir. Daha genel bir şekilde, Endüstri 4.0, bilgi sistemleri ve iletişim teknolojileri (ICT) ile üretim sistemleri arasında bir bağlantı olarak tanımlanabilir.

Endüstri 4.0'ın kilit unsurlarından biri siber-fiziksel sistemlerdir(CPS). CPS, gömülü sistemlerin ve internetin fiziksel nesnelere birleştirmek için birleşmesini tanımlar. Eğer bu sistemler üretim sistemlerinde uygulanırsa, ürünler, makineler ve diğer tesisler bir dereceye kadar akıllı olurlar, daha sonra siber fiziksel üretim sistemleri ortaya çıkar. Böylelikle, üretim sistemlerinin makineleri ve ilgili tesisleri ve ürünleri birbirleriyle internet üzerinden birbirlerine bağlanır ve bilgi alışverişi yapılabilir. İnternet üzerinden bağlantı, bir yandan makinelerin veya diğer tesislerin daha esnek bağlantılarına izin verir ve ad-hoc bağlantısı etkinleştirildiğinde daha yüksek bir esneklik sunar. Diğer taraftan, gerçek zamanlı olarak bir veri alışverişini mümkün kılar, böylece bilgi her eleman için her zaman kullanılabilir olur.

Tupa *et al.* (2017) endüstri 4.0, üretim süreçlerini yönetmek için nispeten yeni bir yöntemdir. Risk yönetimi alanında, yeni yaklaşımlar, değiştirilmiş çerçeveler, daha karmaşık BT altyapısı ve bunun gibi yeni risklerin bir sonucu olarak ortaya çıkabilir. Çoğu durumda, Sanayi 4.0'ın uygulanması, insanlar, sistemler ve nesnelere arasındaki bağlantıların daha karmaşık, dinamik ve gerçek zamanlı optimize edilmiş bir ağ haline geldiğini göstermiştir. Öte yandan, gerçek zamanlı olarak veri hacmi ve kullanılabilirlik

artırma gerçekliği, altyapı, yönetim, teknoloji ve benzeri yeni gereksinimlere neden olmaktadır. Bu yazının amacı, Endüstri 4.0 kavramı için risk yönetimini uygulamak için anahtar unsurlar ve çerçeve tasarımı ile ilgili Sanayi 4.0 üzerine araştırma yapmaktır.

Trstanjak and Cosic (2017) geçtiğimiz birkaç yılda dünya dördüncü sanayi devrimi ile karşı karşıya. Çalışma ortamının, gelecekte önemli faydalar sağlayacağı umuduyla, hızla değiştirilmesi talep edilmektedir. Genel üretim süreçleri otomatikleştirilmekte ve şirket içindeki diğer faaliyetlere bağlanmaktadır. Endüstri 4.0 ortamında en önemli faktörlerden biri veri yönetimi, büyük veri yönetiminin doğru olması. Siber-fiziksel sistemler (CPS), nesnelerin interneti (IoT) ve bulut bilişim kullanımı ile yapılır. İnsan mesleklerinin adapte edilmesi ve değiştirilmesi zorunludur, dolayısıyla bilinen rollerin gelecekte farklı bir yapıya kavuşması önerilmektedir. İşçiler yeni durumla başa çıkmayı ve yaşam-öğrenme sürecinin süresini kabul etmeyi, sürekli olarak performanslarını geliştirmeyi öğrenmelidirler. Sonunda, hem teknolojik hem de insani gelişmelerin kullanılmasıyla, daha düşük üretkenlik, ürün kalitesi ve daha düşük ürün teslimiyle (imalat) zaman ve ürün fiyatının gelmesi beklenmektedir. Bunun dışında, kitlesel kişiselleştirme terimi çok önemli hale geldi ve çok esnek bir imalat gerektiriyordu.

Benešová and Tupa (2017) endüstri 4.0 vizyonu sadece yeni yaklaşımlar değil, aynı zamanda şirketlere dâhil edilmesi gereken metodolojiler ve teknolojiler de getirecektir. Bu kadar sofistike bir üretime geçiş hemen mümkün olmayacaktır. Ana nedenler yüksek finansal maliyetler ve nitelikli çalışanların eksikliğidir.

Miranda *et al.* (2017) sanayi tarihi bir dönüm noktasıyla karşı karşıyadır. Endüstri 4.0'da insanlar, makineler ve ürünler birbirleriyle internet üzerinden iletişim kurarlar. Bu endüstri ve internet teknolojisinin yakınsama anlamına gelir. Modern makineler, şirketlerin üretim tesislerinde dijitalleşme potansiyelini kullanmasına ve yeni iş alanlarının kilidini açmasına izin verir. Makine mühendisliği sektörü, yeni teknolojilerin müşterinin yararına nasıl başarılı bir şekilde entegre edilebileceğini bilmek zorunda. Üretim süreçleri ve tedarik zincirleri, verimlilikteki gelişmeler ve maddi ve enerjide büyük tasarruflar ile daha verimli hale gelecektir.

Dijitalleşme, veri alışverişi, müşteri iletişimi ve hizmetler için platformların artan önemi

ile el ele gitmektedir. Çevrimiçi platformlar pazara erişimi kolaylaştırır, işlem maliyetlerini azaltır ve yeni iş modelleri ile inovasyonu mümkün kılar. Makineler dünyanın dört bir yanına bağlanmıştır, bu yüzden Sanayi 4.0, ağlar ve veri trafiği olmadan mümkün olmaz.

Vaidya *et al.* (2018) üretim sürecinin sayısallaştırılması ve akıllı hale getirilmesi günümüz endüstrisine duyulan ihtiyaçtır. İmalat sanayi şu anda seri üretimden özelleştirilmiş üretime geçiyor. Üretim teknolojilerindeki hızlı gelişmeler ve endüstrilerdeki uygulamalar verimliliği artırmaya yardımcı oluyor. Endüstri 4.0 terimi, ürünlerin yaşam döngüsünün tüm değer zinciri üzerinde yeni bir organizasyon ve kontrol seviyesi olarak tanımlanan dördüncü sanayi devrimi anlamına gelir; giderek artan bireyselleştirilmiş müşteri ihtiyaçlarına yöneliktir. Endüstri 4.0 hala vizyoner ama Nesnelerin İnterneti, Endüstriyel İnternet, Akıllı Üretim ve Bulut tabanlı İmalat'ı içeren gerçekçi bir konsept. Endüstri 4.0, sürekli iyileştirme, değer katma faaliyetlerine odaklanma ve atıklardan kaçınma amacıyla, üretim sürecindeki insanın sıkı entegrasyonuna ilişkindir. Bu çalışmanın amacı, Endüstri 4.0'a genel bir bakış sağlamak ve Endüstri 4.0'ın uygulanması ile ortaya çıkan zorlukları ve sorunları tanımlamak ve Endüstri 4.0 ile ilgili yeni eğilimleri ve akımları incelemek için Endüstri 4.0'ın dokuz sütununu uygulamalarıyla anlamaktır.

Carvalho *et al.* (2018) tarih boyunca sanayileşme, kirliliğin en önemli nedenlerinden biri olmuştur, çevre konularını dikkate almamakta ve sürdürülemez bir üretim modeliyle sonuçlanmaktadır. Dördüncü Sanayi Devrimi veya Endüstri 4.0 olarak adlandırılan yeni sanayi modeli bu bağlamda bir değişim, hem uygulanabilir hem de sürdürülebilir bir üretim sistemini hedefler. Bu çalışma, Endüstri 4.0'ın sürdürülebilirlikle ilgili ana işbirliği biçimlerini tanımlamayı amaçlamaktadır. Bilimsel çalışmalar, yeni sanayi modelinin geliştirilmiş ürün yaşam döngüleri, üretim işlerini, bu endüstrinin ilkelerine bağlı siber-fiziksel sistemlerin kullanımı ile entegre bir şekilde, merkezi olmayanlaştırma, sanallaştırma, birlikte çalışabilirlik gibi avantajlara işaret etmektedir. Doğal kaynakların kullanılabilirliğine ve çevresel maliyetlere daha fazla adaptasyona yol açan diğerleri. Daha küçük gruplar, talep eğrilerine daha doğru bir yanıt verebilir ve sonuç olarak üretim için atıkları azaltabilir.

Mourtzis *et al.* (2018) endüstri 4.0 konsepti ile üretim, dijitalleşmenin bir sonraki aşamasına geçiyor. Nesnelerin İnterneti, Bulut Teknolojisi, Artırılmış ve Sanal Gerçeklik gibi yenilikçi teknolojilerin desteklediği Endüstri 4.0, vasıflı işgücünün ileri yaşam boyu eğitimini destekleyerek eğitimin üretiminde de önemli bir rol oynayacaktır. Ayrıca, Eğitim 4.0 olarak adlandırılan ileri eğitim ve ağa bağlı ekosistemler, yeni üretim çağında beceriler geliştirecek ve yeterlilikler oluşturacaklardır. Buna paralel olarak, bu çalışma, siber-fiziksel sistemlerin ve Endüstri 4.0 teknolojilerinin benimsenmesiyle, eğitim fabrikası paradigması altında, üretim eğitimini yeniden şekillendirecek ve yüksek vasıflı çalışanlara olan artan ihtiyacı ele alacak. Radyo kontrollü bir otomobilin inşası dikkate alınarak Endüstri 4.0 teknolojisi tarafından desteklenen bir öğretim fabrikası paradigması sunulacaktır.

Kan *et al.* (2018) algılama, iletişim ve mobil teknolojilerindeki hızlı ilerleme, yeni bir Endüstriyel Teknoloji Örneğini (IIoT) getiriyor. IIoT, akıllı ve bağlı yazıcı koşullarının izlenmesi için çok sayıda sensörü birleştirir. Sensör gözlemleri, makinelerin operasyonel imzaları hakkında zengin bilgiler içerir, böylece makine durumu izleme ve kontrolü için büyük bir fırsat sağlar. Ancak, IIoT'nin tam potansiyelini fark etmek, büyük veri analizini kullanarak yeni metodolojilerin geliştirilmesine büyük ölçüde bağlıdır. Bu yazıda, geniş ölçekli IIoT makine bilgisi işleme, ağ modellemesi, durum izleme ve arıza teşhisi için yeni bir metodoloji sunulmaktadır. İlk olarak, makine imzalarının farklılığını (örn. Çalışma sırasında güç profilleri) karakterize etmek için bir dinamik perdeleme algoritması sunuyoruz. İkincisi, makine imzaları arasındaki benzerliğin, oradan düğümden düğüm noktasına kadar korunabildiği, büyük ölçekli bir IIoT makineleri oluşturmak için stokastik bir ağ yerleştirme algoritması geliştiriyoruz. Makine durumu değiştiğinde, ilgili ağ düğümünün yeri buna göre değişir. Bu nedenle, düğüm konumlarının makine koşulları hakkındaki teşhis bilgilerini göstermesi gerekir. Bununla birlikte, ağ gömme algoritması, büyük miktarlarda IIoT özellikli makinelerin görülme sıklığında hesaplama açısından pahalıdır. Bu nedenle, geniş ölçekli IIoT özellikli makinelerin verimli ağ modellemesi için birden fazla işlemcinin gücünü kullanan paralel bir hesaplama geliştirmekteyiz. Deneysel sonuçlar, geliştirilen algoritmanın, döngüden döngüye ve makineden makineye ölçeklerdeki imzaların varyasyonlarını etkin ve etkili bir şekilde yeniden karakterize ettiğini göstermektedir.

Bu yeni yaklaşım, geniş ölçekli IIoT kapsamındaki en uygun makine programlaması ve bakımı için güçlü potansiyeller göstermektedir.

AlGeddawy (2017) endüstri 4.0'daki üretim sistemleri değiştirilebilir, akıllı, bağlı ve daha bağımsızdır. Değişken bir üretim sisteminin yapısı fiziksel yeniden yapılandırmaya izin verir, bununla birlikte, yeniden programlama denetleyicileri her yeni sistem yapılandırması için her zaman elle gerçekleştirilir. Sunulan model, farklı sistem konfigürasyonlarına karşılık gelen farklı merdiven mantığı kodlarını birleştirir, modülerleştirir ve otomatik olarak birleştirilen ve farklı sistem denetleyicilerine indirilen daha küçük kod parçaları üretir. Model modüler kodları hazırlamak için Cladistics ve Design Structure Matrix'i (DSM) kullanır. Değiştirilebilir bir robotik montaj sisteminin bir durum çalışması sunulmaktadır.

Uhlmann *et al.* (2017) üretim alanındaki artan makine ve sistem ağı sayesinde büyük veri setleri üretilmektedir. Ayrıca, üretim ve bakım optimizasyonu amacıyla veri elde etmek için üretim sistemlerine daha fazla harici sensör monte edilir. Bu nedenle, veri analizi ve yorumlama, Industrie 4.0 uygulamalarındaki zorluklardan biridir. Sistem içi alarmlar ve işlem sırasında üretilen mesajlar gibi güvenilir verilerin analizi (ör. Dâhili ve harici sensörler) üretim ve bakım süreçlerini optimize etmek için kullanılabilir. Ayrıca, bilgi ve bilgi, ham verilerden çıkarılabilir ve veriye dayalı iş modelleri ve hizmetleri geliştirmek için kullanılabilir; Üretim sistemleri için yeni mevcudiyet sözleşmeleri sunar.

Mayer *et al.* (2017) karmaşık ve hızlı değişen üretim süreçleri, üniversiteler için büyük bir zorluğu temsil etmektedir çünkü otantik erişim yöntemleri için uygun didaktik kavramlar gereklidir. Özellikle dijitalleşme ve birbirine bağlı disiplinlerin etkileşimi kavramak zordur. Modüler akıllı üretim laboratuvarı, tam olarak yarının endüstri mühendislerinin eğitimi için geliştirilmiştir. Festo'nun modüler üretim sistemi, yeni bir yetkinliğe yönelik didaktik konsept içerisinde kullanılmaktadır. Farklı yeterlilik seviyeleri için bireysel öğretim yolları için bir öğrenme havuzu oluşturur. Ortaya çıkan MSPL, endüstri mühendisleri için yarı-yerinde disiplinler arası eğitim sağlar. MSPL'nin büyük bir avantajı, değişen proses gereksinimlerine yönelik esnekliğidir. Ayrıca, yeni

I4.0 vaka çalışmalarının geliştirilmesi için Ar-Ge altyapısı olarak hizmet vermektedir. Bu nedenle, bu gelişme gelecekteki işlerini için nitelikli öğrencileri sağlar.

Mrugalska and Wyrwicka (2017) yalın Üretim, endüstriyel ortamda yaygın olarak kabul ve kabul edilir. İnsanların üretim sürecinde sıkı entegrasyonu, sürekli iyileştirme ve atıklardan kaçınarak katma değerli faaliyetlere odaklanma ile ilgilidir. Bununla birlikte, Endüstri 4.0 ya da dördüncü sanayi devrimi olarak adlandırılan yeni bir paradigma imalat sektöründe yakın zamanda ortaya çıkmıştır. Akıllı bir fabrikaya sahip olmak için tüm değer zincirinde bir akıllı makineler, ürünler, bileşenler, özellikler, bireyler ve BİT sistemleri ağı oluşturulmasına izin verir. Dolayısıyla, şimdi, bu iki yaklaşımın nasıl bir arada var olabileceğini ve nasıl destekleyebileceğini soruyoruz.

Öksüz *et al.* (2017) yalın Üretimin ana felsefesi, işletmelerde üretim ve hizmet sürecini israflardan arındırarak maliyetlerin düşürülmesi, müşteri memnuniyetinin artırılması ve sürekli iyileştirmenin sağlanmasıdır. Bu amaçla, Tam Zamanında Üretim, Kanban (çekme sistemi), Kaizen (sürekli iyileştirme), Sürekli Akış, Toplam Üretken Bakım, SMED (Single-Minute Exchange of Dies) gibi birçok Yalın Üretim tekniği geliştirilmiştir. Endüstri 4.0 sanayi devrimi ise çok sayıda fiziksel ve dijital teknolojinin bir araya gelmesi ile gerçekleşmektedir. Endüstri 4.0 sadece temel iş süreçlerinde değişimi sağlamakla kalmayıp, akıllı ve bağlantılı ürün kavramlarını ortaya çıkarıp gelir yaratıcı, hizmet temelli yeni olanaklar sunacaktır. Bu da Yalın Üretimde akıllı robotlar, sensörler, 3D yazıcılar, dronlar, gelişmiş veri depolama ve analiz sistemleri ve daha birçok teknolojinin kullanılmasıyla kaynak etkinliğini ve verimliliğini arttıracak, aynı zamanda şirketlerin rekabet gücünü daha üst seviyeye taşımak açısından katkı sağlayacaktır. Bir işletmenin en önemli hedeflerinden birisi, israfı meydana getiren süreç, faaliyet veya eylemlerin iyileştirilmesi ya da tümüyle ortadan kaldırılmasıdır. Yalın Üretim felsefesi işletmelerde bu amaca yönelik olarak uygulanmaktadır. Endüstri 4.0 teknolojileri sayesinde Yalın Üretim metodolojisinin yeni uygulamaları mümkün olabilecektir. Böylece israfı azaltmak, verimliliği ve müşteri memnuniyetinin arttırmak mümkün olacaktır.

Kurniadi and Ryu (2017) yeniden Yapılandırılabilir Üretim Sistemi (RMS), üreticilerin her bir dönemde farklı miktarlarda talepleri karşılamaına olanak tanıyan müşteri taleplerindeki yüksek farklılığa çözüm olarak ortaya çıktı. RMS'de, sistem, her bir periyodun talebine bağlı olan makinelerin eklenmesi ve çıkarılmasıyla makinelerin tam olarak ne zaman ve gerektiği yerlerde yeniden yapılandırılması ile talepleri karşılar. Yeniden yapılandırma işlemi, bu belgede yeniden yapılandırma planlama (RP) sorunları olarak adlandırılan RMS içinde önemli bir sorun getirir. Ancak, küresel bir sorun olan Nesnelerin İnterneti'nin (IoT) yükselişi ile, birçok şirket veya üretici, akıllı sistemlerine entegre etmeye çalışıyor. RMS'nin makineler ve mantık arasındaki internet işleyişini kurmak için IoT'yi de kullanması gerekir, böylece RP sorunları çözülebilir, otomatikleştirilebilir ve kontrol edilebilir.

Tedeschi *et al.* (2017) endüstri 4.0, özerk durum izleme ve uzaktan bakım gibi yeni hizmetler sağlamak için üretim sistemlerini eski sistemlerde Nesnelerin İnterneti (IoT) teknolojisini uygulayarak sistemlerini ve süreçlerini güncellemeye teşvik etti. Bununla birlikte, dördüncü endüstri devriminin karmaşıklık, veri güvenliği ve maliyet açısından avantaj ve dezavantajlarını gerçekleştirmede yol gösteren bir literatür bulunmamaktadır. Bu makale, eski sistemler için yeni mimarilerin uygulanmasının maliyetini tahmin etmek için yenilikçi bir kavramsal model oluşturmanın temelini atmaktadır. Önerilen yaklaşım, farklı IoT mimarilerinin maliyetini etkileyen yönleri dikkate alır: karmaşıklık, veri toplama ve paylaşma protokolleri ve siber güvenlik. Yazarlar, kurumların eski sistemlerini modernize etmek için en uygun maliyetli mimaride rehberlik etmek amacıyla maliyet modelinin daha ileri bir şekilde uygulanmasını önermektedir.

3. MATERYAL ve METOT

3.1 Tasarım

Tasarım için 3D tasarım programı olan Solidworks 2018 Premium kullanılacaktır. Tasarım iki aşamada yapılmıştır. Birinci aşamada el çizimi yapılır. Bu çizim ölçüsel değildir. Sadece kullanılacak ürünlerin konumları, çalışma şartları belirlenir. Bu aşamadan sonra ikinci aşamada ise; bu el çizimi ve bilgiler dâhilinde ürünün 3D tasarımını oluşturuldu. Tasarımı yapılan üründe mümkün oldukça direk montaj seçilmiştir. Sistem iki ayrı prosese ayrılmıştır. Birinci aşama Petek Sır Alma, ikinci aşama ise Bal Sağım makinasıdır. Birinci aşamada dikdörtgen biçimindeki bal peteğinin halojen aydınlatma ile renkli görüntüleri alındıktan sonra bir dizi görüntü işleme algoritması çalıştırılarak petek üzerinde bal/yavru hücreleri belirlenmiştir. Bu amaçla Alan Tarama Kamerası vasıtasıyla alınan renkli (RGB) görüntüye uygulanarak ön işlem aşamasında RGB-Gri seviye dönüşümü, filtrelemeler ve görüntü iyileştirmeler oluşturulmuştur. Ardından kenar bulma algoritması uygulanarak kasnağın kenarları tespit edilip ve köşe noktası referans alınarak petek kısmı işaretlendi. Segmente edilen petek bölgesinde ise gerek ham görüntüde mevcut renk (RGB) değerleri ve gerekse ön işlenmiş gri seviye görüntüdeki desen (texture) özellikleri kullanılıp bal/yavru bulunan petek hücreleri belirlendi. Tespit edilen petek hücrelerinden bal bulunanları, tasarlanan olan mekatronik sistemle açılmıştır. Petek Gözü Açma Mekanizması lineer şekilde aşağı-yukarı ve petek yönünde dik hareket eden pnömatik bir sistemdir. Bu sistem peteğin iki yüzeyinde ve birbirinden bağımsız hareket edebilmektedir. İkinci aşamada ise gözleri açılan petekler dikey olarak çevirme özelliğine sahip makine içerisine yüklenmiştir. Bu sistemin kapasitesi 16 adet peteği aynı anda balını sağma işlemi yapabilmektir. Balın sağım işlemi gözü iğne yardımı ile açılan petek çevrilerek (santrifüj) içerisindeki ballar Sağım Makinası kazan yüzeyine doğru çıkmıştır. Tasarımda bu şekilde bir sistem oluşturulmuştur. Bunu oluşturduktan sonra tasarım programındaki analiz kısmında sistemin hem statik hem de hareket analizleri yapıldı.

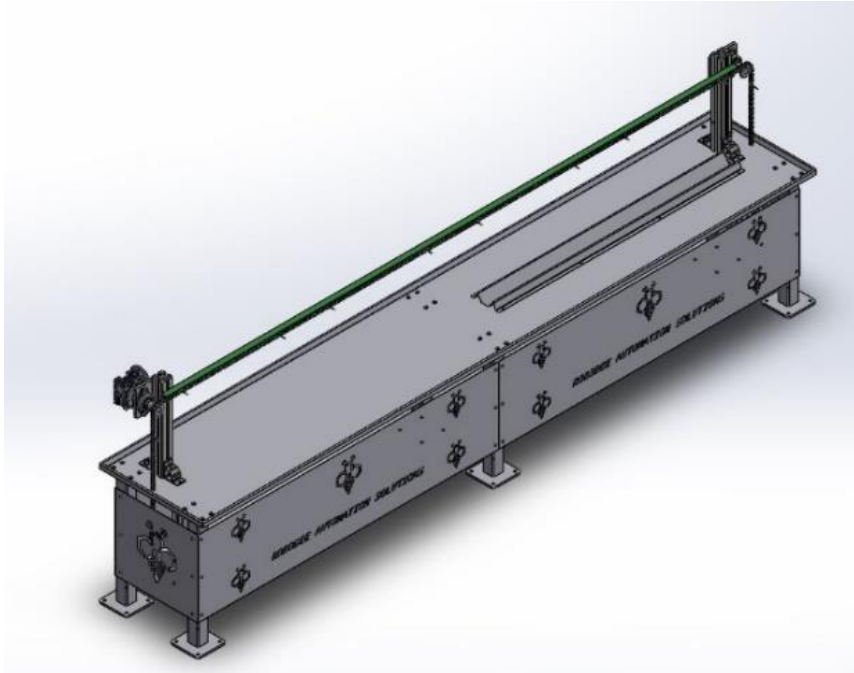
3.2 İmalat

İmalat şu şekilde yapılmıştır. Bazı ürünler taşeron firmalardan yarı mamul olarak tedarik edilmiştir. Bu yarı mamul ürünler direk montaja imkân vermesi sebebiyle direk birleştirme yapılmıştır. İmalatta kullanılan tüm ürünler gıda kodeksine uygun şekilde paslanmaz malzemeden seçilmiştir. Petek Sır Alma kısmındaki ürünler fason üretim yapan firmada Lazer kesim yapıp, Abkant pres yardımıyla şekillendirildi. Bu işlemden sonra Mig/Mag kaynak tekniği gerekli malzemelerde kaynaklı birleştirme yapılmıştır. Görüntü İşleme Kamera bağlantıları direk tak kullan şeklinde Lazer kesimle imal edildi. Petek Bal Sağım Sistemi ise direk üretici firmadan tedarik edilmiştir.

3.3 Mekanik Sistem

3.3.1 Gövde Sistemi

Gövde sistemi iki alt sistemden oluşmaktadır. Bunlar; Şase sistemi ve Taşıma Sistemidir. Gövde Sistemi diğer tüm sistemlerin bağlandığı yapıdır. Petek Sır Alma ve Bal Sağım Otomasyonunun iskeleti görevindedir. Bu sebeple oldukça sağlam ve rijit olmalıdır (Şekil 3.1).



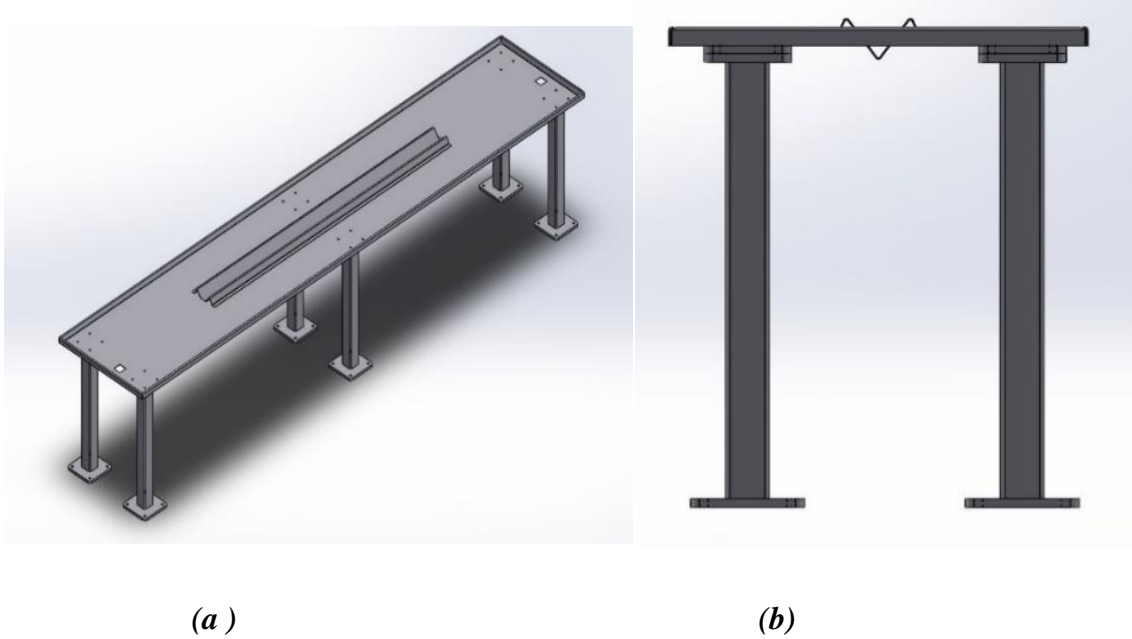
Şekil 3. 1 Gövde ana sistemi.

3.3.1.1 Şase Sistemi

Şase sistemi projeye ait tüm sistemlerin bağlandığı yapıdır (Şekil 3.2a). Bu yüzden hem rijit hem de mukavemet değeri yüksek olmalıdır. Tüm sistemlerin çalışması sırasında titreşim ya da başka bir tepki vermemelidir. Sistemin uzunluğu 2400 mmdir. Genişlik olarak 450 mm, yükseklik olarak ise 500 mm tercih edilmiştir. Yüksekliğin düşük olmasının sebebi kullanılacak olan görüntü işleme ve mekatronik sistemin merkez yüksekliklerinin zeminden 720 mm olarak belirlendiği içindir. Bu yükseklik operatörün rahatlıkla sistemi takip edebilmesi içindir.

Sistemde kullanılan malzemelerin hepsi gıda kodeksine uygun olarak AISI304-AISI316 olarak belirlenmiştir. Vidalar ise normal 8.8 vida olarak alınıp krom kaplatılacaktır.

Sistemin ortasında V şeklide bir kanal bulunmaktadır (Şekil 3.2b). Bunun sebebi sır alma işleminde peteklerden akacak olan balın toplanması içindir. Toplanan balın kanaldan başka bir kaba aktarılması sağlanacaktır. Üst sehpa olarak kullanılan malzemenin çevresi Z şekilde büküm yapılacaktır. Bunun sebebi hem sehpa üstündeki bal akıntılarının zemine akmaması hem de sehpanın mukavemet değerinin arttırılmasıdır.



Şekil 3. 2 Gövde şase sistemi (izometrik (a) ve v kanal detay (b)).

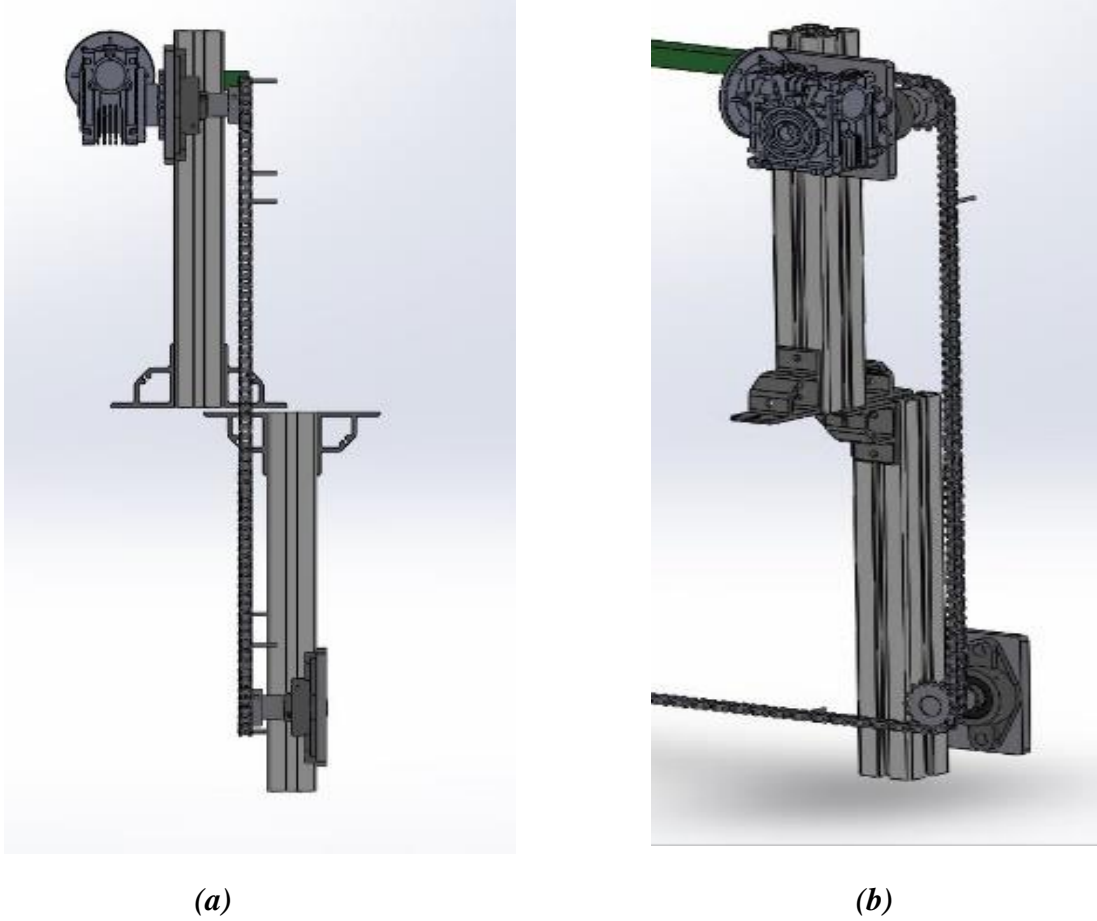
3.3.1.2 Taşıma Sistemi

Taşıma Sistemi otomasyona ait 4 istasyona malzeme taşımak için dizayn edilmiştir (Şekil 3.3). Şase sistemi üzerine cıvata ile montajı yapılmaktadır. Sistem redüktör, üst yatak, alt yatak ve zincirden oluşur. Sistem istasyon ve bos bekleme ara ölçüsü aynıdır. Bunun olmasının sebebi ise arada boşluk olmadan daima sistemin kapalı devre olarak çalışması içindir.



