



T.C.  
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



JET PULSE FİLTRELERDE GELİŞMİŞ  
OTOMASYON TEKNOLOJİLERİ  
KULLANILARAK ENERJİ TASARRUFU  
SAĞLANMASI VE TOZ EMİSYONLARININ  
ÇEVREYE OLAN OLUMSUZ ETKİLERİNİN  
AZALTILMASI

Nihat ÇANKAYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Mayıs-2017  
KONYA  
Her Hakkı Saklıdır

## TEZ KABUL VE ONAYI

Nihat ÇANKAYA tarafından hazırlanan “Jet pulse filtrelerde gelişmiş otomasyon teknolojileri kullanılarak enerji tasarrufu sağlanması ve toz emisyonlarının çevreye olan olumsuz etkilerinin azaltılması” adlı tez çalışması 29/05/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

### İmza


#### Başkan

Doç. Dr. Ömer AYDOĞDU



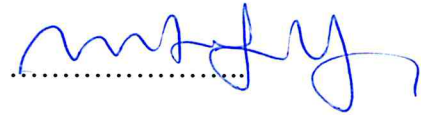
Danışman

Doç. Dr. Murat ÖZCAN



Üye

Y. Doç. Dr. Mustafa YAĞCI



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Ahmet COŞKUN  
FBE Müdürü

## TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.



Nihat ÇANKAYA  
29.05.2017

# ÖZET

## YÜKSEK LİSANS TEZİ

### JET PULSE FİLTRELERDE GELİŞMİŞ OTOMASYON TEKNOLOJİLERİ KULLANILARAK ENERJİ TASARRUFU SAĞLANMASI VE TOZ EMİSYONLARININ ÇEVREYE OLAN OLUMSUZ ETKİLERİNİN AZALTILMASI

Nihat ÇANKAYA

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Elektrik - Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Muciz ÖZCAN

2017, 171 Sayfa

Jüri

Danışman: Doç. Dr. Muciz ÖZCAN

Doç. Dr. Ömer AYDOĞDU

Yrd. Doç. Dr. Mustafa YAĞCI

Bu çalışmada, Jet Puls Filtrelerin enerji tüketimlerinin azaltılması, filtre etkinliklerinin artırılması, aspirasyon değerlerinin sabit tutulması ve işletme sorunlarının giderilmesi amacıyla, gelişmiş bir otomasyon sistemi kullanılarak, yeni çalışma yöntemleri ve algoritmaları araştırılmıştır. Tüm çalışmalar endüstriyel bir tesiste gerçek çalışma koşulları altında gerçekleştirilmiştir.

Jet Puls Filtrelerin ana enerji tüketimini oluşturan temizleme havasının üretimi için biri yeni biri klasik olmak üzere toplam iki yöntem, üretilen bu havanın kullanımı için dördü yeni biri klasik olmak üzere toplam beş yöntem, faktöriyel deneme desenine göre 2x5 üç tekerrürlü olarak denenmiştir. Ayrıca Jet Puls Filtrelerde oluşan arıza ve aksaklıkların tespiti için yeni yöntemler önerilmiştir. Yeni yöntemleri denemek ve ölçümleri almak için mevcut sisteme sensörler yerleştirilmiş, PLC-SCADA tabanlı gelişmiş bir otomasyon sistemi eklenmiştir. Tüm çalışma parametrelerinin gerçek zamanlı kayıtları tutulmuş ve eğrileri alınmıştır. Yapılan çalışmada, biri klasik diğer dokuzu yeni önerilen olmak üzere on farklı çalışma yöntemi oluşmuştur. En düşük enerji tüketimi sekiz numaralı çalışma yönteminde gerçekleşmiştir. Klasik yönteme kıyasla, enerji tüketimi % 55 azalırken, üretilen hava miktarı düşmüş, blower yağı maksimum sıcaklığı ise artmıştır. En yüksek hava üretimi dört numaralı çalışma yönteminde gerçekleşmiştir. Klasik yönteme kıyasla, hava üretimi % 161 artarken enerji tüketimi % 37 azalmış, blower yağı maksimum sıcaklığı ise 36°C azalmıştır.

