

**DENTAL RESTORATİF MATERYALLERİN YORULMA VE  
DAYANIMINI TEST EDEN OKLUZAL YÜKLEME MAKİNASININ  
TASARIMI VE İMALATI**

**Berat Barış BULDUM**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNA EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**NİSAN 2006  
ANKARA**

Berat Barış BULDUM tarafından hazırlanan DENTAL RESTORATİF MATERYALLERİN YORULMA VE DAYANIMINI TEST EDEN OKLUZAL YÜKLEME MAKİNASININ TASARIMI VE İMALATI adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Abdulkadir GÜLLÜ  
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Makina Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: : Prof. Dr. Mahmut GÜLESİN

Üye : Prof. Dr. Hüma ÖMÜRLÜ

Üye : Prof. Dr. İlhami ÇOLAK

Üye : Yrd. Doç. Dr. Abdulkadir GÜLLÜ

Üye : Yrd. Doç. Dr. Hakan DİLİPAK

Tarih :07/04/2006

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

**DENTAL RESTORATİF MATERYALLERİN YORULMASINI VE  
DAYANIMINI TEST EDEN OKLUZAL YÜKLEME MAKİNASININ  
TASARIMI VE İMALATI  
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Berat Barış BULDUM**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
Nisan 2006**

**ÖZET**

**Dişhekimliğinde kullanılan restoratif materyaller ağız içi kullanımlarından önce laboratuarlarda in vitro koşullarda test edilir. Tasarımı ve imalatı gerçekleştirilen makina ile, çiğneme işlemi sırasında, ağız içinde kullanılan restoratif materyallerin, kısa ve uzun süreli uygulanan kuvvetler karşısında maruz kaldığı etkiler araştırılmaktadır. Bu okluzal yükleme makinasında, PLC kontrollü pnömatik kuvvet uygulayıcı silindirler kullanılmıştır. Silindirlerin uyguladığı kuvvet miktarları (80-500 N) ve çalışma frekansları (mak. 6,6 Hz) değiştirilebilmektedir. Pnömatik kuvvet ile deney numunelerine baskı uygulanır ve bu baskı bilgisi geribildirim algılayıcısı tarafından PLC'ye aktarılır. PLC hem Pnömatik piston kontrollerini sağlamakta, hem de deney bilgileri istenilen yöreğe doğrultusunda kayıt etmektedir. Her bir pistonun hareketi bilgisayar tarafından takip edilmektedir. Belirlenen vuruş sayısında veya numunenin kırılması durumunda ilgili piston, simülasyonda devre dışı kalır, kırılma bilgisi PLC'ye gönderilerek toplam vuruş sayısı kayıt edilebilmektedir.**

**Bilim Kodu : 708  
Anahtar Kelimeler : PLC, Pnömatik, Okluzal yükleme, SCADA, Restoratif materyaller, Mekatronik  
Sayfa Adedi : 127  
Tez Yöneticisi : Yrd. Doç. Dr. Abdulkadir GÜLLÜ**

**DESIGN AND MANUFACTURING of An OCCLUSAL LOADING  
MACHINE TESTING FATIGUE and FRACTURE STRENGTH of DENTAL  
RESTORATIVE MATERIALS  
(M.Sc. Thesis)**

**Berat Barış BULDUM**

**GAZI UNIVERSITY  
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY  
April 2006**

**ABSTRACT**

Restorative materials used in dentistry are tested in the laboratories under vitro conditions before the mouth usage. By using designed and manufactured machine, the effects of short and long-period applied forces on restorative materials used in the mouth are investigated under chewing process conditions. PLC controlled pneumatic cylinders, which apply forces were used in the manufactured occlusal loading machine. Force values (80-500 N) applied by the cylinders and work frequencies (up to 6,6 Hz) can be changed by PLC. Compression is applied to the test specimens by using pneumatic force and this compression data are transmitted to the PLC by the feedback sensor. PLC both controls pneumatic pistons and records test data in the desired trajectory direction. Movement of each piston is controlled by the computer. In case of the specimen breakage or in the event of desired compression number, relevant pistons will be out of service and then total compression number is recorded by transmitting the fracture information to the PLC.

**Science Code : 708**  
**Key Words : PLC, Pneumatic, Okluzal loading, SCADA, Restorative materials, Mechatronic**  
**Page Number : 127**  
**Adviser : Assoc. Prof. Abdulkadir GÜLLÜ**

## TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Abdulkadir GÜLLÜ'ye, yine çalışmalarımda yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Sadullah ÜÇTAŞLI ve Doç.Dr. Mine ÜÇTAŞLI'ya, Dr. Ali SAYGIN'a, Bilgehan ŞAHİN'e, ve manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan çok değerli aileme, ayrıca bu tezin gerçekleşmesinde maddi katkılarından dolayı Gazi Üniversitesi BAP başkanlığına teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET .....	iii
ABSTRACT .....	iv
TEŞEKKÜR .....	v
İÇİNDEKİLER .....	vi
ÇİZELGELERİN LİSTESİ .....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ .....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ .....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	xv
1. GİRİŞ .....	1
2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI .....	3
3. OKLUZAL YÜK VE RESTORATİF MATERYALLER .....	5
3.1. Oklüzyon Kuvvetleri .....	5
3.2. Dişlerde Etkili Kuvvetler .....	6
3.3. Çiğneme Fonksiyonu .....	6
3.4. Restoratif Materyaller (Kompozit Reziner) .....	7
3.5. Kompozit Rezinerin Yapısı .....	8
3.6. Kompozit Rezinerin Mekanik Özellikleri .....	11
4. PROGRAMLANABİLİR LOJİK KONTROL SİSTEMLER .....	13
4.1. PLC'nin Üstünlükleri .....	14
4.2. PLC'lerin Büyüklüğü .....	14
4.3. PLC'lerin Genel Kullanım Amacı .....	15
4.3.1. Sıra (Sequence) kontrol .....	16
4.3.2. Hareket kontrolü .....	16

	<b>Sayfa</b>
4.3.3. Süreç denetimi.....	16
4.3.4. Veri yönetimi.....	17
4.4. PLC'nin Bölümleri.....	17
4.5. PLC'nin Elemanları .....	19
4.5.1. Donanım .....	20
4.5.2. Yazılım .....	20
4.5.3. Algılayıcılar (Sensörler).....	21
4.5.4. İş elamanları .....	22
4.5.5. Programlayıcı .....	23
4.6. PLC ile Kontrol Sistemlerinin Oluşturulması.....	23
4.7. Bilgisayar Programlarıyla PLC Programının Farkı .....	24
4.8. Programlama Açısından PLC'nin Bilgisayara Göre Avantajları.....	24
5. SIMATIC S7-200 MICRO PLC .....	26
5.1. Simatic S7-200 PLC Kullanım Alanları .....	26
5.2. Simatic S7-200 Micro PLC'nin Temel Parçaları ve Fonksiyonları.....	27
5.3. Standart Programlama.....	30
5.3.1. Fonksiyon blok diagram gösterimi (FBD) .....	31
5.3.2. Kontak plan gösterimi (LAD) .....	32
5.3.3. Komut listesinin gösterimi (STL) .....	32
5.4. Programlama .....	33
5.4.1. VE (AND) işlem.....	33
5.4.2. VEYA (OR) işlemi.....	34

	<b>Sayfa</b>
5.4.3. VE DEĞİL (AND NOT) işlemi .....	34
5.4.4. VEYA DEĞİL (OR NOT) işlemi.....	35
5.5. Programlamada Dikkat Edilecek Hususlar .....	35
6. SCADA .....	36
6.1. SCADA Sistemlerde Haberleşme .....	37
6.2. SCADA Sistemlerinin Oluşturulması .....	38
6.3. SCADA Sistemlerinin Faydaları.....	38
6.4. SCADA Sistemlerinin Uygulama Alanları .....	39
7. PNÖMATİK.....	40
7.1. Pnömatik Prensipler .....	43
7.1.1. Akışkanlı güç sistemleri .....	43
7.1.2. Pnömatik sistemler .....	43
7.1.2. Pnömatikte temel prensipler .....	44
7.2. Pnömatik Endüstrisinde Kullanılan Bazı Simgeler.....	46
7.3. Bazı Pnömatik Elemanlar .....	47
7.3.1. Silindirler.....	47
7.3.2. Valfler.....	51
7.3.3. Basınçlı hava üretimi (Kompresör) .....	52
7.4. Enerji İletiminin Farklı Sistemler İle Karşılaştırılma .....	55
7.4.1. Çalışma elemanlarının özellikleri.....	55
7.5. Pnömatikle İlgili Temel Hesaplar .....	56
7.5.1. Basınç .....	56
7.5.2. Kuvvet .....	58

	<b>Sayfa</b>
7.5.3. İş .....	59
7.5.4. Güç .....	59
8. MEKATRONİK .....	60
8.1. Mekatroniğin Tarihçesi Ve Gelişim Süreci .....	60
8.2. Mekatronik Kavramı .....	61
9. OKLUZAL YÜKLEME MAKİNASI .....	63
9.1. Mekanik Kısım .....	67
9.1.1. Gövde .....	67
9.1.2. Taşıyıcı kaplar .....	68
9.1.1. Değiştirilebilir uç .....	69
9.1.4. Masa .....	70
9.2. Pnömatik Sistem .....	71
9.2.1. Silindirler .....	73
9.2.2. Elektropnömatik sistem .....	74
9.2.3. Şartlandırıcı .....	77
9.2.4. Selonoid bobinli valf .....	78
9.2.5. Hortum ve bağlantı elemanlar .....	79
9.2.6. Konum algılayıcı .....	80
9.2.7. Dijital göstergeli analog basınç anahtarı .....	81
9.3. PLC .....	82
9.3.1. Okluzal yükleme makinasının PLC yazılımı ve açıklaması. ....	83
9.4. Kontrol Paneli .....	89
9.5. SCADA Yazılımı .....	94

	<b>Sayfa</b>
10. OKLUZAL YÜKLEME MAKİNASI.....	100
11. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	106
11.1. Sonuç.....	106
11.2. Öneriler .....	106
KAYNAKLAR.....	108
EKLER.....	110
EK-1 Scada yazılım .....	111
EK-2 Okluzal yükleme makinasının elemanları .....	126
ÖZGEÇMİŞ.....	127

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

### Çizelge Sayfa

Çizelge 7.1. Pnömatik endüstrisinde kullanılan önemli elemanların gösterimi.....	46
Çizelge 7.2. Pnömatik hesaplamalarda kullanılan simgeler.....	48
Çizelge 7.3. Piston çapı ve çalışma basıncının verilmesi halinde elde edilen silindir kuvveti .....	49
Çizelge 7.4. Basınçlı hava silindirlerinde piston çapı ve çalışma basıncına bağlı olarak cm strok başına hava tüketimi .....	51
Çizelge 9.1. S7-200 CPU karşılaştırmaları .....	83
Çizelge 10.1. Deney numunelerin kırılma sayıları.....	104
Çizelge 10.2. Deney numunelerin kırılma sayıları grafiği.....	104
Çizelge 10.3. Siteme girilen periyot değerlerinin Hz ve saniye karşılıkları .....	105

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil .....	Sayfa
Şekil 2.1. Kompozit rezin yapısı .....	9
Şekil 4.1. PLC genel blok şeması.....	18
Şekil 4.2. PLC'nin temel elemanları .....	19
Şekil 4.3. PLC'nin donanım elemanlarının çalışma prensibi.....	20
Şekil 4.4. Yazılımın 3 farklı metotla gösterimi.....	21
Şekil 5.1. Lojik kapı gösteriminin FBD yazılımı .....	31
Şekil 5.2. Kontak gösteriminin LAD yazılımı .....	32
Şekil 5.3. Komut listesinin STL yazımlı .....	32
Şekil 5.4. VE işleminin gösterimi .....	33
Şekil 5.5. VEYA işleminin gösterimi .....	34
Şekil 5.6. VE DEĞİL işleminin gösterimi .....	34
Şekil 5.7. VEYA DEĞİL işleminin gösterimi .....	35
Şekil 7.1. Sabit sıcaklıkta basınç hacim değişimi .....	44
Şekil 7.2. Farklı sıcaklıklarda, sabit basınçta hacim değişimi .....	45
Şekil 7.3. Bir hava soğutmalı pistonlu kompresörün çalışma prensibi .....	54
Şekil 7.4. Dönel çok hücreli (paletli) bir kompresörün çalışma prensibi.....	54
Şekil 8.1. Mekatronik teknolojisinin gelişimi .....	60
Şekil 8.2. Mekatronik ve diğer mühendislik alanları .....	62
Şekil 9.1. Okluzal yükleme makinasının akış diyagramı .....	66
Şekil 9.2. Pnömatik devre planı .....	72
Şekil 9.3. Çift etkili silindir gösterimi.....	74
Şekil 9.4. MPPEs oransal basınç regülatörün gösterimi .....	76

<b>Şekil .....</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 9.5. Şartlandırıcının gösterimi.....	77
Şekil 9.6. 5\2 Selonoid bobinli valfin gösterimi .....	79
Şekil 9.7. Dijital göstergeli analog basınç anahtarının gösterimi.....	81
Şekil 9.8. Network 1'e yazılan komutlar .....	84
Şekil 9.9. Network 3'e yazılan komutlar .....	85
Şekil 9.10. Network 8'e yazılan komutlar .....	85
Şekil 9.11. Network 7'ye yazılan komutlar .....	86
Şekil 9.12. Network 10'a yazılan komutlar .....	86
Şekil 9.13. Network 11'e yazılan komutlar .....	87
Şekil 9.14. Network 12'ye yazılan komutlar .....	87
Şekil 9.15. Network 13'ye yazılan komutlar .....	88
Şekil 9.16. Network 14'e yazılan komutlar .....	88
Şekil 9.17. Network 33'ye yazılan komutlar .....	89
Şekil 9.18. OP3'ün bilgisayar ve PLC ile haberleşmesinin gösterimi .....	90

## RESİMLERİN LİSTESİ

<b>Resim .....</b>	<b>Sayfa</b>
Resim 3.1. Sao Paulo Üniversitesinde gerçekleştirilen okluzal yükleme makinası....	3
Resim 4.1. Temassız algılayıcı .....	22
Resim 4.2. 5\2 yön kontrol valfi .....	22
Resim 5.1. S7-200 genel hatları .....	26
Resim 7.1. Pnömatik bir silindir .....	47
Resim 7.2. Bobinli bir valf.....	51
Resim 9.1 Okluzal yükleme makinasının genel görünümü .....	63
Resim 9.2. Okluzal yükleme makinasının ana gövdesi.....	67
Resim 9.3 Taşıyıcı kaplar.....	68
Resim 9.4. Taşıyıcı kap ve tutucu .....	68
Resim 9.5. Değiştirilebilir uç .....	69
Resim 9.6. Masa.....	70
Resim 9.7. Pnömatik devre ve silindirler .....	72
Resim 9.8. DNC serisi pnömatik silindir .....	73
Resim 9.9. DNC32 – 10- PPV-A silindir.....	73
Resim 9.10. MPPEs-3-1/4-100-10 oransal basınç regülatörü .....	75
Resim 9.11. MPPEs oransal basınç regülatörü.....	75
Resim 9.12. FRC-1-D-5M-DI-MAXI.....	77
Resim 9.13. Maxi D serisi şartlandırıcı.....	77
Resim 9.14. Tiger serisi MFH-5-1/4-S-B .....	78
Resim 9.15. Tiger serisi .....	78
Resim 9.16. Hortum ve bağlantı elemanlarının bağlanması .....	79

<b>Resim .....</b>	<b>Sayfa</b>
Resim 9.17. Konum algılayıcının silindire takılmış olarak gösterimi .....	80
Resim 9.18. Dijital göstergeli analog basınç anahtarı.....	81
Resim 9.19. Sistemde kullanılan S7-200 .....	82
Resim 9.20. STEP 7 – MicroWIN – 32 V 3.2.1.34 programının ana sayfası	84
Resim 9.21. Sistemde kullanılan OP3 kontrol paneli .....	90
Resim 9.22. Simatic ProTool/Lite paket programının açılış sayfası.....	91
Resim 9.23. Operatör paneli açıldığında ekrana gelen ilk sayfanın programlanması.....	91
Resim 9.24. Değer giriş sayfasının programlanması .....	92
Resim 9.25. Start Stop butonları .....	92
Resim 9.26. Deney çalışma sayfasının programlanması.....	93
Resim 9.27. SCADA yazılımının giriş sayfası.....	94
Resim 9.28. Veri giriş sayfası .....	95
Resim 9.29. Simülasyon sayfası.....	96
Resim 9.30. Değer değiştirme sayfası.....	98
Resim 9.31. Sistem çalışma kayıtları .....	99
Resim 10.1. Load-cell'in sisteme bağlantısı .....	100
Resim 10.2. Yük uygulanmadan önceki sıfırlanmış gösterge değeri.....	100
Resim 10.3. Silindirlere gönderilen değerler .....	101
Resim 10.4. 8000 gr'lık yükün load-cell'e uygulanma anı .....	101
Resim 10.5. PLC yazılımda değer görünümü .....	102
Resim 10.6 Kalibrasyon değerleri.....	103

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

### Simgeler

### Açıklama

<b>D</b>	Silindir pistonun çapı, mm
<b>F</b>	Kuvvet, Newton
<b>Q</b>	Hava tüketimi (debi), lt/dk
<b>Pa</b>	Pascal, Pa
<b>N</b>	Newton, N
<b>M</b>	Metrik
<b>Ø</b>	Çap, mm
<b>µ</b>	Mikron

### Kısaltmalar

### Açıklama

<b>CPU</b>	Central Processing Unit
<b>I/O</b>	Input/Output
<b>EMS</b>	Elektromekanik sistemler
<b>MMY</b>	Makina Mühendisliği Yazılımları
<b>EEMY</b>	Elektrik/Elektronik Mühendisliği Yazılımları
<b>PLC</b>	Programmable Logic Controller

## 1. GİRİŞ

Elektronik ve bilgisayar teknolojileri alanındaki gelişmelere paralel olarak, pnömatik kumanda elemanları ve pnömatik sistemlerde kullanılan bilgisayar-elektronik sistemleri, aynı çatı altında birleştirilerek PLC kontrollü makinalar yapılmaktadır [1]. Son zamanlarda, geliştirilen programlanabilir kontrol üniteleri endüstriyel sistemleri denetlerken, aynı zamanda programlanabilmesi nedeniyle, yüksek esnekliğe sahip PLC destekli sistemlerin birçok alanda kullanılması da sağlamaktadır [2]. Bu alanlardan biri de sağlık sektörüdür. İnsan sağlığını doğrudan ilgilendiren ortamlarda bu tür sistemler kullanılmaktadır.

Teknoloji, insanların yaşam biçimini iyileştirerek daha sağlıklı, daha mutlu bir ortam hazırlamak için her geçen gün büyük bir hızla gelişmektedir. Yapılan çalışmaların çoğunluğu insanların rahatlığı, konforu ve sağlığı içindir.

Dişhekimliğinde, diş tedavisinde kullanılan restoratif materyaller ağız içi kullanımlarından önce laboratuarda in-vitro koşullarda test edilir. Üretici firmalar ürünlerini klinik kullanıma sunmadan önce temel mekanik testleri uygularlar. Ancak, üretici firmaların kullanıma sundukları bazı ürünlerin klinik başarısızlığına bağlı olarak bir süre sonra üretimini durdurdukları ve kullanımdan çıkardıkları bilinmektedir.

Bu başarısızlıkları en aza indirmek için, herhangi bir restoratif materyalin klinik kullanımdan önce ağız ortamını taklit eden test teknikleri ile değerlendirilmesi en doğru seçenektir. Bu test tekniklerinin geliştirilmesi ve uygulanması daha çok çabaya ihtiyaç gösterdiğinden materyallerin laboratuarda denenmeleri, bu mekanik testler ile daha da önem kazanmaktadır. Bu mekanik testler ile okluzal yüklemeler sırasında, ağız içinde kullanılan farklı restoratif materyallerin, kısa ve uzun süreli, uygulanan kuvvetler karşısında maruz kaldığı etkilerin araştırılması amaçlanmıştır. Dişhekimliği günlük uygulamalarda restoratif amaçla, sıklıkla kullanılan seramikten kompozit reçine restoratif materyale kadar tüm materyallerin birbirleri ile

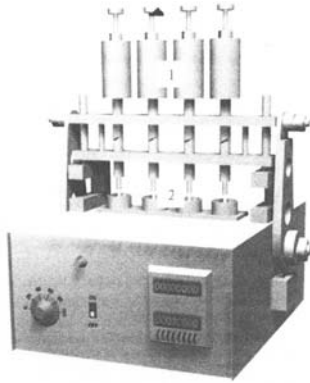
kıyaslanabilmesine ve uygun dayanıklılığa sahip materyalin ayırt edilebilmesine imkan sağlamaktadır.

Bu amaçla, imalatı yapılan okluzal yükleme makinası ile uygulanan kuvvet miktarı, frekansı ve darbe sayısı değiştirilebildiğinden, bu parametreler sayesinde materyalin direnci güvenilir ve tekrarlanabilir şekilde araştırılabilmektedir. Okluzal yükleme makinasının farklı parametrelerinden yararlanılarak, farklı materyaller test edilerek dişhekimliği alanında araştırmalar yapılabilecektir. Başka ÷lkelerde, bazı üniversiteler mekanik yükleme makinaları geliştirmişler (Brezilya–Sao Paulo Üniversitesi) ve laboratuvar deneylerinde bu makinalardan yararlanmaktadırlar. Bu makine ile dişhekimliğinde kullanılabilen restoratif materyallerin, istenilen sayı kadar okluzal yükleme sonucundaki dayanıklılıkları kısa sürede test edilebilecek ve en dayanıklı uygun materyalin seçimine karar verilebilecektir.

## 2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Diş hekimliği alanında kullanılan okluzal yükleme makinası hakkında çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların bir kısmı konumuzla ilgisi doğrultusunda bu bölümde açıklanmıştır.

Cardosa ve arkadaşları,. farklı adeziv sistemleri kullanarak iki sınıf kaviteilerin restorasyonunda, kompozit reçine restoratif materyallerin başarısını ısıl stres ve mekanik kuvvetler uygulandıktan sonra mikrosızıntı test tekniği ile incelemişler ve başarılı adeziv sistem sonuçlarını ifade etmişlerdir. Bu çalışmada, dental materyal anabilim dalına ait 4 kollu, her biri 5 x 3 x 1,5 mm boyutlarında uçlar takılı olan mekanik yük makinalarını kullanmışlar ve 80 N yük altında 100 000 kez yük uygulamışlardır [3].



Resim 3.1. Sao Paulo Üniversitesinde gerçekleştirilen okluzal yükleme makinası [3]

Hu ve arkadaşları, farklı doldurucu miktarına sahip kompozit reçine restoratif materyallerin çiğneme yüklerini, iki kütleli aşınma aygıtı ile taklit ederek değerlendirmişlerdir. Reçine matriks içindeki doldurucu miktarı arttığında, aşınma direncinin azaldığını ve bu sonuçların klinik kullanımda dental kompozit tasarımında yardımcı olacağını belirtmişlerdir [4].

Krejci ve arkadaşları, farklı yapıdaki indirekt adeziv restorasyonları, 49 N yük altında 1.200.000 okluzal yükleme işlemine tabi tuttukten sonra, uzun süreli yorulma

(fatigue) etkisini, marjinal adaptasyon, kırılma direnci ve tutuculuk parametreleri ile incelemiştir. Minimal invaziv adeziv restoratif yaklaşımların güvenilir olduğu sonucuna varmışlardır [5].

Bakaeen ve arkadaşları, çiğneme siklusunu (hareketlerini) taklit eden özel tasarlanmış çiğneme makinası kullanarak farklı çap ve tasarımda implant/kron uygulamalarında 5,5 saat sürede 6 kg ( $\cong 60$  N) yükü 16 660 kez uygulamışlar, implant vidasının gevşemesinde etkili olduğunu vurgulamışlardır [6].

Yapılan bir diğer çalışmada, yükleme cihazı oluşturulmuştur. Dinamik karakterde tekrarlayan yüklemeler yapabilmek ve böylece ağız içi kuvvet paterini taklit edebilmek amacıyla bir yükleme cihazı geliştirilmiştir. Test cihazı ile deney numunelerine 2 Hz ila 150 Hz frekans aralıklarında 2 kg'lık yük uygulayabilmektedir. [7].

Ç.U, dişhekimliği fakültesinde yapılan bir doktora çalışmasında fonksiyonel yükleme cihazı oluşturulmuştur. Dinamik karakterde tekrarlayan yüklemeler yapabilmek ve böylece ağız içi kuvvet paterini taklit edebilmek amacıyla bir yükleme cihazı geliştirilmiştir. Test cihazı 500 N ağırlığındaki kuvvetleri bir siklus halinde 0-10 000 msn aralığındaki temas sürelerinde uygulamaktadır. Cihazın tekrarlayabileceği siklus sayısı  $0-10^4$  olacak şekilde belirlenmiştir.

Restoratif diş hekimliğinin laboratuvar (in vitro) testlerinde okluzal yükleme önemli yer tutmakta ve okluzal yükleme diğer test teknikleriyle beraber kullanılabilir. Gerçekleştirilen kaynak taramasında, bu tezde imalatı yapılan okluzal yükleme makinası kadar kapsamlı ve parametreleri değiştirilebilen bir cihaz olmadığı görülmüştür. Bu amaçla, alanındaki önemi açıkça belli olan ve fonksiyonlarıyla önemli bir boşluğu dolduracağına inanılan, okluzal yükleme makinasının tasarımı ve bazı özellikleri yeniden değerlendirilerek imalatı gerçekleştirilmiştir.

### 3. OKLUZAL YÜK VE RESTORATİF MATERYALLER

*Çiğneme sistemi:* dişler, destek diş dokuları, çeneler, eklemler, kaslar ve damar sinir sistemlerinden oluşan fonksiyonel bir yapıdır [8].

*Okluzal yüz:* dişlerin okluzal düzleme bakan yüzleridir. Başka bir ifadeyle; ağzın kapanması ile karşıt çenedeki dişler ile temas geçen, alt ve üst, yan ve arka grup dişlerin çiğneyici yüzlerinin karşı karşıya gelmesidir.

*Oklüzyon (occlusion):* çiğneme sisteminin neuromuscular kontrolü ile oluşan karşıt dişler arasındaki herhangi bir temas ya da temaslar olarak tanımlanır. Oklüzyon kelime olarak; “kapanış” ya da “kapanma” olarak da tanımlanır. Fonksiyonel hareketler sırasında dişlerin okluzal yüzlerine uygulanan kuvvettir. Başka bir deyişle okluzal yükleme, çiğneme esnasında ağız içerisinde dişlerin birbirlerine uyguladıkları kuvvet olarak açıklanabilir. Bu kuvvetler kişiye ve duruma göre değişebilmekte, uzun veya kısa süreli olabilmektedir [8].

#### 3.1. Oklüzyon Kuvvetleri

*Stomatognatik sistem ile ilgili:* dişler, kemikler, kaslar, ligamanlar, eklemler (temporomandibular ve dentoalveolar eklemler), sinirler ve damarlar; oklüzyon kuvvetlerinin oluşumuna ve fizyolojik şartlarda uygun etkinliğine katkıda bulunan elemanlardır.

*Dengeli oklüzyon kuvvetleri:* dişlerin ve destek diş dokularının gelişimine ve biyolojik ortamda korunmalarına yardımcı olurlar. Kontrolsüz ve aşırı okluzal kuvvetler ise; dişler ve destek diş dokuları ile özellikle temporomandibular eklem elemanlarının yıkımına neden olmaktadır.

Oklüzyon kuvvetlerinin oluşumunda ve iletiminde çiğneme sisteminin tüm elemanları ile birlikte dişlerin ve kasların etkisi önemlidir. Dişlerin morfolojik

yapıları, eğimleri ve ara yüz temasları ile kasların kuvvetleri dengeleyici fonksiyonları, oklüzyon kuvvetlerinin; fizyolojik sınırlar içinde yeterince fonksiyonel yapıda oluşması ve iletilmesinde önemli faktörlerdir [8].

### **3.2. Dişlere Etkili Kuvvetler**

Okluzal kuvvetlerin dişler üzerine etkili bölümü, eklemin çok yönlü hareketlerinin yanı sıra, çiğneme sisteminin diğer elemanlarının yapı ve fonksiyonlarına bağlı olarak farklı bileşelerde oluşabilir. Ancak sonuçta oluşan kuvvet bileşkesi genellikle dişleri uzun eksenleri boyunca (vertikal yönde), doğru harekete zorlar yöndedir.

Dişlere uygulanan kuvvetlerin hareket olarak sonuçlanmasında etken faktörler arasında; dişin morfolojik yapısı, pozisyonu, destek dokuların durumu, yaş, uygulanan kuvvetin yönü, şiddeti, süresi ve uygulama alanı gibi etkiler sayılabilir.

Dişe uygulanan kuvvet; kapiller basınca eşit (15 - 25 mm Hg) ya da bunun altında ise, fizyolojik limitler içinde kabul edilir ve diş ile destek diş dokuları tarafından uyumlu şekilde karşılanır.

Okluzal kuvvetler dişler üzerine süreli şekilde ya da belirli aralıklar ile etki edebilirler. Aynı şiddette süreli etki eden kuvvet, aralıklar ile etki eden kuvvetten daha etkilidir [8].

### **3.3. Çiğneme Fonksiyonu**

Okluzal kuvvetler sonucu oluşturulan maksimum çiğneme basıncı 20-100 kg. arasında değişim gösterebilir. Çiğneme basıncı ortalama değerler ile; ön bölgede kesici dişler arasında 20 kg., köpek dişlerinde 50-60 kg., küçükazı dişlerinde 30-40 kg., büyükazı dişlerinde ise 40-50 kg. olarak belirlenmektedir. Çiğneme sistemine yönelik fonksiyonel egzersizler, çiğneme basıncını % 15-30 arasında artırmaktadır. Çiğneme kuvvetleri sonucu, dişlerin birbirleri ile temas süreleri çiğneme ve

yutkunma fonksiyonlarında farklı değerler göstermektedir. Bu süreler çiğneme fonksiyonunda; 0,1-0,15 sn, yutma fonksiyonunda ise, 0,2-0,6 sn. kadardır. Besinlerin parçalanması süresinde, mandibulaya aktarılan kas kuvvetinin tümü dişlere aktarılmaz, bu kuvvetin bir bölümü mandibulayı fossa mandibularis içinde tesbit için kullanılır.

Çiğneme hızı, dakikada 50-120 devir arasında değişmektedir. ilkel toplumlarda çiğneme siklusu, geniş ve eşit aralıklı dağılım gösterirken gelişkin toplumlarda kısa ve düzensiz dağılıma sahiptir [8].

### **3.4. Restoratif Materyaller (Kompozit Reçineler)**

Restoratif dişhekimliğinin amacı, doğru tanı ve eksiksiz bir tedavi sonucunda doğal diş görünümünün yeniden kazandırılmasıdır. Dişlerin doğal biçimleri, hem komşu hem de karşı dişlerle olan kontur (çevre) ilişkileri, çiğneme, estetik, konuşma ve koruma gibi işlevlerin ana belirleyicileridir. Doğal görünüm kavramı sosyal, kültürel, psikolojik faktörlerin etkisi ile bireysel farklılıklar gösterir. Bu nedenle uygun restorasyon seçeneklerini hastaya sunmak ve açıklamak hekimin sorumlulukları arasındadır [9].

Dişlerdeki çürük ve diğer defektlerin (kusurlar) iyi bir estetik sonuç sağlanarak onarılabilmesi estetik dişhekimliği açısından önemlidir. Estetik bir restorasyonun ömrü, tedavi yöntemine, hekimin yeteneğine, seçilen dolgu maddesine, hastanın ağız hijyenine, oklüzyonuna ve kötü alışkanlıklarına bağlıdır.

Dişhekimliğinde estetik restoratif madde olarak;

- Silikat siman (Silicate cement)
- Akrilik reçine (Acrylic resin)
- Cam iyonomer siman (Glass ionomer cement)
- Kompozit reçine (Composite resin) kullanılmaktadır.

Silikat Siman; 1878 yılında Fletcher tarafından geliştirilmiş ilk şeffaf estetik dolgu maddesidir. Toz ve likit karışımından oluşan bu simanın en önemli özelliği Antikaryojenik olmasıdır. Çürük aktivitesi fazla olan bireyler için önerilen silikat siman bugün çok kullanılmamaktadır [9].

*Akrilik Reçineler:* 1930 yılında bulunmuş ve II. dünya savaşı nedeni ile 1940 yılından sonra kullanılmaya başlanmıştır. Birim molekül metil-metakrilattır. Oda sıcaklığında kimyasal yolla polimerize olarak polimetilmetakrilat zincirleri oluştururlar. Kompozitlerin geliştirilmesi ile uygulama alanları sınırlanmıştır. Günümüzde geçici amaçla akrilik veneer kronların onarımında ve bazı protetik işlemlerde kullanılmaktadır.

*Cam İyonomer Simanlar:* 1970 yılında Wilson ve Kent tarafından bulunmuş, 1974 yılında McLean ve Wilson tarafından geliştirilmiştir. Cam iyonomer siman, silikat ve polikarboksilat simanın hibrit (hybrid) şeklidir. Toz, floro-alumina silikat cam tanecikleri, likit ise poliakrilik asittir. Kullanıma sunulan ilk ürün aluminosilikat poliakrilik asit kelimelerinin baş harflerinden oluşan ASPA'dır.

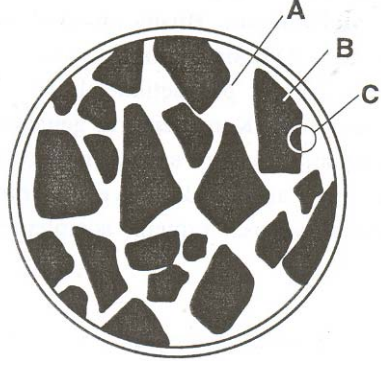
*Kompozit Reçineler:* Mine ve dentin dokusuna adezyon ile bağlanan kompozit reçineler 1962 yılında Dr. Ray Bowen tarafından tanıtılmış ve günümüze kadar önemli gelişmeler göstermiştir. Kompozit kelimesi, terminolojik olarak materyallerin fiziksel bir karışımı anlamına gelmektedir. Günümüzde başarı ile uygulanan kompozitler, composites, composite restorative materials, filled resins, resin composites veya filled composites diye adlandırılırlar [9].

### **3.5. Kompozit Reçinelerin Yapısı**

Dişhekimliğinde yaygın olarak kullanılan kompozit reçineler üç ayrı fazdan oluşur.