Şekil 3. 3 Gövde taşıma sistemi.

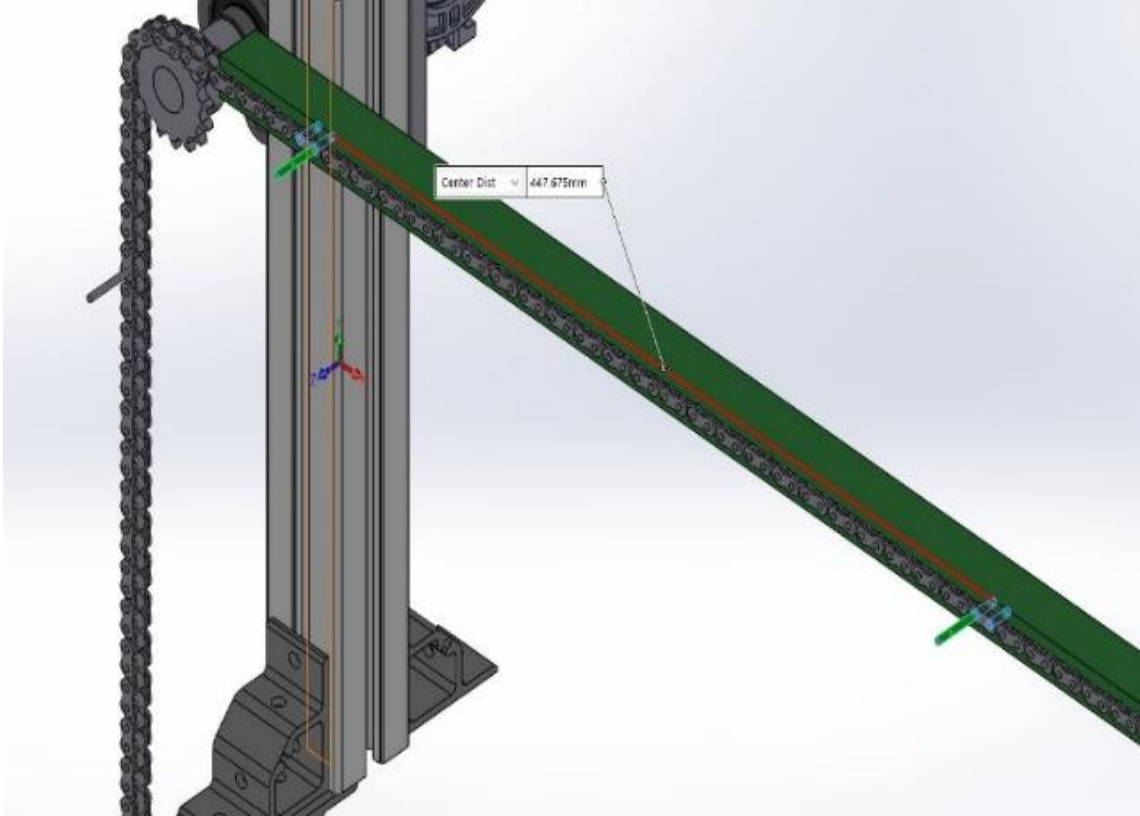
Üst yatak sistemi zincir dişli, UCFL yatak ve sigma profilden oluşur (Şekil 3.4a). Sigma profilin seçilmesinin sebebi üzerinden kanallar sayesinde istenilen her malzemenin bağlanmasına olanak vermesidir. Üst yataklardan son istasyon tarafında olan dişli de tahrik motor ve redüktörü vardır (Şekil 3.4b). Son istasyon tarafının tercih edilmesinin sebebi daima malzeme taşıma yönü olasıdır.



Şekil 3. 4 Gövde taşıma sistemi (yan (a) ve izometrik görünüş (b)).

Taşımada zincir sistemi tercih edilmesinin en önemli sebebi taşıma esnasında malzemenin asılabileceği pimlerin kolay ve düşük maliyetle yapılabilmesidir. Zincir sisteminde taşınacak toplam ağırlık 12 kg dir. Bu yüzden seçilen zincir dişli 06B olarak belirlenmiştir. Normal durumlarda daha küçük zincir dişli tercih edilebilirdi fakat taşıma pimleri çapı düşeceği için minimum olması gerek ölçü tercih edilmiştir. Zincir üzerinde taşıma için kullanılacak olan pimlerin merkez uzaklıkları aşağıda mevcut olan görselde

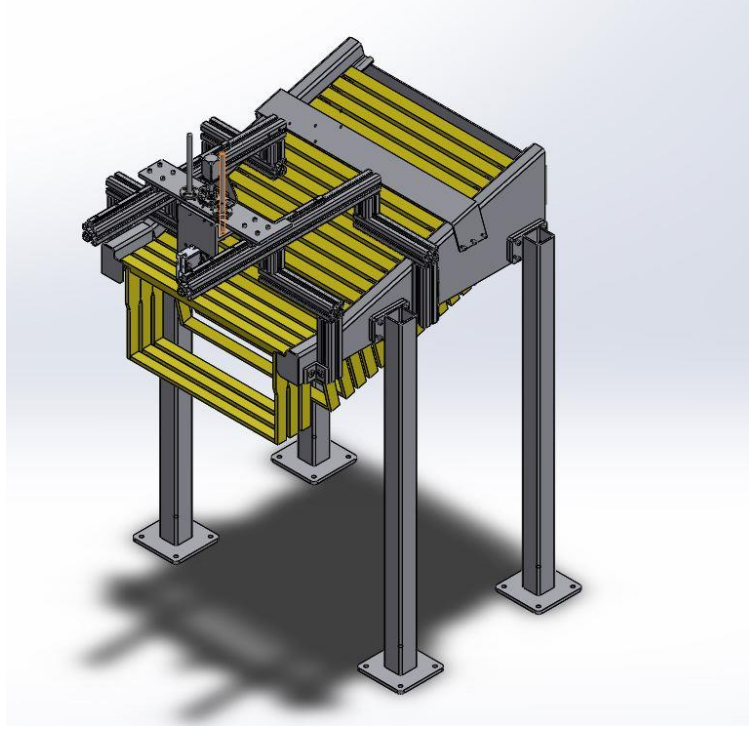
ki gibi 447,625 mm dir (Şekil 3.5). Çıtanın tutma kulakları arası mesafe en az 432 mm ve en uzak mesafe ise 470 mm dir. Zincir iki zincir dişli arasında olacağı ve ne kadar gerginliği sağlanırsa sağlansın ister istemez taşımada burulma oluşacaktır. Bunun önüne geçmek için görselde mevcut olan PE1000 malzemeden hazır olarak tedarik edilebilen zincir yataklaması kullanılacaktır (Şekil 3.5).



Şekil 3. 5 Gövde taşıma sistemi (pim ve pe1000 detay).

3.3.2 Yükleme Sistemi

Yükleme Sistemi otomasyonda birinci istasyondur (Şekil 3.6). Arıcının işlenecek petekleri koyduğu ve otomatik olarak gövde üzerindeki taşıma sistemine yükleme görevini yapan sistemdir. İki kısımdan oluşmaktadır. Bunlar; Şase, Gövde ve Taşıma kısmıdır.



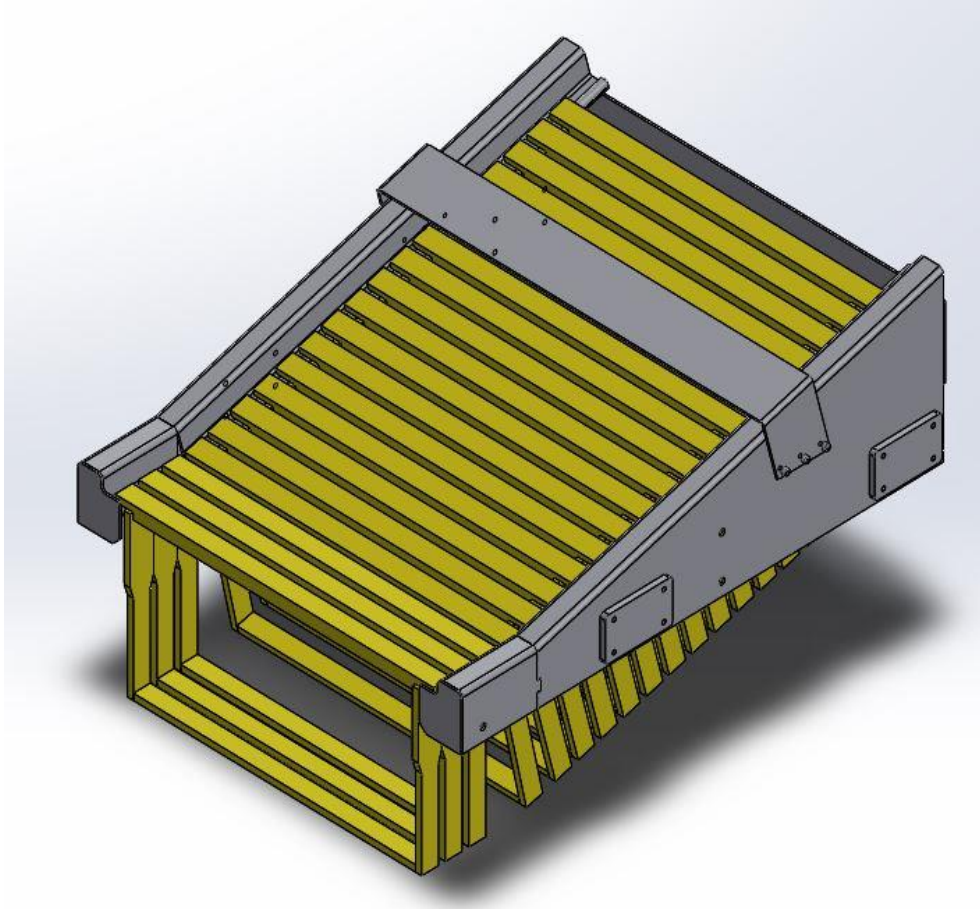
Şekil 3. 6 Yükleme sistemi.

3.3.2.1 Şase sistemi

Şase Sistemi gövde sisteminin zemine bağlanmasını sağlayan ayrıca ayaklarıdır. AISI 304 kalite malzemeden hem plaka hem de profilin kaynaklı birleştirilmesi ile üretilmektedir. Şase sistemi gövdeye cıvata ile bağlanacaktır.

3.3.2.2 Gövde sistemi

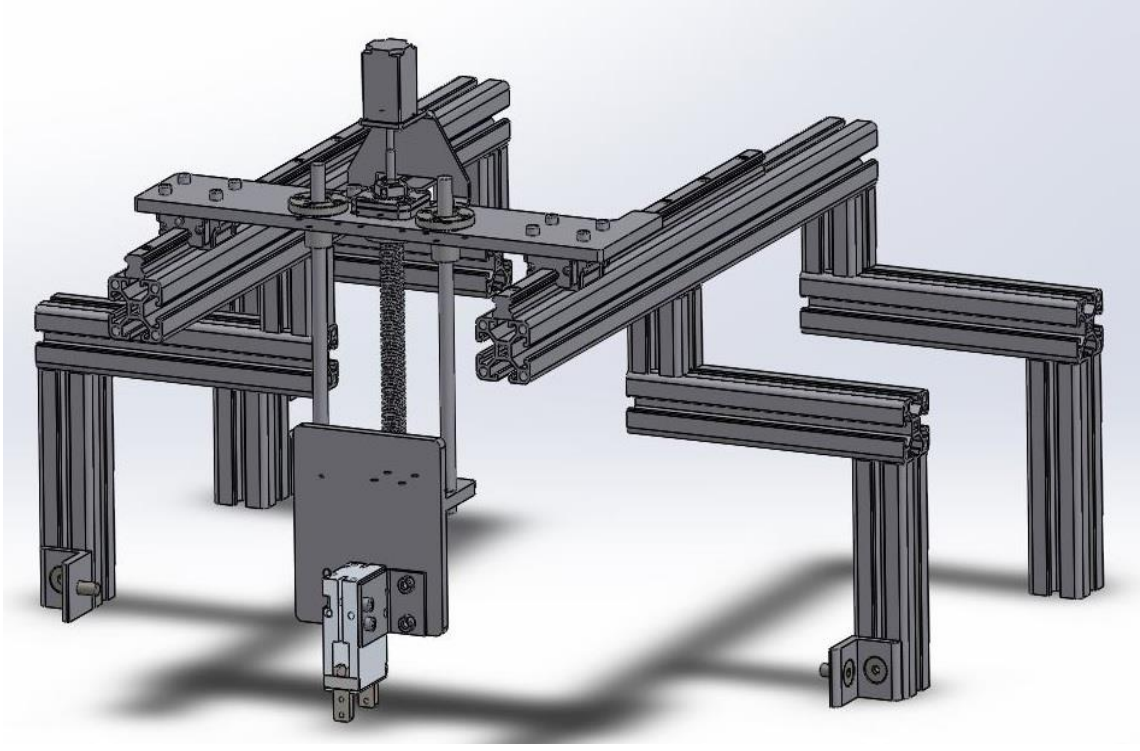
Gövde Sistemi arıcının işlenecek olan çıtaları yüklediği bükümlü AISI 304 malzemeden üretilen sistemdir (Şekil 3.7). Genişliği işlenecek olan çita tipine göre ayarlanmıştır. Sistem aşağı doğru hareket olacak şekilde eğimlidir. Eğim açısı ahşap malzemelerin şev açısından yüksektir. Çıtaların geleceği kısma yuvarlak mil vidalanacaktır. Bunun sebebi çıtaların aşağı doğru yerçekimi ile hareket edebilmesi içindir. Ayrıca çıtaların oturacağı bükümlü kısım üretimde zor olacağı için yan duvarlara iki farklı malzemeden bükülüp birleştirilecektir. Şase sisteminin bağlanacağı ek plakalar ve taşıma sisteminin bağlantı delikleri de gövde üzerinde mevcuttur.



Şekil 3. 7 Yükleme gövde sistemi.

3.3.2.3 Taşıma sistemi

Taşıma sistemi gövdeye işlemek için yerleştirilen çıtaları tek tek alıp Şase sisteminde bulunan zincirli taşıma sistemi üzerine yüklemek için kullanılacak olan sistemdir (Şekil 3.8). Kendi içinde iki bölümden oluşmaktadır. Bunlar; Gövde ve Araba sistemidir. Taşıma sistemi yükleme sistemine civata ile bağlanacaktır. Taşıma sisteminin önemli olan 3. bir görevi daha vardır. Buda sistemin üst kısmında rijitliği sağlamasıdır. Bu şekilde sisteme çıtalar yüklemeye yapılıncaya gövdenin üst kısmında bozuklukların önüne geçilmiş olunacaktır.



Şekil 3. 8 Yükleme taşıma sistemi.

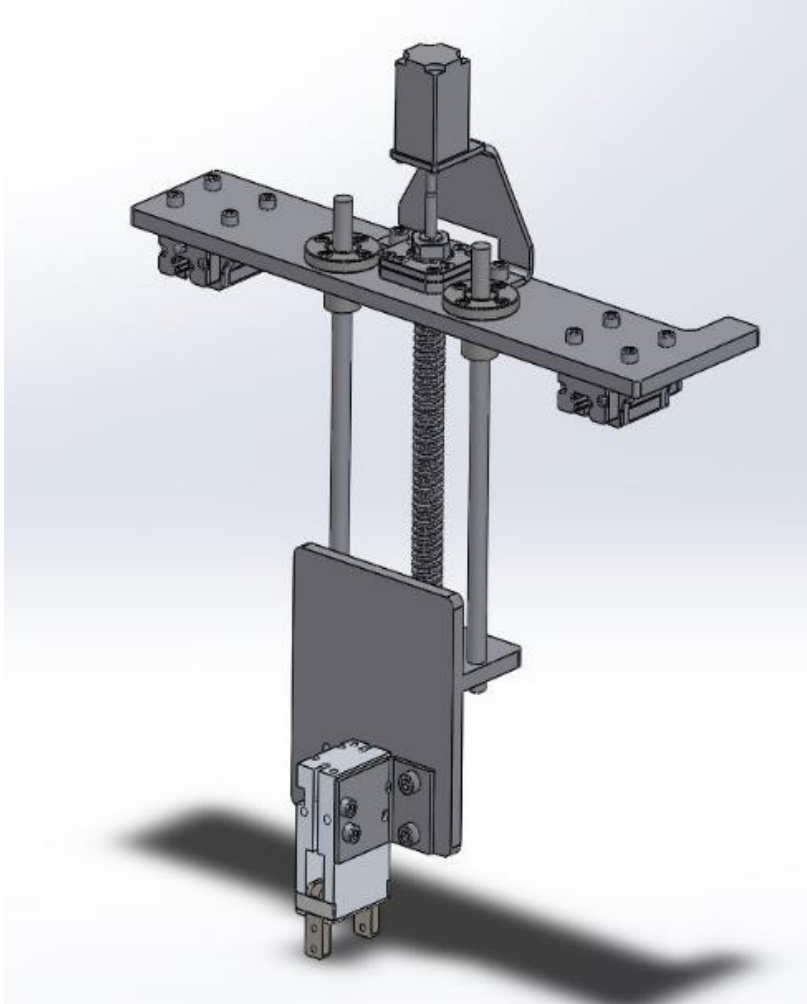
a. Taşıma gövde sistemi

Taşıma gövde sistemi 3 eksende hareketi sağlayan araba sistemini taşımak için tasarlanmıştır (Şekil 3.8). Ayrıca gövde sisteminin sağ ve sol taraflarına vida ile bağlanarak sistemin rijitliğini arttıracaktır. Gövde sistemi normal profilden yerine sigma profil olarak tercih edilmesinin öncelikli sebebi imal edilebilirliğinin kolay olması ve üstüne ekipman bağlanabilirliğinin kolay olmasıdır.

b. Taşıma araba sistemi

Araba sistemi x-y ekseninde hareket etmeyi sağlayan yapıdır (Şekil 3.9). Y eksen hareketi trapez vidalı mil ve step motor yardımı ile sağlanacaktır. Vidalı milin trapez seçilmesinin sebebi trapez dişin otoblokaj sağlamasıdır. Yani aşağı yukarı hareket ederken sistemden motora fazla yük gelmeyecektir. X eksenindeki hareketin pnömatik piston yardımı ile sağlanması düşünülmektedir. Fakat istenen verim sağlanamaz ise Y

ekseni de vidalı mil hareketine çevrilebilir. Gövde sisteminde beklemekte olan çıtalar pnömatik gripper yardımı ile tutulup taşınacaktır. Gripper tercih edilmesinin sebebi yükleme esnasında zincirde sallanmanın olmasını engellemektir.



Şekil 3. 9 Yükleme taşıma araba sistemi.

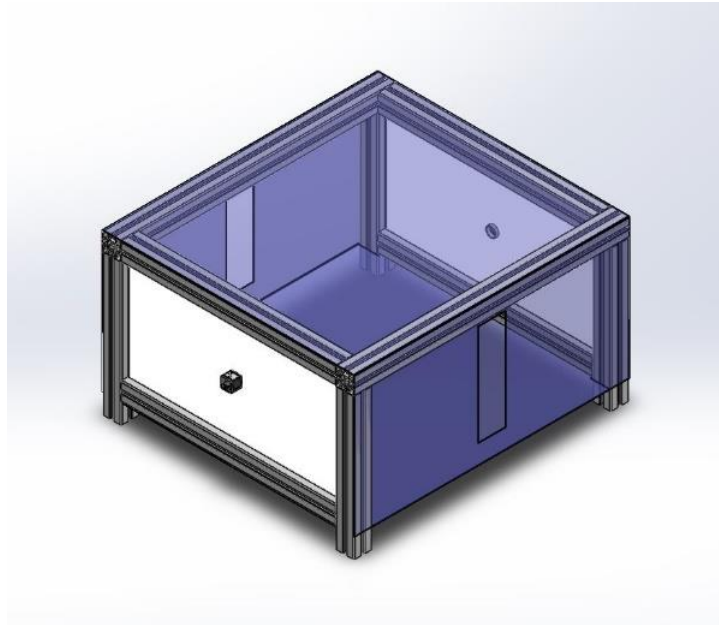
3.3.3 Görüntüleme Sistemi

Bu çalışmada, petek bal çıtalarının görüntülenmesi için bir görüntüleme kabini geliştirilmiştir. Kabin tasarlanırken standart olan Langroth çıta ölçüleri örnek alınmıştır (Şekil 3.10). Bu çıta modeli ülkemizde ve dünya genelinden en çok tercih edilen modeldir. Bu ölçüler 473x239x35 mm dir.



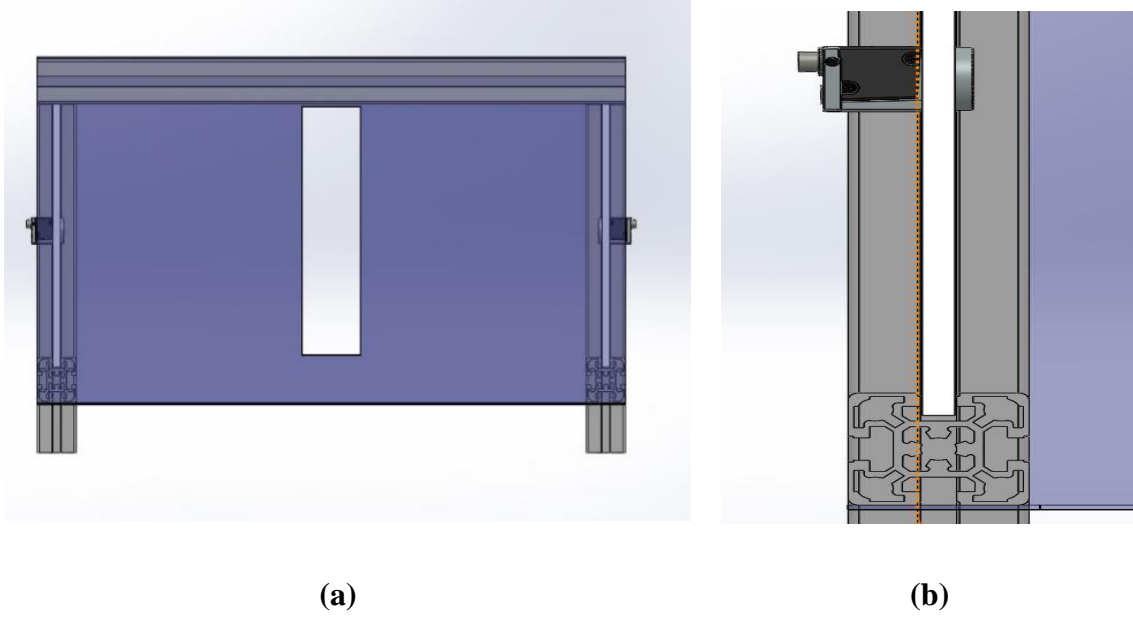
Şekil 3. 10 Langroth çıta görseli.

Kamera sisteminin alacağı görüntünün etkilenmemesi için kabinin etrafının kapatılması ve yalıtılmasına karar gerekmektedir (Şekil 3.11). Bu sebeple kabinin içinin aydınlatılma gerekçesi oluşmuştur. Çıta uzunluğu 743 mm ve yüksekliği 239 mm olduğu için kullanılacak olan aydınlatma 600x300 mm halojen panel led tercih edilmiştir.



Şekil 3. 11 Görüntüleme Sistemi.

Sistemin konstrüksiyon yapısı için 50x50 sigma profil tercih edilmiştir (Şekil 3.12a). Bunun iki başlıca sebebi vardır. Bunlar sırası ile sigma profillerin kolay ve ucuz maliyetli montajı, ikincisi ise kullanılacak olan panel aydınlatmanın kalınlığının 9,7 mm olmasıdır. Sigma profilin kanal genişlikleri 10,2 mm dir. Ek bir bağlantıya gerek görülmeden aydınlatma kanalları içerisine montaj edilebilmektedir. Bunun örneği aşağıdaki resimde gösterilmiştir (Şekil 3.12b).



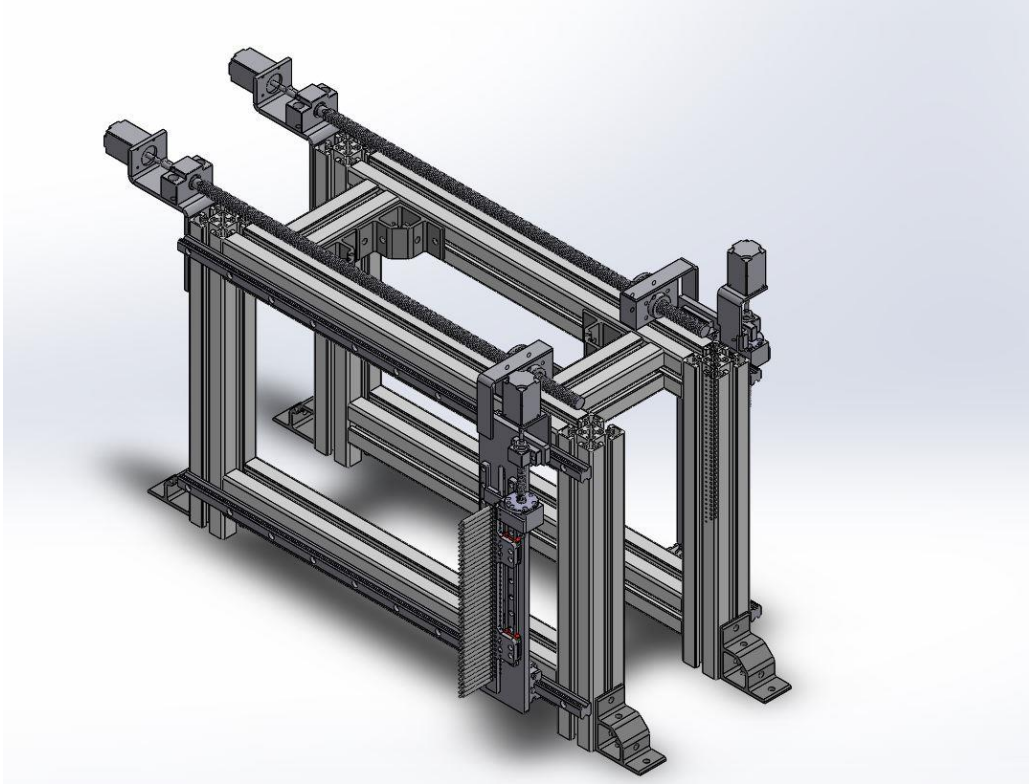
Şekil 3. 12 Görüntüleme sistemi (yan görünüş (a) ve sigma detay (b)).

Kabinin etrafını yalıtım için kullanılacak kapakların iç yüzeyi siyah olarak tercih edilmiştir. Bunun sebebi aydınlatma ışığının yansımaları oluşması halinde yansımaları emebilmesi içindir. Ayrıca kabinin yan yüzeyinde görüldüğü şekilde bir açıklık yapılmıştır (Şekil 3.12a). Açıklığın amacı taşıma sisteminin kabin içerisine peteği getirebilmesidir. Ayrıca kabinin üst kapatmaları gerektiği durumlarda kontrol yapılabilmesi için menteşeli olarak tercih edilmiştir.

3.3.4 Mekatronik Sistemi

Mekatronik Sistem görüntü işleme prosesinden sonra kullanılacak sır alma mekanizmasına verilen isimdir (Şekil 3.13). Sistem 3 eksenli hareket yeteneğine

sahiptir. Sır alma işlemi için tek tarafta 40 adet piston kullanılmaktadır. Pistonlar tek etkili, çapı 4 mm ve strok u 15 mm dir. Tasarım ilk başta pistonlar yatay eksende yan yana konumlandırılmıştır. Bu tasarımda çita uzunluktaki işlem alanı 420 mm olması sebebiyle yatak ekseninde 220 mm ekstra harekete ihtiyaç duyulmuştur. Ayrıca düşey ekseninde de hareket süresi arttığı tespit edilmiştir. Bu tasarım zaman verimliliği ve hassasiyet açısından uygun olmadığı belirlenmiştir. Beyin fırtınası neticesinde pistonlar yatay düzlemden düşey düzleme taşınması kararlaştırılmıştır. Tasarıma katkısı çitanın düşey uzunluğunun 230 mm olmasıdır. Piston sistemi sadece 30 mm hareket etmesi gerekmektedir. Ayrıca bazı sağım işlemine alınan peteklerin düşey düzlemde tam dolu sıra olmamasıdır. Yeni tasarım sistemin işlem hızını ve buna bağlı olarak kapasitesini arttırmıştır. Sisteme ait resim ve detaylı bilgiler aşağıdadır (Şekil 3.13).