Filtre torbalarında oluşan patlakların fark basınç ( $\Delta P$ ) değerinin, pnömatik ekipmanlarda oluşan arızalarının tank basıncı değerinin değişiminden tespit edilebileceği görülmüştür. Hava kilidinin bir haznede biriken toza göre çalışmasının işletme şartları açısından daha uygun olduğu tespit edilmiştir. Fark basınç ( $\Delta P$ ) değerinin sabit tutulmasıyla aspirasyon hava hızının sabit kalması sağlanmıştır.

Çalışma sonucunda, denenen yöntemlere ilaveten çok sayıda farklı çalışma yönteminin geliştirilebileceği görülmüştür. Elde edilen veriler kullanılarak, yukarıda önerilen 10 yönteme ilaveten farklı yeni bir çalışma yöntemi daha geliştirilmiş ve denemeleri yapılmıştır. Önerilen bu yöntemde de, klasik yönteme kıyasla, enerji tüketimi toplamda % 54 azalırken, hava üretimi % 89 artmış, blower yağı maksimum sıcaklığı ise 37°C azalmıştır. Elde edilen sonuçlardan bu yöntemin, diğer tüm yöntemlerden daha iyi sonuçlar verdiği ve endüstriyel uygulamalar için önerilebileceği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** çevre, enerji tasarrufu, jet puls filtre, otomasyon, sağlık

## ABSTRACT

### MS THESIS

# ACHIEVEMENT OF ENERGY SAVING AND REDUCING NEGATIVE EFFECTS OF DUST EMISSION ON ENVIRONMENT BY USE OF IMPROVED AUTOMATION TECHNOLOGIES IN JET PULSE FILTERS

Nihat ÇANKAYA

The Graduate School of Natural and Applied Science of  
Necmettin Erbakan University  
The Degree of Master of Science in Electrical Electronics Engineering

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Muciz ÖZCAN

2017, 171 Pages

Jury

Advisor Assoc. Prof. Dr. Muciz ÖZCAN  
Assoc. Prof. Dr. Ömer AYDOĞDU  
Asst. Prof. Dr. Mustafa YAĞCI

In this study, new working methods and algorithms were investigated using an advanced automation system to reduce the energy consumption, increase the filter efficiencies, keep the aspiration values constant and solve the operating problems of the Jet Pulse Filters. Applications were all carried out under actual working condition in an industrial facility.

For the production of the cleaning air which constitutes the main energy consumption of the Jet Pulse Filters, a total of two methods, one for the new and one for the classical were applied; for the use of this produced air, five methods; four for the new and one for the classical according to the factorial design 2x5 were tested in triplicate. In addition, new methods were proposed for detecting faults and malfunctions in Jet Pulse Filters. An advanced automation system based on PLC-SCADA was added, with sensors installed in the existing system to test new methods and receive measurements. Real-time records of all operating parameters were kept and curves were created. In this study, there were ten different working methods, one of which is classical and the other nine were newly proposed. The lowest energy consumption was achieved in working method number eight. Compared with the conventional method, while the energy consumption was reduced by 55%, the amount of air produced was reduced and the maximum temperature of the blower oil was increased. The highest production of air was achieved by working method number four. Compared with the conventional method, air production increased by 161%, energy consumption decreased by 37%, and blower oil maximum temperature decreased by 36 °C.

It was concluded that the differential pressure ( $\Delta P$ ) value of the outbreaks in the filter bags can be determined by the change of the tank pressure of the faults occurring in the pneumatic equipment. It was found that operating the air bag according to the dust accumulating in a chamber was more suitable in terms of operating conditions. The aspiration air velocity was kept constant by keeping the differential pressure ( $\Delta P$ ) constant.

As a result of the study, it can be seen that a large number of different working methods can be developed in addition to the tried methods. Using the obtained data, a new method of study was developed in addition to the above-mentioned ten methods and experiments were carried out. In this proposed method, compared with the conventional method, while the energy consumption was reduced by 54% in total, the air production was increased by 89% and the blower oil maximum temperature was decreased by 37 °C. From the results obtained, it was seen that this method gives better results than all other methods and can be recommended for industrial applications.

