

**T.C.
ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GIDA AMAÇLI KULLANILAN ENDÜSTRİYEL DOLUM
ÜNİTELERİNİN SON TÜKETİCİ KULLANIMINA
UYARLANMASI: BİYONİK MUTFAK**

Hakan BÜYÜKPATPAT

**Danışman
Prof. Dr. Hilmi Cenk BAYRAKÇI**

ISPARTA - 2021



© 2021 [Hakan BÜYÜKPATPAT]

ETİK BEYANI

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak ve bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın hazırladığım bu tez çalışmasında;

Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

----/----/2021

Hakan BÜYÜKPATPAT

.....

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Endüstriyel Sıvı Dolum Tesisleri	1
1.2. Endüstriyel Sıvı Gıda Dolum Üniteleri	4
1.3. Özel Dolum Üniteleri : Son Tüketici Kullanımı Uyarlaması.....	5
2. KAYNAK ÖZETLERİ	8
3. MATERYAL VE YÖNTEM	15
3.1. Sistemin Mekanik Tasarımı ve Bileşenleri	15
3.1.1. Sistem mimarisi.....	15
3.1.2. Montaj malzemeleri	16
3.1.2.1. Taban montajı.....	16
3.1.2.2. Sigma profiller, bağlantı elemanları ve ara parçalar	16
3.1.3. Pnömatik malzemeler	18
3.1.3.1. Pnömatik aktüatörler	18
3.1.3.2. Yardımcı pnömatik elemanlar	20
3.1.4. Ana proseslerin mekanik tasarımı ve özellikleri.....	22
3.1.4.1. Bardak başlatma prosesi.....	22
3.1.4.2. Taşıma prosesi.....	23
3.1.4.3. Sıvı dolum prosesi.....	24
3.1.4.4. Kapak takma prosesi	26
3.1.4.5. Etiketleme prosesi	29
3.1.4.6. Meyve sıkma prosesi.....	30
3.2. Sistemin Otomasyon Yazılımı ve Donanımsal Bileşenleri	33
3.2.1. Programlanabilir mantıksal denetleyici (PLC).....	33
3.2.2. Merkezi denetim ve veri toplama (SCADA)	38
3.2.3. Donanım elemanları	47
3.2.3.1. Step motor ve sürücü.....	47
3.2.3.2. Sensörler.....	49
3.2.3.3. Yardımcı devre elemanları	52
3.2.4. Sistemde kullanılan ana proseslerin çalışma akış diyagramları	55
3.2.4.1. Bardak başlatma ve taşıma prosesi akış diyagramları.....	56
3.2.4.2. Sıvı dolum prosesi akış diyagramı	57
3.2.4.3. Kapak takma prosesi akış diyagramı	59
3.2.4.4. Etiketleme prosesi akış diyagramı	60
3.2.4.5. Meyve sıkma prosesi akış diyagramı	60
3.3. Sıvı Dolum Sisteminin Uygulama Görselleri	62
3.3.1. Sıvı dolum sisteminin elektrik panosu	62
3.3.2. Sıvı dolum sisteminin meyve sıkma uygulaması	63
3.3.3. Sıvı dolum sisteminin uygulama görselleri.....	64
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	66
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	70

KAYNAKLAR	72
ÖZGEÇMİŞ	74



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GIDA AMAÇLI KULLANILAN ENDÜSTRİYEL DOLUM ÜNİTELERİNİN SON TÜKETİCİ KULLANIMINA UYARLANMASI: BİYONİK MUTFAK

Hakan BÜYÜKPATPAT

**Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Hilmi Cenk BAYRAKÇI

Endüstriyel üretim için kullanılan sıvı dolum tesisleri gıda, boya, kimya ve ilaç sanayi gibi üretim tesislerinde bulunmaktadır. İnsanlar gittikleri alanlarda (alışveriş merkezleri - restoranlar - kafe ve bistrolar - eğlence ve oyun alanları), ihtiyacı olan yiyecek ve içecekleri temin etmek istemektedir. Bu özel alanlarda endüstriyel üretim tesislerinin bulunması tasarım, boyut ve ekonomik olarak mümkün değildir. İnsanların ihtiyaçlarını kısa sürede üretme ve üretilen ürünlerdeki kalite ve standartları yükseltmek için endüstride kullanılan sıvı dolum ünitelerinin sosyal alanlarda kullanımına uygun hale getirilmesi hedeflenmiştir. Yapılan çalışmada bir prototip sistem geliştirilmiş ve kontrolü için PLC kullanılmıştır. Ayrıca sistem içerisinden veri toplama, bilgi sağlama ve müdahale için kullanılan SCADA sistemi, bir HMI paneli üzerinden takip ve kontrol edilmektedir. Prototip sıvı dolum sisteminde HMI ekranından kullanıcı tarafından seçilen ürün ve ağırlıklarına göre bardaklara dolum gerçekleştirilmiştir. Dolum için kullanılan dört meyve sıvısı bulunmakta ve dördüncü meyve sıvısı katı meyvenin otomatik sıkılması ile elde edilmektedir. Kullanıcının girmiş olduğu dolum miktarına göre bardak deposundan bardaklar çıkarılarak sıvı dolum prosesine getirilir. Sıvı dolumu prosesinde işlemler ağırlık sensör bilgilerinin gerçek zamanlı kontrolü ile gerçekleştirilmiştir. Sıvı dolum prosesinin ardından bardakların kapakları takılır. Üretilen ürün özelliklerini ve logoyu taşıyan bir etiket basılması için bardak etiketleme prosesine gelir. Etiketleme prosesinin gerçekleşmesinden sonra üretilen ürün çıkışa aktarılarak işlemler tamamlanmış olur. Endüstriyel sıvı dolum ünitelerinin önemli özelliklerini barındıran, kullanılacağı özel sektördeki dezavantajlarını ortadan kaldıran bir yapıda tasarlanan özel sıvı dolum üniteleri insanların kişisel isteklerinin hızlı, kaliteli ve istenilen özellikte gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Ayrıca çalışmanın özel sektöre uygulamasında makineleşme ile birlikte işletme giderleri önemli ölçüde azalacaktır.

Anahtar Kelimeler: Sıvı dolum, Paketleme, Endüstriyel otomasyon

2021, 74 sayfa

ABSTRACT

M.Sc.Thesis

ADAPTATION OF INDUSTRIAL FILLING UNITS USED FOR FOOD PURPOSES TO LAST CONSUMER USE: BIONIC KITCHEN

Hakan BÜYÜKPATPAT

**Isparta University of Applied Sciences
The Institute of Graduate Education
Department of Mechatronics Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. Hilmi Cenk BAYRAKÇI

Liquid filling facilities used for industrial production are included in production facilities such as food, paint, chemical and pharmaceutical industries. People want to provide the food and drinks they need in the areas they go (shopping centers - restaurants - cafes and bistros - entertainment and playgrounds). It is not possible to find industrial production facilities in these special areas due to their design, size and economic features. It is aimed to make the liquid filling units used in the industry suitable for use in social areas in order to produce the needs of people in a short time and to increase the quality and standards in the produced product. In the study, a prototype system has developed and PLC has used for its control. In addition, the SCADA system used for data collection, information provision and intervention from within the system is monitored and controlled via an HMI panel. In the prototype liquid filling system, glasses were filled according to the product and weight selected by the user on the HMI screen. There are four fruit liquid used for filling, and the fourth fruit liquid is obtained by automatic squeezing of the solid fruit. According to the filling amount entered by the user, the glasses are taken out of the glass storage and brought to the liquid filling process. The operations in the liquid filling process have carried out with real-time control of the weight sensor information. After the liquid filling process, the cups of the glasses are attached. The glasses come to the glass labeling process to print a label with product features and logo. After the labeling process takes place, the product produced is transferred to the outlet and the processes are completed. Special liquid filling units, designed in a structure that includes the important features of industrial liquid filling units and eliminates the disadvantages in the private sector where they will be used, are provided with fast, high quality and desired features according to the requests of the people. In addition, in the application of the study to the private sector, business expenses will decrease significantly with the mechanization.

Key Words: Liquid filling, Packaging, Industrial automation

2021, 74 pages

TEŞEKKÜR

Tezimin yürütülmesinde desteğini ve emeğini hiçbir zaman esirgemeyen tez danışmanım sayın Prof. Dr. Hilmi Cenk BAYRAKÇI'ya teşekkürlerimi sunarım.

Araştırma ve uygulama çalışmalarımı yürütmemde fiziki imkanlarını sunan ve desteklerini esirgemeyen Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Dekanlığına teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Hakan BÜYÜKPATPAT
ISPARTA, 2021



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Endüstriyel sıvı dolum üniteleri.....	4
Şekil 1.2. Operatör temelli üretim otomatları	5
Şekil 1.3. Üretim otomatları.....	6
Şekil 2.1. Elma sınıflandırma prototipi	9
Şekil 2.2. Dozajlama prototipi	11
Şekil 2.3. Sepet yıkama ve salamura dolum makine tasarımı.....	12
Şekil 2.4. Boya karışım prototipi	13
Şekil 3.1. Sistem mimarisi	15
Şekil 3.2. Taban montajı ve ölçüleri	16
Şekil 3.3.a. 30x30 mm alüminyum sigma profil.....	17
Şekil 3.3.b. 45x45 mm alüminyum sigma profil.....	17
Şekil 3.4.a. Dar köşe bağlantı	17
Şekil 3.4.b. Düz köşe bağlantı.....	17
Şekil 3.4.c. Pnömatik silindir bağlantısı	17
Şekil 3.5.a. Taban bağlantı ara parçası.....	18
Şekil 3.5.b. Kapak takma bağlantı ara parçası	18
Şekil 3.5.c. Pnömatik silindir bağlantı ara parçası	18
Şekil 3.6. Çift etkili silindirin yapısı	19
Şekil 3.7. Vakumlama işlemi çalışma prensibi	21
Şekil 3.8. Bardak çıkarma	23
Şekil 3.9. Konveyör bant.....	24
Şekil 3.10. Meyve suyu depo tasarımı	25
Şekil 3.11. Dolum haznesi ve pnömatik silindir tasarımı	25
Şekil 3.12. Sıvı dolum prosesi	26
Şekil 3.13. Kapak çıkarma tasarımı	27
Şekil 3.14. Milsiz silindir ve pnömatik silindir ile kapak taşıma tasarımı	28
Şekil 3.15. Kapak takma prosesi	28
Şekil 3.16. Etiketleme prosesi.....	29
Şekil 3.17. Meyve deposu ve meyvenin itilme sisteminin tasarımı	31
Şekil 3.18. Meyve sıkma makinesi ve baskı tasarımı	32
Şekil 3.19. Meyve sıkma prosesi.....	32
Şekil 3.20. PLC'nin iç yapısı	34
Şekil 3.21.a. DVP02LC-SL.....	35
Şekil 3.21.b. DVP12SE11T	35
Şekil 3.21.c. DVP16SP11T	35
Şekil 3.21.d. DVP04AD-S2	35
Şekil 3.22. PLC programlama örneği.....	37
Şekil 3.23. SCADA sistem mimarisi.....	40
Şekil 3.24. HMI panel	41
Şekil 3.25. Başlangıç sayfası.....	41
Şekil 3.26. Üretim yöntemi seçim sayfası.....	42
Şekil 3.27. Otomatik sade – karışık seçim sayfası	43
Şekil 3.28. Otomatik sade üretim sayfası	44
Şekil 3.29. Otomatik karışık üretim sayfası	45
Şekil 3.30. Otomatik karışık üretim sayfa makrosu	45
Şekil 3.31. Özel üretim sayfası	46
Şekil 3.32.a. Step motor	48

Şekil 3.32.b. Step motor sürücüsü.....	48
Şekil 3.33. Loadcell kalibrasyon işlem ara yüzü.....	50
Şekil 3.34.a. Loadcell sensörü.....	51
Şekil 3.34.b. Basınç transmitteri	51
Şekil 3.34.c. Optik sensör	51
Şekil 3.34.d. Enkoder sensörü.....	51
Şekil 3.35.a. Açık çevrim kontrol	52
Şekil 3.35.b. Kapalı çevrim kontrol	52
Şekil 3.36.a. Güç kaynağı	54
Şekil 3.36.b. Otomatik sigorta.....	54
Şekil 3.36.c. Kaçak akım rölesi.....	54
Şekil 3.36.d. Röle	54
Şekil 3.37.a. Bardak başlatma akış diyagramı	57
Şekil 3.37.b. Taşıma akış diyagramı	57
Şekil 3.38. Sıvı dolum akış diyagramı	58
Şekil 3.39. Kapak takma akış diyagramı.....	59
Şekil 3.40. Etiketleme akış diyagramı.....	60
Şekil 3.41. Meyve sıkma akış diyagramı	61
Şekil 3.42. Elektrik pano görseli	63
Şekil 3.43. Meyve sıkma uygulama görseli	64
Şekil 3.44. Sıvı dolum sistemi uygulama görseli 1	65
Şekil 3.45. Sıvı dolum sistemi uygulama görseli 2	65

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Sıvı dolum sisteminde kullanılan pnömatik aktüatörler	19
Çizelge 3.2. Sıvı dolum sisteminde kullanılan yardımcı pnömatik elemanlar....	20
Çizelge 3.3. Sıvı dolum sisteminde kullanılan PLC ve ek modülleri	36
Çizelge 3.4. Programın global sembol tablosu	38
Çizelge 3.5. Sıvı dolum sisteminde kullanılan sensör ve özellikleri.....	49
Çizelge 3.6. Sıvı dolum sisteminde kullanılan yardımcı devre elemanları.....	52
Çizelge 4.1. Özel üretimde dolumlara göre çalışma süreleri	67
Çizelge 4.2. Otomatik karışık üretimde dolumlara göre çalışma süreleri.....	68
Çizelge 4.3. Otomatik sade üretimde dolumlara göre çalışma süreleri.....	69



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AC	Alternating current
ASKİ	Ankara su ve kanalizasyon idaresi
cm	Santimetre
CNC	Computer numerical control
dak	Dakika
DC	Direct current
DNP	Distributed Network Protocol
FBD	Function block diagram
g	Gram
HMI	Human-machine interface
HP	Horse power
I	Amper
IL	Instruction list
IP	Internet protocol
kg	Kilogram
kHz	Kilohertz
l	Litre
LAN	Local area network
LCD	Liquid crystal display
LD	Ladder diagram
m	Metre
mA	Miliamper
mBar	Milibar
mm	Milimetre
ms	Milisaniye
MTU	Master terminal unit
mV	Milivolt
PI	Proportional integral
PID	Proportional integral derivative
PLC	Programmable logic controller
RTU	Remote terminal unit
Scada	Supervisory control and data Acquisition
SFC	Sequential function chart
s	Saniye
ST	Structured text
TCP	Transmission control protocol
WAN	Wide area network
V	Volt
vb	ve benzeri
vd	ve diğerleri

1. GİRİŞ

Endüstriyel üretim, bir ürün veya bileşenlerinin istenilen özelliklerde üretildiği süreçler bütünü olarak tanımlanmaktadır. Endüstriyel üretimin diğer üretim yöntemlerinden en önemli farkı, fazla miktarda üretim için uygun alt yapıya sahip olmasıdır. Sanayi devrimlerinin gerçekleşmesindeki temel sebeplerden birisi de seri üretime ihtiyacın artmasıdır. Seri üretim sayesinde üretim maliyetlerinin düşürülmesi sağlanmış ve son tüketicinin ihtiyaçlarını karşılaması kolaylaşmıştır. Seri üretimler başta gıda olmak üzere otomotiv, savunma sanayi, boya, kimya, tekstil, ilaç sanayi ve tarım gibi üretim tesislerinde yapılmaktadır.

Endüstriyel üretimde verim ve ürün kalitesinin yüksek olması oldukça önemlidir. Üretimdeki verim, birim başına üretilen ürünün maliyeti ile doğrudan ilişkilidir. Üretim için kullanılan hammadde, ekipman ve personel gereksinimleri ürünlerin maliyetini etkileyen temel unsurlardır. Üretimde kullanılan insan gücü maliyeti arttırmasının yanı sıra bazı riskleri de beraberinde getirmektedir. Üretimin yapıldığı bazı tesislerdeki belirli bölümler gerek hijyen gerekse güvenlik sebepleri ile insan için uygun olmayan ortamlardır. İnsan gücünün gerektiği fakat üretim için uygun olmayan bölümlerde otomatik makineler ve sistemler kullanılmaktadır. Seri üretim yapılan tesislerdeki insan gücü ihtiyacının en alt seviyeye indirilmesi temel hedeflerden birisidir. Bu hedefin gerçekleşmesi üretimde makineleşmeyle sağlanmaktadır. Makinelerin kullanımında insan gücüne olan ihtiyacı karşılamak için endüstriyel otomasyon sistemleri kullanılmaktadır.

1.1. Endüstriyel Sıvı Dolum Tesisleri

Endüstriyel sıvı dolum tesisleri gıda, boya, kimya ve ilaç sanayi gibi üretim tesislerinde sıklıkla karşılaşılmaktadır. Birçok firma ve markalar ürünlerin üretimi için sıvı dolum ünitelerini kullanmaktadır. Sıvı dolum üniteleri farklı sektörlerde farklı ürün üretimi yapacağı için çeşitli özelliklerde üretilmişlerdir. Üretim için kullanılan endüstriyel sıvı dolum ünitelerinin üretimindeki özellikler aşağıda verilmiştir:

- Üretim hızı
- Sıvı dolum tesisinin boyutu

- Sıvı dolum hassasiyeti
- Tek seferde maksimum üretim miktarı
- Birim maliyet
- Çalışma alanı

Sıvı dolum tesislerinin üretimdeki en önemli özelliklerden biri üretim hızıdır. Üretimdeki hız dolum ünitesinin neredeyse bütün önemli özellikleri ile doğrudan veya dolaylı olarak ilişkilidir. Üretim hızı üretim için gerekli olan çevrim süresinin tamamlanmasının ardından birim ürün üretimi için geçen süreyi ifade eder. Üretim süresinin verisi başta birim maliyet olmak üzere günlük, haftalık üretim miktarı, maksimum üretim adedi ve sıvı dolum ünitesinin amortisman süresi gibi durumları doğrudan etkilemektedir.

Üretim süresinin belirlenmesinde kullanılan parametreler hem sıvı dolum tesisinin mekanik ve yazılım özelliklerine hem de üretilecek ürünün özelliklerine bağlıdır. Sıvı dolum ünitesinin tasarımında kullanılan mekanik ürünlerin hareket kabiliyetleri ve özellikleri çalışma hızlarını etkilemektedir. Sıvı dolum tesisinin mekanik tasarımı yapılırken kullanılan bütün ürünlerin benzer sürelerde işlemlerini tamamlayacak şekilde oluşturulması oldukça önemlidir. Mekanik sistemin tasarımı yapıldıktan sonra otomasyon sisteminin tasarımı mekanik hareketlerin sınır sürelerine göre programlanarak gerçekleştirilir. Mekanik sistem içerisinde çalışan istasyonlardan en yavaş çalışan istasyon üretim süresini belirlemektedir.

Seri üretim için kullanılacak olan sıvı dolum tesislerinin boyutları üretilecek olan ürüne ve ürün boyutlarına göre değişiklik göstermektedir. Ayrıca sistem içerisinde çalışan istasyon sayısı ve uygulama elamanlarının seçimi boyutu etkileyen diğer unsurlardır. Endüstriyel üretim yapılan alanlarda sıvı dolum ünitelerinin kapladığı alan ürün maliyeti ile doğrudan ilişkilidir. Kompakt tasarım alan ihtiyacını azaltacağı için giderleri de düşürecektir.

Sıvı dolum tesislerinin tasarımında kullanılan mekanik ve elektriksel elemanlar sistemin hızını ve boyutunu etkilediği gibi ürün hassasiyetini de etkilemektedir. Sistem içerisinde kullanılan ağırlık ölçüm istasyonlarının tolerans değerleri, dolum hızı ve

dolum ağızlarının geometrik yapısı hassasiyeti etkileyen temel unsurlardır. Sistem de ölçüm için kullanılan sensörlerin hassasiyetlerinin yüksek olması üretim maliyetini arttırmakla beraber kaliteli ürün üretimini sağlamaktadır. Mekanik tasarımda kullanılan ürünlerin ölçülerinin hassas olması da sistem hassasiyetini arttıran özelliklerdir.

Sıvı dolum tesislerinin çalışması için verilen ilk “başla” komutu ile sistem çalışmaya başlar. İlk ürünün üretiminin tamamlanmasına kadar geçen süreye çevrim süresi denir ve geçen süre seri üretimde fazla öneme sahip değildir. Çevrim süresi ilk ürünün tamamlanması ile son bulur ve birinci ürün üretimi ile ikinci ürün üretimi arasındaki geçen süre üretim zamanı olarak adlandırılır. Tasarlanan sistemin herhangi bir arıza veya olumsuz bir durum oluşmaması durumunda hammadde ve gerekli malzeme bitene kadar üretilen ürün adedine tek seferde maksimum üretim miktarı denir. Bu üretim miktarı hammadde depoları ve gerekli malzeme stoklarının artmasıyla doğru orantılı olarak artmaktadır. Azalan hammadde veya malzemenin anlık olarak tedarikinin mümkün olduğu sistemlerde herhangi bir arıza, elektrik kesintisi, bakım gibi durumlar dışında üretim işlemi sürekli olarak devam eder.

Seri üretim sistemlerde birim üretim maliyetinin hesaplanmasında birçok parametre vardır. Üretim maliyetini etkileyen unsurlar ilk yatırım, hammadde, malzeme, insan gücü, bakım, onarım ve işletme maliyetleri gibi parametrelerdir. İlk yatırım maliyeti birim ürün maliyetine doğrudan eklenmemektedir. Geriye kalan bütün üretim maliyetleri belirli periyotlarda toplanarak toplam üretim maliyeti elde edilir. Üretim için geçen sürede toplam üretim maliyetinin üretilen ürün adedine bölünmesiyle birim üretim maliyeti bulunmaktadır. Üretim maliyet değerinin elde edilmesinde kullanılan parametreler mekanik ve otomasyon tasarımı ile doğrudan ilişkilidir. İlk yatırım maliyeti yüksek olan tam otomatik sistemlerde insan gücü, bakım, onarım maliyetleri daha az olacağından birim üretim maliyeti düşük olacaktır.

Sıvı dolum tesisleri birçok endüstriyel üretim tesisinde kullanılabileceği için üretilecek ürün çeşidine göre kullanılacak dolum ünitesinin tasarımı da farklılık gösterecektir. Çalışma koşulları üretim tesisine göre farklılık göstermesi tasarım doğrudan etkilemektedir. Güvenlik gereksinimleri nedeniyle insanın bulunmasının zararlı olacağı yerlere tam otomatik sistemlerin tasarlanması gerekecektir. Bu gibi yerlerde

makinelerin veya robotların gerekli işlemleri yapması sağlanmalıdır. Çalışma koşulu ile beraber üretim için kullanılan hammaddelerin özelliği de tasarımı doğrudan etkilemektedir. Örneğin gıda endüstrisinde ürünlerin tutulduğu depoların hijyen koşulları nedeniyle paslanmaz ürün tercihi zorunlu iken kimya endüstrisinde korozyona karşı dayanıklı ürünlerin kullanımı oldukça önem arz etmektedir.

1.2. Endüstriyel Sıvı Gıda Dolum Üniteleri

Sıvı dolum üniteleri farklı sektörlerdeki ürünlerin üretiminde farklı tasarım ve malzemelerden oluşturulmaktadır. Her sektörün kendi içerisinde farklı ürün üretimi olacağı gibi gıda sektöründeki sıvı dolum üniteleri çeşitli ürün üretimi için kullanılmaktadır. Sıvı gıda seri üretimi için kullanılan dolum ünitelerinin tasarımı üretilen ürünün özelliğine göre yapılmaktadır. Su, gazlı/gazsız aromatik içecekler, meyve suları, özel karışım içecekler, süt ve süt ürünleri gibi sıvı ürünler istenilen oranlarda ve miktarlarda doldurularak paketlenmektedir. Gıda amaçlı kullanılan sıvı dolum ünitelerinde kullanılan malzemeler ağırlıklı olarak paslanmaz elemanlardan oluşturulmaktadır.

Üretilen sıvı ürünlerin içerik ve çeşitlerine göre makine ve otomasyon sistemi düzenlenmektedir. Su üretimi ve paketlenmesi işlemlerinde herhangi bir basınç veya oranlamaya ihtiyaç yoktur. Bu sebeple tasarım yapılırken bazı özellikler sisteme dahil edilmez. Herhangi bir gazlı içecek üretiminde gerekli olan işlemler için dolum üniteleri farklı yapılarda tasarlanmaktadır. Bu gibi farklı ürünlerin üretimindeki tasarımların farklılaşması hem ürün kalitesini arttırmakta hem de maliyeti azaltmaktadır. Endüstriyel sıvı dolum ünitelerinin örnek görseli Şekil 1.1’de gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Endüstriyel sıvı dolum üniteleri (Anonim, 2020a)

Endüstride kullanılan sıvı dolum ünitelerinin çalışma yapısı seri üretim için uygun olacak şekilde tasarlanmıştır. Seri üretim ürün maliyetlerini düşürmekle beraber kişiye özel ürün üretimini sınırlandırmaktadır. Ayrıca endüstriyel olarak tasarlanmış üretim tesislerinin özel üretimler için kullanımı uygun değildir. Özel üretim tesislerinin tasarımı kişiye özel üretim imkânı sunmasıyla katma değer oluşturmakta ve özel sektörlerde kullanılabilir olması da fayda sağlamaktadır.

1.3. Özel Dolum Üniteleri : Son Tüketici Kullanımı Uyarlaması

İnsanlar kendilerini rahatlatmak ve ihtiyaçlarını karşılayabilmek için alışveriş merkezleri - restoranlar - kafe ve bistrolar - eğlence ve oyun alanları gibi alanlarda, istedikleri yiyecek ve içecekleri talep etmektedir. Bu ihtiyaçları karşılamak için işletmeler veya otomatlar kullanılmaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte işletmelerdeki kahve, dondurma, meyve suları gibi özel üretim otomat makineleri operatör personel ile birlikte kullanılmaktadır. Burada üretilen ürünler kullanıcı istediğine bağlı olmakla birlikte operatör personelin üretim kabiliyeti ile gerçekleştirilmektedir (Şekil 1.2). İşletmeye bağlı olmayan otomat makinelerinde tek tip oluşturulmuş ürünler (kutu içecekler, paketli gıdalar) insanların kullanımına sunulmuştur.



Şekil 1.2. Operatör temelli üretim otomatları (Anonim, 2020b)

Günümüzde insanların sosyal ihtiyaçlarını karşıladığı işletmelerde artan yoğunlukla beraber verilen hizmetteki hız, kalite ve hassasiyet ihtiyacının yetersiz kalması, isteğe bağlı ürünlerin yapılmasından daha çok standart ürünlerin yapılıyor olması insanlar talepleri açısından dezavantajlı bir durum olarak gözlenmektedir. Ayrıca işletmelerde artan yoğunluk ve taleple beraber çalıştırılan işçi sayısının artması ve buna bağlı olarak çalıştırılan işçi masraflarının artması da işletme açısından dezavantajlı bir durumdur.

Herhangi bir operatöre ihtiyaç duymayan otomatlardaki ürünlerin standart tek tip ürün olması (Şekil 1.3) insanların ihtiyaçlarını istediği ölçüde karşılamasını engellemektedir.



Şekil 1.3. Üretim otomatları (Anonim, 2021a)

Endüstriyel üretim tesislerinde kullanılan sıvı dolum üniteleri hız, kalite ve ürün standardı gibi özellikleri içerisinde bulundurmaktadır. Bu üretim tesislerinin insanların ihtiyaçlarını karşıladığı alanlarda olması tasarım, boyut ve ekonomik olarak mümkün gözükmemektedir. Hali hazırda çalışan otomatlar endüstriyel tesislerin bu dezavantajlarını ortadan kaldırırsa da insanların asıl talep ettiği ürünün makinelerde istediği özelliklerde olup olmadığı sorunlarını beraberinde getirmektedir. Oluşan problemleri çözebilmek için hem insanların ihtiyaçlarını büyük orandan karşılayacak hem de endüstride kullanılan üretim tesislerinin özelliklerini içerisinde barındıracak özel sıvı dolum ünitelerinin geliştirilmesi hedeflenmiştir.