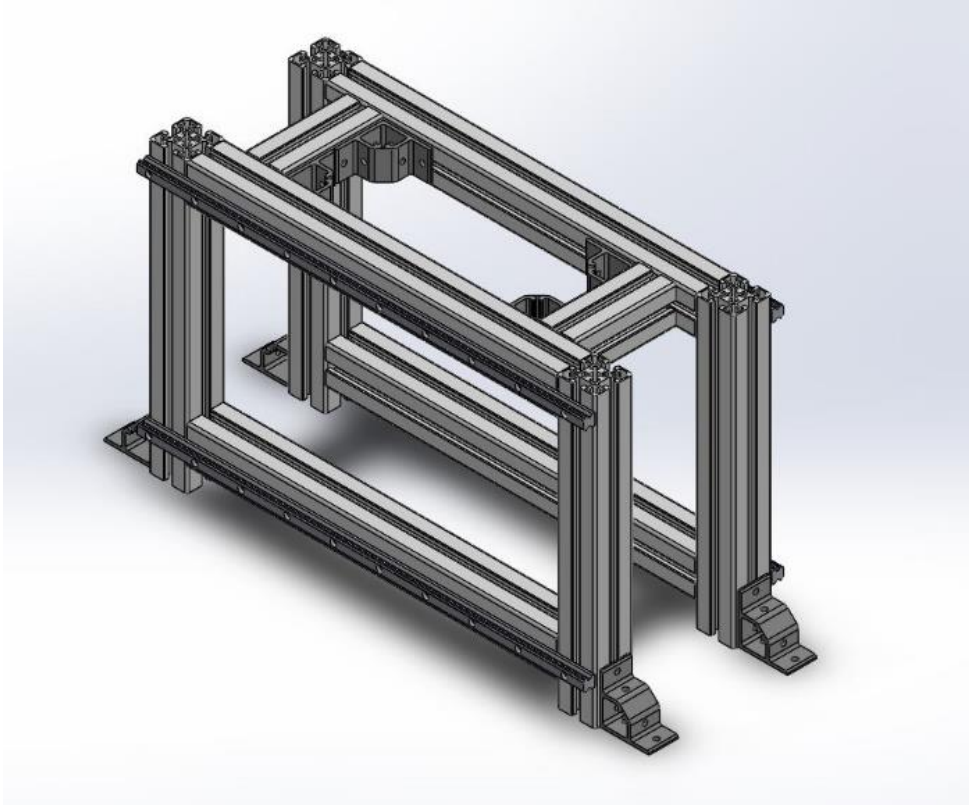


Şekil 3. 13 Mekatronik sistem.

Mekatronik Sistem 3 ana kısımdan oluşmaktadır. Bunlar; Gövde, İğne Mekanizması ve Vidalı Mil' dir.

3.3.4.1 Gövde sistemi

Gövde Sistemini oluşturmak için sigma profil tercih edilmiştir (şekil 3.14). Bunun önemli sebebi kabin sisteminde açıkladığımız gibi montaj şartlarının çok kolay ve pratik olmasıdır. Mekatronik sistemde başka bir özelliğinden de faydalanmak için tercih edilmiştir. Konstruksiyon oluşturulduğunda eğer sigma profil tercih edilmeseydi üzerine bağlanacak olan ekipmanlar için talaşlı imalat gerekmektedir. Fakat sigma profillerde bağlantı kanalı hazır olarak gelmektedir. Bu sistemin yapılmasını ve imalat sürecini kolaylaştırmakta ve hızlandırmaktadır. Yatay ekseninde hareket için kullanılacak olan lineer kızaklarda gövde üzerine montaj gerçekleştirilecektir.

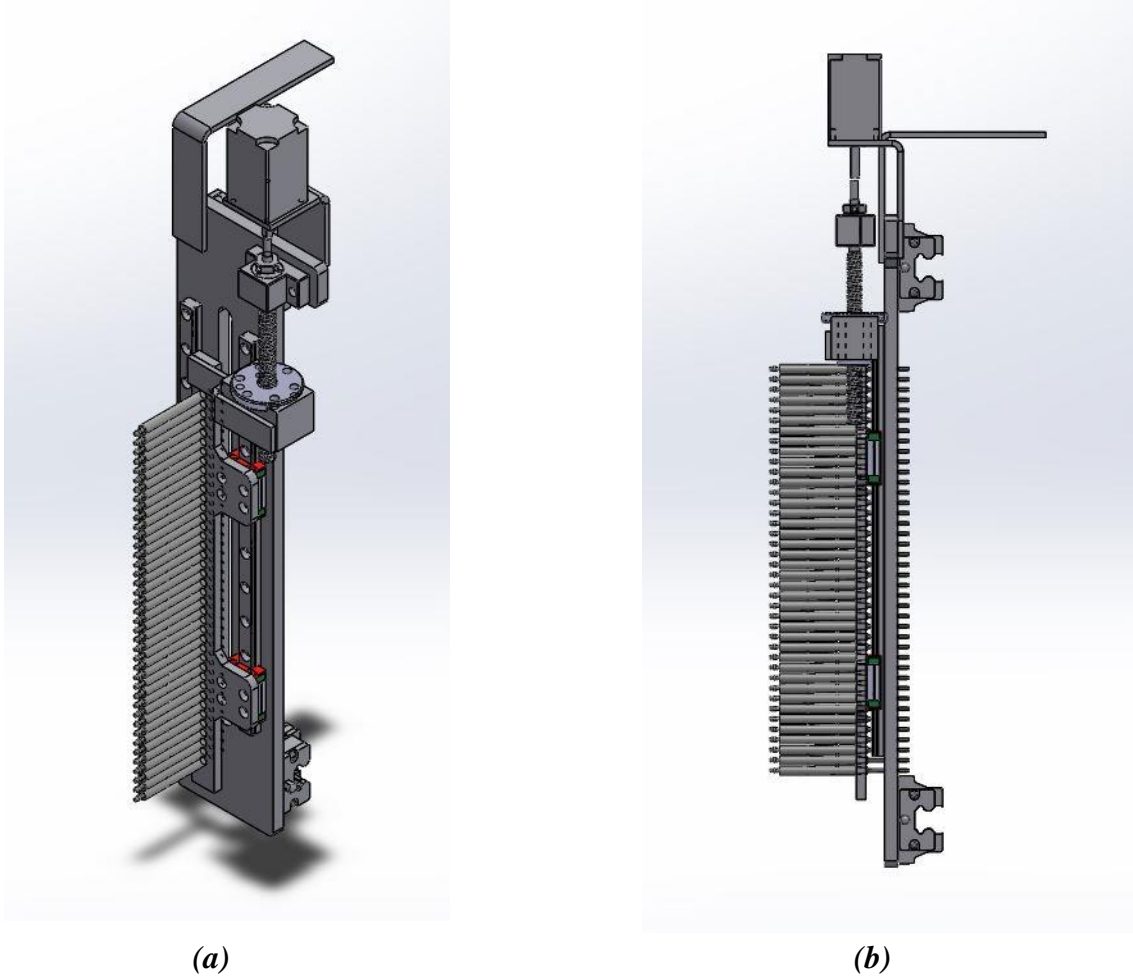


şekil 3. 14 Mekatronik gövde sistem.

3.3.4.2 İğne mekanizması

İğne Mekanizması düşey ekseninde ve Z ekseninde hareket etmektedir (şekil 3.15a). Düşey ekseninde hareketin yataklaması için minyatür lineer araba sistemi, tahrik için ise

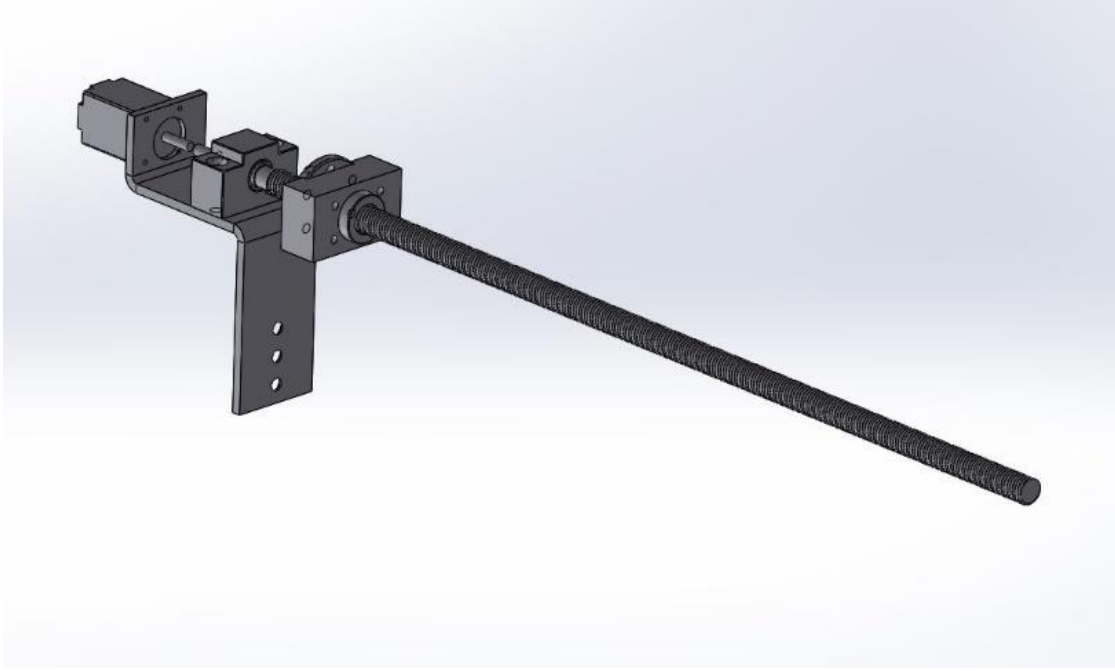
vidalı bilyalı mil ve step motor kullanılmıştır. Z ekseninde hareketi tek etkili Ø4 olan piston ile sağlanmaktadır (Şekil 3.15b). Lineer arabaların statik ve dinamik hesaplamalar neticesinde 9'luk olmasına karar verilmiştir. Kullanılan vidalı mil ise Ø8 olarak belirlenmiştir. Bunun sebebi seri olarak hareket edebilmesi için düşük hatveye gerek olmasıdır. Step motor için yapılan hesaplamada tutma torku için gerekli olan değeri sağlayan Nema11 step motor seçilmiştir. Pistonların tek etkili olarak belirlenmesindeki en önemli etken düşük çap, hız ve sadece tek yönde hareketin kontrol edilmesine gereksinimidir. Tüm bu malzemelerin belirlenmesi ile yatay eksende hareket etmek için kullanılacak olan lineer araba seçilmiştir. Seçilen araba 15 lik geniş ve kısadır. Bunun sebebi hareket esnasında rijitliği sağlamak içindir. Sistemde kullanılacak olan metal malzemelerin hepsi paslanmaz malzeme (AISI304 - AISI316) olarak belirlenmiştir.



Şekil 3. 15 M. İğne mekanizması (izometrik (a) ve yan görünüş (b)).

3.3.4.3 Vidalı mil sistemi

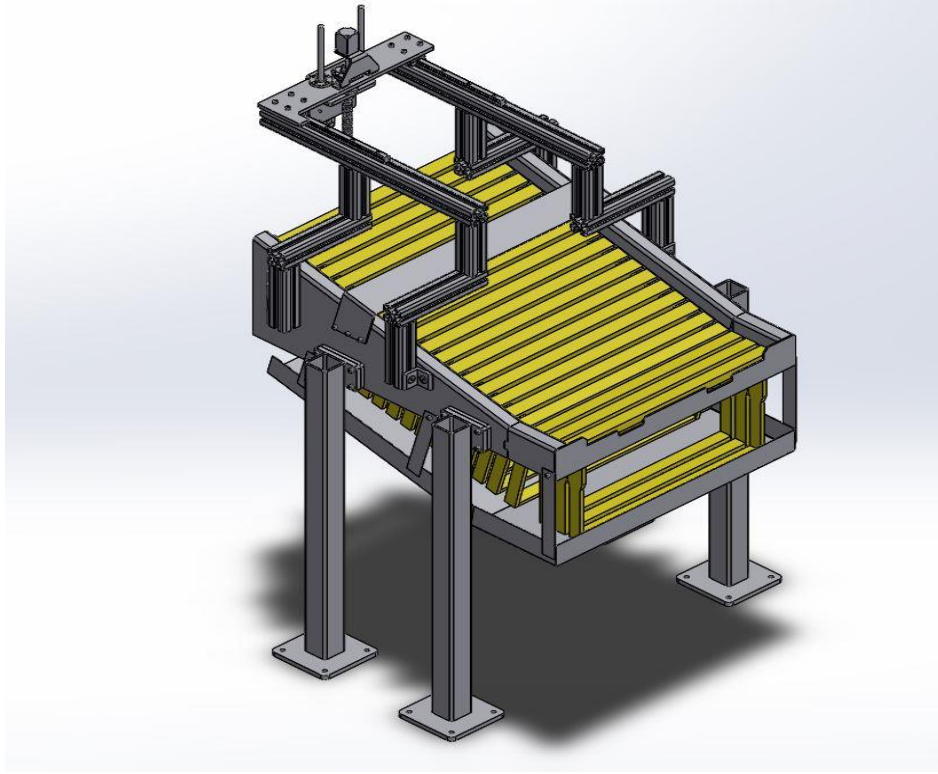
Yatay ekseninde hareketi sağlayan mekanizmadır (Şekil 3.16). İğne Mekanizmasındaki vidalı mil sisteminden ayrı bir sistem olarak tasarlanmasının en önemli etkisi hızlı ve yüksek momente gerek olmasıdır. Bu yüzden seçilen vidalı mil $\text{Ø}14$ ve hatvesi 2,5 mm dir. Yüksek hızlarda çalışabilecek şekilde vidalı mil yataklaması belirlenmiştir. Step motor olarak yüksek torka sahip olan 24v nema11 seçilmiştir.



Şekil 3. 16 Mekatronik vidalı mil sistemi.

3.3.5 Boşaltma Sistemi

Boşaltma Sistemi otomasyonda beşinci istasyondur (Şekil 3.17). Gözleri açılan peteklerin zincir sistemi üzerinden alınıp bekleme gövdesine taşınmasını yapan sistemdir. Üç kısımdan oluşmaktadır. Bunlar; Şase, Gövde ve Taşıma kısmıdır.



Şekil 3. 17 Boşaltma sistemi.

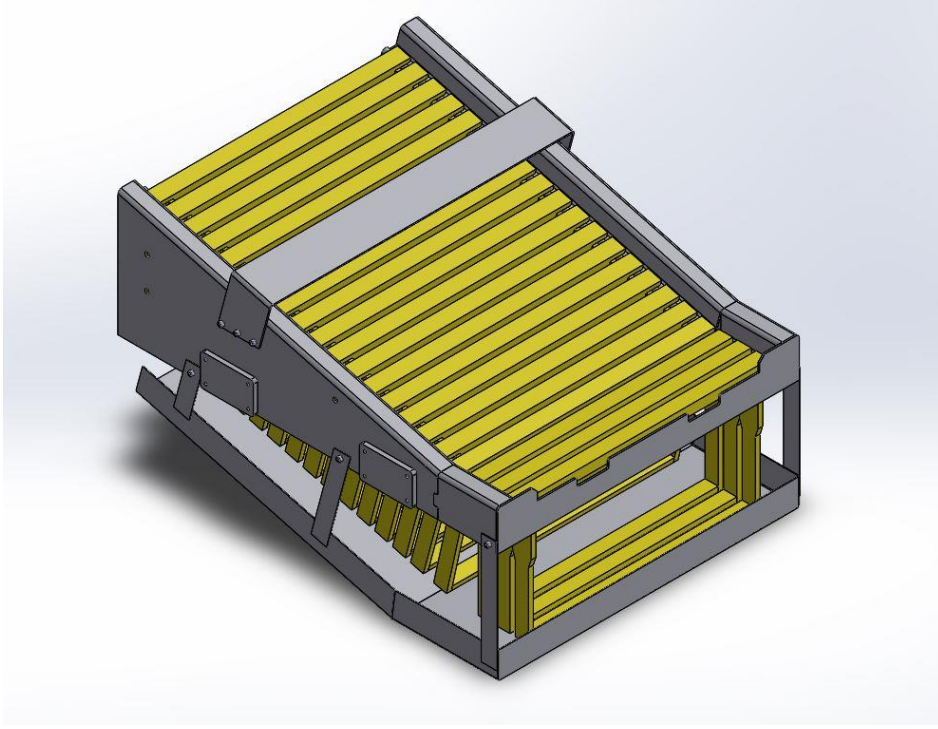
3.3.5.1 Şase sistemi

Şase Sistemi gövde sisteminin zemine bağlanmasını sağlayan ayrıca ayaklarıdır. AISI 304 kalite malzemeden hem plaka hem de profilin kaynaklı birleştirilmesi ile üretilmektedir. Şase sistemi gövdeye cıvata ile bağlanacaktır.

3.3.5.2 Gövde sistemi

Gövde Sistemi gözleri açılan çıtalara stoklandığı bükümlü AISI 304 malzemeden üretilen sistemdir (Şekil 3.18). Genişliği işlenecek olan çita tipine göre ayarlanmıştır. Sistem aşağı doğru hareket olacak şekilde eğimlidir. Eğim açısı ahşap malzemelerin şev açısından yüksektir. Çıtalara geleceği kısma yuvarlak mil vidalanacaktır. Bunun sebebi çıtalara aşağı doğru yerçekimi ile hareket edebilmesi içindir. Ayrıca çıtalara oturacağı bükümlü kısım üretimde zor olacağı için yan duvarlara iki farklı malzemeden bükülüp birleştirilecektir. Şase sisteminin bağlanacağı ek plakalar ve taşıma sisteminin bağlantı

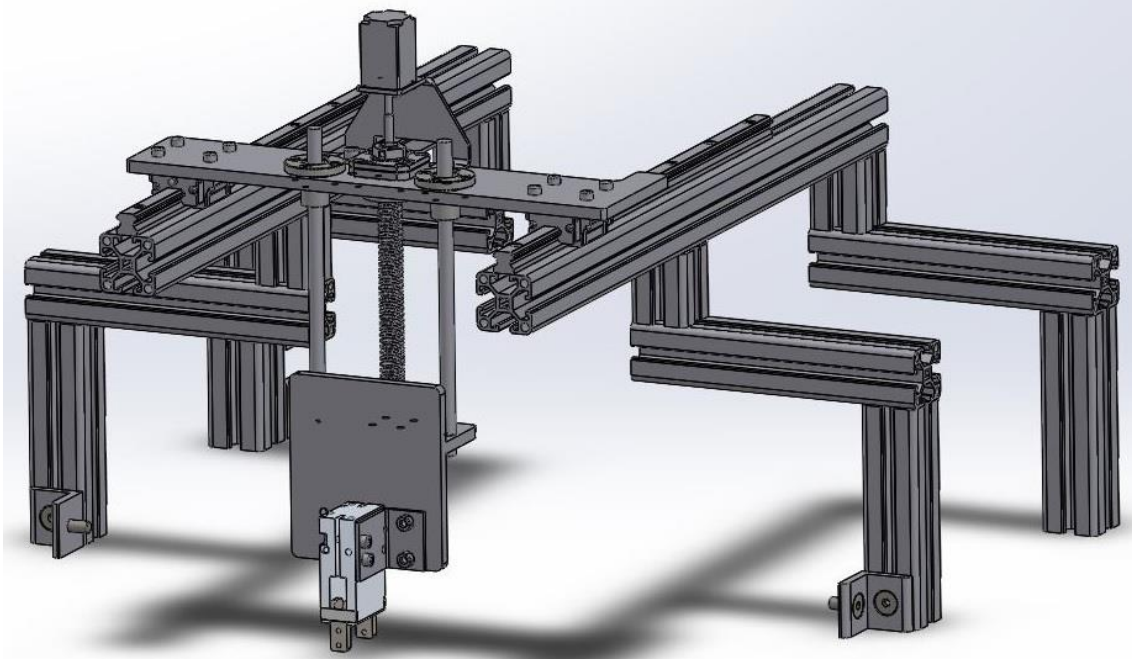
delikleri de gövde üzerinde mevcuttur. Sistemde yüklemenin aksine bal gözleri açılmış petekler olacağı için balın akma durumu ortaya çıkmaktadır. Bu hem sağlıklı ortama ve gıda üretime aykırıdır hem de akacak balın zayı olması beklenir. Bu sebeple gövdenin altına akacak balın toplanacağı bir tekne sistemi eklenmiştir. Bu şekilde akacak bal toplanıp sisteme dâhil edilecektir.



Şekil 3. 18 Boşaltma gövde sistemi.

3.3.5.3 Taşıma sistemi

Taşıma sistemi sistemde bal gözleri açılmış olan çıtaları tek tek Şase sistemindeki zincirli taşıma sisteminin üzerinden alıp stok alanına yüklemek için kullanılacak olan sistemdir (Şekil 3.19). Kendi içinde iki bölümden oluşmaktadır. Bunlar; Gövde ve Araba sistemidir. Taşıma sistemi yükleme sistemine cıvata ile bağlanacaktır. Taşıma sisteminin önemli olan 3. Bir görevi daha vardır. Buda sistemin üst kısmında rijitliği sağlamasıdır. Bu şekilde sisteme çıtalar yükleme yapılırken gövdenin üst kısmında bozuklukların önüne geçilmiş olunacaktır.



Şekil 3. 19 Boşaltma taşıma sistemi.

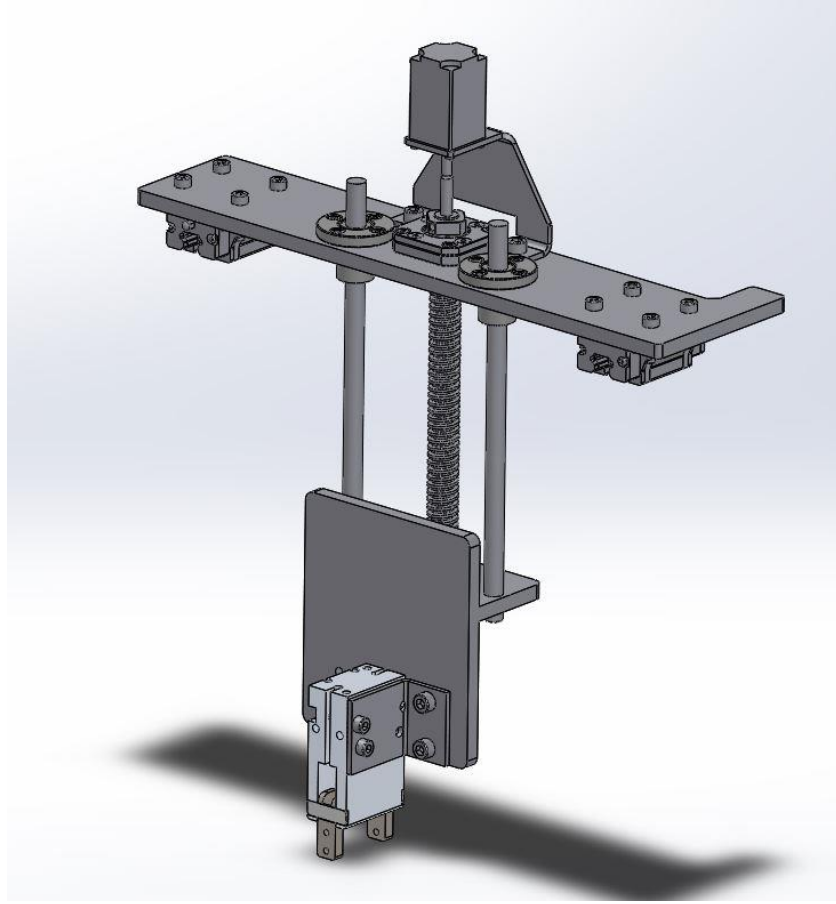
a. Taşıma gövde sistemi

Taşıma gövde sistemi 3 eksende hareketi sağlayan araba sistemini taşımak için tasarlanmıştır. Ayrıca gövde sisteminin sağ ve sol taraflarına vida ile bağlanarak sistemin rijitliğini arttıracaktır. Gövde sistemi normal profilden ziyade sigma profil olarak tercih edilmesinin sebebi öncelikli sebebi imal edilebilirliğinin kolay olması ve üstüne ekipman bağlanabilirliğinin kolay olmasıdır (Şekil 3.19).

b. Taşıma araba sistemi

Araba sistemi x-y ekseninde hareket etmeyi sağlayan yapıdır. Y eksen hareketi trapez vidalı mil ve step motor yardımı ile sağlanacaktır. Vidalı milin trapez seçilmesinin sebebi trapez dişin oto blokaj sağlamasıdır. Yani aşağı yukarı hareket ederken sistem motora fazla yük gelmeyecektir. X eksenindeki hareket pnömatik piston yardımı ile sağlanması düşünülmektedir. Fakat istenen verim sağlanamaz ise Y eksenini de vidalı mil hareketine çevrilebilir. Gövde sisteminde beklemekte olan çitalar pnömatik gripper yardımı ile tutulup taşınacaktır. Gripper tercih edilmesinin sebebi yükleme esnasında

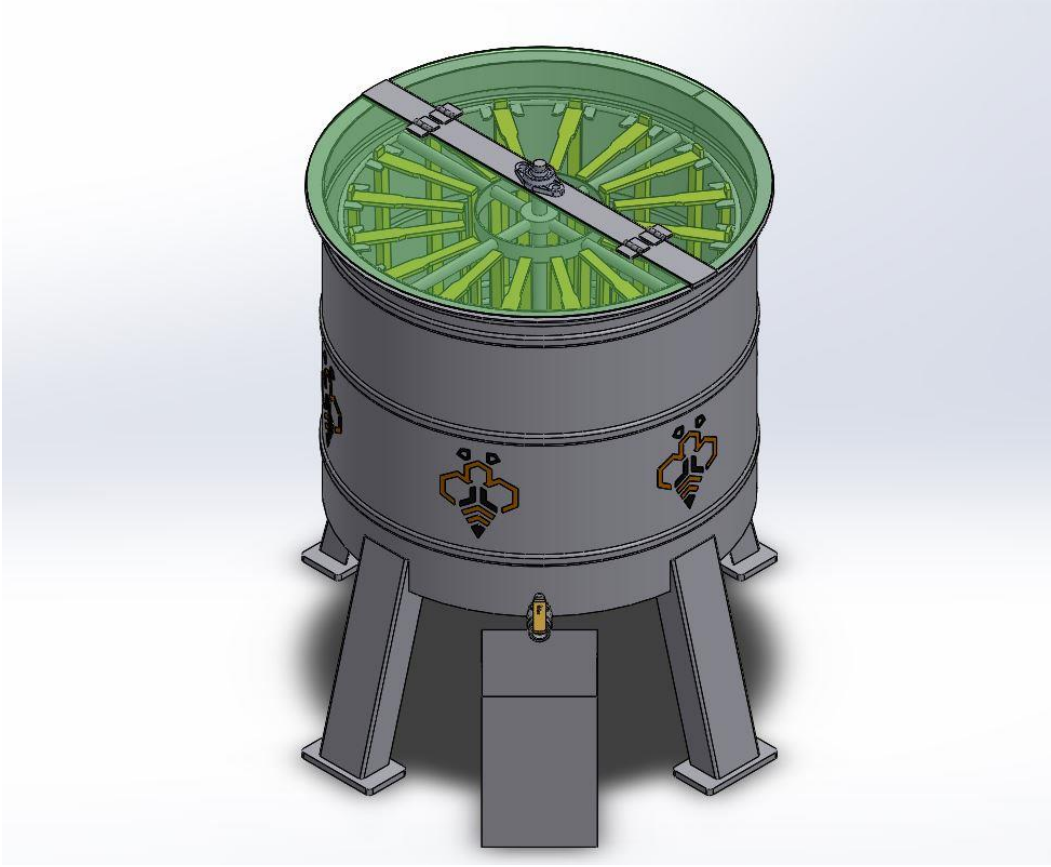
zincirde sallanmanın olmasını engellemektir (Şekil 3.20).



Şekil 3. 20 Boşaltma taşıma araba sistemi.

3.3.6 Sağım Sistemi

Sağım Sistemi yapılacak otomasyonun son istasyonudur (Şekil 3.21). Bu sistemde gözleri açılmış olan çıtalar kısa kenarı yatay eksene gelecek şekilde dönen tambura yerleştirilir. Tambur etrafında 4 kademeli hızlarla dönerek gözlerdeki balın santifürüj etkisi ile kazan iç duvarına doğru çıkması sağlanır. Santifürüj tekniğinin tercih edilmesinin sebebi çıtaların kulağı olan üst kısmı tepe noktası olarak alınca aşağı doğru 15° eğimlidir. Buda santifürüj ile balın gözlerden çıkartılmasını sağlamaktadır. Sağım Sistemi 2 kısımdan oluşmaktadır. Bunlar; Gövde ve Tambur dur.

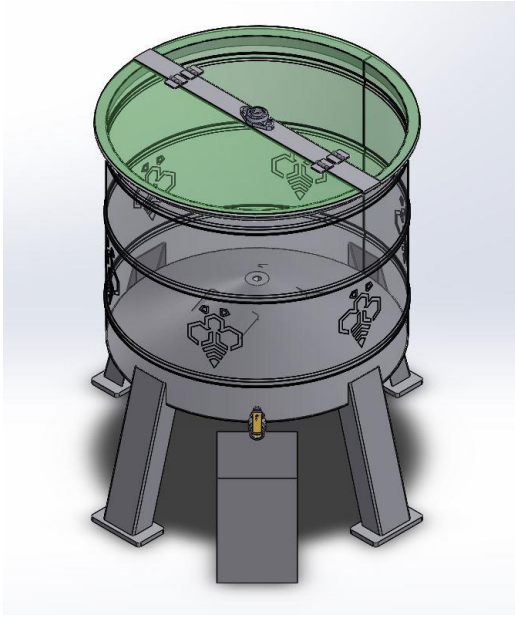


Şekil 3. 21 Sağım sistemi.

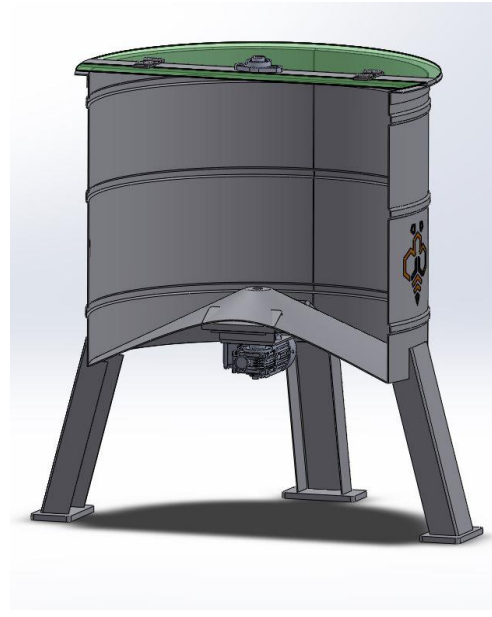
3.3.6.1 Gövde sistemi

Sağım Sistemi ana yapısı gövdesidir (Şekil 3.22a). Gövde tasarımı yapılırken öncelik aynı anda 16 adet çıtayı sağabilecek şekilde gövdenin genişliğinin olmasıdır. Gövde tamamen AISI304 malzemedен yapılacaktır. Mevcut sistemlerden farklı olarak tambur sistemini çevirecek motor, gövdenin altına alınacaktır. Ayrıca tamburun yataklanacağı alt ve üst kısımlarda UCFL yatak kullanılacaktır. Bu şekilde motorun aşağıda olması ve tamburun yataklar arasında dönmesi ile balans durumu ortadan kalkacaktır (Şekil 3.22b). Buda sistemin ömrünü arttıracaktır. Diğer bir durum ise mevcut sistemlerde zemine sabitleme 3 ayak ile sağlanmaktadır. Zemin seviyesi kötü olan ortamlarda sistem ister istemez belli bir eğimde durmak zorunda kalmaktadır. Bu duruş sistemde balans meydana getirmekte, sağım esnasında peteklerde farklı eksende moment oluşturmakta ve peteklerin zarar görerek yırtılmasına sebep olmaktadır. Tasarımımızda bu durumu göz önüne alarak 4 adet ayak kullanılmıştır ve bu ayakların hepsine M16 diş

açarak seviye ayarlaması kolay hale getirilmiştir. Ayakların 2 adetinde su terazisi olacaktır. Buda arıcının seviye ayağı için ekstra alete ihtiyacını ortadan kaldırıp anlık olarak seviye kontrolü yapılmasını sağlayacaktır. Gövde Sisteminin taban kısmı görsellerde görüldüğü şekilde konik olacaktır. Çünkü akan bal daima boşaltım vanasına doğru olmalıdır. Diğer sebebi ise tambur sisteminin aşağı kısmında sağılan bal seviyesinden yüksekte olmalıdır.