**Keywords:** automation, energy saving, environment, health, jet pulse filter

## ÖNSÖZ

Tezimin hazırlanması esnasında bilgi ve birikimlerini paylaşarak bana yol gösteren ve çalışmamın her aşamasında destek olan danışmanım Doç. Dr. Muciz ÖZCAN'a,

Tüm akademik çalışmalarına önyak olan, çalışmalarımnda her türlü desteği sağlayan değerli hocam Prof. Dr. Selman TÜRKER'e,

Desteklerini ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Nermin BİLGİÇLİ'ye,

Sayın Abdülhamid Birer'e ve tüm Fen Bilimleri Enstitüsü ekibine,

Fabrika çalışmalarının yürütülmesinde yardımcı olan Pınar Kuruyemiş firmasına ve Üretim Müdürü Sayın Zafer ÇALIŞ'a,

Gıda İşleme Bölümü öğretim elemanlarına ve Öğr. Gör. Hakan VATANSEV'e,

Gösterdikleri özveri için sevgili aileme,

Teşekkürü borç bilirim.

Nihat ÇANKAYA  
KONYA-2017

## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>v</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>vi</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>vii</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI</b> .....	<b>4</b>
2.1. Hava Kalitesi ve İnsan Sağlığı için Önemi .....	4
2.2. Jet Puls Filtre ve Ekipmanları .....	5
2.3. Otomasyon .....	9
2.4. Enerji Tasarrufu .....	15
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	<b>19</b>
3.1. Materyal .....	19
3.1.1. Sistemin basitçe anlatımı .....	19
3.1.2. Sistemin ana elemanları ve enerji tüketim noktaları.....	25
3.1.3. Filtre torbalarının temizlenmesi ve fark basınç ( $\Delta P$ ) .....	30
3.1.4. Sistemin otomasyon altyapısı .....	31
3.1.4.1. Kontrol edilecek ekipmanlar.....	31
3.1.4.2. Kullanılan saha cihazları, algılayıcılar, transmitterler .....	31
3.1.4.3. Elektrik kumanda ve otomasyon panosu .....	32
3.1.4.4. PLC altyapısı ve PLC yazılımı .....	32
3.1.4.5. SCADA altyapısı ve SCADA yazılımı .....	36
3.1.4.6. Haberleşme altyapısı.....	41
3.1.4.7. PID parametreleri.....	42
3.2. Yöntem.....	43
3.2.1. Deneme planı .....	43
3.2.2. Sistem parametrelerinin ölçümleri.....	47
3.2.3. Kullanılan ölçüm cihazları.....	48
3.2.3.1. Temizleme sistemi toplam aktif gücünün ölçülmesi .....	48
3.2.3.2. Aspirasyon havası sıcaklığının ölçülmesi.....	48
3.2.3.3. Aspirasyon havası bağıl neminin ölçülmesi .....	49
3.2.3.4. Blower hava çıkış basıncının ölçülmesi.....	49
3.2.3.5. Filtre tankı hava basıncının ölçülmesi .....	50
3.2.3.6. Blower yağ sıcaklığının ölçülmesi.....	50