- Organik polimer matriks faz (Continuous phase)
- İnorganik faz (Dispersed phase)
- Ara faz (Silane coupling agent) dir.

Şekil 2.1’de kompozit reçinelerin yapısı gösterilmiştir. A ile organik polimer matriks faz, B ile inorganik faz ve C ile ara faz gösterilmektedir.



Şekil 2.1. Kompozit reçine yapısı

Organik polimer matriks faz; bisfenol A (bisphenol A) ile glisidil metakrilatın (glycidyl methacrylate) birleşmesi sonucu oluşan bisglisidil metakrilattır (BIS-GMA, bisglycidyl methacrylate). Son yıllarda iyi adezyon sağlayan ve renk değişimine daha dirençli olan üretan dimetakrilat (UDMA, ürethane dimethacrylate) polimer matriks olarak kullanılmıştır. Hem BIS-GMA hem de UDMA oligomerleri aşırı derecede viskozdur. Bu nedenle trietilen glükol dimetakrilat (TEGDMA, triethylene glycol dimethacrylate) viskoziteyi azaltmak için matrikse ilave edilmiştir [9].

İnorganik faz ise; matriks içine dağılmış olan çeşitli şekil ve büyüklükteki kuartz (kristalin silika), borosilikat cam, lityum alüminyum silikat, stronsiyum, baryum, çinko ve yitrium cam, baryum alüminyum silikat gibi inorganik doldurucu partiküllerden oluşur.

Stronsiyum, baryum, çinko ve yitrium reçine radyoopasite sağlar. Silika partikülleri karışımın mekanik niteliklerini güçlendirir, ışığı geçirir ve yayar. Böylece kompozit reçine mineye benzer yarı şeffaf bir görüntü kazandırır. Saf silika, kristalin (cristobalite, tridymite, guarz) ve nonkristalin (silicate glass) formlarında bulunur. Kristalin formları serttir ancak kompozit reçinenin bitirme ve polisaj işlemini güçleştirir. Bu nedenle kompozit reçineler günümüzde silikanın nonkristalin formu (silicate glass) kullanılarak üretilmektedir.

Kompozit reçinelerde organik polimer matriks fazı ile inorganik faz arasında sıkı bir bağlanmaya gereksinme vardır. Bu bağlanma ara faz (coupling agent) ile sağlanır. Ara faz, organik silisyum bileşigi olan silanlardan oluşur. Modern kompozit reçinelerde silika partiküllerinin yüzeyi silan bağlama aracı (silane coupling agent) ile önceden kaplanmış ve silika partikülleri yüzeyinde tek moleküllü ve çift fonksiyonlu çok ince bir katman oluşturulmuştur. Bu katmandaki moleküllerin bir ucu silika partiküllerinin yüzeyinde var olan hidroksil grupları, diğer ucu organik matriksdeki polimer ile bağlanmıştır [9].

Silan bağlama ajanları reçinenin fiziksel ve mekaniksel özelliklerini geliştirdiği gibi reçine-partikül arayüzü boyunca suyun geçişini önleyerek hidrolitik dengeyi sağlar, reçinenin çözünürlüğünü ve su emilimini azaltır. Silan bağlama ajanları inorganik fazın özellikle silika partiküllerinde olumlu sonuçlar vermiş, bu nedenle kompozit reçinelerin büyük bir çoğunluğunda silika içerikli inorganik doldurucular kullanılmıştır.

Doldurucu partiküller ile organik matriks karışımının akıcılığını, monomer akıcılığı, doldurucu partikül miktarı ve partikül büyüklüğü belirler. Monomer ve doldurucu partikül yüzeyi arasındaki sürtünme, akıcılığı kontrol eden ana etkidir. Doldurucuların yüzey alanı arttıkça karışımın akıcılığı azalır. Doldurucuların partikül büyüklüğü, akıcılık kadar diğer özellikleri de önemli ölçüde etkiler. Partikül büyüklüğü kompozit reçinenin aşındırma, bitirme ve polisaj işlemlerinden sonraki yüzey pürüzlülük düzeyini belirler. Kompozit reçinelerde partikül büyüklüğü genel olarak 0,04-50 µm arasında değişir. Partikül büyüklüğü 0,01 -1 µm arasında değişen küçük partiküllü reçinelerde polisaj işlemi ile iyi sonuç alınır. Partikül büyüklüğü 10 µm'den fazla ise yüzeyin pürüzlü olduğu görülür. Doldurucu partiküllerin sertliği, polimer matriksten çok daha fazladır [9].

### 3.6. Kompozit Reçinelerin Mekanik Özellikleri

Kompozit reçinelerin basma dayanımları (compressive strength, 2 140-3 670 kg/cm<sup>2</sup>), akrilik reçinelerden (845 kg/cm<sup>2</sup>) ortalama 3,5 , çekme dayanımları ise (tensile strength, 305-715 kg/cm<sup>2</sup>) akrilik reçinelerden (214 kg/cm<sup>2</sup>) ortalama 2,5 kat daha fazladır. Bunun nedeni streslerin partiküllere transfer edilmesidir [9].

Kompozit reçinelerine Histisite modül değerleri türler arasında farklılıklar gösterir. Bu değer makrofil, midifil ve hibrit kompozitler için 71 500-163 000 kg/cm<sup>2</sup>, mikrofil kompozitler için 35 700-61 000 kg/cm<sup>2</sup> dir. Akrilik reçinelerin elfastisite modülleri (24 500 kg/cm<sup>2</sup>) kompozit reçinelerden ortalama 5 kat daha düşüktür.

Kompozit ve akrilik reçinelerin stres-strain eğrileri incelendiğinde kompozit reçinelerin kırılma dayanıklılıklarının (fracture strength) ve kırılmayı engellemeye çalışan enerjilerinin (fracture toughness) akrilik reçinelerden daha düşük olduğu görülür. Bu farklılık kompozit reçineleri, akrilik reçinelere oranla daha kırılğan (brittle) yapar.

Akrilik reçineler 16 kg/mm<sup>2</sup>, kompozit reçineler 30-55 kg/mm<sup>2</sup> Knoop sertlik değerine (KHN, Knoop Hardness Number) sahiptirler. Makrofil, midifil ve hibrid kompozitlerin sertliği (KHN, 55 kg/mm<sup>2</sup>), mikrofil reçinelerden biraz daha fazladır (KHN, 30-50 kg/mm<sup>2</sup>).

Mine (KHN, 343 kg/mm<sup>2</sup>), dentin (KHN, 68 kg/mm<sup>2</sup>) ve amalgamın (KHN, 110 kg/mm<sup>2</sup>) sertlikleri göz önünde bulundurulursa, kompozitlerin fonksiyonel kuvvetlerle oluşan streslere kırılmadan dayanabilme yeteneklerinin orta düzeyde olduğu görülür. Bu nitelik kompozit reçinelerin gösterdiği aşınmaya karşı dirençte (wear resistance) rol oynayan ana etken olarak kabul edilemez. Ayrıca sertlik ölçümlerinde örneğin knoop sertlik test yönteminde elmas uç yalnızca organik matrikse ya da yalnızca inorganik matrikse rastlarsa elde edilen değerler yanlış fikir verebilir [9].

Kompozit reçinelerin aşınmaya karşı gösterdikleri direnç, ortamın ısısı, yetersiz polimerizasyon, i pörözite, su absorpsiyonu ve reçine türlerinden etkilenir. BIS-GMA organik matriksli reçinelerin yüzey sertlik değeri hidrofilik olan üretan dimetilmetakrilattan fazladır.

Işıkla polimerize olan kompozitler karıştırma işlemleri yapılmadığı, dolayısıyla i pörözite (gözeneklik) oluşmadığı için aşınmaya karşı daha dirençlidirler.

İnorganik doldurucu olarak silikanın kuartz ve kristobalit formlarını içeren kompozit reçineler de aşınmaya karşı oldukça dirençlidir. Yapılan alışmalar, silan bağlama ajanlarının kompozit reçinelerin aşınmaya karşı dirençlerinde önemli rol oynadığını ve silan kullanıldığında direncin yarı yarıya düştüğünü göstermiştir. Reçinelerin partikül büyüklüğü, oranı, şekli, hastanın alışkanlıkları ve oklüzyonu aşınma hızına etki eden diğer önemli etkenlerdir [9].

#### 4. PROGRAMLANABİLİR LOJİK KONTROL SİSTEMLER

Endüstriyel uygulamaların her dalında yapılan genel amaçlı kumanda ve otomasyon çalışmalarının bir sonucu olan PLC tekniği, kullanıcılara A'dan Z'ye her türlü çözüm getirebilen çok amaçlı bir teknoloji alt grubudur.

Endüstriyel kontrolün gelişimi PLC'lerin gerçek yerini belirlemiştir. İlk önce analog kontrolle başlayan elektronik kontrol sistemleri zamanla yetersiz kalınca çözüm, analog bilgisayar adını verebileceğimiz sistemlerden, dijital kökenli sistemlere geçmiştir. Dijital sistemlerin zamanla daha hızlanması ve birçok fonksiyonu çok küçük bir hacimle dahi yapılabilmesi onları daha da aktif kılmıştır. Fakat esas gelişim, programlanabilir dijital sistemlerin ortaya çıkması ve mikroişlemcili kontrolün aktif kullanıma geçirilmesinin bir sonucudur [10].

Programlanabilir lojik kontrolörlerin çıkışı 1960'lı yılların sonu ile 1970'li yılların başlarına dayanır. İlk kumanda kontrolörleri bağlantı programlamalı cihazlardı. Bu cihazların fonksiyonları, lojik modüllerin birbirine bağlantı yapılarak birleştirilmesi ile gerçekleştiriliyordu. Bu cihazlarla çalışmak hem zordu, hem de kullanım ve programlama imkanları sınırlıydı. Bugünkü PLC'ler ile karşılaştırıldığında son derece basit cihazlardı. PLC'lerin ortaya çıkarılma amacı, röleli kumanda sistemlerinin gerçekleştirdiği fonksiyonların mikroişlemcili kontrol sistemleri ile yerine getirilebilmesidir. Lojik temelli röle sistemlerine alternatif olarak tasarlandıklarından dolayı *Programlanabilir Lojik Kontrolör ( Programmable Logic Controller )* adı verilmiştir [11].

İlerleyen zaman içinde çeşitli firmalar muhtelif kapasitelerde PLC'ler üretmişlerdir. Bu firmalar arasında Mitsubishi, Toshiba gibi firmalar küçük tipte, kapasite bakımından alt ve orta sınıf PLC'ler üretmişlerdir. Siemens, Omron, Allen-Bradley, General Electric, Westinghouse gibi firmalar da PLC sistemlerini daha geniş bir tabana yayarak alt, orta ve üst sınıflarda PLC'ler üretmişlerdir [10].

#### 4.1. PLC'nin Üstünlükleri

İlk PLC, 1960'lı yıllarda Amerikan otomobil endüstrisinde çalışan mühendislerin yeni bir üretim tekniği geliştirme çalışmaları esnasında geliştirilmiştir. Bu buluştan önce bir cihaz, kontrol sistemleriyle tek bir üretim işleminin yapılmasında, ayrı ayrı geliştirilmiş otomasyon sistemleri ile çalıştırılıyordu. PLC'ler sayesinde geliştirilen otomasyon sistemleriyle, birçok cihaz aynı anda veya aynı sistemle farklı cihazlar çalıştırılabilmektedir.

PLC'nin en büyük avantajı, düşük voltajlarda, bakım maliyetlerinin elektromekaniki röle kontrol sistemlerine göre oldukça ucuz olmasıdır. Buna ilave olarak birçok avantajlarda sağlamaktadır. Bunlar;

- *Basitlik:* PLC'nin modüler yapısı sayesinde, her türlü özel uygulamalar ve sistemler esnek bir yapıya sahiptir. Hata düzeltmelerine ve sistem değişikliklerinin tamamına cevap vermektedir.
- *Uygunluluk:* Elektromekanik sistem kontrolleri ve bunların devre bağlantıları göz önüne alınırsa, PLC'nin yaptığı işe göre kapladığı alan ve teferruatı oldukça farklı ölçüde olduğu için, fiziki yerden tasarruf edilmektedir.
- *Değişkenlik:* PLC'nin mekanik parçaları olmayıp genel amaçlı kontrol aygıtlarıdır. PLC'nin üzerindeki program silinip yeniden yüklenebilir. Her yeni program yüklendiğinde ihtiyaç duyulan ek modüller takılabilir.
- *Gerçekçilik:* PLC'lerin elektromekaniki kısımları olmadığı için kırılacak bozulacak parçaları yoktur. PLC'ler sonra kullanılmak üzere komple olarak depolanabilirler [12].

## 4.2. PLC'lerin Büyüklüğü

PLC'lerin büyüklükleri, birçok farklı parametrelere göre değişmektedir. Bu büyüklükler: küçük (small), orta (medium) ve büyük (large) olarak 3 ayrı kategoride sınıflandırılır.

Küçük (small) sınıf olarak adlandırılan kategoride, PLC'ler 128 I/O'a kadar giriş/çıkışa ve 2Kbyte'ın üzerinde hafızaya sahiptir.

Orta (medium) sınıf olarak adlandırılan kategoride, PLC'ler 2048 I/O ve 32 Kbyte'a kadar hafızaya sahiptir. Özel I/O modülleri sayesinde, bu kategoride analog fonksiyonlarıyla, işlem kontrol uygulamaları içerisinde ısı, baskı, sıkma, akış, ağırlık, ve pozisyon (durum) kontrolü uygulamalar kolaylıkla sağlanmaktadır.

Geniş (large) sınıf olarak adlandırılan kategoride ise, PLC'ler 8192 I/O kadar giriş/çıkış modülüne, 750 Kbyte ve üzeri hafızaya sahiptir. Bu kategoridekiler, PLC'ye kuvvet veren limitsiz uygulamalar içindir.

Hafıza, denetleyicideki kontrol planını veya programını saklamak için kullanılır. Hafızada saklanan bilgi, hangi girişe göre hangi çıkış işaretinin saklanacağı ile ilgilidir ve gerekli hafıza miktarını programın yapısı belirler. Hafıza bit olarak isimlendirilen özel bilgi parçacıklarını depolar. 1 Byte = 8 bit ve 1024 Byte = 1 Kbyte olup hafıza kapasitesinin miktarı bu birimlerde ifade edilir [11].

## 4.3. PLC'lerin Genel Kullanım Amacı

Genel olarak PLC, endüstri alanında kullanılmak üzere tasarlanmış, dijital prensiplere göre yazılan fonksiyonu gerçekleyen, bir sistemi ya da sistem gruplarını, giriş çıkış kartları ile denetleyen, içinde barındırdığı zamanlama, sayma, saklama ve aritmetik işlem fonksiyonları ile genel kontrol sağlayan elektronik bir cihazdır. Aritmetik işlem yetenekleri PLC'lere daha sonradan eklenerek bu cihazların geri beslemeli kontrol sistemlerinde de kullanılabilmesi sağlanmıştır.

PLC ile kontrolü yapılacak sistem büyüklük açısından farklılıklar gösterebilir. Sadece bir makine kontrolü yapılabileceği gibi, bir fabrikanın komple kumandası da gerçekleştirilebilir. Aradaki fark sadece kullanılan kontrolörün kapasitesidir. PLC'ler, bugün akla gelebilecek her sektörde yer almaktadır. Kimya sektöründen gıda sektörüne, üretim hatlarından depolama sistemlerine, marketlerden rafinerilere kadar çok geniş bir yelpazede kullanılan PLC'ler, bugün kontrol mühendisliğinde kendilerine haklı bir yer edinmişlerdir. Elektronik sektöründeki hızlı gelişmelere paralel olarak gelişen PLC teknolojisi, gün geçtikçe ilerlemekte, otomasyon alanında mühendislere yeni ufuklar açmaktadır. Bu, kontrol sistemlerinde de üstünlükleri tartışılmaz hale getirmiştir. PLC kullanımı, problemlerin giderilmesinde çeşitli çözümler sunmaktadır. Bu çözümler dört başlık altında incelenebilir [12]. Bunlar ;

#### **4.3.1. Sıra (Sequence) kontrol**

PLC'lerin en büyük ve en çok kullanılan ve "sıralı çalışma" özelliğiyle röleli sistemlere en yakın olan uygulamasıdır. Uygulama açısından, bağımsız makinalarda ya da makina hatlarında, konveyör ve paketleme makinalarında ve hatta modern asansör denetim sistemlerinde bile kullanılmaktadır.

#### **4.3.2. Hareket kontrolü**

Bu doğrusal ve döner hareket denetim sistemlerinin PLC'de birleştirilmesidir. Servo adım ve hidrolik sürücülerde kullanılabilen tek ya da çok eksenli bir sistem denetimi olabilir. PLC hareket denetimi uygulamaları, sonsuz bir makine çeşitliliği içerir (örn. metal kesme, metal şekillendirme, montaj makinaları) ve çoklu hareket sistemleri uygulamalarında disiplinler arası uyumu sağlar.

#### **4.3.3. Süreç denetimi**

Bu uygulama PLC'nin birkaç fiziksel parametreyi (sıcaklık, basınç, debi, hız, ağırlık vb.) denetleme yeteneğiyle ilgilidir. Bu da bir kapalı çevrim denetim sistemi oluşturmak için, analog I/O gerektirir. PID (Proportional Integral Differentional)

yazılımının kullanımıyla PLC, tek başına çalışan çevrim denetleyicilerinin (Single Loop Controllers) işlevini üstlenmiştir. Diğer bir seçenek de her ikisinin en iyi özelliklerini kullanarak PLC ile kontrolörlerin birleştirilmesidir.

#### **4.3.4. Veri yönetimi**

PLC'yle veri toplama, inceleme ve işleme son yıllarda gelişmiştir. İleri eğitim setleri ve yeni PLC'lerin genişletilmiş bellek kapasiteleriyle sistem, artık denetlediği makine veya proses hakkında veri yoğunlaştırıcı olarak kullanılabilir. Sonra bu veri, denetleyicinin belleğindeki referans veri ile karşılaştırılır ya da inceleme ve rapor alımı için başka bir aygıtta aktarılabilir. Bu uygulamada büyük malzeme işleme sistemlerinde ve kağıt, birincil metaller ve yiyecek işleme gibi bir çok proses sanayinde sıkça kullanılır.

#### **4.4. PLC'nin Bölümleri**

Geleneksel olarak PLC aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi üç ana bölüme ayrılmıştır;

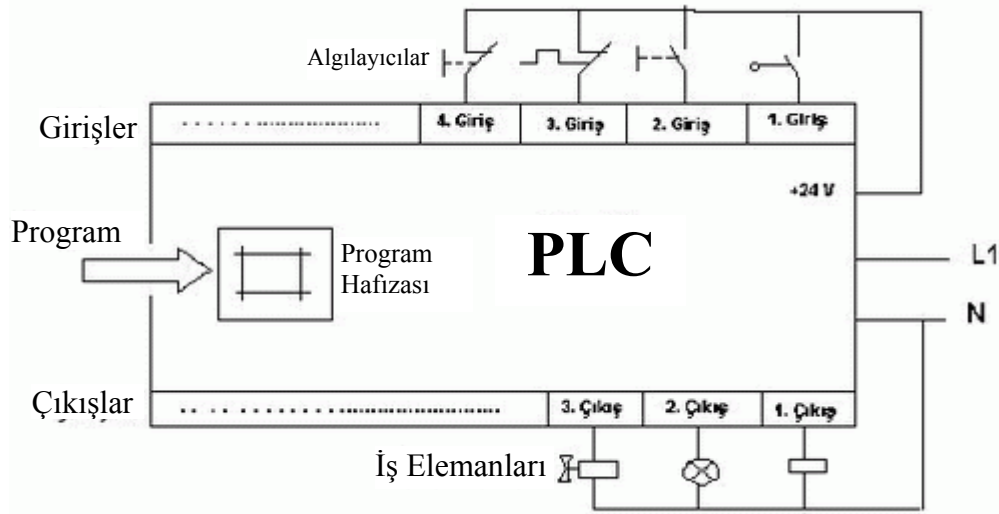
Bu bölümler:

- 1- Merkezi İşlem Birimi (Central Processing Unit - CPU )
- 2- Giriş/Çıkış Bölümü (The Input/Output Section - I/O)
- 3- Programlama Cihazı (The Programming Device)

Merkezi İşlem Birimi (CPU - Central Processing Unit ) PLC sisteminin beyni olup içerisinde çok çeşitli lojik kapı devreleri mevcuttur. CPU bir mikroişlemci tabanlı sistem olup kontrol röleleri, sayıcı, zamanlayıcı gibi fonksiyonları yerine getirir. CPU, çok çeşitli algılayıcı devrelerinden gelen giriş bilgilerini okuyarak hafızadaki depolanmış kullanıcı programını yerine getirerek, uygun çıkış komutlarına ve kontrol devrelerine gönderir. İşlemci ve I/O (Input/Output) modülleri tarafından, kullanılan düşük seviyeli voltaj için bir doğru akım güç kaynağı gereklidir. Bu güç kaynağı CPU çatısı altında olabileceği gibi, PLC sistemi bünyesinde bağımsız fakat PLC sistemine bağlı da olabilir [13].

I/O kısmı giriş ve çıkış modüllerinden ibarettir. I/O sistem formları denetleyiciye bağlanan cihazlar aracılığı ile irtibatlandırılır. Bu arabirim'in amacı; harici cihazlardan çeşitli sinyalleri alma ve göndermektir. Girdi (input) cihazları örneğin; push-button (dokunulduğunda ON, bırakıldığında OFF), Limit switches (sınır anahtarları) algılayıcılar, seçici anahtarlar thumbwheel anahtarlar girdi (input) modülü üzerindeki terminallere irtibatlanır. Çıktı (output) cihazları örneğin küçük motorlar gibi, motor başlatıcıları, solenoid valfler, ve gösterge ışıkları çıkış modülü üzerindeki terminallere ilişkilendirilir. Bu cihazlar aynı zamanda günlük hayatta başvurulan elemanlardır.

İstenen program, programlama cihazı veya terminal ile işlemcinin belleğine yüklenir. Bu program *röle ladder* lojği kullanılarak girilir. Program, asıl denetim veya makinelere kadar ardışık işlemlerle sonuçlandırılır.



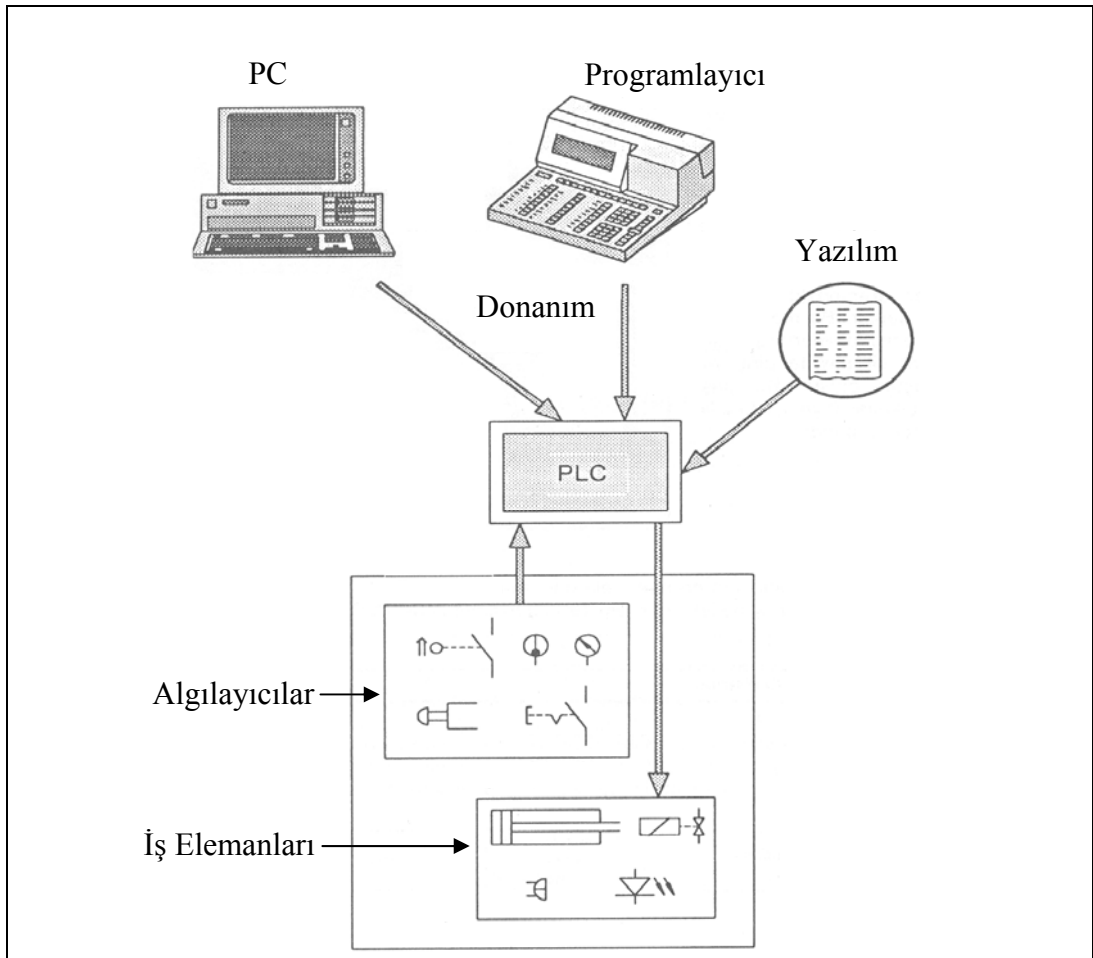
Şekil 4.1. PLC genel blok şeması [11]

Şekil 4.1'de gösterildiği gibi, PLC algılayıcılardan aldığı bilgiyi kendine göre işleyen ve iş elemanlarına aktaran bir mikroişlemci sistemidir. Algılayıcılara örnek olarak; herhangi bir metali algılayan endüktif algılayıcılar, çalışmanın başlatılıp durdurulmasını sağlayan butonlar ve sınır anahtarları verilebilir. İş elemanları için PLC çıkışından alınan gerilimi kullanan kontaktörler, bir cismi itme veya çekmede kullanılan pnömatik silindirleri süren elektro-valfler ve çalışma durum bilgisini

uyaran lambalar, analog modül aracılığıyla servo motorlar veya frekans konvertörler denetlenebilir. Bu sayede, endüstriyel amaçlı konum ve hız kontrolü sağlanır.

#### 4.5. PLC'nin Elemanları

Kontrol problemlerinin çözümünde teknik olarak çözüm yolu, problemlerin karmaşıklığına göre PLC uygulamalarının değiştirilebilmesidir. Bununla beraber Şekil 4.2'de verilen temel elemanlar PLC uygulamalar için daima gereklidir.



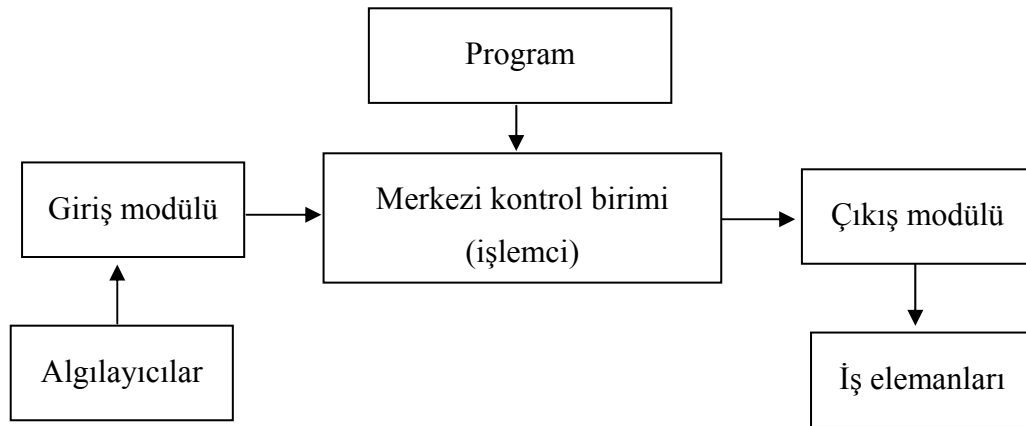
Şekil 4.2. PLC'nin temel elemanları [14]

#### 4.5.1. Donanım

Donanım, elektronik modüller anlamında kullanılır. Bu modüller bir sistemin bütün fonksiyonlarını veya makinayı kontrol edebilir, adresleyebilir ve belirli bir iş akışı sırasında harekete geçirebilir.

PLC-donanım elemanları içinde en önemli parça, merkezi kontrol birimidir. Bu da donanım içinde bilgisayara karşılık gelir. Merkezi kontrol birimi içersinde yer alan işlemlerin her biri işlemci tarafından oluşturulur.

Veriler işlenir ve merkezi kontrol biriminde ikili sinyaller şeklinde (0 ve 1 olarak) saklanır. Giriş ve çıkış modülleri merkezi kontrol birimi ile iş elemanları ve algılayıcılar arasındaki bağlantıyı sağlar. Bu modüllerin her biri belirlenmiş olan sabit bir sayıda giriş ve çıkıştan oluşur (Şekil 4.3). Bu giriş ve çıkışlar 0 ve 1 gibi ikili değerleri alırlar [15].



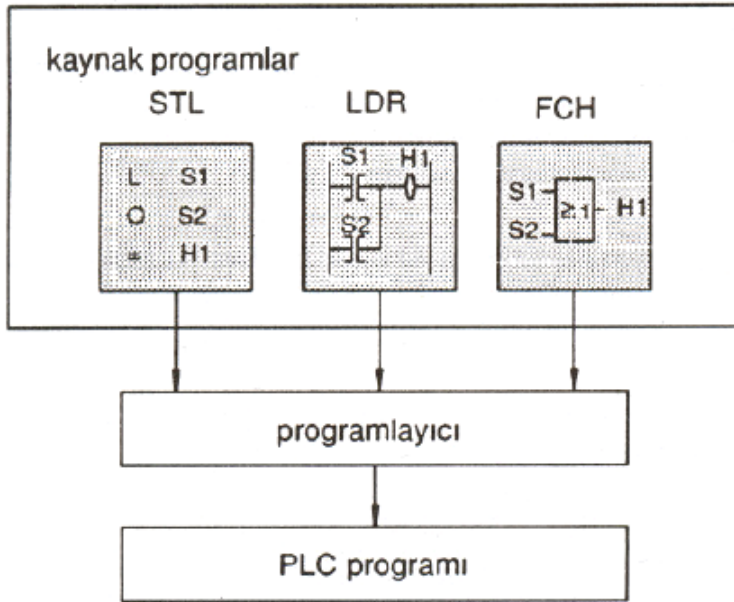
Şekil 4.3. PLC'nin donanım elemanlarının çalışma prensibi [15]

#### 4.5.2. Yazılım

Yazılım, lojik işlemleri, makinaları veya bir sistemdeki elemanların harekete geçirilmesini belirleyen programdır. Yazılımlar, donanımda bulunan bellek birimi içersinde saklanır ve istenildiğinde değiştirilirler. Kontrol akışı donanımda herhangi bir değişikliğe gereksinim duyulmadan yazılan bir program ile değiştirilebilir.

PLC programları, merkezi kontrol birimindeki elektronik elemanlar tarafından belirlenen özel bir yapıya sahiptir. Bu programlar, kaynak programlardan programlayıcı tarafından oluşturulur. Genel olarak programlayıcı bu programları üç değişik yöntemle oluşturur (Şekil 4.4);

- Komut listesi olarak (STL)
- Merdiven plan olarak (LDR)
- Fonksiyon şeması olarak (FCH)



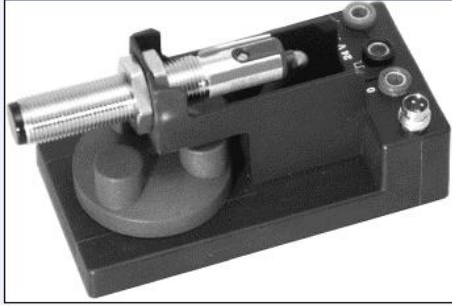
Şekil 4.4. Yazılımın 3 farklı yöntemle gösterimi [15]

#### 4.5.3. Algılayıcılar (Sensörler)

Bu elemanlar kontrol edilecek makinaya veya bir sisteme doğrudan bağlanırlar. Bilgi bu elemanların elektriksel akım değerlerine göre algılanıp PLC'ye iletilir. Bu algılayıcılara örnek olarak sınır anahtarları ve yaklaşım algılayıcıları verilebilir.

Algılayıcılar PLC tarafından kullanılmak üzere işaretler üretirler. PLC'ler bu işaretler vasıtası ile kontrol edecekleri makinanın veya bir sistemin o anki durumu hakkında bilgi alırlar. PLC elektrikli olarak çalıştığı için, giriş modülünün

anlayabileceği şekilde algılayıcılar, elektrikli olmayan sinyalleri elektrikli sinyallere çevirirler (Resim 4.1).

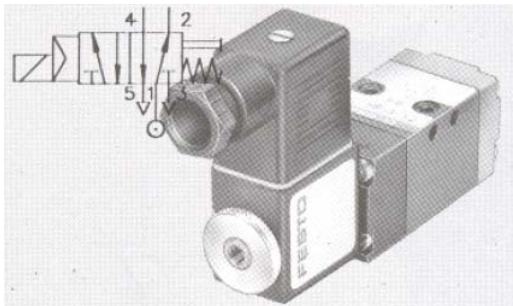


Resim 4.1. Temassız algılayıcı [15]

#### 4.5.4. İş elemanları

Bu elemanlar kontrol edilecek bir makineye veya sisteme doğrudan bağlanırlar. PLC'nin gönderdiği işaretlere göre durum değiştirirler. İş akışı da, bu durum değişikliğine göre belirlenir. İş elemanlarına örnek olarak sesli ikaz ve selenoid valfler verilebilir (Resim 4.2).

İş elemanları çıkış modülünden gelen ikili işaretleri kuvvetlendirerek anahtarlama işaretleri oluştururlar ve onları başka bir enerji tipindeki işaretlere çevirirler. Elektrik, elektropnömatik ve elektrohidrolik iş elemanları arasında farklar vardır. Bu elemanlar anahtarlama işlemleri ve doğrusal veya döner hareketler oluşturmak için kullanılırlar [15].