(a)



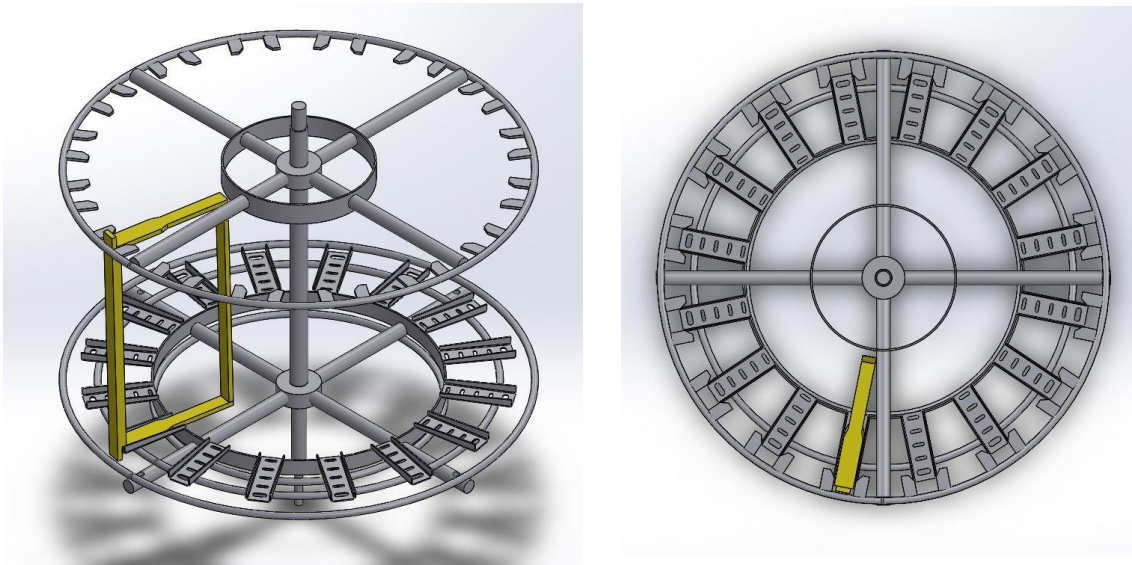
(b)

Şekil 3. 22 Sağım gövde sistemi (izometrik (a) ve kesit görüntü (b)).

3.3.6.2 Tambur sistemi

Tambur sistemi gözleri açılan çıtaların santrifüj işlemi sırasında yükleneceği ve motor tarafından verilen tahrikle dönen konstrüksiyondur (Şekil 3.23a). AISI304 malzemedan üretilcektir. Klasik mevcut sistemler de tambur sistemi 3 mm çapındaki tellerden imal edilir. Bu şekilde olan tamburlarda balans durumu oldukça yüksektir. Ayrıca aşırı kaynaklı imalat olması sebebiyle malzemedan kaynak korozyonu oluşabilmektedir. Gıda üretim şartlarında bu olmaması gereken bir durumdur. Tel şeklinde olan tamburların iç kısmında bulunan fazla örme teller gövdenin gereksiz yere ağırlaşmasına sebep

olmaktadır. Bahsettiğimiz şekilde oluşan balansı düzeltilmesi mümkün olmamaktadır. Tel tambur sisteminin diğer bir zorluğu ise çıtaları hem yerleştirirken hem de boşaltırken karşılaşılan zorluklardır. Tasarımını yaptığımız yeni tambur tipi üretimi kolay, malzeme yüklemesi oldukça rahat olacak şekilde belirlenmiştir (Şekil 3.23b). Tamburda imalattan oluşabilecek olan balans kenar kısmında bulunan gerdirme milleri ile düzeltililebilecektir. Sistemin sadeleştirilmesi gerekli olan motor gücünü azaltmıştır. Görseldeki şekilde sistemin sadeleşmesi yükleme ve boşaltmayı da kolaylaştırmıştır.



(a)

(b)

Şekil 3. 23 Sağım tambur sistemi (izometrik (a) ve üst görüntü (b))

3.4 Yazılım Sistemi

3.4.1 Görüntüleme Kabini

Bu çalışmada, petek bal ıtalalarının görüntülenmesi ve deneme amaçlı kullanılacak görüntüler için bir görüntüleme kabini geliştirilmiştir (Şekil 3.24). Bu işleme ait resimler aşağıda gösterilmiştir (Şekil 3.25a).



Şekil 3. 24 Görüntüleme kabini.

Görüntüleme kabini standart yapıya uygun çıtalar için oluşturulmaya çalışılmıştır. Bu işleme ait resimler aşağıda gösterilmiştir (Şekil 3.25b).



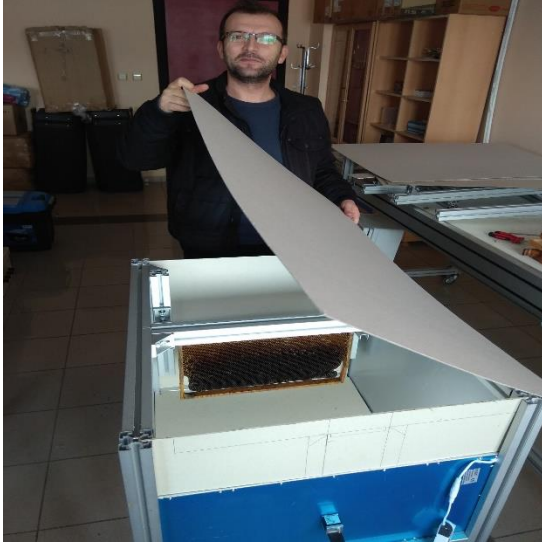
(a)



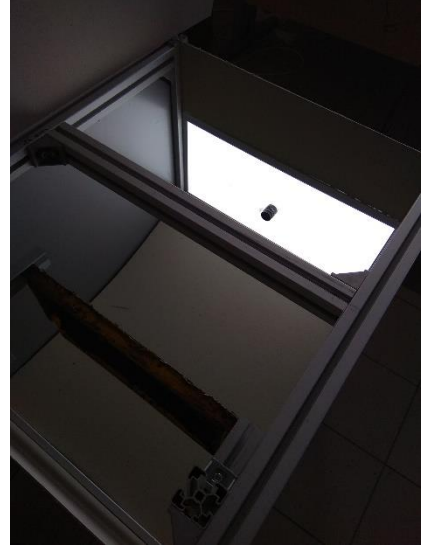
(b)

Şekil 3. 25 Görüntüleme kabini (kabin ici (a) ve petek görüntü (b))

Kabin dışarıdaki ışık değişimlerinin önlenmesi için, her tarafı kapalı bir şekilde tasarlanmıştır. Görüntüleme kabini aşağıdaki resimde gösterilmiştir (Şekil 3.26a).Görüntüleme kabininin içindeki aydınlatmanın dengelenmesi için harici bir aydınlatma sisteminden faydalanılmıştır. Bu aydınlatma sisteminin ortasına kamera yerleştirilmiştir. Bu işlem aşağıdaki resimde gösterilmiştir (Şekil 3.26b).



(a)



(b)

Şekil 3. 26 Görüntüleme kabini (uzak (a) ve panel led görüntü (b))

Bu işlemler yapıldıktan sonra alınan örnek görüntüler aşağıda verilmiştir (Şekil 3.27a)(Şekil 3.27b).



(a)



(b)

Şekil 3. 27 Petek örnek resim (ön yüz (a) ve arka yüz görüntü (b))

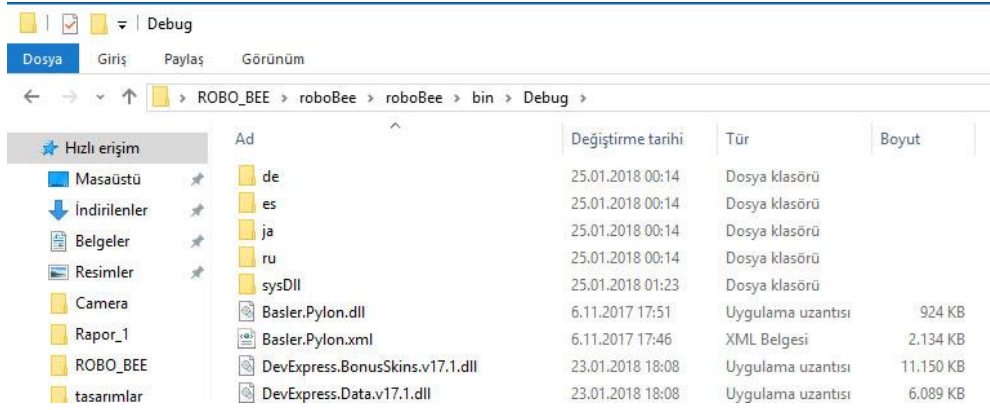
3.4.2 Görüntü İşleme Yazılımı

Görüntü işleme için BASLER acA2500-14uc alan tarama kamerasından faydalanılmıştır (Şekil 3.28). Bu kamera USB 3.0 'ı desteklemektedir. Ayrıca. Net platformunda programcılara proje geliştirme imkânı tanımaktadır. Kullanılan cihaz ve bağlantı elemanı aşağıda gösterilmiştir.



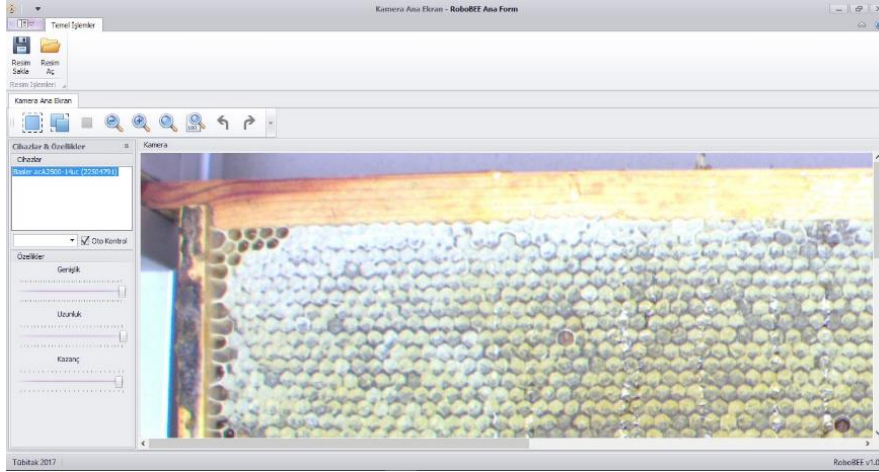
Şekil 3. 28 Basler endüstriyel kamera seti.

Alan tarama kamerasının. Net platformunda kullanılabilmesi için Basler firmasının geliştirmiş olduğu Basler.Pylon.dll hazır kütüphanesinden faydalanılmıştır (Şekil 3.29).



Şekil 3. 29 Basler kütüphane

Geliştirilen görüntü işleme yazılımına ait arayüz tasarımı aşağıdaki resimde verilmiştir (Şekil 3.30).

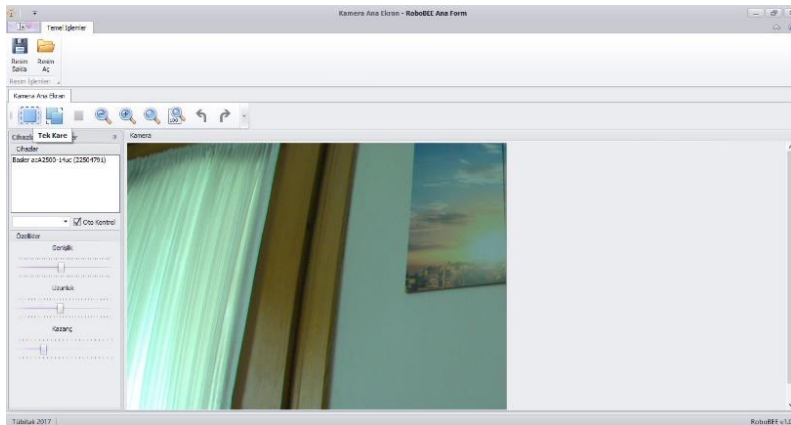


Şekil 3. 30 Görüntü işleme program arayüz.

Geliştirilen yazılımda öncelikle bilgisayara bağlanan kameraların taranmasını ve bulunmasını sağlayan bir yapı oluşturulmuştur. Bu taramanın sürekli veya belirli bir aralıkta yapılabilmesi sağlanmıştır.

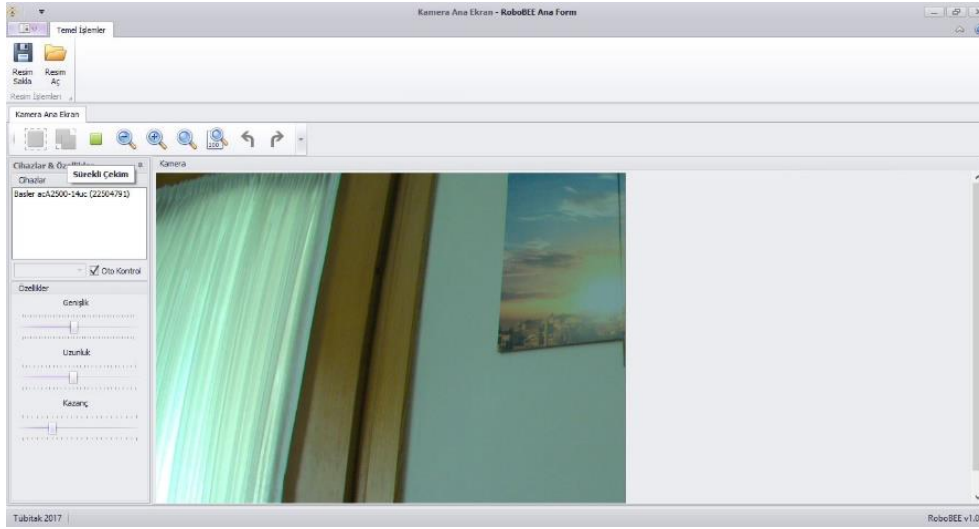
Bilgisayara bir kamera bağlandığında sistem otomatik olarak bu kamerayı tanıyarak, bağlı cihazların bulunduğu listeye dâhil etmektedir. Kullanıcı bu kamerayı seçmesi ile kameraya bağlantı yapılabilir. Kameraya bağlantı doğru bir şekilde yapıldıktan sonra kameradan farklı modlarda görüntü alınabilmekte ve görüntü ile ilgili düzenlemeler yapılabilir.

Sisteme kamera tanıtılıp bağlandıktan sonra, kameradan tek çekim ile anlık görüntü alınabilir veya sürekli çekim moduna geçilerek sürekli görüntü elde edilebilir. Tek kare görüntünün alınmasına ait resim aşağıda verilmiştir (Şekil 3.31).



Şekil 3. 31 Tek kare resim.

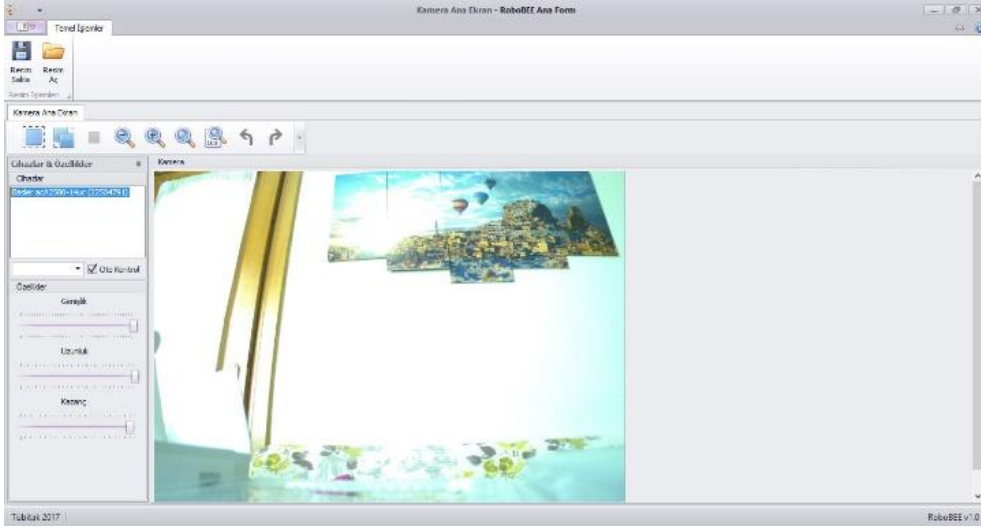
Sisteme bağı olan kameradan sürekli olarak görüntü alınmasına dair resim aşağıda verilmiştir (Şekil 3.32). Sürekli çekim modu seçildiği zaman görüntünün genişlik ve uzunluk ayarları yapılamamaktadır. Fakat kazanım ayarı yapılabilmektedir. Tek kare modun da böyle bir durum yoktur. Dolayısıyla programlama esnasında bazı özelliklerin ve kontrollerin bu duruma göre aktif veya pasif yapılması gerekmektedir. Ayrıca sürekli çekim moduna geçildikten sonra tekrar tek kare moduna geçilebilmesi için sürekli çekimin sonlandırılması gerekmektedir.



Şekil 3. 32 Tek kare sürekli çekim.

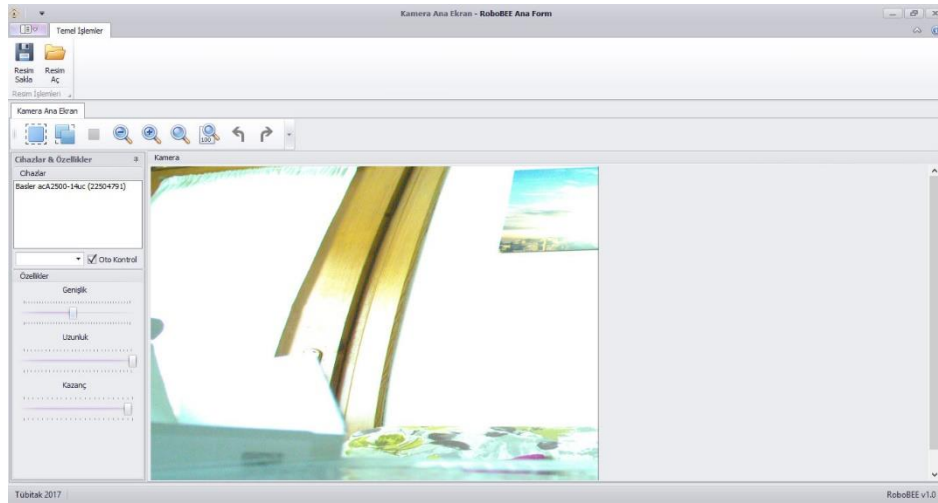
Kameranın görüş alanı için birçok özellik üzerinde değişiklik yapılabilmektedir. Gerçekleştirilecek çalışmada gerekli olan özellikler belirlenerek bunların ayarlanabilmesi için gerekli bileşenler ayarlanmıştır. Bu özellikler kamera görüntüsünün genişliği, uzunluğu ve kazanım değerlerinin ayarlanmasıdır. Genişlik, uzunluk ve kazanım değerleri kameranın tipine bağlı olarak farklı aralıklarda ayarlanabilmektedir. Dolayısıyla kamera bağlantısından sonra bu değerlerin belirlenmesi büyük önem arz etmektedir. Projede kullandığımız BASLER acA2500-14uc, maksimum 2590x1942, minimum 64x64 pixel ekran çözünürlüğünde görüntü sağlamaktadır. Ayrıca kazanım değeri 0-23,7 arasında değişebilmektedir.

Belirlenen resim alanına göre alınan tam görüntü(2590x1942 pixel) aşağıdaki verilen resimde gösterilmiştir (Şekil 3.33).



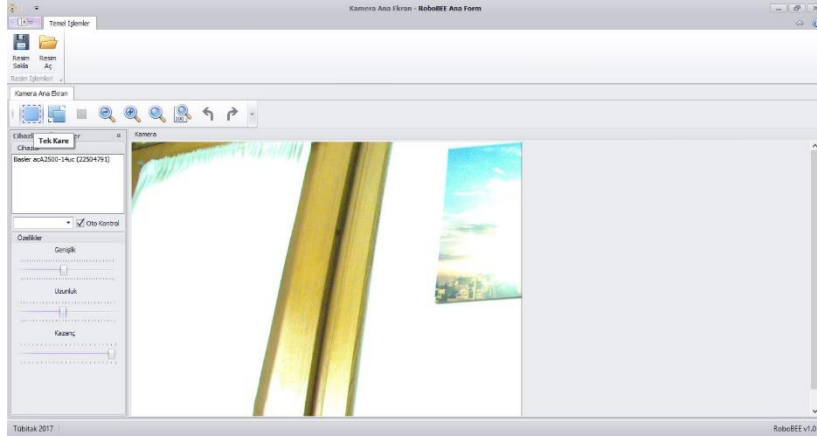
Şekil 3. 33 Tam görüntü.

Aynı resim alanında genişlik değeri değiştirildiği zaman, kamera yatayda daha küçük bir alana ait görüntüyü gösterecektir. Bu duruma ait görüntü aşağıdaki resimde verilmiştir (Şekil 3.34).



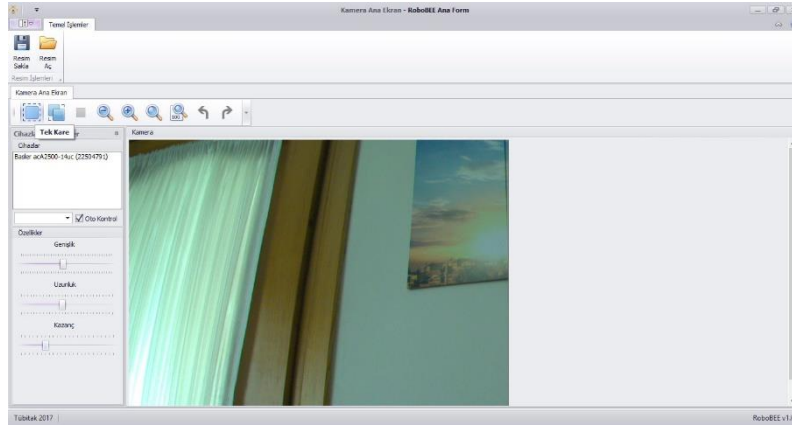
Şekil 3. 34 Küçük görüntü(yatay).

Uzunluk değeri değiştirildiği zaman ise kamera dikeyde daha küçük bir alana ait görüntüyü gösterecektir. Bu duruma ait görüntü aşağıdaki resimde verilmiştir (Şekil 3.35).



Şekil 3. 35 Küçük görüntü(dikey).

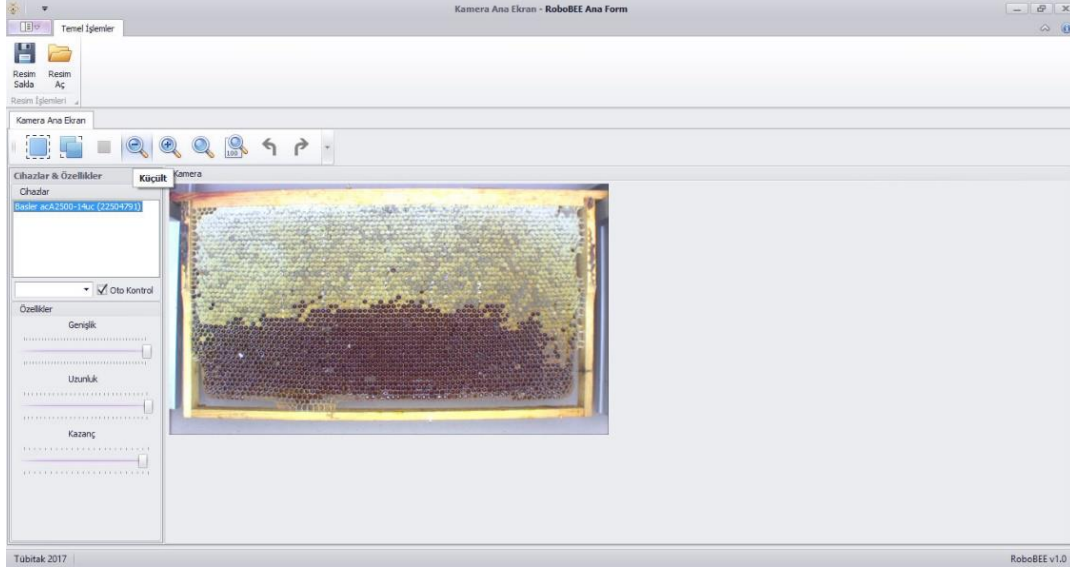
Yukarıdaki resimlere bakıldığında aynı resim alanında, kameranın görüş alanının daha küçük bir kısmını gösterdiği görülmektedir (Şekil 3.36). Ayrıca kazanım değerindeki düşüklüğün etkisini gösteren resim de aşağıda verilmiştir.



Şekil 3. 36 Küçük görüntü.

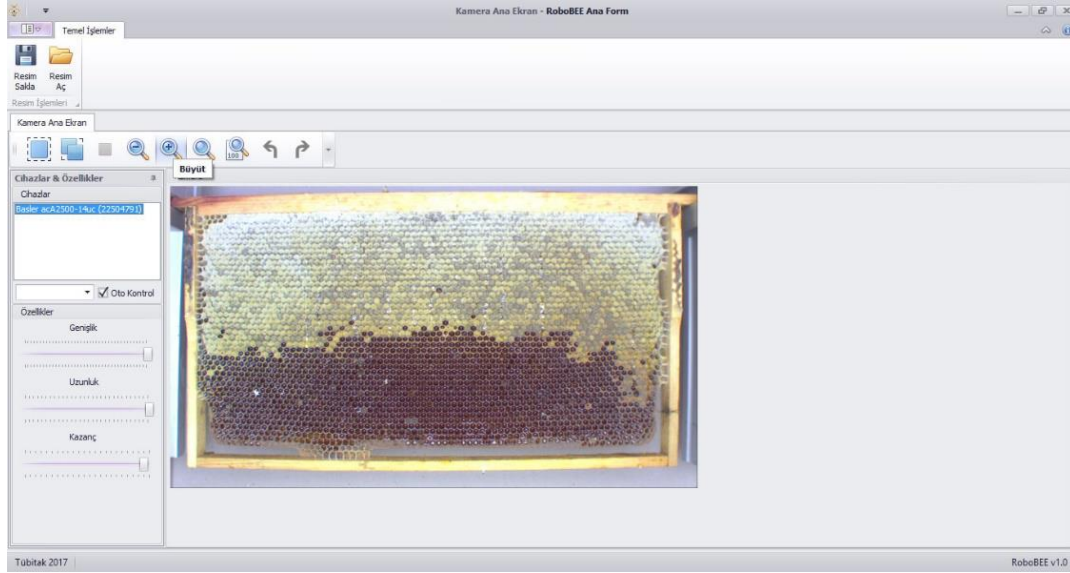
Yukarıdaki ayarlamalar kameranın görüş alanı ile ilgiliydi. Bunların dışında resim alanı ile ilgili bazı temel ayarlamalar da gerçekleştirilmiştir. Bu ayarlamalar;

Küçült : Resim alanının küçültülmesi için kullanılmaktadır. Her işlem yapıldığında resim alanının en ve boyu %20 azaltılarak ekranda gösterilmektedir. Bu özellik kullanılarak görüntünün istenilen sınırlar içinde kalması sağlanmaktadır, böylece kullanıcı görüntünün istediği kısmına odaklanabilir. Resim alanının küçültülmesine ait görüntü aşağıdaki resimde verilmiştir (Şekil 3.37).



Şekil 3. 37 Küçült komutu.

- **Büyüt** : Küçültme işleminin tam tersi yönde işlem yaparak resim alanını büyütme için kullanılmaktadır. Resim alanının büyütülmesine ait görüntü aşağıdaki resimde verilmiştir (Şekil 3.38).



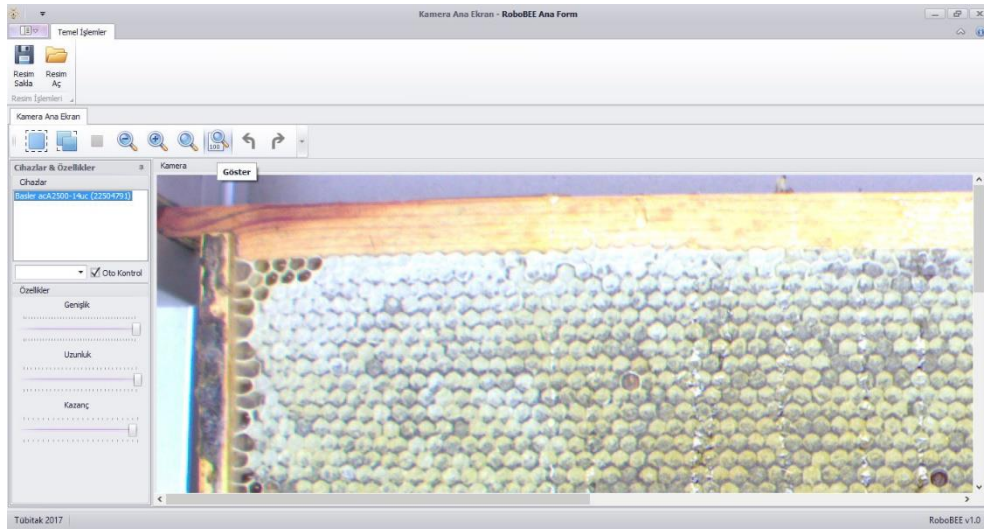
Şekil 3. 38 Büyüt komutu.

- Ekran Sığdır : Bu özellik kamera için belirlenen görüntü alanına göre resim alanını adapte etmesi için kullanılmaktadır (Şekil 3.39). Her ekran çözünürlüğüne göre bu oran değişse bile sistem otomatik olarak kendini ayarlayabilmektedir.