3.2.3.7. Fan emiş basıncının (vakumunun) ölçülmesi .....	50
3.2.3.8. Fan çıkış basıncının ölçülmesi .....	51
3.2.3.9. Filtre çıkışındaki aspirasyon havası basıncının ölçülmesi .....	51
3.2.3.10. Filtre torbalarında düşen hava basıncının (fark basınç) ölçülmesi .....	52
3.2.3.11. Aspirasyon hava hızının ölçülmesi .....	52
3.2.3.12. Blower motoru aktif gücünün ölçülmesi .....	53
3.2.3.13. Fan motoru aktif gücünün ölçülmesi .....	53
3.2.3.14. Hava kilidi motoru aktif gücünün ölçülmesi .....	54
3.2.3.15. Ortam sıcaklığının ölçülmesi .....	54
3.2.3.16. Aspirasyon hava debisinin ölçülmesi .....	54
3.2.3.17. Tank basıncının düşme ve yükselme süresinin ölçülmesi .....	55
3.2.3.18. Filtre koniğinde ürün olup olmadığının tespiti .....	56
3.2.3.19. Temizleme sisteminde aksaklık olup olmadığının tespiti .....	56
3.2.3. İstatistiki analizler .....	56
<b>4. ARAşTIRMA SONUÇLARI VE TARTIşMA.....</b>	<b>57</b>
4.1. Sistem Parametreleri .....	57
4.1.1. Blower motoru güç değerleri .....	60
4.1.2. Blower motoru ortalama güç standart sapma değerleri .....	67
4.1.3. Üfleme sayısı değerleri .....	69
4.1.4. Kullanılan üfleme havası değerleri .....	71
4.1.5. Blower yıllık enerji tüketimi değerleri.....	73
4.1.6. Temizleme havası birim enerji sarfıyatı değerleri .....	75
4.1.7. Blower yağı maksimum sıcaklık değerleri .....	77
4.1.8. Aspirasyon ortalama debi değerleri .....	81
4.1.9. Aspirasyon ortalama hava hızı değerleri .....	84
4.1.10. Filtre Ortalama Fark Basınç ( $\Delta P$ ) değerleri .....	86
4.1.11. Fan ortalama güç değerleri .....	88
4.2. Filtre işletme değerleri .....	90
4.2.1. Bir blower ile birden fazla filtrenin temizlenmesi .....	90
4.2.2. Filtre torbalarının temizlenmesi ile ilgili arıza ve aksaklıkların tespiti .....	91
4.2.3. Filtre torbalarına ters hava üfleme süresi ve bekleme süresinin tespiti .....	92
4.2.4. Filtre torbası patlaklarının tespiti .....	94
4.2.5. Hava kilidinin otomasyon ile çalıştırılması .....	96
<b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>98</b>
5.1 Sonuçlar .....	98
5.2 Öneriler .....	104
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>105</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>113</b>
EK-1 Otomasyon ve Kumanda Panosuna Ait Elektrik Projesi.....	114
EK-2 STEP7 Ekranından Alınan PLC Yazılımı Görüntüsü (OB1, FC1 ve FB203)	138
EK-3 WinCC Programından Alınan TAG Listesi .....	155
<b>ÖZGEÇMİş .....</b>	<b>171</b>



## SİMGELER VE KISALTMALAR

CP	:Communication Processor
CPU	:Central Processing Unit
HMI	:Human Machine Interface
I/O	:Input and Output
IWLAN	:Industrial Wireless Local Area Network
IP	:Internet Protocol
IT	:Information Technology
JPF	:Jet Puls Filtre
LAN	:Local Area Network
MPI	:Multi Point Interface
OLE	:Object Linking and Embedding
OP	:Operator Panel
OPC	:OLE for Process Control
OS	:Operating System
PROFIBUS	:Process Field Bus
PID	:Proportional Integral Derivative
PLC	:Programmable Logic Controller
PM2.5	:2.5 mikrometre ve daha küçük boyuttaki parçacık
PM10	:10 mikrometre ve daha küçük boyuttaki parçacık
SCADA	:Supervisory Control and Data Acquisition
SPSS	:Statistical Package for the Social Sciences
TCP	:Transmission Control Protocol
TCP/IP	:Transmission Control Protocol / Internet Protocol
TREND	: Eğri
WAN	:Wide Area Network

## 1. GİRİŞ

Çevre ve enerji günümüzün en önemli kavramlarından biridir. Solunabilir hava kalitesi kavramı da hayatımıza kömür kullanımının yaygınlaşması ile dâhil olmuş, endüstrileşme ile birlikte hayatımızın bir parçası haline gelmiştir. Hava kalitesini bozan çok sayıda etmen mevcut olup bunların başlıcaları; endüstriyel tesislerden kaynaklanan emisyonlar, konutların ısıtılmasında kullanılan kaynaklar ile ulaşım araçlarından kaynaklanan emisyonlardır. Avrupada uygulanan ciddi çevre politikaları sayesinde, emisyon değerleri son yıllarda eskiye oranla daha iyi duruma gelmiştir. Bu iyileşme çevre düzenlemelerinin tavizsiz uygulanması ve çevreyi kirletici endüstriyel tesislerin 3. dünya ülkelerine taşınması ile gerçekleştirilmiştir. Gelişmekte olan ülkelerde ise çevre ile ilgili düzenlemelerde ilerlemeler olsa da emisyon değerlerinde aynı oranda iyileşme elde edilememiştir. Konutlarda yaşanan doğalgaza dönüş ve kömür kullanımının azaltılmasına yönelik çalışmalar, hava kalitesinin korunması açısından olumlu yöndeki gelişmedir. Ancak bunun yanı sıra sanayileşmedeki artış, artan enerji ihtiyacını karşılamak için kurulan elektrik santralleri, endüstriyel tesislerden kaynaklanan emisyonlar ve ulaşımda kullanılan araçların emisyonları sürekli bir artış eğilimindedir (Anonim, 2012).