Resim 4.2. 5\2 yön kontrol valfi

#### 4.5.5. Programlayıcı

Programlayıcı; doğru programlar yazıp bu programları PLC'nin anlayacağı makine koduna çevirip onları PLC'ye aktarmak ve test etmek için kullanır. Daha önceleri özel cihazlar veya firmalar tarafından temin edilen cihazlar ile program yazılıyordu. Bugün kişisel bilgisayarlar gittikçe artan bir oranda PLC programlanmasında kullanılmaya başlandı. Bu işlem bilgisayara programlamaya imkân verecek bir yazılımın yüklenmesi ile yapılır. Kişisel bilgisayar temelli programlama sistemleri, kullanıcıya çok geniş programlama metodları sunarlar. Örneğin program hazırlayan kişi kaynak programı grafik olarak veya komut olarak hazırlar, programlama sistemi bu kaynak programı PLC'nin anlayabileceği makine koduna çevirir. Eğer kişisel bilgisayar verileri PLC için uygun olacak bir şekilde işliyorsa program bunları PLC belleğine doğrudan aktarabilir [15].

#### 4.6. PLC İle Kontrol Sistemlerinin Oluşturulması

Bir PLC ile kontrol sisteminin oluşturulabilmesi için yapılması gereken işlemler 5 basamakta sıralanabilir. Bunlar;

- a) Kontrol probleminin tanımlanması, ile sorunun kâğıda dökülmesi,
- b) Sorunun çözümü için gerekli program veya fonksiyonların belirlenmesi,
- c) Programın zaman (time) diyagramı ve dalga şekilleriyle çalışırılığının kontrolünün yapılması
- d) Programın diyagrama aktarılması (LADDER STL, SCL, FBD)
- e) Programın yazılmasıdır.

En yaygın programlama dili olarak merdiven (LADDER) kullanılır. Fakat karmaşık uygulamalarda ve yoğun matematiksel ve sisteme ilişkin blok yazılımı gerektiren programlarda STL daha ön plana çıkmaktadır [10].

#### 4.7. Bilgisayar Programlarıyla PLC Programlarının Farkı

Bilgisayar programları yaptıkları işleri, sırasıyla ve birbiri ardınca test edebilen belli mantık işlemlerine göre yerine getirirler. Fakat PLC'ler için durum biraz daha farklıdır. PLC programı devamlı bir çevrim halindedir. PLC programının tamamı bilgisayar dillerinde döngü adı verilen kısımlar gibidir. PLC programı yüksek seviyeli programlama dillerinde While/Wend komutları arasında yazılmış program parçalarına benzer şekilde çalıştırılır. Fakat PLC programının işlem tarzı itibariyle, biraz farkı vardır. PLC'de program aynı anda birkaç olayı gerçekleştirir. Dolayısıyla birbirinden bağımsız olayların ve dolayısıyla komutların aynı anda işletilmesi, yani bir olay bitmeden diğerine başlanması gerekir. Bu iş için en ideal işleyiş tarzı, bir döngü içine bütün komutları yazmak ve döngüyü de bütün olayların en iyi şekilde kontrolü için mümkün olan en yüksek hızda çalıştırmaktır.

PLC'lerde bilgisayarlarda olduğu gibi bir işlemi bitirip başka bir işleme geçmek mantıklı değildir. Mesela bir motora kapıyı kapatması için çıkışlardan voltaj verilir. Bu iş bir bilgisayar programı yazılarak yapılırsa, kapanma komutu verilir ve kapı kapanana kadar dolayısıyla işlem bitene kadar program alt satıra geçmez. PLC sistemlerinde ise işlemin tamamlanması önemli değildir, program baştan sona saniyede binlerce kez iletilir. Programda komutlar, yapılması gerekiyorsa, yani önlerindeki mantıksal işlemin sonucu izin veriyorsa işletilir. Böylelikle aynı anda birbirinden bağımsız olarak hem A kapısı açılıyor hem de B vanası kapatılıyor ve bu sırada yazıcıya bilgi yollanıyor olabilir [9].

#### 4.8. Programlama Açısından PLC'nin Bilgisayara Göre Avantajları

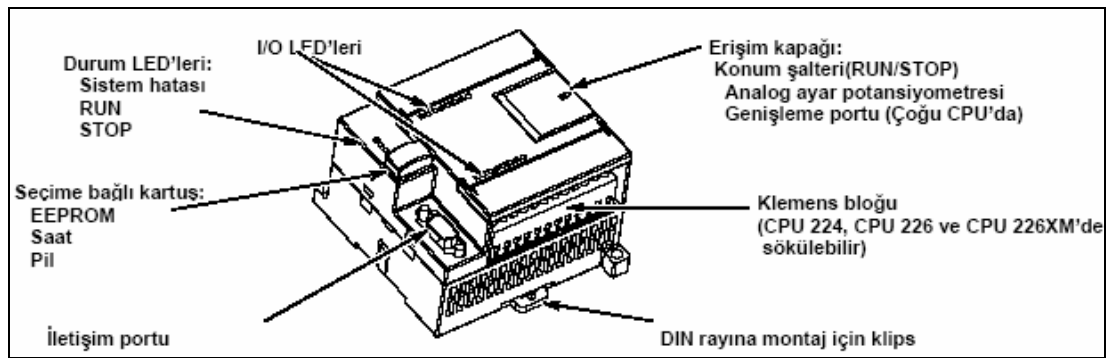
Bir makinanın, bir fabrikanın ya da her hangi bir işlemin (prosesin) gerçekleştirilmesi sırasında aynı anda birçok olay meydana gelir ve bunların bir sıra halinde olması gerekmez. Dolayısıyla normal bilgisayar programlarıyla bu gibi bir proses kontrol edilemez. Fakat bir PLC için aynı anda gerçekleşen birçok olayı kumanda etmek hiç sorun değildir.

Ayrıca, kumanda işlemlerine yönelik birçok komutu da fazladan ihtiva etmesi sebebiyle, PLC ile bu tip programları yazmak ve çalıştırmak kolaydır. CPU'yu programlayabilmek için LAD (merdiven diyagramı) ve STL (program listesi) gibi çeşitli diller kullanılabilir.

## 5. SMATIC S7-200 MICRO PLC

S7–200 serisi Mikro Programlanabilir Otomasyon Cihazı (Mikro PLC), otomasyon gereksinimlerinizi desteklemek üzere pek çok cihaza kumanda edebilir. S7–200, giriş değişimlerini izleyerek kullanıcı tarafından hazırlanan programa göre çıkışlara kumanda eder.

Bu program, Boole mantığı, sayma, zamanlama, karmaşık matematik işlemler ve diğer akıllı cihazlarla iletişim içerebilir. Kompakt yapısı, esnek konfigürasyonu ve güçlü komut seti, S7 200'ü pek çok uygulama için iyi bir çözüm kılmaktadır [20].



Resim 5.1. S7-200 genel hatları [19]

### 5.1. Simatic S7-200 PLC Kullanım Alanları

Küçük boyutları ve güçlü komut seti ile S7-200'ü, küçük otomasyon projelerinin her dalında kullanılabilir. Bazı uygulama alanları; bina otomasyonu, hidrolik presler, trafik lambaları, otomatik kapılar, asansörler, ısı kontrolü gereken fırınlar, karıştırıcılar, şişeleme makineleri, paketleme makineleri, pompalar, hidrolik pnömatik kaldırma platformları gibi birçok dalda kullanılır. Bunlar;

*Konveyör sistemi:* motorları durdurmak - çalıştırmak ve gelen malzemeleri saymak amacıyla bir program yazılır. Böylece, ayrı ayrı taşınan malzemeler sayılabilir ve stoklar da daha rahat tutulabilir.

*Kapı kontrol sistemi:* küçük boyutları ile en küçük makinelere bile sığar. Mesela, giriş çıkışlarda kapıların kontrolünü yapabilir, araç geldiğinde kapıları otomatik olarak açıp kapayabilir.

*Trafik lambaları:* trafiğin düzenli akışını sağlar, hatta yoğunluğuna göre trafiği yönlendirebilir.

*Fırınlar:* ısı ve proses değerlerinin ölçülmesi, sıcaklığın ve prosesin istenilen şekilde yönlendirilmesi ve vanaların açılıp - kapatılması için 50 satırlık bir program yazılarak, hem yer, hem de maliyet olarak daha avantajlı ve daha güvenilir bir sistemle çalışma imkanı oluşturulur. Sistemde hata bulmak daha kolaydır, fırın ısını ve çalışma süresini kontrol etmek için gerektiğinde ekran takılabilir [21].

## **5.2. Simatic S7-200 Micro PLC'nin Temel Parçaları ve Fonksiyonları**

CPU adı verilen bölüm PLC'nin ana beyni olarak işlev görür ve bir bilgisayarın merkezi işlem birimi olarak da tanımlanabilir. Bu bölümün iç yapısında mikroişlemciler, mikrokontrolörler ve Ram-EEPROM gibi hafıza birimleri bulunur. Etkili olan temel özellikleri ise hızı, işleyebildiği komutlarının sayısı ve bu komutların yeterince etkili olmasıdır. Genellikle CPU, programlanmasıyla, özel fonksiyonlarının ayarlanmasıyla istenilen doğrultuda, istenilen özelliklerde çalışmasıyla tercih edilir.

S7-200'ün 6 çeşit CPU'su vardır. CPU seçerken önemli bir nokta da, CPU'ların hızıdır. S7-200'lerin işlemci hızları çok yüksektir. CPU 222, 1024 tane binary işlemi 1,3 µs ve CPU 224 ise 0.8 µs de tamamlar. Yani yaklaşık olarak 1 000 000 adet işlemi 1 saniyede yapabilirler [15].

Programlama ve birçok fonksiyon açısından birbirinin aynı olan bu iki tipten CPU-224'de CPU-222'de olmayan bazı önemli farklar vardır. Bu önemli farklardan biri CPU-224'de 30 kHz'lik 2 tane sayıcının bulunmasıdır. PTO çıkışlarla STEP motorları veya DC motorları rahatlıkla ve ayrıca masraf yapmadan kontrol edilebilir,

ya da PWM çıkışlarla lamba ışık şiddeti arttırıp azaltılabilir. PTO çıkışlar Türkçe olarak *darbe katarı çıkış* olarak adlandırılır ve istenilen frekansta ve istenilen miktarda kare dalga çıkış verilebilmesini sağlar. PWM çıkışta ise, kare dalganın frekansı ve simetrisi değiştirilebilir [15].

Bunların yanında S7-224'de ki yüksek hızlı sayıcılar da önemlidir. Bu sayıcılarla, bir şaftın dönüşünün kontrol edilebilmesi için uygun modlar vardır. Bu komple sistem, ayrıca şaft encoder kullanarak; motor hız ve pozisyonlama kontrolünün yapılabilmesini belli ölçüler dahilinde mümkün kılar.

PLC'lerin haberleşme yetenekleri, onların dış dünyaya uyum sağlama güçleriyle doğru orantılıdır. PLC tek başına herşeyi yöneten ve bütün ihtiyaçlarını tek başına sağlayan bir unsur değildir. CPU birçok aletle bilgi alış verişinde bulunup, görevlerini yerine getirebilir. S7-222 birçok alete çok rahatlıkla bağlanabilir ve bilgi transferi gerçekleştirilir. CPU'nun kendi haberleşme portu RS-485 olup birçok cihazın aynı hat üzerinden haberleşmesini sağlayabilir. CPU'yu bilgisayara bağlamak için kullanılan, RS-232 seri haberleşme portuna takılabilen özel kablo, barkod okuyucu veya yazıcı gibi RS-232 haberleşme protokolünü kullanan cihazlarla bilgi alış verişinde bulunmak için de kullanılabilir olması iki ayrı protokol tipini de kullanma avantajını sağlar [19].

Immediate I/O adıyla anılan komutları kullanarak; normalde her çevrimin başındaki okuma ve yine her çevrimin sonundaki dışarıya yazma işlemini, çevrimin ortasında ve o komutlar işlendiği anda gerçekleştirebilir. S7-224'ün 24 saatlik gerçek bir saati vardır. Aynı zamanda gün-yıl ayarlaması ve okuması yapabilen, bu saati kullanarak, zamana bağlı olaylar daha iyi kumanda edilebilir.

S7-200'ün makine tasarımında ve daha sonra program geliştirilmesinde çok faydalı olacak, test ve hata bulmaya yönelik fonksiyonları vardır. Bu fonksiyonlar, değişken adı verilen, zamanlayıcı (timer), sayıcı (counter), hafıza bitleri (memory bits), özel hafıza bitleri (special memory bits) ve değişken hafıza bölgesi (variable memory)

gibi programlama sırasında kullanılan gereçleri daha iyi kontrol etmek için kullanılır. Fonksiyonlar aşağıda açıklanmıştır;

Çok değişkeni takip etme fonksiyonu (taking snapshots); programın çalışması esnasında CPU 222'de 1, CPU 224'de 8 defa olmak üzere 8 ayrı değişkeninin değerinin önceden belirlenen komutlardan sonra kaydedilmesi sağlanabilir. Böylece program hatalarını bulmak kolaylaşır.

Bir değişkeni takip etme fonksiyonu (tracing); programın her çevrimi sonunda yani her işleyişinin sonunda önceden belirlenen bir değişkene (zamanlayıcı, sayıcı, hafıza bölgesi vb.) kaydedilir ve kaydedilen bu değerler daha sonra programdaki hataların bulunması amacıyla kullanılabilir [15].

Tek veya çoklu tarama (single/multiple scan); program istenilen sayıda çalıştırılabilir, daha sonra da durdurulabilir ve ara basamaklarda kontrol edilebilir. Bu sayede sistem üzerinde düzeltmeler çok daha kolay yapılabilir.

Değişkenlerin değerlerini program dışında zorlama ile değiştirme (force) fonksiyonu; Bu fonksiyon kullanılarak girişler, istenilen değerler geliyormuş gibi çalıştırılabilir (yani girişlerin veya çıkışların) değerlerini gerçekte olmayan bir değere getirip sabitleme yapabilir), ve böylece programın işleyişinden etkilenmeyecek bir giriş simülatörü (benzetimi) (input simulator) elde edilebilir. Değişkenler istenilen doğrultuda belli değerlere sabitlenebilir ve programın kontrolünü, atlama (jump) komutlarından evvel gelen değişkenlerin değerlerini değiştirerek, programda belli kısımların, istenilmeyen zamanlarda işlenmesi önlenir. S7-200'de bulunan şifre koruma sistemi, makinaların taklit edilmesini ve yetkisiz kişilerce programın değiştirilmesini engeller.

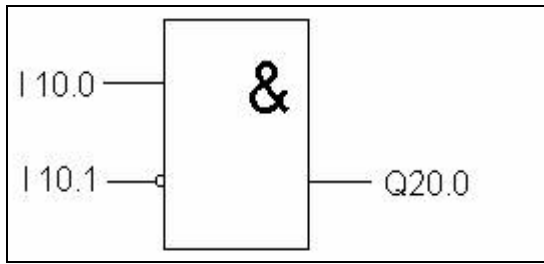
### 5.3. Standart Programlama

SIMATIC CPU'ların programlanmasında STEP7 adlı programlama paketi kullanılır. Bu paket basit mantık kurma fonksiyonlardan, kullanıcı programı tarafından çağrılacak kompleks sistem fonksiyonlarına kadar birçok özelliği içerir. STEP7 ile programlama yapılırken, programlayıcı, mesleki kökenine göre sunulan imkânlardan birini seçerek kendine en uygun programlama ortamını yaratabilir. SIMATIC programı, merdiven mantığı (Ladder Diagram 'LAD'), lojik kapı mantığı (Function Block Diagram 'FBD') veya komut listesi (Statement List 'STL') olarak hazırlanabilir. Bu gösterimler DIN 19239 standardına göre hazırlanmıştır. Röle mantığıyla Ladder Diagramı, mantıksal kapı işlemleriyle Function Block Diagram ile program yazılabilir [15].

Üç program gösterimi arasındaki farklar özellikle binary operasyonlarda göze çarpmaktadır. Yazılan program çok özel komutlar içermediği sürece bir gösterimden diğerine kolaylıkla dönüştürülebilir. Ayrıca bu programlama imkânları içinde kapasite farklılığı vardır. Sözelimi LAD ile gerçekleştirilemeyen bazı fonksiyonlar FBD ile, FBD ile gerçekleştirilemeyen bazı fonksiyonlar da STL ile gerçekleştirilebilir. STEP7 programlama dilinde lojik operasyona tabi tutulacak sinyaller adreslenirken öncelikle adresin yer aldığı byte yazılır. Byte ve bit numarası nokta ile ayrılır. Örnek olarak 19. byte içinde ilk bit kastediliyor ise bu adres "19.0" olarak yazılmalıdır. Bu adresin giriş mi yoksa çıkış mı olduğu ise bu adresin önüne yazılan harf ile belirtilir. Yazılmak istenen adres çıkış ise, İngilizce versiyonda "Q19.0" olarak yazılır. Örnek olarak bir girişin normal okunduğu diğerinin terslenerek okunduğu olmadığı (10.0 normal, 10.1 terslenmiş çıkış ve çıkış 20.0 verilsin) bir VE fonksiyonu gerçekleştirilmek isteniyor olsun. Bu fonksiyonu yerine getiren program 3 ayrı gösterimde şu şekilde gösterilir;

### 5.3.1 Fonksiyon blok diagram gösterimi (FBD)

Yazılan programın FBD ile gösteriminde kullanıcı programını kutucuklar olarak görmektedir. Bir lojik kilitleme en az bir kilitleme kutucuğu ve bir sonuç kutucuğundan oluşmaktadır. Her kilitleme başlı başına bir birimdir ve STEP7 yazılımında segment olarak tabir edilen bir birimi kapsar. Yapılacak olan lojik işlemin yerine getirilmesi gereken şartları, kilitleme kutucuğunun sol tarafında yer alır [11].

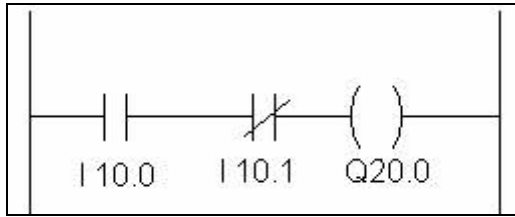


Şekil 5.1. Lojik kapı gösteriminin FBD yazılımı

Burada operasyona giren sinyal var olmasına göre sorgulanacak ise, düz bir çizgi ile, var olmamasına göre sorgulanacak ise, düz çizgi ve bir çember ile gösterilir. Kutucukların sağ tarafında yapılan lojik işlemin sonucu yer alır ve bu sonuç “=” işaretiyle gösterilir. Teorik olarak birçok “ve” ya da “veya” kapısı yazılabilir. Bunun sınırı kullanıcı hafızası ile ilgilidir. Bu program modunda yapılan lojik kilitlemeler her segment için sadece bir sonuca bağlanabilmektedir. CSF modunda STEP7 komutlarının tamamı gösterilmemektedir. Bu fonksiyonların gösterilebilmesi için STL moduna geçilmelidir. Eğer program grafik olarak gösterilemeyen komutlar içeriyorsa, ekrana getirilmesinde ilgili segment otomatik olarak STL modunda gösterilir.

### 5.3.2. Kontak plan gösterimi (LAD)

Program LAD modunda yazılacak ya da izlenecek ise, binary kilitlemeler kontak sembollerinin ard arda ya da alt alta sıralanması şeklinde yapılır. Operasyona tabi tutulacak sinyaller köşeli parantezler olarak resmedilirler (Şekil 5.2).

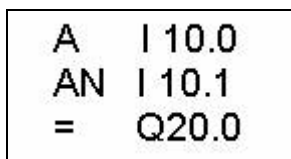


Şekil 5.2. Kontak gösteriminin LAD yazılımı [11]

Sinyal normal okunacak ise köşeli parantez içerisi boş halde, sinyal terslenerek okunacak ise köşeli parantez içerisine “ / ” şekli ile gösterilir. Sorgulama sonucu, bir akım yolu hattı gibi resmedilen lojik (mantıksal) kilitlemenin sağ tarafına eklenen parantez ile gösterilen bobindir. Kilitlenme şartları sağlandığında bu bobinin enerjilendiği düşünülebilir. Kontaklar normalde açık ve normalde kapalı kontak olarak kilitleme şartları meydana getirilebilir. Grafik olarak gösterilemeyen komutlar FBD' de olduğu gibi otomatik olarak STL'ye geçilerek ekrana getirilir.

### 5.3.3. Komut listesinin gösterimi (STL)

Bir diğer programlama cinsi olan STL modunda, yerine getirilmesi istenen lojik fonksiyonun şartları ve sonuçları ve komut listesi (nemonic) olarak hazırlanmaktadır. Mnemonic komutlar iki kısımdan oluşur. Birinci kısım operasyon kısmıdır ve prosesörün (işlemcinin) bu komutla ne yapması gerektiğini belirler (Şekil 5.3)



Şekil 5.3. Komut listesinin STL yazımlı [11]

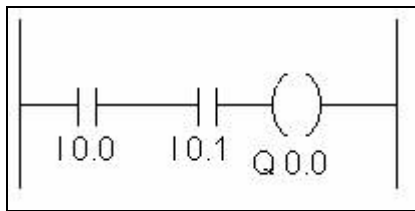
İkinci kısım ise operand kısmıdır. Bu kısımda da operasyon kısmındaki işlemin hangi sinyale uygulanacağı belirlenir. Mnemonic komutlar prosesor tarafından ekranda görüldüğü haliyle yukarıdan aşağıya doğru ilerlemekte ve her lojik şart sırası geldiğinde sorgulanmaktadır. Bu programlama / izleme modunda meydana getirilen her sonucun tek tek segmentlere yerleştirilmesine gerek yoktur. Bir segment içinde birden fazla lojik işlem gerçekleştirilebilir. Bu modda okunacak bilgi terslenecekse komutun arkasına “N” not harfi eklenir [12].

#### 5.4. Programlama

Genel olarak, bir kumanda devresi tasarımı için temel lojik işlem komutları yeterlidir ve bu komutlara zamanlayıcı komutları da eklendiğinde bütün kontaklı kumanda devreleri gerçekleştirilebilir. Herhangibir kontaklı kumanda devresi bir lojik fonksiyon ile ifade edilebilir.

##### 5.4.1. VE (AND) işlemi

Şekil 3.4’te yapılan iş, I 0.0 olarak adlandırılan girişten gelen sinyalin değeri ile I 0.1 girişinden gelen sinyalin değerinin mantıksal VE işleminden geçirilmesidir.



Şekil 5.4. VE işleminin gösterimi

Ayrıca normalde açık kontak için seri bağlantı komutudur.

Bu diyagramın STL karşılığı ise:

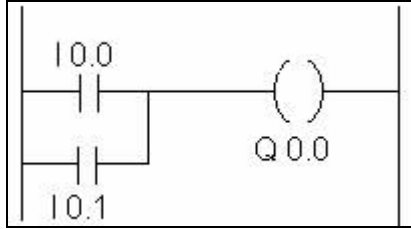
LD I 0.0 //I0.0 Girişini oku

A I 0.1 //ve bu sonucu I0.1 girişi ile (AND) yani VE işlemine tabi tut.

= Q0.0 //And işleminin sonucuna göre Q0.0 çıkışını 1 yap.

### 5.4.2. VEYA (OR) işlemi

Şekil 5.5'te yapılan iş I0.0 girişi ile I0.1 girişinin mantıksal OR işleminden geçirilmesidir.



Şekil 5.5. VEYA işleminin gösterimi

Normalde açık kontaklar için paralel bağlantı komutudur.

Bu diyagramın STL karşılığı;

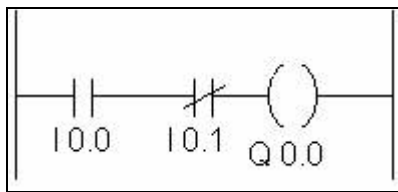
LD I 0.0 //I0.0 Girişini oku

O I 0.1 //bu sonucu I0.1 girişiyle (OR) yani VEYA işlemine tabi tut.

= Q 0.0 //Or işleminin sonucuna göre Q0.0 çıkışını 1 yap.

### 5.4.3. VE DEĞİL (AND NOT) işlemi

Şekil 5.6'da yapılan iş normalde kapalı kontaklar için paralel bağlantı komutudur.



Şekil 5.6. VE DEĞİL işleminin gösterimi

Bu LAD diyagramın STL karşılığı;

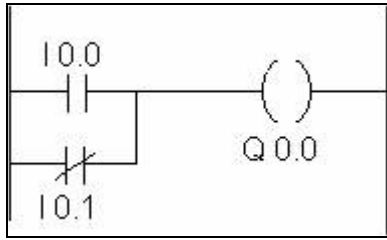
LD I 0.0 //I 0.0 Girişini oku.

AN I 0.1 //I 0.0 ile VE işlemine tabi tut ve I 0.1'i değil işlemine tabi tut

= Q0.0 //Ve Değil işleminin sonucuna göre Q0.0 çıkışını 1 yap

#### 5.4.4. VEYA DEĞİL (OR NOT) işlemi

Şekil 5.7’de yapılan iş, normalde kapalı kontaklar için paralel bağlantı komutudur.



Şekil 5.7. VEYA DEĞİL işleminin gösterimi

Bu diyagramın STL karşılığı;

LD I 0.0 //I 0.0 girişini oku.

ON I 0.1 //I 0.0 girişi ile I0.1 girişini Veya Değil işlemine tabi tut.

= Q0.0 //Veya Değil işleminin sonucuna göre Q0.0 çıkışını 1 yap.

#### 5.5. Programlamada Dikkat Edilecek Hususlar

PLC kumanda devresinde sinyal akışı soldan sağa doğrudur.

Elemanların hiçbirisinin dağıtım hattına direkt olarak bağlantısı yapılamaz. Eğer gerekli olursa programda kullanılmayan yardımcı rölelerin, normalde kapalı kontaklar üzerinden bağlantısı yapılabilir.

Herhangi bir röle bobininden sonra kontak bağlantısı yapılamaz. Eğer gerekli ise bu kontakın röle bobininden önceye alınması gerekir.

İki veya daha fazla röle bobini paralel bağlanabilir.

Kontak ve bobin numaraları, kullanılacak olan PLC'ye ait kullanma kılavuzundan alınır.

## 6. SCADA

SCADA terimi “Supervisory Control And Data Acquisition” kelimelerinin baş harflerinden oluşturulmuştur. Türkçe’ye “Danışmalı Kontrol ve Veri Toplama Sistemi” veya “Uzaktan Kontrol ve Gözleme Sistemi” olarak çevrilebilir. Kısaca bilgisayarlardan, haberleşme cihazlarından, algılayıcılardan veya diğer aygıtlardan oluşturulmuş denetlenebilen ve kontrol edilen bir sistemin genel adıdır. En genel olarak enerji scadası (Elektrik-Su-Doğalgaz) ve işlem scadası (fabrika-tesis otomasyonu) olarak ikiye ayrılır.

SCADA terimi ilk kullanılmaya başlandığı zamanlarda, motor ya da devre kesici gibi elemanların uzaktan kumandasında ve sinyalizasyonunun uzaktan kontrol işlemleri için kullanılmıştır. Gözetleme ve kontrol amaçlı yapılan ilk sistemler, devre ve kontrol merkezi arasında kontrol sistemini gözlemek amacı ile kablolardan ve lambalardan meydana gelmiştir. Bu sistemlerde SCADA uyarı işlemleri ışıklarla gerçekleştirilmiştir. Örneğin yeşil lamba devrede enerji olduğunu, kırmızı lamba ise devrede enerji olmadığını göstermektedir [22].

Uygulamada, sistem büyüdükçe devredeki eleman sayısı da çok fazla arttığı için, sistem pahalı ve çok karmaşık hal almaktadır. Mesafe arttığında ise, haberleşme ve veri iletimi maliyetleri çok artarken, sistemin etkinliği önemli biçimde azalmakta ve elektriksel kirlilik yüzünden sistemde fiziksel problemler meydana gelmektedir. Yanlış uyarılar ve algılama problemleri ile karşı karşıya kalılabilmekte, bu da daha sonra düzeltilmesi güç arızaların oluşmasına neden olabilmektedir.

Elektronik haberleşme yöntemlerinde sayısal veri iletimindeki gelişmeler sayesinde, SCADA sistemlerinin kapasiteleri inanılmaz biçimde artmıştır. Böyle sistemler eski sistemlere nazaran hem daha güvenli, hem de daha düşük maliyetlidir.

SCADA sistemlerinin temel yapısında, merkezi birim uç birimlere kısa mesajlar yollamak suretiyle sürekli bir kontrol sağlar. Bu küçük mesajlara uç birimler cevap verir ve merkezdeki bilgisayar bu verileri hafızasında değerlendirerek bir karara

varır. Eğer gelen mesaj acil durum içeriyorsa merkezi birim bu mesajı ekrana getirir ve gerekli görürse istenilen doğrultuda müdahale eder. Birçok sistemde bu gibi bir durumda merkezi birim en fazla 2 saniye içinde tepki verir. Bununla beraber bu iki saniyelik süre bir çok arıza için uzun bir süredir. Böyle bir durumda merkezi birimin her türlü olaya otomatik olarak müdahale etmesi zorunludur. Her durumda karşı uç birimler, operatörler tarafından sık sık kontrolden geçirilmelidir.

Hemen hemen tüm modern SCADA sistemleri bilgisayar temellidir. Bu bilgisayarların giriş/çıkış birimleri vardır. Giriş/çıkış birimlerinden uç birimlere sinyal gönderilir ve buradan gelen sinyaller rapor haline getirilir. Gelen mesajlar monitörde gösterilir ya da bir yazıcıya aktarılır. Monitör aynı zamanda grafik bilgilerini de aktarabilir. Birçok kontrol merkezine uç birimlerden gelen sinyaller çubuk grafiğiyle gösterilebilir.

### **6.1. SCADA Sistemlerde Haberleşme**

SCADA sistemler bir merkez istasyon, uç birimler ve bu birimler arasındaki bazı haberleşme bağlantılarından meydana gelir. Haberleşme bağlantıları bir kablo devresi, bir mikrodalga kanalı ya da bir güç hattı taşıyıcısı olabilir. Bunlardan herhangi bir haberleşme devresi yeterli sinyal taşıyabilir veya sinyale göre taşıma bant genişliği ayarlanır.

Sinyalin hızını arttırmak için veri haberleşmesinin kullanıldığı kanalın bant genişliğinin artırılması gerekir. Birçok uygulamada, telefon ses kanalı olan 400 ila 3400 Hz'lik bant genişliği yeterli kabul edilmiştir. Düşük hızlı veri aktarımı için, dar bir bant olan ses frekansının üzeri kullanılmakla beraber, bu gibi uygulamalarda ses bandı 400 ila 2200 Hz civarında sınırlandırılmaktadır. Bu durumda haberleşme 2200 ila 3400 Hz arasında gerçekleşir. Bu tip işleme "speech plus" denir ve hem ses, hem de veri iletiminin tek kanaldan yapılması mümkün olur [17].

## 6.2. SCADA Sistemlerinin Oluşturulması

SCADA sistemlerinin kurulumunda, kurulum maliyeti haberleşme kanalı gibi etkenler göz önüne alınarak değişik sistemler oluşturulabilir.

SCADA sistemlerinin güvenilirliği alternatif haberleşme kanalları kullanılmak suretiyle yükseltilebilmektedir. Alternatif kanallar sayesinde olası bir haberleşme hattı kesilmesinde uç birim otomatik olarak yeni bir hatta bağlanmakta (auto routing) ve veri alış verişi devam etmektedir.

## 6.3. SCADA Sistemlerin Faydaları

SCADA sistemler her geçen gün gelişmektedir. Sistemlerin ihtiyaçları ve istekleri de buna bağlı olarak değişim göstermektedir. Gelişen teknolojik imkanlarla beraber, işletmeler modern bir SCADA yazılımından sırasıyla;

- Kullanım kolaylığı
- İletişim kolaylığı
- Yaygın işletim sistemleri üzerinde çalışabilmesi
- Tüm veritabanı uygulamaları ile entegrasyon
- Yüksek verimlilik
- Düşük maliyet
- Sistemin ilk eğitim kolaylığı

beklenmektedir. Bunlarla beraber SCADA sistemlerinin faydaları aşağıdaki şekilde sıralanabilir;

- Olayları gerçekleştirdiği anda görebilme
- Hızlı karar verebilme
- Olaylar arasında tam bağlantı
- Tek merkezden kontrol
- Elde edilen bilgilerin analizi

#### **6.4. SCADA Sistemlerinin Uygulama Alanları**

SCADA sistemleri güvenilir, emniyetli ve ucuz maliyetli olmasından dolayı aşağıda belirtilen şebekelerin kontrol ve yönetimlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

- Elektrik üretim ve iletim şebekelerinde
- Elektrik dağıtım şebekelerinde
- Petrol boru hatlarında
- Doğal gaz şebekelerinde
- İçme suyu, atık su şebekelerinde
- Raylı taşıım sistemlerinde
- Güvenlik sistemlerinde
- Trafik yönetim sistemlerinde

## 7. PNÖMATİK

Pnömatik eski Yunancada nefes ya da soluk anlamına gelen *pneuma* kelimesinden türetilmiştir. Bu kelime başlangıçta hava hareketi ve hava ile ilgili olayların ilmi anlamına gelmekteydi. Buna dayanarak teknik, atmosfer basınç üstü ve altı uygulamalarında pnömatikten bahsederek kendi kavramını geliştirmiştir.

Bugünkü şekliyle pnömatik, teknolojinin yeni bir kolu olmakla birlikte, temelleri çok eski dönemlere uzanır. Takvimin başlangıcından önce pnömatik ve otomatik düzenleri konu edinen eserler yazılmıştır. Bunlara örnek olarak, M.Ö. 3. yüzyılda KTESİBİOS tarafından verilen teknik temelleri geliştiren Bizantion’lu Filyon (yaklaşık M.Ö. 200) ve M.Ö. 30 ila 0 arasındaki eserini yazmış bulunan VITRUVIUS verilebilir. M.S. 1. ve 2. yüzyıllarda İskenderiyeli HERON’nun çalışmaları görülür, onun geliştirdiği hava kazanı prensibi bugün hala daha okullarda basınçlı hava ile ilgili ilginç deneyin gerçekleşmesinde kullanılır [23].

*Pnömatika* kavramı bu tarihlerde bugünkü anlamı taşımamakla birlikte yaygın kullanılmıştır. Antik pnömatik düzenekler öncelikle eğlendirici oyunlarda, ibadete hizmet eden düzenlerde ve savaş aletlerinde kullanılmaktaydı. KTESİBİOS’un basınçlı hava ile ok fırlatan bir mancınık geliştirdiği bilinmektedir. DIDEROT’nun 1762 ve 1777 tarihleri arasında yayınladığı “Teknik Ansiklopedi” de diğer pnömatik bir tüfeğin kesit resmi bulunduğu, Amerikalıların 1985’ten önce gemilerini donatmak için pnömatik bir dinamit-top geliştirdikleri bilinir. 19. yüzyılda, bir makinalı tüfeğin pnömatik öncüsü bile gerçekleştirilmiştir.