İnsanların ihtiyaçlarını karşılamak için gittikleri yerlerde kullanılan sıvı dolum makineleri örneğin kahve, dondurma makinesi veya hazır bulunan meyve sularının bir operatör yardımı ile doldurulması ile ürünler üretilmektedir. Bu durum hem üretim süresini hem de ürün kalitesini azaltmakta ayrıca fazladan işçi masrafı ortaya çıkarmaktadır. Yapılan tez çalışmasında insanların ihtiyaçlarını kısa sürede üretme ve üretilen ürünlerdeki kalite ve standartları yükseltmek için endüstride kullanılan sıvı dolum ünitelerinin sosyal alanlarda kullanımının sağlanması hedeflenmiştir. Üretilen ürünlerin hassasiyet ve kalitesinin yüksek tutulması, insanların damak zevkine hitap eden karışımların yapılması, kişiye özel olarak talep doğrultusunda (örneğin katı

meyvelerin sıkılıp belli oranlarda karıştırılması ile elde edilen ürünler) ürünlerin karıştırılması sağlanacaktır. Bu işlemlerin gerçekleştirilmesi sosyal alanlarda kullanımı uygun olan sıvı dolum üniteleri tarafından yapılması doğruluğu yüksek, hızlı, kaliteli ve kişiye özel ürün üretimi hem insanları memnun edecek hem de işletme maliyetlerinde personel giderlerinin azalmasını sağlayacaktır. Yapılan tez çalışması ile sıvı dolum ünitelerinin herhangi bir operatör yardımı olmaksızın üretim için sadece gerekli değerlerin kullanıcı tarafından girilerek meyve sıvısının dolumu ve paketlenmesi gerçekleştirilecektir.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

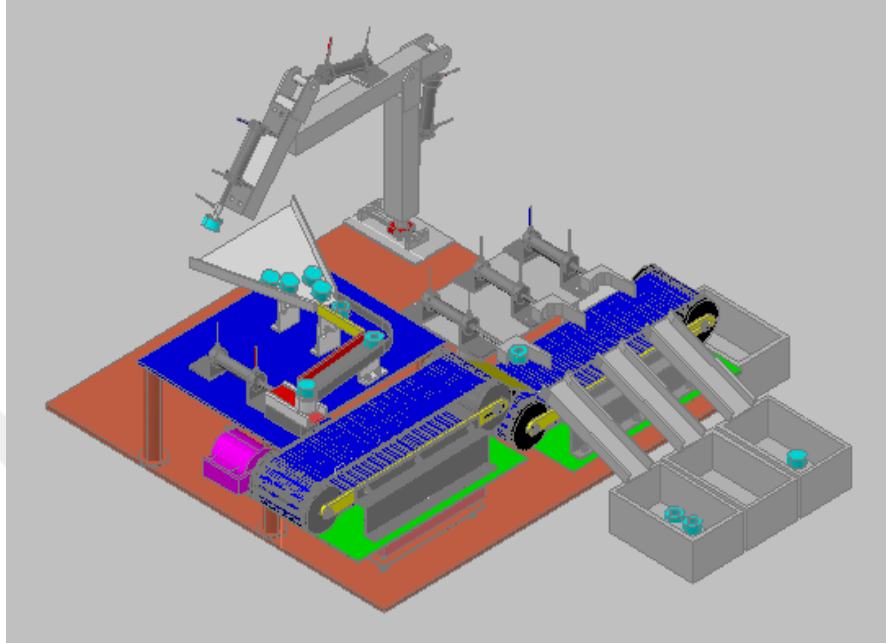
Sıvı dolum ve paketleme sistemleri endüstrinin birçok alanında kullanılmaktadır. Sıvı dolum sistemleri birçok alanı kapsayan temel bir işlem olarak endüstriyel tesislerde kullanılmaktadır. Bu sistemlerin kullanıldığı boya, kimya, tekstil, ilaç sanayi, gıda ve tarım gibi ürün üretiminin olduğu endüstriyel tesislerdir. Endüstriyel tesislerde üretilen ürünlerin istenilen oranlarda doldurulup karıştırılması, paketlenmesi ve üretilen ürünlerde birim ürün başına harcanan maliyetin (para, zaman, bakım vb.) azaltılması ile yüksek karlılık hedeflenmektedir.

Sanayi devrimlerinin gerçekleşmesi seri üretim yöntemlerini beraberinde getirmiştir. Seri üretim yöntemlerinin gerçekleştirilmesinde otomasyon ve SCADA sistemleri kullanılmaktadır. Sıvı dolum sistemi içerisinde istenilen oranlarda doldurulmuş, standarda sahip ve hassas ürünlerin üretilmesi için otomasyon sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Otomasyon sistemleri, otomatik makinalar ve üretim sistemleri oluşturarak mekanik, elektrik-elektronik ve bilgisayar teknolojilerinin yer aldığı disiplinleri birbirine entegre etmektedir. Sıvı dolum sistemi içerisinde kullanılan donanımsal ve yazılımsal bileşenlerin literatürde kullanımları ile ilgili kaynak özetleri aşağıda verilmiştir:

Çilek (2005), yaptığı tez çalışmasında PLC (Programmable Logic Controller) ve SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sistemleri ile çalışmış ve ASKİ İvedik Su Arıtma Tesisinde uygulamalar gerçekleştirmiştir. Yapılan uygulamada sıvı klor tankı ve 6 adet kontrol vanasından oluşmaktadır. Tank değiştirme işleminin otomatik yapılması için tank basınç seviyelerinin doğru olup olmadığı, kontrol vanalarının arıza durumlarının gözlemlenip kontrol edilebildiği ve sırasıyla işleme alındığı sistemler oluşturulmuştur. Yapılan bütün işlemler PLC ve SCADA cihazları ile kontrol edilerek gerçekleştirilmiştir (Çilek, 2005).

Değirmencioğlu (2008), yaptığı tez çalışmasında yük hücresi (loadcell) ölçüm cihazı kullanarak elmaların ağırlıklarına göre sınıflandırılmasını yapmıştır. Ağırlıklarına göre sınıflandırma ile elma meyveleri dört farklı ağırlık grubuna ayrılmıştır. Çalışmada yapılan uygulama prototipinin tasarımı Şekil 2.1’de gösterilmiştir. Sınıflandırma yapılırken tartma, sürme ve ayırma işlemlerinin gerçekleştiği basamaklarında titreşim

etkilerinin olduğunu tespit etmiştir. Yapılan tez çalışmasında sınıflandırma toleransı salınım etkilerinden dolayı yaklaşık 20g olarak seçilmiştir. Sınıflandırma yönteminin geliştirilerek hassasiyetin yaklaşık 5 grama kadar inebileceği ortaya konulmuştur (Değirmencioğlu, 2008).



Şekil 2.1. Elma sınıflandırma prototipi (Değirmencioğlu, 2008)

Taşkın vd. (2009), yaptıkları çalışmalarında sıvı dolum tesisinin uzaktan kontrolünü sağlayan deney düzeneği geliştirmişlerdir. LabVIEW programı ile pnömatik kontrollü sıvı dolum sistemini öğrencilerin eğitimini her zaman ve her yerde kullanacağı şekilde uzaktan erişimli deney seti haline getirmişlerdir. İnternet erişimi olan herhangi bir cihazdan deney setine bağlanılabilmekte ve gerçek zamanlı kontrol ile uygulamalar yapılabilmektedir. Deney düzeneğindeki tüm değişkenler ve işlemler anlık olarak takip edilmektedir. Yapılan çalışma ile deney setlerinin uzaktan erişime açılması teknik eğitim ve öğretime büyük katkı sağlayacağı ifade edilmiştir (Taşkın & Demetgül, 2009).

Aykaç (2010), yaptığı tez çalışmasında şeker üretim tesislerinde kullanılan tartım ve paketleme yapan makinelerin ağırlık miktarlarının hassasiyetini artırmak amacıyla torbalardaki fazla şekeri azaltan ve az şekeri tamamlayan prototip makine geliştirmiştir. Şeker doldurma ve paketleme işleminde istenilen dolum miktarı istatistiksel analiz yöntemleri ile belirlenmiştir. Doldurma işlemi için dairesel bir

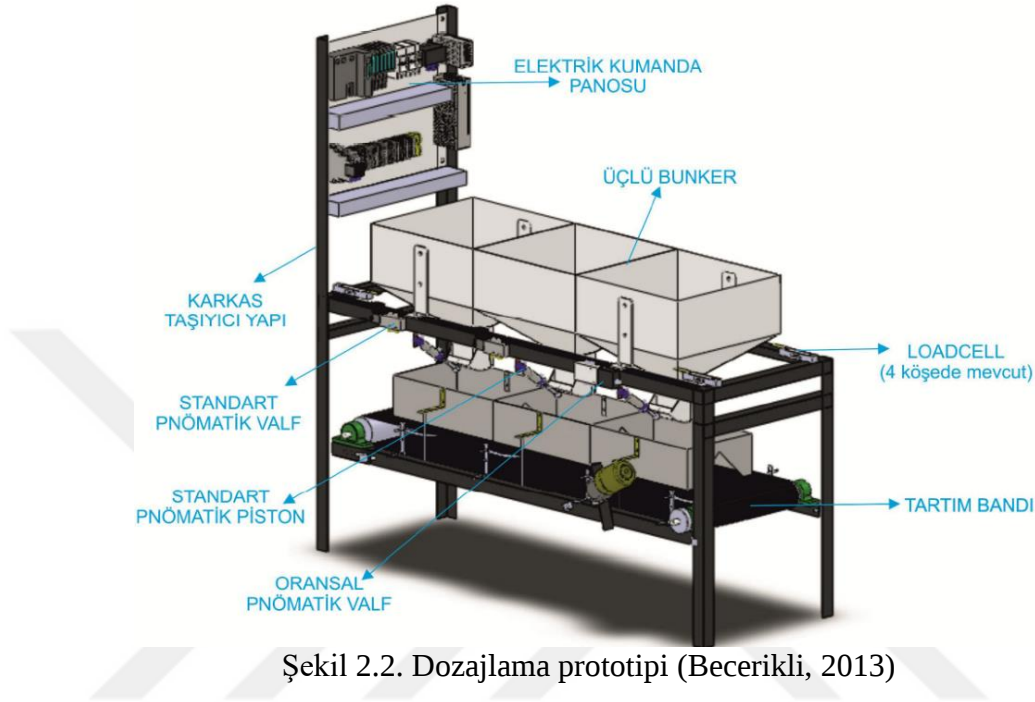
ventil, şekerin emilmesi için vakum sistemi kullanılmıştır. Pnömatik silindirin kullanımıyla dolum haznesinin hareketi sağlanmış ve tartı sonuçları yük hücresi sensörü sayesinde alınmıştır. Sistemin otomasyon kontrolü PLC ve SCADA ile gerçekleştirilmiştir. Sistemin SCADA arayüzünden izleme ve kontrol için yararlanılmıştır (Aykaç, 2010).

Bayındır vd. (2011), yaptıkları çalışmalarında endüstriyel sistemlerde kullanılan sıvı depolama tanklarının sıcaklık, basınç ve seviye verilerinin takip edilmesi ve ortaya çıkabilecek sorunlara karşı PLC kontrol cihazı ile kontrol edilen bir izleme yöntemi (SCADA) önermişlerdir. Çalışmalarında endüstriyel sistemin görsel olarak izlenebilmesi ve herhangi bir arızanın uyarı mesajlarıyla kolay bir şekilde tespit edilebilmesini sağlamıştır. Yapılan uygulama çalışmasında prototipi geliştirilen sistemin kararlı, hassas ve düşük maliyetli otomasyon sistemini içermektedir. Yapılan uygulamanın otomasyon sistemi bulunmayan kumanda kontrol sistemlerinde kullanılan röleler, sayıcılar, kontaktörler ve elektronik kartlar kadar güvenilir olduğunu ifade etmişlerdir (Bayındır vd., 2011).

Adiyan (2012), yaptığı tez çalışmasında sıvı seviyesinin istenilen değerde sabit kalmasını veya bir seviyeden başka bir seviyeye gelmesini en kısa sürede sağlamak ve herhangi bir anda bozucu girdilere karşı sistemin hızlı bir şekilde tepki vermesini amaçlamıştır. Önerilen sistemin kontrolünde uzaktan izlenebilir ve acil müdahale işlemlerinin gerçekleştirilebilir olması için SCADA sistemi gerçekleştirilmiştir. Sıvı seviye kontrolünde kullanılan iki farklı ve en uygun PID (Proportional integral derivative) parametreleri belirlenmiştir. Bunlardan birincisi deneme yanılma yönteminde istenen sıvı seviyesine ulaşma süresi 72 saniye iken, ikinci yöntem olan Ziegler-Nichols'da istenen sıvı seviyesine ulaşma süresi 30 saniye civarlarına düşürülmüştür. Elde edilen bu veriler ile sistemde amaçlanan hızlı ve kararlı yapı sağlandığını vurgulamıştır (Adiyan, 2012).

Becerikli (2013), yaptığı tez çalışmasında katı ve sıvıların ağırlık ölçüm hassasiyetlerinin artırılması ve dozajlanması için PLC ve SCADA ile kontrol yöntemi kullanmıştır. Sistemde üç farklı depo bulunmaktadır. İlk depoda açma-kapama ile pnömatik kontrollü tartım yapılmış, ikinci depoda manuel düzenleme katsayıları ile pnömatik kontrollü tartım yapılmış ve üçüncü depoda ise pnömatik oransal valfle PID

kontrollü ölçüm yapılarak üç farklı ölçüm sisteminin birbirine göre durumları incelenmiştir. Yapılan prototip çalışması Şekil 2.2’de verilmiştir. Çalışmada dozajlama işlemi otomasyon sistemi haline getirilerek endüstriyel otomasyon sistemlere uygunluk gerçekleştirilmiştir (Becerikli, 2013).

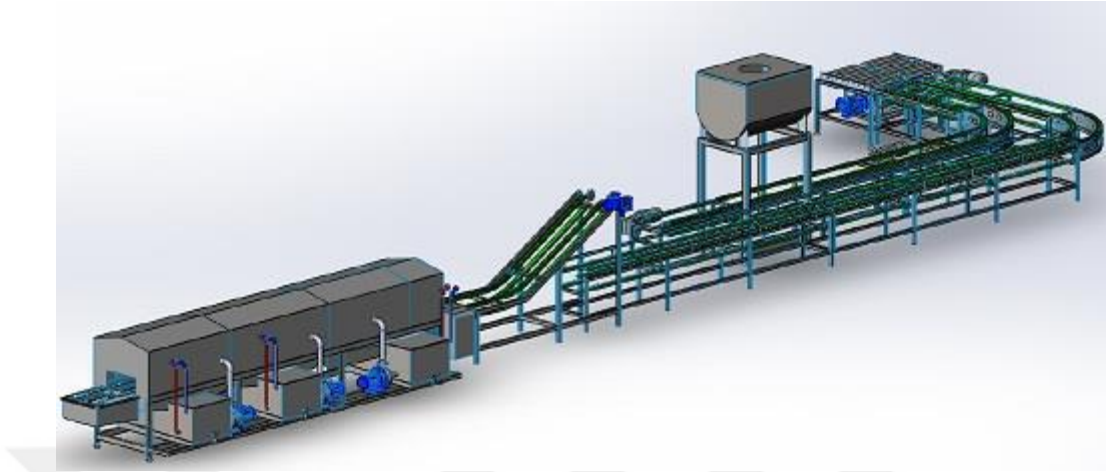


Şekil 2.2. Dozajlama prototipi (Becerikli, 2013)

Dhiman vd. (2014), yaptıkları çalışmalarında PLC ve SCADA sistemleri kullanarak şişelerin otomatik olarak doldurulması ve SCADA panelinde işlemlerin görselleştirilmesi için hibrit bir yöntem önermişlerdir. Bu yöntemde bazı sıvıların istenilen oranlarda karıştırılmasını sağlamaktadır. Yapılan uygulamanın uzaktan kontrolü ve izlenmesiyle sistem kolay erişilebilir olmakta ve herhangi bir arıza durumunda operatörü uyarmaktadır. Çalışmada otomasyon sisteminin düşük maliyeti, düşük güç tüketimi, doğruluk ve esneklik sağladığı vurgulanmıştır. Ayrıca operasyon süresinden tasarruf edilerek şişede doğru sıvı hacmi sağlandığını ifade etmişlerdir (Dhiman & Kumar, 2014).

Hamzaoğlu (2015) yaptığı tez çalışmasında peynir üretim ve paketlenme uygulamasında gereken tuzlama işlemini otomatik hale getirilmesiyle üretim zamanının azaltılmasını, maliyetlerin düşürülmesini ve temizlik koşullarının sağlanmasını hedeflemiştir (Şekil 2.3). Otomasyon sisteminin kontrolü PLC ile yapılmış ve çalışan sistem içerisindeki veriler; fotoelektrik, seviye ve endüktif

sensörlerle alınmaktadır. Sensör bilgileri PLC’de işlenerek sistem içerisinde bulunan pompa, valf ve motorlar tahrik edilmiştir. (Hamzaoglu, 2015).



Şekil 2.3. Sepet yıkama ve salamura dolum makine tasarımı (Hamzaoglu, 2015)

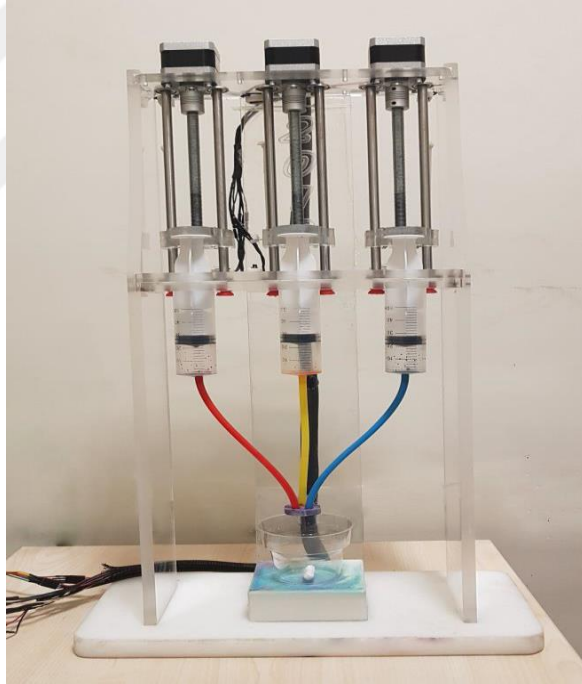
Erol vd. (2015), çalışmalarında PLC sistemiyle PI (Proportional integral) kontrol denetleyicisi kullanarak sıvı seviye kontrolünü gerçek zamanlı olarak gerçekleştirmişlerdir. PI parametre katsayıları sistemin açık çevrim kontrolünden gerçek zamanlı olarak elde edilmiştir. Sistem içerisinde sıvı seviyesine bozucu giriş verilerek olması gereken sıvı seviyesi düzeltmesinin PI kontrolör ile yapıp yapılmadığı gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlar PI denetleyicinin istenen sıvı seviyesini takip ettiği ve bozucu etkilere karşı tepki süresinin yeterli olduğunu ifade etmişlerdir (Erol vd., 2015).

Özer (2016), yaptığı tez çalışmasında PLC ve SCADA kullanarak endüstriyel sistemlerin uygulamasını yapmıştır. Yapılan uygulama prototip sisteme PLC kontrol cihazı bağlanarak sistem içerisinde toplanan veriler SCADA sisteminde izlenmiştir. Yapılan endüstriyel uygulamada seviye, debi, ağırlık, basınç ve sıcaklık değerleri sensörler tarafından toplanmış ve SCADA sistemi ile uzaktan kontrol edilmiştir. Sistem içerisinde oluşabilecek bir problemde hızlı müdahale edilebilme imkânı sağlanmıştır (Özer, 2016).

Gadhe vd. (2018), yaptıkları çalışmalarında düşük işletme maliyeti, düşük güç tüketimi, doğruluk ve esneklik sağlayacak, aynı zamanda operasyon süresinden tasarruf ederek şişeyi doğru sıvı hacim seviyesine getirecek otomasyon sistemi tasarlamışlardır. Bu sistem PLC tabanlı kontrol ile otomatik sıvı karıştırma ve şişe

doldurma sisteminin laboratuvar prototipi olarak gerçekleştirilmiştir. Önerilen sistemde, gereksiz sıvı dökülmesini veya israfını önleyerek etkili bir şekilde çalıştığı ve ayrıca otomatik kontrol yöntemi nedeniyle endüstriyel uygulamalarda kullanılmak üzere uyarlanabileceğini vurgulamışlardır (Gadhe vd., 2018).

Kafalı (2019), tez çalışmasında PLC ve SCADA sistemleri kullanılarak sıvı boya dozajlama sistemi gerçekleştirmiş ve performansını incelemiştir. Endüstride kullanılan boyaların istenilen oranlarda karıştırılması ve farklı skalalarda renklendirilmesini sağlayan prototip tasarımı Şekil 2.4'te verilmiştir. Yapılan prototip çalışmasının sonucunda dolum ve karıştırma işlemlerinin doğruluğunun yaklaşık %97 olduğunu ifade etmiştir. Yüksek doğruluk ve hassasiyetin gerçekleştirilmesi endüstriyel otomasyon sistemi içerisinde kullanılan PLC ve SCADA ile gerçekleştirilmiştir (Kafalı, 2019).



Şekil 2.4. Boya karışım prototipi (Kafalı, 2019)

Chakraborty vd. (2020), çalışmalarında endüstriyel bir tesiste bulunan sıvı deposunun seviyesini kontrol etmek için PLC ve SCADA sistemlerini kullanmıştır. Sıvı seviye sensör ölçümlerinden gelen veriler PLC'de işlenerek su seviyesinin istenilen düzeyden düşük olması durumunda pompa otomatik olarak çalıştırılmıştır. Sıvı deposu seviyelerinin sensörlerle ölçülmesi, depo sıvı seviyesinin tamamlanması, pompanın aktif edilmesi ve pompanın istenen su seviyesi tamamlandığında pasif edilmesini

sağlayan sistem yazılımı PLC programlaması ile sağlanmıştır. Uygulamada kullanılan SCADA sistemi ile işlemler gerçekleştiği süre içerisinde gerçek zamanlı olarak kontrol edilmiş ve kullanıcı ekranı ile izleme yapılmıştır. Yapılan uygulama ile otomasyon sistemlerinin güvenilir, verimli ve maliyetleri azaltmayı sağlayan sistemler olduğunu ifade etmişlerdir (Chakraborty vd., 2020).

Gençoğlu vd. (2020), yaptıkları çalışmalarında PLC ile kontrol edilen bir ağırlık ölçümlü lizimetre uygulaması geliştirilmişlerdir. Kahramanmaraş iklim şartlarında Maraş 18 çeşidi ceviz bitkisi ile çalışmalar yapılmıştır. Prototip sistem üzerindeki lizimetre deposu yaklaşık 5 ton kapasiteli ve 4 tane ağırlık sensörüne bağlanmıştır. CODESYS programı ile lizimetre, drenaj ve yağış miktarlarının değerlendirilmesi ve sulama yöntemlerinin algoritmik akışları tasarlanmıştır. PLC programlama ile sistemin genel otomasyonu gerçekleştirilmiş ve 2018 yılında Haziran-Ekim ayları arasında günlük evapotranspirasyon miktarı 1.25-3.5 mm ve toplam evapotranspirasyon miktarı yaklaşık 260 mm olduğunu hesaplamışlardır (Gençoğlu vd., 2020).

Literatürde yapılan çalışmalarda sıvı dolum ünitelerinin tasarımı, uygulaması ve gerçekleştirimi ilgili çalışmalar otomasyon sistemleri ile yapılmıştır. PLC ve SCADA sistemlerinin ağırlıklı kullanımı ile istenilen parametrelerdeki işlemler gerçekleştirilmiştir. Sıvı dolum ünitelerinin işlevlerindeki en önemli özelliğin dolum hassasiyeti ve doğruluğu olduğu görülmüştür. Tez çalışmasında endüstriyel otomasyon sistemleri kullanılarak içerisinde bulunan PLC ve SCADA sistemlerinin kontrolü ile doğruluğu yüksek, hassas, verimli ve hızlı üretim gibi parametreler sağlanarak sıvı dolum ünitelerinin gerçekleştirimi sağlanacaktır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

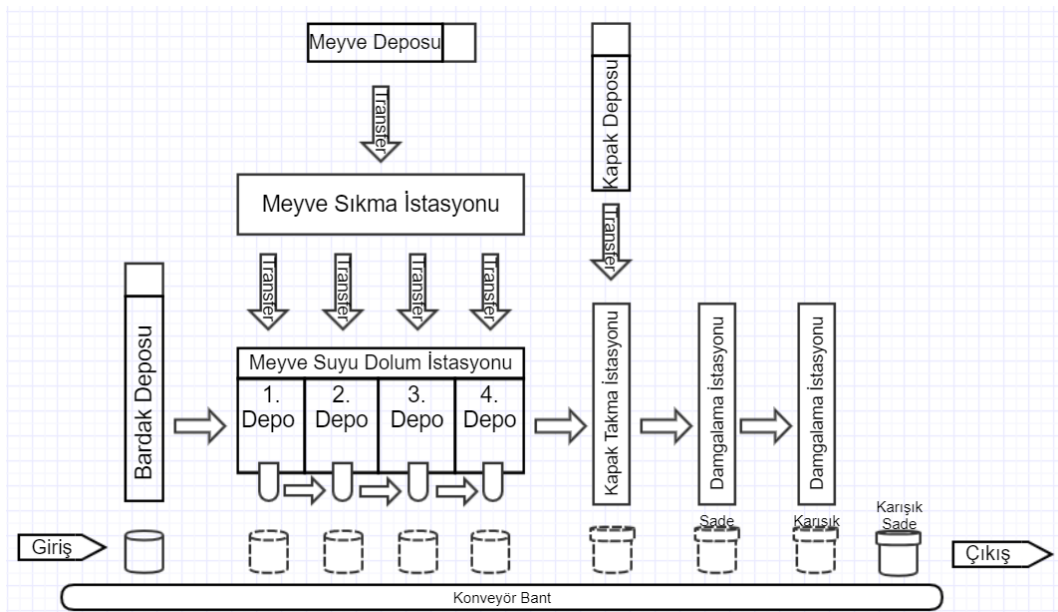
Tez çalışmasında, sıvı dolum sisteminin gerçekleştirilmesi için mekanik, elektrik ve yazılım tasarımları ve uygulamaları yapılmıştır. Sıvı dolum üniteleri eş zamanlı olarak çalışan ana proses istasyonlarını içerisinde bulundurulur. Bu proseslerin gerçekleştirimi için mekanik ve otomasyon elemanlarıyla yazılım sistemleri kullanılmıştır.

3.1. Sistemin Mekanik Tasarımı ve Bileşenleri

Sıvı dolum sisteminin üretimi için endüstride kullanılan sıvı dolum ve paketlenme tesisleri incelenmiştir. Endüstriyel üretim için kullanılan sıvı dolum tesislerine benzer özelliklerde mekanik tasarımlar yapılarak proseslerin gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Yapılan mekanik tasarım ve özellikleri uygulamaları ile birlikte incelenmiştir.

3.1.1. Sistem mimarisi

Tasarımlarda fiziksel ürünlerin geniş kapsamlarda kullanılır hale gelmesi ile oluşturulan sistemlerin ifade edilmesinde farklı yöntemleri ortaya çıkarmıştır. Bu yöntemlerden biri olan sistem mimarisi yapılan bütünleşik tasarımı veya sistemin çalışma yapısını belirlemek için kullanılmıştır. Yapılan sıvı dolum sistemi için genel tasarımın mimari yapısı Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



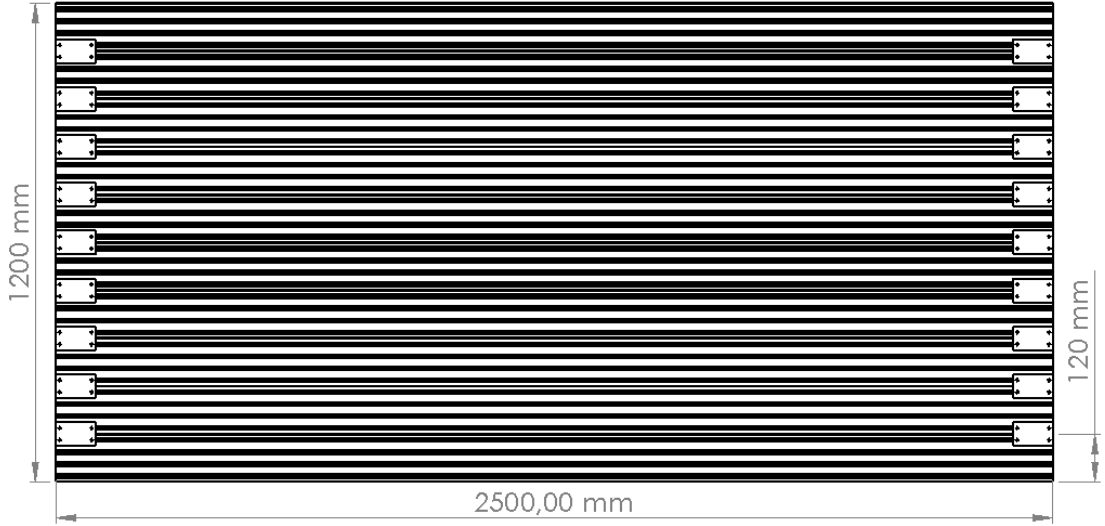
Şekil 3.1. Sistem mimarisi

3.1.2. Montaj malzemeleri

Montaj malzemeleri sıvı dolumu için kullanılan ana ürünlerin uygulama yerlerine (taban) sabitlenmesi veya diğer bir ana parçaya montajlanması için kullanılan ara parçalardır. Bu ara parçalar farklı malzeme ve özelliklerdedir. Ana parçanın montajı için kullanılacak ara parçanın seçimi prosesin özelliklerine göre belirlenmiştir.

3.1.2.1. Taban montajı

Bütün proseslerin bir tabana bağlanması için montaj kanalları olan alüminyum yüzey kaplama profili kullanılmıştır. Alüminyum profil üzerinde bulunan kanallar sayesinde kolaylıkla montajlama yapılabilmekte ve milimetrik hizalama için doğrusallık sağlanmaktadır. Taban montajının görseli Şekil 3.2’de gösterilmiştir. Bütün ana proses malzemelerini montajlayabilmek için oluşturulan taban için toplamda 10 adet 2500 mm uzunluğunda yüzey kaplama profili kullanılmıştır. Yüzey kaplama profillerinin birbirine bağlanması için pleksiglas adı verilen 18 adet plastik parça kullanılmıştır.