Hava kalitesini bozan emisyon kaynakları çeşitlidir. Bunların en önemlilerinden biri bu tezin de çalışma konusu olan, endüstriyel tesislerden kaynaklanan toz emisyonlarıdır. Toz emisyonları günümüzün önemli problemlerinden biridir. Bu nedenle konuyla ilgili çeşitli kanuni düzenlemeler yapılmıştır. Yapılan kanuni düzenlemeler genel olarak çevrenin korunması başlığı altındadır.

Çevre ile ilgili düzenlemelerin evrensel kaynağı "Ekonomik, sosyal ve kültürel haklar sözleşmesi (International Covenant on Economic, Social and Cultural Rights, kısaca ICESCR) "nin 12. maddesidir. Bu maddenin, sağlık standardı hakkı başlığının b) bendinde; "çevre sağlığını ve sanayi temizliğini her yönüyle ileriye götürme" cümlesi zikredilmektedir. Bu sözleşmeye istinaden T C anayasası 56. maddesinde "sağlık hizmetleri ve çevrenin korunması" başlığı altında "Herkes, sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahiptir. Çevreyi geliştirmek, çevre sağlığını korumak ve çevre kirlenmesinin önlemek devletin ve vatandaşların ödevidir. " denilmektedir. 2872 sayılı çevre kanunu, bu konudaki düzenlemeleri içerir. Bu kanuna istinaden "Sanayi kaynaklı hava kirliliğinin kontrolü yönetmeliği" çıkarılmıştır. Yönetmeliğin amacı; "Sanayi ve enerji üretim tesislerinin faaliyeti sonucu atmosfere yayılan is, duman, toz, gaz, buhar

ve aerosol halindeki emisyonlarını kontrol altına almak; insanı ve çevresini hava alıcı ortamındaki kirlenmelerden doğacak tehlikelerden korumak; hava kirlenmeleri sebebiyle çevrede ortaya çıkan umuma ve komşuluk münasebetlerine önemli zararlar veren olumsuz etkileri gidermek ve bu etkilerin ortaya çıkmamasını sağlamaktır." şeklinde ifade edilmiştir. Yönetmeliğin eklerinde; endüstriyel tesisler gruplandırılmış ve her tesis için uygulanacak emisyon değerleri belirlenmiştir.

Endüstriyel tesislerden kaynaklanan toz emisyonlarını istenilen sınır değerlerinin altında tutmak için prosese uygun özellikte filtreler kullanılmaktadır. Bu filtrelerin en etkin olanı ve en yaygın kullanım alanı bulanı Jet Puls Filtrelerdir (Mukhopadhyay, 2009).

Jet Puls Filtreler, daha açıklayıcı olması açısından "Darbe (Pulse) Tipi Ters (Reverse) Temizleme Havası Üflemeli (Jet) Torbalı Filtre" olarak ifade edilebilir. Jet Puls Filtreler etkin ve yaygın olarak kullanılmakla beraber, gelişmeye açık yönleri bulunmaktadır. Filtrelerle ilgili çalışmaların en fazla yoğunlaştığı konu filtrelerin etkinliklerinin artırılmasıdır. Burada amaçlanan, daha az yüzey alanı ile daha yüksek debide tozlu hava filtrasyonu yapmak ve tozun tamamını yakalamaktır. Enerji tasarrufu ve toz kaçaklarının erken tespiti gibi bazı konularda nispeten daha az gelişme yaşanmıştır. Deneysel şartlarda çalışmalar olsa da uygulama güçlükleri ya da maliyet gibi nedenlerle bu gelişmeler endüstriyel tesislere yeterince uygulanamamıştır. Bu filtrelerle ilgili yapılabilecek çalışmalar; filtre etkinliklerinin artırılması, işletme ve enerji giderlerinin azaltılması, standart filtrasyon değerlerinin sağlanması, filtre torbalarında aşınma sonucu oluşacak toz kaçaklarının erken fark edilmesi olarak sayılabilir. Jet Puls Filtrelerin etkinliği; filtre torbaların üretildiği malzemenin cinsine, aspirasyon basıncına ve filtre torbası temizleme sisteminin etkinliğine bağlıdır.