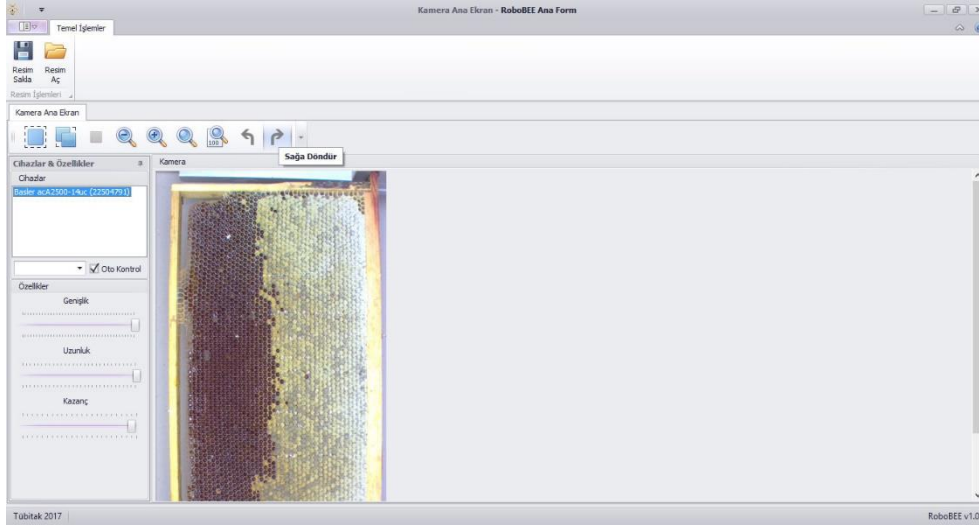
Şekil 3. 39 Ekran sığdır komutu.

- Nor. Göster : Bu özellik kameranın gerçek çözünürlük oranına bağlı olarak görüntünün gösterilmesini yani görüntünün kameradan görünen %100'lük kısmını ekranda sunabilmek için kullanılmaktadır. Bu özelliğin kullanımına örnek görüntü aşağıdaki resimde verilmiştir (Şekil 3.40).



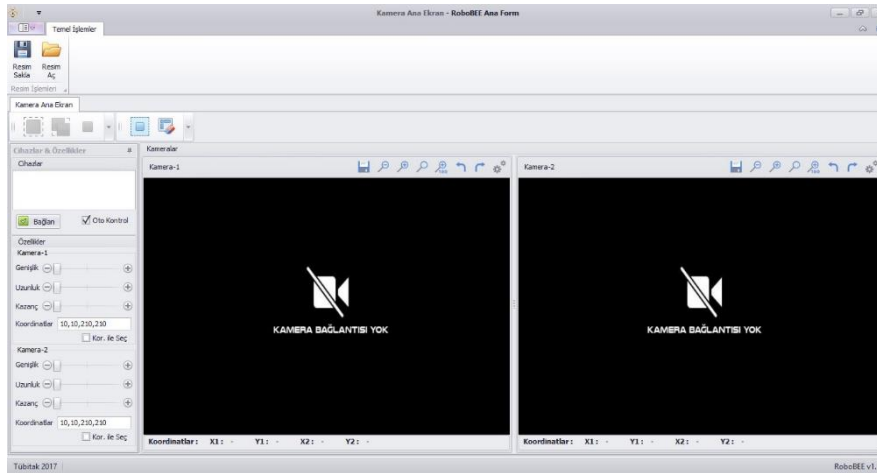
Şekil 3. 40 Nor. göster komutu.

- Sola Döndür : Resim alanındaki görüntünün genişlik ve uzunluk değerleri bozulmadan sola doğru 90 derece döndürülmesi için kullanılan özelliktir. Örnek görüntü aşağıdaki resimde verilmiştir (Şekil 3.41).
- Sağa Döndür : Resim alanındaki görüntünün genişlik ve uzunluk değerleri bozulmadan sağa doğru 90 derece döndürülmesi için kullanılan özelliktir. Örnek görüntü aşağıdaki resimde verilmiştir (Şekil 3.41).



Şekil 3. 41 Sola-sağa döndür komutu.

Görüntü işleme yazılımının arayüzü aşağıda verilen resimdeki gibi güncellenmiştir (Şekil 3.42). Daha önceki sürümde sadece tek kameranın kontrolü yapılmıştır ve yazılımdaki birçok özelliğe tek kamera kullanımına uygun olarak kodlanmıştır.



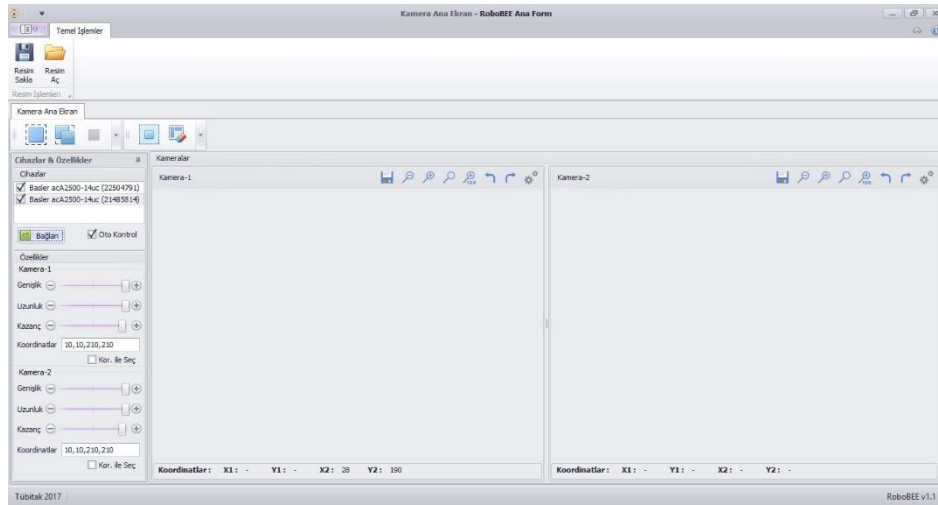
Şekil 3. 42 İki kamera arayüzü.

Yazılım tasarımı, kovandan alınan bir peteğin iki yüzeyini de aynı anda görüntülemek üzere kurgulandı. Dolayısıyla aynı anda iki kameradan da görüntü alınması gerekmektedir. Yazılımda iki kameranın sisteme adapte edilmesi ve kullanılması karmaşaya yol açmaktadır. Bu karmaşayı azaltmak için kameralar birbirinden bağımsız kullanılmaktadır. Sistem “Oto.Kontrol” özelliği seçili olduğu sürece sisteme bağlanan kameraları taramaktadır. Bulunan kameralar daha önce sadece bir listede gösterilmekteydi. Yazılımın güncellenmesinde ise bulunan kameralar seçilebilecek türde bir listede gösterilmektedir (Şekil 3.43).



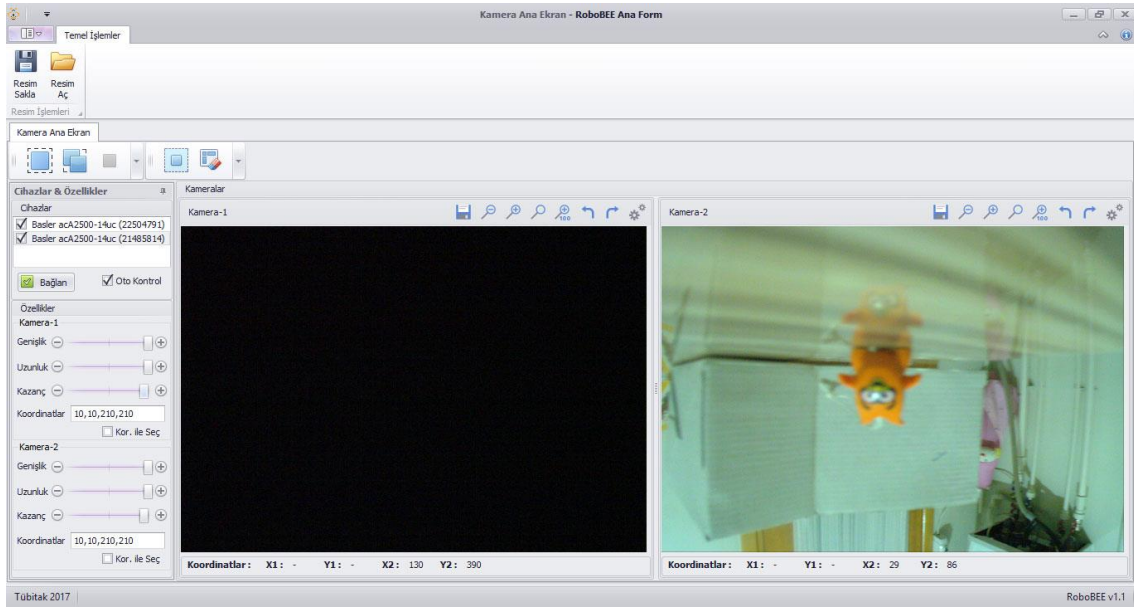
Şekil 3. 43 Kamera seçme ekranı.

Yukarıda verilen resimlerde gösterildiği gibi sisteme bağlanan kameraların kullanıma açılıp açılmayacağı seçilebilir. Sistem seçilen kameraları kullanıma açar ve açık kameralardan görüntü sağlayabilir. Kullanıma kapalı olan kameralar “Kamera Bağlantısı Yok” resmi ile gösterilmiştir. Kullanılacak kameralar seçildikten sonra “Bağlan” butonuna basıldığı zaman, seçilen kameralar kullanıma açılır ve ekran görüntüsü aşağıdaki gibidir (Şekil 3.44).



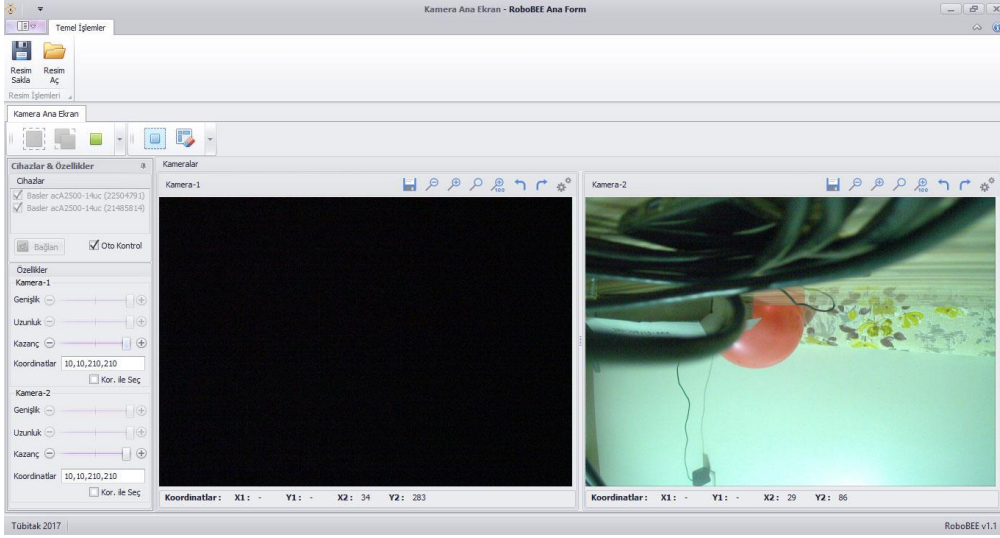
Şekil 3. 44 Kamera algılama ekranı.

Sisteme dâhil olan kameralar aktif hale geldikten sonra iki mod için kullanıma açılır. Bu modlar “Sürekli Çekim” ve “Tek Çekim” modlarıdır. Tek çekim modunda ise kullanıma açık kameralar anlık görüntü alır. Sürekli çekim modunda kullanıma açık kameralar sürekli çekim yapmaktadır. Yazılımın bu versiyonun da sistemin aktif kameralara göre işlem yapması için “Tek Çekim” ve “Sürekli Çekim” modlarına geçiş için ortak buton kullanılmıştır. Tek çekim modu aktif edildiğinde ekran görüntüsü aşağıdaki gibi olmaktadır (Şekil 3.45).



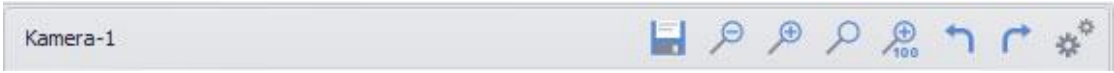
Şekil 3. 45 Tek çekim modu aktif.

Sürekli çekim modu aktif edildiğinde ekran görüntüsü aşağıdaki gibi olmaktadır (Şekil 3.46). Sürekli çekim modunda iken kameranın donanımsal yapısından dolayı bazı özellikler kullanılamamaktadır. Kameranın görüş alanının genişlik ve uzunluk ayarları yapılamayacağı için sürekli çekim modunda kapalı tutulmaktadır. Fakat kazanım değeri ayarlanabileceği için kullanıma açık bırakılmıştır. Ayrıca bir karmaşaya meydan vermemek için cihazların bağlantı kontrolü de kullanıma kapatılmaktadır.



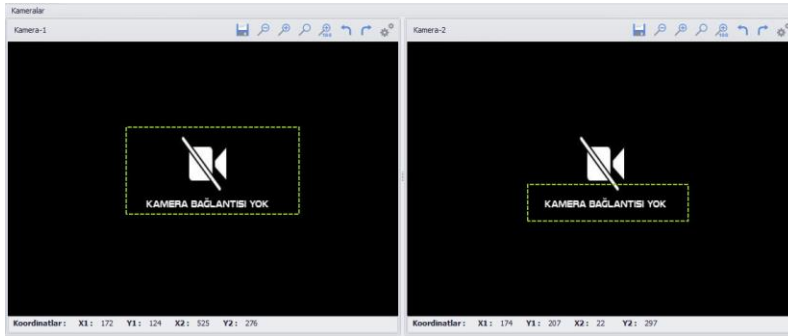
Şekil 3. 46 Sürekli çekim modu aktif.

Yazılımın bu versiyonun da daha önce sadece tek kamera için hazırlanan ve görüntü kontrolü için kullanılan tüm özellikler(Büyüt, Küçült, Ekranı Sığdır vb.) her bir kamera ekranına yerleştirilmiştir. Özelliklere ait yerleşim aşağıdaki şekilde verilmiştir (Şekil 3.47). Böylece her kameradaki görüntü esnek bir şekilde kontrol edilebilmektedir.



Şekil 3. 47 Özellik menü yerleşim.

Görüntü işlemede, üzerinde çalışılacak alanın seçimi önemli bir konudur. Bu versiyon da kameralara ait ekranlardan istenilen görüntü alanı çalışmak için seçilebilir (Şekil 3.48). Yapılan seçimler daha sonra görüntü işleme aşamalarının uygulanması için başka bir ekrana aktarılmaktadır.



Şekil 3. 48 Kamera ekranları.

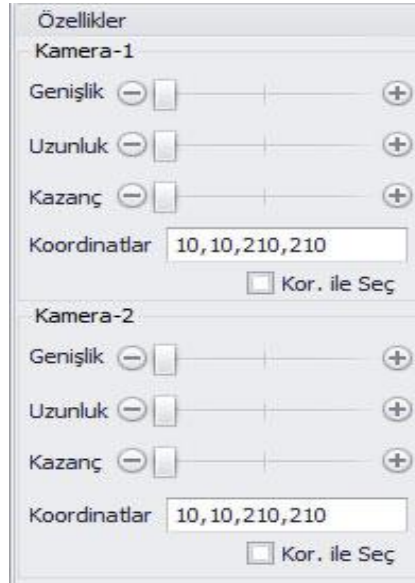


Şekil 3. 49 Seçim butonları.

Seçilen görüntülerin aktarılması için yukarıda verilen birinci buton kullanılmaktadır (Şekil 3.49). Seçim alanlarının iptal edilmesi ve sıfırlanması için ikinci buton kullanılmıştır.

Seçilen alanlara ait aktarılan görüntüler aşağıdaki resimde gösterilmiştir(Şekil 3.48). Dikkat edilirse her bir kamera için yapılan seçime göre görüntüler aktarılmıştır.

Alan seçimi fare ile yapılabildiği gibi, grafiğe ait koordinat bilgileri verilerek de yapılabilmektedir. Aşağıdaki resimde koordinat ile seçim özelliği gösterilmiştir (Şekil 3.50).

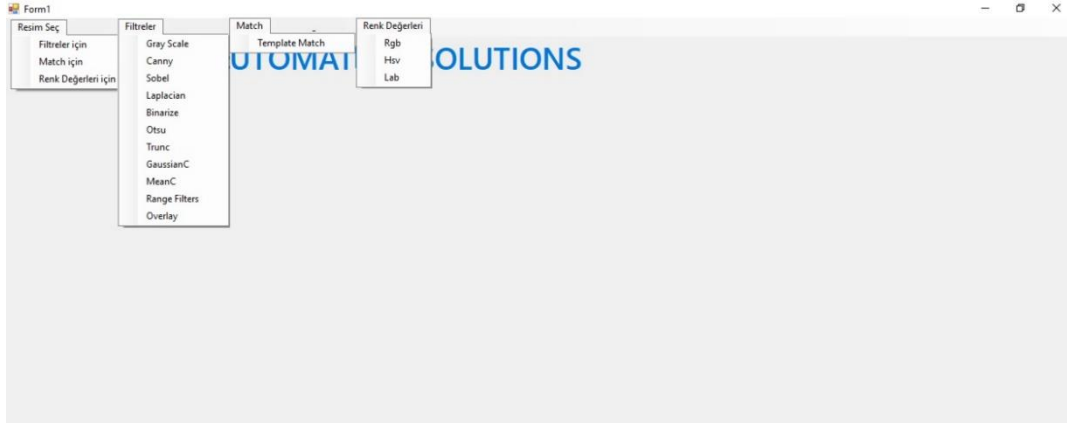


Şekil 3. 50 Koordinat seçim.

“Kor.ile Seç” özelliği hangi kamera için aktif edilir ise o kamera için seçim koordinat bazlı olarak yapılmaktadır. Her bir koordinat metin editörüne aralarında virgül konularak yazılmaktadır. İlk iki koordinat başlangıç X ve Y değerlerini, üçüncü ve dördüncü koordinatlar ise bitiş X ve Y değerleri içindir.

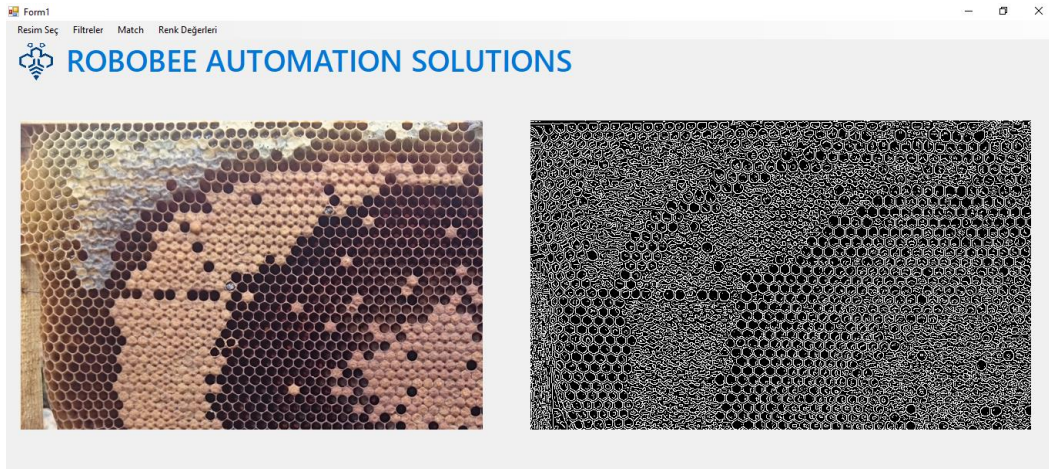
3.4.3 Güz Seçim Algoritması

Çalışmanın görüntü işleme bölümü Microsoft Visual Studio 2017’de OpenCV görüntü işleme kütüphanesi EMGUCV wrapper’ı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Uygulamanın ana görüntüsü aşağıdaki gibidir (Şekil 3.51).

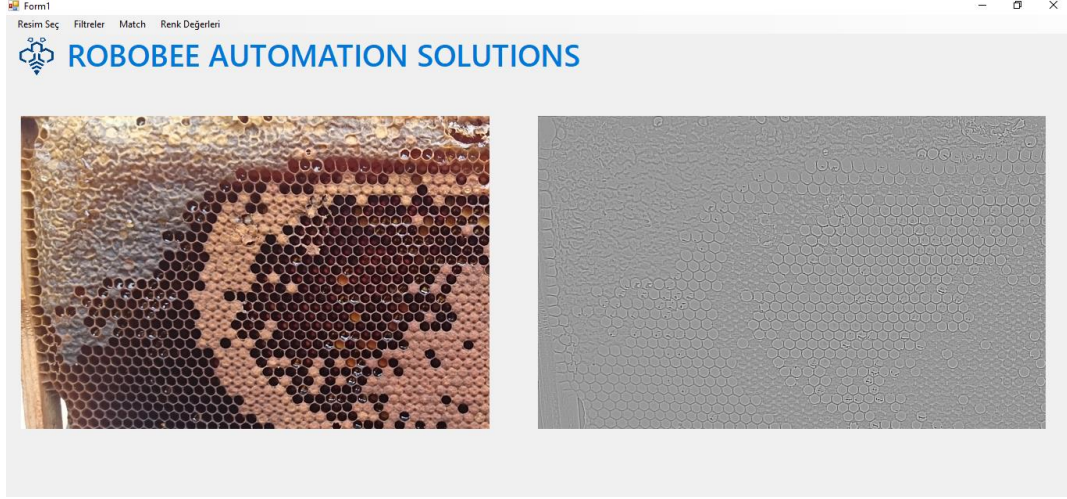


Şekil 3. 51 Güz seçim programı ana ekran görüntüsü.

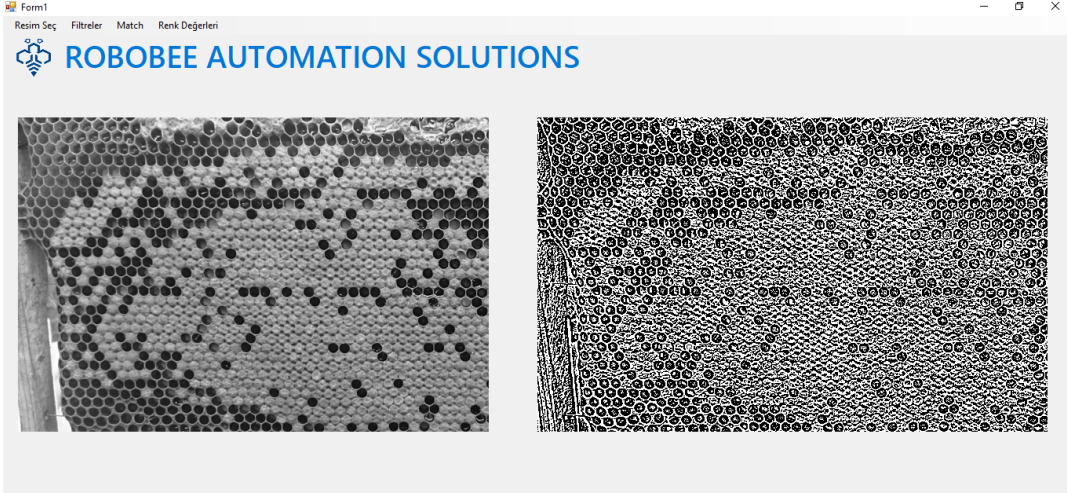
Uygulama 3 bölümünden (filtreler, match(şablon eşleştirme), Renk değerleri) oluşmaktadır. Öncelikle petek üzerindeki yavru gözleri ve çıta köşelerini tespit edebilmek için görüntü işlemede kullanılan temel filtreler (Gray Scale, Canny, Sobel, Laplacian, Binarize, Otsu, Trunc, Gaussian C, Mean C, Range Filters, Overlay) kodlanmıştır. Örnek ekran görüntüleri aşağıdaki gibidir (Şekil 3.52, Şekil 3.53, Şekil 3.54).



Şekil 3. 52 Canny filtre ekran görüntüsü.

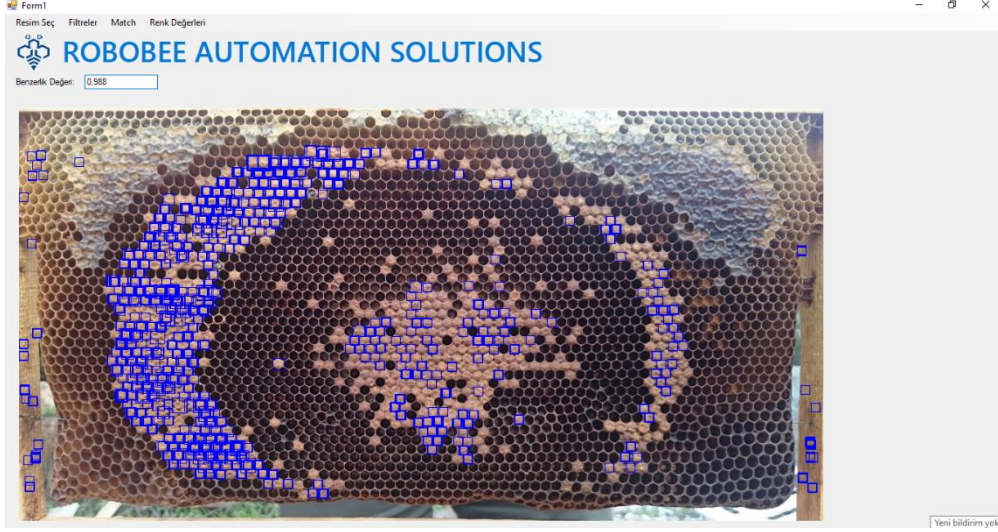


Şekil 3. 53 Laplacian filtre ekran görüntüsü.

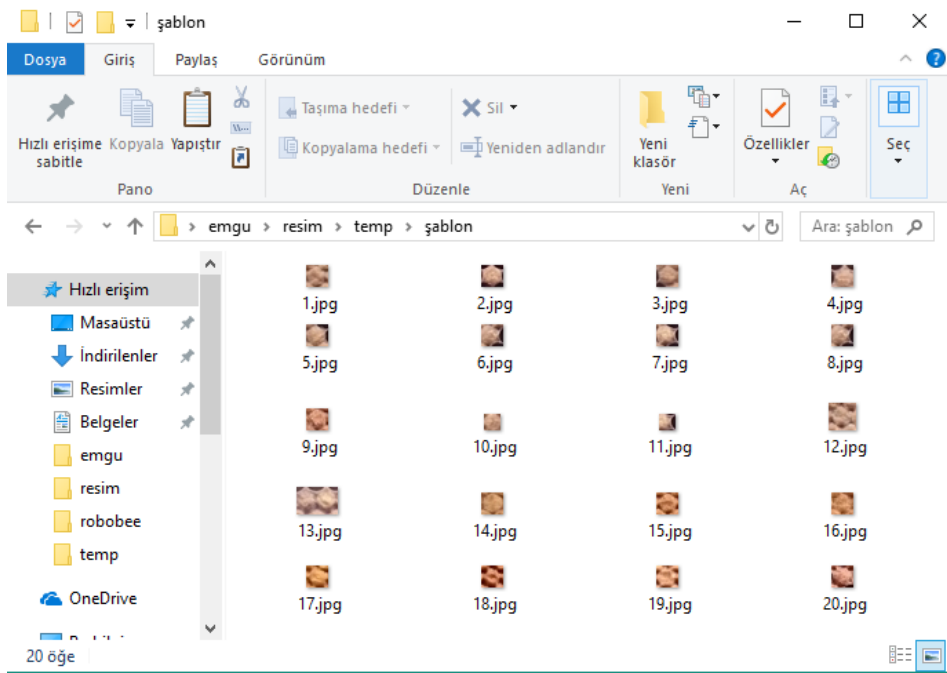


Şekil 3. 54 Gaussian c filtre ekran görüntüsü.

Uygulamanın Match (şablon eşleştirme) kısmında daha önce Matlab ile yapılan şablon eşleştirme çalışması uygulamaya eklenmiştir. Template match ile verilen bir şablon görüntü üzerinde gezdirilerek verilen benzerlik oranına göre işaretleme yapılmaktadır (Şekil 3.55). Bu uygulamada tek bir şablon yerine daha önceden farklı yavrulu peteklerden alınmış bir dizi (istenen sayıda verilebilir) yavru gözü görüntüleri şablon olarak kullanılmıştır. Tek seferde verilen birçok şablon görüntü üzerinde taranmakta, benzerlik oranı eşleşen alanlar işaretlenmektedir. Aşağıda 20 şablon üzerinde eşleştirme yapılan ekran görüntüsü verilmektedir (Şekil 3.56).

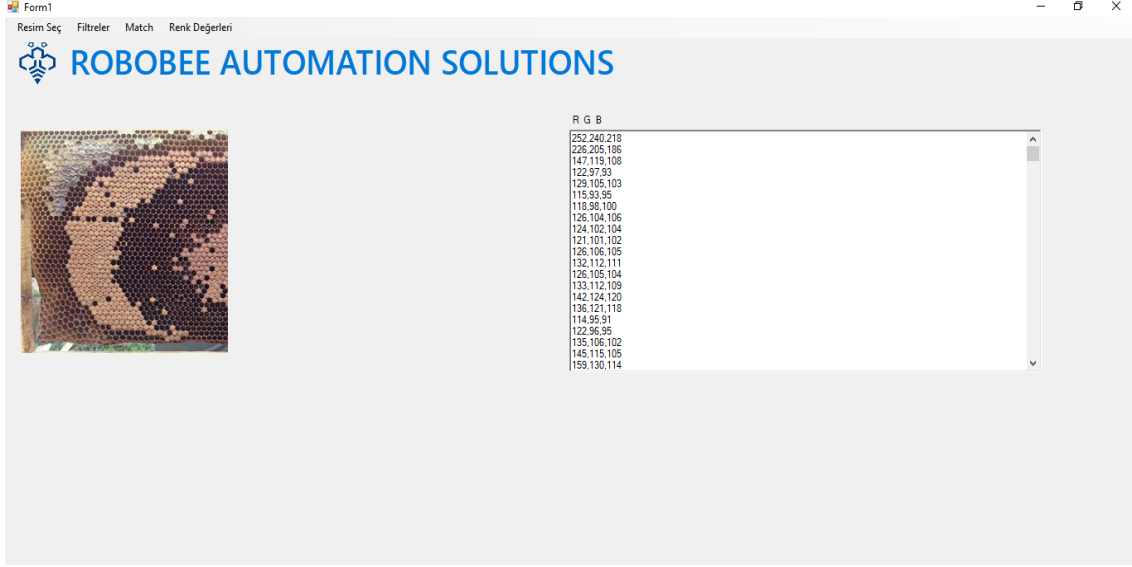


Şekil 3. 55 Template match 20 şablon için eşleştirme sonucu ekran görüntüsü.

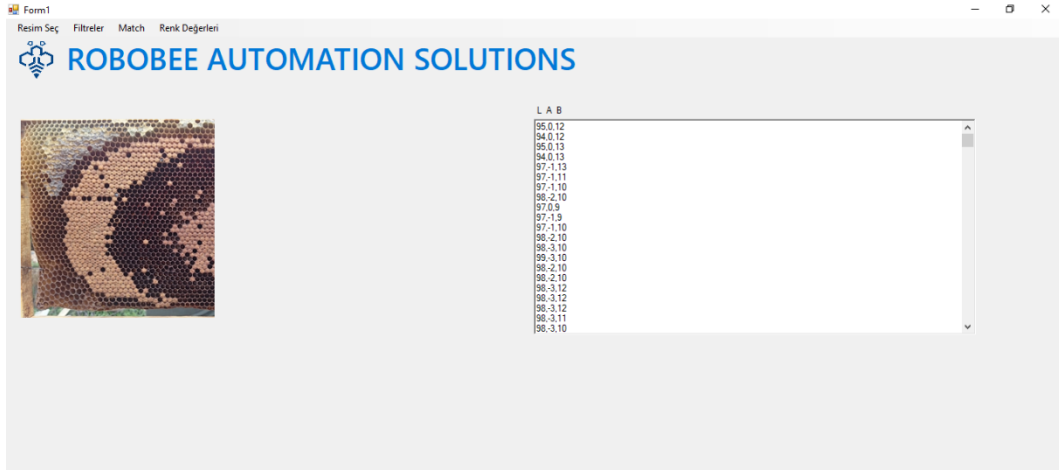


Şekil 3. 56 Eşleştirme için kullanılan petek göz şablon görüntüleri.