Pnömatiğin sivil, el sanatsal ya da küçük endüstriyel gelişimi daha eski olup M.Ö. 3. yüzyılın oldukça ötesine uzanır. Bu dönemde insanlar saf maden eritmeyi öğrenmiş ve ateşte gerekli erime sıcaklığına erişmek için havaya, daha doğrusu basınçlı havaya ihtiyaç duymuşlardır. Hayvan derisinden imal edilen ve elle çalıştırılan körükler ilk mekanik kompresörlerdir. Daha güçlü, ayakla çalıştırılan körükler, ancak 1500 yıl sonra ilk kez Mısırda görülmüş ve altın eritilirken ya da bakır ve kalay alaşımından bronz elde edilirken kullanılmıştır. Kompresörsüz basınçlı hava ve basınçlı havasız

pnömatik olamayacağına göre, kompresörleri gelişmenin en başına yerleştirmek gerekir [23].

Bugün yaygın olarak kullanılan ventil ve valf kelimelerinin kökeni, her ne kadar antik dönemde su akışını kesmek ve debisini ayarlamaya yarayan düzenleri ifade etse de, Latince rüzgâr anlamına gelen *ventus* ve çevirme anlamına gelen *volvere* kelimelerine dayanır. Bugünkü tanımına uygun pnömatik valfler çok eskiden beri org yapımında kullanılmış ve İngiliz org yapımcısı BARKER 1832 gibi erken bir tarihte her tuşu bir körükle irtibatlı pnömatik kumandalı konik bir valf geliştirmiştir. Tuşlara basılması halinde körüklerin oluşturduğu basınçlı hava serbest bırakılarak tüm mekanik aksam pnömatik kumandayla hareket ettirilmekteydi. Aynı dönemde çok sayıda saatin eş zamanlı göstermesini sağlayan pnömatik bir sistem de geliştirilmiştir. Daha önce ana saat ile ikincil saatler arasındaki elektriksel devre bekleneni verememişti. Paris'te 1878'de tesis edilen pnömatik saat sisteminden iyi sonuçlar elde edilmiş olmakla birlikte, yüksek tesis masrafları nedeniyle sadece geniş şebekelerde kullanım alanı bulmuştur. Bu sistemde; ana saatten ikincil saatlere her dakikada bir hava darbesi yollanarak göstergelerin ötelenmesi sağlanmıştır. Ana saatin içindeki bir valften kısa bir süre için salınan basınç darbesi ikincil saatlerin göstergelerindeki bir silindire ulaşır ve göstergenin ötelenmesini sağlayan bir pistonu hareket ettirir .

19. yüzyıl boyunca çeşitli pnömatik düzen ve aletler birbirini takip ederek icad edildi: örneğin pnömatik boru postası (1835), basınçlı hava freni (1880), perçin çekici, darbeli delme makinası (1861) ve diğer basınçlı hava aletleri. İsviçre Alplerinde 1857'de inşaatı başlayan Cernis dağı tüneli inşaatında büyük çaptaki iş gücü için ilk kez basınçlı hava devreye sokuldu. Olumlu sonuçların etkisiyle, kısa süren bir dönemde, pnömatik tramvay ve değişik pnömatik demiryolu sistemleri gerçekleştirildi. Bu buluşların bir kısmı, düzeltmeler yapılması koşuluyla, bugün hala önem taşımakla birlikte; bir kısmı teknik güçlükler ya da başka zorluklar nedeniyle, yerlerini kısa zamanda başka teknolojilere terk etmiştir. Yüzyıl başlangıcından kısa bir süre önce, Paris'te çeşitli uygulama alanlarına hizmet veren, çok geniş bir basınçlı hava şebekesi bulunmaktaydı. Ayrıca dönemin mühendis ve teknisyenlerine göre basınçlı hava ve tekniğinin geleceği çok parlaktı ve henüz emekleme dönemi yaşayan

elektriğe, teknik bakımından fazla şans tanınmıyordu. Bu durum kısa bir süre sonra tamamen değişti ve elektrik kabiliyetini tüm dünyaya ilan etti [24].

Basınçlı hava teknolojisi az çok unutuldu ve sadece basınçlı hava aletleri ve yeraltı inşaatları gibi dar sınırlar çerçevesinde gelişebildi. Basınçlı hava teknolojisinin yeniden yeşerebilmesi için yaklaşık yarım yüzyıl kadar zamanın geçmesi gerekti [16].

Modern endüstriyel pnömatiğin kumanda tekniğine uygulanışı ABD’de ilk seçimler tatminkâr sonuç vermesinden sonra, Almanya’da ancak 1950’den sonra başladı. Pnömatik bu sürede tekniğin çok ve başarılı bir kolu olarak gelişti. Bugün pazara çok gelişmiş daha da gelişecek olan alet program ve sistemleri sunulmaktadır. Alet ve elemanlardaki yeni gelişmeler özellikle elektronikle birlikte yeni alanların kapsanması konusu pnömatiğin sürekli geliştiğinin en belirgin göstergesidir [23].

Pnömatik kumandayı amaca yönelik ve doğru uygulayabilmek için her bir elemanı tanımak, bağlantı imkânlarını ve fonksiyonlarını bilmek gerekir. Tekniğin her konusunda ve özellikle pnömatik kumanda eleman ve aletlerinde olduğu gibi her zaman kesin tanımlanamayan uygulama alanları vardır. Farklı uygulama alanlarında değişik beklentiler pnömatiği ve buna bağlı olarak uygulama sınırlarını etkiler. Az sayıda yardımcı elemanla geçici özel pnömatik kumandalar kurabilme imkânı çeşitli uygulamaların doğasına çok uygun düşer. Ayrıca pnömatik endüstrisi bugün sadece sisteme bağlanması etkili olan çeşitli uygulamalara yönelik ön montajı yapılmış kumanda sistemler de üretir. Kumanda programı, silindirlerin valf çıkışlarına amaca uygun ve doğru algılanması geri beslemelerin karşı düşürülmesi ile gerçekenir. Ayrıca bir pnömatik kumanda denemesine doğru işlevleri sınavan (simülasyon) ve optimizasyonu sağlayan alet ve düzenekler de vardır.

Pnömatik genelde, önceden üretilen atmosfer basıncı üstündeki bir basıncın mevcut potansiyel enerjisinden yararlanır. Burada enerji *basınçlı hava* tarafından taşınır. Eskiden kullanılan *yoğunlaştırılmış hava* tabiri bugün çok ender başka kavramlarla ilişkili olarak kullanılmakla birlikte, pnömatikte sadece *basınçlı hava* kelimesinin kullanımını standartlara uygundur [24].

## **7.1. Pnömatik Prensipier**

### **7.1.1. Akışkanlı güç sistemleri**

Tüm endüstriyel tesisler, herhangi bir tip akışkan ihtiva eden bir güç sistemi kullanır. Bu sistemde, iş basınç altında bulunan bir akışkan vasıtasıyla sağlanır. Bir akışkanlı güç sistemi, ısıtma veya soğutma gibi, bir işlemin sürecinin parçası olarak işlev yapabilir veya basınçlı hava gibi, yardımcı hizmet sistemi olarak kullanılabilir. Bir akışkan, yağ veya su gibi bir sıvı ya da bir gaz olabilir. Endüstriyel uygulamalarda en çok kullanılan bir gaz olan basınçlı hava ile birlikte, azot ve karbondioksit de kullanılır. Kuvvet iletimi amacıyla bir sıvının kullanıldığı akışkanlı güç sistemine "Hidrolik Sistem" adı verilir. Kuvvet iletimini bir gaz kullanmak suretiyle sağlayan sisteme ise "Pnömatik Sistem" denir [25].

### **7.1.2. Pnömatik sistemler**

Pnömatik sistemlerin iş yapma biçimlerinden bazıları; havalı el aletleri, doğrusal hareket cihazları, kapı açma sistemleri ve döner hareketli cihazların çalıştırılmasını içerir. Pnömatik sistemler, kimyasal işlem cihazında ve büyük kapasiteli iklimlendirme (klima) sistemlerinde mevcut akış valflerinin kontrolünde de kullanılır. Daha gelişmiş sistemlerde ise, sıralama kontrol valflerini çalıştırmak için pnömatikten, elektrik rölelerinde olduğu biçimde yararlanılır.

Bir sanayi tesisinde bulunan bir pnömatik sistemde basınçlı hava kullanılır. Bu basınçlı hava vasıtasıyla matkap, sıkma anahtarı, talaş kaldırma aletleri gibi havalı el aletleri ile birlikte mengene, torna aynası ve diğer sıkma aparatları çalıştırılır.

Pnömatik elemanlar, küçük ya da büyük her tür kumanda sisteminde kullanılabilir yapı taşlarıdır. Elemanların konumu kumanda sisteminde işlevini, nominal genişlik ve çalışma basıncı ise, güç özelliğini belirler [24].

### 7.1.3. Pnömatikte temel prensipler

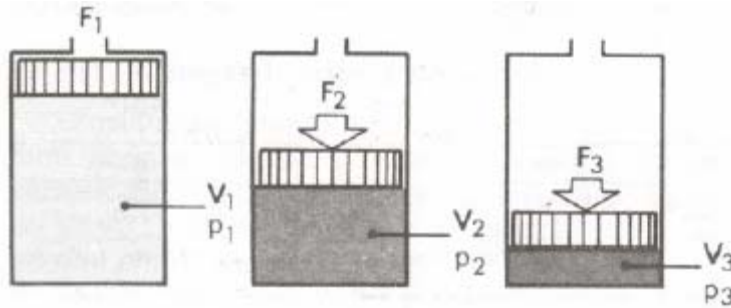
#### Sıkıştırılabilme özelliği

Diğer tüm gazlar gibi havanın da belirli bir şekli yoktur içinde bulunduğu hacmin (kabın) şeklini alır. Çok küçük kuvvetlerle bile şeklini değiştirir. Sıkıştırılabilir ya da genleşebilir bir yapıya sahiptir.

#### Boyle - Mariotte kanunu

Sıcaklığı sabit kalacak şekilde sıkıştırılan kapalı bir kaptaki gaz kütesinin basıncı ile hacminin çarpımı sabittir.

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 = p_3 \cdot V_3 = \text{Sabit} \quad (7.1)$$



Şekil 7.1. Sabit sıcaklıkta basınç hacim değişimi

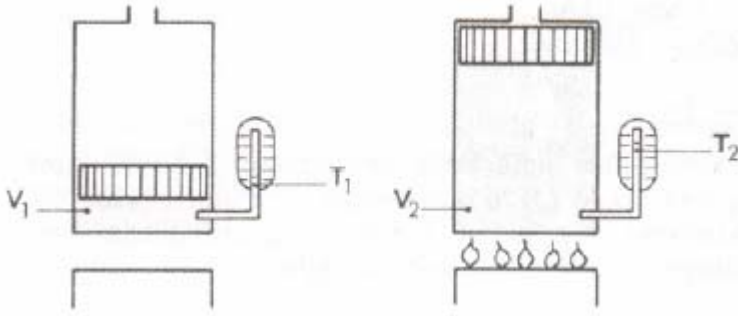
### Gay -Lussac kanunu

Bir gaz, ilk sıcaklığı ve cinsi ne olursa olsun aynı zamanda hangi sabit basınç altında bulunursa bulunsun, bu basıncın sabit kalması koşuluyla, eşit miktarlar kadar ısıtılınca, eşit miktarlar kadar genişir.

$$V_{T_2} = V_{T_1} + \frac{V_{T_1}}{273} \cdot (T_2 - T_1) \quad (7.2)$$

$V_{T_1}$  =  $T_1$  sıcaklığındaki hacim


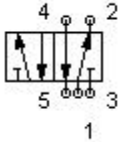
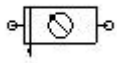
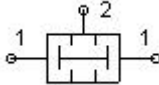
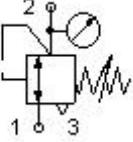
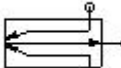
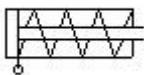



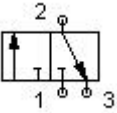



$V_{T_2}$  =  $T_2$  sıcaklığındaki hacim



Şekil 7.2. Farklı sıcaklıklarda, sabit basınçta hacim değişimi

## 7.2. Pnömatik Endüstrisinde Kullanılan Bazı Simgeler

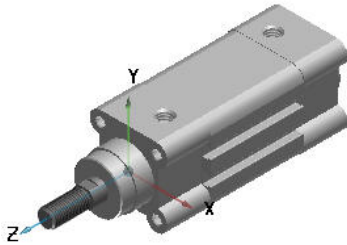
Çizelge 7.1. Pnömatik endüstrisinde kullanılan önemli elamanların gösterimi [18]

Sembol	Açıklama	Sembol	Açıklama
	Basıncılı hava kaynağı		5/2 yön kontrol valfi
	Şartlandırıcı (basit gösterimi)		VE valfi
	Manometre		Pnömatik temassız algılayıcı
	Tek etkili silindir		Basınc ölçer
	Çift etkili silindir		Valf selonoidi
	3/2 yön kontrol valfi		Normalde kapalı kontaktör
	Hava motoru		24 V gerilim kaynağı

### 7.3. Bazı Pnömatik Elemanlar

#### 7.3.1. Silindirler

Basınçlı hava silindiri pnömatik endüstrisinde iş gören önemli bir elemandır. Bunun dışında, pnömatik kumanda sadece ikincil bir görev üstlenen, çeşitli yapıda basınçlı hava motorları da kullanılır. Tahrik elemanı olarak da adlandırılan basınçlı hava silindirlerinin görevi lineer (doğrusal) bir hareket elde etmektir. Silindirin lineer hareketi mekanik yöntemlerden yararlanılarak sınırlı bir dönel harekete dönüştürülebilir. Bu durumda döndürme ya da salınım silindiri pnömatik döndürme-salınım hareketinin yapısal birimini oluşturur. Hareket işlevinde (ileri ve geri strok) basınçlı havadaki statik enerji mekanik işe (hareket ve basınç kuvvetlerine) dönüşür. Bir basınçlı hava silindiri, gerekli ilavelerle çalışma işlevi içinde kumanda fonksiyonunu da üstlenebilir. Bazı durumlarda çalışma ve kumanda işlevlerini birlikte gerçekleştirir.



Resim 7.1. Pnömatik bir silindir

Basınçlı hava silindirlerinin ana boyutları DIN ISO 6431 ve 6432'ye göre standartlaştırılmıştır. Standartlar piston yarıçapı 8 ile 320 mm arasında yer alan silindirleri kapsar. Bunlarla birlikte çeşitli firmalarca üretilen değişik türden bir dizi standart olmayan basınçlı hava silindiri de vardır. (Basınçlı hava silindiri = basınçlı havadaki atmosfer basıncı üstündeki hava basıncındaki statik enerjiyi mekanik işe dönüştüren cihaz “motor”) [18].

### Silindirler için teknik veriler

Aşağıda verilen değerler birçok firma ürününe ilişkindir. Diğer fabrika ürünlerinde yapısal nedenlere bağlı küçük sapmalar görülebilir. Bu husus özellikle silindir sürtünmesi, tek yönde etkili silindirlerde yay kuvveti ve “ölü hacimler” için geçerlidir.

Çizelge 7.2. Pnömatik hesaplamalarda kullanılan simgeler

Formüllerde Kullanılan İşaretler			
Sembol	Açıklama	Sembol	Açıklama
Q	hava tüketimi (debi) (lt/dk)	q	cm strok başına hava tüketimi
D	silindir pistonunun çapı (cm)	d	piston kolunun çapı (cm)
a	piston alanı (cm <sup>2</sup> )	f	yay kuvveti (daN),
F	piston kuvvet (daN)	p	çalışma basıncı (bar)
s	strok (cm),	n	dakikada çevrim sayısı

Basıncılı hava silindirinde oluşturulan kuvvet sindir kuvveti ya da piston kuvveti olarak adlandırılır. Bu kuvvet piston çapı, çalışma basıncı ve sürtünme direncine bağlıdır. Silindir basınç kuvveti statik durumda ölçüldüğünden sürtünme direnci pistonun hareket öncesi kopma momentine karşı düşer. En uygun koşullarda hareket için statik durma halindeki tüm durumlar dışında, sürtünme direnci sıfır alınır (hareket hali). Silindir basınç kuvveti aşağıdaki formüllere göre hesaplanır:

Basınç kuvveti = (piston alanı) x (hava basıncı)

$$F = a \cdot p \text{ (cm}^2 \cdot \text{bar)} \quad (7.3)$$

$$\text{Tek yönde etkili silindirlerde: } F = D^2 \frac{\pi}{4} p - f \quad (7.4)$$

Çift yönde etkili silindirlerde:

$$\text{Çıkış stroku : } F = D^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot p \quad \text{Dönüş stroku : } F = (D^2 - d^2) \cdot \frac{\pi}{4} \cdot p \quad (7.5)$$

Tek yönde etkili silindirlerde, basınç kuvvetinden geri getirme yayına ait yay kuvvetini çıkarmak gerekir. Çift yönde etkili silindirlerde ise geri dönüş strokunda piston alanından piston kolu alanını çıkarmak gerekir. Yapı sekline bağlı olarak hesaplanan silindir basınç kuvvetinin %3 ile %10 kadar bir kısmı sürtünme dirençlerini ya da koparma momentlerini karşılamak üzere azaltılır. Çizelge 7.3 de çalışma basınçları 1 ile 10 bar arasındaki çeşitli piston büyüklükleri için silindir basınç kuvvetleri verilmiştir. Gerekli silindir basınç kuvvetinin (piston kuvveti) hesaplanmasında, her zaman tam olarak belirlenemeyen mekanik etkileri karşılamak üzere yaklaşık %30 mertebesinde bir emniyet payı ilave edilir. (Silindir stroku büyüdükçe yatak boyu da uzamalıdır, yaklaşık değer: olarak strok uzunluğunun %20'si alınmalıdır).

Çizelge 7.3. Piston çapı ve çalışma basıncının verilmesi halinde elde edilen silindir kuvveti (piston kuvveti); (sürtünme göz önünde bulundurulmuş ancak yay kuvveti ve piston mili alanı değerlendirilmemiştir) [18]

	1 bar	2 bar	3 bar	4 bar	5 bar	6 bar	7 bar	8 bar	9 bar	10 bar
Piston çapı (mm)	Piston kuvveti N									
8	4,5	9,0	13,6	18,1	22,6	27,1	31,7	36,2	40,7	45,2
10	7,1	14,1	21,2	28,3	35,3	42,4	49,5	56,5	63,6	70,7
12	10,2	20,4	30,5	40,7	50,9	61	71,3	81,4	91,6	101
16	18,1	36,2	54,3	72,4	90,5	109	127	145	163	181
20	28,3	56,5	84,8	113	141	170	198	226	254	283
25	44,2	88,4	133	177	221	265	309	353	398	442
32	72,4	145	217	290	362	434	507	579	651	724
40	113	226	339	452	565	679	792	905	1020	1130
50	117	353	530	707	884	1060	1240	1410	1590	1770
63	281	561	842	1120	1 400	1680	1960	2240	2520	2810
80	452	905	1360	1810	2260	2710	3170	3620	4070	4520
100	707	1410	2120	2830	3530	4240	4950	5650	6360	7070
125	1100	2210	3310	4420	5520	6630	7730	8840	9940	11000
160	1810	3620	5430	7240	9050	10900	12700	14500	16300	18 100
200	2830	5650	8480	11300	14100	17000	19800	22600	25400	28300
250	4420	8840	13300	17700	22100	26500	30900	35300	39800	44200
320	7240	14500	21700	29000	36200	43400	50700	57900	65100	72 400

Piston kuvveti, piston kolu tarafından iletildiğine göre uzun stroklarda her zaman tam kuvvetten yararlanılamaz. Zira bu durumda normal piston kolu çapı için geçerli sınır bükülme yükü aşılmış olur. Basıncılı hava silindirlerinde genellikle, çapı gerektiğinden daha büyük, daha kuvvetli piston milleri kullanılır.

Basınçlı hava silindirine iletilen potansiyel enerji işe dönüştürülerek tüketilmektedir. Tüketilen basınçlı hava, silindir ileri ya da geri stroka (çift yönde etkili silindir) geçtiğinde, atmosfere salınır. Bu nedenle bir hava tüketimi söz konusudur. Belirli bir çalışma basıncı, piston çapı ve strok için, hava tüketimi şu şekilde hesaplanır:

Sıkıştırma oranı = (piston alanı) x (strok)

Sıkıştırma oranı (deniz seviyesine göre) =  $[1,013 + \text{çalışma basıncı}(\text{bar})]/1,013$

ilişkisinden hesaplanır.

Hava tüketimini kolay ve hızlı belirlemek için Çizelge 7.4'te pnömatik endüstrisindeki standart silindirlerin yaygın çalışma basınçlarındaki, cm strok başına hava tüketimleri verilmiştir. Hava tüketimi, kompresör verimiyle uyumlu değerler elde etmek için, hep litre cinsinden emme debisi olarak verilir. Buna göre hava tüketimi aşağıdaki şekilde hesaplanır;

Tek yönde etkili silindirlerde hava tüketimi =  $Q = s \cdot n \cdot q$  (lt/dak) (7.6)

Çift yönde etkili silindirlerde hava tüketimi =  $Q = 2 \cdot s \cdot n \cdot q$  (lt/dak) (7.7)

Çift yönde etkili silindirlerde piston kolunun hacmi iletken ve valflerdeki diğer belirsizliklerin yanında ihmal edilebilir olduğundan göz önünde bulundurulmamıştır. Çevrim sayısı zaman biriminde bilinmesi gerektiğinden bir silindirin hava tüketimi, lt/dk cinsinden verilir.

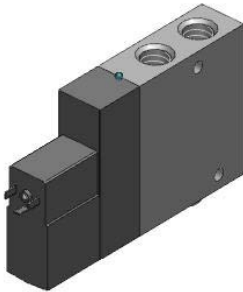
Çizelge 7.4. Basınçlı hava silindirlerinde piston çapı ve çalışma basıncına bağlı olarak cm strok başına hava tüketimi [18]

Pnömatik silindirlerde hava tüketim tablosu										
Piston Ø mm	Çalışma basıncı (bar)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hava tüketimi (lt/cm silindir stroku)										
6	0,0005	0,0008	0,0011	0,0014	0,0016	0,0019	0,0022	0,0025	0,0027	0,0030
12	0,002	0,003	0,004	0,006	0,007	0,008	0,009	0,010	0,011	0,012
16	0,004	0,006	0,008	0,010	0,011	0,014	0,016	0,018	0,020	0,022
25	0,010	0,014	0,019	0,024	0,029	0,033	0,038	0,043	0,048	0,052
35	0,019	0,028	0,038	0,047	0,056	0,066	0,075	0,084	0,093	0,103
40	0,025	0,037	0,049	0,061	0,073	0,085	0,097	0,110	0,122	0,135
50	0,039	0,058	0,077	0,096	0,115	0,134	0,153	0,172	0,191	0,210
70	0,076	0,113	0,150	0,187	0,225	0,262	0,299	0,335	0,374	0,411
100	0,155	0,231	0,307	0,383	0,459	0,535	0,611	0,687	0,763	0,839
140	0,303	0,452	0,601	0,750	0,899	1,048	1,197	1,346	1,495	1,644
200	0,618	0,923	1,227	1,531	1,835	2,139	2,443	2,747	3,052	3,356
250	0,966	1,441	1,916	2,392	2,867	3,342	3,817	4,292	4,768	5,243

### 7.3.2. Valfler

Pnömatik tahrik elemanlarının kumandasında (devreye sokma ve çıkarmada) valflerden yararlanır, DIN 24 300'e göre valfler aşağıdaki şekilde tanımlanır.

Valfler bir hidropompa, kompresör veya vakum pompası tarafından üretilen ya da bir kapta depolanmış olan basınçlı ortamın akışını başlatma, durdurma veya yön değiştirme yönünden kumanda veya kontrolünü sağlayan aletlerdir (Resim 7.2.).



Resim 7.2. Bobinli bir valf

Bir pnömatik kumanda bir valfin yapı şekli genellikle ikincil bir önem taşır. Önemli olan sadece gerçekleştirilen işlev, devreye sokma şekli ve bağlantı

büyükklüğüdür. Bağlantı büyükklüğü ile ilişkili olarak debi miktarı da belirlenmiş olur. Pnömatikte kullanılan valfler genellikle kumandada kullanılır. Kumanda bir işlev ya da büyükklüğü başlatmak, değıştirmek, saptırmak ya da kaldırmak amacını güder. Kumanda için kumanda enerjisi gereklidir, amaç küçük sarfiyatla en büyük etkiyi sağlamaktır. Kumanda enerjisi valfin çalıştırma sekline bağlı olarak manuel, mekanik, elektrik/elektronik, hidrolik ya da pnömatik olarak uygulanır. Pnömatik valfler işlevlerine göre aşağıdaki ana guruplara ayrılır [18]:

- Yol (yön) valfleri,
- Akış valfleri,
- Tıkama valfleri,
- Basınç valfleri

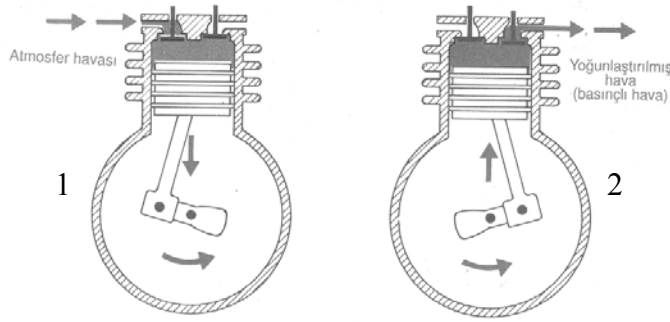
### 7.3.3. Basınçlı hava üretimi (Kompresör)

Pnömatik kumanda sistemleri, basıncı yapılan işin gücüne uygun düzeyde olan ve yeterli miktarda bulunması gereken, basınçlı hava tüketen düzenlerdir. Basınçlı hava üretimi kendi faaliyet alanına girmediğinden, pnömatikçi genellikle kendi kumanda sistemini (ya da düzenini), şebekede yeterli miktarda basınçlı hava bulunduğu varsayımı ile, mevcut basınçlı hava şebekesine bağlar. Ancak her yeni pnömatik düzenin kuruluşunda, basınçlı hava üretim tesisi ile ilgili sorunlarla da karşı karşıya kalır. Basınçlı hava üreten tesislerin ana ünitesi, çeşitli yapı ve güçlerde imal edilen, basınçlı hava kompresörleridir [4]. (Basınç koşullarını etkileyerek hava, gaz ya da buhar ileten tüm makinalara kompresör adı verilir.)

Bir kompresörün gücü, lt/dk veya m<sup>3</sup>/dk olarak debi (hacimsel debi) ve bar olarak ölçülen çıkış basıncı cinsinden verilir. Kompresörün çıkışında ölçülen basınçlı hava miktarı ya da hacimsel debi hesapla girişte emilen hava cinsinden ifade edilebilir. Debi değeri, kompresör türüne göre, birkaç lt/dk ile 50 000 m<sup>3</sup>/dk arasında değışirken, erişilen son basınç değeri de, bir kaç pascal'dan 1000 bar'ın üzerine kadar çıkabilir (1bar=10<sup>5</sup> Pa).

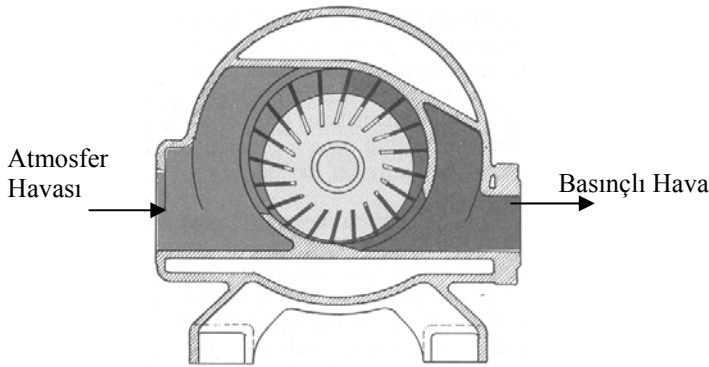
Pnömatik endüstrisinde, gerekli çalışma basıncı nedeniyle, çeşitli kompresör türleri içinde bazıları kullanıma elverişlidir. (Bir kompresörün, lt/dk ya da m<sup>3</sup>/dk olarak debisi, gücü belirleyen bir büyüklüktür. Debi ölçü birimi hizmete sunulan etkin basınçlı hava miktarına karşı düşer, emilen hava miktarı bu değerden hesaplanabilir). Pnömatik endüstrisindeki kumanda sistemleri genellikle 6 bar civarındaki bir çalışma basıncıyla (normal pnömatik basınç) çalışır.

Basıncın alt sınırı 3 bar, üst sınır 12 bar civarındadır. Özel durumlarda bu değerler alttan ve üstten aşılabılır. Pnömatiğin gelişimi kullanım alanını bir düşük ve normal basınç bölgesine ayırmayı zorunlu kılmıştır. Bölge sınırları ve tanımlar henüz standartlaşmamıştır. Bunun dışında yüksek ve çok yüksek basınç bölgeleri bulunur ve her ikisi de pnömatik endüstrisi için bir önem taşımaz. Pnömatik endüstrisindeki basınç kademeleri ile kompresörlerdeki basınç kademeleri farklıdır. Kompresörler, yapı şekillerine göre pistonlu ve akisli olmak üzere iki sınıfa ayrılır. Her sınıf ise birçok alt sınıfa ayrılır. Akışlı kompresörler, debisi yüksek ve çıkış basıncı düşük sistemlerde kullanılır. 600 m<sup>3</sup>/dk üzerindeki debi değerlerinde ekonomik olmaya başlarlar. Pnömatik endüstrisinde gerekli basınç değerlerine ulaşamadığından bir kaç kademeli türler kullanılır. Bu nedenle akisli kompresörlere pnömatikte ender rastlanır. Pnömatik kumandada pistonlu ve dönel kompresörler kullanılır. Her iki modelin farklı yapısal özelliklere bağlı çeşitli alt grupları vardır. En yaygın rastlanan türü sürekli çalışan ya da sadece gerektiğinde devreye giren pistonlu kompresördür (Şekil 7.3). Pistonlu kompresörler en küçük boyutlu tesislerde, en düşük debi değerlerinden, 500 m<sup>3</sup>/dk üzerindeki debi değerlerine kadar imal edilir. Bir kademeli pistonlu kompresörlerde 6 bar çıkış basıncına, özel durumlarda ise 10 bar çıkış basıncına kadar ulaşılır. İki kademeli pistonlu kompresörlerin çalışma basıncı 15 bar'a erişirken, üç ve dört kademeli modellerde çıkış basıncı 250 bar mertebesine yükselebilir. Pnömatik endüstrisi için, bir ve iki kademeli pistonlu kompresör, en uygun modeldir. Çıkış basıncının (çalışma basıncı) 6 bar'ı aşması halinde, işletme masrafı düşük olduğundan, iki kademeli kompresör bir kademeliye göre tercih edilir.



Şekil 7.3. Bir hava soğutmalı pistonlu kompresörün çalışma prensibi  
1.Emme 2.Basma [25]

Dönel kompresör grubunda özellikle vidalı ve çok hücreli kompresörler (paletli kompresörler) basınçlı hava üretim tesisleri için uygundur. Bu gruptaki diğer tasarım türleri, gerekli çıkış basıncını sağlamadığından, pnömatik endüstrisi uygulamalarda görülmez. Paletli kompresörlerde (Şekil 7.4) mil silindire eksantrik olarak yerleştirilir. Hareketli paletler nedeniyle, hilal şeklindeki hacimde, paletlerle ayrılan yalıtılmış hücreler oluşur. Rotorun sağa doğru dönmesi halinde büyüyen hücre hacimleri nedeniyle sol taraftaki hava emilirken, sağ tarafa doğru daralan hücreler nedeniyle, sağ tarafta basınçlı hava elde edilir [25].



Şekil 7.4. Dönel çok hücreli (paletli) bir kompresörün çalışma prensibi [25]

Bu kompresör yapı şeklinin avantajı, sessiz ve hemen hemen darbesiz hava üretebilmesidir. Dönel kompresörler bir kademedede 4 bar'a kadar hava basıncı üretirken, iki kademedede yaklaşık 8 bar basınca ulaşırlar. Boyutlan ile orantılı olarak debileri 100 m<sup>3</sup>/dk mertebesine çıkabilir.

## 7.4. Enerji İletiminin Farklı Sistemler İle Karşılaştırılması

Çalışma elemanları 3 ana grupta toplanır. Bunlar;

- a) Elektrik
- b) Hidrolik
- c) Pnömatik

Bu elemanların seçimi kuvvet, yol, hareket çeşidi (doğrusal, döner vb.), hız, yer kaplama, ömür, hassasiyet, çalışma emniyeti gibi kriterlere göre tercih edilir.

### 7.4.1. Çalışma elemanlarının özellikleri

#### Elektrik

Enerji depolanması güç, enerji iletimi iyi ve hızlı (hemen hemen ışık hızı), fiyatı düşüktür. Doğrusal hareket temini, karmaşık ve pahalıdır. Çünkü dönüşüm için ya mekanik ya da hareket miktarı küçük olan kaldırıcı mıknatıs gereklidir. Hacim itibariyle büyük yer tutarlar.

Döner hareket temini, yüksek verimli olup büyük yer kaplarlar. Dönme sayısı sınırlıdır. Düzgün bir karakteristik eğrisi vardır. Dönme sayısı ile döndürme momentinin ayarı güçtür. Genel olarak, aşırı yük emniyetleri yoktur. Ancak büyük harcamalar yapılarak aşırı yük emniyetine ulaşılır. Patlama emniyeti yoktur [26].

#### Hidrolik

Enerji depolanması sınırlı ölçüde mümkündür. Enerji iletimi (uzaklık  $\sim 10^2$  m. akış hızı  $\sim 2-6$  m/s.) yavaş ve sınırlıdır. Enerji maliyeti yüksektir.

Doğrusal hareket temini çok basittir. Çalışma hızları fazla yüksek değildir (max. 0,5 m/s). Az yer kaplarlar ve çok büyük kuvvetler elde edilebilir.

Döner hareket temini, döner hareket kolaylıkla elde edilebilir. Çok yüksek dönme sayılarına erişilemez. Verimi yüksektir ve büyük döndürme momentlerine çıkılabilir.

Genel olarak, aşırı yük emniyetleri vardır. Yüksek basınçlar söz konusu olduğundan iletim hatlarının montajı güç ve pahalıdır. Aynı zamanda sızdırmazlığa dikkat etmek gerekir [26].

### Pnömatik

Enerji depolanması mümkün ve problemsizdir. Enerji iletimi (uzaklık  $\sim 10^3$  m akış hızı  $\sim 20-40$  m/s) yavaş ve sınırlıdır enerji maliyeti yüksektir.