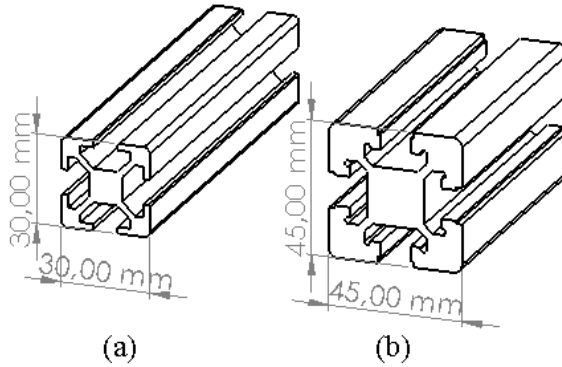
Şekil 3.2. Taban montajı ve ölçüleri

3.1.2.2. Sigma profiller, bağlantı elemanları ve ara parçalar

Sıvı dolum sisteminin tasarımında kullanılan ana malzemeler belirli yükseklikte ve uzaklıkta olması gerekebilir. Ana malzemelerin istenilen konuma getirilmesi ve sabitlenmesi için sigma profiller ve sigma profillerle uyumlu bağlantı elemanları

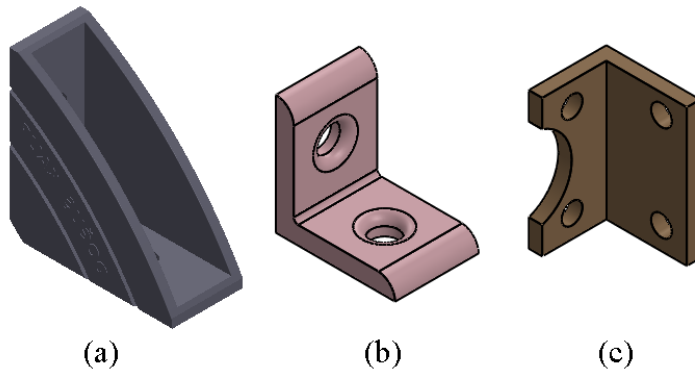
kullanılmıştır. Tasarımın oluşturulmasında kullanılan bağlantı elemanları farklı üretim malzemelerinden oluşturulmuş ve kullanım yerine göre çeşitli mekanik özelliklerinden yararlanılarak montajlama işlemleri yapılmıştır.

Alüminyum sigma profiller, malzemeleri bir noktadan bir noktaya taşımak veya yükseltmek için kullanılmıştır. 30x30 mm ve 45x45 mm alüminyum sigma profil olarak iki çeşit profil kullanılmıştır. Şekil 3.3'te görselleri ve ölçüleri gösterilmiştir.



Şekil 3.3. a) 30x30 mm b) 45x45 mm alüminyum sigma profil

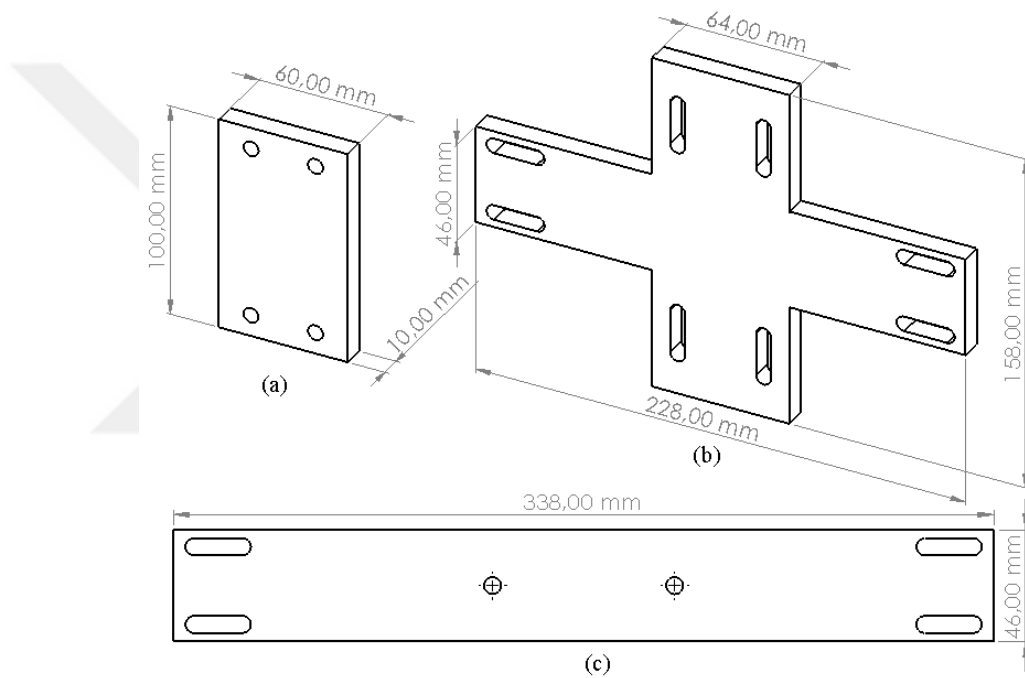
Köşe bağlantı elemanları, sigma profilleri ana tabana veya sigma profilleri ana parçaya bağlanmak için kullanılan malzemelerdir. 30x30 mm ve 45x45 mm alüminyum sigma profil için düz köşe bağlantısı, 30x30 alüminyum sigma profil için dar köşe bağlantısı elemanları sistem içerisinde montajlama elemanı olarak kullanılmıştır. Ayrıca sistem içerisinde kullanılan pnömatik silindirlerin zemine bağlanması için bağlantı elemanı kullanılmıştır. Bu bağlantı elemanlarının görselleri Şekil 3.4'te gösterilmiştir.



Şekil 3.4. a) Dar köşe bağlantı b) Düz köşe bağlantı c) Pnömatik silindir bağlantısı

Bir ana parça ile diğer bir ana parçayı birbirine bağlamak için kullanılan yöntemlerden bir diğeri ise pleksiglas adı verilen talaşlı işlemeye uygun plastik malzemeleri ara parça

olarak kullanılmaktadır. Pleksiglas malzemesi 2 mm ile 40 mm arasında kalınlığa sahip, farklı ölçülerde plakalar halinde olan, ısı ile yumuşatılıp şekil verilebilen, kolay bir şekilde talaşlı işleme (delme, kesme, diş açma vb.) yapılabilen malzemelerdir. Ana parça montajında kullanılan pleksiglaslar hassas ölçülerde kesilmesi ve işlenmesi gerekir. Pleksiglasların işlemleri lazer kesim cihazı, freze tezgâhı ve CNC gibi hassas makinelerde gerçekleştirilmiştir. Sistem içerisinde montaj işlemi için kullanılan pleksiglas malzemelerin kalınlığı 6 mm ile 10 mm arasında değişmekte ve toplamda 100'ün üzerinde pleksiglas ara parça kullanılmıştır. Montajlama ara parçası olarak kullanılan pleksiglasların birkaç tane örneği Şekil 3.5'te gösterilmiştir.



Şekil 3.5. a) Taban b) Kapak takma c) Pnömatik silindir bağlantı ara parçası

3.1.3. Pnömatik malzemeler

Sıvı dolum sistemi içerisinde kullanılan pnömatik malzemeler ana proseslerdeki işlemlerin gerçekleşmesi için kullanılan pnömatik aktüatörler ve yardımcı elemanlarıdır.

3.1.3.1. Pnömatik aktüatörler

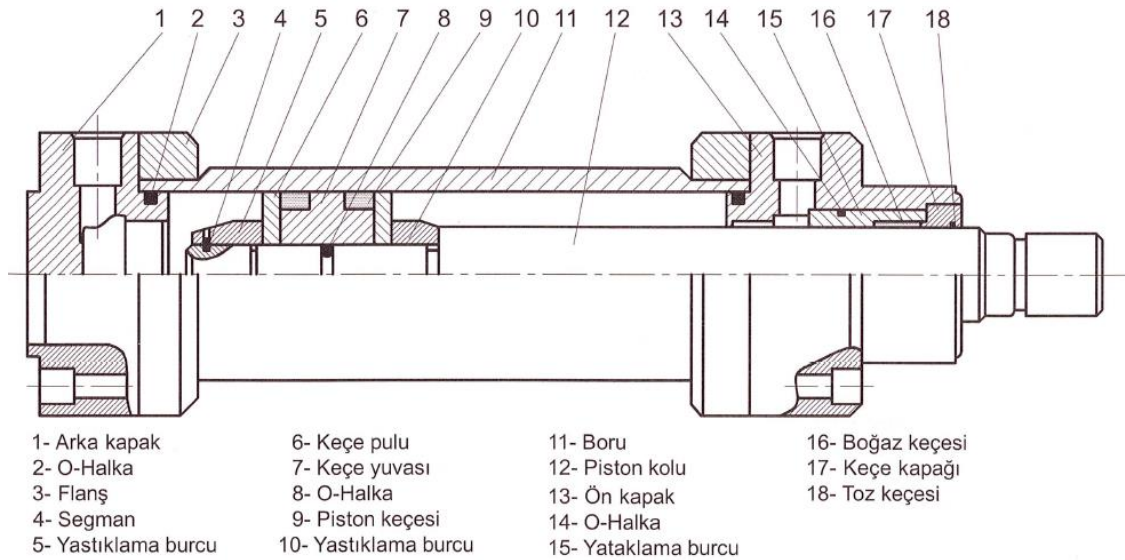
Pnömatik aktüatörler hava basıncını mekanik harekete çeviren elemanlardır. Kullanılan pnömatik ürünler bağlantı ekipmanları ile beraber çalışarak hareketi

gerçekleştirirler. Aktüatör olarak sıvı dolum sistemi içerisinde kullanılan pnömatik ürünler Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Sıvı dolum sisteminde kullanılan pnömatik aktüatörler

Pnömatik Aktüatör	Özellikleri	Adet
Pnömatik Silindir	32 mm Piston Çapı, 160 mm Strok	7
Pnömatik Silindir	32 mm Piston Çapı, 50 mm Strok	2
Milsiz Pnömatik Silindir	40 mm Piston Çapı, 500 mm Strok	1
Pnömatik Sıvı Kontrol Vanası	10 mm Piston Çapı, 10 mm Strok	4

Pnömatik silindirler, basınçlı olarak gelen havayı valf yardımı ile kontrol ederek doğrusal itme ve çekme hareketine dönüştüren aktüatörlerdir. Tek etkili, çift etkili, çift milli, milsiz, yastıklı ve tandem silindirler gibi birçok türü vardır. Kullanım yerine göre değişen silindirlerden en çok kullanılanlarından biri çift etkili silindirlerdir. Sıvı dolum sistemi içerisinde 32x160 mm ve 32x50 mm çift etkili silindirler kullanılmıştır. Çift etkili silindirlerin hava girişlerine uygulanan basınca göre ileri veya geri doğrusal yönlü hareket yaparlar. İleri veya geri hareket tamamlandıktan sonra bulundukları konumda kalmaya devam ederler. Çift etkili silindirler farklı özelliklerle ve malzemede parçaların bir araya getirilmesiyle oluşmaktadır (Şekil 3.6). Sıvı dolum sistemi içerisinde birçok yerde çift etkili silindirler aktüatör olarak kullanılmıştır.



Şekil 3.6. Çift etkili silindirin yapısı (Anonim, 2021b)

Milsiz silindirler çift etkili silindirlerle aynı şekilde çalışmasına rağmen strok uzunluğunun fazla olması gereken yerlerde önemli avantajlara sahiptirler. Uzun stoklarda piston kolu üzerine uygulanan kuvvet sorun yaratacaktır. Sıvı dolum sistemi içerisinde kapak takma için 500 mm uzunluğunda milsiz silindir kullanılmıştır.

Sıvı dolumunun gerçekleşmesi için sıvı deposu altındaki bir konuma akışı kontrol edebilecek sıvı kontrol vanası kullanılması gerekmektedir. Pnömatik sıvı kontrol vanası temelde bir adet tek etkili silindir ve akış kontrol için pirinç malzeme vanadan oluşur. Sıvının geçeceği vanadaki boşluğun çapı 10 mm olduğu için sıvı kontrol vana silindirinin stroku 10 mm'dir.

3.1.3.2. Yardımcı pnömatik elemanlar

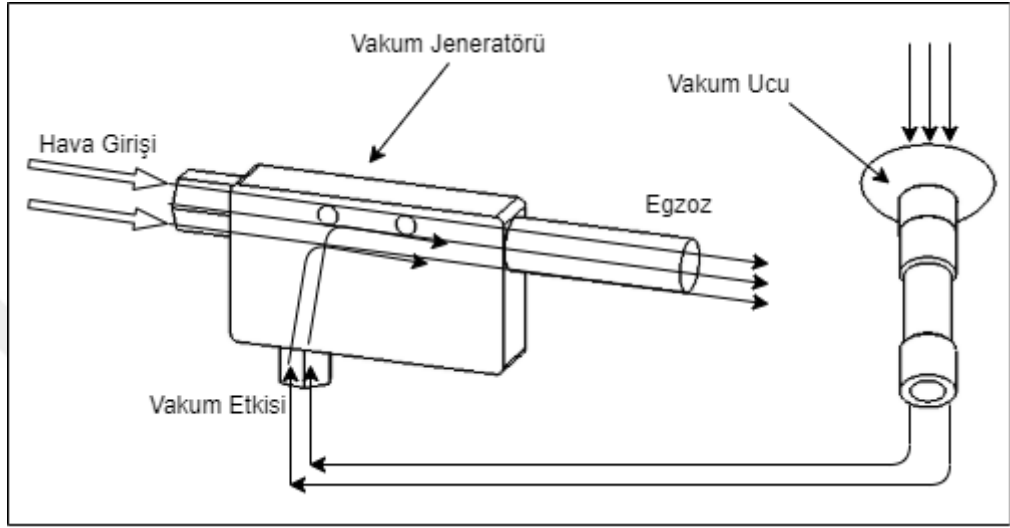
Pnömatik elemanlar bir işlemi yerine getirebilmek için işleme göre farklı donanım özelliklerine sahip olabilir. Kullanılan pnömatik aktüatörler hareketi gerçekleştirmek için yardımcı bağlantı ekipmanları ile birlikte çalışmaktadır. Sıvı dolum sistemi içerisinde pnömatik aktüatörlerle birlikte kullanılan yardımcı pnömatik elemanlar Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Sıvı dolum sisteminde kullanılan yardımcı pnömatik elemanlar

Yardımcı Pnömatik Elemanlar	Özellikleri	Adet
Vakum Jeneratörü	Debi 63 l/dak	5
Vakum Pedi ve Aparatı	Kauçuk - Pirinç Malzeme	5
Kompresör	50 l Hava Kapasitesi, 2HP	1
Filtreli Regülatör	0-12 Bar	1
Solenoid Valf	24 V Tetikleme, 5/2 Yön Denetimi	21
Valf Adası	10 Girişli	2
Rakorlar	1/8", 1/4", 1/2" Pirinç Malzeme	92
Hortumlar	6, 8 mm Polietilen Hortum	60 m.

Sıvı dolum sistemi içerisinde dolumun yapılabilmesi için bardakların dolum yerlerine itilmesi gerekir. Bardaklar pnömatik silindirler sayesinde konveyör bant üzerinden dolum istasyonuna itilir. Dolumu gerçekleştirilen bardağın tekrar bant üzerine

getirilmesi için bardak itme pnömatik silindirin ucuna vakum aparatı yerleştirilmiştir. Vakum yapan uç vakum pedi ve bağlantı aparatından oluşmaktadır. Vakumlama etkisi vakum jeneratörünün çalışması ile oluşturulur. Sıvı dolum sistemi içerisinde sıvı dolumu için 4 (dört), kapak takma için 1 (bir) adet vakumlama işlemi vardır. Vakumlama işleminin çalışma prensibi Şekil 3.7’de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Vakumlama işlemi çalışma prensibi

Pnömatik ürünlerin belirli düzeylerde hava basınçlarına ihtiyacı olduğu için basınçlı havayı elde etmek için kompresör kullanılmıştır. Kompresör ortamda bulunan havanın hacmini sıkıştırma yöntemiyle düşürerek basınçlı hava kaynağı oluşturur. Basınçlı olan hava kompresörün tankında tutulur. Sıvı dolum sistemi içerisinde vakumlama ve pnömatik silindirlerin çok oluşu hava tüketimini arttırmaktadır. Kompresör seçimi bu durum göz önüne alınarak 50 litre hava tank kapasitesi ve 2 HP güç olacak şekilde yapılmıştır. Kompresör içerisindeki sıkıştırılan havayı kontrolsüz olarak pnömatik ürünlere iletmesi sorun yaratmaktadır. Kompresör içerisindeki sıkıştırılan havanın pnömatik ürünlere iletilmeden önce hem zararlı partiküllerden ayrıştırılması hem de istenen basınç düzeyine getirmesi filtreli regülatör vasıtasıyla yapılmaktadır. Filtreli regülatör 0 bar ile 12 bar arasındaki hava basıncını hem filtreler hem de düzenler. Sıkıştırılmış hava istenilen şartlara getirildikten sonra pnömatik ürünlere kaynak olarak sağlanır.

Pnömatik silindir ve vakumlama jeneratörlerinin hava akışlarının kontrolü için selenoid valfler kullanılır. Selenoid valfler elektriksel olarak aldığı giriş sinyalini

pnömatik çıkış olarak dönüştüren elektromanyetik elemanlardır. Pnömatik silindirin çeşidine göre kullanılan valfler, sıvı dolum sisteminde çift etkili silindirin olması sebebiyle 5/2 yön denetim valfi olarak seçilmiştir. Pnömatik silindir ve vakumlama işleminin çok olması valf sayısını arttır. Sıvı dolum sistemi içerisinde toplamda 21 tane valf kullanılmaktadır. Valflerin tek tek montajlanmasının zor olması sebebi ile 10'lu valf adası kullanılmıştır. Valf adası aynı tipten valflerin alüminyum zemine sabitlenerek düzenlemesini sağlamaktadır.

Pnömatik silindirler ve vakum jeneratörlerin kontrolü valflerle yapılmaktadır. Sıvı dolum sistemi içerisinde valflerin, vakum jeneratörlerin, vakum aparatların ve pnömatik silindirlerin konumları farklıdır. Pnömatik işlemlerinin gerçekleşmesi için parçaların birbirlerine bağlanması gerekmektedir. Pnömatik silindirin ihtiyacı olan basınçlı havanın kompresörden taşınması için 6 mm polietilen hava hortumları kullanılır. Hava hortumları taşıdıkları akışkan havayı iletmeleri için hava kaynağına ve iş elemanlarına bağlanmaları gerekir. Hava hortumu ile valf, silindir ve diğer pnömatik elemanların bağlantısı rakorlar yardımıyla yapılır. Rakorlar hava hortumlarının ölçülerine uyumlu bağlanırlar ve ağırlıklı olarak çelik malzemeden üretilirler. Sistem içerisinde farklı ölçülerde toplamda 92 adet kullanılmıştır.

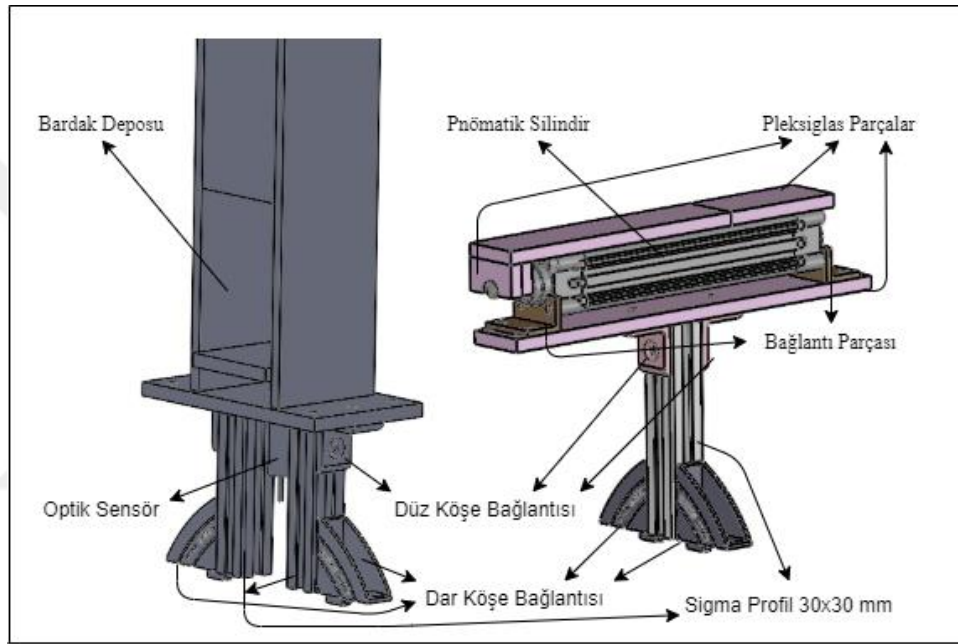
3.1.4. Ana proseslerin mekanik tasarımı ve özellikleri

Sıvı dolum sistemi içerisinde birçok ana proses ve bu proseslere yardımcı işlem adımlarını içermektedir. Sıvı dolum sistemi içerisinde bardak başlatma, taşıma, sıvı dolum, kapak takma, etiketleme ve meyve sıkımı gibi ana prosesler çalışmaktadır. İşlemlerin tamamlanması için çalışan proseslerin birbirleri arasında hem mekanik hem de elektronik bağlantılar vardır. Tasarlanan tüm ana prosesler arasındaki taşınım belirli bir akışa göre yapılmaktadır. Ana prosesler arasındaki geçiş uzunluğu eşit tutularak aynı anda farklı proseslerin çalışması sağlanmıştır. Ayrıca seri üretim için gerekli olan adetler üretilabilir olmuştur.

3.1.4.1. Bardak başlatma prosesi

Sıvı dolum sisteminde üretilmek istenen ürünler belirlendikten sonra ilk çalışan ana prosestir. Burada bardakların bulunduğu depodan bardaklar konveyör bant üzerine

İtilme işlemi pnömatik silindir tarafından yapılır. Pnömatik silindirin strok boyu yapılan tasarıma göre seçilmiş ve uzunluğu 160 mm'dir. Bardak deposundaki bardağın konveyör bant üzerine itilmesi için bardak deposunun ve pnömatik silindirin yüksekliği konveyör bant yüksekliğine göre ayarlanması gerekir. Yüksekliğin ayarlanması sigma profiller kullanılarak gerçekleştirilir. Sigma profillerin bardak deposuna ve pnömatik silindire bağlanması bağlantı elemanları sayesinde gerçekleştirilir. Pleksiglas parçalar ara montaj parçası olarak kullanılmıştır. Bardak başlatma prosesinin tasarımı Şekil 3.8'de gösterilmiştir.

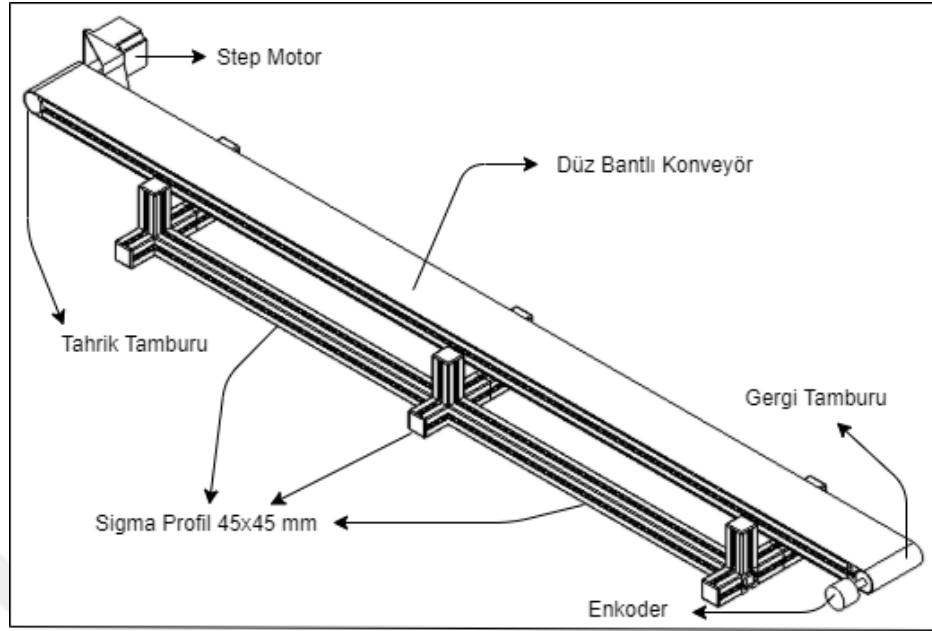


Şekil 3.8. Bardak çıkarma

3.1.4.2. Taşıma prosesi

Sıvı dolum sistemi içerisinde çalışan ana prosesler işlemlerini (dolum, kapak takma, etiketleme gibi.) tamamladıktan sonra diğer ürün işlemine başlaması için işlenmiş prosesin diğer prosese taşınması gerekmektedir. Taşıma işlemi düz bantlı konveyör tarafından gerçekleştirilir. Konveyör bant üzerindeki bardağın diğer bir ana prosese hassas bir şekilde taşınması için step motor ile tahrik edilmektedir. Konveyörün bandı ile step motor arasında bağlantıyı sağlamak için tamburlar kullanılmıştır. Tahrik tamburu step motorun bağlı olduğu yeri, gergi tamburu ise bandın diğer ucunda gerginliği sağlayan yer olarak tasarlanmıştır. Gergi tamburunun üzerinde bulunan

enkoder sensörü bant hassasiyetini sağlamak için kullanılmıştır. Taşıma prosesindeki konveyör bant ve bileşimlerinin tasarımı Şekil 3.9’da gösterilmiştir.



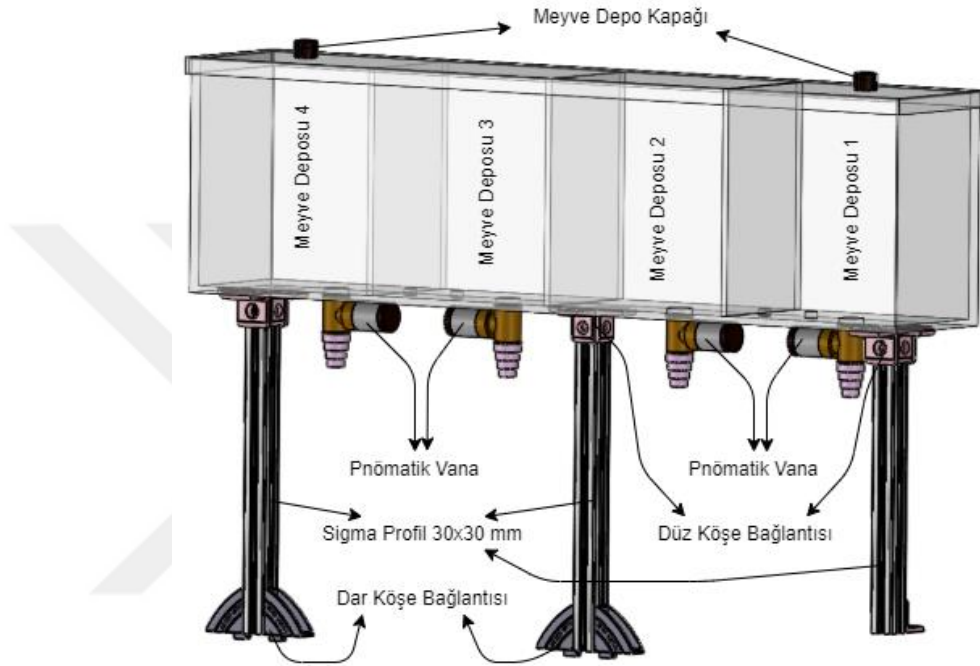
Şekil 3.9. Konveyör bant

3.1.4.3. Sıvı dolum prosesi

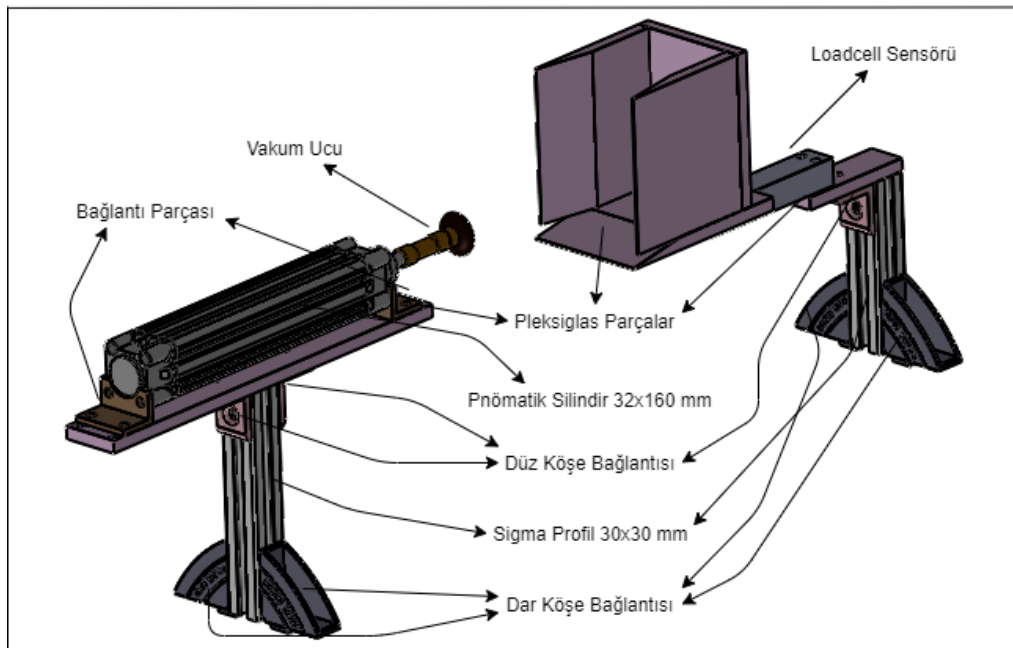
Sıvı dolum sistemi içerisinde bardak başlama prosesi tamamlandığında taşıma prosesi gerçekleştirilmiştir. Bardak taşıma prosesi gerçekleştiğinde bardaklar sıvı dolumunun yapıldığı ana prosese gelmektedir. Sıvı dolum prosesi dört adımda tamamlanır. Her bir adımda farklı meyve suları kullanıcının istediği miktarlara göre doldurulur. Sıvı dolum ana prosesinin her adımı pnömatik vananın kontrolü ile gerçekleştirilmektedir. Sıvı dolumu için kullanılan sıvı deposu, 4 bölmeli ve her bölmesi yaklaşık 20 litre meyve sıvısı alacak şekilde tasarlanmıştır. Meyve sıvı deposu ve bileşimlerinin tasarımı Şekil 3.10’da gösterilmiştir.