Renk değerleri kısmında kamera aracılığı ile alınan petek görüntüsünün farklı formatlarda (RGB, HSV, LAB) renk değerlerinin alınmıştır (Şekil 3.57, Şekil 3.58). Çalışmada bu renk değerlerine göre kıyaslamalar yapılmıştır. Yapılan kıyaslamaya göre her yavrulu gözün renk kodları çıkartılmıştır. Bu şekilde kullanılması en uygun olan değerler belirlenmiştir.



Şekil 3. 57 Her bir pikselin RGB değerleri.



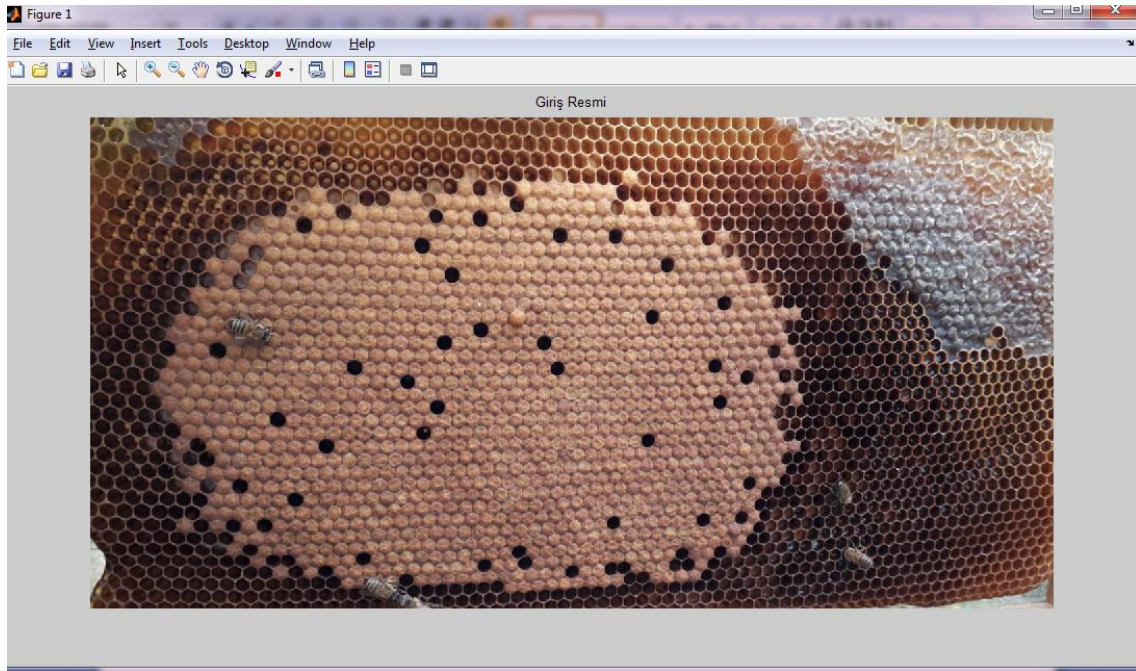
Şekil 3. 58 Her bir pikselin LAB değerleri.

3.4.4 Matlab Uygulaması

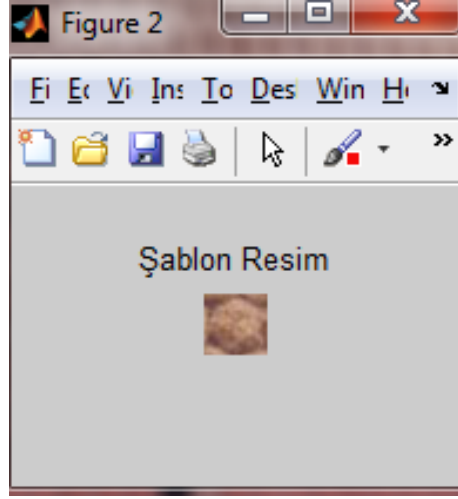
Bu çalışmanın yazılım tasarım kısmında, petek bal çıta görüntüsü içerisinde yavru arı gözlerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla renkli kamera kullanılarak yakalanan petek resmi üzerinde görüntü işleme teknikleri uygulanmış ve yavru arı gözleri tespit edilmeye çalışılmıştır (Şekil 3.59).

Bu kapsamda yapılan ilk yazılım geliştirme faaliyetinde, MATLAB yazılım platformu

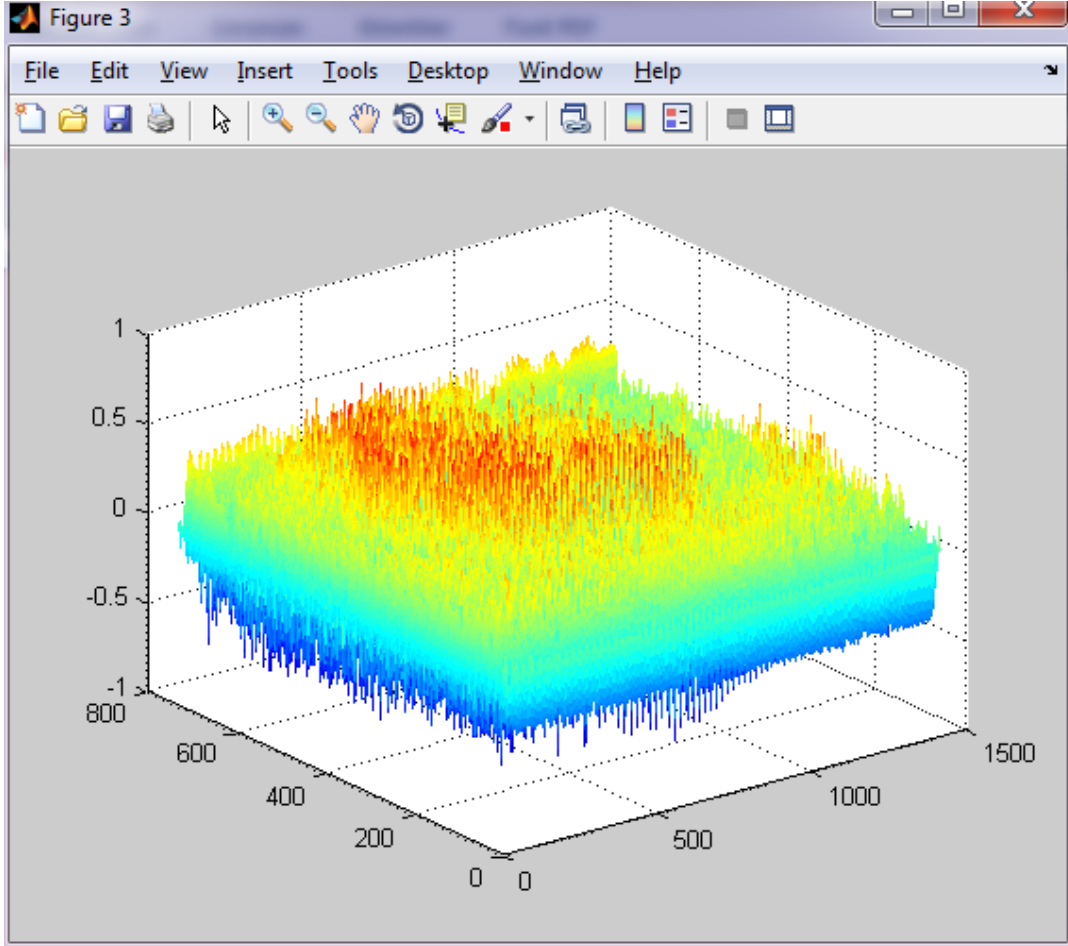
üzerinde şablon eşleştirme (template matching) yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntemde önceden belirlenmiş bir şablon resim görüntü üzerinde gezdirilerek eşleştirilmekte ve benzerlik oranı hesaplanmaktadır (Şekil 3.60). Hesaplanan benzerlik oranı belirli bir oranın üzerinde ise resim üzerinde o bölge işaretlenmektedir. Bu yöntemin uygulanmasında renkli görüntü RGB formatından Gri Seviye formatına dönüştürülür. Bu durum eşleştirme sonucunu olumsuz etkilemektedir. Zira şablon resim 26x26 piksel boyutunda tek bir altıgen yavru arı gözünü içeren bir resim olup petek resmi içerisinde yer alan bal dolu altıgen gözlerle de biçimsel olarak benzerlik göstermektedir. Dolayısıyla bal dolu gözler de yavru arı içeren göz gibi algılanıp işaretlenmektedir. Aşağıda, MATLAB da yapılan yavru arı gözü belirleme işleminde yapılan uygulama sonuçlarına ilişkin ekran görüntüleri verilmiştir (Şekil 3.61).



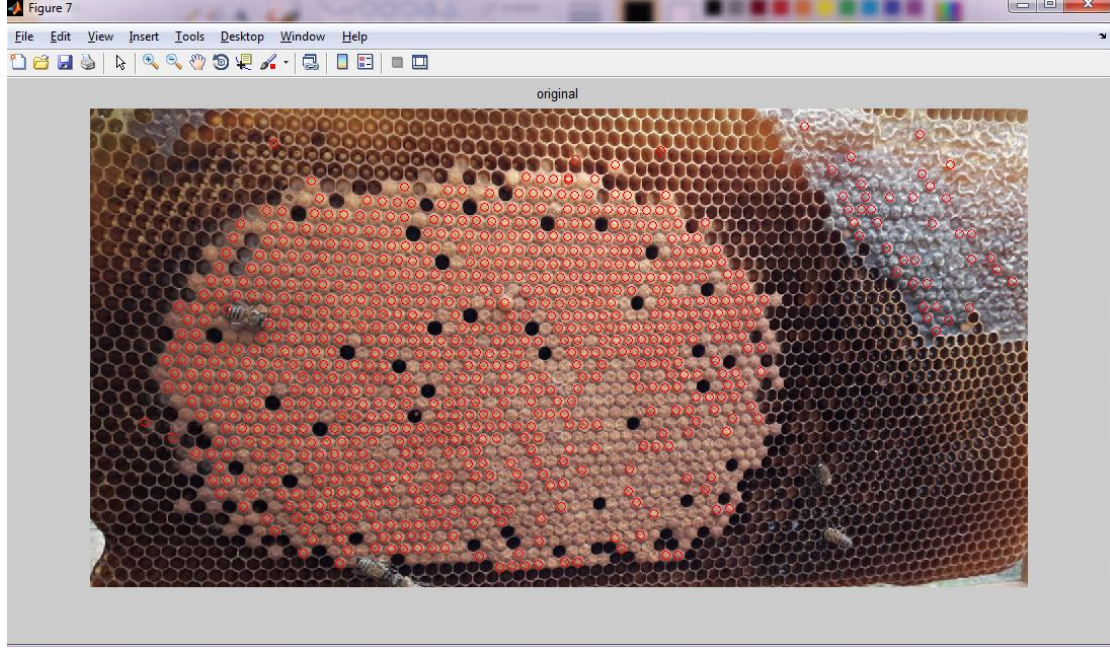
Şekil 3. 59 Renkli kamera ile yakalanan petek görüntüsü.



Şekil 3. 60 Eşleştirmede kullanılan yavru arı gözü şablon resmi.



Şekil 3. 61 Eşleştirme işlemi sonucu benzerlik oranını gösteren grafik.



Şekil 3. 62 Benzerlik oranına göre olan kısımların kırmızı halkayla işaretlenmesi.

Şekil 3.62 de görüldüğü üzere yavru arı olan gözlerin yaklaşık %80-85 oranında tespit edilmiştir. Ancak yavru arı gözü olmayıp içerisinde bal olan gözlerinde (resimde sağ üst kısımda) yavru arı gözü gibi algılanarak yanlış işaretlendiği görülmektedir. Bu durum daha önce de belirtildiği üzere şablon eşleştirmenin gri seviye resim üzerinde yapılabilmesinden kaynaklanmaktadır. Bu eşleştirm referans alınarak PLC sistemine yavru olan gözlerin X-Y koordinatları verilerek mekatronik sistem yardımı ile yavru olan gözler bypas edilerek bal olan kapalı gözler açılmıştır. Bu şekilde sistemde hem hızlı hemde kontrol edilebilir bir sır alma otomasyonu gerçekleştirilmiştir.

4. BULGULAR

Bu araştırmada, sistemin tasarımı için yapılması gereken motor, vidalı mil, piston, lineer araba gibi hesaplamalar yapılmıştır. Hesaplamaların sonucunda sisteme ait optimum malzeme kullanımı belirlenmiştir. Mekanik hesaplamalarda tüm sistemin verimi için gerekli olan zamanlama değerleri elde edilmiştir. Bu değerlere bağlı olarak mekanizmaların malzemeleri satın alınmıştır. Mühendislik hesapları dışında tasarıma ait konstrüksiyon yapısında nümerik analizlerinin yapılması gerekmektedir. Yapılan analizler ışığında konstrüksiyonun hedeflenen mukavim değerlere sahip olduğu bilgisine ulaşılmıştır. Sistemin hem mekanik hesaplamaları hem de konstrüksiyon analiz sonuçları aşağıda verilmiştir.

4.1 Mekanik Hesaplamalar

Mekanik hesaplamalar yapılması aşamasında farklı formüllerin biribiri ile iç içe kullanılması ile sonuçlar elde edilmiştir. Hesaplamaların sonuçları verim analizinde kullanılacaktır.

4.1.1 Vidalı Mil Hesaplamaları

$$F = \frac{M \times \frac{D}{2} \times g \times F_s}{1000} \quad (4.1)$$

- F : Hareket için gerekli moment değeri (Nm)
M : Hareketi sağlanacak mekanizmanın ağırlığı (Kg)
D : Kullanılan vidalı milin çapı (mm)
g : Yer çekimi ivmesi (m/s²)

Vidalı Mil hesabı için standart olarak kullanılan formüldür. Bu formüldeki F_s sürtünme kuvvetidir. Sistemimizde kullandığımız tüm vidalı miller vidalı bilyalı tipindedir. Sadece yükleme ve boşaltmada trapez vidalı mil kullanılmaktadır. Bu vidalı millerde sürtünme çok azdır, bu sebeple hesaplamalarda göz ardı edilir. Hesaplama için F_s yerine

vidalı bilyalı millerde adım ve bilya çapına bağlı olarak formüle ekleme yapılır. Bu ekleme açısız olarak bilyanın hareketini hesaplamak içindir. Eklenecek olan kısım aşağıdaki gibidir;

$$\tan(\alpha + \beta) = \frac{\tan \alpha + \tan \beta}{1 - (\tan \alpha \times \tan \beta)} \quad (4.2)$$

Yukarıda bulunan formül hesaplamada F_s yerine eklenir. Burda bulunan α ve β değerlerinin hesaplanması için vidalı mil hatvelerine göre bir formül bulunmaktadır. Bu formüller aşağıdaki gibidir.

$$\tan \alpha = \frac{h}{\pi \times D_p} \quad (4.3)$$

$$\tan \beta = \frac{h}{\pi \times d} \quad (4.4)$$

Formülde kullanılacak değerlerin açıklaması aşağıdaki gibidir;

h : Vidalı bilyalı mil hatvesi (mm)

D_p : Vidalı bilyalı mil de hareket eden bilyadan bilyaya çap ölçüsü (mm)

d_{Bilya} : Vidalı bilyalı mil bilya çapı (mm)

π : Pi sayısı

Formülde hesaplan değerler ana açısız değer hesaplama formülünde yerine koyularak hesaplama yapılır. Buna göre;

4.1.1.1 Mekatronik sistem y eksen vidalı mil hesaplama;

Mekatronik sistemde aşağı yukarı hareketi sağlayacak olan vidalı mil için gerekli olan moment değerinin hesaplama adımları aşağıdaki gibidir. Öncelikle genel formül yazılıp gerekli olan alt bilgiler katalog değerlerine göre yerine koyulup hesaplama yapılmıştır. Ulaşılan sonuca göre motor hesaplaması yapılmıştır.

$$F = \frac{25 \times 14/2 \times 9,81 \times \tan(\alpha + \beta)}{1000} \quad (4.5)$$

$$\tan \alpha = \frac{2,5}{\pi \times 15} = 0,0530 \quad (4.6)$$

$$\tan \beta = \frac{2,5}{\pi \times 2} = 0,39 \rightarrow 0,005 \quad (4.7)$$

$$\tan(\alpha + \beta) = \frac{0,0530 + 0,005}{1 - (0,0530 \times 0,005)} \cong 0,0580 \quad (4.8)$$

$$F = \frac{25 \times \frac{14}{2} \times 9,81 \times 0,0580}{1000} \cong 0,099 \text{ Nm} \quad (4.9)$$

Aşağı-Yukarı da kullanılacak olan vidalı milin tipi bilyalıdır. Bu yüzden sistemde eğer fren ya da yüksek torka sahip motor olmaz ise aşağı doğru bir hareket gerçekleşir. Bu yüzden ulaşılan 0,099 Nm lik değer seçilecek olan motorun tutma torkundan düşük olmalıdır.

4.1.1.2 Mekatronik sistem x eksen vidalı mil hesaplama;

Mekatronik sistemde iğne mekanizmasını yatay eksen de hareket ettirecek olan vidalı bilyalı mil için gerekli moment değeri hesaplaması aşağıdaki gibidir. Öncelikle genel formül yazılıp gerekli olan alt bilgiler katalog değerlerine göre yerine koyulup hesaplama yapılmıştır. Ulaşılan sonuca göre motor hesaplaması yapılmıştır.

$$F = \frac{10 \times 8/2 \times 9,81 \times \tan(\alpha + \beta)}{1000} \quad (4.10)$$

$$\tan \alpha = \frac{2}{\pi \times 9} = 0,0707 \quad (4.11)$$

$$\tan\beta = \frac{2}{\pi \times 1,5} = 0,42 \rightarrow 0,005 \quad (4.12)$$

$$\tan(\alpha + \beta) = \frac{0,0707 + 0,005}{1 - (0,0707 \times 0,005)} \cong 0,0757 \quad (4.13)$$

$$F = \frac{10x \frac{8}{2} \times 9,81 \times 0,0757}{1000} \cong 0,029 \text{ Nm} \quad (4.14)$$

Bulunan değere göre kullanılması gereken motor 0,029 Nm değerine sahip olması gerekmektedir. Fakat sistemin hareket hızı yüksek olduğu için bu değer en az %75 daha emniyetlisi seçilmiştir. Çünkü ani durmalarda hareket eden mekanizmanın atalet moment değerinde gerekli olan moment değerine eklenmesi gerekmektedir. Motor seçimi bu bilgiye göre yapılmıştır.

4.1.1.3 Yükleme-boşaltma sistem Y eksen vidalı mil hesaplama (trapez);

Yükleme ve Boşaltma sistemlerinde aşağı yukarı hareketi için trapez vidalı mil kullanılmıştır. Bunun sebebi trapez dişin kendi otoblokajlı olmasıdır. Bu yüzden sadece hareket ettirmek için gerekli kuvvet hesabı yapılmıştır. Vidalı bilyalı mil de yapılan hesabın aksine sadece sürtünme kuvveti kullanılır. Aşağıda yapılan hesaplama neticesinde kullanılması gereken motor momenti bulunmuştur.

$$F = \frac{10 \times 8/2 \times 9,81 \times F_s}{1000} \quad (4.15)$$

$$F = \frac{10x \frac{14}{2} \times 9,81 \times 0,5}{1000} \cong 0,35 \text{ Nm} \quad (4.16)$$

Bu hesaplamalarda çıkan moment değerleri motor ve redüktör seçiminde kullanılacaktır.

4.1.2 Motor Hesaplamaları

4.1.2.1 Taşıma zinciri motor hesabı;

Taşıma işleminde aynı anda 4 adet çıta zincir üzerinde hareket edecektir. Her bir çıta en fazla 4 kg ağırlıkta olacaktır. Çıtalar istasyondan istasyona 5 saniyede ulaşması gerekmektedir. İki istasyon arasında olan mesafe 675 mm dir. Motor hız ve moment değeri bu bilgilere göre belirlenecektir. Sistemde kullanılması düşünülen motor tipi step motordur. Motor devri 2000 dev/dk dir. Bunu istediğimiz hız değerine düşürmek için redüktör kullanılması gerekmektedir.

Zincir dişlinin bir turunda kat edilen mesafe;

$$x_1 = D_o \times \pi \quad (4.17)$$

$$x_1 = \frac{9,525 \times 16}{\pi} \times \pi = 153,43 \text{ mm} \quad (4.18)$$

D_o : Zincir dişli bölüm dairesi (mm)

Beş saniyede 675 mm gidebilmesi için gerekli olan devir sayısı;

$$n_G = \frac{675}{153,43} \cong 4,4 \text{ devir} \quad (4.19)$$

İstasyondan istasyona çıtanın gidebilmesi için zincir dişlinin 4,4 devir dönebilmesi gerekmektedir. Sistem bu 4,4 deviri 5 saniyede tamamlaması gerekiyor. Fakat redüktör hesaplamalarında kullanılan süre birimi dakikadır. Buna göre gerekli redüktör hesaplaması aşağıdaki gibidir;

$$n_R = \frac{2000}{n_G \times \frac{60}{5}} \cong 37,8 \text{ devir/dk} \quad (4.20)$$

Hesaplanan değer redüktörün gerekli olan çevrim oranıdır. Bu hesaplamadan sonra gerekli olan redüktör momenti hesaplanacaktır. Sistemde 4 adet çita aynı anda taşınıyor. Bir adet çitanın maksimum ağırlığı 3,5 kg dir. Bir diğer sistemde taşınması gereken ise taşıma zincirinin kendisidir. Toplam zincir uzunluğu 6780 mm dir. Bir metre zincirin ağırlığı 0,41 kg dir. Buna göre gerekli moment;

$$\sum m = (3,5 \times 4) + (6,78 \times 0,41) = 16,8 \text{ kg} \quad (4.21)$$

$$M = \frac{m \times g \times \frac{D_0}{2}}{1000} = \frac{16,8 \times 9,81 \times \frac{48,52}{2}}{1000} = 3,99 \text{ Nm} \quad (4.22)$$

Hesaplamalar neticesinde gerekli olan redüktör çevrim oranı 37,8 ve moment değeri 3,99 Nm olmalıdır. Bu bilgilere göre Yılmaz redüktörün EN serisinden 30 gövde büyüklüğü olan redüktör tercih edilmiştir. Step motor olarakta Polulu Nema 23 tercih edilmiştir.

4.1.2.2 Mekatronik sistem motor hesabı;

Sistemde kullanılan iki vidalı milinde moment değerleri çok küçüktür. Bunun sebebi ise vidalı bilyalı millerin sürtünme değerlerinin çok düşük olmasıdır. Bu sebeple sistemde sadece motor kullanılıp direk vidalı mile akuple şekildedir. Gerekli olan motor hesabında tek ölçüt hızdır. Vidalı bilyalı mil yatay ekseninde üç saniyede 400 mm ve dikey ekseninde ise saniyede 100 mm hızda gitmek zorundadır. Buna gerekli olan motor hız hesaplamaları;

$$V_X = \frac{P \times V_R}{60} \times t = \frac{2,5 \times 2000}{60} \times 3 = 250 \text{ mm} \quad (4.23)$$

Yukarıda bulunan ilerleme değeri motor 50 Hertz frekansta çalıştığı durumda oluşmuştur. Bunu motor frekans değerini 80 Hertz e çıkartarak üç saniyede 400 mm olması hedeflenen değere ulaşılmıştır.

$$V_Y = \frac{P \times V_R}{60} \times t = \frac{2 \times 2000}{60} \times 1 = 66,6 \text{ mm} \quad (4.24)$$

Yukarıda bulunan ilerleme değeri motor 50 Hertz frekansta çalıştığı durumda oluşmuştur. Bunu motor frekans değerini 75 Hertz e çıkartarak bir saniyede 100 mm olması hedeflenen değere ulaşılmıştır.

4.1.2.3 Yükleme-boşaltma sistem Y eksen motor hesabı;

Yükleme ve Boşaltma sistemlerinde hareket hızlı olmaktan ziyade sabit olmak zorundadır. Bu durum kullanılacak olan tutma sistemi tek noktadan olması yüzündendir. Çıtaların yüklenmesi ve boşaltılması için vidalı millerin gideceği mesafe 300 mm dir. Bu yolu dört saniyede tamamlanması hedeflenmiştir. Motor için yapılan hesaplama aşağıdaki gibidir.

$$V_{TB} = \frac{P \times V_R}{60} \times t = \frac{2 \times 2000}{60} \times 4 = 400 \text{ mm} \quad (4.25)$$

Yukarıda bulunan ilerleme değeri motor 50 Hertz frekansta çalıştığı durumda oluşmuştur. Bunu motor frekans değerini 5 Hertz e düşürülerek dört saniyede 300 mm olması hedeflenen değere ulaşılmıştır.

4.1.2.4 Sağım Sistem Motor Hesabı;

Sağım Sisteminde onaltı çita aynı anda sağım işlemine tabi tutuluyor. Bir çitanın ağırlığı en fazla 3,5 kg dir. Sağım işlemi toplamda 100 saniyede tamamlanması hedeflenmiştir. Bunun içinde tamburun en yüksek 200 d/dk hızında dönmesi gerekmektedir. Kullanılacak olan motor 2800 d/dk ve verimi 0,94 dir. Kalkış için motor rampa zamanı 3 saniyedir. Hızı ayarlayabilmek için redüktör kullanılmıştır. Sistem için moment ve redüktör hesabı yapılması gerekmektedir.

$$\sum m = (3,5 \times 16) + 28 = 84 \text{ kg} \quad (4.26)$$

Sistem alt ve üst kısmından yataklanmıştır. Sistemde oluşabilecek balans sorunlarının önüne geçilmiştir. Yataklama iki taraflı olduğu için sadece mil çapına bağlı moment oluşmaktadır. Buda;

$$M_L = \frac{m \times g \times \frac{d}{2} \times \mu L}{1000} = \frac{84 \times 9,81 \times \frac{20}{2} \times 0,005}{1000} = 0,041 \text{ Nm} \quad (4.27)$$

Sağım tamburunu hareket ettirmek için gerekli olan moment değeri yukarıda hesaplanmıştır. Fakat hızı ayarlamak için kullanacağımız redüktörden dolayı bu moment 1/14 oranında düşecektir. Bu sebeple ihtiyaç duyulan moment değeri 0,0029 Nm dir. Bu çok küçük bir değerdir. Tambur sistemi alt ve üst uçlarından yataklı (Merkezden Çevirme) olduğu için aslında gerekli olan moment değeri ilk kalkış için gerekli olan momenttir. Hareket başladıktan sonra sistem kendi ataleti sayesinde çok rahat şekilde hareket edecektir. Bu yüzden kalkış için gerekli motor momenti hesaplanması gerekmektedir. Aşağıda formüller yardımı ile bu hesaplama yapılmıştır.

$$M_{Mot} = \frac{M \times V_T}{V_M \times \mu} = \frac{0,041 \times 200}{2800 \times 0,94} = 0,0031 \text{ Nm} \quad (4.28)$$

$$J = \frac{D^2 \times m}{8} = \frac{0,65^2 \times 84}{8} = 4,44 \text{ kg.m}^2 \quad (4.29)$$

$$J_{ind} = \frac{J \times n_{\text{çikis}}^2}{n_{Motor}^2} = \frac{4,44 \times 200^2}{2800^2} = 0,022 \text{ kg.m}^2 \quad (4.30)$$

$$M_{Mot} = \frac{J_{Top} \times n_{Mot}}{9,55 \times t_a} = \frac{0,0275 \times 2800}{9,55 \times 3} = 2,68 \text{ Nm} \quad (4.31)$$

$$M_{top} = M_{Mot} \times M_L = 2,68 + 0,0031 \cong 2,7 \text{ Nm} \quad (4.32)$$

M : Gerekli moment (Nm)

V_T : Gerekli devir sayısı (dev/dk)

- V_M : Motor devir sayısı (dev/dk)
 μ : Motor verimi
 J : Silindir merkezindeki atalet momenti
 J_{ind} : Motor miline indirgenmiş atalet momenti
 t_a : Motor kalkış zamanı
 M_{Mot} : Motor momenti
 M_{top} : Seçilmesi gereken motor momenti

Bu hesaplamalara göre Gamak Motor kataloğundan 0,37 kW uygun olduğu belirlenmiştir. Fakat nihai motor gücü redüktör çevrim oranına göre karar verildi. Redüktör çevrim oranı hesaplaması aşağıdaki gibidir.

$$i_{Red} = \frac{n_{Motor}}{n_{Tambur}} = \frac{2800}{200} = 14 \quad (4.33)$$

Hedeflediğimiz hız değerlerine ulaşabilmek için sistemde kullanacağımız redüktör çevrim oranı 14 olmasına karar verilmiştir. Bu çevrim oranına göre gerekli olan motor gücü belirlenmesi aşağıdaki gibidir.

$$M_{Mot} = \frac{M_{TOP}}{i_{Red}} = \frac{2,7}{14} = 0,19 \text{ Nm} \quad (4.34)$$

Tamburu hareket ettirmek için yapılan hesaplamaların tümünün neticesinde Gamak Motor kataloğundan 0,12 kW 2800 d/dk motor ve Yılmaz Redüktör EN30 $i=14$ kullanılmasına karar verilmiştir.

4.1.3 Sistem Analizleri

Tasarım aşaması bitirilen sistem öncelikle gerekli olan moment hesaplamaları yapılmıştır. Fakat bu hesaplamalar sistemin mukavim değerlerini belirlememektedir. Sisteme ait statik olarak dayanımlarının ve ömür hesaplamaları için analiz yapılması gerekmektedir. Analizlerin yapılması konusunda FEA yazılımlarından faydalanılması uygun olduğuna karar verildi. En yaygın ve sonuçları geçerli kabul edilelen Ansys

programı analizlerin yapılmasını için seçilmiştir. Ansys yazılımının 18.2 versiyonunun da analizler yapılmıştır. Bu versiyonun en önemli özelliği gerekli durumlarda topolojik optimizasyon yapabilmesidir. Bu şekilde sistem eksik yada fazla olan ağılıkların belirlenip maliyetin optimum seviyeye getirilmesi sağlanmıştır. Yapılan analizler 3 ana başlıktadır. Bunlar; Stres, Yer Değiştirme ve gerilim analizleridir. Sistem için yapılan analizlere ait bilgiler aşağıdaki gibidir.