Doğrusal hareket temini, kolay ve ucuzdur. Çalışma hızları yüksektir. (1–2 m/s) Hareket miktarı (strok) sınırlıdır (Şekle bağlı olarak 2 m'ye kadar). Elde edilebilir kuvvet sınırlıdır (Max.  $\sim 40\ 000$  N, normal  $\sim 10\ 000$  N'a kadar). Az yer kaplarlar.

Döner hareket temini, kolay ve ucuzdur. Düşük verim nedeniyle işletme maliyetleri yüksektir. Çok yüksek dönme sayılarına ulaşılabilir. (500 000 devir/dak.) Çok yüksek döndürme momentleri elde edilemez.

Genel olarak, aşırı yük emniyetleri vardır. Patlama emniyeti mevcuttur. Dönme sayısı, döndürme momenti, çalışma hızı ve kuvvetler rahatça ayarlanabilir [26].

## **7.5. Pnömatikle İlgili Temel Hesaplar**

### **7.5.1. Basınç**

Eskiden tanımlanmış ve dil alışkanlığı ile mutlak basınç (ata), basınç altı (atu) ve basınç üstü (atü) için, ender de olsa kullanılmaya devam edilen ve ölçü birimleri “Birim Yasası” (1970) yürürlüğe girdikten sonra, ticari ve resmi yazışmalarda kullanımına izin verilmemektedir.

Bu husus ölçü aletlerinin skalalandırılması (standartlaştırılması & bölüntülenmesi) (örneğin manometreler) için de geçerlidir.

Eski ölçü birimlerinin yerini bu tarihten itibaren *pascal* almıştır. Basınç ve mekanik gerilim için türetilmiş *pascal* (birim simgesi Pa) bir SI-birimidir (eski ölçü birimi  $kp/mm^2$  dir). SI-birimlerinde Pa, atmosferle doğrudan ilişkili olmadığından her tür yüzeysel kuvvetle ilişkilendirilebilir; buna göre Pa, basıncı belirttiği gibi, örneğin bir maddenin çekme dayanıklılığını da ifade edebilir.

1 pascal, 1  $m^2$  yüzeye dik ve düzgün uygulanan, 1 newton (N) şiddetindeki kuvvetin oluşturduğu basınçtır:

$$1\text{ pascal} = 1 \frac{\text{newton}}{\text{metre}^2} \Rightarrow \frac{N}{m^2} \Rightarrow \frac{kgm}{s^2 \cdot m^2} \quad (7.6)$$

Pnömatik endüstrisinde basınç ölçü birimi Pa küçük geldiğinden normal basınçlar ifade edilirken çok basamaklı sayılara ihtiyaç duyulur. Bu nedenle megapascal'ın onda biri için (1MPa = 1 000 000 Pa) simgesi *bar* olan bir birim tanımlanmıştır.

$$1\text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 100000\text{ Pa} \quad (7.7)$$

Eskiden basınç verileri için kullanılmış olan atü ve  $kp/cm^2$  gibi ölçü birimleri yeni SI-birimlerine çevrilebilir. Pnömatik endüstrisinde görece düşük basınçlar için yuvarlatılmış çevirme katsayıları kullanılabilir.

$$\begin{aligned} \text{Çevirme katsayıları: } 1\text{ kp/cm}^2 &= 0,980665\text{ bar} \cong 0,981\text{ bar} \\ 1\text{ bar} &= 1,01972\text{ kp/cm}^2 \cong 1,02\text{ kp/cm}^2 \end{aligned} \quad (7.8)$$

Pnömatik endüstrisindeki uygulamalarda  $1\text{ bar} \cong 1\text{ kp/cm}^2$  olarak alınabilir.

Çevirme katsayısı alınarak  $1bar \cong 1kp/cm^2$  yapılan yaklaşık %2 mertebesindeki yuvarlatma hatasına karşın, örneğin  $6bar \cong 6,11832kp/cm^2$  mertebesindeki bir basınç için hesap hacmi oldukça büyüktür. Pnömatik endüstrisinde 10 bar basınçta yapılan %2'lik hata bile önemszenmeyebilir. Yakın gelecekte metrik sistem kullanmayan ülkelerin de uluslararası birim sistemini kabul edeceği varsayılabılır. Evrensel yaygın  $lbf/in^2$  (psi) basınç birimi de SI-birimi bar'a çevrilebilir.

$$\begin{aligned} \text{Çevirme katsayıları: } & 1bar = 145psi \\ & 1psi = 0,06895bar = 0,07bar = 700pa \end{aligned} \quad (7.9)$$

Uygulamada yuvarlatılmış katsayıların kullanılması halinde %1,5 mertebesinde ihmal edilebilir bir hata yapılmış olur.

### 7.5.2. Kuvvet

Eskiden silindir kuvveti, tetikleme kuvveti gibi kuvvet değerleri için kilopond (kp) birimi kullanılmaktaydı. Bugün SI-birimi olarak birim simgesi N olan newton geçerlidir.

1 newton (N), kütlesi 1 kg olan bir cismi  $1 m/s^2$  kadar ivmelendiren kuvvettir:

$$1N = 1kg \frac{m}{s^2}$$

$$\begin{aligned} \text{Çevirme katsayıları : } & 1N = 0,102kp \\ & 1kp = 9,81N \end{aligned} \quad (7.10)$$

kp değerini N'a çevirmek ya da tersi için, sadece %2 mertebesinde bir hata yapıldığından, uygulamada, yuvarlatılmış katsayı delerlerini kullanmak yeterlidir.

Pnömatik endüstrisindeki uygulamalarda  $1N = 0,1kp$  olarak alınabilir.  
 $1kp = 10N$

### 7.5.3. İş

Pnömatikte eskiden dönme hareketleri ile ilgili olarak öncelikle kpm (kilopond metre) ya da kpcm (kilopond santimetre) iş birimi kullanılırdı. Verilen döndürme momenti orada seçim kriterlerinden birini oluşturur. Bugün bunun yerine, J birim simgeli joule SI-birimi kullanılır.

Kpm ya da kpcm birimleri J'a çevrilirken ya da tersi işlem yapılırken, hata genellikle %2'den daha az olduğundan, yuvarlatılmış rakamlı katsayılar kullanılır.

1 joule (J), 1 N kuvvetin uygulandığı noktanın, kuvvet yönünde 1 m ötelemesi halinde yapılan iştir:

$$1 \text{ joule} = 1 \text{ Nm} = \frac{m^2 \cdot kg}{s^2} \quad (7.11)$$

$$\begin{aligned} \text{Çevirme katsayıları :} \quad & 1J = 0,102kpm \\ & 1kpm = 9,81J \end{aligned}$$

Pnömatik endüstrisindeki uygulamalarda  $\begin{matrix} 1J = 0,1kpm \\ 1kpm = 10J \end{matrix}$  olarak alınabilir.

### 7.5.4. Güç

Eskiden yaygın kullanılan güç birimi beygir gücü (PS) geçerliliğini yitirmiştir. Yerine birim simgesi W olan SI-birimi watt kullanılır.

1watt, 1s zaman aralığında 1J dönüşümü sağlayan güce eşittir:

$$1W = 1 \text{ Nms}^{-1} = 1 \frac{m^2 \cdot kg}{s^2} \quad (7.12)$$

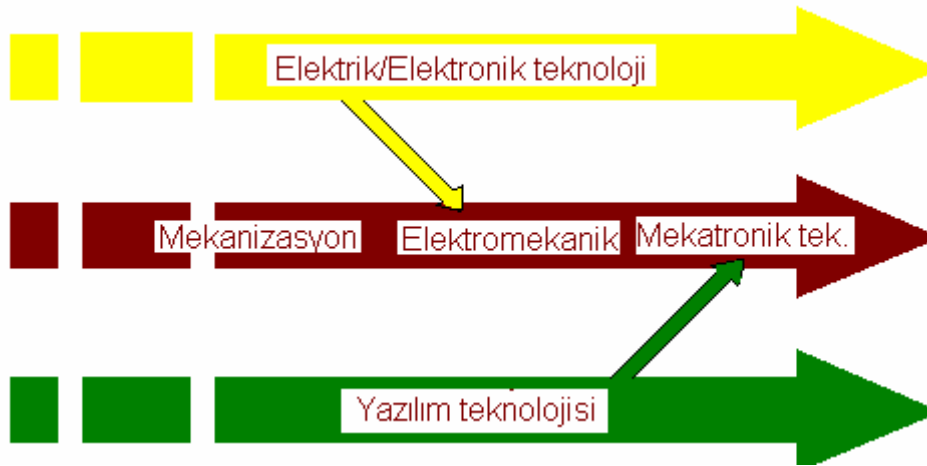
$$\begin{aligned} \text{Çevirme katsayıları :} \quad & 1W = 0,001359PS \\ & 1PS = 735,49875W \end{aligned}$$

## 8. MEKATRONİK

### 8.1. Mekatroniğin Tarihçesi ve Gelişim Süreci

Mekatronik kelimesi ilk kez 1970'li yılların başlarında bir Japon firması tarafından kendi ürün reklâmlarında kullanılmaya başlanmış, daha sonra Avrupa'da yaygınlaşmıştır. Mekatronik kelimesi Mekanik ve Elektronik kelimelerinin birleşiminden türetilmiştir.

Tarihsel süreç içinde, mekanik teknolojinin gelişimi sonucu önce mekanizasyon sağlanmıştır. Ancak gelişen teknolojik gereksinmelerin sadece mekanizasyon ile gerçekleştirilememesi nedeniyle, gelişmekte olan elektronik teknolojilerden yararlanılmış ve elektromekanik sistemler oluşmuştur. Ancak ileri teknoloji düzeyi ve ekonomik koşulların yeterli olmaması sonucu yeni yardımcı teknolojiler aranmış ve gelişmekte olan bilişim teknolojisi hızla elektromekanik sistemlere uygulanmıştır. Bunun sonucu olarak, mekanik, elektronik ve bilgisayar yazılım sistemlerinin yapısal ve işlevsel tümleşmesinden oluşan makina, cihaz, araç vb., ürünler, alışılmış teknoloji düzeyindeki ürünlere göre önemli üstünlükler sağlamıştır.



Şekil 8.1. Mekatronik teknolojisinin gelişimi

## 8.2. Mekatronik Kavramı

*Mekatronik*; makina, elektronik ve bilgisayar teknolojisinin eş amaçlı birleşiminden oluşan bir felsefesidir. Bu felsefe içinde temel nokta, bu kavramların organik bir yapıda tümleşik ve bir bütün olarak düşünülmesidir. Mekatronik tasarım ürünleri, genellikle akıllı makina, alet ve cihazları, akıllı sistemleri ve akıllı süreçleri içermektedir.

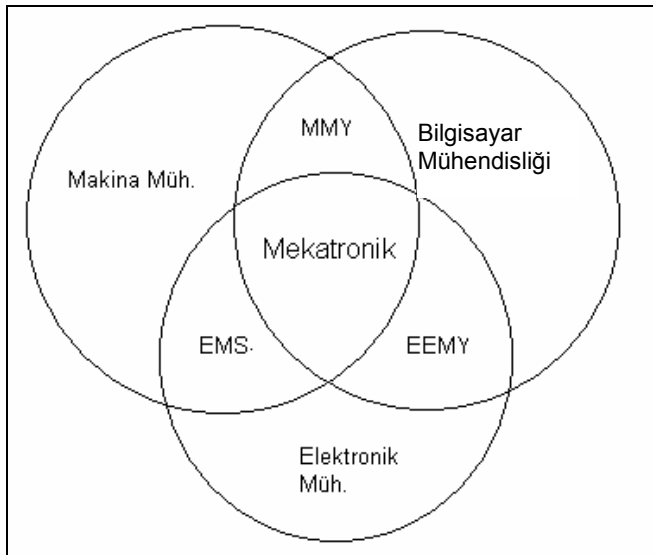
Mekatronik, dünyanın her tarafında hızla gelişen ve kendini yenileyen bir teknolojidir. Bünyesinde çeşitli alanları kapsadığından başta üniversitelerin, özel kurumlarının ve özel şirketlerin ilgi odağı olmuştur.

Son yıllarda elektronik, bilgisayar ve kontrol sistemlerinde çok hızlı gelişmeler yaşanmıştır. Bunun sonucu olarak, hemen hemen bütün alanlarda bilgisayar kontrollü sistemler yaygınlaşmıştır. Günümüzde, sadece mekanik olarak çalışan sistemler yok denecek kadar azdır. Tasarımda, üretimde, bakım ve onarımda yapay zekâ tekniklerinin uygulamasına geçilmiştir. Dolayısıyla gelişmiş ürünlerin tasarımı, üretimi, bakım ve onarımı bir tek konu olmaktan çıkmıştır. Mekanik, elektrik ve elektronik, hidrolik ve pnömatik, bilgisayar teknolojilerinin birlikte kullanılması bir zorunluluk halini almıştır. Bunun sonucu olarak Mekatronik yepyeni bir disiplin olarak ortaya çıkmıştır. Mekatronik; ev teknolojilerinden ileri tıbbi cihazlara, bilgisayar kontrollü tezgâhlardan robotlara kadar oldukça geniş bir alanı kapsamaktadır.

Endüstriyel otomasyon sistemleri, tasarımından kurulmasına ve bakım onarım işlemlerine kadar karmaşık problemlerin çözümünü gerektiren bir uygulamadır. Dolayısı ile söz konusu sistemlerin üretim sistemlerine uygulaması karmaşık işlemleri gerektirir. Mekatronik sistem tasarımı anlayışı bu problemlere ürettiği çözümler ve sağladığı faydalar açısından endüstriyel otomasyona yepyeni boyutlar kazandırmaktadır.

Günümüzde üretimi ve kaliteyi arttıracak mevcut potansiyeli en iyi kullanma amacı, makine imalatını daha az insan gücü ile daha çok ve daha kaliteli üretim fikrine yöneltmiştir. Bu da giderek mekanik, elektrik, elektronik ve bilişim sistemlerini içeren ve bilgisayar kumandalı makinaların geliştirilmesini sağlamıştır.

Otomasyon sistemleri geliştiren firmalar problemlerin çözümüne yönelik çalışmalar yapmakta olup, daha ucuz, daha basit, daha fonksiyonel ve bunlardan da önemlisi daha pratik sistemler geliştirmektedirler (Şekil 8.2).



Şekil 8.2. Mekatronik ve diğer mühendislik alanları

Mekatronik, çeşitli alanların disiplinleri arasında sistematik bir eşgüdüm sağlayarak amacına ulaşabilen bir yaklaşımdır. Bu yaklaşımın ve mekatronik kavramlarının, ürünlerin tasarım aşamasından başlayarak mekanik, elektronik ve yazılım teknolojilerini tümleştirdiği düşünülürse, bu tümleşmeyi gerçekleştirecek uzmanlara duyulan gereksinim daha iyi anlaşılacaktır. Mekatronik kavramı ise, değişik teknolojilerin aynı ürün üzerinde toplanması sonucu doğan bir kavramdır.

Mekatronik mikro elektroniğin makinalara uygulanması veya mekanik ve elektroniği bilgi teknolojisi ile işlevsel olarak birleştirip özümzenmesini sağlayan bir yaklaşımdır denilebilir.

## 9. OKLUZAL YÜKLEME MAKİNASI

Dışhekimliğinde kullanılan restoratif materyallerin, ağız içi kullanımlarından önce laboratuarlarda in-vitro koşullarda test edilmesinin avantajlarından daha önce bahsedilmişti. Okluzal yükleme makinasıyla çiğneme işlemi sırasında, ağız içinde kullanılan restoratif materyallerin, kısa ve uzun süreli, uygulanan kuvvetler karşısında maruz kaldığı etkiler araştırılmaktadır. Deneyler, imalatı gerçekleştirilen okluzal yükleme makinası ile farklı kuvvetlerde (80–500 N), farklı çalışma frekanslarında (0-6,66Hz) ve istenilen herhangi bir darbe sayısında uygulanabilmektedir.

Sistemde, kontrolü bilgisayar ya da operatör paneliyle yapılabilen, denetimi ise PLC ile sağlanmış olan pnömatik kuvvet uygulayıcı pistonlar kullanılmıştır. PLC hem pnömatik piston kontrollerini sağlamakta hem de deney bilgileri istenilen yörünge doğrultusunda kayıt etmektedir.



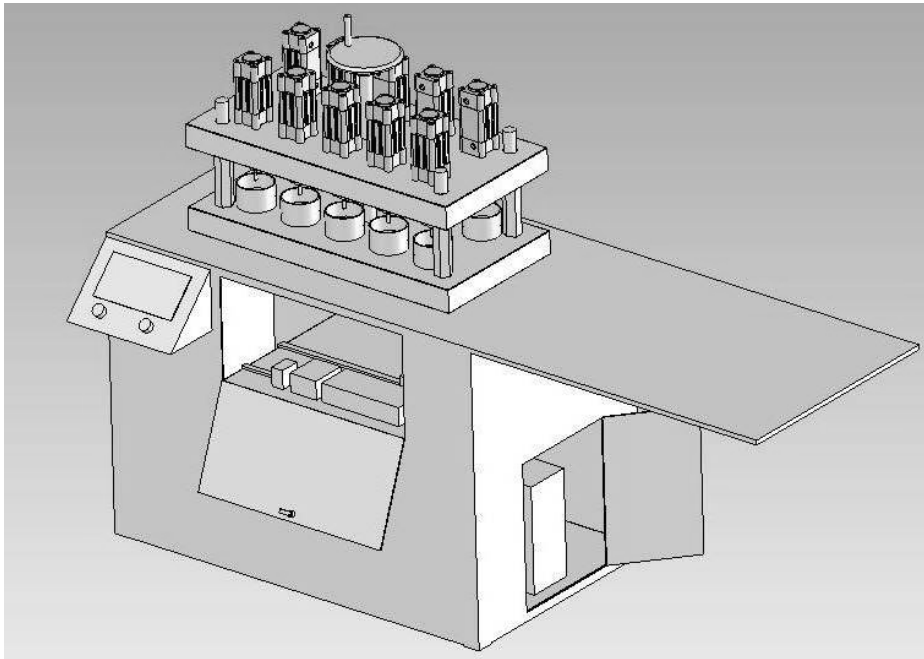
Resim 9.1. Okluzal yükleme makinasının genel görünümü

Pnömatik silindirlere, farklı geometrilere sahip olan çarpma uçları, takılabilmekte ve bunlar örnek üzerinde ayarlanabilmektedir.

Pnömatik baskı ile kuvvet uygulanır ve bu baskı bilgisi geribildirim (feedback) algılayıcılar tarafından PLC'ye aktarılır.

Okluzal yükleme makinası; mekanik, elektronik, bilgisayar, pnömatik ve elektropnömatik sistemlerin bir araya getirilmesiyle oluşturulmuştur. S7-200 PLC, festo DNC serisi silindir, MPPES -3-1/4 oransal basınç regülâtörü ve SCADA yazılımı C# tercih edilmiştir.

Okluzal yükleme makinasının tasarımı *SolidWorks* programında yapılmıştır. Sistemde kullanılacak her bir parça, programın *Part* kısmında çizilmiş, *Assembly* kısmında ise birleştirilmiştir. Programın 3 boyutlu görselliğinin çok güçlü olması sebebiyle, imalatta yapılabilecek hatalar önceden tespit edilmiş ve imalat esnasında herhangi bir sorunla karşılaşılmamıştır. Sitemde yüke maruz kalan kısımların analizleri *CosmosWorks*'ta yapılmıştır. Sistemde kullanılacak malzemeler ve ebatları bu doğrultuda tercih edilmiştir (Şekil 9.1).



Şekil 9.1 SolidWorks'ta tasarlanan okluzal yükleme makinası

Okluzal yükleme makinasının mekanik kısmı dört ana kısımdan oluşmaktadır.

- Mekanik
- Pnömatik ve elektropnömatik
- PLC
- SCADA olarak gruplandırılır.

Şekil 9.1’de okluzal yükleme makinasının çalışma prensibi akış diyagramıyla gösterilmiştir.

İlk olarak sistemin kontrol paneliyle mi yoksa bilgisayar tarafından mı kontrol edileceği belirlenir. Akış diyagramı her ikisi için de aynıdır.

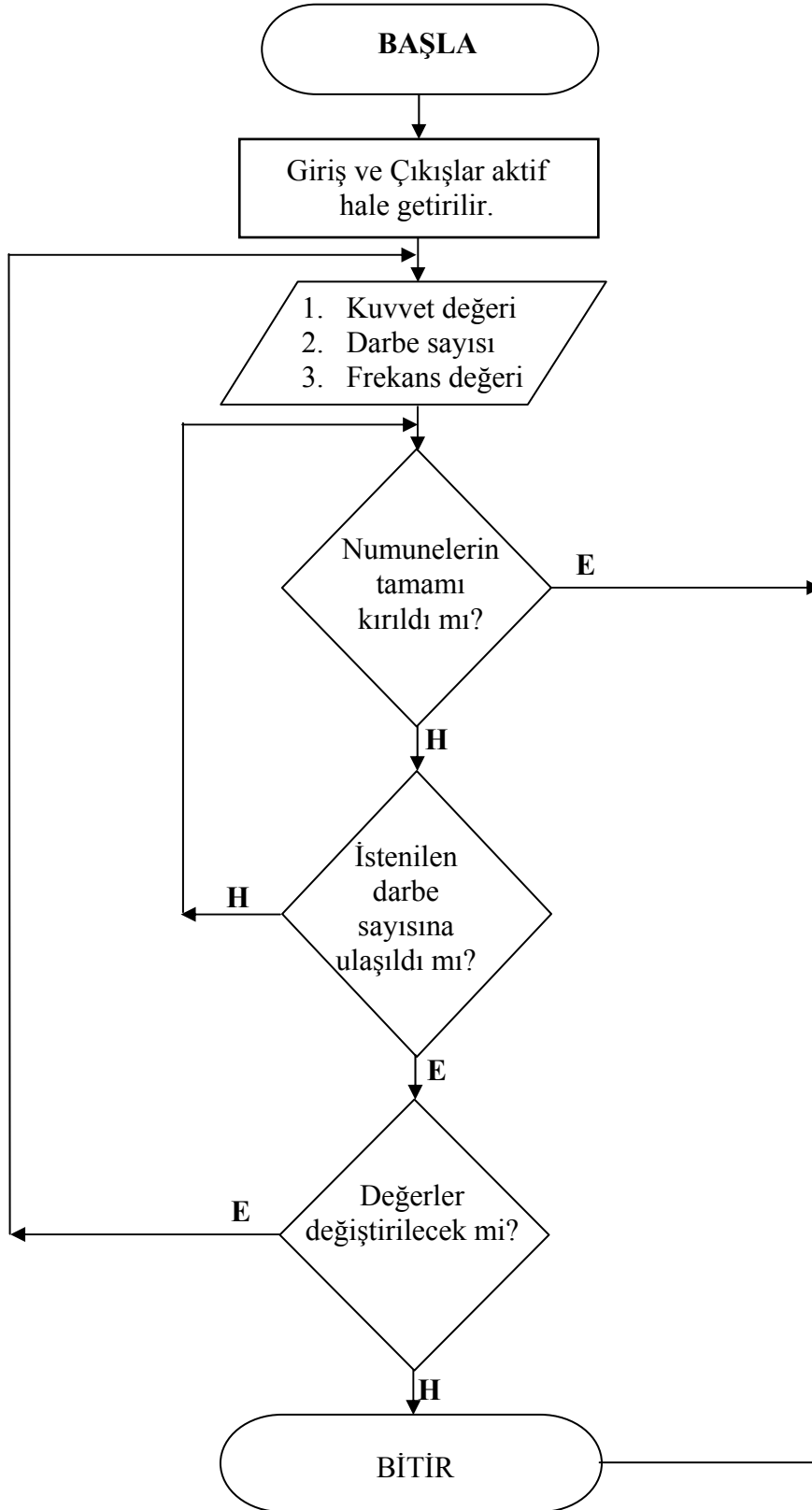
Sistemin açılmasıyla birlikte giriş ve çıkışlar aktif hale getirilmektedir. Giriş ve çıkışlara gerekli sinyaller gittikten sonra sistemin çalıştırılması için gerekli olan 3 değer vardır. Bu değerler;

1. Uygulanacak kuvvet değeri
2. Darbe sayısı
3. Frekans değeri

girilir. PLC ilk kuvvetten sonra deney numunelerin kırılıp kırılmama bilgilerini kontrol eder. Tamamı kırıldıysa silindirlere giden havayı keser ve sistem durur.

Numunelerin tamamı kırılmadıysa, sisteme girilen darbe sayısına ulaşıp, ulaşılmadığı kontrol edilir. İstenilen darbe sayısına henüz ulaşılmamış ise numunelerden kırılanlar alınır, kalanları ile teste devam edilir. İstenilen darbe sayısına ulaşıldıysa ve hala tüm numuneler kırılmadıysa, eski değerlerin üzerine yeni değerlerin eklenip eklenmeyeceği sorulur.

Yeni değer eklenecek ise değer giriş kısmına gidilir. Eğer yeni bir değer girilmeyecekse işlem sonlandırılır (Şekil 9.1).

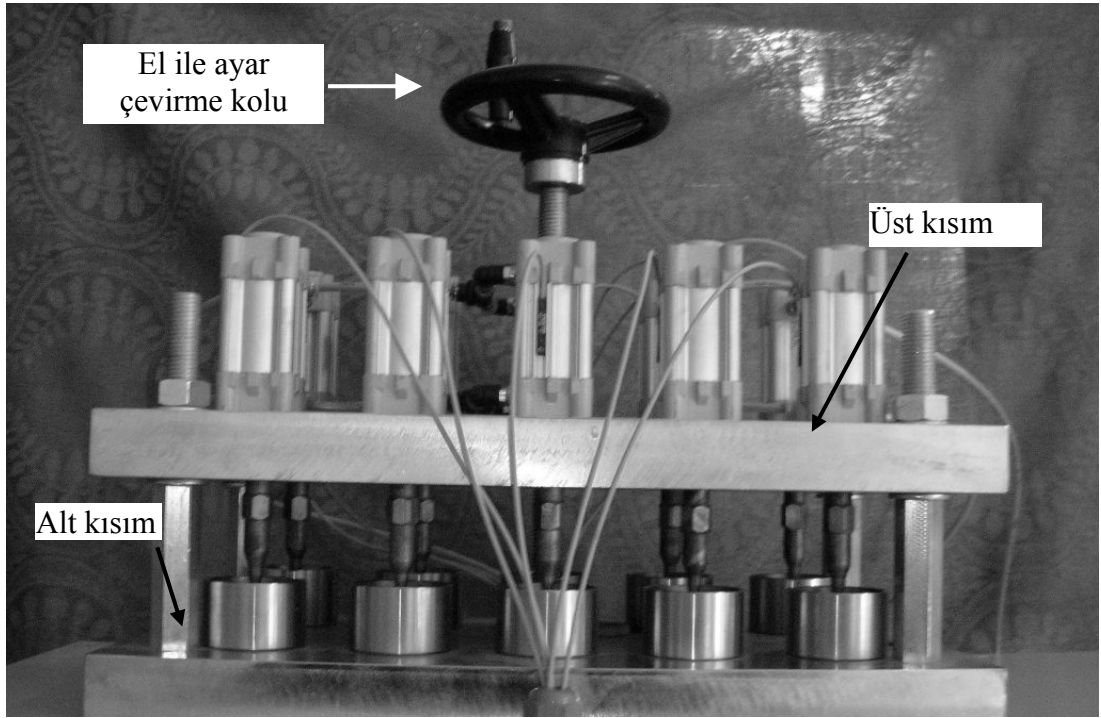


Şekil 9.1. Okluzal yükleme makinasının çalışma prensibi (akış diyagramı)

## 9.1. Mekanik Kısım

### 9.1.1. Gövde

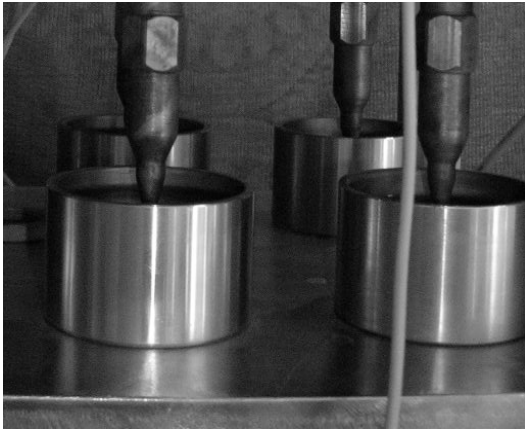
Pnömatik silindirleri ve deney numuneleri taşıyan kısım ana gövdedir. Ana gövde 250x500x500 mm boyutlarında olup aşağı-yukarı yönde hareket edebilen bir üst kısım ve masaya sabitlenmiş bir alt kısımdan oluşmaktadır. Üst kısmın hareketi, üzerinde M20 diş açılmış bir mil ve milin dönmesini sağlayan çevirme kolundan oluşmaktadır. Ana gövdeyi oluşturan alt ve üst kısımlar Ç1040 çelikten imal edilmiş olup, korozyona karşı dirençli olması için galvaniz ile kaplanmıştır (Resim 9.2).



Resim 9.2. Okluzal yükleme makinasının ana gövdesi

### 9.1.2. Taşıyıcı kaplar

Taşıyıcı kaplar, deney numunelerin yerleştirildiği tutucuları ve ağız ortamını taklit etmesi için özel hazırlanmış sıvıyı içerisinde bulundurmaktadır. Üzerlerine açılmış olan M8 vida sayesinde alt gövdeye monte edilmiştir. Taşıyıcı kaplar 5 000 serisi paslanmaz çelikten imal edilmiş ve korozyona karşı dirençli olması için kaplanmıştır (Resim 9.3).



Resim 9.3. Taşıyıcı kaplar

Taşıyıcı kapların içerisine yerleştirilmiş olan tutucular sayesinde, kompozit reçine materyaller alt gövdeye sabitlenmiştir (Resim 9.4).



Resim 9.4. Taşıyıcı kap ve tutucu

### 9.1.3. Değiştirilebilir uç

Silindirlerde oluşturulan kuvvetin, deney numuneler üzerine iletilmesi, yine bu silindirlere takılabilen uçlar sayesinde olmaktadır. 4140 imalat çeliğinden imalatı yapılan uç'lar sürekli darbeye maruz kaldığından 60 HRc değerinde sertleştirilmiştir.



Resim 9.5. Değiştirilebilir uç

Uçların deney numuneler üzerine tek bir noktadan kuvvet uygulanması istendiğinden, numuneye temas eden kısımların geometrisi küresel biçimde imal edilmiştir. Çalışma ortamı daima sıvı içerisinde olduğundan korozyona karşı galvaniz kaplanmıştır (Resim 9.5)

#### 9.1.4. Masa

Okluzal yükleme makinasını oluşturan mekanik, pnömatik, elektronik ve bilgisayar sisteminin tamamını taşıyan hareketli masa 2 mm kalınlığında sac levhadan imal edilmiştir. Üst kısmına ise 8 mm kalınlığında ayrı bir sac monte edilmiştir (Resim 9.6)



Resim 9.6. Masa

Masanın n ve yan kısımlarında farklı boyutlarda iki kapaklı raf yapılmış bunlardan birine elektronik sistem, diğerine de bilgisayar kasası yerleştirilmektedir.

Masanın hareket kabiliyetini arttırmak için 2 adet her yöne hareket edebilen tekerlek, 2 adet düz tekerlek takılmıştır. Masa, daha şık bir görüntüye sahip olsun diye elektrostatik boya ile boyanmıştır.

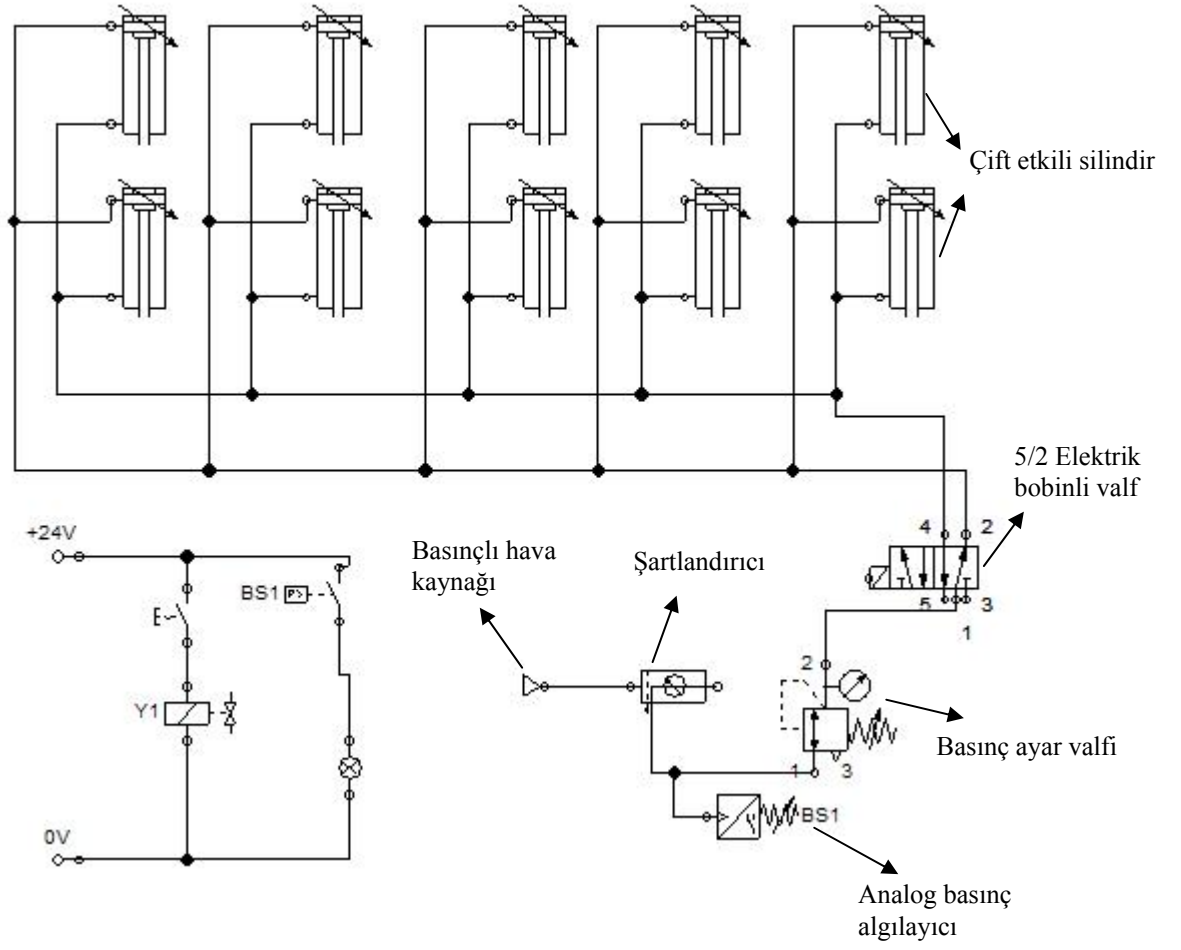
## 9.2. Pnömatik Sistem

Okluzal yükleme makinasının, deney numuneler üzerine uygulayacağı kuvvetin oluşturulması ve iletilmesi pnömatik ile sağlanmıştır. Pnömatiğin seçilmesindeki en önemli sebep, düşük kuvvetlerde (50 N–500 N) ve yüksek hızın (1,4 Hz – 2 Hz), uzun süreli çalışacak olmasıdır. Yapılan araştırmalar sonucunda, sistemde kullanılacak pnömatik devre elemanlarının *Festo* markalı ürünler olmasına karar verilmiştir (Resim 9.7).