Sıvı dolum prosesi içerisinde olan meyve sıvı deposundan dolumun yapılabilmesi için her bardağın dolum haznesine iletilmesi gerekmektedir. Dolum sistemi içerisinde bardağın dolum haznesine itilmesi pnömatik silindir tarafından gerçekleştirilir. Pnömatik silindir konveyör bant durduğunda ileri doğru hareket ederek dolum haznesi olan loadcell ağırlık sensör kontrollü bölgeye bardağı itmektedir. Bardak bu bölgeye geldiğinde dolum işlemi pnömatik vananın açılmasıyla başlar ve ağırlık sensör bilgileri işlenerek dolum tamamlandığında pnömatik vana otomatik kapatılır. Dolumu

tamamlanmış olan bardak tekrar konveyör bant üzerine gelmesi için pnömatik silindir tekrar hareket ederek ucundaki vakum aparatı sayesinde bardağı geri getirmektedir. Vakumlama işlemi dolum gerçekleştirildikten hemen sonra gerçekleştirilir. Vakum ucu aparatı pnömatik silindirin ucuna montaj edilmiştir. Dolum haznesi ve pnömatik silindir konveyör bant yüksekliğine gelecek şekilde bağlantı parçalarıyla yükseltilmiştir (Şekil 3.11).

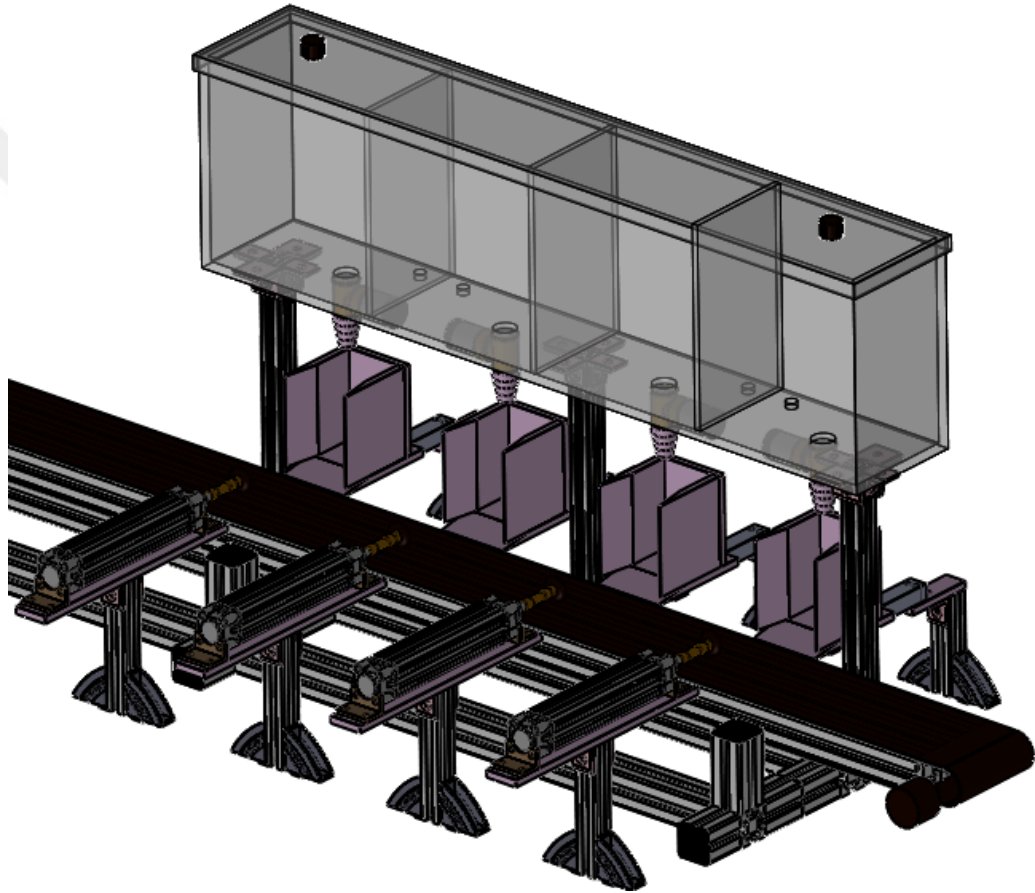


Şekil 3.10. Meyve suyu depo tasarımı



Şekil 3.11. Dolum haznesi ve pnömatik silindir tasarımı

Sıvı dolum prosesi kullanıcının istediği meyve sıvılarına göre gerçekleştirilmektedir. Farklı özelliklerde ürün üretimi için bardağın farklı dolum haznelerine girmesi gerekmektedir. Dört çeşit meyve sıvısı bulunan depodan dolum işlemi dört adımda tamamlanır. Her adımı tamamladıktan sonra konveyör bant ile diğer adıma geçilir. Dört adım için toplamda 4 adet pnömatik vana, 4 adet pnömatik silindir ve vakum ucu, 4 adet dolum haznesi tasarımı yapılmıştır. Tüm işlemler sıvı dolum prosesi olarak tasarlanmış ve Şekil 3.12’de gösterilmiştir.

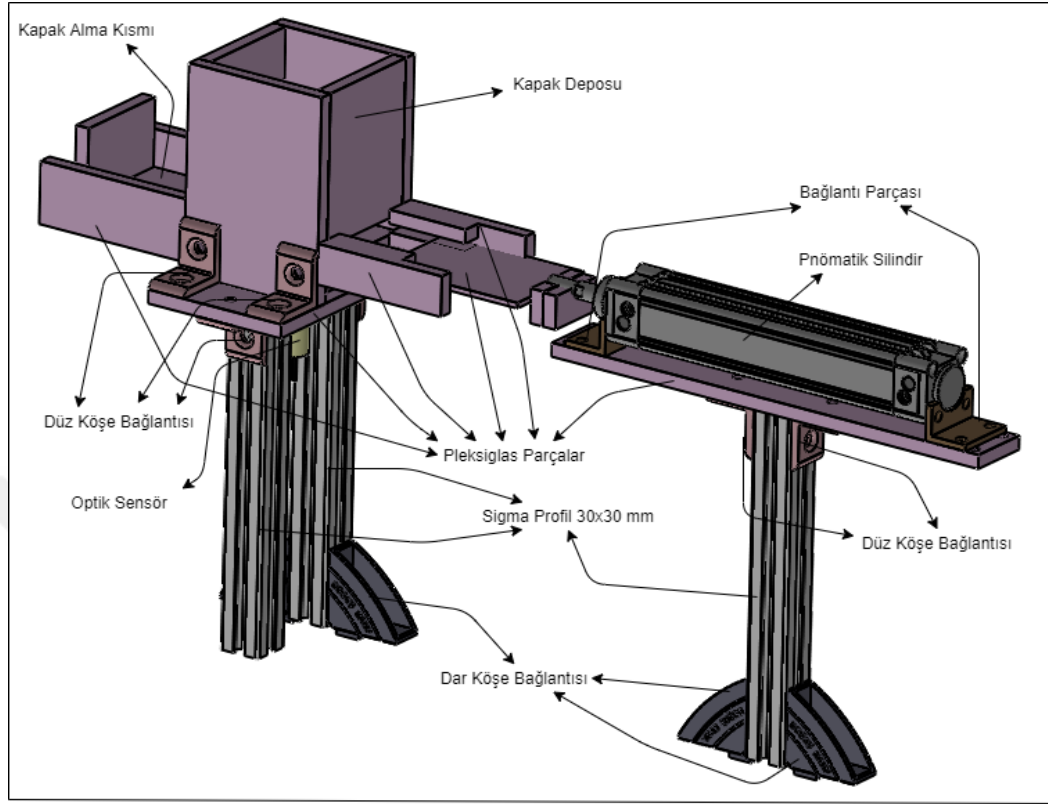


Şekil 3.12. Sıvı dolum prosesi

3.1.4.4. Kapak takma prosesi

Sıvı dolum ana prosesi tamamlandıktan sonra bardakların kapaklarının takıldığı adım kapak takma ana prosesidir. Dolum işlemi tamamlanmış bardak konveyör bant ile kapak takılma prosesine getirilmektedir. Kapak takma prosesi kapak deposundan itilen kapağın alınarak bardağın üzerine kapatılması ile gerçekleştirilir. Kapak deposu içerisinde yaklaşık 15 adet kapağı tutabilecek şekilde tasarlanmıştır. Kapak

deposundan kapağın çıkarılıp alınabileceği yere getirilme işlemi pnömatik silindir tarafından gerçekleştirilir. Şekil 3.13'te tasarlanan sistem gösterilmiştir.

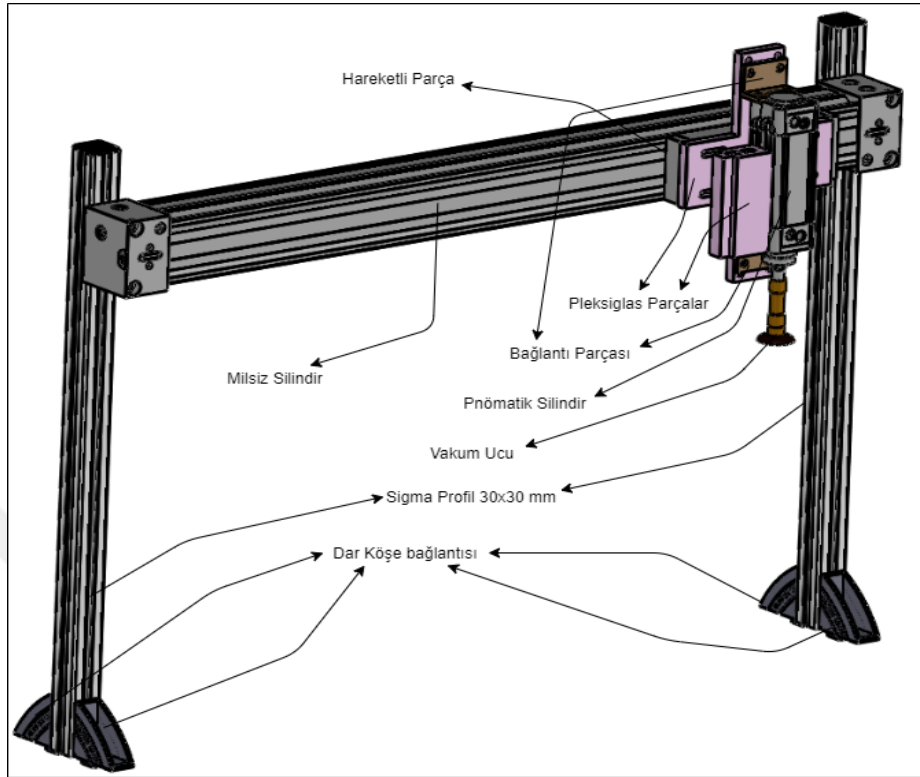


Şekil 3.13. Kapak çıkarma tasarımı

Kapak deposundan çıkan kapağın alınıp bardağın üzerine kapatılması gerekmektedir. Burada diğer proseslerin tasarımından dolayı kapak takma işlemi için kapak deposu yaklaşık 500 mm mesafededir. Kapak takma işlemi için taşıma mesafesinin uzun olması çift etkili silindir kullanımını olumsuz yönde etkilemektedir. Milsiz silindirin tasarımı sebebiyle herhangi bir mesafede mevcut ağırlığın etkisiyle farklı bir yüke maruz kalmamaktadır. Daha hassas ve uzun ömürlü taşıma sağlanması için milsiz silindir kullanılmıştır.

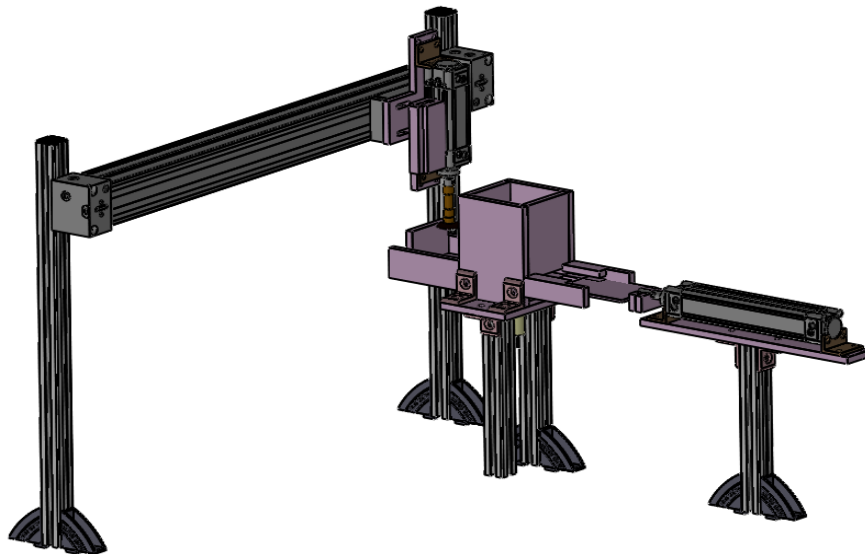
Kapak takma işleminde milsiz silindir kapak deposu ile bardak arasındaki yatay doğrultuda çalışmaktadır. Kapak takma işlemi için dikeyde hareket eden bir pnömatik silindir kullanılmıştır. Bu silindir dikey doğrultuda kapağın alınıp kaldırılmasını ve kapağın takılması için kullanılmaktadır. 50 mm stroku ile dikey doğrultuda hareket eden pnömatik silindir pleksiglas bağlantı parçasıyla milsiz silindirinin hareket eden kısmına montajlanmıştır. Böylece kapağın taşınması ve takılması işlemleri tamamlanmış olur. Kapağın kapak alma yerinden alınması için vakumlama işlemi

yapılmıştır. Pnömatik silindirin uç kısmına vakumlama aparatları montajlanmıştır. Şekil 3.14’te tasarlanan sistem gösterilmiştir.



Şekil 3.14. Milsiz silindir ve pnömatik silindir ile kapak taşıma tasarımı

Kapak takma prosesi içerisinde kapak deposundan kapağın çıkarılması, kapağın alınması, taşınması ve takılması işlemlerini barındırır. Birbiri ile senkron bir şekilde çalışan bu işlem adımları ana kapak takma prosesini oluşturur. Kapak takma prosesinin tasarımı Şekil 3.15’te verilmiştir.

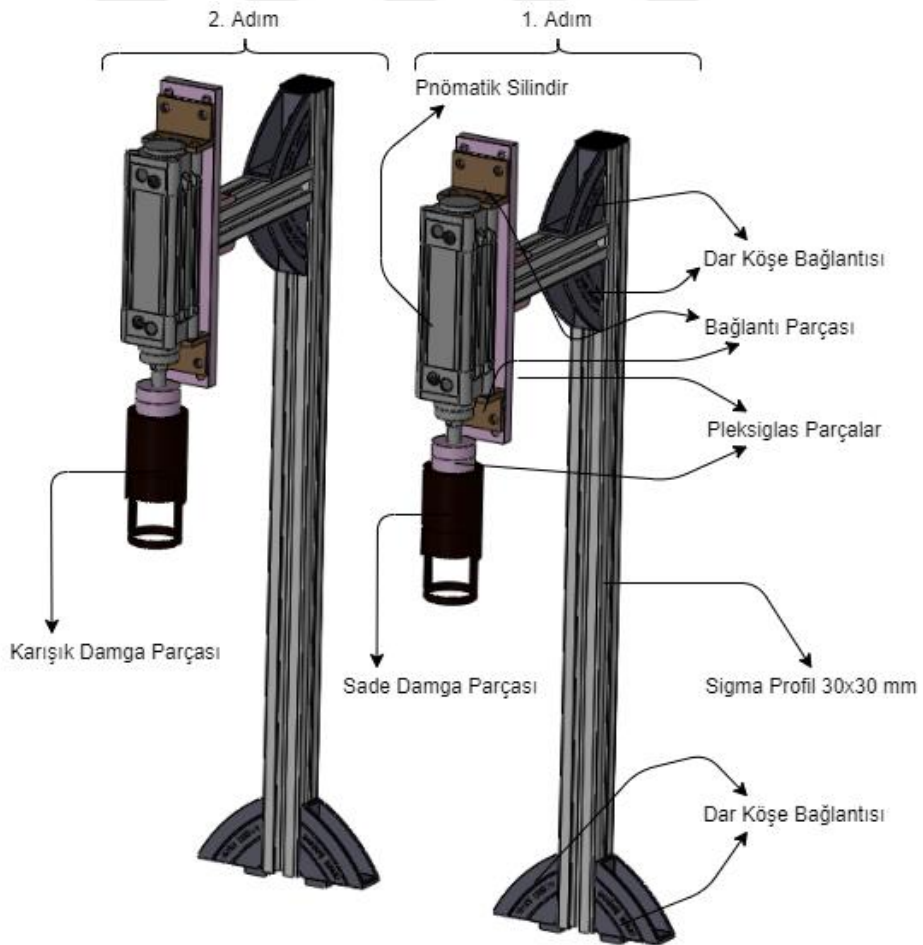


Şekil 3.15. Kapak takma prosesi

3.1.4.5. Etiketleme prosesi

Sıvı dolum sistemi içerisinde çalışan son ana procestir. Bardak deposundan çıkan bardak önce dört adımdan geçerek dolum işlemleri tamamlanır. Dolumu tamamlanmış bardak, kapak takma prosesine gelir ve kapağı takılır. Dolumu yapılmış ve kapağı takılmış bardak etiketleme prosesine gelir. Etiketleme içerisinde ürün tasarımı ve özelliğine göre sade veya karışık bilgilerini içermektedir. Etiketleme prosesi sade ve karışık işlem prosesleri olmak üzere iki adımdan oluşmaktadır. Etiket baskısı kapak üzerinde ortalanmış bölgeye basılmaktadır.

Etiketleme prosesinin iki adımda da kullanılan etiket baskı parçası hariç bütün parçalar aynı özelliklerde tasarlanmıştır. Konveyör bant üzerinde gerçekleşen etiketleme prosesinde 32x50 mm pnömatik silindir ve bağlantı elemanları kullanılarak tasarlanmıştır (Şekil 3.16).



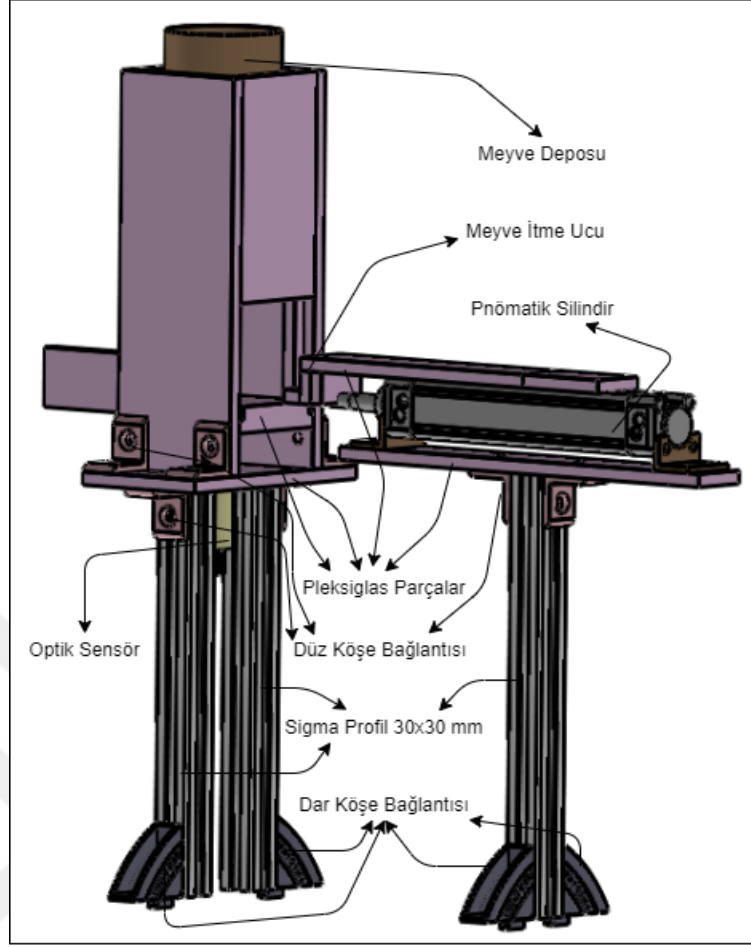
Şekil 3.16. Etiketleme prosesi

3.1.4.6. Meyve sıkma prosesi

Meyve sıvılarının bulunduğu depoda dört çeşit meyve sıvısı vardır. Meyve sıvılarından ilk üç tanesi hazır olarak depolara eklenir. Hazır olarak eklenmesi gereken meyve sıvıları operatör tarafından gerçekleştirilir. Buraya eklenen meyve sıvılarının azalması durumunda sistem alarm vererek operatörü uyarır. Sıvı dolum prosesinin son adımı olan dördüncü dolum bölümünün meyve sıvısı ise otomatik olarak üretilmektedir. Meyve sıvısının üretimi meyve sıkma prosesinde gerçekleştirilir ve dördüncü depoya doldurulur. Dördüncü depoda meyve sıvısının eksilmesi durumunda sistem operatöre uyarı vermemektedir. Bu durumda sistem içerisinde meyve sıkma prosesine çalışma komutu gider ve proses çalışarak meyve deposunun meyve sıvı ihtiyacını karşılamaktadır.

Meyve sıkma prosesi kendi içerisinde ardışık adımlardan oluşur ve diğer ana proseslere bağlı değildir. Herhangi bir dolum, kapak takma, etiketleme işlemleri anında doğrudan çalışarak işlemlerini gerçekleştirebilir. Meyve sıkma prosesi iki ana bölümden oluşmaktadır. Bunlar meyvelerin sıkılması için depodan sıkma makinesine iletilmesi ve meyve sıkma adımlarıdır.

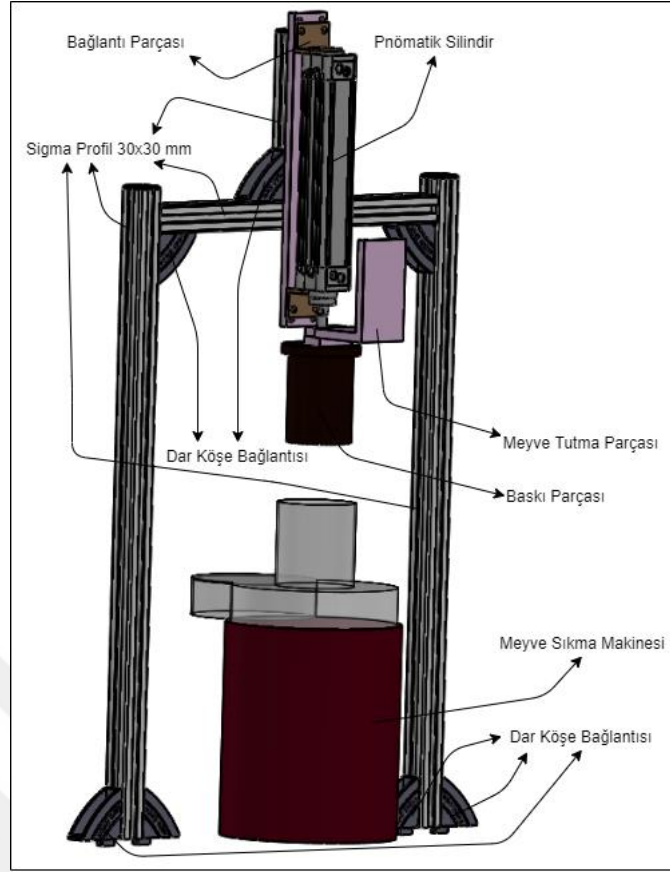
Meyve sıkma prosesi içerisinde çalışan meyvenin sıkılma yerine itilmesi işlemi kapak takma istasyonunda çalışan kapağın alınma yerine itmesine benzer yapıda çalışmaktadır. Meyve deposunda meyveler tutulur ve işlem sırası geldiğinde pnömatik silindir ile sıkma makinesine itilir. Meyve itme işlemi tamamlandığında pnömatik silindir tekrar eski konumuna gelerek aynı işlemleri tekrarlanmaktadır. Meyve itme işleminin tasarımı Şekil 3.17’de gösterilmiştir.



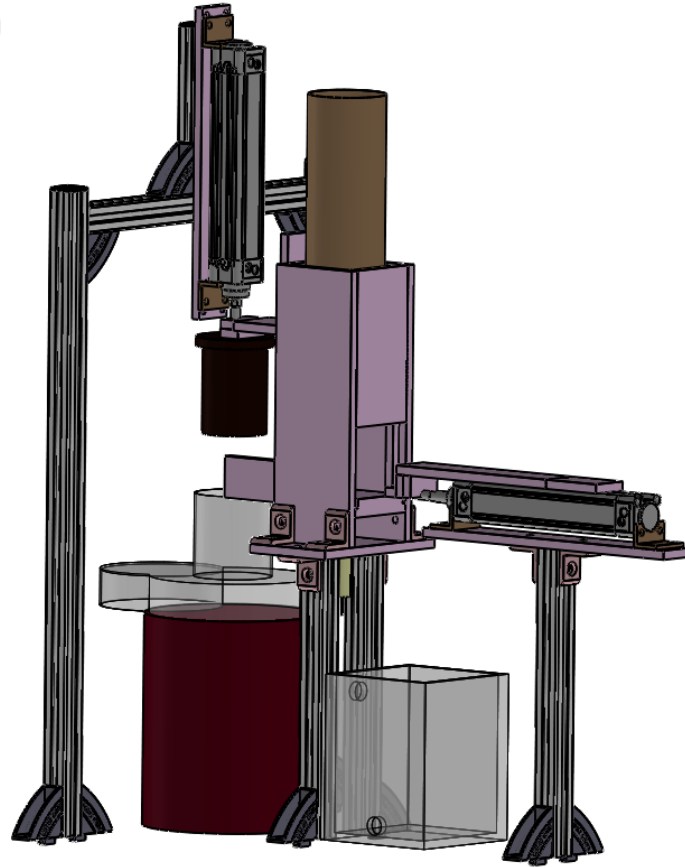
Şekil 3.17. Meyve deposu ve meyvenin itilme sisteminin tasarımı

Meyve deposundan meyvenin itilmesiyle meyve, meyve sıkma makinesine düşmektedir. Meyve düştüğünde sıkma makinesi çalışarak sıkma işlemi başlanmaktadır. Sıkma makinesi hali hazırda bulunan sıkma makinelerinin sisteme uyarlanmasıyla oluşturulmuştur. Sıkma işleminin hızlanması için sıkma işlemi sırasında baskı oluşturmak gerekmektedir. Meyve üzerine baskı oluşturmak için bir sistem tasarımı yapılmıştır (Şekil 3.18). Pnömatik silindirin dikeyde hareketi ile ucuna bağlanmış aparat meyve üzerine baskı yapmaktadır.

Meyve sıkma prosesi meyvenin depodan meyve sıkma makinesine itilmesi, meyvenin sıkma makinesinde baskıyla sıkılması ve oluşan meyve sıvısının depoya aktarılması işlemlerinden oluşmaktadır. Meyve sıkma işlemi her meyve itildiğinde baştan sona çalışır ve sonlandırılır. Elde edilmek istenen meyve sıvısı miktarına kadar aynı işlemler tekrarlanır. Sıkılan meyve sıvıları önce bir kaba aktarılır. Bu kapta biriken meyve sıvıları toplu bir şekilde sıvı aktarım pompasıyla dördüncü meyve sıvısı deposuna aktarılmaktadır. Meyve sıkma prosesinin tasarımı Şekil 3.19’da gösterilmiştir.



Şekil 3.18. Meyve sıkma makinesi ve baskı tasarımı



Şekil 3.19. Meyve sıkma prosesi

3.2. Sistemin Otomasyon Yazılımı ve Donanımsal Bileşenleri

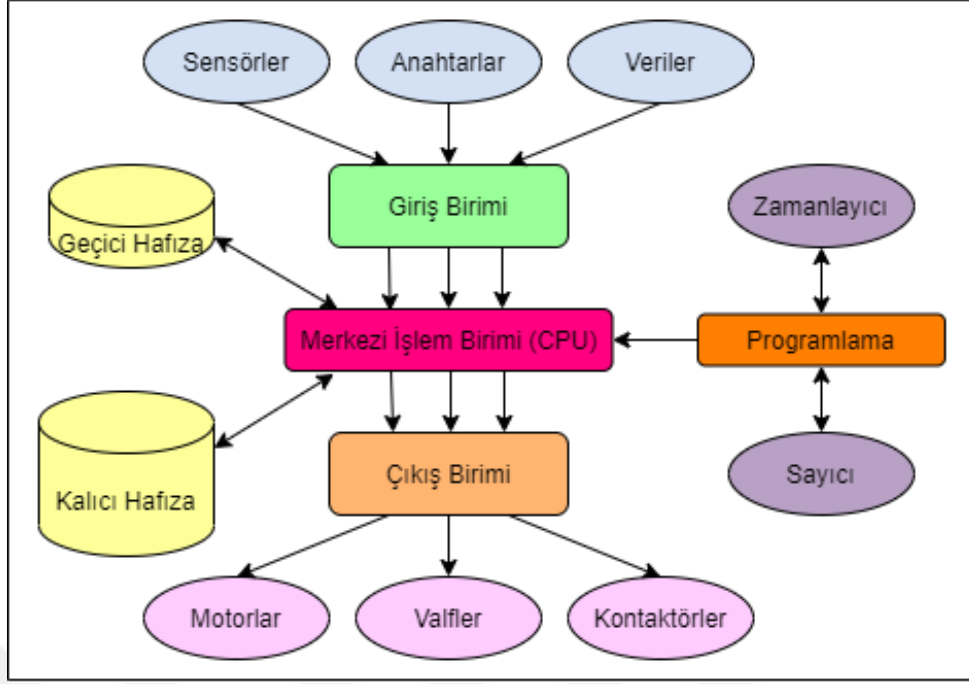
3.2.1. Programlanabilir mantıksal denetleyici (PLC)

Programlanabilir mantıksal denetleyiciler (Programmable Logic Controller - PLC) özellikle endüstriyel sistemlerin kontrolü için kullanılan kendine özel programlama yöntemlerine sahip mini bilgisayarlardır. 1960'ların başında yarı iletken teknolojisinin ilerlemesi bilgisayarların gelişimini hızlandırmıştır. PLC'ler ilk olarak 1968 yılında seri üretim ihtiyacını karşılamak için üretilmiştir. Teknolojik gelişmelerin artmasıyla 1990'lı yılların sonlarına doğru bugünkü PLC temellerini oluşturan cihazlar üretilmeye başlanmıştır.