Jet Puls Filtrelerin çeşitli işletme problemleri bulunmaktadır. Aspirasyon havası hızının sabit kalmaması üretimde verim kayıplarına ve ürün kalitesinin bozulmasına sebep olmaktadır. Elektrik santrali ve çimento fabrikalarında kullanılan filtrelerde oluşan toz kaçakları ciddi çevre ve sağlık problemlerine sebep olmaktadır. Dışarıya kaçan toz aynı zamanda maddi değeri olan ve boşa giden ticari bir üründür.

Jet Puls Filtrelerde, filtre torbalarının yüzeyinde biriken toz tabakası, ters yönde basınçlı hava üflenerek temizlenmektedir. Torbalara hangi sıklıkla hava üfleneceği bir zamanlayıcı yardımıyla belirlenmektedir. Temizleme havası bir blower tarafından üretilmektedir. Basınç istenilen değere ulaşıncaya kadar hava üretilmeye devam edilmekte ancak fazla hava bir ayarlı vana aracılığıyla dışarıya atılmaktadır. Temizleme havası

üretimi için harcanan enerji Jet Puls Filtrenin ana enerji tüketimini oluşturmaktadır. Üretilen hava, ayarlanan üfleme periyodu ve üfleme süresi boyunca, kirlilik durumları gözetilmeksizin, torbalara üflenmektedir. Hem havanın üretilmesi hem de havanın kullanılmasında uygulanan yöntem etkin ve verimli değildir.

Bu çalışmada, filtre etkinliklerinin artırılması, enerji tüketimlerinin azaltılması, aspirasyon hava hızının sabit tutulması, işletme giderlerinin azaltılması, kullanılan parçaların ömürlerinin artırılması, filtre patlaklarının ve filtrelerde yaşanan problemlerin erken tespit edilmesi amacıyla araştırmalar yapılmış, yeni yöntem ve algoritmalar geliştirilmiştir. Yapılan denemelere ait tüm çalışma parametreleri kayıt altına alınmıştır.

Bu tez çalışmasında temizleme havası üretimi ve üretilen havanın kullanımına ilişkin yeni yöntemler denenmiştir. Temizleme havası üretimi için klasik yönteme alternatif olarak yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Üretilen havanın kullanımı içinse klasik yönteme alternatif 4 yeni yöntem geliştirilmiştir. Bu durumda dokuzu yeni biri klasik olmak üzere on çalışma yöntemi kombinasyonu oluşmuştur. Bu yöntemler faktöriyel deneme desenine göre 2x5 üç tekerrürlü olarak test edilmiştir. Ayrıca, filtre torbası patlakları ile filtrelerde oluşan arıza ve aksaklıkların erken tespit edilmesi, doğru üfleme periyodu ve üfleme süresinin belirlenmesi, bir blower ile birden fazla filtrenin temizlenmesi, hava kilidinin proses ihtiyacına göre çalıştırılması gibi konularda yeni yöntemler geliştirilmiştir. Geliştirilen yöntemlerin hepsi endüstriyel bir tesiste gerçek çalışma koşulları altında denenmiştir. Bu yöntem ve algoritmaların denenebilmesi, ölçümlerin yapılabilmesi için var olan filtre sistemine çeşitli sensörler bağlanmıştır. Mevcut sisteme önerilen kontrol yapısını yürütebilecek gelişmiş bir otomasyon sistemi ilave edilmiştir. Sistem ilk önce eski klasik haliyle çalıştırılmış, çalışma performansı incelenmiş ve kayıt altına alınmıştır. Daha sonra ise önerilen kontrol yapısına göre tasarlanan otomasyon sistemi devreye alınmış ve yeni sistemin performansı da kayıt altına alınmıştır. Elde edilen verilere göre klasik yöntem ile yeni denenilen yöntemler karşılaştırılmıştır.