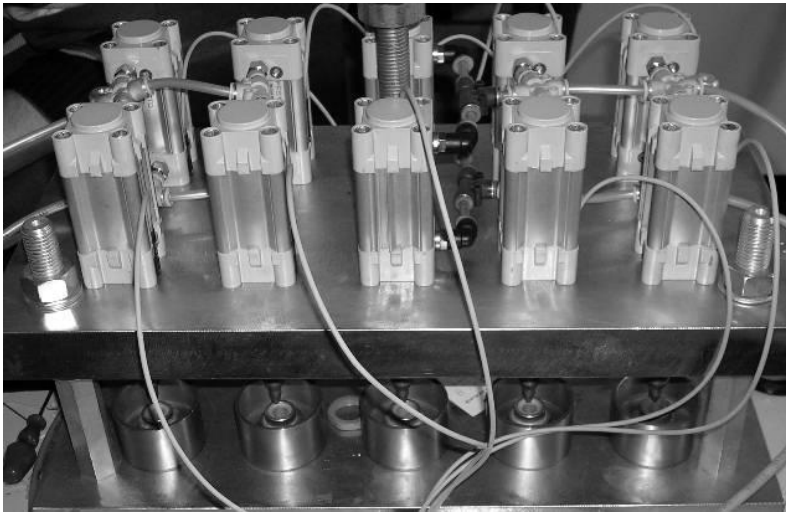
Pnömatik sistemi oluşturan elemanlar aşağıda verilmiştir.

- 10 adet 32x10 silindir
- 1 adet manometreli şartlandırıcı
- 1 adet oransal basınç regülâtörü
- 1 adet bobinli 5/2 yön kontrol valfi
- 5 metre Ø6 mm hortum ve
- Bağlantı elemanlarından

Sistemde kullanılan elemanların tamamı için gerekli bilgi ve açıklamalar ileriki sayfalarda verilmiştir.



Şekil 9.2. Pnömatik devre planı



Resim 9.7. Pnömatik devre ve silindirler

### 9.2.1. Silindirler

Okluzal yükleme makinasında Festo'nun DIN ISO 6431 standardında ürettiği DNC 32–10-PPV-A çift etkili silindir tipi tercih edilmiştir (Resim 9.9).



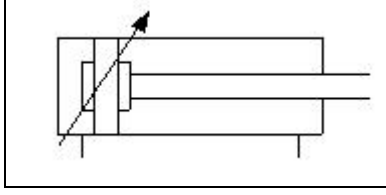
Resim 9.8. DNC serisi pnömatrik silindir

Resim 9.9. DNC32 – 10- PPV-A silindir

Bu silindirlerle, deney numuneler üzerine maksimumum 500 N'luk bir kuvvet uygulanması yapılabilmektedir. Sistem için bu özelliklerde 10 adet silindir kullanılmıştır.

$$F = D^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot p \text{ eşitliğinden} \quad F = 3,2^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 6,217 \quad F = 500N \text{ bulunur.}$$

Silindirlerden 500 N'u elde etmek için 6,217 bar'lık bir hava gönderilmesi gerekmektedir. Çift etkili silindirin piston kolu, basınçlı havanın bağlanmasıyla tersinir. Son konum yastıklama elemanları, iki farklı ayar vidası ile ayarlanmaktadır. Silindir üzerinde bir kalıcı mıknatıs vardır. Temassız algılayıcılarla, silindirin konumunu mıknatıs sayesinde algılanıp, konum hakkında durum değerlendirmesi yapılabilmektedir.



Şekil 9.3. Çift etkili silindir gösterimi

Silindirlerin çalışma hareketi yüksek frekansta olması gerektiğinden, strok boyunun tam olarak kullanılması için *Festonun* üretmiş olduğu silindirlere en kısa boy olan 10 mm'lik silindirler seçilmiştir.

*Festo* markalı silindirlerin tercih edilmesindeki amaç, her bir silindir için yaklaşık olarak 50 000 000 darbe ömürlü olmasıdır. Çünkü bazı deneyler duruma göre, 1–1.5 milyon darbeye ihtiyaç duyulabilmektedir.

DIN ISO 6431, VDMA 24562-1'e DNC serisi standart silindirlerin tercih edilmesindeki diğer etkenler;

- Silindir gövdesinin biçimi ve sisteme kolaylıkla bağlanabilmesi,
- Silindir üzerinden konum algılama imkânının olması (SM8 ile)
- Çift tarafta ayarlanabilen son konum yastıklamasının olmasıdır.

### 9.2.2. Elektropnömatik sistemler

Elektropnömatik, pnömatik sistemlerin analog/dijital sinyaller ile kontrol edilmesidir. Sinyaller belirli bir işlem sırasında pnömatik sistemlere ulaşır. Sistem almış olduğu akıma/gerilime göre hareket eder.

Okluzal yükleme makinasında, elektropnömatik sistemlerde önemli bir yere sahip olan oransal basınç regülâtörü kullanılmıştır.

### Oransal basınç regülâtörü

Oransal basınç regülâtörü, analog elektrikli denetim sinyalini (gerilim veya akım) oransal basınca dönüştürür. Girdiyi telafi etmek için basınç düzeltilir. Valfin pilot kademesinde oransal bir bobin bulunur. Pilot denetimi olarak 1/8" ölçüsünde doğrudan denetimli oransal basınç regülâtörü kullanılır. Bir başka ifadeyle, oransal basınç regülâtörü, herhangi bir pnömomatik sisteme gönderilen hava basıncının, sabit bir değerde tutulması veya istenilen doğrultuda azaltılıp, yükseltilmesi için kullanılan elektropnömomatik bir cihazdır.



Resim 9.10. MPPES-3-1/4-100-10  
oransal basınç regülâtörü



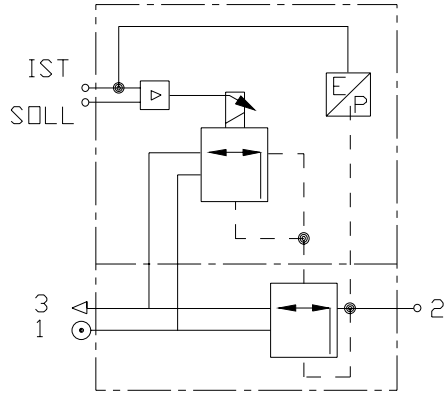
Resim 9.11. MPPES oransal basınç  
regülâtörü

Okluzal yükleme makinasında, MPPES-3-1/4-100-10 tipi oransal basınç regülâtörü, istenilen miktarda kuvveti silindirlerden elde etmek için kullanılmıştır. (Resim 9.10).

Sisteme gönderilen hava basıncı, PLC tarafından kontrol edilmektedir. PLC'ye, kontrol panelinden ya da bilgisayardan gönderilen kuvvet miktarı, basınca dönüştürülerek oransal regülâtörden (düzenleyiciden) istenilen kuvvet elde edilmiştir.

1 bar hava ile Ø32 mm'lik silindirde 72,4 N kuvvet iletilmektedir (Çizelge 7.3).

Basit doğrusal orantılar ile istenilen kuvvet miktarı için ihtiyaç duyulan hava basıncı (bar), kompresör yardımıyla sağlanarak, sistem çalıştırılmıştır (Şekil 9.4).



Şekil 9.4. MPPES oransal basınç regülâtörün gösterimi

### 9.2.3. Şartlandırıcı

Havanın içinde bulunan kirli maddelerin ve oluşabilecek yoğunlaşma sularını sisteme gitmesini engelleyip sadece, kuru havanın gönderilmesini sağlamak için şartlandırıcıya ihtiyaç duyulmuştur. Hava, şartlandırıcının içinde bulunan yönlendirici kanallarla filtre içine alınır. Sıvı ve büyük parçacıklar merkezkaç kuvveti etkisiyle havadan ayrılır ve filtre tabanına toplanır. Sistemde, şartlandırıcı olarak, D serisinden FRC-1-D-5M-DI-MAXI Mini-G1/8 kullanılmıştır. (Resim 9.12)

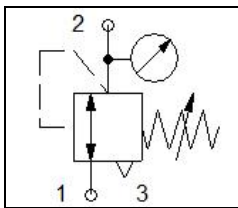


Resim 9.12. FRC-1-D-5M-DI-MAXI Mini-G1/8 şartlandırıcı



Resim 9.13. Maxi D serisi şartlandırıcı

Şartlandırıcı, basınç ayar anahtarlı olarak tercih edilmiştir. Dağıtım hattındaki basınç dalgalanmalarına ve değişen hava tüketimine göre kontrol sistemindeki basıncın belli bir sınırdan tutulması için kullanılmıştır. Şartlandırıcı üzerinden geçen hava miktarı ayar anahtarı sayesinde (manometre) manuel olarak ayarlayabilmektedir.



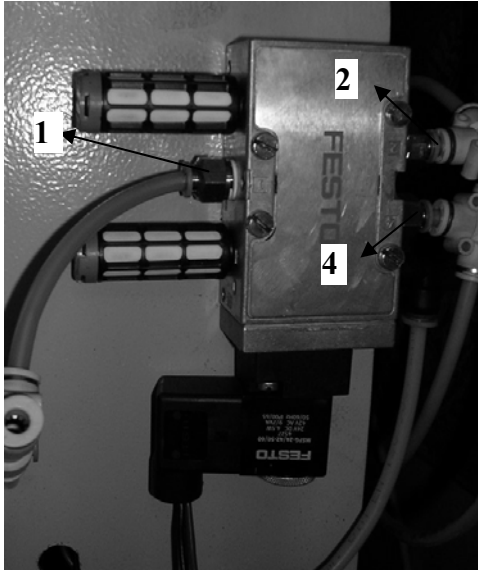
Şekil 9.5. Şartlandırıcının gösterimi

Kompresörden gelen havanın sisteme girişi şartlandırıcı üzerinden yapılmaktadır. Bu, aynı zamanda oransal regülâtöre emniyet görevi de sağlamaktadır.

Regülâtörün belirli bir çalışma aralığı olduğundan, en yüksek çalışma barından daha düşük seviyede bir hava miktarının gönderilmesini sağlamaktadır.

#### 9.2.4. Selenoid bobinli valf

Sistemin pnömatrik devresinde kullanılan silindirlerin hareketleri ve konum durumları 5/2 elektrik bobinli yön kontrol valfiyle sağlanmıştır. Silindirlerin çalışma frekansları değiştirildiğinden, valfin istenilen zamanda açıp – kapatması gerekmektedir. Ayrıca, o anki çalışma frekansına da cevap vermelidir. Sistemin anlık değişmelere cevap verebilmesi için Tiger 2000 serisi MFH-5-1/4-S-B valfi tercih edilmiştir (Resim 9.14, Resim 9.15).



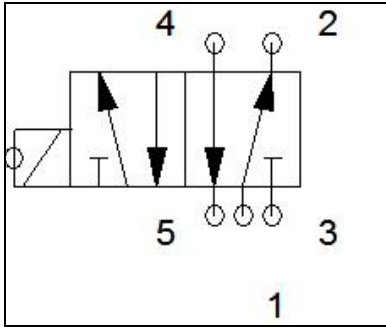
Resim 9.14. Tiger serisi MFH-5-1/4-S-B



Resim 9.15. Tiger serisi

Silindirin ileri hareketini sağlamak için valfin 2 nolu çıkışı, geri hareketini oluşturması için de 4 nolu çıkışı kullanılmıştır. Silindirlerin hareketi PLC'den kontrol edilmektedir. Kontrol panelinden ya da bilgisayardan girilen çalışma frekansı

PLC'ye gönderilir. İstenilen frekans değeri, valf bobinine sinyal olarak gönderilir ve silindirlerin hareketi sağlanır (Şekil 9.6).



Şekil 9.6. 5\2 Selenoid bobinli valfin gösterimi

### 9.2.5. Hortum ve bağlantı elemanları

Sistemde dolaşan havanın akış direnci önemlidir. Optimum akış direncini muhafaza etmek için Ø6 mm'lik basınçlı hava hortumları kullanılmıştır.



Resim 9.16. Hortum ve bağlantı elemanlarının bağlanması

Sistemin tamamında kullanılan hortumun uzunluğu 100m'yi aşmadığından, silindirlerin her birine giden hava miktarı eşittir. Sistemde 22 adet düz M8 rekor, 8 adet kruva, 8 adet T, 10 adet dirsek rekor kullanılmıştır (Resim 9.16).

### 9.2.6. Konum algılayıcı

Sistemde, silindirlerin konumlarını, algılamak için SM-8-K-24-S6 temassız manyetik algılayıcılar kullanılmıştır (Resim 9.17). Algılayıcılar, PLC tarafından kullanılmak üzere sinyaller üretmektedir. PLC bu sinyaller vasıtasıyla kontrol ettiği pnömatik sistemin o anki durumu hakkında bilgileri almakta ve yorum yapmaktadır.

Algılayıcılar, silindir hareketinin çalışma sınırına göre anahtar görevi görmektedir. Silindir çalışma sınırını aştığında, algılayıcıya yaklaşan silindir 1 veya 0 işaretleri üretmektedir. Algılayıcılar indüktif anahtarlar olduğundan metale karşı duyarlıdır.



Resim 9.17. Konum algılayıcının silindire takılmış olarak gösterimi

Tercih edilen DNC serisi silindirlerin üzerinde, bu algılayıcılar için hazırlanmış kanallar bulunmaktadır. Bu kanallar sayesinde algılayıcılar, kanallar üzerinde istenilen herhangi bir konumda sabitlenebilmektedir. 24V DC ile çalışmakta olan bu algılayıcılar, deney numunelerin üst noktasını sınır olarak kabul edip, silindirlerin bu noktayı geçmesiyle devreye girip PLC'ye sinyal göndermektedir.

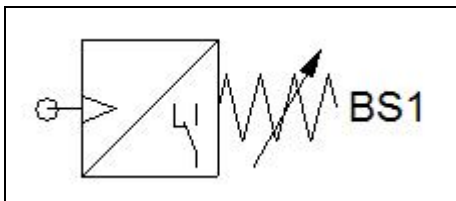
### 9.2.7. Dijital göstergeli analog basınç anahtarı

Basınçlı hava sistemindeki denetim, SDE 1 basınç anahtarı ile yapılmaktadır. Sistemdeki havanın basınç ölçümü, denetimi, algılanması ve kontrolü bu anahtarın PLC'ye gönderdiği bilgiler ile algılanıp, düzenlenmektedir.



Resim 9.18. Dijital göstergeli analog basınç anahtarı

Basınç anahtarı, sistemde havanın bulunup bulunmadığını veya bar cinsinden ne kadar havanın bulunduğunu anında göstermektedir. Göstergeye gelen hava basınç miktarı %'lik değer cinsinden yatayda grafik olarak göstermektedir.



Şekil 9.7. Dijital göstergeli analog basınç anahtarının gösterimi

Basınç anahtarıyla, sisteme giren havanın alt ve üst sınırları da belirlenmektedir. Alt ve üst sınırları ayarlandıktan sonra dijital gösterge ile sistemdeki anlık hava değişimleri anında görülebilmektedir.

### 9.3. PLC

Programlanabilir Lojik Kontrol (PLC) organı ikili giriş sinyallerini işleyerek, teknik işlemleri, çalışmaları ve bu çalışmaların adımlarını doğrudan (direkt) olarak etkileyecek çıkış işaretleri oluşturmaktadır.

Okluzal yükleme makinasında, S7-200 programlanabilir Lojik Kontrolörün CPU 224 modeli ve EM232 analog modül kullanılmıştır. Siemens, değişik uygulamalar için farklı imkânlar ve kapasiteler için üretilmiş birkaç tip S7-200 CPU modeli imal etmektedir (Resim 9.19).



Resim 9.19. Sistemde kullanılan S7-200

Çizelge 9.1’de CPU’ların bazı özellikleri karşılaştırmalı olarak görülmektedir. CPU-224’ün tercih edilme sebebi, giriş-çıkış sayısının yeterliliği, hafızasının yazılan program kapasitesine uygunluğu ve diğer üst modüllere göre daha düşük maliyetli olmasıdır. PLC’nin ve algılayıcıların elektrik enerjisi 24V 4A’lik bir güç kaynağı ile sağlanmaktadır.

PLC, bilgisayara PC/PPI kablosu ile bağlanmıştır. PC/PPI programlama kablosu bilgisayarı S7–200’e bağlamak için en yaygın olarak kullanılan ve en ekonomik seçenektir.

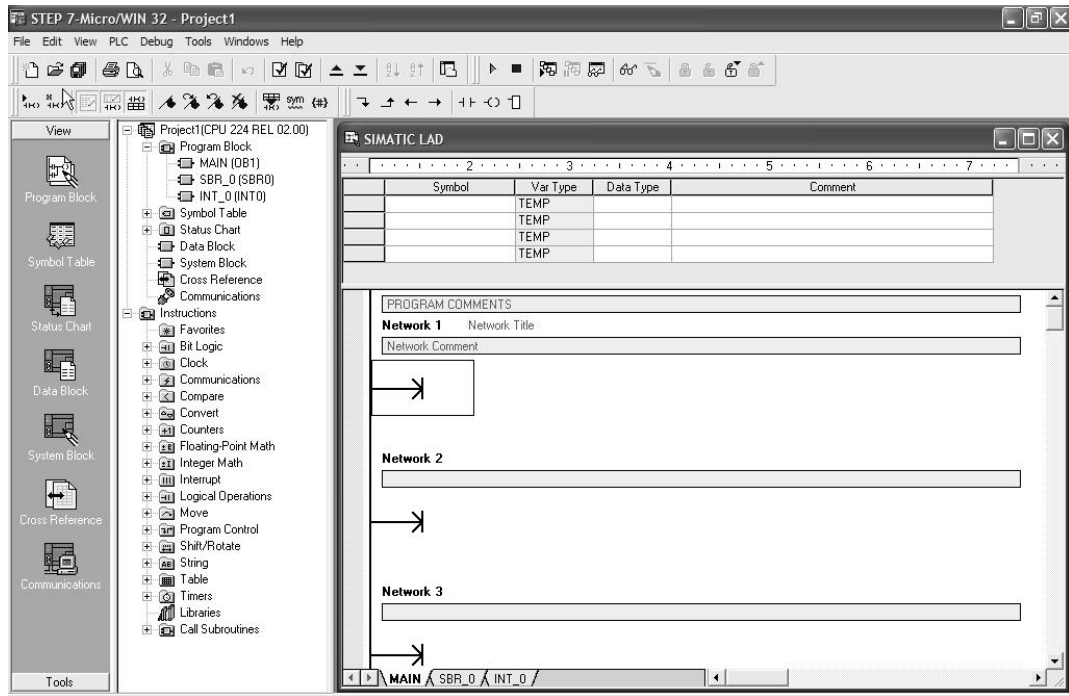
Bu kablo, bir taraftan S7–200 portuna, diğer taraftan kişisel bilgisayarın seri (COM) portuna bağlanır. PC/PPI kablosu, programlama ve haberleşme amaçlı kullanılmıştır.

Çizelge 9.1. S7–200 CPU karşılaştırmaları

Özellik	CPU 221	CPU 222	CPU 224	CPU 226	CPU 226XM
Boyut (mm)	90x80x62	90x80x62	120.5x80x62	190x80x62	190x80x62
Program hafızası	2048 word	2048 word	4096 word	4096 word	8192 word
Veri hafızası	1024 word	1024 word	2560 word	2560 word	5120 word
Hafıza yedekleme	50 saat	50 saat	190 saat	190 saat	190 saat
Entegre Giriş/Çıkış	6 Giriş/ 4 Çıkış	8 Giriş/ 6 Çıkış	14 Giriş / 10 Çıkış	24 Giriş/ 16 Çıkış	24 Giriş/ 16 Çıkış
Genişleme Modülü	0	2	7	7	7
Hızlı Sayıcı					
Tek Fazlı	4 (30 kHz)	4 (30 kHz)	6 (30 kHz)	6 (30 kHz)	6 (30 kHz)
İki Fazlı	2 (20 kHz)	2 (20 kHz)	4 (20 kHz)	4 (20 kHz)	4 (20 kHz)
Darbe Çıkışları (DC)	2 (20 kHz)	2 (20 kHz)	2(20 kHz)	2 (20 kHz)	2 (20 kHz)
Analog ayar potu	1	1	2	2	2
Gerçek Zaman Saati	Hafıza kartı	Hafıza kartı	Entegre	Entegre	Entegre
İletişim Portu	1 RS–485	1 RS–485	1 RS–485	2 RS–485	2 RS–485
Reel Sayı Aritmetiği	Var				
Dijital giriş/çıkış adreslenebilir alan	256 (128 giriş, 128 çıkış)				
Boole işlem hızı	0.37 mikrosaniye/komut				

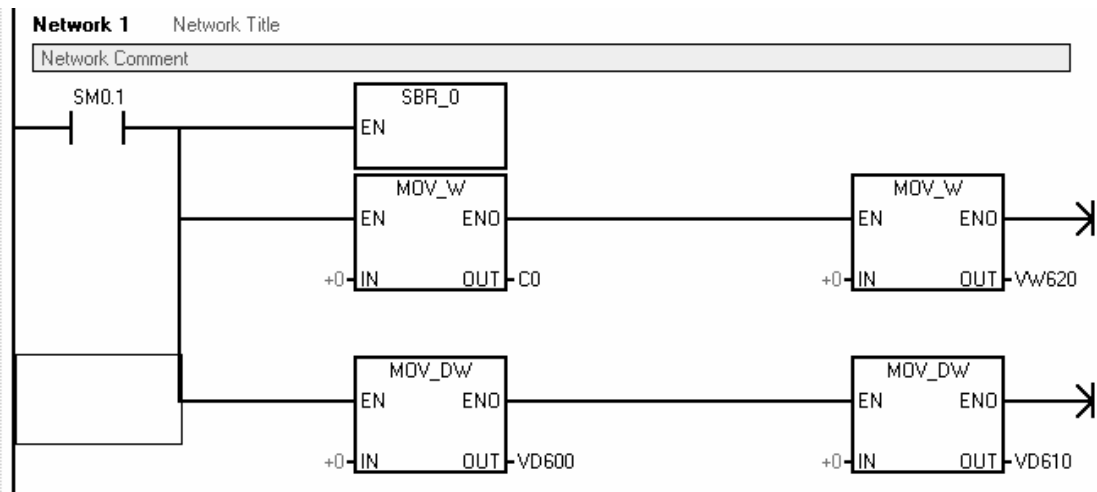
### 9.3.1. Okluzal yükleme makinasının PLC yazılımı

PLC programının yazılımında Simatic / STEP 7 – MicroWIN – 32 V 3.2.1.34 kullanılmıştır. Siemens’in PLC’nin programlanması için sunduğu STEP 7-Micro/WIN programlama paketiyle, kumanda elemanlarının kontrolü Şekil 9.8’de olarak görülmektedir.



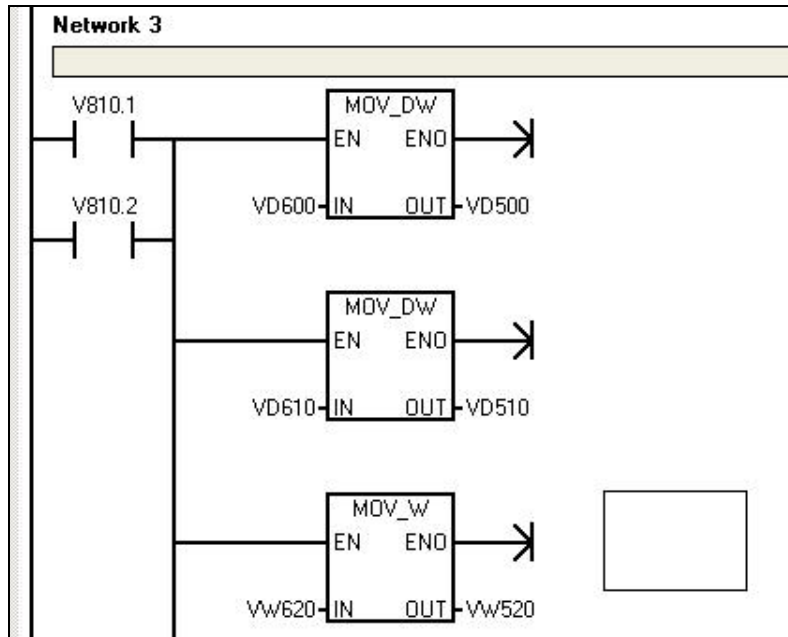
Resim 9.20. STEP 7 – MicroWIN – 32 V 3.2.1.34 programının ana sayfası

PLC'nin programlanmasında kullanılan yazılım formatı Şekil 9.8'de verilen Ladder diyagramdır. Komutlar, program yazım alanının sağında soy ağacı şeklinde verilmiştir.



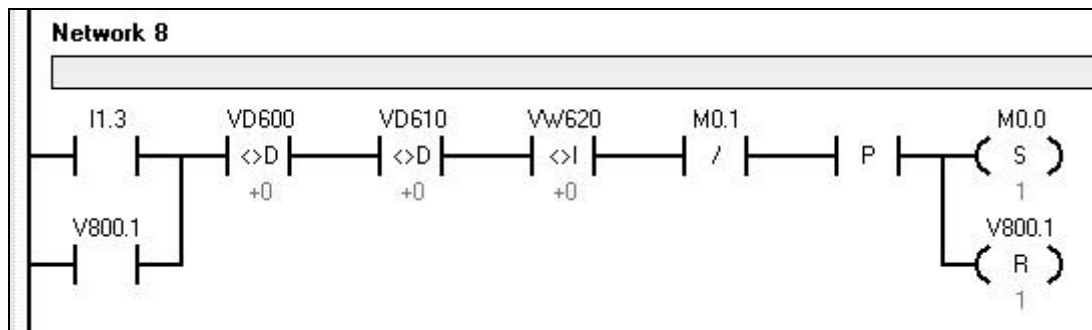
Şekil 9.8. Network 1'e yazılan komutlar

Şekil 9.8’de PLC’nin enerjilenmesiyle beraber bir defaya mahsus (PLC’nin enerjisinin kesilip tekrar gelmesi) freeport ayarları yapılır. Kullanılan tüm adresler sıfırlanır.



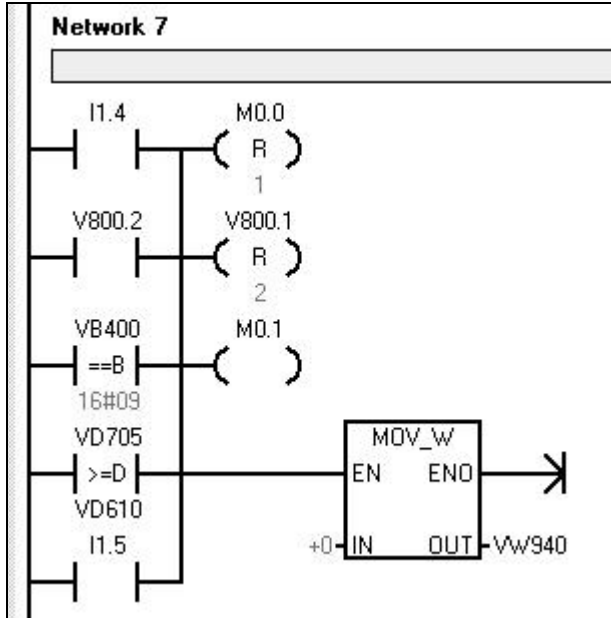
Şekil 9.9. Network 3’e yazılan komutlar

Şekil 9.9’da Sistemin çalışması için gerekli olan yeni değerleri girerken (frekans, kuvvet miktarı ve darbe sayısı), bilgi açısından, bir önceki değerlerin ilgili adreslere atılarak kullanıcıya gösterilmesi sağlanmıştır.



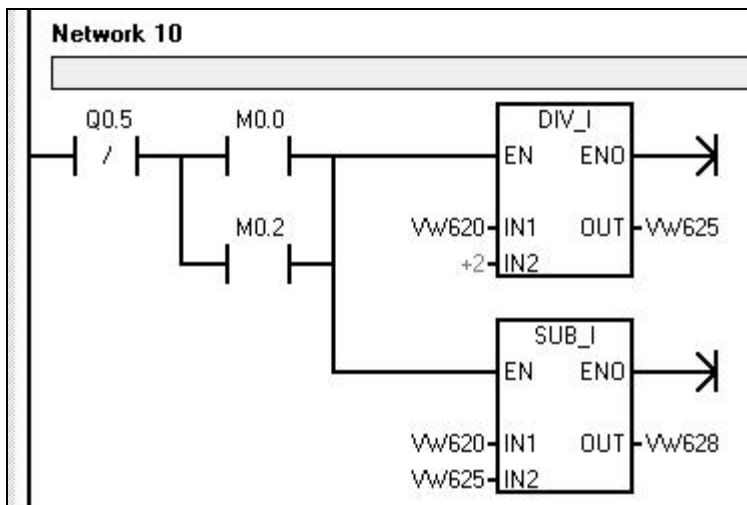
Şekil 9.10. Network 8’e yazılan komutlar

Şekil 9.10 Okluzal yükleme makinasına yeni değerler girildikten sonra, sistemin çalışmaya başlatılması için gerekli olan yazılım yapılmıştır.



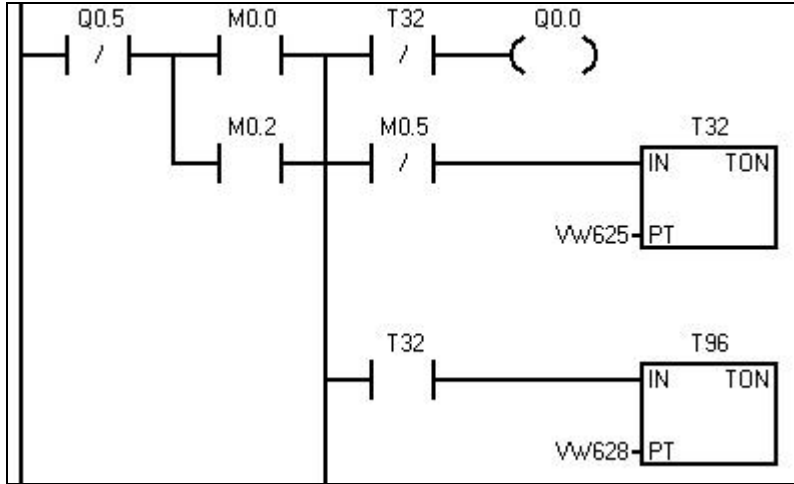
Şekil 9.11. Network 7'ye yazılan komutlar

Şekil 9.11'de Sistem çalışmaktayken, çalışmanın durdurulması için gerekli olan yazılım yapılmıştır.



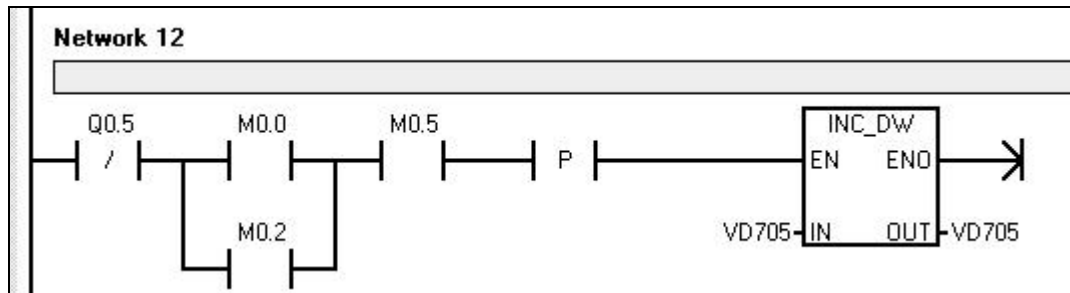
Şekil 9.12. Network 10'a yazılan komutlar

Silindirlerin çalışma esnasında frekans değerlerinin belirlendiği kısım Şekil 9.12’de gösterilmiştir.



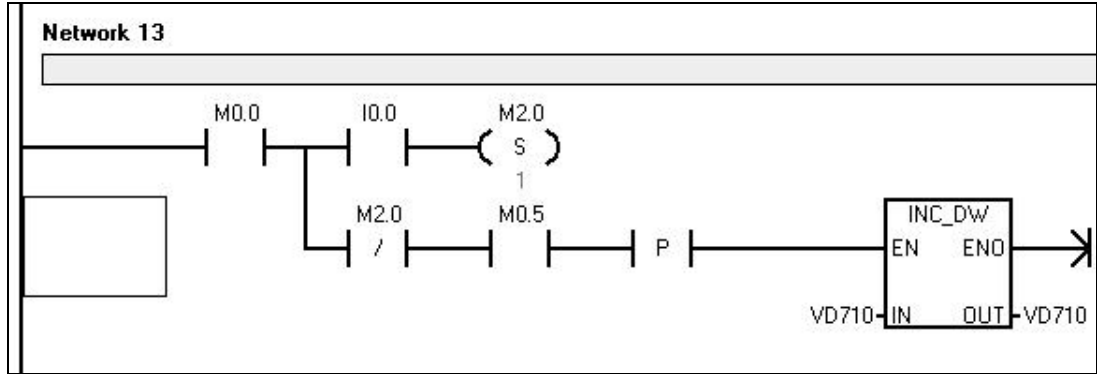
Şekil 9.13. Network 11’e yazılan komutlar

PLC, silindirlerin ileri – geri yönde hareket etmesi için gerekli çıkışları kontrol etmektedir. Bu hareketin oluşumu Şekil 9.13’de gösterilmiştir.