4.1.3.1 Gövde sistem analizi

Tüm sistemi taşımak için kullanılan gövde en çok dayanıma ve mukavim değere sahip olan yapı olmak zorundadır. Çünkü sistem oluşacak bir deformasyon ya da dengeyi bozacak herhangi bir durum olur ise tüm sisteme ait çalışma prensibi bozulacaktır. Buda üretilen sistemin hatalı olmasına sebep olacaktır. Bu sebeple yapılan analizlerde Gövde Sistem'i için emniyet katsayısı 3 olarak belirlenmiştir. Yapılan analizlerde sistemin üzerindeki Maksimum stres 104 MPa çıkmıştır. Kullanılan malzeme AISI304' ün stres dayanımı ise 352 MPa dir. Bu sonuca göre sistemimizde bir stres kaynaklı deformasyon olmayacaktır. Analiz sonucu görseli EK-1 de gösterilmiştir. Plastik deformasyon için yapılan analizde ise mekatronik sistemin geldiği kısımda üç kat emniyetli şekilde yapılan analizde ise 2,96 mm plastik deformasyon görülmüştür. Fakat bu deformasyon sisteme ait boş bir noktadadır. Buda sisteme sorun teşkil etmemektedir. Analiz sonucu görseli EK-2 de gösterilmiştir. Gerilim analizinde ise sistemin ayak profilleri bağlantı noktalarında 0,000288 gibi çok küçük bir değer elde edilmiştir. Çıkan sonuca göre sistem sonsuz çevrime sahiptir. Eğer bulunan değer 1 ya da daha üstü olsa idi sistem yorulma analizi yapılması gerekmekteydi. Fakat şuan için gerek yoktur. Analiz sonucu görseli EK-3 de gösterilmiştir.

4.1.3.2 Yükleme-boşaltma analizi

Yükleme ve Boşaltma gövde sistemleri üzerinde 20 adet çıta taşıyacak dayanım değerlerine sahip olmalıdır. İki sisteme ayrı ayrı analiz yapılması yerine tek analiz yapılmıştır. Bu yüzden yükleme ve boşaltma darbeleri yük olacağı için emniyet katsayısı 5 alınmıştır. Taşıyıcıyı şaseninin uzun ömürlü olması hedeflenmiştir. Eğer gövde de

zamanla deformasyon ya da yer değiştirme olur ise ıtalarn yüklenip boşatılması otomatik sistem için zorlanmalara hatta kilitlenmesine sebep olabilir. Yapılan stres analizinde taşıyıcı noktalarda 110 MPa stress olduğu gözlemlenmiştir. Sistemde kullanılan AISI304 malzemenin stress değeri 352 MPa dir. Bu sonuca göre sistemimizde stress e bağlı herhangi bir deformasyon oluşmamaktadır. Analiz sonucu görseli EK-4 de gösterilmiştir. Yer değiştirme için yapılan analizde ise taşıyıcı yüzeylerde 0,598 mm lik bir deformasyon görülmektedir. Fakat bu yüzeyde kızıklamayı sağlamak için kullanılacak olan AISI420 malzemedan mil bağlanmıştır. Bu şekilde bu yer değiştirmenin önüne geçilmiştir. Analiz sonucu görseli EK-5 de gösterilmiştir. Gerilim analizinde gövdenin kaynaklı şekilde birleştirilen noktada 0,00321 gibi çok küçük bir değer elde edilmiştir. ıkan sonuca göre sistem sonsuz çevrime sahiptir. Eğer bulunan değer 1 ya da daha üstü olsa idi sistem yorulma analizi yapılması gerekmektedir. Fakat şuan için gerek yoktur. Analiz sonucu görseli EK-6 da gösterilmiştir.

4.1.3.3 Sağım sistemi analizi

Sağım Sistemi tüm sistem içerisinden en fazla yük taşıyan sistemdir. Sistem üzerinde 16 adet çıta, sağım tamburu ve 5 teneke bal (125 kg) taşıma kapasitesindedir. Ayrıca sistemde 200d/dk gibi bir hızda dönen sağım tamburu mevcuttur. Kriterler göz önüne alınınca sistem daima darbeleri yüke maruz kalmaktadır. Sağım sisteminde tüm yük gövdeyi taşıyan 4 adet ayak arasında paylaşılmaktadır. Analiz bu ayaklar baz alınarak yapılmıştır. Ayaklarda herhangi bir deformasyon olması durumunda tambur balanslı dönebilir ve bu hem maddi zarar hemde operatör güvenliği için sorun oluşturabilir. Bu yüzden analizle yapılırken emniyet katsayısı 5 olarak alınmıştır. Yapılan stres analizinde ayakların hepsinde kritik nokta olarak ayakların zemin bağlantı plakasında 43,4 MPa stres oluştuğu görülmüştür. Sistemde kullanılan AISI304 malzemenin stress değeri 352 MPa dir. Bu sonuca göre sistemimizde stress e bağlı herhangi bir deformasyon oluşmamaktadır. Analiz sonucu görseli EK-7 de gösterilmiştir. Yer değiştirme için yapılan analizde ise ayakların gövde ile kaynaklandığı bölgede 0,128 mm yer değiştirme olduğu gözlemlenmiştir. Analiz şartları belirlenirken kaynaklı imalat şartı belirlenmemiştir. şartlarda buda eklenirse oluşan yer değiştirmeninde oluşmadığı

görülmüştür. Analiz sonucu görseli EK-8 de gösterilmiştir. Gerilim analizinde ayakların zemin bağlantı plakası ile kaynaklı şekilde birleştirilen noktasında 0,000172 gibi çok küçük bir değer elde edilmiştir. Çıkan sonuca göre sistem sonsuz çevrime sahiptir. Eğer bulunan değer 1 ya da daha üstü olsa idi sistem yorulma analizi yapılması gerekmekteydi. Fakat şuan için gerek yoktur. Analiz sonucu görseli EK-9 da gösterilmiştir.

4.2 Modernizasyon Özellikleri

Günümüzde tüm sektörler kendi sistemlerini Endüstri 4.0 a modernize etmeye çalışmaktadır. Bunun en önemli sebebi daha kısa sürede daha çok ürün ve analiz edilebilir bilgi gereksinimidir. Arıcılık sektöründe bunlardan birisi olmak için çaba sarfetmektedir. Fakat hem dünya genelinde hemde ülkemizde malesefki arıcılık sektöründe kullanılan sistemler belli bir noktadan sonra ilerlemesi bırakılmış ve sadece büyük kapasiteli firmalarda elektronik olarak işlem sistemleri kullanılmaya başlanılmıştır ama hala bu firmalarda bile Endüstri 4.0 a uygun sistemler mevcut değildir. Çoğu firma Endüstri 4.0 ın mantığını bile anlamamış durumdadır. Bu çalışmada geliştirilen sistemde ise Endüstri 4.0 ın dört başlığına dâhil olmaktadır. Bunlar; Sistem Entegrasyon, Simülasyon, Nesnelerin İnterneti ve Büyük Veri'dir. Yapılan sistem iki adet farklı poses olan Petek Sır Alma ve Bal Sağım işlemlerinin birleştirilmesi sebebi ile Sistem Entegrasyon a dâhildir. Görüntü İşleme yapılarak yavru gözlerinin ve bal olan gözlerinin koordinatlarının belirlenerek simülasyonun yapılması ise Simülasyon a dâhildir. Simülasyonu yapılarak koordinatları belirlenen yavru gözlerinin bilgileri Sır Alma mekanizması olan Mekatronik Sisteme haber vermektedir. Geliştirilen sistem 4 istasyondan oluşmaktadır. Bu 4 istasyon birbiri içerisinde haberleşip senkronize şekilde çalışmaktadır. Sistemin kendi içerisinde haberleşip birlikte çalışması ise Nesnelerin İnternetine (IOT) dâhildir. Bu çalışmada geliştirilen sistemde birden fazla mekanizmadan alınan bilgiler işlenerek sisteme ait performans bilgileri belirlenmektedir. Görüntü işleme ile sadece yavru koordinatları çıkartılmayıp petek üzerindeki potansiyel bal miktarı belirlenmektedir. Belirlenen bal miktarı ile sağım yapılan miktar anlık olarak kontrol edilmektedir. Diğer bir kontrol ise mekatronik sistemin konumunun takip edilmesidir. Sistem kendi içerisinde mekatronik sistemin konumunu kontrol ederek

Petek Sır Alma işlemini daha hızlı şekilde yaptırır. Elde edilen verilerin işlenip yorumlanması ise Büyük Veriye dâhildir. Anlatımı yapılan 4 farklı Endüstri 4.0 başlığına dâhil olması sebebiyle en güzel örnektir. Arıcılık sektöründe Endüstri 4.0 özelliklerine sahip ender sistemlerdendir. Aşağıdaki tabloda hem yerli hemde yabancı üreticilerde yapılan sistemlerin kıyaslaması Çizelge 4.1 de mevcuttur.

Çizelge 4.1 Modernizasyon Karşılaştırma Tablosu.

Teknik Özellik	Yerli Ürün	İthal Ürün	Açıklama
Otomatik Petek Sır Alma	Mevcut Değil	Yavru Gözü Ayırmaksınız Mevcut	Yurtdışı firmalarda petek yüzeyindeki tüm sır alınmaktadır. Geliştirilen sistemde yavru gözleri belirlenip korunmuştur.
Görüntü İşleme ile Yavru Gözü Belirleme	Mevcut Değil	Mevcut Değil	Mevcut hali hazırda kullanılan ve üretilen sistemlerin hiçbirinde görüntü işleme mevcut değildir. Yavru Gözlerini belirlemek için kullanılmıştır.
İğne Mekanizması ile Sır Alma	Mevcut Değil	Sıcak Bıçak ile Mevcut	İthal ürünlerde bıçak ile tüm petek yüzeyi kesilmektedir. Geliştirilen sistemde X,Y,Z eksenlerinde lineer olarak hareket eden iğneler ile belirlenen koordinatlardaki kapalı bal gözleri açılmaktadır.
Petek Bal Miktarı Belirleme	Mevcut Değil	Mevcut Değil	Görüntü İşleme ile sadece petekte bulunan yavru gözleri değil aynı zamanda bir gözde bulunan bal miktarıda ışığın yansımaları ile belirlenmiştir. Buda petek başı kaç kg bal elde edeceğimiz bilgisini vermektedir. Verim hesaplamak için bu bilgi kullanılmıştır.

Çizelge 4.1(Devam) Modernizasyon Karşılaştırma Tablosu.

Bal Sağım Kazan Seviye Sensörü	Mevcut Değil	Zaman Rölesi	Şeklinde Mevcut	Bal Sağım kazanı içerisine eklenen seviye sensörü sayesinde sağım yapılan bal miktarı sağım tamburu alt yatağı seviyesine yaklaştığında operatörü uyarılmaktadır. Kritik seviyeye geldiğinde ise sisteme bekleme almaktadır. Bu şekilde balın yatak ile teması engellenip balın kirlenmesi engellenmiştir.
Bal Dolum Kontrolü	Mevcut Değil	Mevcut Değil		Sağım Kazanı kritik seviyeye yaklaştığında operatör balı stoklamak için belirlediği ölçülerdeki tenekeleri doldurmaktadır. Bu dolum esnasında eğer takip etmeyi unutursa bal tenekesi taşar ve kayıp oluşur. Load-cell ile bal tenekesi belirlenen ağırlığa geldiğinde otomatik vana kapanmaktadır.
Bal Sağım Hız Kontrol	Manuel Potans ile Mevcut	Sabit Değiştirilemez Program Mevcut		Operatörün sağım işlemi esnasında tamburun hızını 4 ayrı hızda ve sürede kendi programlamasına imkân verilmiştir. Bu şekilde farklı petekler sağım işleminde zarar görmemiştir.

4.3 Gelistirilen Sistemin Çalışma Prensibi

Sistem çalışma prensibi olarak 6 adımdan oluşmaktadır. Bu adımların her birisi kapasitif sensör yardımı ile belirlenip adım adım sistemin ilerlemesi sağlanmıştır. İstasyonlar arası bekleme süresine göre taşıma sistemi hızı belirlenmiştir. Operatörün

çıtaları sisteme yüklemesi ve boşaltması operasyon adımlarına dâhil edilmemiştir. Sistemin çalışma adımları aşağıdadır;

1. Adım ; Yükleme işleme

Yükleme İstasyon'un bal çıtalarını Gövde üzerinde bulunan Taşıma Sistemi üzerine otomatik olarak yerleştirmektedir. Taşıma işlemi vidalı mil, pnömatik piston ve gripper ile yapılmaktadır. Her ekseninde (X-Y-Z) hareket mevcuttur.

2. Adım ; Taşıma işlemi

Taşıma Sistemi ikinci istasyon olan Görüntü İşleme Sistem'ine bal çıtasını getirir ve bekler.

3. Adım ; Görüntü işleme

Burada endüstriyel kameralar yardımı ile bal çıtasının iki yüzeyinin görüntüleri alınmıştır. Alınan bu görüntüler yazılım ile kontrol edilip yavru olan gözler ve bal olan gözlerin koordinatları belirlenir. Koordinat bilgileri bir sonraki aşama olan Sır Alma Sistemine aktarılır.

4. Adım ; Mekatronik sistem sır alma

Mekatronik Sistem üç ekseninde hareket edebilen 40 adet iğneye sahip olan mekanizmadır. Bu iğneler sayesinde görüntü işleme ile belirlenen gözlerin sır alınması yapılır.

5. Adım ; Boşaltma işlemi

Sırları alınan bal çıtaları Boşaltma Sistemi üzerindeki stok alanına Taşıma Sistem'inden alınarak bekletilir.

6. Adım ; Sağım sistemi

Arıcı Boşaltma Sistemi üzerinde stok alanında beklemekte olan sır alım yapılmış olan 16 adet bal çıtası Sağım Sistem'i içerisinde ki döner tambura yüklenir. 100 saniye dönme işleminden sonra içerisindeki bal boşaltılan (sağılan) petek makinadan çıkartılır. Tüm proses tamamlanmış olur.

4.4 Verim Analizi

Verim hesaplama için öncelikle mevcut sistemlerde yapılan uygulamanın veriminin hesaplanması gerekmektedir. Bu hesaplama bir arıcının hasat zamanında işlem süresi kronometre ile kayıt altına alınmıştır. Ulaşılan değerin matematiksel hesabı aşağıda yapılmıştır. Bir çitanın iki taraflı olarak sır alma işlemi 30-75 saniye arasında olmuştur. Her peteğin yükleme ve boşaltma süresi ise 15-40 saniye arasında olmuştur. Sağım sisteminde 8 adet petek 240 saniyede sağım yapılmıştır. Sır almada iki personel ve yükleme, boşaltma, sağım işlemi içinde bir personel kullanılmaktadır.

Bir adet işçinin aylık maliyeti asgari ücret olarak 2500 TL dir. Klasik sistemde üç adet personel kullanılmaktadır. Ayrıca kullanılan alet ve teçhizatın da bedeli 9000 TL ve iki yılda amorti etmektedir. Modernize sistemin teçhizat bedeli 65000 TL ve 5 yılda kendini amorti etmektedir. Buna göre aşağıdaki hesaplamalar yapılmıştır. Hesaplamalarda günlük çalışma süresi 8 saat olarak belirlenmiştir. Ayrıca kovanlardan petek toplama süresi hesaplamalara dahil edilmemiştir..

$t_{SırAlmaK}$: Bir adet peteğin klasik sistemde sır alma işlem süresi
$t_{YükBosK}$: Bir adet peteğin klasik sistemde toplam yükleme-boşaltma süresi
t_{SagimK}	: Bir adet peteğin klasik sistemde sağım süresi
t_{HasatK}	: Bir adet peteğin klasik sistemde hasat süresi
C_{PK}	: Bir adet peteğin klasik sistemde hasat maliyeti
C_{SK}	: Klasik sistemin maliyeti
$M_{GünPK}$: Klasik sistemde günlük hasat edilebilecek petek miktarı
$t_{SırAlmaM}$: Bir adet peteğin modernize sistemde sır alma işlem süresi
$t_{YüklemeBosaltmaM}$: Bir adet peteğin modernize sistemde toplam yükleme-boşaltma süresi
t_{SagimM}	: Bir adet peteğin modernize sistemde sağım süresi
t_{HasatM}	: Bir adet peteğin modernize sistemde hasat süresi
C_{PM}	: Bir adet peteğin modernize sistemde hasat maliyeti
C_{SM}	: Modernize sistemin maliyeti
$M_{GünPM}$: Modernize sistemde günlük hasat edilebilecek petek miktarı

4.4.1 Klasik Sistemin Verim Hesaplaması

$$\sum t_{SıralmaK} = \left(\frac{30 + 75}{2}\right) \times 16 = 840 \text{ saniye} \quad (4.35)$$

$$\sum t_{YukBosK} = \left(\frac{15 + 40}{2}\right) \times 16 = 440 \text{ saniye} \quad (4.36)$$

$$\sum t_{SagimK} = \left(\frac{180}{8}\right) \times 16 = 360 \text{ saniye} \quad (4.37)$$

$$t_{HasatK} = \left(\frac{840 + 440 + 360}{16}\right) = 102,5 \text{ saniye} \quad (4.38)$$

$$M_{GünPK} = 3 \times 80 = 240 \text{ Petek} \quad (4.39)$$

$$\sum \text{Çalışma Zamanı} = \frac{\left(\frac{240}{16}\right) \times (360 + 440 + 840)}{3600} = 6,83 \text{ Saat} \quad (4.40)$$

$$\sum \text{Maliyet} = \left(\frac{2500 \times 3}{30}\right) + \left(\frac{9000}{20}\right) = 475 \text{ TL} \quad (4.41)$$

$$C_{PK} = \frac{475}{240} = 1,97 \text{ TL} \quad (4.42)$$

Bu hesaplamalar neticesinde klasik sistemde günlük üretim, zaman, maliyet değerleri elde edilmiştir. Bu veriler karşılaştırmada kullanılmıştır. Verilerde maliyet hesaplamasında hem personel hemde teçhizatın bir günlük maliyeti bulunmuştur.

4.4.2 Modernize Sistemin Veri Analizi

Sistemin veri analizini yapabilmek için öncelikle modernize sistemin işlem süresi

bulunması gerekmektedir. Aşağıdaki tabloda sistemin çalışma süreleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.2 Modernize sistem çalışma zaman çizelgesi.

Operasyon / Zaman	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Petek Yükleme	x								
Görüntü İşleme İstasyona Taşıma		x							
Petek Kapalı Gözleri Belirleme			x						
Mekatronik İstasyona Taşıma				x					
Petek Sır Alma İşlemi					x	x			
Boşaltma İstasyon Taşıma							x		
Petek Boşaltma								x	
Sağım Sistemine Yükleme									x

Yukarıda tablodaki zamanların toplanması ile 1 adet ürünün toplam işlem süresi bulunmuştur. Bulunan zaman birinci ürünün işleme süresidir. Devamında gelen her ürün için sadece birinci istasyonda olan beş saniyelik yükleme kısmı eklenmesi gerekmektedir. Bunun sebebi sistemin kapalı çevrim olması ve sonsuz döngüde çalışmasıdır.

$$\sum t_{işleme} = 5 + 5 + 5 + 5 + 10 + 5 + 5 + 5 = 45 \text{ saniye} \quad (4.43)$$

Sistemde 16 adet ürünün işlenmesi aşağıdaki formül ile bulunmuştur. Formülde kapalı çevrim olarak hesaplama yapılmıştır.

$$\sum t_{HasatM} = t_{işleme} + (15 \times t_{yüklemeM}) + t_{SagimM} + t_{Mek.Sis.Fark} \quad (4.44)$$

$$\sum t_{HasatM1} = 45 + (15 \times 5) + 110 + (15 \times 5) = 305 \text{ Saniye} \quad (4.45)$$

$$t_{HasatM} = \left(\frac{\sum t_{HasatM1}}{16} \right) = \left(\frac{305}{16} \right) \cong 19 \text{ Saniye} \quad (4.46)$$

$$M_{GünPM} = 3 \times 80 = 240 \text{ Petek} \quad (4.47)$$

$$\sum \text{Çalışma Zamanı} = \frac{\left(\frac{240}{16}\right) \times 305}{3600} = 1,27 \text{ Saat} \quad (4.48)$$

Bulunan değerde 240 adet petek 1,27 saat gibi sürede hasat edilmektedir. Günlük maliyet çıkartılırken çalışma saati molalar hariç 6,5 saattir. Bu yüzden bu saat kadar süre sistemin çalışacağı kadar petek hasat edilebilmektedir. Modernize sistemde hasat edilen petek miktarının hesaplaması aşağıdadır.

$$\sum \text{Hasat}_{PM} = \frac{6,5}{1,27} \times 240 = 1228 \text{ Petek} \quad (4.49)$$

Yukarıdaki değere göre modernize edilen sistemde günlük 1228 petek sağlanabileceği tespit edildi. Bu sebeple $M_{\text{GünPM}}$ değeri 1228 olarak değiştirilmiştir.

$$\sum \text{Maliyet} = \left(\frac{2500}{30}\right) + \left(\frac{65000}{5}\right) = 733 \text{ TL} \quad (4.50)$$

$$C_{PK} = \frac{733}{1228} = 0,6 \text{ TL} \quad (4.51)$$

Bulunan değerler aşağıdaki tabloda karşılaştırılmıştır.

Çizelge 4.3 Sistemlerin karşılaştırılması.

Üretim Hat Tipi Veri Çeşitleri	Birim	Klasik Hat	Modernize Hat	Karşılaştırma
Bir adet peteğin hasat süresi	Saniye	102,5	19	Modernize
Günlük hasat edilebilecek petek miktarı	Adet	240	1228	Modernize
Teçhizat Maliyeti	TL	9000	65000	Klasik
Personel Sayılı	Adet	3	1	Modernize
Teçhizat Amorti Süresi	Yıl	2	5	Klasik
Günlük Çalışma Süresi	Saat	6,83	6,5	Modernize
Bir günlük hasat maliyeti	TL	475	733	Klasik
Bir adet peteğin hasat maliyeti	TL	1,97	0,6	Modernize

5. SONUÇ

Endüstri 4.0 bilindiği gibi fiziksel ve siber dünyanın birbiriyle etkileşimli olarak çalışmasıdır. Yani mekanik sistemler ile siber sistemlerin birlikte çalışıp kendi içlerinde haberleşip optimum seviyede esnek üretim yapabilmesidir. Bu bize ekonomik, daha az zamanda kaliteli ve esnek üretim imkânı vermektedir. Endüstri 4.0 ın kısaca tanımı şekilde yapılmaktadır.

Endüstri 4.0 kapsamında Otomatik Bal Sağım Sistemi tasarımı yapılmıştır. Mekanik sistemler ve elektronik sistemler birlikte kullanılarak el değmeden bal çıtalarının hücrelerindeki balların santrifüj mekanizması oluşturularak dışarıya çıkartılması ve satış yapılacak duruma getirilmesi için gerekli bütün otomatik ve yarı otomatik üretim hattının tasarımı yapıp üretime hazır hale getirildi. Üretim hattında devre ve mekanizmalar için hızlı, ekonomik ve kaliteli bir şekilde elde edilmesini sağladı.

Bal Sağım ünitesinde sistem üzerinde birçok yenilik yapılmıştır. Ünitenin tamamını ele almak için alt bölümlere ayrılarak tarif yapılmıştır. Bunlardan bir peteğin sağımının yapıp, dolun aşamasına kadar altı üniteden oluşan gruplar yer almaktadır.

- Birinci adımda peteğin sisteme yüklenmesi
- İkincisinde peteğin taşınması,
- Üçüncüsünde görüntü işleminin yapılması,
- Dördüncü adımda mekatronik sistemin yardımı ile sır alma işleminin gerçekleştirilmesi,
- Beşinci adımda boşaltma işlemi,
- Altıncısında ise sağma işlemi

Bu süreçte mekanik sistemlerle elektronik sistemler ortak kullanılmış peteğin her üniteye kontrolü yapılarak işlemler sürdürülmüştür. Tasarımdan sonra teknik yönden kullanılan malzemelerin hesaplamaları yapılarak mukavemet ve dinamik analizleri yapılmıştır. Sistemin üzerinde kullanılan mekanizmaların uzuvlarına ait kinematik ve kinetik analizleriyle birlikte vidalı bilyalı mil, motor gibi parçaların mukavemet

hesaplamaları yapılarak malzemenin emniyetli boyutlandırılması yapılmıştır. Sağma sistemi üzerinde önemli değişiklikler yapıldı. Tasarlanan sistem öncekilerine göre birçok üstün yönleri vardır. Bunların bazıları;

- Otomatik Sır Alma; petek üzerindeki sıraları bir mekanizma yardımı ile el değmeden açılması ve sağma sırasında peteklerin balının dışarı çıkması bu şekilde sağlanması,
- Görüntü İşleme; yavruların olduğu gözlerin bu metotla koordinatlarının belirlenmesi,
- Petek Bal Miktarı; Petekteki olan bal miktarının belirlenmesinde görüntü işleme kullanılmıştır,
- Bal Sağım Kazanında da sensör yardımı ile bal miktarının belli seviyede kalmasını sağlamak,
- Bal Dolum Kontrolü; Burda da bal kabının altına yerleştirilen load-cell yardımı ile bal kabı dolduktan sonra da sistemin kesilmesini sağlar,
- Bal Sağım Hız Kontrolü; farklı petekler olmasından dolayı peteğin dayanıklılığına göre uygun hızıda sağlaması için 4 kademeli hız oluşturulmuş, uygun hız seçimi yapılarak işlem sürdürülür.

Bu yeniliklerden sonra birçok ünite de otomatik işlemler olmasında sistem hızlanmış ve verimliliği artmıştır. Normal manuel ile yapılan bal sağımda son geliştirilen sistem karşılaştırıldığında arada büyük farkların olduğu görülmüştür. Geliştirilen yeni sistemle hem zamandan hem personelden hemde maliyetten oldukça avantajlı durumlar meydana gelmiştir. Yapılan hesaplamalarda bir adet peteğin sağım süresinde bazı avantajlar su şekilde ifade edilebilir. Klasik sistemde 102 saniyede yapılan işlem modernize sistemde 19 saniyede yapılmaktadır. Burada 83,5 saniye avantaj elde edilmiştir. Modernize sistemde yapılan işlemde 5 kat daha fazla petek sağımı gerçekleştiğini söyleyebiliriz. Bir günde klasik sistemde 240 petek hasat yapılırken, modernize sistemde 1228 petek hasat yapılabilir. Burada da beş kat daha fazla hasat yapılabilir. Çalışan personel yönüyle bakılırsa, klasikte 3 kişinin yaptığı işlemi modernize sistemde 1 kişi yapmaktadır. Bu sistemde hasat maliyetide oldukça düşüktür. Klasik sistemde bir peteğin hasat maliyeti 1,97 TL iken modernize sistemde bu hasat maliyeti 0,6 TL ye düşürülmüştür. Oldukça düşük bir maliyet ile üretim yapılabilir. Günlük çalışma

süreleri bakımından da analiz yapılmıştır. Klasik sistemde 6,83 saat çalışarak peteklerin sağım işlemi yapılırken, modernize sistemde 1,26 saate indirilmiştir.

Bu incelemeler göz önüne alınarak modernize sistemin klasik sisteme göre önemli avantajları olduğu görülmektedir. Bu bakımdan modernize sistem hayata geçirildiğinde arıcılık mesleğinde önemli bir gelir kaynağı olan bal işleme maliyetleri düşecektir. Bununla beraber el değmediği için daha hijyenik bir ürün elde edilecektir. Arıcılık mesleğinde maliyetlerin düşmesi bal ürününün ucuzlamasına sebep olacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Andersen, R., Hansen, E., Cerny, D., Madsen, S., Pilendralingam, B., Bogh, S., Chrysostomou, D. (2017). Integration of a skill-based collaborative mobile robot in a smart cyber-physical environment. *Procedia Manufacturing*, **11**: 11-123
- Ang, C. (1987). Technical Planning of Factory Data Communications Systems. *North Holland Computer in Industry*, **9**: 93-103.
- Benešová, A., Tupa, J. (2017). Requirements for education and qualification of people in Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, **11**: 2195-2202.
- Carvalho, N., Chaim, O., Cazarini, E., Gerolamo, M. (2018). Manufacturing in the fourth industrial revolution: A positive prospect in Sustainable Manufacturing. *Procedia Manufacturing*, **21**: 671-678.
- Dagdeviren, C., Joe, P., Tuzman, O., Park, K., Lee, K., Shi, Y., Huang, Y., Rogers, J. (2016). Recent progress in flexible and stretchable piezoelectric devices for mechanical energy harvesting, sensing and actuation. *Extreme Mechanics Letters*, **9**: 269-281.
- Dilberoglu, U., Gharehpapagh, B., Yaman, U., Dolen, M. (2017). The role of additive manufacturing in the era of Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, **11**: 545-554.
- Fernández-Miranda, S., Marcos, M., Peralta, M.E., Aguayo, F. (2017). The challenge of integrating Industry 4.0 in the degree of Mechanical Engineering. *Procedia Manufacturing*, **13**: 1229-1236.
- Giorgio, A., Romero, M., Onori, M., Wang, L. (2017). Human-machine collaboration in virtual reality for adaptive production engineering. *Procedia Manufacturing*, **11**: 1279-1287.
- Heng, S. (2014). Industry 4.0: Huge potential for value creation waiting to be tapped. Deutsche Bank Research, Berlin.
- Herter, J., Ovtcharova, J. (2016). A model based visualization framework for cross discipline collaboration in industry 4.0 scenarios. *Procedia CIRP*, **57**: 398-403.
- Kan, C., Yang, H., Kumara, S. (2018). Parallel computing and network analytics for fast Industrial Internet-of-Things (IIoT) machine information processing and condition monitoring. *Journal of Manufacturing Systems*, **46**: 282-293.

- Kurniadi, K., Ryu, K. (2017). Development of iot-based reconfigurable manufacturing system to solve reconfiguration planning problem. *Procedia Manufacturing*, **11**: 965-972.
- Lee, E. (2008). Cyber Physical Systems: Design Challenges. Electrical Engineering and Computer Sciences, University of California, Berkeley, 5-7 Mayıs, 363-369.
- Lee, J., Bagheri, B., Kao, H. (2014). A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, **3**: 18-23.
- Lee, J., Kao, H., Yang, S. (2014). Service innovation and smart analytics for Industry 4.0 and big data environment. *Procedia CIRP*, **16**: 3-8.
- Mayer, B., Rabel, B., Romina Sorko, S. (2017). Modular smart production lab. *Procedia Manufacturing*, **9**: 361-368.
- Meissner, H., Ilsen, R., Aurich, J. (2017). Analysis of Control architectures in the context of Industry 4.0. *Procedia CIRP*, **62**: 165-169
- Mourtzis, D., Vlachou, K., Dimitrakopoulos, G., Zogopoulos, V. (2018). Cyber-Physical systems and education 4.0-the teaching factory 4.0 Concept. *Procedia Manufacturing*, **23**: 129-134.
- Mrugalska, B., Wyrwicka, M. (2017). Towards lean production in industry 4.0. *Procedia Engineering*, **182**: 466-473.
- Oksuz, M., Öner, M., Ceren Öner, S. (2017). Yalın Üretim Tekniklerinin Endüstri 4.0 Perspektifinden Değerlendirilmesi. 4th International Regional Development Conference (IRDC'2017) Tunceli/TURKEY
- Qin, J., Liu, Y., Grosvenor, R. (2016). A categorical framework of manufacturing for industry 4.0 and beyond. *Procedia CIRP*, **52**: 173-178.
- Radhakisan, B. and H, Gill. (2011). Cyber-Physical systems. *The Impact of Control Technology*, **12**: 61–166.
- Sauza Bedolla, J., D'Antonio, G., Chiabert, P. (2017). A novel approach for teaching it tools within learning factories. *Procedia Manufacturing*, **9**: 175-181.
- Schmidt, R., Möhring, M. (2013). Strategic Alignment of Cloud-Based Architectures for Big Data. Proceedings. IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Workshop, EDOC, Canada, 09-13 Eylül, 136-143.
- Stock, T., Seliger, G. (2014). Opportunities of sustainable manufacturing in Industry 4.0. *Procedia CIRP*, **40**: 536-541.