Günümüzde PLC'lerin enerji, otomotiv, ulaşım, üretim vb. tesislerde sıklıkla kullanılmaktadır. Programlama yapısının kolay olması, hata tespit süresinin kısa olması, çok karışık sistemlerde kolaylık sağlaması, çalışma koşulları bakımından birçok ortamda rahatlıkla çalışabilmesi en önemli tercih sebepleri arasındadır. İlk yatırım maliyeti yüksek olmasına karşın benzer işlemleri yapabilen diğer cihazlara kıyasla çok daha dayanıklı ve uzun ömürlüdürler. Kullanıldıkları sistemlere göre dizayn edilebilmeleri ve bakım maliyetlerinin düşük olması avantajlarından birkaçıdır.

PLC'lerin kendi içlerinde birçok giriş çıkış modülünü bulundurmakta ve modüller arası iletişimler belirli protokollere göre gerçekleştirilmektedir. PLC giriş ve çıkış verilerinin durumunu sürekli kontrol eder ve içerisindeki programa göre kararlar vermektedir. PLC'lerin içinde bilgileri işlemek için bir mikrodenetleyici, işlem esnasında kullanılan verileri tutmak için geçici bellek ve PLC içerisindeki genel programları tutmak için de kalıcı hafıza bulunmaktadır. PLC'nin iç yapısı ve çalışma şekli Şekil 3.20'de verilmiştir.

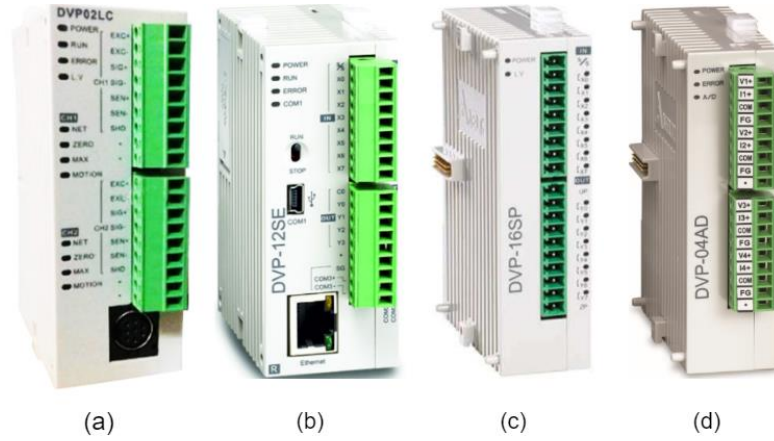
PLC'lerin endüstriyel tesislerde çok kullanılıyor olması rekabet ortamı oluşturduğu için farklı üreticilerin oluşmasını sağlamıştır. Üretilen ürünlerin talep edilmesini sağlamak için fazla sayıda marka ve model oluşturulmuştur. Üretilen ürünler arasında özellikleri bakımından birçok farklılık olsa da aslında benzer görevi gerçekleştirmek için üretilirler. PLC'ler arasındaki farklılar işlem hızı ve gücü, programlama yöntemleri, giriş/çıkış sayıları, boyutları, fiyatları, dahili modülleri gibi özelliklerdir.



Şekil 3.20. PLC'nin iç yapısı

PLC'nin programlaması için kullanılan yazılım dilleri farklı yapılardadır. Birbirlerine göre avantajları ve dezavantajları vardır. PLC programlamak için kullanılan yazılım dilleri; Merdiven Diyagramı (Ladder Diagram - LD), Sıralı Fonksiyon Tablosu (Sequential Function Chart - SFC), Yapısal Metin (Structured Text - ST), Fonksiyon Blok Diyagramı (Function Block Diagram - FBD), Komut Listesi (Instruction List - IL)'dir (Eminoğlu, 2013). Bu programlama dilleri çalışma yapısı bakımından benzer özelliklere sahip olmasına rağmen görselleri ve programlaması farklı olan yapılardadır. PLC programlaması yapılırken en çok kullanılan programlama dillerinden biri merdiven diyagramıdır. PLC programlanması, arızalarının giderilmesi ve anlaşılması bakımından kolay bir yapıya sahiptir.

Sıvı dolum sisteminin otomasyonu Delta marka DVP12SE-11T model ana PLC ile merdiven diyagramı programlama yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Sistemin kontrolünde 1 adet ana PLC (DVP12SE11T), 3 adet giriş – çıkış ek modül (DVP16SP11T), 2 adet loadcell modülü (DVP02LC - SL) ve 1 adet analog dijital dönüştürücü (DVP04AD - S2) modül kullanılmıştır. Modüller arası iletişim için giriş – çıkış ek modül ve analog – dijital çevirici ek modül ana PLC'nin sağına, loadcell modülü ise soluna eklenmiştir. Kullanılan PLC ve ek modüllerinin görselleri Şekil 3.21'de gösterilmiştir (Delta, 2018).



Şekil 3.21. a) DVP02LC-SL b) DVP12SE11T c) DVP16SP11T d) DVP04AD-S2

Ana PLC sistemin genel kontrolünü ve yürütülmesini sağlamaktadır. Ek modüller ile birlikte çalışarak girişlerine gelen sinyallerine göre çıkış sinyallerini düzenlemektedir. Düzenleme işlemi daha önce içerisine yazılan programlara göre yapılmaktadır. Ana PLC'nin giriş – çıkış sayısı bütün sistemin ihtiyaçlarını karşılayamamaktadır. Bu giriş – çıkış sayısını arttırmak için ek modüller kullanılmıştır. Ana PLC ile uyumlu genişleme modülü 8 adet giriş, 8 adet çıkış içermektedir.

Sıvı dolum sistemi ağırlığa göre dolum yöntemini içermektedir. Ağırlığın algılanmasında kullanılan sensörün ölçüm değerlerinin algılanması için loadcell ek modülü kullanılmıştır. Loadcell ek modülü 2 adet sensör verisini algılayabilecek şekilde tasarlanmıştır. Sistem içerisinde 2 adet loadcell modülü kullanılarak toplamda 4 adet sensör verisi PLC programı içerisine aktarılmaktadır. Sıvı dolum prosesi sırasında depolardaki meyve sıvısı miktarının ölçülmesi için analog basınç sensörü kullanılmıştır. PLC'lerin girişleri dijital sinyalleri algılama özelliğine sahip olduğu için sensörden gelen veri başka bir yöntemle alınması gerekmektedir. Analog – dijital dönüştürücü modül sayesinde analog olarak gelen veri algılanır ve ana PLC'nin kullanabileceği şekilde dijital sinyale çevirilmektedir. 4 adet depo olması sebebi ile 4 adet sensör kullanılmaktadır. Analog – dijital çevirici modülün 4 kanallı olması analog – dijital dönüşüm için yeterli olmuştur.

Paralel programlama mantığı ile çalışan PLC ve ek modülleri, kullanımları ve özellikleri bakımından birbirine uyumlu şekilde seçilmesi uygulamada oldukça önemlidir. Sıvı dolum sisteminde kullanılan PLC ve ek modüllerin özellikleri Çizelge 3.3'te verilmiştir.

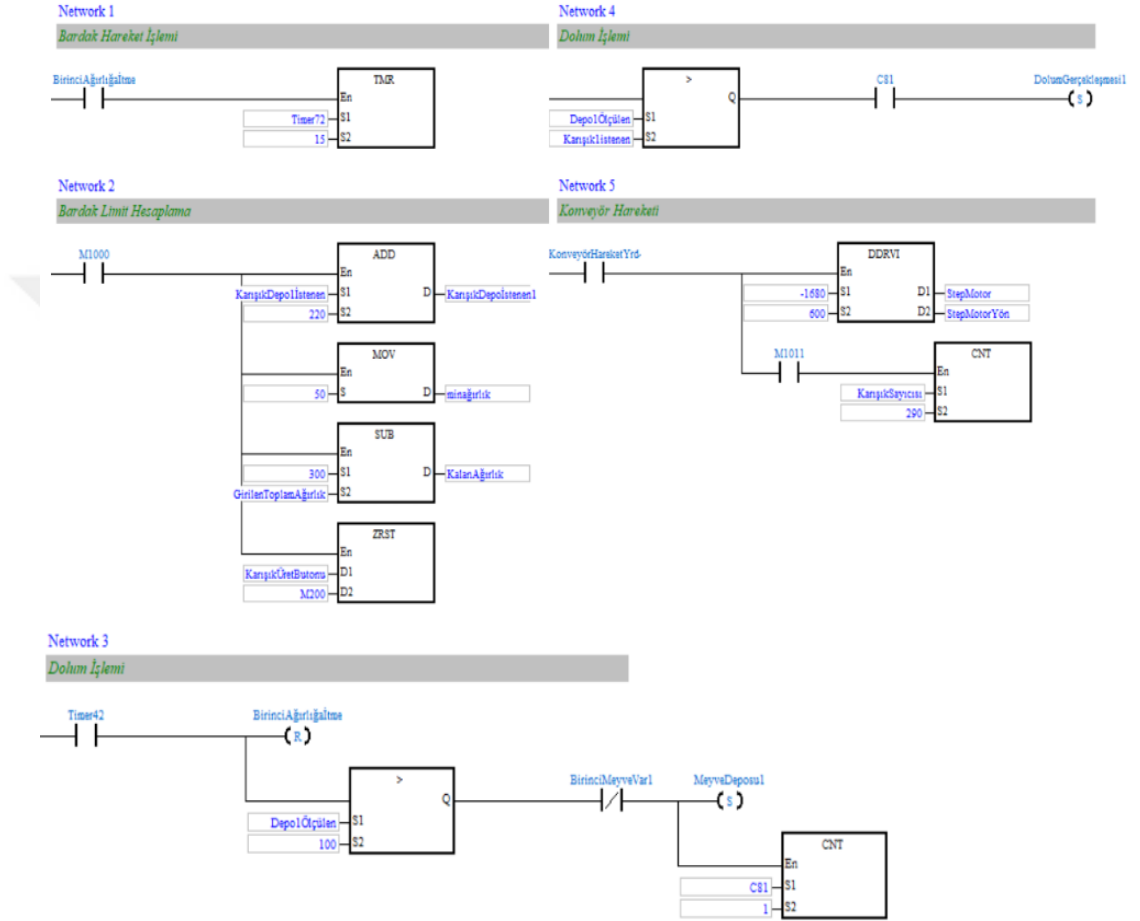
Çizelge 3.3. Sıvı dolum sisteminde kullanılan PLC ve ek modülleri

Ana PLC Modülü (DVP12SE11T)	Program Kapasitesi	16k Step
	Maks. Giriş-Çıkış Sayısı	480 Adet
	Hızlı Giriş Sayısı	2 Adet 100KHz - 6 Adet 10KHz
	Hızlı Çıkış Sayısı	2 Adet 100KHz - 2 Adet 10KHz
	Haberleşme	2 Adet RS485 - Mini USB - Ethernet
	Sol Modül Desteği	Mevcut
	Çıkış Birimi	Transistör
Giriş - Çıkış Ek Modülü (DVP16SP11T)	Giriş Sayısı	8 Adet
	Çıkış Sayısı	8 Adet (NPN)
	Çıkış Birimi	Transistör
Loadcell Ek Modülü (DVP02LC - SL)	Çözünürlük	24 Bit
	Kanal Sayısı	2 Adet
Analog Ek Modülü (DVP04AD - S2)	Giriş Birimi	V / I Analog Giriş
	Çözünürlük	14 Bit
	Kanal Sayısı	4 Adet

PLC programlaması merdiven diyagramı ile yapılmıştır. Merdiven diyagramı birbirini ardından gelen işlem adımlarını algoritmik düzende gerçekleştiren programlama dilidir. Sıvı dolum sistemi içerisinde merdiven diyagramı ile yazılan örnek bir program Şekil 3.22’de gösterilmiştir. Merdiven diyagramında kullanılan bazı nesne ve komutların açıklaması aşağıda verilmiştir:

- TMR olarak kullanılan nesne zamanlayıcı olarak kullanılmaktadır. Program adımının belirli bir süre sonra devreye girmesini sağlamak için kullanılmıştır.
- ADD ve SUB nesneleri herhangi iki sayıyı toplamak veya çıkarmak için kullanılmaktadır. Sistem içerisinde bardak limitlerini hesaplamada kullanılmıştır.
- MOV komutu veriyi başka bir adrese veya değişkene taşımak için kullanılır.
- ZRST komutu ilk verilen giriş adresi ile son verilen giriş adresinin arasındaki bütün değişkenleri resetleyen komuttur. Sistemde acil stop durumu için kullanılmıştır.
- M1000 kontağı sürekli açık olarak çalışan kontağı ifade etmektedir.
- > ve < nesneleri herhangi iki sayının birbirlerinin durumlarına göre iletimi sağlayan komuttur. Sistem içerisinde dolum sırasında kullanılmıştır.
- CNT komutu her aktif olduğunda birer artarak sınır değerine kadar bekleyip sınır değerine ulaştığında çıkış veren nesnedir.

- (R), (S) ve () komutları çıkış nesnelerinin kontrolü için kontaktör olarak kullanılmıştır.
- DDRVI step ve servo motorların adım sayısı, yön ve hız kontrolü için kullanılan nesnedir. Sistem içerisinde step motorun hız, yön ve adım sayısının kontrolü için kullanılmıştır.



Şekil 3.22. PLC programlama örneği

PLC programlamasında giriş-çıkış sayısının fazla olması, yardımcı kontak tercihi ve zamanlayıcı – sayıcı nesnelerinin kullanımı kapsamlı bir programda karmaşıklığa neden olacaktır. Karışıklığı engellemek için tüm yapısal nesnelere ve komutlara isim, adres vermek gerekmektedir. Adres ve isimlerin PLC'nin hafızasında bulunan yer alan Global Sembol Tablosu'dur. Programlama yapılırken önce sembol tablosunun oluşturulması kolaylık sağlayacaktır. Program içerisindeki global sembol tablosu özelliklerini gösteren örnek yapı Çizelge 3.4'te verilmiştir. Sembol tablosunda kullanılan değişken tiplerinin kullanım amacı ve özellikleri aşağıda verilmiştir:

- X, input olarak adlandırılan giriş sinyallerini temsil etmektedir. Genellikle sensörler bağlanır. Tipi BOOL olup False ve True durumunu ifade eder. Başlangıç durumu False'dir, eğer giriş sinyali dijital olarak 24V geliyorsa true olarak değer döndürür.
- Y, output olarak adlandırılan çıkış sinyallerini temsil etmektedir. Çoğunlukla tahrik elemanları olan motor, kontaktör, valf gibi elemanlara bağlanır. X gibi BOOL tipine sahiptir. Başlangıç durumu False'dir.
- M, yardımcı kontakları ifade etmektedir. Programlama yapılırken zamanlama, sayıcı gibi işlemleri yapabilmek için kullanılırlar. BOOL tipine sahiptir ve başlangıç durumu False'dir.
- D, sayısal verileri tutabilmek için kullanılmaktadır. Sistem içerisinde ölçüm sonuçlarının saklandığı, sayısal veriler üzerinde işlemlerin yapıp depolandığı değişken tipidir. Değişken tipi WORD'dür ve başlangıç değeri 0'dır.
- C (counter), sayıcı olarak kullanılan nesnenin tutulduğu adrestir. Başlangıç değeri yoktur ve tipi kendisidir.
- T (timer), zamanlayıcı olarak kullanılan nesnenin tutulduğu adrestir. Başlangıç değeri yoktur ve tipi kendisidir.

Çizelge 3.4. Programın global sembol tablosu

Değişken İsmi	Adres	Tipi	Başlangıç Değeri
KonveyörSayıcısı1	C70	COUNTER	
BirinciAğırlıġaġtme	Y22	BOOL	FALSE
Depo1Ölçülen	D23	WORD	0
Karışık1istenen	D5	WORD	0
BirinciVakum	Y20	BOOL	FALSE
BirinciMeyveVar	M21	BOOL	FALSE
MeyveDeposu1	Y24	BOOL	FALSE
Meyve1	M41	BOOL	FALSE
Timer1	T1	TIMER	
BaşlangıçSensörü	X31	BOOL	FALSE
StepMotor	Y0	BOOL	FALSE
StepMotorYön	Y1	BOOL	FALSE

3.2.2. Merkezi denetim ve veri toplama (SCADA)

Merkezi denetim ve veri toplama (Supervisory Control and Data Acquisition - SCADA) sistemleri PLC, döngü kontrolör, dağıtık kontrol sistemi, giriş çıkış sistemi ve akıllı sensörler gibi çeşitli elektronik cihazlardan kullanıldıkları yerdeki verileri

sürekli ve gerçek zamanlı olarak toplayan cihazlardır. SCADA üretimde kullanılan uç cihazların merkezi kontrol cihazından grafiksel olarak gözlemlenmesini ve denetlenmesine imkân sağlamak amacıyla kullanılmaktadır (Kiangala & Wang, 2019). Genel sistem içerisinde çalışan uç birimlerin bilgilerinin toplanması, izlenmesi, değerlendirilmesi ve kontrolü gibi önemli özellikleri içerisinde bulundurmaktadır. SCADA sistemi tanımlanan parametrelere göre gelen verileri değerlendirerek kullanıcıya erken uyarı mesajları üretebilir (Becerikli, 2013).

SCADA sistemleri endüstriyel üretim, iklimlendirme, otomotiv, asansör, enerji dağıtım gibi endüstrilerin yanı sıra boya, kimya, tekstil, ilaç sanayi, gıda, tarım ve hayvancılık gibi üretim tesislerinde de kullanılmaktadır. Bu üretim ve kontrol tesislerinde çalışan uç cihazlardan basınç, sıcaklık, hız, debi, ağırlık gibi verilerin ölçülmesiyle merkezi kontrol noktasında gösterilmesi, verilerinin değerlendirilmesi, raporlanması ve depolanması çok önemlidir. SCADA sisteminin endüstriyel tesislerde sıklıkla kullanılmaktadır (Kafalı, 2019).

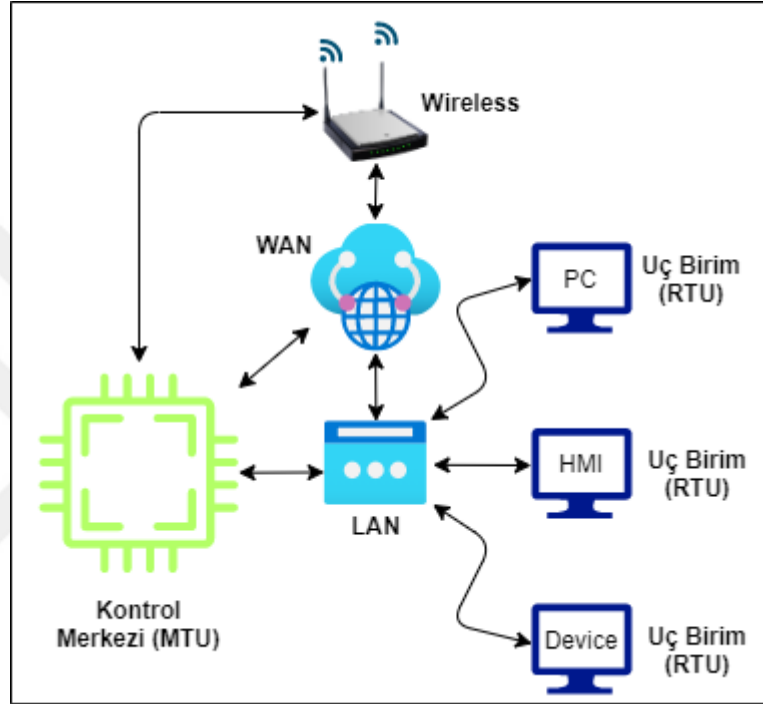
SCADA sistemi içerisinde hem yazılımı hem de donanımı barındıran önemli kullanım araçlarıdır. SCADA sisteminin tasarımı ve yapımında aşağıda maddeler halinde verilen üç 3 ana birim kullanılmaktadır (MEGEB, 2014).

- Kontrol Merkezi (Master Terminal Unit - MTU)
- İletişim Sistemi
- Uzak Uç Birimi (Remote Terminal Unit - RTU)

Merkezi terminal veya merkezi kontrol olarak adlandırılan MTU, geniş alan ağı (Wide Area Network - WAN) veya yerel ağ (Local Area Network - LAN) ile bir grup cihazın veya bir sunucunun ana sunucuya bağlanması olarak tanımlanmaktadır. Sıvı dolum sisteminde merkezi kontrol birimi olarak PLC kullanılmıştır.

SCADA sisteminde merkezi kontrol birimi ile bir veya daha fazla uç birimleri arasında bağlantının kurulması haberleşme protokolleri vasıtasıyla sağlanmaktadır. SCADA sistemlerinde çoğunlukla kullanılan haberleşme protokolleri Modbus, TCP/IP, Profinet ve DNP3'tür. Sıvı dolum sistemi içerisinde Merkezi kontrol birimi ile uzak uç birimi arasında TCP/IP iletişim protokolü kullanılmıştır (Şeker, 2019).

SCADA ile kontrol edilen ve izlenen makine veya cihazlar uzak uç birimleri olarak adlandırılmaktadır. Uzak uç birimi, kontrol merkezi istasyonuna sensör verilerini gerçek zamanlı olarak gönderir ve kontrol merkezinden gelen verileri alarak gerekli adımları yürütür. Sıvı dolum sistemi içerisinde kullanılan uzak uç birimi insan makine ara yüzü (Human Machine Interface - HMI)'dür. SCADA sisteminin birimleri ile beraber genel çalışma mimarisi Şekil 3.23'te gösterilmiştir.



Şekil 3.23. SCADA sistem mimarisi

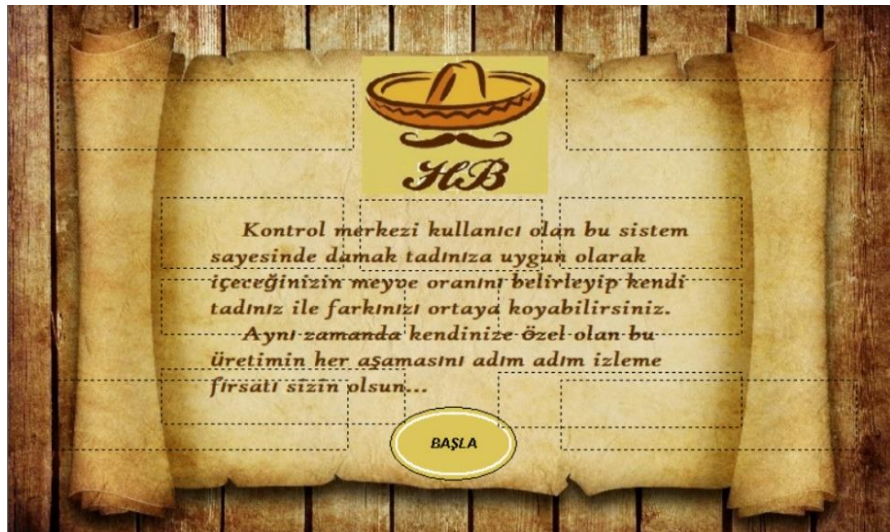
SCADA sistemlerinde kullanılan HMI paneller endüstriyel tesislerde cihaz ve aygıtların takibi, kullanımı ve yönetilmesi gibi görevlerde makine operatörü veya kullanıcılara kolaylık sağlamaktadır. Sıvı dolum sistemi çalışma prensibi gereği kullanıcı girişleri almaktadır. Kullanıcının girmiş olduğu verilere göre sistem programı yürütülür. Kullanıcı temelli olarak çalışan sıvı dolum sisteminde HMI panel olarak Delta marka DOP-B07E415 model dahili ethernet girişli 7 inç boyutunda ethernet, RS-485 ve RS-232 giriş portlu 7 inç boyutunda LCD (Liquid Crystal Display) ekran kullanılmıştır (Şekil 3.24).

HMI ekran programlaması markalara göre farklı yazılımlar ile programlanmaktadır. Sıvı dolum sistemi ekran programı Dopsoft programı ile gerçekleştirilmiştir. Dopsoft programı Delta marka HMI panellerle uyumlu olarak çalışabilmektedir.



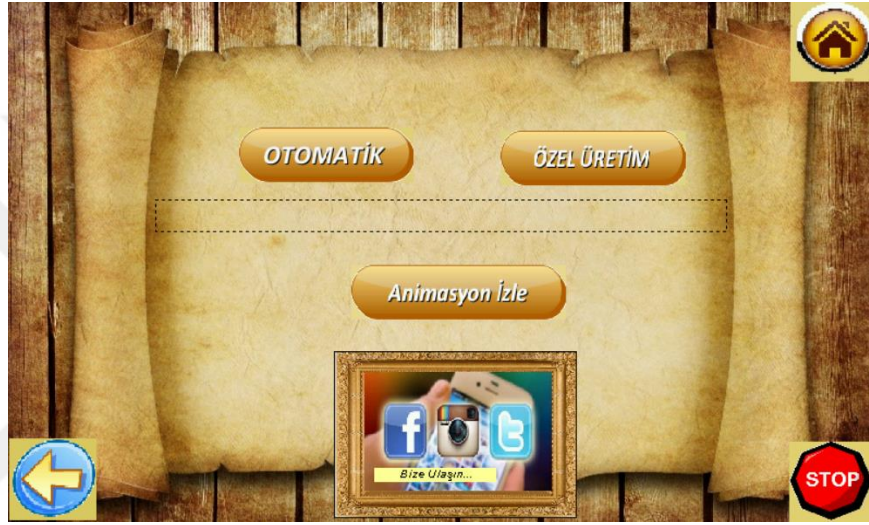
Şekil 3.24. HMI panel

Sıvı dolum sistemi içerisinde kullanıcıların istedikleri oranlarda meyve sıvısı üretimi için gerekli bilgiler HMI panel üzerinden girilmektedir. HMI panel ürün ihtiyacı olan bütün kullanıcıların anlayabileceği ve kullanabileceği şekilde tasarlanmıştır. Kullanıcının ürün üretimi için karşılaşıacağı başlangıç sayfası Şekil 3.25'te gösterilmiştir. Başlangıç sayfasında kullanıcı için bir açıklama metni yazılmış ve diğer sayfaya geçebilmek için “Başla” butonu konulmuştur. HMI panel üzerinde herhangi bir uyarı gösterilmesi gerekirse başlangıç sayfa üzerinde uyarılar gözükmemektedir. Sayfa üzerinde bardak, kapak, meyve ve meyve depolarındaki sıvıların azalması veya bitmesi durumuna göre uyarılar yanıp sönmektedir. Sayfa üzerinde uyarılar herhangi bir ürünün bittiği yönünde ise kullanıcının diğer sayfaya geçmesi engellenmiştir. Eksik veya bitmiş olan ürün tamamlandığında uyarılar otomatik olarak kalkmaktadır. Başlangıç sayfasında “Başla” butonuna basıldığında üretim yöntemi seçim ekranına erişilmektedir.



Şekil 3.25. Başlangıç sayfası

Sıvı dolum sisteminde üretim miktarına göre üretim yönteminin belirlenmesi Şekil 3.26’da gösterilen üretim yöntemi seçim sayfasından yapılmaktadır. Kullanıcının bu sayfada yapabileceği işlemlerin açıklaması kayan yazı olarak sayfanın ortasında bulunmaktadır. Sayfa üzerinde sol alt köşede bulunan “Geri” butonu ile bir önceki sayfaya, sağ üst köşede bulunan “Başlangıç Sayfası” butonu ile başlangıç sayfasına dönülebilmektedir. Sıvı dolum sistemi içerisinde herhangi bir problem oluşması durumunda sisteme müdahale için sağ alt köşede “Stop” butonu bulunmaktadır. “Geri”, “Başlangıç Sayfası” ve “Stop” butonları bütün sayfalarda bulunmaktadır.



Şekil 3.26. Üretim yöntemi seçim sayfası

Üretilen ürün miktarı 1’den fazla olması durumunda üretim yöntemi seçim sayfasından “Otomatik” buton seçimi yapılır. “Otomatik” buton seçimi sıvı dolum sisteminin endüstriyel üretim yöntemlerine benzer yapıda çalıştırmaktadır. “Otomatik” buton seçimi ile üretilen ürünün niteliğinin belirlendiği sayfa olan otomatik sade – karışık seçim sayfasına ulaşılmaktadır (Şekil 3.27).

Otomatik sade – karışık sayfasında bulunan resim kutucuklarında meyve ve meyve sıvıları farklı birleşimlerde görselleri sunum şeklinde gösterilmektedir. Bu sayfada otomatik üretim yöntemiyle üretilen ürün tek çeşit meyve sıvısından oluşacaksa “Sade” butonu seçilmelidir. “Sade” butonu ile otomatik sade üretim sayfasına ulaşılmaktadır. Üretilen ürün birden fazla meyve sıvısının karışımı ile oluşturulacaksa “Karışık” buton seçimi yapılır. “Karışık” buton seçimi ile otomatik karışık üretim sayfasına ulaşılmaktadır. Ulaşılan ekranlarda yanlış seçim olursa tekrardan geriye dönülebilmektedir.