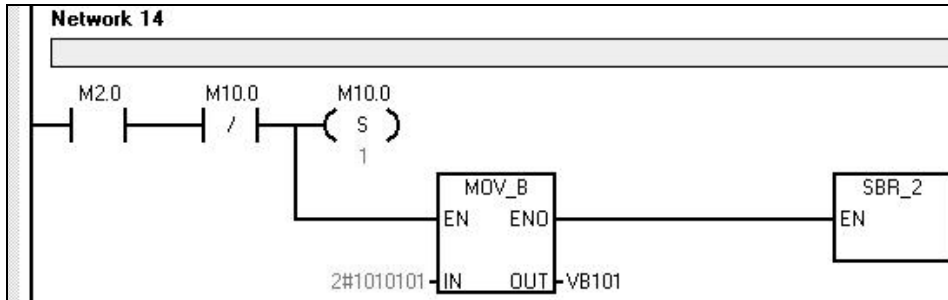
Şekil 9.14. Network 12’ye yazılan komutlar

PLC, Silindirlerin tamamı durana kadar toplam darbe sayısını sayar. Her bir silindir için sayma işlemi bağımsız yapılmaktadır. Silindirlere saydırma işlemi Şekil 9.14’de gösterilmiştir.



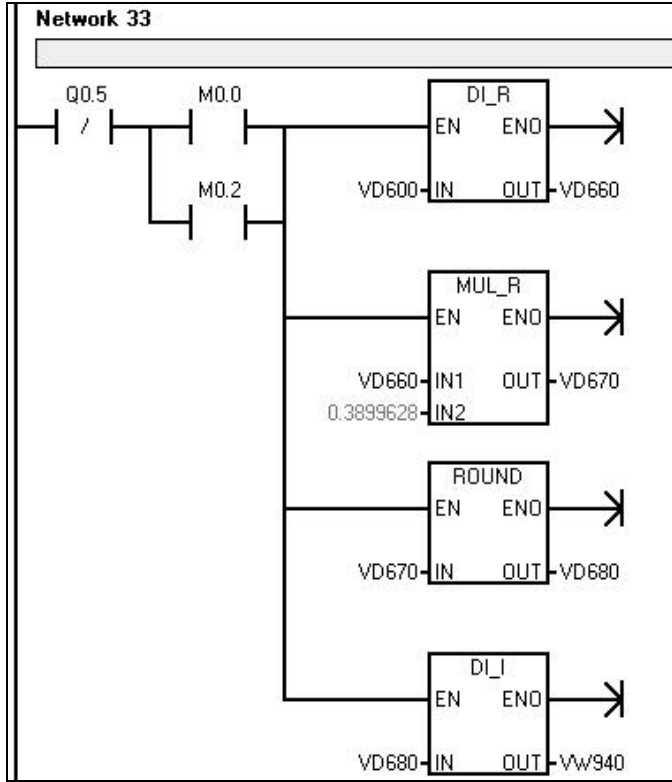
Şekil 9.15. Network 13'ye yazılan komutlar

Bir silindirin her darbesinin sayımı network 12 de yapılmıştı ve bu işlemlerin sonunda kırıldı bilgisi geldiğinde saymayı durduran yazılım Şekil 9.15'da gösterilmiştir. Bütün silindirler için bu yazılım aynıdır.



Şekil 9.16. Network 14'e yazılan komutlar

1 nolu silindirin kırılma bilgisi geldiği an bilgisayara bu bilgi iletilip, programda da durdurulması sağlanmaktadır (Şekil 9.16).



Şekil 9.17. Network 33'e yazılan komutlar

Şekil 9.17'de silindirlerde oluşması istenilen kuvvet miktarı gösterilmiştir. Bu kuvvet, PLC'den oransal regülâtör aracılığıyla iletilmektedir.

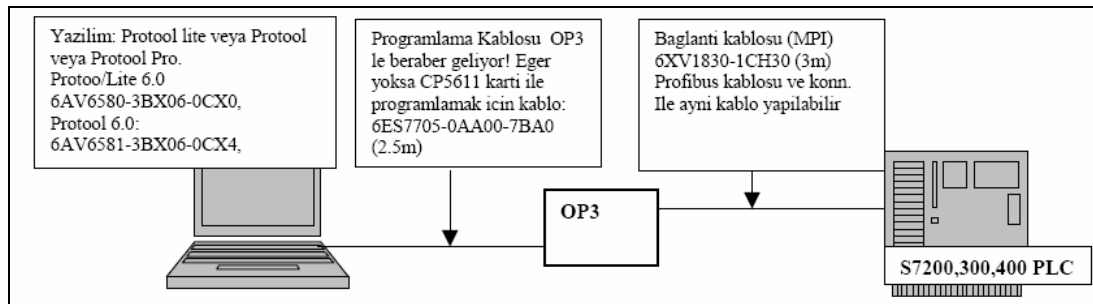
#### 9.4. Kontrol Paneli

Makinanın kontrolü Siemens'in ürettiği kontrol paneli olan OP3 tarafından yapılmaktadır. OP3, uygulamada işlem değişkenlerini izlemek ve değiştirmek için bilgisayarsız bir ara yüzey ortamı sağlamaktadır.



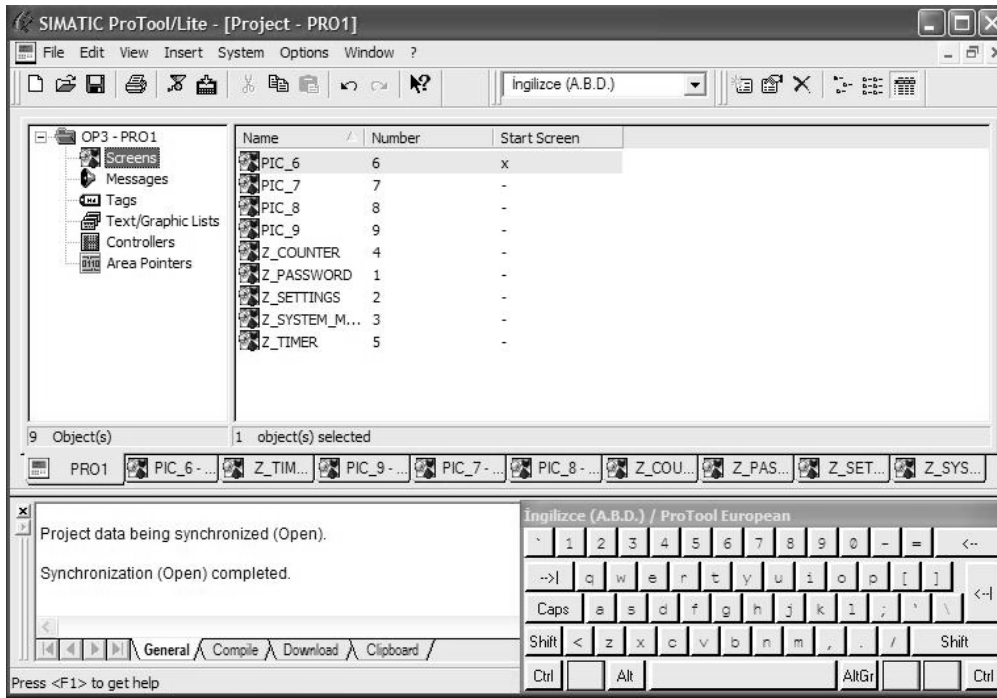
Resim 9.21. Sistemde kullanılan OP3 kontrol paneli

Bu panel 2 satırlık, her satırında 20 karakter yer alan ve sadece S7-200 cihazına bağlanan bir text display (metin gösterge) ünitesidir. OP3 yardımcı aracını kullanarak, S7-200 cihazına sistemin kontrolü için gerekli olan bilgiler gönderilmektedir. İlgili diğer değişkenler programlanmıştır.

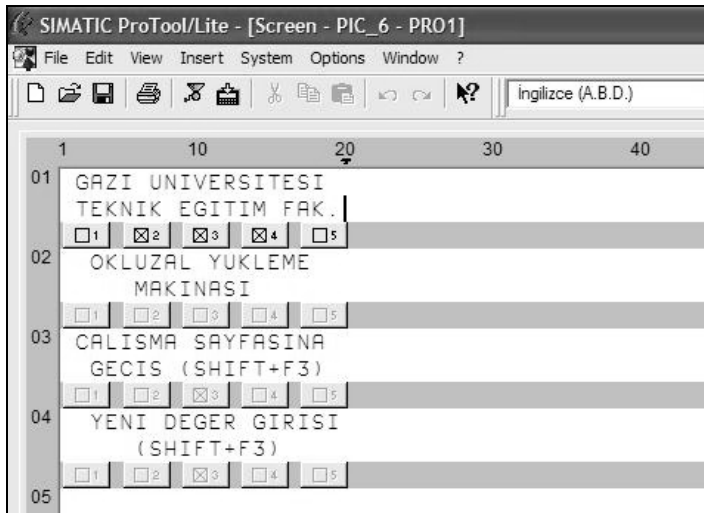


Şekil 9.18.OP3'ün bilgisayar ve PLC ile haberleşmesinin gösterimi

OP3'ün programlanabilmesi için Simatic ProTool/Lite paket programı kullanılmıştır. Kontrol panelinden okunması istenilenler ve girilecek olan değerler bu programda belirlenir ve yazılan program OP3'e transfer edilir.

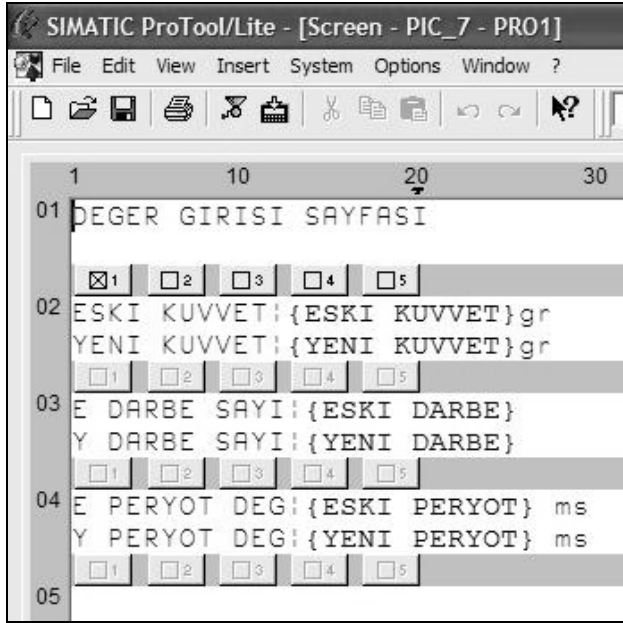


Resim 9.22. Simatic ProTool/Lite paket programının açılış sayfası



Resim 9.23. Operatör paneli açıldığında ekrana gelen ilk sayfanın programlanması

Operatör paneli açıldığında ekranda görülmesi istenilen yazı 01'e girilir. Aynı sayfaya diğer yazılar da eklendiğinden OP3 üzerindeki sağ-sol ok tuşlarına basılarak 02, 03 ve 04 nolu yazılar ekrana gelir. Yeni değer girişi yapmak için SHIFT + F3'e eş zamanlı basılır.



Resim 9.24. Değer giriş sayfasının programlanması

Bu işlemten sonra değer giriş sayfası ekranda görülür. Programlaması Resim 9.24’de gösterilmiştir. Değer giriş sayfasından bir önce girilmiş olan değerler görülebilir.

Yeni kuvvet girişi, değer giriş sayfası altında 02’de tanımlanmıştır. Sağ – sol ok tuşlarıyla 03 de tanımlanmış darbe sayısı sayfasına ve yine ok tuşlarıyla 04 de tanımlanmış periyot sayfasına geçilir. OK tuşuna basılır ve değerler PLC’ye aktarılır. Yeni kuvvet, yeni darbe sayısı ve yeni periyot değerleri buradan girilir.

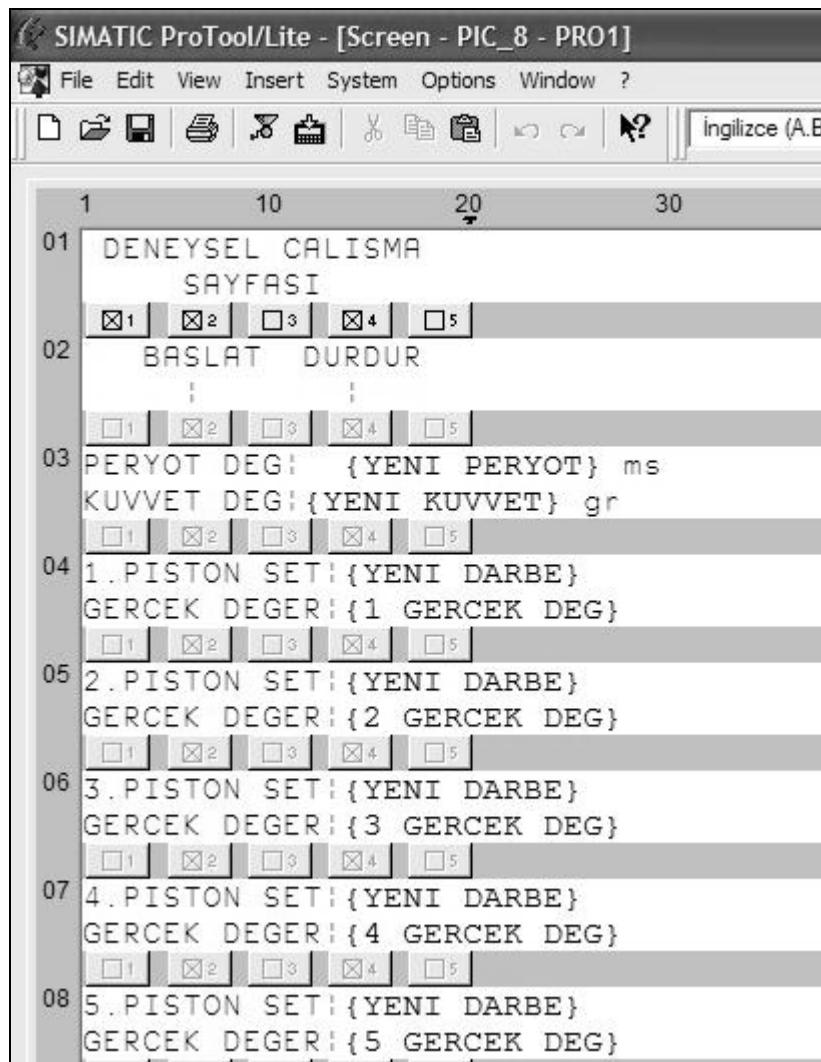
Resim 9.25’de gösterilen START butonuna basılarak silindirlere hareket verilirken STOP butonuna basılarak da silindirler durdurulur.



Resim 9.25. Start-Stop butonları

Sistem çalışırken, silindirlere istenilen darbe sayıları ve ulaştıkları sayılar görülebilmektedir. Bu durum her silindir için ayrı ayrı geçerlidir. Bu işlemin gerçekleştirilmesi için yazılan program Resim 9.26’da gösterilmiştir.

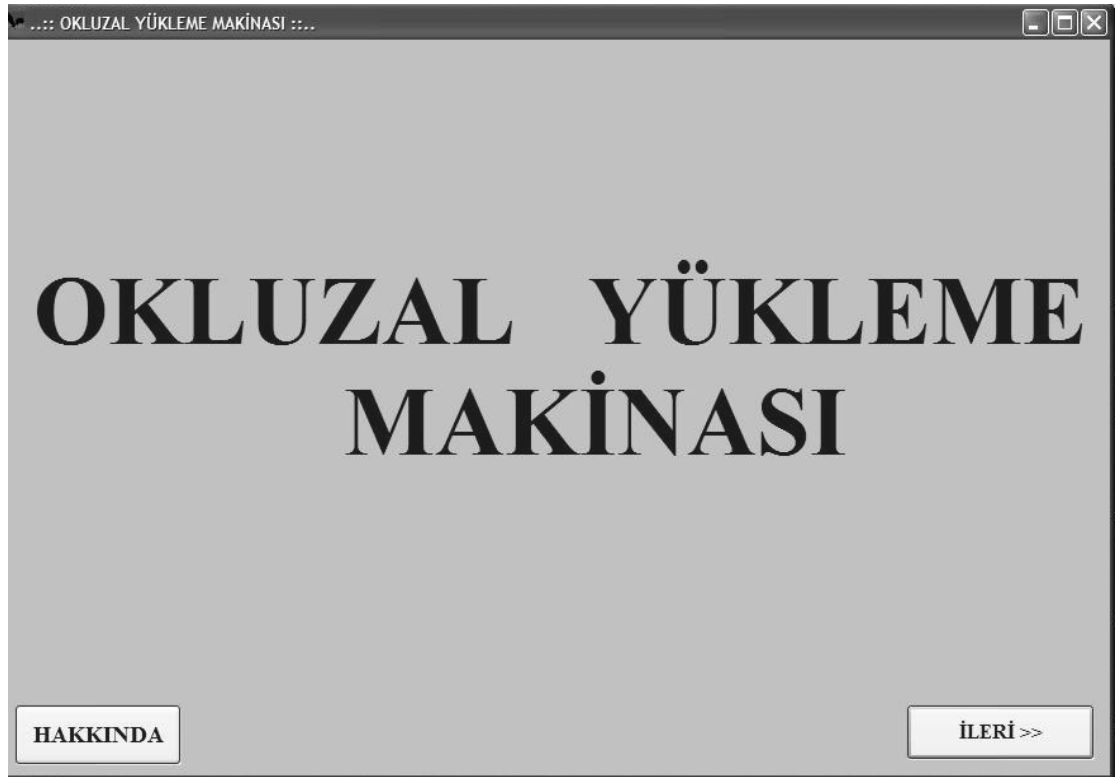
Sistem durdurulmak istendiğinde STOP tuşuna basmak yeterlidir.



Resim 9.26. Deney çalışma sayfasının programlanması

### 9.5. SCADA Yazılımı

Okluzal yükleme makinasının kontrolü, bilgisayar aracılığıyla da yapılabilmektedir. SCADA yazılımı C# 2005’de yapılmıştır. C#’ın özel haberleşme komutları, okluzal yükleme makinasının çalışması için ihtiyaç duyulan dijital giriş-çıkış, analog giriş çıkış, PLC ile sürekli haberleşmede bulunmakta anlık değişiklikleri görebilme imkanı sağlamaktadır.



Resim 9.27. SCADA yazılımının giriş sayfası

Program çalıştırıldığında ekrana Resim 9.27’de verilen giriş sayfası gelir. Sayfada iki seçenek görülür. Bunlardan birincisi, “HAKKINDA” kısmıdır. Burada makina hakkında genel bilgiler verilmektedir. Diğer seçenek ise “İLERİ” seçeneğidir. Bu seçildiğinde veri giriş sayfasına geçilir.

<p><b>Uygulanacak Yük (gram)</b></p> <p>Son Girilen : <input type="text" value="10000"/> Yeni Değer : <input type="text" value="0"/></p>	<p><b>DEĞERLERİ GİR</b> ✓</p> <p><b>BAĞLANTIYI SINA</b> 🖱️</p> <p><b>TEMİZLE</b> 🖱️</p> <p><b>ÖNCEKİ KAYITLAR</b> 📖</p>
<p><b>Periyot (ms)</b></p> <p>Son Girilen : <input type="text" value="1.8"/> Yeni Değer : <input type="text" value="0"/> Hz : <input type="text" value="0 Hz"/></p>	
<p><b>Darbe Sayısı</b></p> <p>Son Girilen : <input type="text" value="10000"/> Yeni Değer : <input type="text" value="0"/></p>	

Resim 9.28. Veri giriş sayfası

Veri giriş sayfasına sistemin çalışması için gereken bilgiler girilmektedir (Resim 9.28). Bu bilgiler, silindirlerin ileteceği kuvvet miktarı, çalışacağı frekans değeri ve darbe sayısıdır.

Uygulanacak yük seçeneğinin yeni değer kısmına, deney numuneler üzerine uygulanması istenen kuvvet miktarı girilmektedir. Son girilen değer kısmında ise bir önceki çalışmada girilen değer hatırlatılması yapılmaktadır.

Periyot seçeneğinin yeni değer kısmına, istenilen çalışma hız değeri periyot cinsinden girilmektedir. Program kendi içinde bunu Hz birimine çevirerek, Hz kısmına otomatik olarak yazılmasını sağlar. Örnek olarak 555 ms yazılır, karşılığı olan 1,8 Hz görülür.

*Darbe sayısı* seçeneğiyle, deney numunelerin üzerine uygulanmak istenen kuvvet sayısı girilmektedir. Diğer seçeneklerde olduğu gibi yine yeni değerler kısmına bilgiler gram ve periyot cinsinden girilmektedir. Değerlerin bu cinslerden girilmesinin sebebi, C#'dan PLC'ye gönderilen verilerin tam sayı olması zorunluluğudur.

*Scada* yazılımlarda, sistemle yapılan haberleşmelerde bazen problem olabilmektedir. Olası problemlere karşı *Bağlantıyı sına* butonu yapılmıştır. Silindirlerin hareketini gösteren sayfanın gelmemesi durumunda, *Bağlantıyı sına* butonuna basılır ve sistem *Bağlantı sağlandı* uyarısını verir.

*Temizle* butonu, girilen değerlerin ekrandan silinmesini sağlayan butondur.

*Önceki kayıtlar* butonu, daha önce yapılan çalışmaların incelenmesini sağlayan bir butondur.

Bu üç değer girildikten sonra *Değerleri gir* butonuna basılır ve bilgiler PLC'ye gönderilir. Silindirlerin hareketini gösteren simülasyon sayfası açılır (Resim 9.28).



Resim 9.29. Simülasyon sayfası

Simülasyon sayfası ekrana geldiğinde, sistem çalıştırılmaya hazır hale gelmiş demektir. Simülasyon sayfasının alt kısmında *Başlat* ve *Durdur* seçenekleri vardır. *Başlat* butonu seçildiğinde silindirlere hareket verilmektedir. Ekranda görülen silindirler, sistem çalıştırıldığında eş zamanlı olarak çalışmaktadır.

Her bir silindirin kaç darbe vurduğu ayrı ayrı görülebilmekte ve hareketli silindirlerin yanlarında, toplam darbe sayısının yüzde kaçının tamamlandığını gösteren bir sütun grafiği oluşmaktadır.

Herhangi bir silindir deney numuneyi kırdığında, o silindire ait simülasyon durur ve numunenin kırıldığı sayı ve grafik ekranda sabit kalır. Bu sayı sistem çalışma kayıtları sayfasına gönderilir.

*Durdur* butonu ise çalışmakta olan silindirleri durdurmak için kullanılır. Belirtilen vurma sayısından önce sistemin durması istenirse *Durdur* butonuna basılır.

Çalışma sayfasının üst menüsünde yer alan *Seçenekler* kısmında, sistem çalışmaktayken değişiklikler yapmaya izin veren bir kısım bulunmaktadır. Silindirlerden vurması istenen darbe sayısı, çalışma frekansı ve yük miktarı sistem durdurulmadan değiştirilebilmektedir.



Resim 9.30. Değer değiştirme sayfası

Değerleri değiştir sayfası, yapılmakta olan deneye ara vereden istenilen doğrultuda değişikliklerin yapılmasına imkan vermektedir (Resim 9.30).

Ana sayfada yer alan *Önceki Kayıtlar* butonuna basılınca Resim 9.31 ekrana gelir. Bu ekranda daha önce yapılan sistem kayıtları incelenebilir. Sıra numarasına göre uygulanan kg, hız, darbe sayısı, deney yapılma tarihi, deneye başlama – bitme zamanları ve her bir silindirin kaç kuvvet uyguladığı görülebilir.

Bu tablodan hatalı yapılan deneyler ve sonuçları silinebilmekte, ancak tabloya yeni bir değer eklenememektedir. Sağ alt köşeye de bir takvim yerleştirilmiştir.

Sistem Çalışma Kayıtları ::..

**OKLUZAL YÜKLEME MAKİNASI ÇALIŞMA KAYITLARI**

sn	kg	Hz	darbe	baslangic	p1	p2	p3	p4	p5
3	10000	1.8	55	05.01.2006	(D)31 - (Y)%	(D)31 - (Y)%	(D)31 - (Y)%	(D)31 - (Y)%	(D)29 - (Y)%
5	10000	1.8	100	05.01.2006	(D)60 - (Y)%	(D)60 - (Y)%	(D)60 - (Y)%	(D)60 - (Y)%	(D)60 - (Y)%
7	10000	1.8	200	05.01.2006	(D)48 - (Y)%	(D)48 - (Y)%	(D)48 - (Y)%	(D)48 - (Y)%	(D)48 - (Y)%
8	10000	1.8	50	05.01.2006	(D)50 - (Y)%	(D)50 - (Y)%	(D)50 - (Y)%	(D)50 - (Y)%	(D)50 - (Y)%
10	10000	1.8	100	05.01.2006	(D)24 - (Y)%	(D)24 - (Y)%	(D)24 - (Y)%	(D)24 - (Y)%	(D)24 - (Y)%
12	10000	1.8	150	05.01.2006	(D)78 - (Y)%	(D)78 - (Y)%	(D)78 - (Y)%	(D)78 - (Y)%	(D)78 - (Y)%
13	10000	1.8	150	05.01.2006	(D)151 - (Y)	(D)151 - (Y)	(D)151 - (Y)	(D)151 - (Y)	(D)151 - (Y)
14	10000	1.8	150	05.01.2006	(D)150 - (Y)	(D)150 - (Y)	(D)150 - (Y)	(D)150 - (Y)	(D)150 - (Y)
16	10000	1.8	10000	06.01.2006	(D)5 - (Y)%0	(D)5 - (Y)%0	(D)5 - (Y)%0	(D)5 - (Y)%0	(D)5 - (Y)%0
*									

Geçmiş çalışma kayıtları

18:23:01

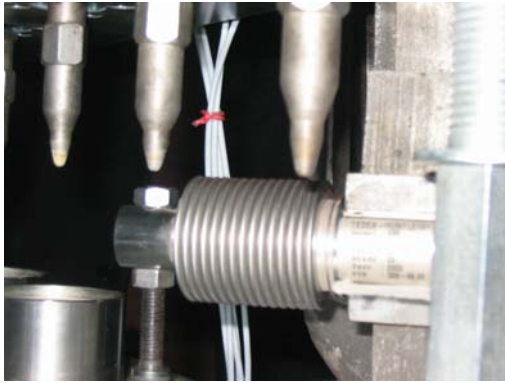
Resim 9.31. Sistem çalışma kayıtları

## 10. DENEYSEL ÇALIŞMA

Okluzal yükleme makinasının kalibrasyonu load-cell ile yapılmıştır. Bilgisayardan ya da kontrol panelinden girilen kuvvet değerinin doğru olduğu load-cell'in dijital göstergesinden görülmüştür.

Okluzal yükleme makinasının 2 numaralı silindirine bağlanan load-cell (yükleme hücresi) üzerine yüklenen kuvvet 5 Hz'lik bir frekans ile ölçülmüştür. Frekans değerinin 5 Hz seçilmesi, silindirin uyguladığı maksimum itme değerini görmek içindir.

Load-cell'in sisteme bağlantısı Resim 10.1'de gösterilmiştir.



Resim 10.1. Load-cell'in sisteme bağlantısı



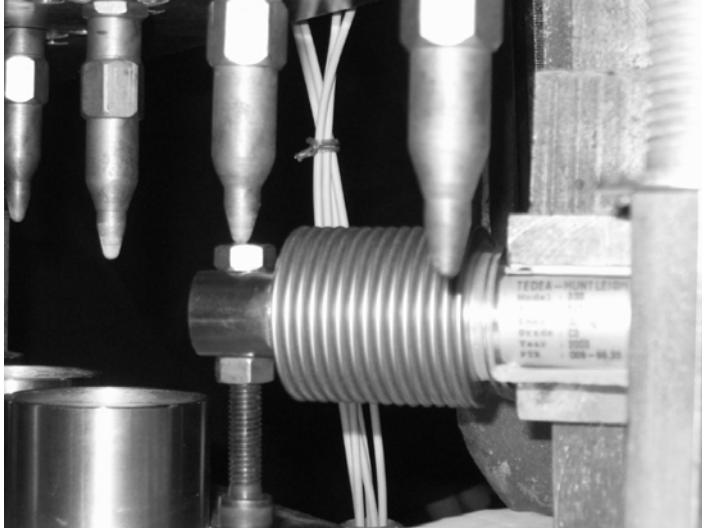
Resim 10.2. Yük uygulanmadan önceki sıfırlanmış gösterge değeri

Silindirlerin uyguladığı kuvveti görmek için yapılan kalibrasyon testi sırasında sistemin çalışması, bilgisayar tarafından kontrol edilmiştir. Çalışma değerleri olarak; giriş sayfasından uygulanacak yük kısmına 8000 gram, periyot kısmına 200 değeri (200 periyot karşılığı 5 Hz), darbe sayısı kısmına da 100 değerleri girilmiştir (Resim 10.3).

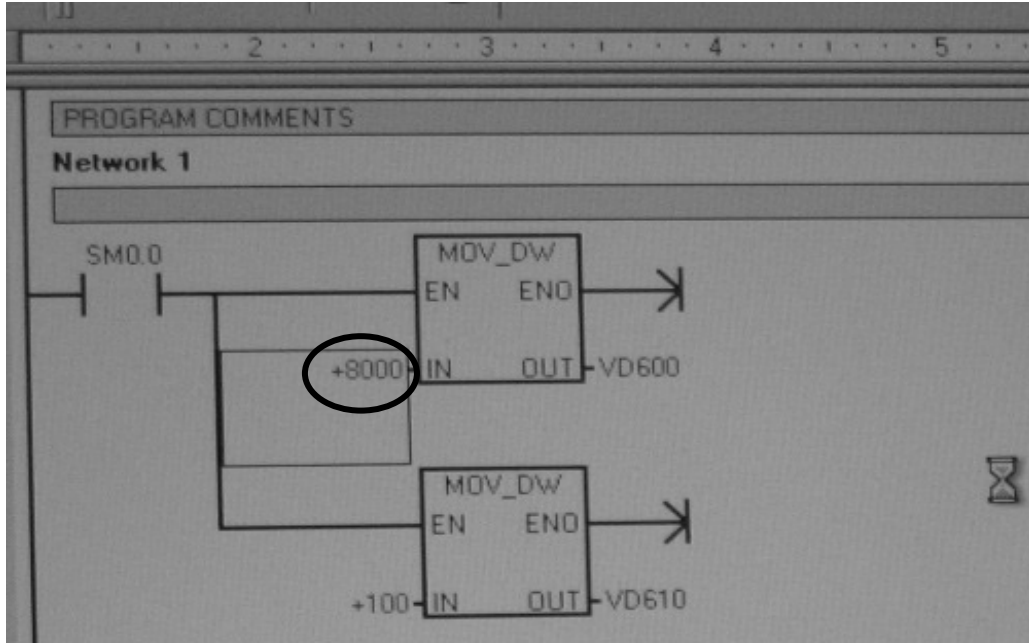


Resim 10.3. Silindirlere gönderilen değerler

8 000 değeri bilgisayardan PLC'ye gönderilmiştir (Resim 10.3).



Resim 10.4. 8 000 gr'lık yükün load-cell'e uygulanma anı

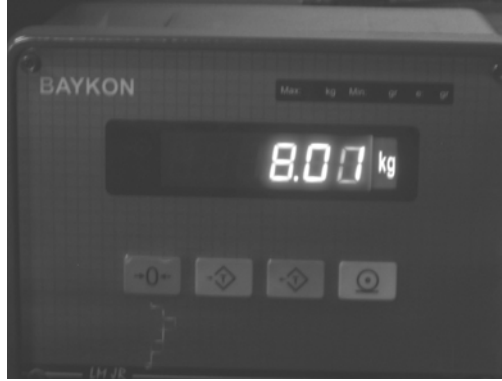


Resim 10.5. PLC yazılımda değerin görünümü

Bilgisayardan gönderilen değer PLC'ye ulaşmış ve PLC programı on-line olarak izlendiğinde çıkış değeri de 8 000 olarak görülmüştür. Girilen 8 000 değeri Resim 10.5'de görülmektedir.

Silindirlerden load-cell'e 3 kez aynı değerde kuvvet uygulamıştır. Kuvvetlerin ulaştıkları noktalar 8,01 - 7,99 - 8,00 kg olarak görülmüştür. Bu değerlerin ortalamaları alınmış ve silindirlerden elde edilen değer 8,00 kg olarak doğrulanmıştır.

Yükleme anlarındaki değerler Resim 10.6'da, gösterilmiştir.



a) Load-cell'den ilk okunan değer



b) Load-cell'den ikinci okunan değer



c) Load-cell'den üçüncü okunan değer

Resim 10.6 Kalibrasyon değerleri

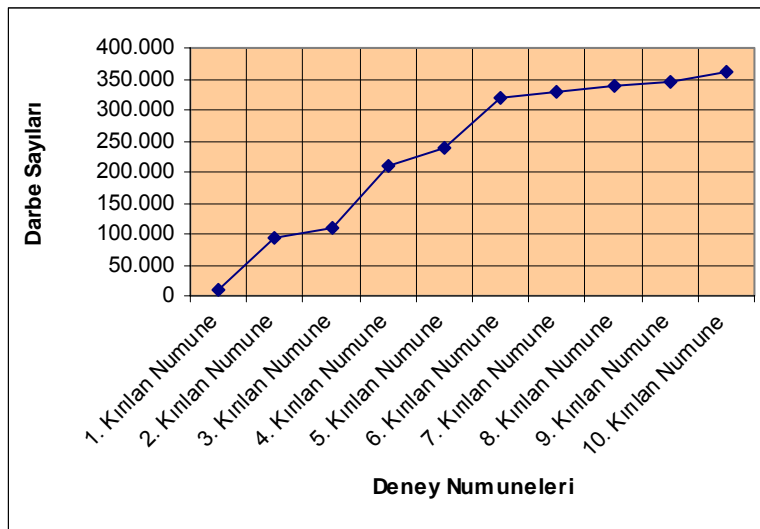
Okluzal yükleme makinasının kalibrasyonu farklı kuvvetlerde de yapılmış ve her birinde sonucu doğrulayan değerler elde edilmiştir. Sistemin güvenilir bir şekilde çalıştığı tespit edilmiş ve deney numuneler üzerinde çalışmalar yapılmıştır.

Ayrıca okluzal yükleme makinasıyla nano-hybrid restoratif materyaller ile deney yapılmıştır. Nano-hybrid materyallerden imalatı yapılan kalıp ile 16mm çapında, 2 mm kalınlığında 10 adet deney numune hazırlanmıştır. Deney numuneler üzerine 1,8 Hz'lik (0,56 sn) çalışma frekansında düzenli olarak 100 N'luk bir kuvvet uygulanmıştır. Günde ortalama 40 000 darbe vurulmuş ve son deney numune kırılana kadar 360 000 darbe uygulanmıştır. Deney numunelerin kırılma sayıları çizelge 10.1'de verilmiştir.