- Tarek A. (2017). A new model of modular automation programming in changeable manufacturing systems. *Procedia Manufacturing*, **11**: 198-206.
- Tedeschi, S., Rodrigues, D., Emmanouilidis, C., Erkoyuncu, J., Roy, R., Starr, A. (2018). A cost estimation approach for IoT modular architectures implementation in legacy systems. *Procedia Manufacturing*, **19**: 103-110.
- Trstenjak, M., Cosic, P. (2017). Process planning in Industry 4.0 environment. *Procedia Manufacturing*, **11**: 1744-1750
- Tupa, J., Simota, J., Steiner, F. (2017). Aspects of risk management implementation for industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, **11**: 1223-1230
- Uhlmann, E., Laghmouchi, A., Geisert, C., Hohwieler, E. (2017). Decentralized data analytics for maintenance in industrie 4.0. *Procedia Manufacturing*, **11**: 1120-126
- Vaidya, S., Ambad, P., Bhosle, S. (2018). Industry 4.0-A glimpse. *Procedia Manufacturing*, **20**: 233-238.
- Vijayaraghavan, A., Sobel, W., Fox, A., Dornfeld, D., Warndorf, P. (2008). Improving Machine Tool Interoperability Using Standardized Interface Protocols: Mtconnect. Proceedings of 2008 ISFA 2008 International Symposium on Flexible Automation Atlanta, GA, USA

İnternet Kaynakları

- 1) <https://tr.wikipedia.org/wiki/Anasayfa>, 15.10.2017

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Hakan ŞAHMAN
Doğum Yeri ve Tarihi : Konya – 17/03/1985
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim (Telefon/e-posta) : +90 554 711 4696 / hsahman@gmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Adil Karaağaç And. Mes. Lisesi, (2000-2003)
Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Makine Resim ve Konst. Öğretmenliği, (2005-2015)
Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, (2018-2018)
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, (2016-2018)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : Yılmaz Değirmen (06/2010-08/2010)
Ors Makine (08/2010-10/2010)
Seykom Makine (10/2010-06/2016)
Rowes Makine (06-2016-09/2017)
MVD Makine (09/2017 - Devam)

Yayınları (SCI ve diğer) : **ICAT 2017 Latvia-Riga**
Review of Industry 4.0
ICENTE 2018 Turkey-Konya
Takım Tezgâhlarında Zemine İletilen Kuvvetin İzolasyonu
ICENTE 2018 Turkey-Konya
Çelik Yapılarda Maliyet Azaltılması İçin Yeni Bir Yaklaşım; Topolojik Optimizasyon

ICENTE 2018 Turkey-Konya

Klasik Bir Üretim Hattının Endüstri 4.0 ile
Modernizasyonu ve Verim Analizi

Diğer konular

: TÜBİTAK 1512 BİGG Projesi 2170060 Nolu
Proje Yürütücüsü

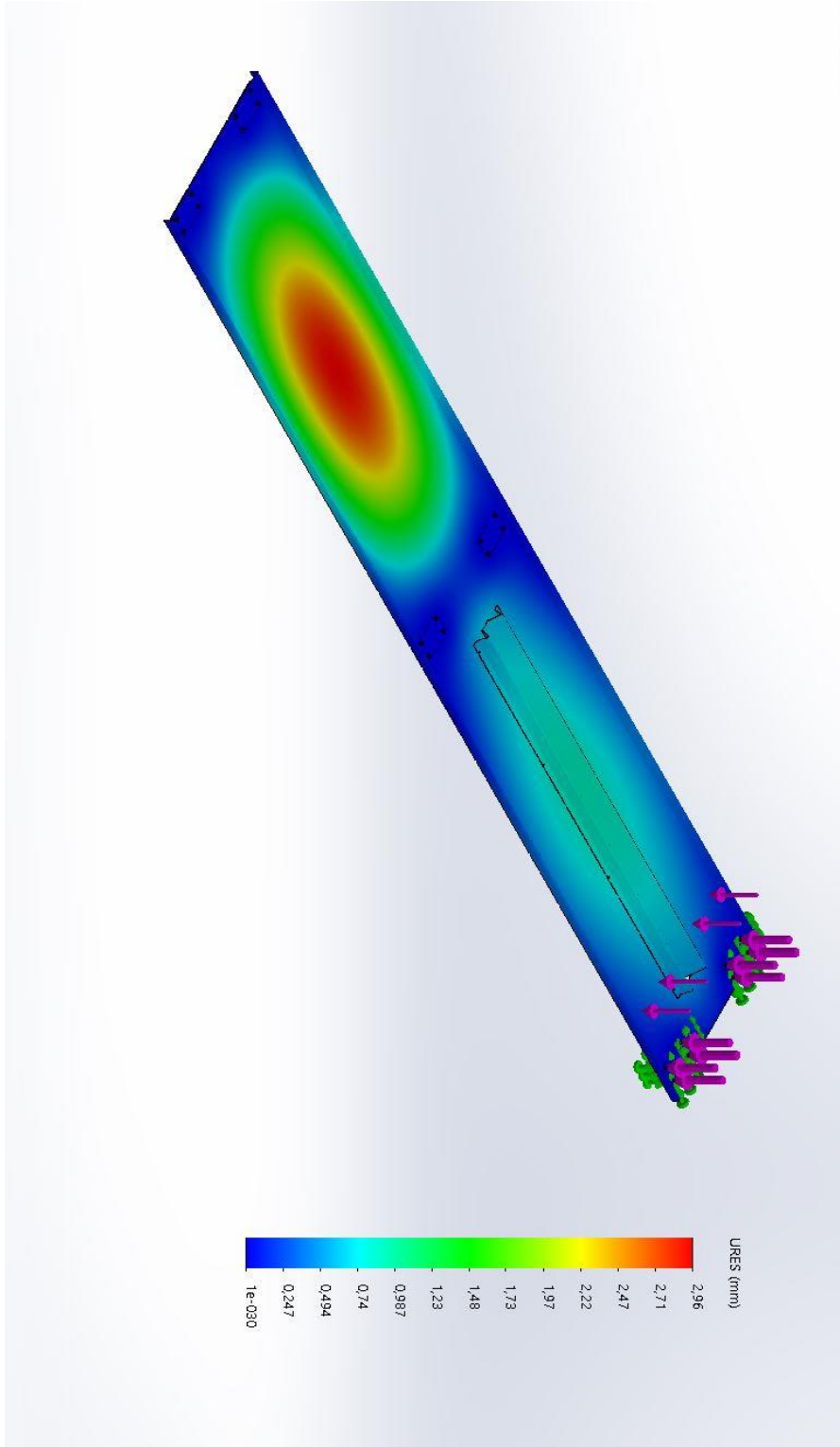
Ekonomi Bakanlığı Tasarım ve Ürün Geliştirme
Desteği Robosenkro Servo Pres Projesi / Tasarımcı

TÜBİTAK 1501 Desteği Hızlı 3 Eksenli Lazer
Kesim Köprü Köprü Tasarım, Optimizasyon ve
Üretimi Projesi / Araştırmacı

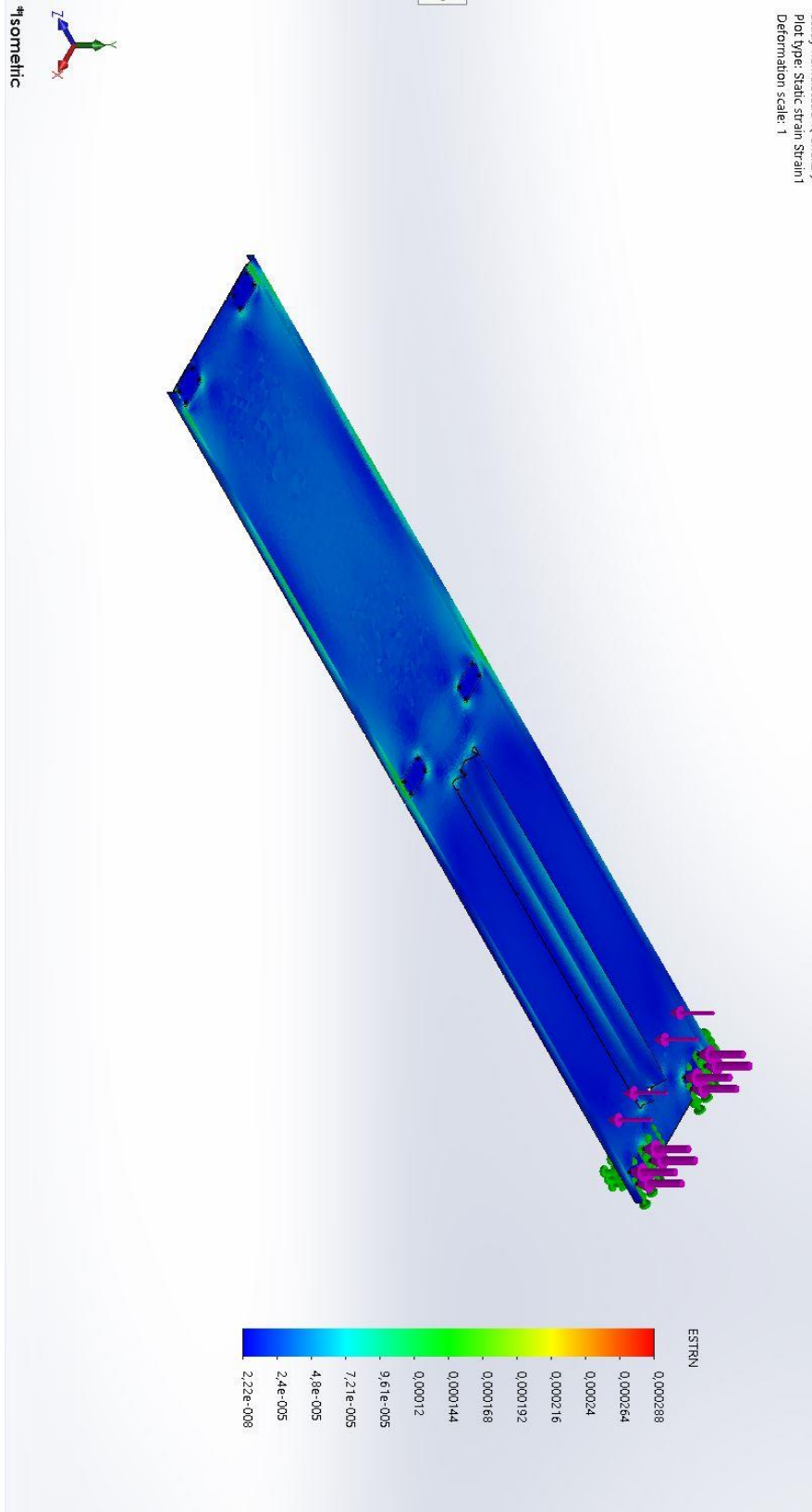
TÜBİTAK 1507 Desteği Servo Vidalı Pres ve
Takım Değişirme Projesi / Araştırmacı

EKLER

EK 1. Gövde Sistem Stres Analizi



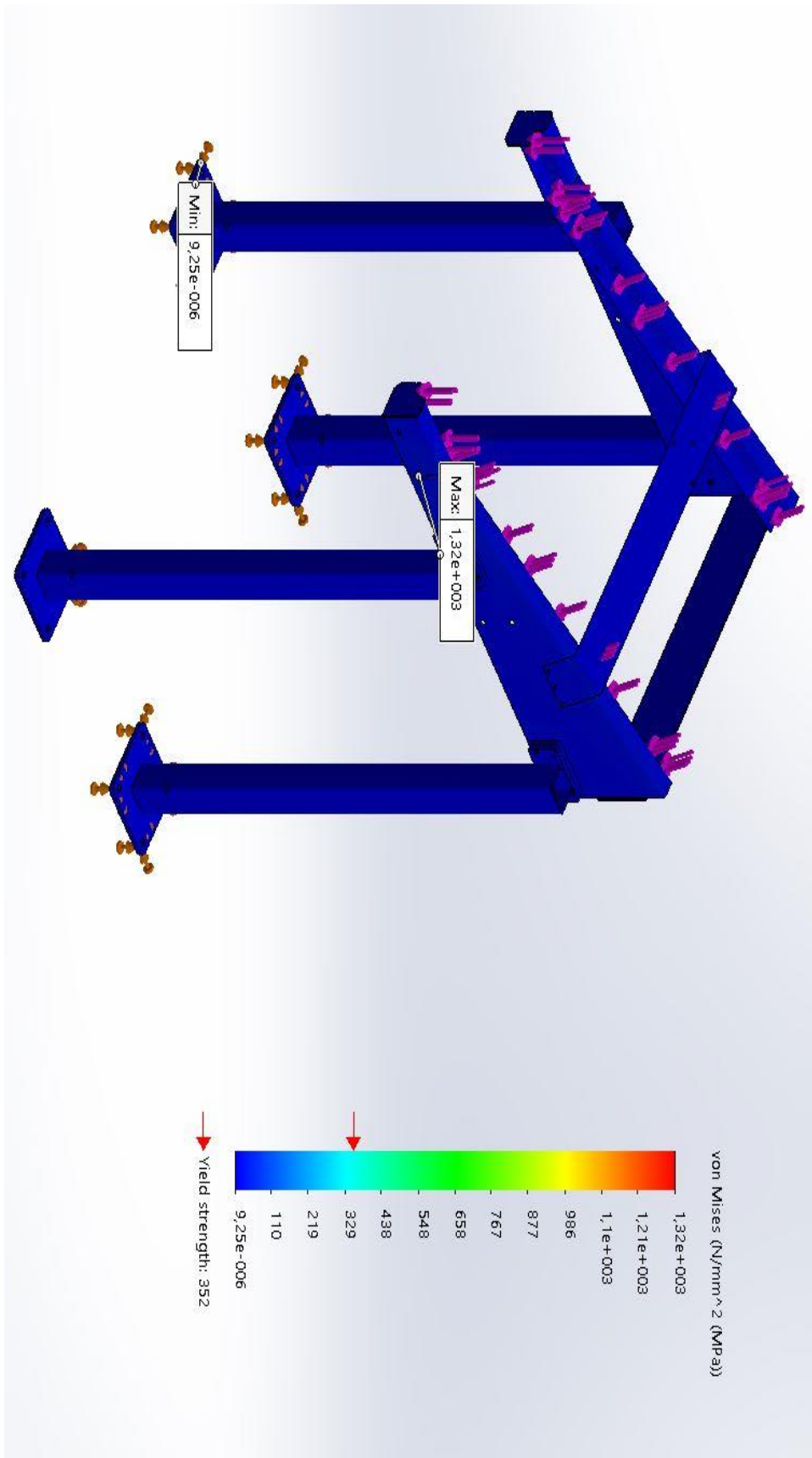
EK 2. Gövde Sistem Yer Değiştirme Analizi



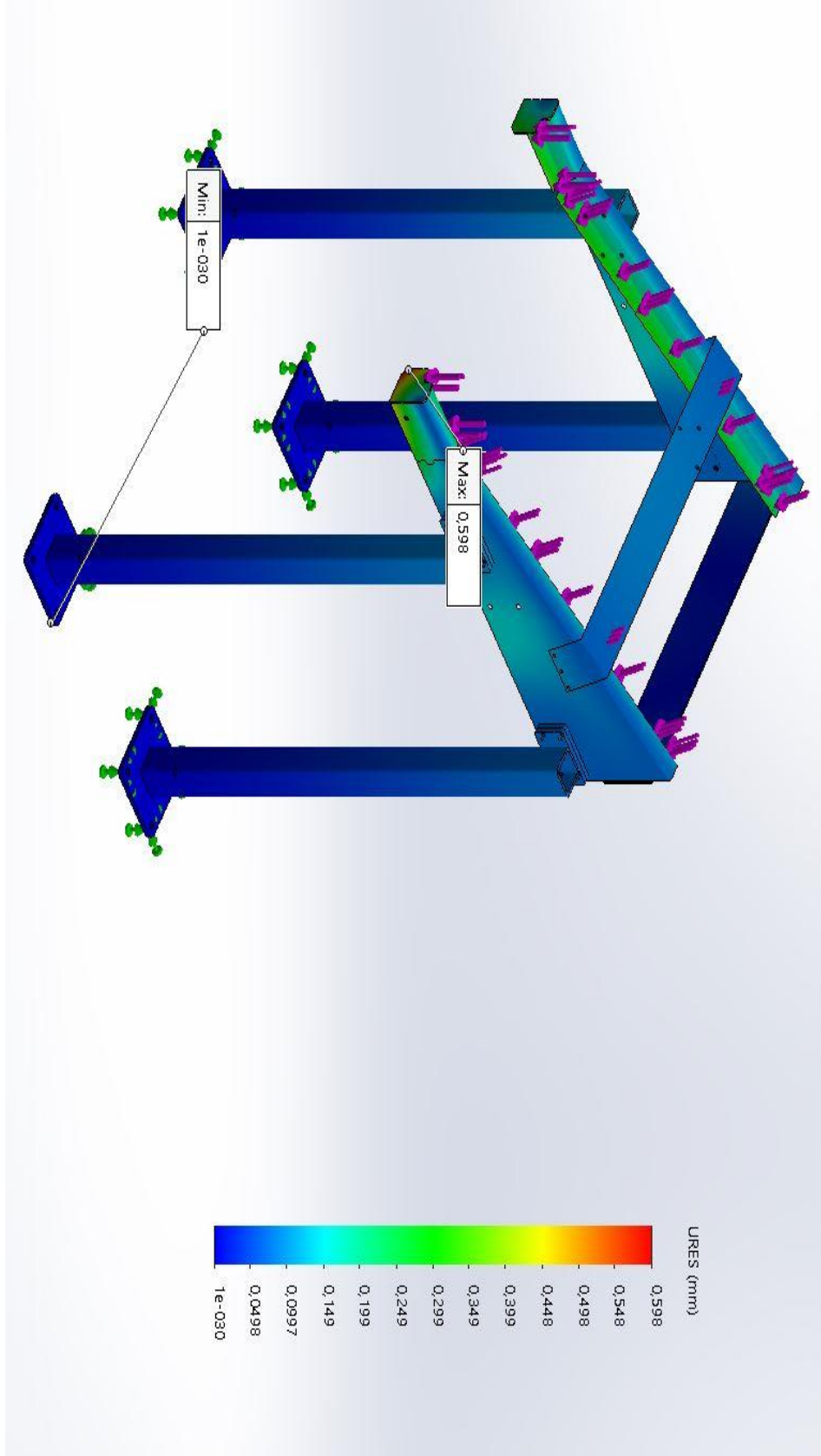
EK 3, Gövde Sistem Gerilim Analizi



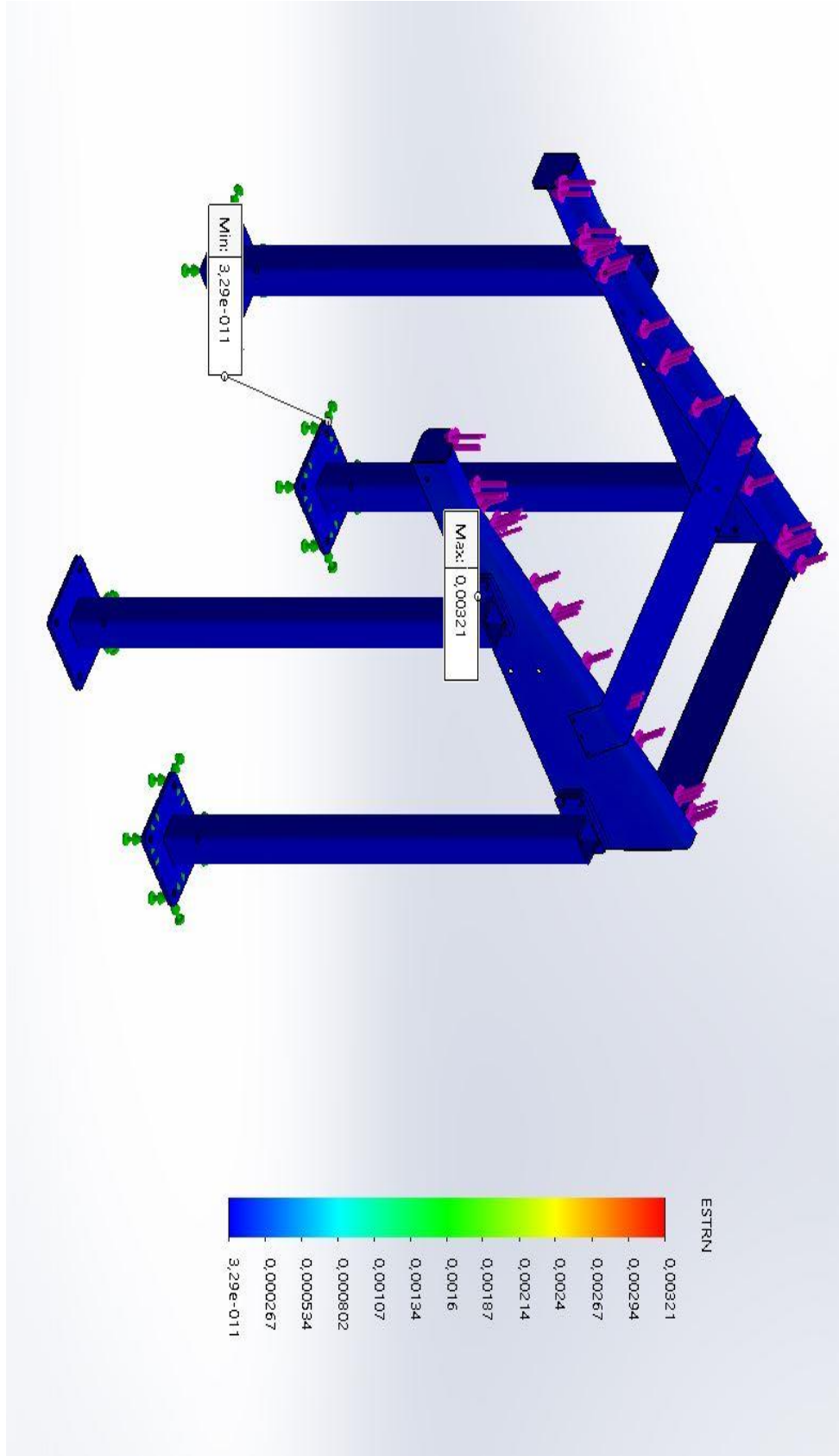
EK 4, Yükleme-Boşaltma Sistem Stres Analizi



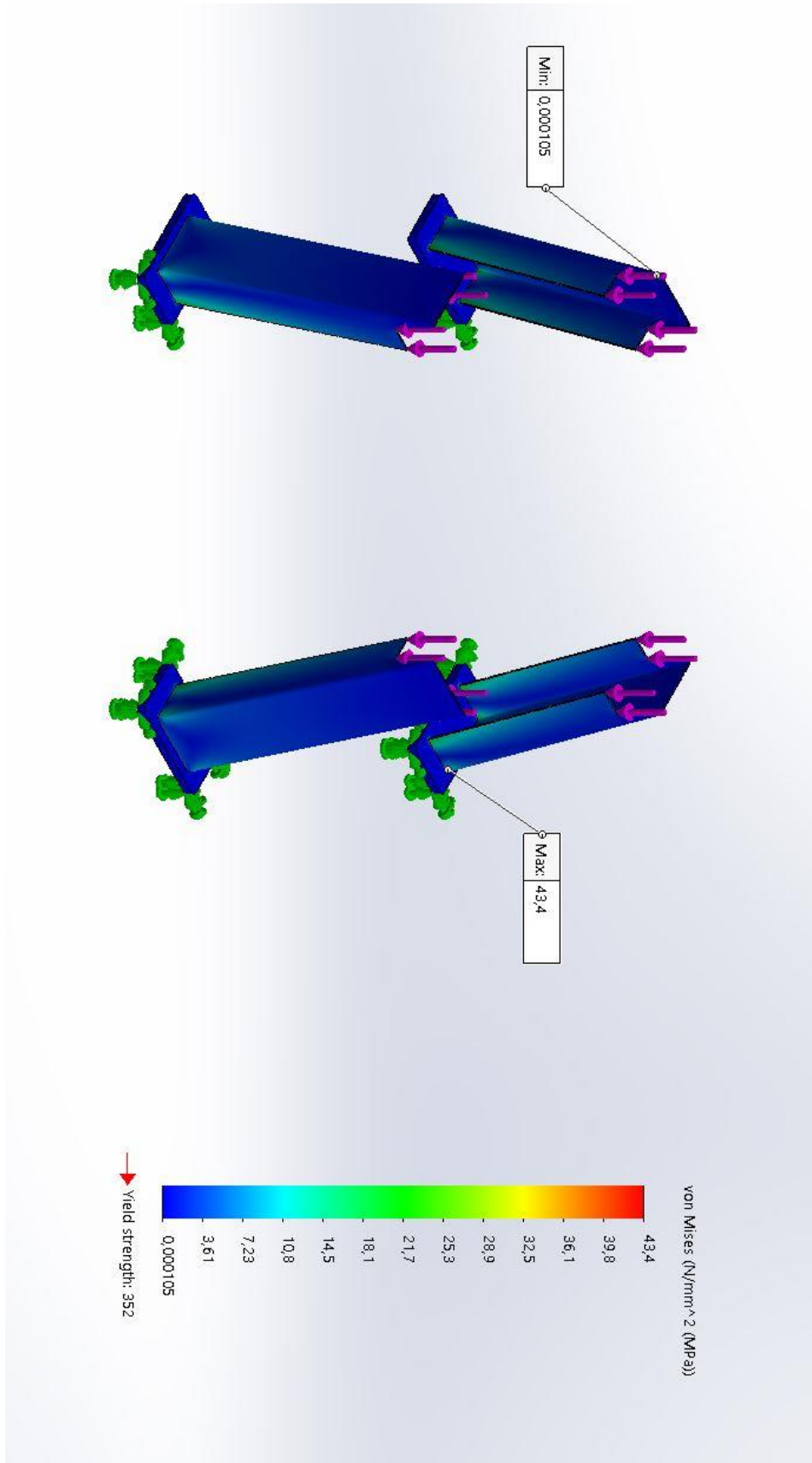
EK 5, Yükleme-Boşaltma Sistem Yer Değiştirme Analizi



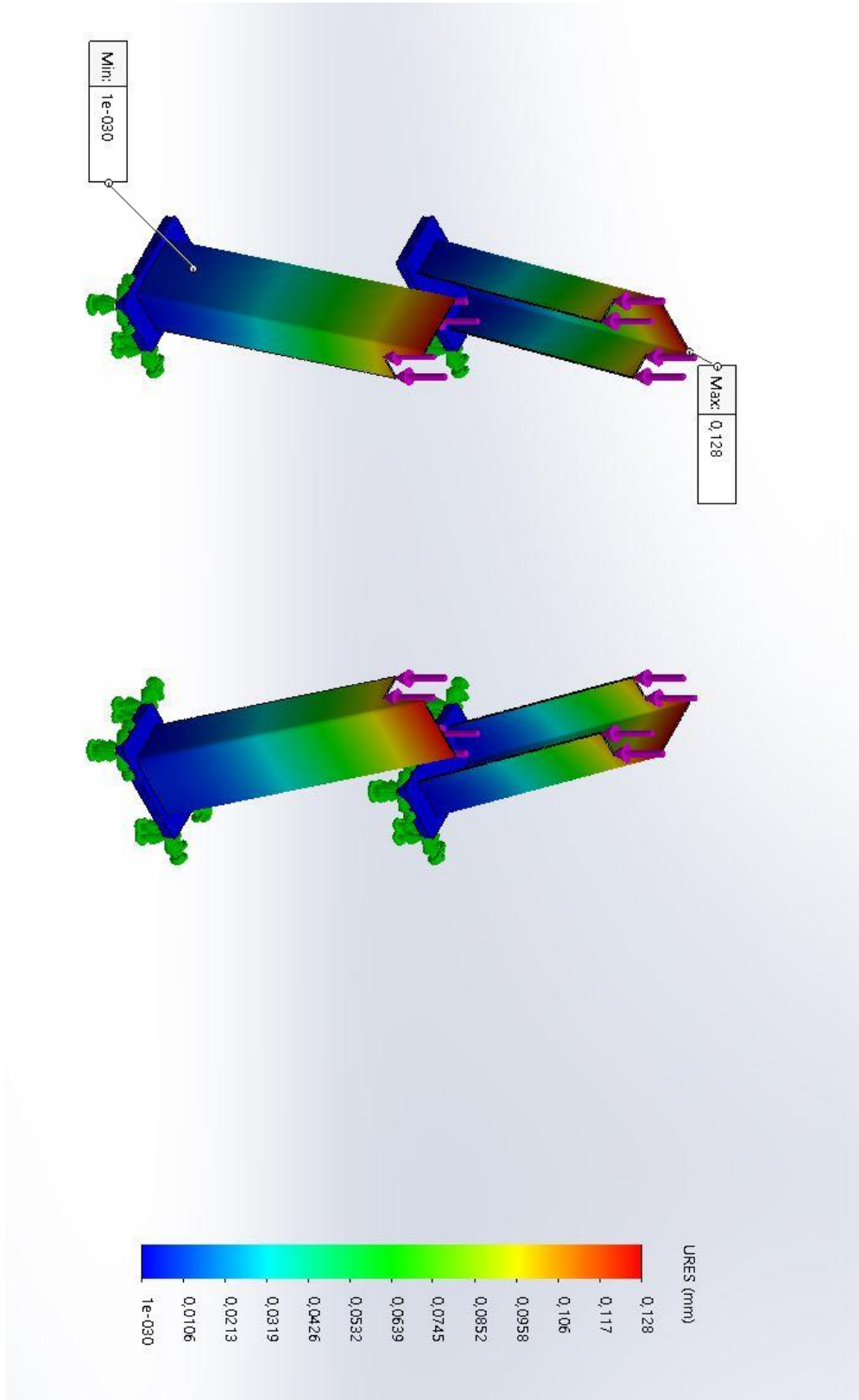
EK 6, Yükleme-Boşaltma Sistem Gerilim Analizi



EK 7, Sağım Sistemi Stress Analizi



EK 8, Sağım Sistemi Yer Değişirme Analizi



EK 9, Sağım Sistemi Gerilim Analizi