Şekil 3.27. Otomatik sade – karışık seçim sayfası

Otomatik sade üretim sayfasında üretim yapabilmek için ürün, dolum miktarı ve adet seçimlerinin yapılması gerekmektedir (Şekil 3.28). Ürün seçimi için 4 çeşit meyve sıvısı bulunmaktadır ve resimli “Meyve” butonun üzerine basılarak seçim yapılabilmektedir. Bu sayfada meyve sıvısı seçiminin tek çeşit yapılmasına izin verilmiştir. Meyve değişimi yapmak için sayfanın alt kısmında “Meyve Değişim” butonuna basılır. Meyve sıvısı seçimi yapıldıktan sonra bardak içerisine yapılacak sıvı dolum miktarı gram cinsinden “Gram” olarak yazılan bölüme girilir. Burada sıvı dolumu için alt ve üst limit belirlenmiştir. Sıvı dolumunda üst limit bardağın maksimum dolum miktarı olan 300 gram, alt limit ise işlem adımlarında dolum hassasiyetinin en yüksek olduğu minimum dolum miktarı olan 50 gram olarak belirlenmiştir. Dolum miktarının belirlenmesi ile istenilen üründen kaç adet üretileceği “Adet” olarak yazılan bölüme girilir. Burada sıvı dolum sistemi içerisinde bulunan bardak ve kapak depolarının alacağı maksimum bardak ve kapak miktarına göre üst limit belirlenmiştir. Otomatik sade üretim için üst limit 6 adet olarak belirlenmiştir. Gerekli veriler girildikten sonra sayfa içerisinde kontroller sağlanır ve “Üret” butonuna basılır. “Üret” butonuna basılmasıyla üretim ana proseslerin çalışmaya başlar. Bütün ana prosesler tamamlandığında üretim tamamlanır ve başlangıç ekranına dönülerek ürünlerin çıkış istasyonunda teslim alınmasının gerektiğine dair uyarılar yanıp söner. Otomatik sade üretim ekranında “El” işaretli buton sistemin anlı olarak durdurulmasını sağlamaktadır. Stop butonunun yanında bulunan “Elektrik” buton işareti elektrik kesildiğinde kullanılmaktadır. Diğer butonlar daha önceki sayfalarda da kullanılan butonlar ile aynı işlemleri yerine getiren yardımcı işaretlerdir.



Şekil 3.28. Otomatik sade üretim sayfası

Üretilmek istenen ürün birden fazla meyve sıvısının karışımı ise otomatik sade – karışık seçim sayfasından “Karışık” buton seçimi yapılmalıdır. “Karışık” buton seçimi ile otomatik karışık üretim sayfasına ulaşılmaktadır (Şekil 3.29). Otomatik karışık üretim sayfasında üretim yapabilmek için ürünlerin seçimi, dolum miktarları ve adet seçimlerinin yapılması gerekmektedir. Ürün seçimi için 4 çeşit meyve sıvısı bulunmaktadır ve meyve isimlerinin yanlarındaki giriş butonlarına sıvı dolum miktarı gram cinsinden girilmelidir. Burada sıvı dolumu için alt ve üst limit belirlenmiştir. Sıvı dolumunda üst limit bardağın maksimum dolum miktarı olan 300 gram, alt limit ise işlem adımlarında dolum hassasiyetinin en yüksek olduğu minimum dolum miktarı olan 50 gram olarak belirlenmiştir. Karışım dolumu oluşturulduğu için burada sıvı dolum miktarının üst limiti her meyve sıvısının miktar seçimi yapıldığında otomatik olarak güncellenmektedir. Bu işlem otomatik karışık üretim sayfası içerisine makro olarak yazılır. Sayfa makrosu HMI panel programlama dilinde yazılır ve örnek bir program Şekil 3.30’da gösterilmiştir. Sayfa üzerine girilen dolum miktarlarını değiştirmek için “Ağırlık Değişim” butonuna basılarak yeni miktarlar girilir. Dolum miktarlarının belirlenmesi ile istenilen üründen kaç adet üretileceği “Adet” olarak yazılan bölüme girilir. Burada sıvı dolum sistemi içerisinde bulunan bardak ve kapak depolarının alacağı maksimum bardak ve kapak miktarına göre üst limit belirlenmiştir. Otomatik karışık üretim için üst limit 6 adet olarak belirlenmiştir. Gerekli bilgiler girildikten sonra sayfa içerisinde kontroller sağlanır ve “Üret” butonuna basılır. “Üret” butonuna basılmasıyla üretim ana prosesleri çalışmaya başlar. Bütün ana prosesler tamamlandığında üretim tamamlanır ve başlangıç ekranına dönülerek ürünlerin çıkış

istasyonunda teslim alınmasının gerektiğine dair uyarılar yanıp söner. Sayfa üzerindeki butonlar daha önceki sayfalarda da kullanılan butonlar ile aynı işlemleri yerine getiren yardımcı işaretlerdir.



Şekil 3.29. Otomatik karışık üretim sayfası



Şekil 3.30. Otomatik karışık üretim sayfa makrosu

Üretilecek olan ürün miktarı 1 olması durumunda üretim yöntemi seçim sayfasından “Özel Üretim” buton seçimi yapılır. “Özel Üretim” buton seçimi sıvı dolum sistemini kişiye özel olarak üretim yapmasını sağlamaktadır. Kişiye özel üretimin yapılması sıvı dolum sisteminin endüstri dışında da kullanımını sağlaması açısından düşünülmüştür. Çalışma yapısı olarak otomatik ürün üretimine benzer bir algoritmik yapıda

çalışmaktadır. “Özel Üretim” buton seçimi ile üretilecek olan ürünün niteliğinin belirlendiği sayfa olan özel üretim seçim sayfasına ulaşılır (Şekil 3.31).



Şekil 3.31. Özel üretim sayfası

Özel üretim sayfasında üretim yapabilmek için ürünlerin seçimi, dolum miktarları ve adet seçimlerinin yapılması gerekmektedir. Otomatik sade ve otomatik karışık üretim sayfaları özel üretimde tek sayfada gerçekleştirilmiştir. Özel üretim sayfasında ister karışık ister sade ürün üretimi yapılabilir. Otomatik sayfalarının aksine tek ürün üretileceği için adet seçim girişi bulunmamaktadır. Ürün seçimi için dört çeşit meyve sıvısı bulunmaktadır ve meyve isimlerinin altındaki giriş butonlarına sıvı dolum miktarı gram cinsinden girilmelidir. Burada sıvı dolumu için alt ve üst limit belirlenmiştir. Sıvı dolumunda üst limit bardağın maksimum dolum miktarı olan 300 gram, alt limit ise işlem adımlarında dolum hassasiyetinin en yüksek olduğu minimum dolum miktarı olan 50 gram olarak belirlenmiştir. Karışım dolumu oluşturulabileceği için burada sıvı dolum miktarının üst limiti her meyve sıvısının miktar seçimi yapıldığında otomatik olarak güncellenmektedir. Bu işlem özel üretim sayfası içerisine makro olarak yazılmaktadır.

Sayfa makrosu HMI panel programlama dilinde yazılmaktadır. Otomatik karışık üretim sayfasına yazılan makro kodu ile aynı mantıkta çalışmaktadır. Sayfa üzerine girilen dolum miktarlarını değiştirmek için “Ağırlık Değişim” butonuna basılarak yeni miktarlar girilir. Dolum miktarlarının belirlenmesi ile sayfa içerisinde kontroller sağlanır ve “Tadını Üret” butonuna basılır. “Tadını Üret” butonuna basılmasıyla üretim ana prosesleri çalışmaya başlar. Bütün ana prosesler tamamlandığında üretim

tamamlanır ve başlangıç ekranına dönülerek ürünlerin çıkış istasyonunda teslim alınmasının gerektiğine dair uyarılar yanıp söner. Özel üretim sayfasının sol ve sağ kenarlarında meyve resimleri kaymaktadır. Sayfa üzerindeki butonlar daha önceki sayfalarda da kullanılan butonlar ile aynı işlemleri yerine getiren yardımcı işaretlerdir.

3.2.3. Donanım elemanları

Sıvı dolum sistemi içerisinde veri elde etmek ve hareketi sağlamak için elektriksel giriş çıkış elemanları kullanılmıştır. Kullanılan elemanlar PLC programında çalışan blokların gerçekleşmesini sağlamaktadır. Sistem içerisinde hem elektriksel hem de pnömatik aktüatörler kullanılmaktadır. Elektriksel olarak kullanılan çıkış (aktüatör) elemanı step motordur. Step motorun kontrolü sürücü tarafından yapılmaktadır. Çalışan cihazlardan gerek ölçüm gerekse veri almak için sensörler kullanılmıştır. Gerekli elektriksel bağlantılar yardımcı devre elemanlarıyla sağlanmıştır.

3.2.3.1. Step motor ve sürücü

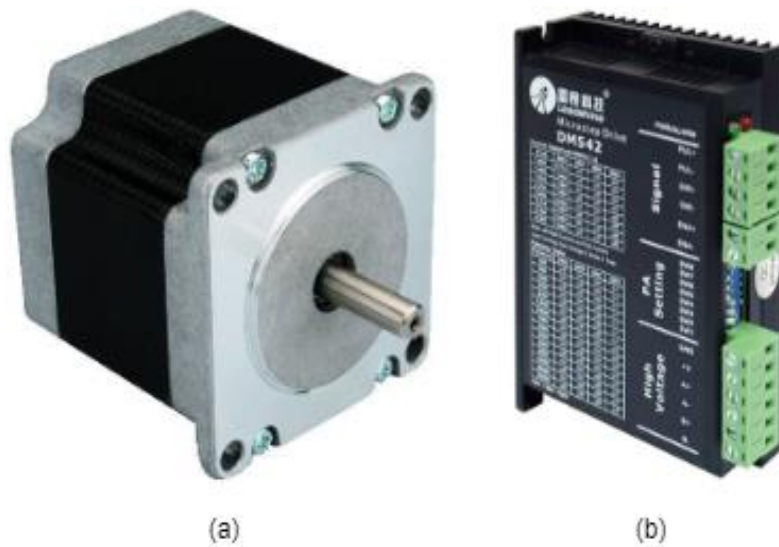
Step motor girişine uygulanan elektrik enerjisini dairesel hareketi ile çıkışında fiziksel enerjiye çeviren elektromekanik cihazdır. Girişine uygulanan pals sinyalleri ise dairesel hareket çıkışı üretir ve dairesel hareket adım adım ve çok hassas kontrol ile sabit mıknatıslı motorlar sağlamaktadır. Step motorlar stator, rotor, mıknatıs, şaft ve rulmanlardan oluşmaktadır. Rulman, rotorun bağlı olduğu döner şaftın minimum sürtünmeyle hareket etmesini sağlar. Statorda bulunan kutup sayısı motorun cinsine göre değişmesine rağmen ağırlıklı olarak 8 kutuplu olarak kullanılır. Kutupların polarlanması elektronik anahtar (step motor sürücüsü) tarafından sürekli değiştirilir. Step motorun çalışması bobinlere enerji verilerek sağlanır. Bobine gelen enerji mıknatıslanma etkisiyle şaftı hareket ettirir. Elektronik anahtarlar (sürücü) step motora gönderilen enerjiyi kontrol ederek çok hassas hız ve pozisyon kontrolü sağlamaktadır.

Step motorların sabit mıknatıslı, değişken relüktanslı, hibrit, hidrolik ve lineer step motorlar olarak çeşitleri vardır. Step motorların diğer motor çeşitlerine göre en önemli avantajları çok hassas pozisyon ve hız kontrolünün sağlanabilmesidir. Özellikle robotik uygulamalarda sıklıkla tercih edilmektedir. Step motorların en önemli dezavantajı açık çevrim kontrol yapmasıdır. Açık çevrim kontrolünde geri bildirim

mekanizması yoktur. Geri bildirim mekanizması motor hareketini tamamladığında oluşan dönme hareketinin ölçülmesi anlamına gelmektedir. Step motorlar yalın halde geri bildirim mekanizması (kapalı çevrim kontrol) içermemesine rağmen farklı yöntemlerle motor dönme hareketinin bilgisi alınabilmektedir.

Sıvı dolum sistemi içerisindeki ana proseste gerçekleşen işlemlerden sonra diğer bir prosese geçmek için konveyör bant kullanılmıştır. Konveyör bant step motorla tahrik edilerek hassas bir pozisyon kontrolü sağlanmıştır. Konveyör bantta sabit mıknatıslı step motor kullanılmıştır (Şekil 3.32.a). Geri bildirim mekanizması konveyörün dönüş eksenine enkoder bağlanarak sağlanmıştır.

Step motorun kontrolü elektronik anahtarlar olarak adlandırılan sürücüler tarafından gerçekleştirilir. Step motorlar istenilen pozisyonda, hızda ve yönde çalıştırılmak istendiğinde motor sargılarına belli bir sırada sinyal darbeleri (pals) uygulanması gerekir. Step motor sürücü devreleri basit elektronik yapıda olabilecekleri gibi mikroişlemci tabanlı kontrollü de olabilmektedir. Bu elektronik sürücü kartları sayesinde step motorlar istenilen hız ve hassasiyette hareket ettirilirler. Step motor sürücüleri hassasiyetlerine göre farklı çeşitleri mevcuttur. Hassasiyet motorun bir tur dönmesinde uygulanması gereken pals sayısını ifade etmektedir. Konveyör bantta kullanılan step motorun kontrolü için kullanılan sürücü 1024 palsde bir tur döndürmektedir (Şekil 3.32.b).



Şekil 3.32. a) Step motor b) Step motor sürücüsü

3.2.3.2. Sensörler

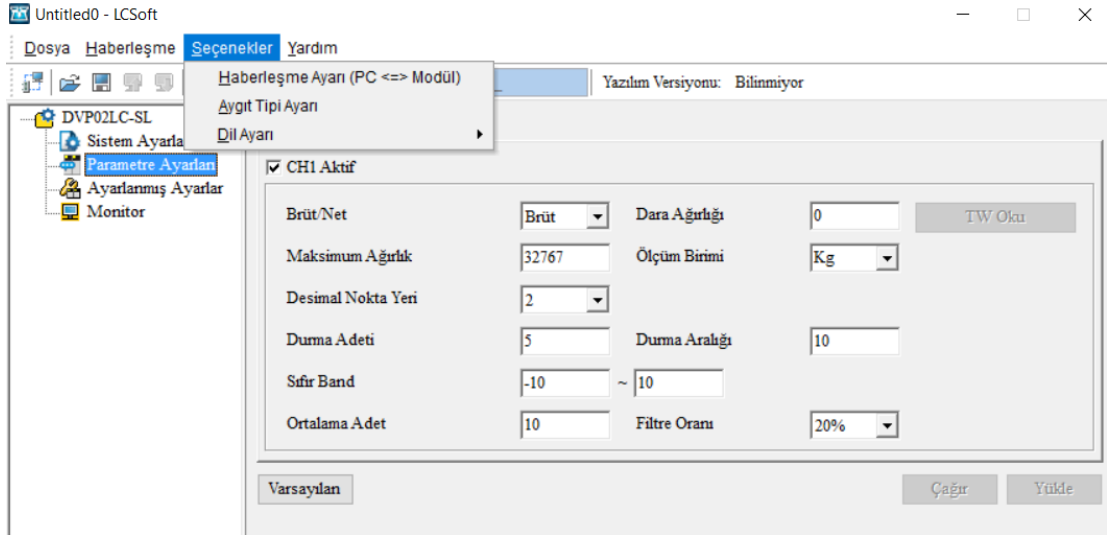
Sıvı dolum sistemi içerisinde kontrolü sağlayan PLC bazı programlama adımlarında kontrol, ölçüm ve ayar gerektiren işlemleri gerçekleştirmesi için bilgilere ihtiyaç duymaktadır. PLC'nin programlamasında bilgileri sağlanmasında sensörlerin büyük önemi vardır. Sensörler çalışma ortamındaki olayları veya durumları belirlemek ve elde ettiği verileri kontrolör olarak çalışan elektronik cihazlara iletmek olan modül, cihaz, eleman veya sistemlerdir. Sıvı dolum sistemi içerisinde kullanılan sensör ve özellikleri Çizelge 3.5'te verilmiştir.

Çizelge 3.5. Sıvı dolum sisteminde kullanılan sensör ve özellikleri

Sensörler	Özellikleri	Adet
Loadcell	2 mV/V Çıkış Sinyali, 0 - 6 kg Ölçüm Aralığı, 0.1 g Hassasiyet	4
Basınç Transmitteri	4 - 20 mA Çıkış Sinyali, 0 - 250 mBar Ölçüm Aralığı, 0,5 mBar Hassasiyet	4
Optik Sensör	Algılama Mesafesi 60 cm, Tepki Süresi 24 ms	4
Enkoder	1000 Pals/Tur, Yanıt Frekansı 0-100 kHz	1

Yük hücresi (loadcell), elektronik tartılarda veya ağırlık ölçümü yapan cihazlarda kullanılır. Basınç olarak uygulanan gücü elektrik sinyaline dönüştüren bir güç dönüştürücüsüdür ve çıkış sinyali seviyesi mV civarlarında olduğundan bir yükseltici ile kullanması mümkündür. Sistem içerisinde loadcell ölçümlerinin alınması için PLC'nin ek modülü olan loadcell modülü kullanılmaktadır. Sıvı dolumu yapılırken dolum esnasında bardak ağırlığı sürekli olarak artacaktır. Bardağın istenilen ağırlığa gelip gelmediği loadcell sensörü tarafından belirlenmiştir. Kullanılan loadcell sensörü 0,1 gram ölçüm hassasiyetine sahip olup maksimum 6 kg ağırlığa kadar ölçüm yapabilmektedir (Yaşar, 2020).

Loadcell sensör ve loadcell ek modülünün birlikte ilk kullanımında kalibrasyon işlemi yapılması gerekmektedir. Kalibrasyon işlemi hassasiyeti arttırmaktadır. Kalibrasyon ayarları yapılırken ağırlığı belli olan bir nesne kullanılır. Kalibrasyon işlemi LCSoft programı ile yapılır ve kalibrasyonun yapıldığı arayüzünden örnek bir program Şekil 3.33'te gösterilmiştir. Sistemde kullanılan loadcell sensörünün görseli Şekil 3.34.a'da gösterilmiştir.



Şekil 3.33. Loadcell kalibrasyon işlem ara yüzü

Sıvı dolumu için kullanılan dolum ana prosesi içerisinde sıvı depoları mevcuttur. Bu depolarda belirli durumlara göre bardaklara dolum gerçekleştirilmektedir. Dolum sayısının artması depolardaki sıvı miktarını düşürmektedir. Sıvı miktarının hangi düzeyde olduğunu öğrenmek, durumuna göre gerekli uyarı ve işlemleri yapmak sistemin çalışması için önemlidir. Depolardaki sıvı seviyesinin durumunu öğrenmek için basınç transmitteri kullanılmıştır.

Basınç transmitterin uç kısmında bulunan delik kısmına uygulanan basınca göre analog çıkış üretmektedir. Basınç transmitter ölçüm yapılacak yere göre, mutlak, gauge(gösterge) ve fark basınç transmitteri gibi farklı tipte kullanılabilir. Depoların ölçümünde mutlak tip basınç transmitteri kullanılmıştır (Şekil 3.34.b).

Optik sensörler basit olarak verici (emitter) bir ışık kaynağından yansıyan ışığı alan alıcı (receiver) kısımlarından oluşur. Alınan sinyal sensör tarafından işlenerek ana PLC'nin giriş sinyaline kadar yükseltilir. Optik sensörlerin üzerinde ışık şiddetinin yoğunluğunu yükseltip azaltacak bir ayar kısmı bulunur. Optik sensörler sistem içerisinde bulundukları yerde malzeme (bardak, kapak, meyve) olup olmadığının bilgisini sağlamaktadırlar. Sistemde bardak deposunda bardağın, kapak deposunda kapağın, meyve deposunda meyvenin varlığını kontrol etmek ve son istasyondan çıkan bardakların sayılarına göre işlemlerin tamamlandığını anlayabilmek için dört farklı yerde kullanılmışlardır (Şekil 3.34.c).

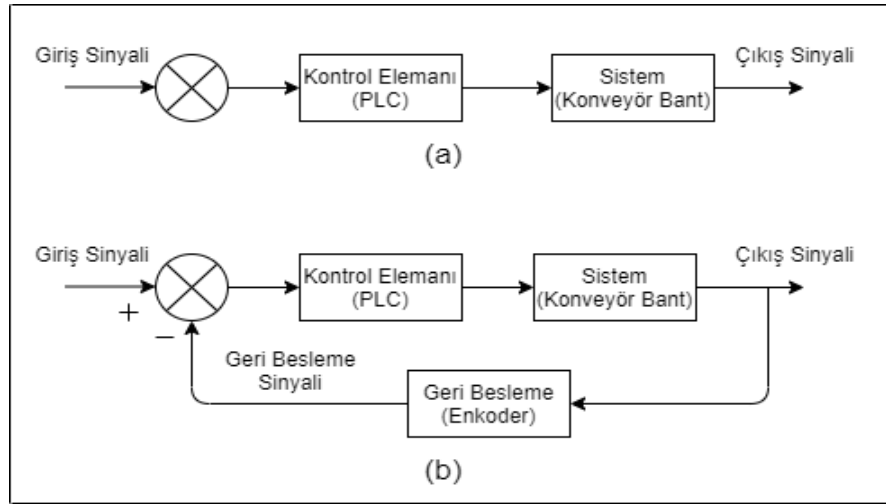
Sistem içerisinde kullanılan konveyör bant dönüşü için step motor ile tahrik edilmektedir. Step motorun çalışma prensibi (açık çevrim kontrol) gereği konveyör bantta oluşacak dönüş kaybı sistem içerisinde problem oluşturulacaktır. Motorda hareket kaybı olması, konveyör bandın sıkışması veya konveyör bant ile step motor arasında güç aktarımını sağlayan gergi ve tahrik tamburlarında herhangi bir problem olması problemlerden bazılarıdır. Bu gibi problemlerin önüne geçmek için enkoderler kullanılmaktadır.

Enkoderler dönen cisimlerin açısını, dönme hızını, dönüş yönünü ve uzunluğunu hesaplamak için kullanılmaktadır. Enkoderlerin kullanımlarına göre doğrusal ve döner olarak iki çeşidi vardır. Döner enkoderler ise gelen bilginin çeşidine göre mutlak veya artımlı olarak ikiye ayrılır. Sistem içerisinde artımsal enkoder kullanılmıştır (Şekil 3.34.d). Artımsal enkoderlere ilk enerji verildiğinde başlangıçta konumlarını 0 olarak kabul edilir ve ilk değerin üzerine ekleme veya çıkarma yaparlar. Hız, uzunluk, konum gibi sayısal bilgiler dönen cisimlerin dönüş eksenleri üzerine enkoderin bağlanmasıyla ölçmektedir.

Konveyör bandın bir ucunda (tahrik tamburu) tahrik elemanı (step motor) kullanımı, bir ucunda (gergi tamburu) ölçüm elemanı (enkoder) kullanımıyla kapalı çevrim kontrol yapılması sağlanmıştır (Şekil 3.9). Kapalı çevrim kontrolde çıkış sinyali ile giriş sinyali karşılaştırılır. Karşılaştırma sonucundan çıkan değerler kontrol elemanına hata sinyali olarak giriş yapmaktadır. Kontrolör tarafından gerekli parametre değişiklik işlemleri yürütülerek hata sinyalinin sıfıra düşürülmesi hedeflenmektedir. Açık çevrim kontrol ve kapalı çevrim kontrol sistemlerinin genel yapısının görseli Şekil 3.35'te gösterilmiştir.



Şekil 3.34. a) Loadcell b) Basınç transmitteri c) Optik d) Enkoder sensörü



Şekil 3.35. a) Açık çevrim kontrol b) Kapalı çevrim kontrol

3.2.3.3. Yardımcı devre elemanları

Sıvı dolum sisteminin gerçekleştirilmesinde kullanılan ana donanım elemanlarının enerji ihtiyacının karşılanması, güvenliğinin sağlanması, bağlantılarının yapılması ve uyumlu bir şekilde çalışabilmesi için yardımcı devre elemanları kullanılmıştır. Ana donanım elemanlarının büyük çoğunluğu elektrik panosu içerisine montajlanmıştır. Ana donanım elemanlarının gereksinimlerinin ve bağlantılarının sağlanması yardımcı devre elemanlarıyla pano içerisinde gerçekleştirilmiştir. Sistem içerisinde kullanılan yardımcı donanım elemanları özellikleriyle beraber Çizelge 3.6’da verilmiştir

Çizelge 3.6. Sıvı dolum sisteminde kullanılan yardımcı devre elemanları

Kullanılan Elemanlar	Özellikleri	Miktarı
Güç Kaynağı	220 V AC Giriş - 24 V DC Çıkış (10 A)	1 Adet
Sigorta	B Tipi Maksimum 25 A	2 Adet
Kaçak Akım Rölesi	Maksimum 25 A, 300 mA Hassasiyet	1 Adet
Su Pompası	24 V, 1 A	1 Adet
Röleler	Ray Tipi, 5 A, 24 V	3 Adet
Klemensler	Ray Tipi	40 Adet
Kablolar	0.75 mm Nyaf	100 m

Sistem içerisinde kullanılan PLC, ek modüller, HMI panel, motor, motor sürücüsü, sensörler, valfler, röleler ve su pompası gibi elektronik cihazlar elektrik enerjisine ihtiyaç duymaktadırlar. Şebekeden gelen 220 V AC elektrik enerjisi bu tür cihazların çalışması için uygun değildir. Elektronik cihazların çalışabilmesi için DC elektrik

enerjisinin sağlanması gerekir. Yardımcı devre elemanı olarak güç kaynağı, AC enerjisini DC enerjisine dönüştürmek için kullanılmıştır. Güç kaynağı girişine uygulanan 220 V AC enerjiyi 24 V DC elektrik enerjisine çevirmektedir. Endüstriyel otomasyon sistemleri içerisinde kullanılan hemen hemen bütün elektronik cihazlar 24 V elektrik enerjisi ile çalıştığı için güç kaynağının yaptığı elektriksel dönüşüm için uygun olmuştur. Sistemde kullanılan güç kaynağı Şekil 3.36.a’da gösterilmiştir.

Kullanılan elektronik cihazlar herhangi bir arıza oluştuğunda bozulabilmektedirler. Elektrik panosunda şebeke gerilimi kaynaklı veya dış kaynaklı arızalarda elektronik cihazların aşırı akım ve kısa devre durumlarına karşı koruyan otomatik sigorta kullanılmıştır. Otomatik sigortalar bağlandıkları kablo üzerinden geçen voltaj ve akım değerine göre davranış sergilerler. Maksimum akım değeri ve otomatik sigorta tipi olarak birçok çeşidi mevcuttur. Elektrik panosunda b tipi ve üzerinde maksimum 25 A akım geçirebilen otomatik sigorta kullanılmıştır (Şekil 3.36.b).

Elektrikle çalışan cihazların içinde veya kablo hattındaki yalıtkan malzemelerin herhangi bir sebepten dolayı yıpranarak bozulması sonucunda cihazda veya iletken kablolarda kaçak akım oluşabilmesi mümkündür. Kaçak akım oluşması devredeki diğer kullanılan elektronik cihazlar için tehlike oluşturmasının yanı sıra operatörün bulunduğu cihazlarda insan sağlığını da tehlikeye atabilecek durumlar ortaya çıkarabilmektedir. Bu gibi durumların oluşmaması için devrelerde kaçak akım rölesi kullanılmaktadır. Kaçak akım rölesi sayesinde elektrik veya elektronik devrelerde oluşan kaçak akım algılanarak ve enerji hattı devreden çıkarılmaktadır. Kaçak akım rölesi hem insan sağlığını tehlikeye atacak durumları hem de elektrik – elektronik devrelerde kullanılan diğer cihazların bozulmasının önüne geçmede kullanılmaktadır. Kaçak akım rölesi devreye giren ve çıkan akımlar farkının 0 olması prensibiyle koruma gerçekleştirmektedir. Farklı türlerde çeşitleri vardır fakat aralarındaki en önemli fark kaçak akıma karşı tolerasyon değeridir. Tolere değeri devrede oluşan kaçak akımın devreyi kesme seviyesi olarak tanımlanabilir. Genel sistem devresinde 300 mA olarak belirlenmiştir. Otomatik sigortalar gibi devre hattı üzerine bağlanır ve üzerinden maksimum 25 A akım geçirebilecek özelliktedir (Şekil 3.36.c).

Meyve sıkma istasyonunda sıkma işlemi tamamladığında sıvılar bir depoda biriktirilir. Burada biriken meyve sıvılarının ana meyve deposuna iletimi için 24 V, 1 A

özelliğinde sıvı pompası kullanılmıştır. Sıvı pompaları aldıkları elektrik enerjisini içindeki motor yardımı ile dairesel sıvı akışına çevirmektedir.

Sistem içerisinde bulunan hemen hemen bütün cihazlar 24 V ile çalışmaktadır. 24 V DC enerji ile çalışmayan cihazların kontrolü için röleler kullanılmıştır. Röleler bobinlerine gelen enerji ile mıknatıslanır ve bobin bir armatürün hareketini oluşturarak kontakların birbirine temas etmesini sağlar. Kontakların teması ile diğer bağlanan elektrik enerjisi cihaza iletilir. Böylelikle farklı seviyedeki elektrik enerjileri sistem içerisinde çalışması sağlanmaktadır. Meyve sıkma istasyonunun bulunan sıkma makinesi 220 V AC akımla çalıştığı için kontrolünde röle kullanılmıştır. Rölelerin birçok çeşidi olmakla beraber elektrik panosunun içerisinde ray tipi röleler kullanılmıştır (Şekil 3.36.d).