Çizelge 10.1. Deney numunelerin kırıldığı andaki değerler

Numune No	Kuvvet değeri (N)	Frekans (Hz)	Kırıldığı andaki darbe sayısı
1. numune	100	1,8	320 000
2. numune	100	1,8	110 000
3. numune	100	1,8	210 000
4. numune	100	1,8	8 500
5. numune	100	1,8	340 000
6. numune	100	1,8	95 000
7. numune	100	1,8	240 000
8. numune	100	1,8	330 000
9. numune	100	1,8	345 000
10. numune	100	1,8	360 000

Çizelge 10.2. Deney numunelerin kırıldığı andaki değerlerin grafiği



Çizelge 10.1 ve Çizelge 10.2’de numunelerin kırıldıkları sayılar verilmiştir. Bu sayılarda 4. numunenin 8 500 gibi bir değerde kırıldığı görülmüştür. Bunun hatalı bir ürün olduğu söylenebilir. Bütün bu kırılma bilgileri alındığında (ilk ve son kırılan hariç) ortalama kırılma sayısı 248 750 olarak tespit edilmiştir.

Silindir her darbe sonrası, deney numune üzerinde bekleme süresi okluzal yükleme makinasının kontrol panelinden ya da bilgisayardan girilen periyot değerleri ile belirlenir. Bu değerlerin Hz karşılıkları bilgisayar ekranında periyot değerleri girildikten hemen sonra otomatik olarak belirir. Bekleme sürelerinin saniye ve Hz karşılıkları Çizelge 10.3'te verilmiştir. Kullanıcı istediği süre karşılığında periyot değerini girebilir.

Çizelge 10.3. Siteme girilen periyot değerlerinin Hz ve saniye karşılıkları

Periyot (Programa girilir)	Saniye	Hz
150	0,15	6,66
300	0,30	3,33
500	0,5	2
600	0,6	1,66
700	0,7	1,43
800	0,8	1,25
900	0,9	1,11
1000	1	1
2000	2	0,5
4000	4	0,25
6000	6	0,16
8000	8	0,125
10000	10	0,1
20000	20	0,05
30000	30	0,03
40000	40	0,025
50000	50	0,02
100000	100	0,01
500000	500	0,002
1000000	1000	0,001
3600000	3600	0,00028

## 11. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 11.1. Sonuç

Dental Restoratif Materyallerin Yorulma ve Kırılma Dayanıklılığını Test Eden Okluzal Yükleme Makinasının yeni bir tasarımı yapılmış ve imalatı gerçekleştirilmiştir. Okluzal yükleme makinasıyla;

- Aynı anda 10 adet deney numune test edilebilmektedir. Her bir deney numuneye yüz binlerce ve hatta milyonlarca darbe uygulanması gerektiğinden, bir deneyde 10 adet numunenin aynı anda test edilmesi, deney çalışmalarının daha kısa sürede tamamlanmasını sağlamaktadır.
- Bu makina ile 0-6,66 Hz arasında frekans uygulanabilmektedir. Dişhekimliğinde kullanılan restoratif materyallerin dayanım testleri 1,6 – 1,8 Hz arası bir çalışma frekansında yapılmaktadır. Bu frekansların sırasıyla saniye cinsinden karşılıkları 0,625 sn ve 0,56 sn. dir. Makinada yapılacak olan deneyin darbe sayısına göre çalışma süresi hesaplanabilmektedir. Bu özellik araştırmacı için zamanı ekonomik kullanma bakımından önemli bir kazançtır. 1 000 000 cycle (çevrim) yaklaşık olarak 155 saat sürmektedir.
- Okluzal yükleme makinasında, değiştirilebilir frekans, kuvvet ve darbe sayısı parametreleri sistem üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu 3 parametrenin değiştirilebilmesi, deney çalışmalarını yürüten araştırmacılara, çalışmalarında büyük esneklikler sağlamaktadır.
- Birbirinden farklı birçok materyal (malzeme) aynı frekans, kuvvet ve darbe sayısı altında test edilebilir.

### 11.2. Öneriler

Bu çalışmada maddi sınırlılıklar sebebiyle bazı işlevler yapılamamıştır. Okluzal yükleme makinasına yapılacak bazı donanım eklemeleri ile aşağıdaki işlemler de gerçekleştirilebilir;

- Bir materyal sabit çalışma frekansında, aynı darbe sayısında farklı kuvvetlerde test edilebilir.
- Bir materyal sabit çalışma frekansında, aynı kuvvet değerinde farklı darbe sayılarında test edilebilir.
- Bir materyal farklı çalışma frekansında, aynı kuvvet değerinde farklı darbe sayılarında test edilebilir.
- Okluzal yükleme makinasındaki her silindirin birbirinden bağımsız bir şekilde kontrol edilebilir.

## KAYNAKLAR

1. Mendi, F., Külekçi, M.K., “PLC denetimli üç eksenli pnömatik bir işlem ünitesinin tasarımı ve imalatı”, *Gazi Üniversitesi Fenbilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14(1): 133-146 (2001).
2. Gilles, M., “Programme Logic Controllers, Baffins Lane”, Baffins Lane, *Chicester West Sussex P019 IUD*, Massachusetts,24 (1992).
3. Cardoso, P.E.C., Placido E., Moura, S.K. “Microleakage of four simplified adhesive system under thermal and four mechanical stresses”. *Am J Dent* 15: 164-168 (2002).
4. Hu X., Marquis P.M., Shortall A.C. “Influence of filler loading on the two-body wear of a dental composite”. *J Oral Rehabil*, 30: 729-737 (2003).
5. Krejci, I., Duc, O., Dietschi, D., De Campos, E. “Marginal adaptation, retention and fracture resistance of adhesive composite restorations on devital teeth with and without posts”. *Oper Dent*, 28: 127-135 (2003).
6. Bakaeen, L.G., Winker, S., Neff, P.A., “The effect of implant diameter, restorations design and occlusal table variations on screw loosening of posterior single tooth implant restorations”. *J Oral Implantol*, 27: 62-72 (2001).
7. Çolak, İ., Üçtaşlı, MB., Demirtaş, M., “Design of wear testing machine which simulates occlusal wear”.,7<sup>th</sup> Congress of the Balkan Stomatological Society, Kuşadası, 31 (2002).
8. Yavuzyılmaz, H., “Diş morfolojisi-fizyolojisi ve oklüzon, 4. basım”, *T.H.K*, Ankara, 355-431 (2001).
9. Dayangaç, B., “Kompozit rezin restorasyonlar”,*Öncü* ,Ankara, 1-13 (2000).
10. Özcan, M., Kahramanlı, Ş., “PLC’ler ve Uygulamaları, 1. basım”, *Atlas*, Ankara, 2-4 (2002).
11. İnternet: PLC Programlama, [www.plcprogramlama.com.tr](http://www.plcprogramlama.com.tr) (2005).
12. İnternet: PLCdökümanlar,<http://sks.kou.edu.tr/cyk/cengizdeniz/plc/plc.htm> (2005).
13. Bayır, R., “Bir üretim bandında üretilen malın kalite kontrolünün PLC kullanılarak gerçekleştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 5-7 (1998).
14. Çetinkaya, K., “PLC kullanım ve programlama”, *Özdisan A.Ş*, Ankara, 5-11 (2003).

15. Ackerman, R., Franz, J., Hartman, T., Hopf, A., Kantel, M., Plegman, B./ Çeviri editörü Gökyar, İ., “Programlanabilir Lojik Kontrol Organları”, **FESTO**, İstanbul, 3-17 (1990).
16. Croser, P., / Çeviri Editörü Çevik, F., “Pnömatik TP101 4. Baskı”, **FESTO**, İstanbul, 5-9 (1990).
17. Demirkol, Z., “C# ile ASP.net 1.baskı”, **PUSULA yayıncılık**, İstanbul, 5-7 (2005).
18. “Festo Standart Silindirleri Katoloğu 2005”, **FESTO**, İstanbul, 1-10 (2005).
19. “Simatic-S7200 Programlanabilir Otomasyon Cihazı Kullanım Klavuzu” sürüm 1, **SIEMENS**, 4-27 (2002).
20. İnternet: SiemensWorld, [www.siemens.com/automation](http://www.siemens.com/automation) (2005).
21. Yılmaz, İ.,” PLC ve Uygulamaları”, Yüksek Lisans Tezi, **Ondokuz Mayıs Üniversitesi**, Fen bilimleri Enstitüsü, Samsun, 76 (2001).
22. ÖZKAN, A., “PLC ve SCADA destekli pozisyon”. Yüksek Lisans Tezi, **Erciyes Üniversitesi**, Fen bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 36 (1999).
23. Deppert, W., Stoll, K./ Çeviri editörü Bir, A., ”Pnömatik Kumandalar 10.Baskı Almanca, 1. Baskı Türkçe”, **Vogel Yayınları**, İstanbul, 3-36 (1994).
24. Patient, P., Pickup, R., Powell, N., / Çeviri editörü Taşlıca, A. O., Pancar, Y., “Pnömatik”, **MEB**, 4, 6, 9 Ankara (1994).
25. Özcan, F., Işıl, Ş., Kırıcı, A., “Pnömatik Akışkan Gücü”, **Mert Teknik**, İstanbul. 1-9 (1986).
26. TPC Training System Technical Publishing,/ Çeviri Editör Sipahioğlu, S., Nalbant, M., “Temel Pnömatik”, **MEB**, Ankara 5 (1994).

**EKLER**

## EK-1 Scada yazılımı

### Giriş sayfasının programı



namespace numune

```
{
    public partial class Form1 : Form
    {
        public Form1()
        {
            InitializeComponent();
        }

        private void button4_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            // İLERİ >>
            deger yeni = new deger();
            serialPort1.Close();
            this.Hide();
            yeni.Show();
        }

        private void Form1_FormClosed(object sender,
        FormClosedEventArgs e)
        {
            if (serialPort1.IsOpen == true)
            {
                serialPort1.Close();
            }
        }
    }
}
```

### VERİ GİRİŞ SAYFASININ PROGRAMI



//veri tabanı bilgilerininine ait satırlar. Burada bir önceki çalışma verileri alınarak arayüzde kullanıcıya gösterilmektedir.

```
private void data()
{
    OleDbConnection baglan;
    OleDbDataAdapter verial;
    DataSet al;
    string baglanti, sorgu, yol;
    int son = 0;
```

### EK-1 (Devam) Scada yazılımı

```

        yol = Directory.GetCurrentDirectory();
        yol = yol + "\\numune.mdb";

        baglanti = "provider=microsoft.jet.oledb.4.0;data source="
+ yol;
        sorgu = "select * from giris";

        baglan = new OleDbConnection(baglanti);
        verial = new OleDbDataAdapter(sorgu, baglan);
        al = new DataSet();
        verial.Fill(al, "giris");

        textBox5.DataBindings.Add("text", al.Tables["giris"],
"kg");
        textBox6.DataBindings.Add("text", al.Tables["giris"],
"hz");
        textBox7.DataBindings.Add("text", al.Tables["giris"],
"darbe");

        CurrencyManager sonkayit =
(CurrencyManager)this.BindingContext[al.Tables["giris"]];
        son = sonkayit.Count - 1;
        foreach (DataRow satir in al.Tables["giris"].Rows )
        {
            sonkayit.Position = son; } }

        DialogResult mesaj;
        private void deger_Load(object sender, EventArgs e)
        { try
            { this.AcceptButton = button1;
              this.CancelButton = button2;
              data();
              if (serialPort1.IsOpen == false)
              { serialPort1.Open(); }
              //this.Show();
              button1.Enabled = true;
              textBox1.Text = baglanti.kg.ToString();
              textBox2.Text = baglanti.hz.ToString();
              textBox3.Text = baglanti.darbe.ToString();
              textBox1.Focus();
              if (baglanti.sistem_calisiyor == 1)
              {
                  button4.Enabled = true;
                  pictureBox2.Enabled = true;
                  textBox1.ReadOnly = true;
                  textBox2.ReadOnly = true;
                  textBox3.ReadOnly = true; }

              toolTip1.SetToolTip(this.textBox1, "Numuneye
Uygulanması Gereken Yük (En fazla 0-999999)");
              toolTip1.SetToolTip(this.textBox2, "Numuneye
Uygulanması Gereken Periyot (En fazla 20-9999)");
              toolTip1.SetToolTip(this.textBox3, "Numuneye
Uygulanması Gereken Darbe Sayısı (En fazla 0-999999)");
              textBox1.Focus(); }

```

## EK-1 (Devam) Scada yazılımı

```

        catch { MessageBox.Show("COM1 Portu kullanımda
olabilir"); }}

        private void deger_FormClosed(object sender,
FormClosedEventArgs e)
        { if (serialPort1.IsOpen == true)
          { serialPort1.Close(); }
          Application.Exit(); }
        private void button4_Click(object sender, EventArgs e)
        { // İLERİ >>
          piston yeni = new piston();
          // this.Hide();
          yeni.Show(); }
        private void pictureBox2_Click(object sender, EventArgs e)
        {// İLERİ >>
          piston yeni = new piston();
          this.Hide();
          yeni.Show(); }
        private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
        {// değerleri plc'ye gönder
          try {
            if ((textBox1.Text == "") || (textBox2.Text == "")
|| (textBox3.Text == "")) {
              MessageBox.Show(this, "Lütfen boş yer
bırakmayınız", "Giriş", MessageBoxButtons.OK,
MessageBoxIcon.Information);
            } else {
              int a1, a2, a3;
              a1 = Convert.ToInt32 (textBox1.Text);
              a2 = Convert.ToInt32 (textBox2.Text);
              a3 = Convert.ToInt32 (textBox3.Text);
              if ((a1 > 999999) || (a2 > 9999) || (a3 >
999999) || (a1 < 1) || (a2 < 20) || (a3 < 1))
              {
                MessageBox.Show(this, "Lütfen boş sütun
bırakmadan uygun değerleri giriniz", "Uyarı !",
MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Information);
                k = 0;
                textBox1.Focus(); }
              else
              { button1.Enabled = false;
                double yaz;
                yaz = Convert.ToDouble (textBox2.Text);
                yaz = Math.Round((1000 / yaz), 2);
                baglanti.kg = a1;
                baglanti.hz =yaz;
                baglanti.periyot =
Convert.ToDouble (textBox2.Text);
                baglanti.darbe = a3;
                baglanti.timer_zamani = a2;
                a1 = a1 + 10000000; //6-4 haneli
rakamları göndermek için bir sigorta
                a2 = a2 + 10000000;
                a3 = a3 + 10000000;

```

## EK-1 (Devam) Scada yazılımı

```

string a4, a5, a6;
a4 = Convert.ToString(a1);
a5 = Convert.ToString(a2);
a6 = Convert.ToString(a3);

baglanti.sistem_calisiyor = 1;
baglanti.birdefacalistir = 1;
baglanti.kapat = 0;
//label5.Text = "...: Sistem Girilen
Değerler İle Çalışmaktadır :...";

if (tamam == 1)
{
    if (serialPort1.IsOpen == true)
    {
        serialPort1.Close();
    }
    piston yeni = new piston();
    this.Hide();
    yeni.Show();
}
button1.Enabled = true;
}
}
else
{
    MessageBox.Show(this, "Sistem çalışma konumunda
değil. Önce açılması gerekiyor.", "Uyarı", MessageBoxButtons.OK,
MessageBoxIcon.Hand);
    button1.Enabled = true;
    k = 0;
}
}
catch
{
    MessageBox.Show(this, "Lütfen değerlerin doğru
girildiğinden ve sistemin açık olduğundan emin olunuz.");
    button1.Enabled = true;
    k = 0;
}
}}

private void button2_Click(object sender, EventArgs e)
{ // temizle
    textBox1.Text = "0";
    textBox2.Text = "0";
    textBox3.Text = "0";
    k = 0;
    textBox1.Focus();
}

private void button3_Click(object sender, EventArgs e)

```

## EK-1 (Devam) Scada yazılımı

```

    {
//veri tabanı bilgi sayfasına gider.
        tablo yeni = new tablo();
        yeni.Show();
    }

    private void button5_Click(object sender, EventArgs e)
    {
//bağantının sınanması
        serialPort1.WriteLine("K");
        Thread.Sleep(1000);
        serialPort1.WriteLine("Z*");
    }
}

```

## Sistem çalışma kayıtları

sn	kg	hz	darbe	başlangic	p1	p2	p3	p4	p5
3	10000	1.8	55	05.01.2008	(D)31 - (%)	(D)31 - (%)	(D)31 - (%)	(D)31 - (%)	(D)29 - (%)
5	10000	1.8	100	05.01.2008	(D)60 - (%)	(D)60 - (%)	(D)60 - (%)	(D)60 - (%)	(D)60 - (%)
7	10000	1.8	200	05.01.2008	(D)48 - (%)	(D)48 - (%)	(D)48 - (%)	(D)48 - (%)	(D)48 - (%)
8	10000	1.8	50	05.01.2008	(D)60 - (%)	(D)60 - (%)	(D)60 - (%)	(D)60 - (%)	(D)60 - (%)
10	10000	1.8	100	05.01.2008	(D)24 - (%)	(D)24 - (%)	(D)24 - (%)	(D)24 - (%)	(D)24 - (%)
12	10000	1.8	150	05.01.2008	(D)75 - (%)	(D)75 - (%)	(D)75 - (%)	(D)75 - (%)	(D)75 - (%)
13	10000	1.8	150	05.01.2008	(D)151 - (%)	(D)151 - (%)	(D)151 - (%)	(D)151 - (%)	(D)151 - (%)
14	10000	1.8	150	05.01.2008	(D)150 - (%)	(D)150 - (%)	(D)150 - (%)	(D)150 - (%)	(D)150 - (%)
16	10000	1.8	10000	06.01.2008	(D)5 - (%)&0	(D)5 - (%)&0	(D)5 - (%)&0	(D)5 - (%)&0	(D)5 - (%)&0

```

private string baglanti, sorgusu, yol;
private OleDbConnection yeni;
private OleDbDataAdapter adapter;
private DataSet al;
private CurrencyManager gez;

private void tablo_Load_1(object sender, EventArgs e)
{
//veri tabanından bilgiler çekilerek arayüze aktarılıp kullanıcıya
gösterilir.
        yol = Directory.GetCurrentDirectory();
        yol = yol + "\\numune.mdb";
        baglanti = "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0.;Data
Source=" + yol;
        sorgusu = "select * from giris";

```

### EK-1 (Devam) Scada yazılımı

```

        yeni = new OleDbConnection(baglanti);
        adapter = new OleDbDataAdapter(sorgusu, yeni);
        al = new DataSet();
        adapter.Fill(al, "giris");
        dataGrid1.DataSource = al.Tables["giris"];

        int adet;
        gez =
(CurrencyManager)this.BindingContext[al.Tables["giris"]];
        adet = gez.Count;
        textBox1.Text = "1/" + adet.ToString();

    }

    private void timer1_Tick_1(object sender, EventArgs e)
    {
//sağ alt köşsede saat gösterildi.
        DateTime saat;
        saat = DateTime.Now;
        toolStripStatusLabel2.Text = saat.ToLongTimeString();
    }

    private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
    { //birinci kayıta git.
        button1.Enabled = false;
        button3.Enabled = false;
        button4.Enabled = true;
        button2.Enabled = true;
        int adet;
        gez =
(CurrencyManager)this.BindingContext[al.Tables["giris"]];
        adet = gez.Count;
        gez.Position = 0;
        textBox1.Text = "1/" + adet.ToString();

    }
//takvimi göster
    private int a = 0;
    private void button5_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        if (a == 0)
        {
            monthCalendar1.Visible = true;
            a++;
        }
        else
        {
            monthCalendar1.Visible = false;
            a--;
        }
    }

    private void button6_Click(object sender, EventArgs e)
    { //kayıt sil

```

## EK-1 (Devam) Scada yazılımı

```

try
{
    int numara, adet;
    gez =
(CurrencyManager)this.BindingContext[al.Tables["giris"]];
    adet = gez.Count;
    if (adet <= 0)
    {
        MessageBox.Show("Tüm kayıtlar silindi");
        textBox1.Text = "0/0";
    }
    else
    {
        DialogResult mesaj;
        mesaj = MessageBox.Show((gez.Position + 1) + ".
Kaydı silmek istediğinizden eminmisiniz ?", "Sil",
MessageBoxButtons.YesNo, MessageBoxIcon.Question);
        if (mesaj == DialogResult.Yes)
        {
            numara = gez.Position;
            gez.RemoveAt (numara);
            adapter.Update(al.Tables["giris"]);
            textBox1.Text = numara.ToString() + "/" +
adet.ToString();
        }
    }
}
catch
{
    MessageBox.Show("Silme işlemi sırasında bir sorun
oluşturtu");
}

```



```

private void piston_Load(object sender, EventArgs e)
{
    try
    {
        yeniDeğerGirToolStripMenuItem.Enabled = true;
        this.AcceptButton = button4;
    }
}

```

## EK-1 (Devam) Scada yazılımı

```

        if (serialPort1.IsOpen == false)
        {
            serialPort1.Open();
        }

//zamanlayıcıların süreleri ayarlanmaktadırç
13;          p1_zamanlayici.Interval = baglanti.timer_zamani /
13;          p2_zamanlayici.Interval = baglanti.timer_zamani /
13;          p3_zamanlayici.Interval = baglanti.timer_zamani /
13;          p4_zamanlayici.Interval = baglanti.timer_zamani /
13;          p5_zamanlayici.Interval = baglanti.timer_zamani /
13;          p6_zamanlayici.Interval = baglanti.timer_zamani /
13;          p7_zamanlayici.Interval = baglanti.timer_zamani /
13;          p8_zamanlayici.Interval = baglanti.timer_zamani /
13;          p9_zamanlayici.Interval = baglanti.timer_zamani /
13;          p10_zamanlayici.Interval = baglanti.timer_zamani /
13;
        //}
//Girilen değerler ara yüze aktarılmaktadır.
        textBox13.Text = baglanti.kg.ToString();
        textBox14.Text = baglanti.hz.ToString();
        textBox15.Text = baglanti.darbe.ToString();
        textBox18.Text = baglanti.kg.ToString();
        textBox17.Text = baglanti.hz.ToString();
        textBox16.Text = baglanti.darbe.ToString();
        textBox28.Text = baglanti.kg.ToString();
        textBox27.Text = baglanti.hz.ToString();
        textBox26.Text = baglanti.darbe.ToString();
        textBox38.Text = baglanti.kg.ToString();
        textBox37.Text = baglanti.hz.ToString();
        textBox36.Text = baglanti.darbe.ToString();
        textBox33.Text = baglanti.kg.ToString();
        textBox32.Text = baglanti.hz.ToString();
        textBox31.Text = baglanti.darbe.ToString();
        textBox48.Text = baglanti.kg.ToString();
        textBox47.Text = baglanti.hz.ToString();
        textBox46.Text = baglanti.darbe.ToString();
        textBox43.Text = baglanti.kg.ToString();
        textBox42.Text = baglanti.hz.ToString();
        textBox41.Text = baglanti.darbe.ToString();
        textBox23.Text = baglanti.kg.ToString();
        textBox22.Text = baglanti.hz.ToString();
        textBox21.Text = baglanti.darbe.ToString();
        textBox10.Text = baglanti.kg.ToString();
        textBox9.Text = baglanti.hz.ToString();
        textBox8.Text = baglanti.darbe.ToString();

```

## EK-1 (Devam) Scada yazılımı

```

        textBox5.Text = baglanti.kg.ToString();
        textBox4.Text = baglanti.hz.ToString();
        textBox3.Text = baglanti.darbe.ToString();

//kompenetlerin üzerlerine mouse ile gelinip durulduğunda mesaj
çıkmasını sağlamaktadır.
        toolTip1.SetToolTip(this.textBox1, "İşlem sayısı
(Darbe olarak)");
        toolTip1.SetToolTip(this.textBox20, "İşlem sayısı
(Darbe olarak)");
        toolTip1.SetToolTip(this.textBox30, "İşlem sayısı
(Darbe olarak)");
        toolTip1.SetToolTip(this.textBox40, "İşlem sayısı
(Darbe olarak)");
        toolTip1.SetToolTip(this.textBox35, "İşlem sayısı
(Darbe olarak)");
        toolTip1.SetToolTip(this.textBox50, "İşlem sayısı
(Darbe olarak)");
        toolTip1.SetToolTip(this.textBox45, "İşlem sayısı
(Darbe olarak)");
        toolTip1.SetToolTip(this.textBox25, "İşlem sayısı
(Darbe olarak)");
        toolTip1.SetToolTip(this.textBox12, "İşlem sayısı
(Darbe olarak)");
        toolTip1.SetToolTip(this.textBox7, "İşlem sayısı
(Darbe olarak)");

        toolTip1.SetToolTip(this.textBox2, "İşlem sayısı
(Yüzde(%) olarak)");
        toolTip1.SetToolTip(this.textBox19, "İşlem sayısı
(Yüzde(%) olarak)");
        toolTip1.SetToolTip(this.textBox29, "İşlem sayısı
(Yüzde(%) olarak)");
        toolTip1.SetToolTip(this.textBox39, "İşlem sayısı
(Yüzde(%) olarak)");
        toolTip1.SetToolTip(this.textBox34, "İşlem sayısı
(Yüzde(%) olarak)");
        toolTip1.SetToolTip(this.textBox49, "İşlem sayısı
(Yüzde(%) olarak)");
        toolTip1.SetToolTip(this.textBox44, "İşlem sayısı
(Yüzde(%) olarak)");
        toolTip1.SetToolTip(this.textBox24, "İşlem sayısı
(Yüzde(%) olarak)");
        toolTip1.SetToolTip(this.textBox11, "İşlem sayısı
(Yüzde(%) olarak)");
        toolTip1.SetToolTip(this.textBox6, "İşlem sayısı
(Yüzde(%) olarak)");

        toolTip1.SetToolTip(this.pictureBox54, "Gelen
verihatası");
        toolTip1.SetToolTip(this.pictureBox53, "Sistem
sorunsuz çalışıyor");

```

## EK-1 (Devam) Scada yazılımı

```

        toolTip1.SetToolTip(this.groupBox2, "1.Piston'un
İstenilen ve İşlevsel Değerleri");
        toolTip1.SetToolTip(this.groupBox8, "2.Piston'un
İstenilen ve İşlevsel Değerleri");
        toolTip1.SetToolTip(this.groupBox12, "3.Piston'un
İstenilen ve İşlevsel Değerleri");
        toolTip1.SetToolTip(this.groupBox16, "4.Piston'un
İstenilen ve İşlevsel Değerleri");
        toolTip1.SetToolTip(this.groupBox14, "5.Piston'un
İstenilen ve İşlevsel Değerleri");
        toolTip1.SetToolTip(this.groupBox20, "6.Piston'un
İstenilen ve İşlevsel Değerleri");
        toolTip1.SetToolTip(this.groupBox18, "7.Piston'un
İstenilen ve İşlevsel Değerleri");
        toolTip1.SetToolTip(this.groupBox10, "8.Piston'un
İstenilen ve İşlevsel Değerleri");
        toolTip1.SetToolTip(this.groupBox6, "9.Piston'un
İstenilen ve İşlevsel Değerleri");
        toolTip1.SetToolTip(this.groupBox4, "10.Piston'un
İstenilen ve İşlevsel Değerleri");

    }
    catch { MessageBox.Show("COM1 portunun kullanumda
    olmadığından emin olunuz"); }
}
_1. Piston İçin Yazılanların Başı_____//
private int x = 33, y = 170;
private double yuzdesil, yuzdesil1, darbel11;
private int asagiyukari = 0;

private string bitis_saat;
private string darbe_son;
private string yuzdesi_son;
private string piston1_bilgi;
private void p1_zamanlayici_Tick(object sender, EventArgs e)
{
    try
    {
        p1_zamanlayici.Interval =
Convert.ToInt32(baglanti.timer_zamani / 13);
        //}
        // 1.Pistonun Çalışmadurumu
        if (baglanti.sistem_calisiyor == 1)
        {
            if (baglanti.piston1_calismasi == 1)
            {
                pictureBox6.Visible = false;

                if (asagiyukari == 0) //Piston numuneye
vuruyor
                {
                    if (y >= 175)
                    {
                        y++;
                    }
                }
            }
        }
    }
}

```

## EK-1 (Devam) Scada yazılımı

```

        this.pictureBox3.Image =
numune.Properties.Resources.pistonol;
        DateTime san = DateTime.Now;
        int hour2, minu2, sec2;
        double hms2;
        hour2 = san.Hour;
        minu2 = san.Minute;
        sec2 = san.Second;
        hms2 = (3600 * hour2 + 60 * minu2 +
sec2) * 1000;
        baglanti.darbe1 = baglanti.darbe1 +
Convert.ToInt32((hms2 - baglanti.hmslyedek) / baglanti.peryot);
        baglanti.hmslyedek = hms2;
        textBox1.Text =
baglanti.darbe1.ToString();
        darbel11 = baglanti.darbe;//girilen
darbe sayısı
        yuzdesil =
Math.Round(((baglanti.darbe1 / darbel11) * 100), 3);
        textBox2.Text = "%" +
yuzdesil.ToString();
        yuzdesi11 = (113 * (baglanti.darbe
/ baglanti.darbe));
        yuzdesi11 = Math.Floor(yuzdesi11);
        pictureBox5.Height = (int)yuzdesi11;
        bitis_saat =
toolStripStatusLabel2.Text;
        darbe_son = textBox1.Text;
        yuzdesi_son = textBox2.Text;
    }
    y++;
    this.pictureBox22.Location = new
System.Drawing.Point(x, y);
    if (Convert.ToDouble(baglanti.darbe) >=
baglanti.darbe)
    {
        baglanti.piston1_calismasi = 0;
        textBox1.Text =
baglanti.darbe.ToString() ;
        pictureBox5.Height = 113;
        textBox2.Text = "% 100";
    }
    if (y >= 177)
    {
        asagiyukari = 1;
    }
}
else
{
    y--;
    this.pictureBox22.Location = new
System.Drawing.Point(x, y);
    this.pictureBox3.Image =
numune.Properties.Resources.numune;

```

## EK-1 (Devam) Scada yazılımı

```

        if (y <= 170)
        {
            asagiyukari = 0;
        }
    }
else //piston durdu ise
{
    toolStripStatusLabel3.Text = "1.Bitti";
    this.pictureBox22.Location = new
System.Drawing.Point(x, y);
    pictureBox6.Visible = true;
    if (pictureBox6.BackColor == Color.Blue)
    {
        pictureBox6.BackColor = Color.Lime;
    }
    else
    {
        pictureBox6.BackColor = Color.Blue;
    }
    if (baglanti.kaydet == 0)
    {

        this.pictureBox3.Image =
numune.Properties.Resources.numune;
        this.pictureBox22.Location = new
System.Drawing.Point(33, 170);
        //*****Kaydet*****
        piston1_bilgi = Convert.ToString("(D)" +
darbe_son + " - " + "(Y)" + yuzdesi_son + " - " + "(B)" +
bitis_saat);

        string baglantii, sorgusu, yol;
        OleDbConnection yenii; // bu
tanımlamaları global yapabileceğimiz gibi
        OleDbCommand uygula; // bu
şekilde herbir kaydetme için ayrı da yapılabilir.(açıklayıcı olsun
diye böyle yapıldı)
        yol = Directory.GetCurrentDirectory();
        yol = yol + "\\numune.mdb";
        baglantii =
"Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0.;Data Source=" + yol;
        sorgusu = "update giris set pl='" +
piston1_bilgi + "' where baslangic='" + baglanti.uygulama_saati +
"'";

        yenii = new OleDbConnection(baglantii);
        uygula = new OleDbCommand(sorgusu,
yenii);

        if (yenii.State ==
ConnectionState.Closed)
        {
            yenii.Open();
        }
        uygula.ExecuteNonQuery();
        yenii.Close();

```



## EK-1 (Devam) Scada yazılımı

```

        a3 = Convert.ToInt32(textBox6.Text);
        a3yedek = Convert.ToInt32(textBox6.Text);

        if (((a1 + 10000000) > 99999999) || ((a2 +
10000000) > 99999999) || ((a3 + 10000000) > 99999999) || (a1 <= 0)
|| (a2 <= 20) || (a3 <= 0))

        }
        else
        {
            if (serialPort1.IsOpen == false)
            { serialPort1.Open(); }
            serialPort1.WriteLine("K");
            Thread.Sleep(1000);

                //*****Kaydet*****

                string baglantii, sorgusu, yol;
                OleDbConnection yenii;
                OleDbCommand uygula;
                yol =
Directory.GetCurrentDirectory();
                yol = yol + "\\numune.mdb";
                baglantii =
"Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0.;Data Source=" + yol;

                sorgusu = "update giris set
kg='" + textBox4.Text + "', hz='" + yaz + "', darbe='" +
textBox6.Text + "' where baslangic='" + baglanti.uygulama_saati +
"'"; // and hz='" + baglanti.hz + "'"; // and darbe='" + textBox3.Text
+ "'";

                yenii = new
OleDbConnection(baglanti);
                uygula = new
OleDbCommand(sorgusu, yenii);
                if (yenii.State ==
ConnectionState.Closed)
                {
                    yenii.Open();
                }
                uygula.ExecuteNonQuery();
                yenii.Close();

                //*****//

                baglanti.sistem_calisiyor = 1;
                baglanti.birdefacalistir = 1;
                baglanti.kapat = 0;

                button1.Enabled = true;
            }
        }
    //}
}
else

```

**EK-1 (Devam) Scada yazılımı**

```
{
    MessageBox.Show(this, "Sistem çalışma konumunda
değil. Önce açılması gerekiyor.", "Uyarı", MessageBoxButtons.OK,
MessageBoxIcon.Hand);
}
catch (System.Exception w)
{
    button1.Enabled = true;
    MessageBox.Show(this, "Lütfen değerlerin doğru
girildiğinden ve sistemin açık olduğundan emin olunuz. " + w);
}
}
```

EK-2 Okluzal yükleme makinasının elemanları

## ÖZGEÇMİŞ

Berat Barış BULDUM 23-05-1979 yılında Mersin ilinin Tarsus ilçesinde doğmuştur. İlköğretimini Çankaya ilkokulu ve Salim Yılmaz ortaokulunda, ortaöğretimini I. Anadolu Teknik Lisesinde tamamlamıştır. 1999-2000 yıllarında L. Avrupa Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliğinde eğitim almıştır. 2001 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Talaşlı Üretim Anabilimdalında lisans eğitimine başlamış 2003 yılında mezun olmuştur. Aynı Gazi Üniversitesi Fenbilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilimdalında yüksek lisans eğitimine başlamış ve halen öğrenimine devam etmektedir.