Şekil 3.36. a) Güç kaynağı b) Otomatik sigorta c) Kaçak akım rölesi d) Röle

Elektrik panosu içerisinde bulunan cihazların birbirlerine veya enerji hattına bağlanması için kablolar kullanılmıştır. Elektrik panosunun dışında bulunan cihazlar yine kablo hattı ile çalıştığı yere taşınmıştır. Sistem içerisinde yaklaşık 100 m 0.75 mm nyaf kablo kullanılmıştır. Elektrik panosu içerisinde fazla elektronik cihazın olması ve birbirleri ile olan iletişimleri sebebi ile klemensler kullanılmıştır. Klemens iki veya daha fazla kabloyu birbirine bağlamak için kullanılmaktadır. 24 V pozitif hat ve devrenin negatif hatları çok fazla kullanıldığı için klemenslere ihtiyaç duyulmuştur. Klemensler güvenli bağlantı sağlamalarının yanında herhangi bir arıza durumunda kontrol kolaylığı da sağlamaktadırlar. Elektrik panosunun içerisinde 40 adet ray tipi klemens kullanılmıştır.

3.2.4. Sistemde kullanılan ana proseslerin çalışma akış diyagramları

Akış diyagramları sistemde çalışan algoritmaların görsel elemanlar kullanılarak oluşturulmasıdır. Bir prosesin algoritmik düzende çalışma yapısının anlaşılmasını sağlayan birbiri ile ilişkileri tanımlanmış görselleri içermektedir. Algoritma işlemlerinde belirlenen bir veya daha çok işlem adımları farklı geometrik şekillerle ifade edilir. Bu geometrik şekillerin kullanımı belli standartlara göre yapılmaktadır.

Sıvı dolum sistemi içerisinde çalışan ana prosesler işlemlerini yürütmek için PLC'den komut gelmesi beklenmektedir. PLC ana proseslere çalışma komutunu gönderebilmesi için bir önceki ana prosesin bitirdiğine dair bilgi sinyali alması gerekmektedir. Tüm ana proseslerin çalışma yapısına bakıldığında bir önceki veya bir sonraki ana proses mevcut prosesin işlemlerini tamamlamasını engellememektedir. Bu sayede PLC tarafından çalışma komutu gelen her proses kendi işlemini tamamlamaktadır. Proseslerin birbirlerini etkiledikleri tek nokta işlem sürelerinin farklı olmasından kaynaklanan bekleme süreleridir.

Ana proseslerin çalışma süreleri sistemin genel üretim süresini doğrudan etkilemektedir. Otomatik üretim yapılacağı zaman birden fazla ürün üretileceği için her ana proses tamamlandığında diğer ana prosesin tamamlanmasını bekleyecektir. En uzun sürede tamamlanan ana prosesin çalışma süresi sistemin en hızlı çalışma süresini tanımlamaktadır. Sistemde çalışan ana proseslerin maksimum işlem süreleri aşağıda verilmiştir:

- Bardak başlatma prosesi : 3 saniye
- Taşıma prosesi : 3 saniye
- Sıvı dolum prosesi : minimum 9 saniye, maksimum 14 saniye
- Kapak takma prosesi : 10 saniye
- Etiketleme prosesi : 3 saniye

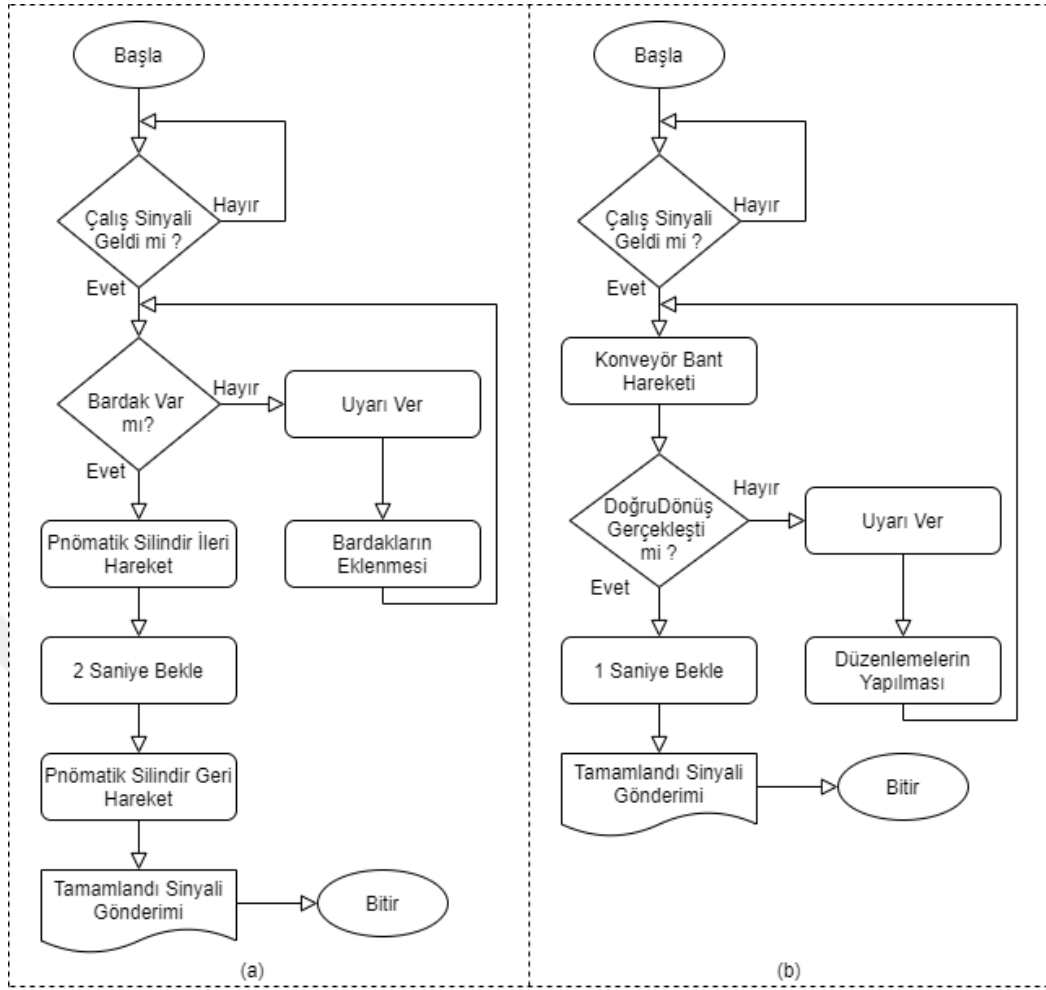
Ana prosesler arasında geçiş işlemi her defasında taşıma prosesiyle yapılmaktadır. İşlem sürelerinden görüleceği gibi sistemde bir ürünün üretimi için en uzun proses ve taşıma prosesinin sürelerinin toplamıyla minimum 13 saniye, maksimum 17 saniyeye

ihtiyaç duyulacaktır. Bu işlem süresi otomatik üretim yöntemi için geçerli çevrim süresidir. Özel üretim yönteminde tek ürün üretimi olacağı için çevrim süresinden bahsetmek doğru olmayacaktır. Özel üretim yöntemiyle ürün üretiminin işlem süresi bütün ana proseslerin işlem sürelerinin toplamıyla elde edilmiştir. Ana proseslerin işlem sürelerinin toplamı kullanıcının seçeceği ürünler ve gramajlarıyla doğrudan ilgilidir. Her meyve seçimi sıvı dolum ana prosesinde bir istasyonun çalışması anlamına gelmektedir. Kullanıcının özel üretim yöntemi ile ürün üretimini kullanması durumunda geçecek minimum süre 49 saniye., maksimum süre ise 78 saniye olarak hesaplanmıştır.

3.2.4.1. Bardak başlatma ve taşıma prosesi akış diyagramları

Sistem içerisinde çalışan ilk ana proses bardak başlatma prosesidir. Bu prosese başlandığında PLC'den çalışma sinyalinin gelmesi beklenir. Çalışma sinyali geldiğinde optik sensör ile bardak deposunda bardağın olup olmadığı kontrol edilmektedir. Eğer bardak yoksa HMI sayfası üzerinde uyarı sinyali verilmektedir. Bardak deposuna bardağın eklenmesi operatör tarafından gerçekleştirilmektedir. Bardak deposunda bardak olduğunda pnömatik silindir ileri yönlü hareket yaparak bardağı konveyör bant üzerine iter. Pnömatik silindirin itme işlemi 2 saniyede tamamlanacak şekilde ayarlanmıştır. İtme işlemi tamamlandığında pnömatik silindir geri hareket yaparak başlangıç konumuna döner. Proseste bütün işlemler tamamlandığında PLC'ye prosesin tamamlandığına dair sinyal gönderilmektedir. Bardak başlatma prosesinin akış diyagramı Şekil 3.37.a'da verilmiştir.

Bütün çalışan ana prosesler tamamlandı sinyali geldiğinde PLC tarafından taşıma prosesine çalış sinyali gönderilmektedir. Taşıma prosesine gelen çalışma sinyali ile konveyör bant hareket eder. Konveyör bant hareketinin doğru gerçekleşip gerçekleşmediği enkoder sensörünün ölçümleriyle kontrol edilmektedir. Hatalı dönüş gerçekleştiğine dair ölçüm sonucu gelirse HMI sayfalarında uyarı verilmektedir. Gerekli düzenlemeler operatör tarafından yapılarak hatalı dönüş işlemi düzeltilir. Doğru dönüş işlemi gerçekleştiğinde tamamlandı sinyali PLC'ye gönderilir. Taşıma prosesinin akış diyagramı Şekil 3.37.b'de verilmiştir. Taşıma prosesi her ana proses tamamlandığında gerçekleşeceği için otomatik dolum yönteminde bu işlem adımı tek seferde gerçekleştirilecektir.



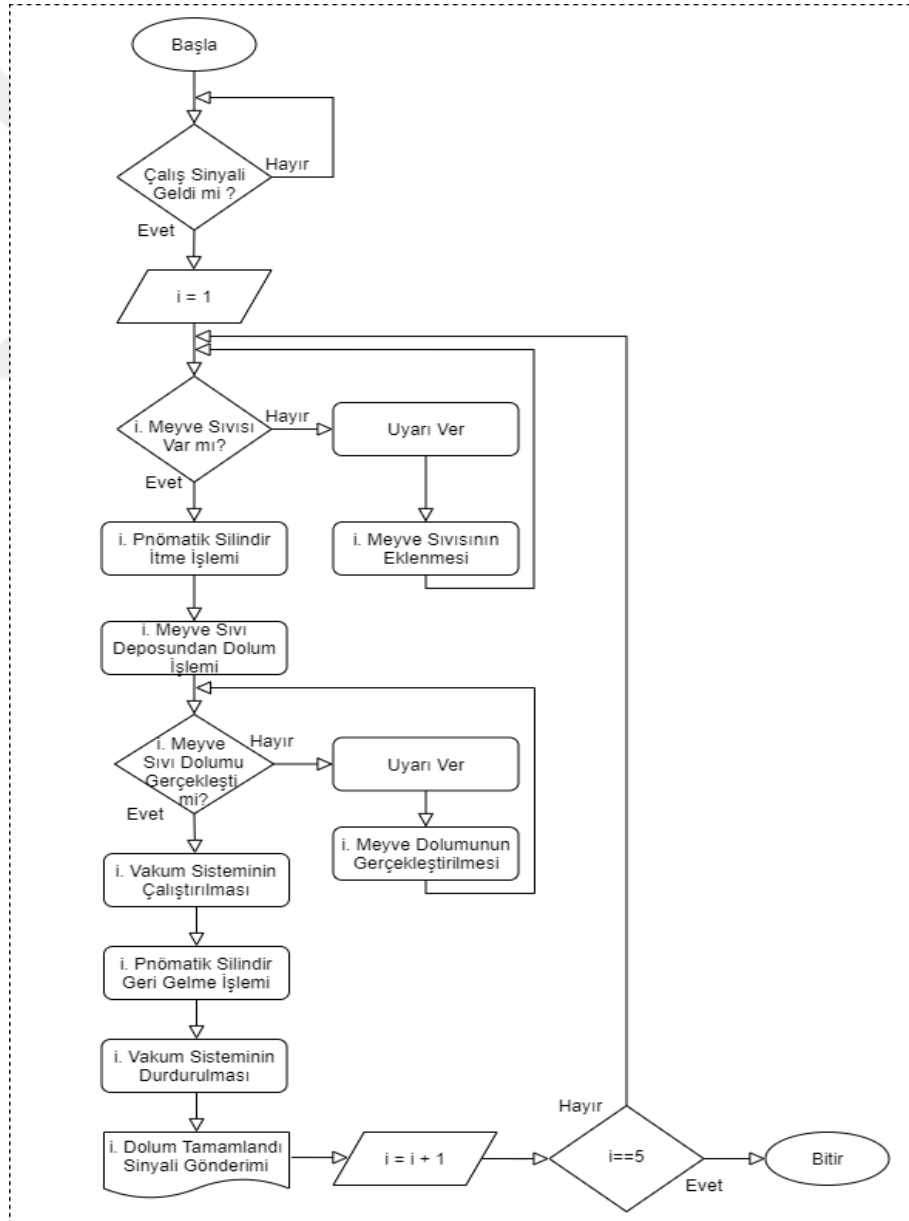
Şekil 3.37. a) Bardak başlatma akış diyagramı b) Taşıma akış diyagramı

3.2.4.2. Sıvı dolum prosesi akış diyagramı

Sistemde ana proses olarak çalışan sıvı dolum ana prosesi kendi içerisinde yardımcı proseslere ayrılmıştır. Sıvı dolum ana prosesi dört farklı dolum gerçekleştirebilen yapıda istasyon şeklinde tasarlanmıştır. Sıvı dolum ana prosesinde dört istasyonda sıvı dolumu birbirleri ile aynı algoritmik akışta çalışmaktadır. PLC tarafından “Çalış” sinyali geldiğinde ilk olarak birinci depoda meyve sıvısının yeterli düzeyde olup olmadığı kontrol edilmektedir. Sistem içerisinde bu işlem basınç transmitteri ile gerçekleştirilmektedir. Kontrol sonucunda eğer meyve sıvısı yoksa gerekli uyarılar HMI sayfasında yanıp söner. Birinci depodaki meyve sıvısının tamamlanmasının ardından konveyör üzerindeki bardak birinci dolum istasyonuna itilir. İtilen bardağa dolum işlemi yapılarak kullanıcı tarafından istenen miktar doldurulur. İstenen miktarın doldurulup doldurulmadığının kontrolü loadcell sensörü ile yapılmaktadır. Kontrol sonucunda dolum gerçekleştirildiğinde bardağın itilen yerden tekrar bant üzerine

getirilmesi için vakum sistemi ve pnömatik silindir beraber çalışmaktadır. Bardak bant üzerine geldiğinde vakum sistemi durdurularak PLC'ye birinci dolum istasyonunda dolum gerçekleşti komutu gönderilmektedir.

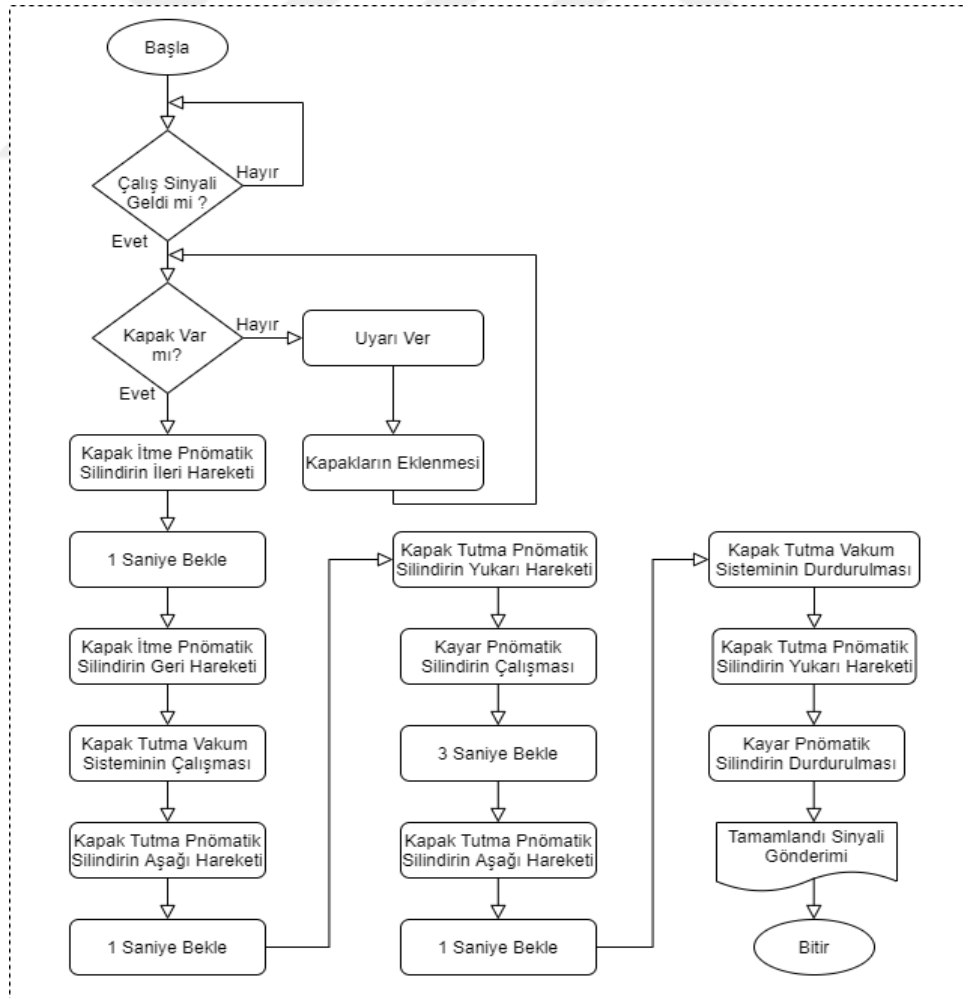
Sıvı dolum sistemi içerisinde dört adet dolum istasyonunun olması kontrol yapısının döngü şeklinde olmasını sağlamıştır. Şekil 3.38'de de görüleceği gibi birinci dolum istasyonundaki işlemler tamamlandığında işlemler başa dönmektedir. PLC'ye gönderilen tamamlandı sinyali ile konveyör bant hareket ederek bardak ikinci dolum istasyonuna gelmektedir. Akış diyagramı tekrar aynı algoritmik düzende çalışmaya başlar.



Şekil 3.38. Sıvı dolum akış diyagramı

3.2.4.3. Kapak takma prosesi akış diyagramı

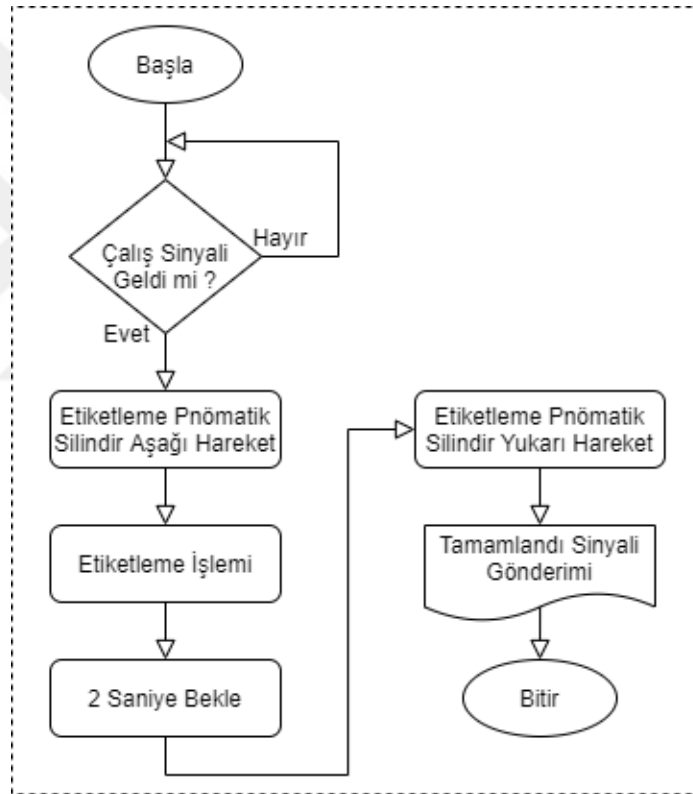
Sıvı dolum ana prosesinin dört istasyonu da işlemlerini tamamladığında PLC'ye komut gönderilmektedir. Sıvı dolumu yapılmış olan bardak konveyör bant hareketi ile kapak takma ana prosesine gelmektedir. Çalışma sinyali geldiğinde optik sensör ile kapak deposunda kapağın olup olmadığı kontrol edilmektedir. Eğer kapak yoksa HMI sayfası üzerinde uyarı sinyali verilmektedir. Kapak deposuna bardağın eklenmesi operatör tarafından gerçekleştirilir. Kapak tamamlandığında kapak itme işlemi gerçekleştirilerek kapağın alınacağı yere getirilmektedir. Gelen kapağı vakumlama işlemi ile dikey yönde hareket eden pnömatik silindir tarafından alınması sağlanır. Kapak taşıma işlemi kayar pnömatik silindir ile gerçekleştirilerek bardak üzerine kapak dikey yönde hareket eden pnömatik silindir ile takılır. Kapak takma işlemi tamamlandığında PLC'ye tamamlandı sinyali gönderilerek kapak takma ana prosesi sonlandırılır (Şekil 3.39).



Şekil 3.39. Kapak takma akış diyagramı

3.2.4.4. Etiketleme prosesi akış diyagramı

Kapak takma prosesi bittiğinde sistem içerisinde çalışan son ana proses etiketleme prosesidir. Bu prosesin başlaması için PLC'den çalışma sinyalinin gelmesi beklenmektedir. Çalışma sinyali geldiğinde etiketleme işlemini yapacak pnömatik silindir aşağı yönde hareket eder ve kapağın üzerinde etiketleme işlemini gerçekleştirilir. Etiketleme işlemi iki adımda tamamlanır. Üretilen ürünün karışımına göre “Sade” veya “Karışık” etiketleme pnömatik pistonu çalıştırılır. Etiketleme işlemi tamamlandığında pnömatik silindir başlangıç konumuna geri döner. Etiketleme ana prosesinin akış diyagramı Şekil 3.40'ta gösterilmiştir.

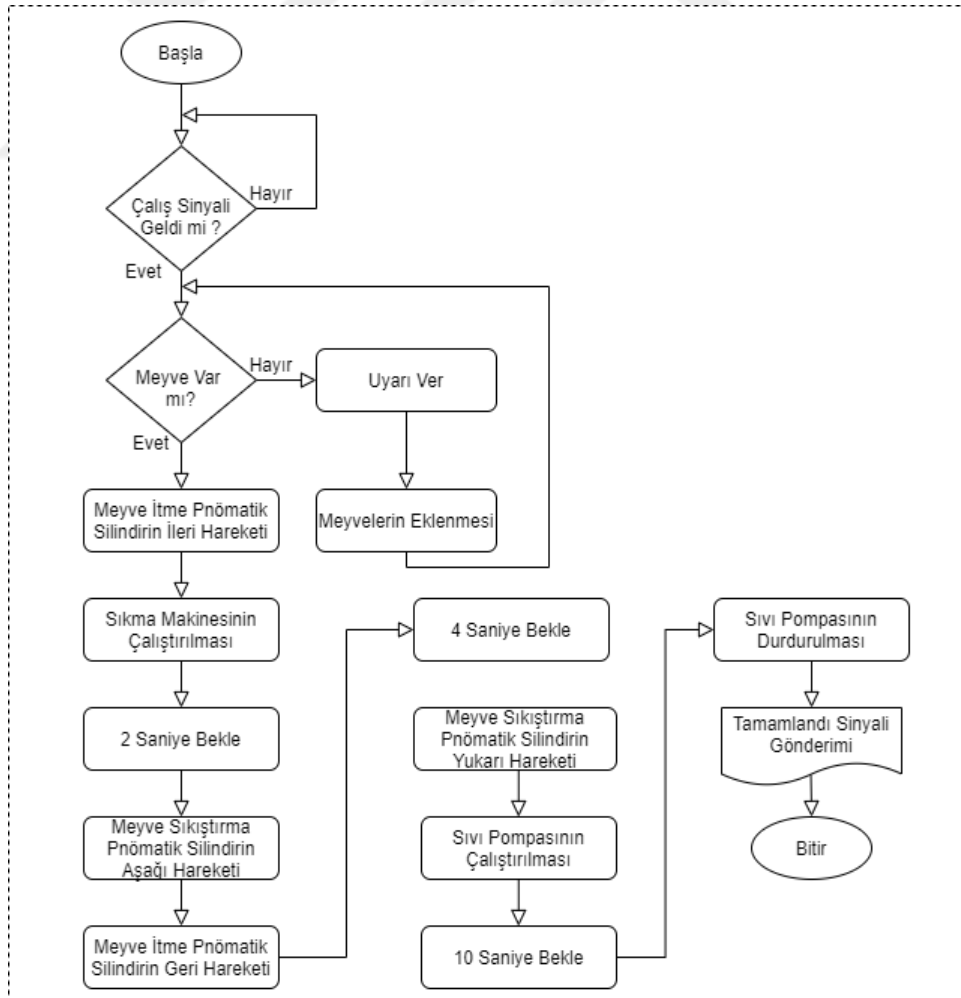


Şekil 3.40. Etiketleme akış diyagramı

3.2.4.5. Meyve sıkma prosesi akış diyagramı

Sıvı dolum sistemi içerisinde çalışan ana proseslerin gerçekleştirilme işlemi bir önceki ana prosesin tamamlanmasına bağlı olarak gerçekleştirilmektedir. Bu kapsamın dışında olan tek proses meyve sıkma prosesidir. Meyve sıkma prosesi meyve depolarında meyve sıvılarının azalması veya bitmesi durumunda otomatik olarak

devreye girmektedir. Meyve sıkma prosesi sıvı dolum sistemi içerisinde herhangi bir prosesin herhangi bir anında devreye girerek işlemlerini gerçekleştirebilir. Meyve sıkma prosesinin çalışma sinyali meyve depolarının seviyesini ölçen basınç transmitteri tarafından verilmektedir. Çalışma sinyali geldiğinde optik sensör ile meyve deposunda meyvenin olup olmadığı kontrol edilmektedir. Eğer meyve yoksa HMI sayfası üzerinde uyarı sinyali verilir. Meyve deposuna meyvenin eklenmesi operatör tarafından gerçekleştirilir. Meyve tamamlandığında meyve itme işlemi gerçekleştirilerek meyvenin sıkma makinesi içerisinde düşmesi sağlanır. Sıkma makinesi çalıştırılır ve sıkma işlemini kolaylaştıracak baskı pnömatik silindiri aşağı yönlü harekete başlar. İlk sıkma işlemi tamamlandığında meyve sıkma adedine göre aynı işlemler tekrarlanır. Sıkılan meyve sıvıları bir depoda biriktirilir ve sıkma işlemi bittiğinde sıvı pompasının çalıştırılmasıyla meyve deposuna gönderilmektedir. Meyve sıvısının transferi tamamlandığında PLC'ye tamamlandı sinyali gönderilerek işlemler sonlandırılmaktadır (Şekil 3.41).



Şekil 3.41. Meyve sıkma akış diyagramı

3.3. Sıvı Dolum Sisteminin Uygulama Görselleri

Sıvı dolum sisteminin tasarımı çizim programları ile geliştirilmiş ve ana parçaların montajlanması için gerekli ara parçaların ölçüleri hesaplanmıştır. Genel sistemin simülasyon tasarımının ardından ana parça ve ara parçalar sipariş edilerek montajlama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Tüm parçaların birbirleri ile uyumlu çalışabilmesi için gerekli hiza ayarlamaları, başlangıç ve bitiş konumlarının belirlenmesi yapılmıştır.

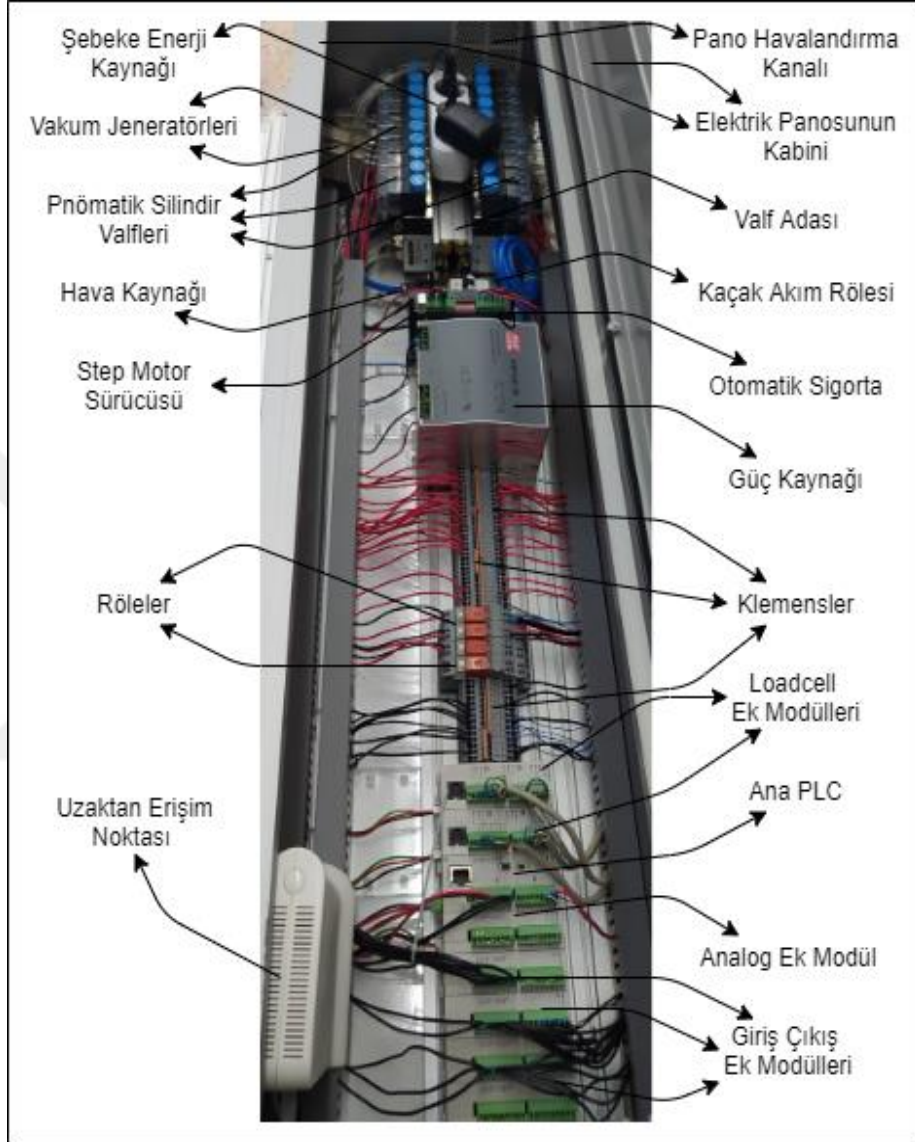
Makine parçalarının yer ile temasını kesmek ve kullanım kolaylığı açısından yükseltilmesi için masa tasarımı yapılmıştır. Masa 2700 mm uzunluk, 1600 mm genişlik ve 700 mm yükseklikte olacak şekilde üretilmiştir. Sıvı dolum sistemi bu masanın üzerine yerleştirilmiştir. Sıvı dolum sistemi gıda üretim amacıyla kullanıldığı için dolum esnasında toz, kir vb. maddelerin karışmaması için cam malzemeden kabin yapılmıştır. Cam genişlik ve uzunluk ölçüleri masa ile uyumlu, yüksekliği 1000 mm olacak şekilde tasarlanıp masa üzerine montajlanmıştır. Bardak, kapak, meyve ve meyve sıvılarının bitmesi, mekanik, elektrik ve elektronik malzemelerde arıza oluşması durumunda müdahale edebilmek için kayar pencereler sıvı dolum sisteminin önüne ve arkasına yapılmıştır.

Genel sıvı dolum sisteminin bütün bileşenleri tamamlanmış ve test için sıvı dolumu, kapak takılması, etiketleme yapılması ve meyve sıkımı gibi işlemler gerçekleştirilmiştir. Sıvı dolum sisteminin bazı bölümlerinin uygulama görselleri ve açıklamaları aşağıda yapılmıştır.

3.3.1 Sıvı dolum sisteminin elektrik panosu

Sıvı dolum sisteminde mekanik ve elektronik işlemlerin gerçekleştirilebilmesi için elektrik panosu tasarlanmıştır. Elektrik panosu içerisinde bulundurduğu cihazları dış etkenlere karşı korumaktadır. Elektrik pano tasarımında birbirini etkileyebilecek cihazlar arasına mesafe koyulması, çalışma düzenine göre sıralamanın yapılması gibi özellikler elektronik cihazların rahat çalışmasını ve arıza oluşması halinde kolay bir şekilde tespit edilmesini sağlamaktadır. Sıvı dolum sisteminin elektrik panosu ve kullanılan ürünlerin açıklaması Şekil 3.42’de gösterilmiştir.

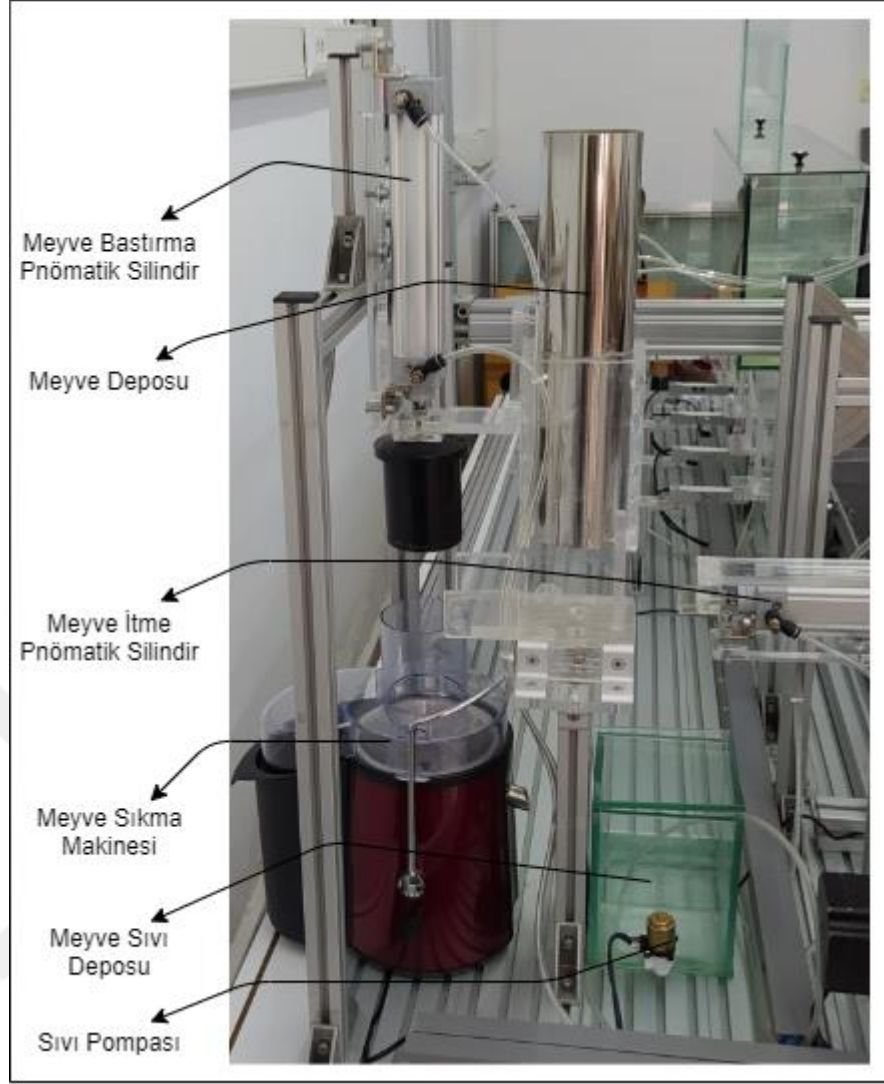
Elektrik panosunun içerisinde kullanılan elektrik ve elektronik malzemelerin montajı ray üzerine yapılmıştır. Bu elektrik ve elektronik ürünlerin raya sabitlenmesi cihazda oluşacak sarsıntıda malzemelerin etkilenmesini önleyecektir.



Şekil 3.42. Elektrik pano görseli

3.3.2 Sıvı dolum sisteminin meyve sıkma uygulaması

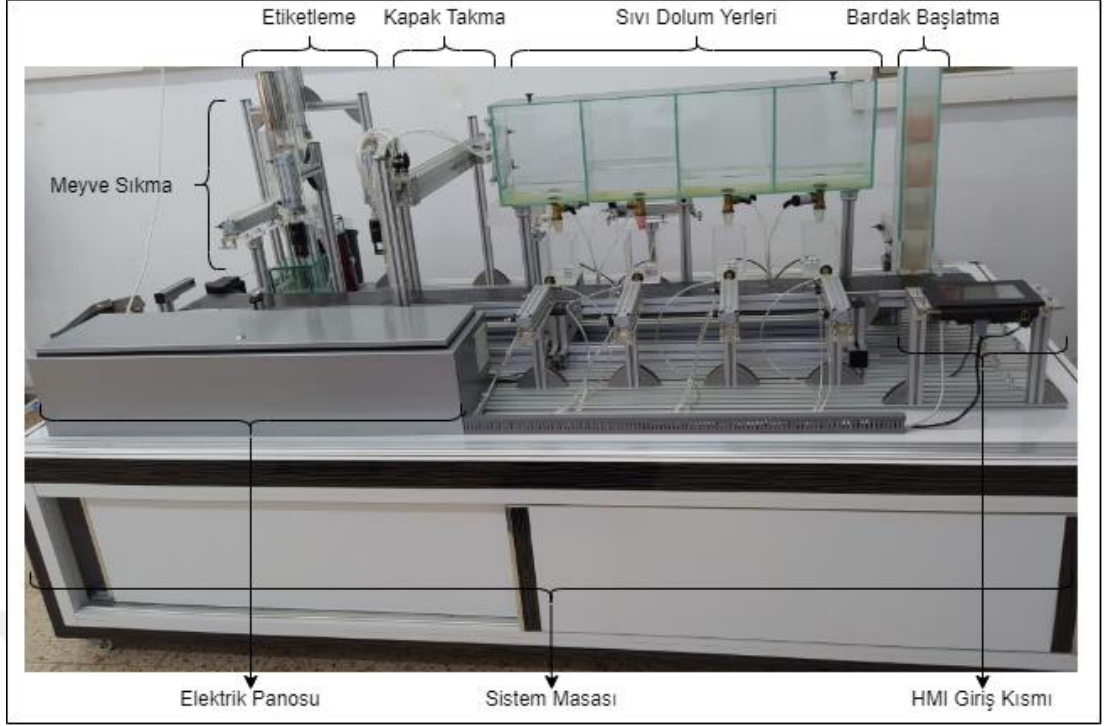
Sıvı dolum sisteminde meyve sıvılarının bitmesi durumunda meyve sıkım istasyonu devreye girmektedir. Meyve sıkım işlemi sıkma makinesi, pnömatik silindirler, meyve deposu, sıvı deposu ve sıvı pompasından oluşmaktadır. Ana prosesler ile algoritmik çalışma düzeninde olmaması sebebi ile ana işlem hattının arkasına montajlanmıştır. Meyve sıkım istasyonunun uygulama görseli ve açıklamaları Şekil 3.43'te verilmiştir.



Şekil 3.43. Meyve sıkma uygulama görseli

3.3.3 Sıvı dolum sisteminin uygulama görselleri

Sıvı dolum sistemi hem mekanik tasarımı hem de otomasyon tasarımı içerisinde bulundurmaktadır. İki tasarımın birbiri ile uyumlu olması sistemin doğru çalışmasında oldukça önemlidir. Bu tasarımlar önce bilgisayar ortamında tasarlanıp simülasyonu yapılmış daha sonrasında üretimi ve programlaması gerçekleştirilmiştir. Birbiri ile uyumlu çalışabilmesi için gerekli testler yapılmıştır. Testler sonucunda kalibrasyon ve hizalama işlemleri ile problemler giderilmiştir. Sıvı dolum sisteminin uygulama görselleri ve açıklamaları Şekil 3.44 ve Şekil 3.45'te gösterilmiştir.



Şekil 3.44. Sıvı dolum sistemi uygulama görseli 1



Şekil 3.45. Sıvı dolum sistemi uygulama görseli 2

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Sıvı dolum üniteleri, birçok sektörde kullanılmaktadır. Sıvı dolum ünitelerinin gıda dolumu için kullanılanları endüstriyel üretim için kullanılmaktadır. Endüstriyel üretim ürünleri belirli standartlara göre yapılmış genel ürünlerdir. Tez kapsamında gerçekleştirilen dolum üniteleri hem özel üretim hem de otomatik üretim yapabilmektedir. Bu iki üretim yönteminin son kullanıcı olan insanların ihtiyaçlarını karşılayabilecek olmasının yanı sıra endüstriyel üretim için uygun bir alt yapıya sahip olduğunu göstermektedir.

Endüstriyel dolum ünitelerinin kullanıldığı sistemlerde en önemli özelliğin üretim süresi olduğu anlaşılmaktadır. Üretim süresinin düşürülmesi birim ürün maliyetini oldukça düşürmektedir. Sistem içerisinde çalışan birden çok proses olduğu için endüstriyel üretimde çalışan proseslerden en yavaş olanının süresi üretim süresi olarak adlandırılmaktadır. Yapılan tez çalışmasında üretim süresi hem endüstriyel çalışma için hem de özel üretim için hesaplanmıştır.

Yapılan çalışmada ana proseslerin çalışma süreleri bardak başlatma 3 saniye, taşıma 3 saniye, sıvı dolum 9-14 saniye, kapak takma 10 saniye ve etiketleme prosesi 3 saniye olarak hesaplanmıştır. Ayrıca üretim tamamlandığında bir kere daha taşıma prosesi çalışmaktadır. Sistem içerisinde çalışan en uzun ana proses sistemin genel üretim süresini doğrudan etkilemektedir. Sıvı dolum işlemi gerçekleştirilirken sıvının akış debisine göre her 50 ml'lik akış için 1 saniye geçtiği hesaplanmıştır. Sıvı dolum işleminde minimum dolum miktarı olan 50 ml'lik dolum için 9 saniye maksimum dolum miktarı olan 300 ml için 14 saniye zaman geçmektedir. Yapılan hesaplamada lineer bir dolum süresi olduğu gözükse de uygulamada çok az da olsa farklılıklar ortaya çıkmıştır. Ayrıca sıvı dolum üniteleri pnömatik olarak çalışan malzemeleri içerdiği için hava basıncın düşük veya yüksek olduğu zamanlara göre bazı ana proseslerin işlem sürelerinde küçük farklılıklar oluşabilmektedir.

Sıvı dolum ünitelerinin özel üretim için kullanılan üretim yönteminin farklı durumlara göre üretim süreleri Çizelge 4.1'de verilmiştir. Üretim süreleri bardağın belirli oranlarda dolumlarına ve ürün seçim sayılarına göre ortaya çıkmıştır. Bardağın %33 dolumu yaklaşık 100 ml'ye denk gelmektedir. Bir sıvı dolum ünitesinin

kullanılabilmesi için en az 50 ml ürün seçimi yapılması gerektiğinden en fazla iki ürün seçilebileceği görülmektedir. Özel üretim yönteminde üretim adedi 1 olacağı için üretim süresi ile çevrim süresi eşit olacaktır. Özel üretim yönteminde tek ürün seçiminde %33 (100 ml) sıvı dolumu yaklaşık 50 saniye olarak ölçülmüştür. Eğer iki ürün seçimi yapılırsa bir istasyona daha gireceği için fazladan 8 saniye daha eklenecektir. Özel üretim yönteminde %66 (200 ml) sıvı dolumu için tek ürün seçiminde yaklaşık 52 saniye, iki ürün seçiminde 60 saniye ve üç ürün seçiminde 68 saniye geçtiği ölçülmüştür. Özel üretim yönteminde %100 (300 ml) sıvı dolumu için tek ürün seçiminde yaklaşık 54 saniye, iki ürün seçiminde 62 saniye, üç ürün seçiminde 70 saniye ve dört ürün seçiminde 78 saniye geçtiği ölçülmüştür.

Çizelge 4.1. Özel üretimde dolumlara göre çalışma süreleri

Üretim Yöntemi	Dolum Oranı	Ürün Kombinasyonu	Çevrim Süresi	Üretim Süresi
Özel Üretim	%33	Tek Ürün Seçimi	50 saniye	50 saniye
		İki Ürün Seçimi	58 saniye	58 saniye
	%66	Tek Ürün Seçimi	52 saniye	52 saniye
		İki Ürün Seçimi	60 saniye	60 saniye
		Üç Ürün seçimi	68 saniye	68 saniye
	%100	Tek Ürün Seçimi	54 saniye	54 saniye
		İki Ürün Seçimi	62 saniye	62 saniye
		Üç Ürün seçimi	70 saniye	70 saniye
		Dört Ürün Seçimi	78 saniye	78 saniye

Ana proseslerin işlem sürelerinden görüleceği gibi sistemde bir ürünün üretimi için gereken işlemlerdeki en uzun çalışan ana proses üretim süresini belirlemektedir. Ayrıca işlemi bitmiş ürünün taşıma prosesi ile çıkışa aktarılması da bir süre olarak gözükmemektedir. Bu sıvı dolum yönteminde çevrim süresi ile üretim süresi arasında büyük farklılık vardır. Birden fazla üretim olacağı için çevrim süresi bir kez gerçekleşecektir.

Otomatik karışık üretim yönteminde ana prosesler içindeki en uzun prosesin işlem süresine göre minimum 13 saniye, maksimum 17 saniyeye ihtiyacı vardır. Dolum

miktarlarına göre bakıldığında %33 dolumda tek ürün veya iki ürün seçimin üretim süresine etkisi olmadığı gözlemlenmiştir. Otomatik karışık üretimde %66'lık dolumda tek ürün seçiminde 17 saniyeye ihtiyaç varken üç ürün seçiminde 15 saniyeye ihtiyaç vardır. Bu durumların oluşmasında dolum yapılan proseslerdeki dolum miktarının diğer istasyonlara bölünmesi işlem süresinin azaltılmasını sağlamıştır. Buradan da görülebileceği gibi sistem içerisinde çalışan ana proseslerde en optimum durumun işlem sürelerinin birbirine yakın olması ile elde edilebildiği gözükmemektedir. Sıvı dolum ünitelerinin otomatik karışık üretim için kullanılan üretim yönteminin farklı durumlara göre üretim süreleri Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Otomatik karışık üretimde dolumlara göre çalışma süreleri

Üretim Yöntemi	Dolum Oranı	Ürün Kombinasyonu	Çevrim Süresi	Üretim Süresi
Otomatik Karışık Üretim	%33	Tek Ürün Seçimi	50 saniye	13 saniye
		İki Ürün Seçimi	58 saniye	13 saniye
	%66	Tek Ürün Seçimi	52 saniye	15 saniye
		İki Ürün Seçimi	60 saniye	14 saniye
		Üç Ürün seçimi	68 saniye	13 saniye
	%100	Tek Ürün Seçimi	54 saniye	17 saniye
		İki Ürün Seçimi	62 saniye	16 saniye
		Üç Ürün seçimi	70 saniye	15 saniye
		Dört Ürün Seçimi	78 saniye	14 saniye

Tez çalışmasında diğer üretim yöntemlerine ek olarak otomatik sade üretim yöntemi bulunmaktadır. Bu üretim yönteminde tek ürün seçimi yapılacağı için sadece tek sıvı dolum istasyonu çalışacaktır. Sıvı dolum miktarı kullanıcının seçimi ile arttıkça üretim süresinin arttığı görülmektedir. Bu durumun oluşmasının sebebi diğer dolum yöntemlerinden de görülebileceği gibi sıvı dolumu esnasında dolum işleminin ana proseslerde en yüksek zamanı almasıdır. Sıvı dolum ünitelerinin otomatik sade üretim işlemlerini tamamlamasında %33 sıvı dolumunda 13 saniye, %66 sıvı dolumunda 15 saniye ve %100 sıvı dolumda 17 saniye zamana ihtiyacı vardır. Bu üretim yönteminde çevrim süresi otomatik karışık üretim yöntemi ile benzerlik göstermektedir. Otomatik üretim yöntemlerinde adetli üretim olacağı için çevrim süresi bir kez gerçekleşecektir.

Sıvı dolum ünitelerinin otomatik sade üretim için kullanılan üretim yönteminin farklı durumlara göre üretim süreleri Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Otomatik sade üretimde dolumlara göre çalışma süreleri

Üretim Yöntemi	Dolum Oranı	Ürün Kombinasyonu	Çevrim Süresi	Üretim Süresi
Otomatik Sade Üretim	%33	Tek Ürün Seçimi	50 saniye	13 saniye
	%66	Tek Ürün Seçimi	52 saniye	15 saniye
	%100	Tek Ürün Seçimi	54 saniye	17 saniye

Sıvı dolum ünitelerinin tasarımında farklı birçok parametre olmasına rağmen birim ürün üretiminde geçen süre en önemli faktördür. Tez çalışmasında endüstride kullanılan dolum ünitelerinde birim ürün üretiminde harcanan süre ile benzer özellikleri taşımakla beraber ayrıca son kullanıcının ürün üretimi için bir alt yapı sağlanmıştır. Yapılan çalışmada elde edilen bulgular aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Sıvı dolum üniteleri özel üretim yöntemi ile çalıştırıldığında bütün ana proseslerin işlem süreleri üretim süresine eklenecektir.
- Sıvı dolum üniteleri otomatik üretim yöntemleri ile adetli üretim yaptığında ana proseslerin işlem sürelerindeki en uzun ana proses işlemi kadar üretim süresi oluşmaktadır.
- Otomatik üretim yöntemleri seri üretim alt yapısı sağlamaktadır ve tek seferde çok fazla üretim gerçekleştirmesi çevrim süresinin etkisini azaltmaktadır.
- Otomatik karışık üretim yönteminde görülmüştür ki, yüksek dolum miktarı olan üretimde az sayıda ürün seçimi, seçilen dolum istasyonunda fazla zaman harcanmasını sağlamaktadır. Bu durum ürün seçiminin yükselmesi ile dolum süresinin birden fazla istasyona dağılması üretim süresini düşürmektedir.
- Seri üretimde çalışan ana proseslerden en uzun işleme sahip olan ana proses üretim süresini belirlemektedir. Bu sebeple otomasyon sistemi içerisinde çalışan ana proseslerin üretim sürelerinin birbirine yakın olması en optimum üretim süresinin ortaya çıkmasını sağlayacaktır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Endüstriyel üretim için kullanılan sıvı dolum üniteleri hız, kalite ve ürün standardı gibi önemli özellikleri içerisinde bulundurmaktadır. Bu endüstriyel üretim tesislerinin insanların bulunduğu alanlarda olması tasarım, boyut ve maliyet olarak mümkün değildir. Endüstriyel üretimde kullanılan sıvı dolum ünitelerinin özelliklerini koruyarak son tüketicinin bulunduğu ortamlarda kullanılabilir hale getirilmesi hedeflenmiştir. Mevcut durumda bulunan ürün otomatları bazı özellikleri karşılarsa da insanların asıl talep ettiği ürünü sağlayamamaktadır. Herhangi bir operatöre bağlı olmaksızın kullanıcının talep ettiği ürün bilgisinin HMI panel yardımıyla cihaza girilmesi üretim için yeterli olmaktadır.

Tasarlanan sıvı dolum sisteminde kullanıcı tarafından seçilen ürün ve miktarlarına göre bardaklara dolum gerçekleştirilmektedir. Sıvı dolumu miktarının hassasiyeti ağırlık sensörleriyle gerçek zamanlı olarak kontrol edilerek ayarlanmaktadır. Sıvı dolumu yapılmış ürüne kapağı takılır ve etiketleme işlemi gerçekleştirilmektedir. Kullanıcının talep etmiş olduğu ürün tam otomatik olarak üretilerek çıkışa aktarılmaktadır.

Tez çalışmasında gerçekleştirilen sıvı dolum üniteleri özel sektör kullanımı için geliştirildiği için endüstriyel üretimin uygulanamadığı alanlarda insanların ihtiyaçlarını karşılamak konusunda sektörde bulunan açığı kapatacağı düşünülmektedir. Endüstriyel sıvı dolum ünitelerinin önemli özelliklerini barındıran, kullanılacağı özel sektördeki dezavantajlarını ortadan kaldıran bir yapıda tasarlanan özel sıvı dolum üniteleri insanların kişisel isteklerinin hızlı, kaliteli ve istenilen özellikte gerçekleştirilmesini sağlayacaktır.

Birçok sektörde makineleşme teknolojinin gelişmesiyle her geçen gün artmaktadır. Ürün ve üretim maliyetlerinin düşürmesi, insan gücü ihtiyacının azaltılması gibi özelliklerin özel sektörde sağlanabilmesi için makineleşme gerekmektedir. Özel sektörde kullanılan makinelerin basit düzeyde kalması ve operatör ihtiyacı gerektirmesi istenilen faydayı tam olarak sağlayamamaktadır. Yapılan çalışmanın özel sektöre uygulamasında hem işletme giderlerinin azaltılacağı hem de taleplerin istenilen ölçüde sağlanacağı düşünülmektedir.

Gelecekte gerçekleştirilecek çalışmalarda sıvı dolum sisteminin bulunduğu ortamlarda insanların hangi ürün ve karışımları ağırlıklı olarak tercih ettiği bilgileri veri tabanlarına kaydedilerek geleceğe yönelik yapay zekâ teknikleri ile öngörü de bulunması önemli olacaktır. ėrenme algoritmaları ile donatılmış sistem ile elde edilen çıktılar sıvı dolum sistemin bulunduğu yerdeki işletme tarafından kullanılarak gerekli nlem ve adımların planlanması açısından birçok avantaj sağlayacaktır. rn retim süresinin düşürülmesi, hammadde ihtiyaının karşılanması, gelen talepler ve fiyat politikası gibi birçok durumun değerlendirmesinin yapılması kolaylaşacaktır. Ayrıca elde edilen bilgilerden kullanıcılara karışım önerilerinin sunulması tercih yapılması esnasında kolaylık sağlayacaktır.



KAYNAKLAR

- Adiyan, A. (2012). *Sıvı Seviye Kontrolü için Scada Sistem Tasarımı*. (Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Anonim (2020a). <https://www.dizaynmakina.com/sivi-dolum-sistemleri/> (Son erişim tarihi: 27.11.2020)
- Anonim (2020b). <https://www.istockphoto.com/tr/collaboration/boards#boards> (Son erişim tarihi: 07.12.2020)
- Anonim (2021a). <https://www.roltek.com.tr/satis-ve-kahve-otomati-izleme/> (Son erişim tarihi: 05.01.2021)
- Anonim (2021b). <https://farklihayatlar.blogspot.com/2017/07/cift-etkili-silindirin-ic-yaps.html> (Son erişim tarihi: 19.01.2021)
- Aykaç, E. S. (2010). *Development of a SCADA Control System for a Weighing and Bagging Machine*. (Master Thesis, Middle East Technical University Department of Mechanical Engineering)
- Bayındır, R., Kaplan, O., Bayyığıt, C., Sarıkaya, Y., & Hallaçlıoğlu, M. (2011). PLC ve SCADA Kullanılarak Bir Endüstriyel Sistemin Otomasyonu. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 27(1), 107–115. <https://dergipark.org.tr/en/pub/erciyesfen/issue/25571/269745>
- Becerikli, F. (2013). *PLC ve SCADA Sistemlerinde Katı ve Sıvıların Tartım Hassasiyetinin Arttırılması ve Dozajlanması*. (Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Chakraborty, K., Choudhury, M. G., Das, S., & Paul, S. (2020). Development of PLC-SCADA based control strategy for water storage in a tank for a semi-automated plant. *Journal of Instrumentation*, 15(04), T04007–T04007. <https://doi.org/10.1088/1748-0221/15/04/T04007>
- Çilek, A. (2005). *PLC (Programlanabilir Lojik Kontrol Cihazı) ve SCADA (Yönetmel Denetim ve Veri Toplama) ile Endüstriyel Otomasyon Uygulaması*. (Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Değirmencioğlu, G. (2008). *Ağırlık Duyarlı Elma Sınıflandırma Otomasyonunun Tasarımı ve Prototip İmalatı*. (Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Delta. (2018). Endüstriyel Otomasyon Ürünleri, Fiyat Listesi. *Delta Greentech Elektronik San. Ltd. Şti., İstanbul* (s. 112).
- Dhiman, J., & Kumar, D. (2014). Hybrid method for automatically filling of the chemical liquid into bottles using PLC & SCADA. *Ijergs*, 2(6), 1000–1007.

- Eminoğlu, Y. (2013). *PLC Programlama ve S7 1200*. Birsen Yayınevi.
- Erol, F., Emren, M., Öztürk, S., & Kuncan, M. (2015). PI Denetleyici ile Sıvı Seviye Kontrolünün Gerçek Zamanlı Olarak PLC İle Gerçeklenmesi. *Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı*, 10–12.
- Gadhe, A., Bhojane, P., & Kawade, K. (2018). Chemical Mixing For Process Industry Using PLC & SCADA. *Ijareeie*, 7(4), 1784–1790. <https://doi.org/10.15662/IJAREEIE.2018.0704045>
- Gençoğlu, C., Usta, S., & Gençoğlu, S. (2020). Programlanabilir Lojik Kontrolör (PLC) Tarafından Yönetilen Bir Tartılı Lizimetre Sisteminin Geliştirilmesi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 33(1), 107–115. <https://doi.org/10.29136/mediterranean.667338>
- Hamzaoglu, S. (2015). *Sepet Yıkama ve Salamura Dolum Makinası*. (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Kafalı, A. (2019). *PLC ve SCADA Tabanlı Sıvı Boya Dozajlama Sisteminin Gerçekleştirilmesi ve Performansının İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Kiangala K. S. & Wang Z. (2019). *An Industry 4.0 Approach to Develop Auto Parameter Configuration of a Bottling Process in a Small to Medium Scale Industry Using PLV and SCADA*. 2nd International Conference on Sustainable Materials Processing and Manufacturing. SMPM 2019.
- MEGEB. (2014). Endüstriyel Otomasyon Teknolojileri, SCADA Sistemlerine Giriş. *Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara* (s. 69).
- Özer, A. (2016). *Endüstriyel Sistemlerde PLC ve SCADA Uygulaması*. (Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Şeker, H. (2019). *SCADA Sistemler ve Modbus Güvenlik Açıklıkları*. (s. 16)
- Taşkın, S., & Demetgül, M. (2009). Bir Sıvı Dolum Tesisi Deney Setinin Uzaktan Erişimli Kontrolü. *Politeknik Dergisi*, 12(1), 35–41.
- Yaşar E. (2020). Bir Tartım Otomasyonunda, Platform Tipi Yük Hücrelerinin, S-tipi Olarak Kullanılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (Özel Sayı)*, 221-227.

ÖZGEÇMİŞ

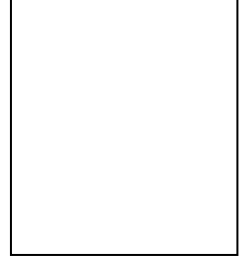
Adı Soyadı

Doğum Yeri ve Yılı :

Medeni Hali

Yabancı Dili

E-posta



Eğitim Durumu

Lise

Lisans

Mesleki Deneyim

Yayınlar