Yapılan çalışmayla, Jet Puls Filtreler için denenilenlerin dışında çok daha farklı çalışma yöntemleri ve algoritmaları geliştirilebileceği görülmüştür. Elde edilen veriler ışığında, denenilenlerden farklı yeni bir yöntem daha geliştirilmiş, bu yöntem de denenmiştir. Yeni geliştirilen çalışma yöntemi, tüm çalışma parametreleri için klasik yöntemden çok daha iyi sonuçlar vermiş olup, bu yöntem önerilen çalışma yöntemi olarak belirlenmiştir.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu tez için yapılan kaynak taraması dört ana başlık altında yapılmıştır. Bunlar; hava kalitesinin insan sağlığı için önemi, Jet Pulse Filtre ve ekipmanları, otomasyon, enerji tasarrufu başlıklarından oluşmaktadır.

### 2.1. Hava Kalitesi ve İnsan Sağlığı için Önemi

Yapılan çalışmalar, hava kirliliğinin, akut ve kronik rahatsızlıkların oluşumuna neden olan en önemli etkenlerden biri olduğunu göstermiştir (Lim ve ark., 2013).

Havada bulunan 10 mikron ve daha küçük boyuttaki parçacık miktarı(PM10), SO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> miktarındaki artış; Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı, kalp damar hastalıkları ve astım rahatsızlıklarında artışa sebep olmaktadır (Fiflekçi ve ark., 1999; Atkinson ve ark., 2001; Le Tertre ve ark., 2002).

Solunum havasında bulunan SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> düzeyi ile PM10 miktarında oluşan artışlar, mortalite (ölüm oranı) artışı ile koraledir (Touloumi ve ark., 1997; Samet ve ark., 2000; Katsouyanni ve ark., 2001; Filleul ve ark., 2004).

Baca dumanda yüzde yetmişlik bir azalmanın, solunumla ilgi rahatsızlıklardan kaynaklanan mortalite oranında % 15.5 azalmaya sebep olduğu gözlemlenmiştir (Clancy ve ark., 2002).

PM10 sınıfına giren parçacıklar akciğer hastalıklarına sebep olmaktadır (Anonim, 2012).

Solunan sağlıksız hava, solunum sistemi ve diğer sistemde çeşitli rahatsızlıklara sebep olmaktadır. Hava kirliliği; Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC) tarafından, akciğer ve mesane kanseri en başta olmak üzere, bir çok kanser türünün en önemli sebebi olarak bildirilmiştir (Anonymous, 2013).

Özcan (2007) çalışmasında Konya'da hava bulunan organik kirleticilerin ölçümü için kullanılan metotların optimizasyonu yapılmış ve şehir atmosferinde gözlemlenmiştir.

Ülkemizde şehirlerde yaşayan nüfusun tamamına yakınının (%99.7) soluduğu hava, Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından belirlenen toz limitlerin üzerinde partikül içermektedir (Anonim, 2015a).

Hava kirliliğinin, 7-13 yaş aralığındaki çocuklarda sağlık problemlerine sebep olduğu, solunum fonksiyonlarının olumsuz etkilendiği ve gelişiminin gerilediği gösterilmiştir (He ve ark., 1993).

## 2.2. Jet Puls Filtre ve Ekipmanları

Qian ve ark. (2015) yaptıkları çalışmalarda filtre torbalarının filtre etkinliklerine etkilerini gözlemlemişlerdir. Üç farklı tip filtre torbası seçmişlerdir. Bunlar standart yeni polyester filtre, 360 saat çalışmış polyester filtre ve PTFE ince membran film ile kaplanmış filtredir. Bu filtrelerin; filtre etkinlikleri, toz tutma kapasiteleri vb. birçok parametre gözlemlenmiştir.

Xueli ve ark. (2017) yaptıkları çalışmalarda, dokumasız iğne delikli filtre torbaları için hibrit filtre ortamının davranış prolizini incelemişlerdir. Değişik filtre malzemeleri kullanılarak filtre torbalarının ömürlerini, bollaşmalarını gözlemlemişlerdir.

Li ve ark. (2016) yaptıkları deneysel çalışmalarda, klasik filtrasyon ile elektrostatik uyarımlı filtrasyonun, puls jet temizleme performansına etkilerini karşılaştırmışlardır. Basınç düşümü azaltma faktörü olarak tanımladıkları bir parametreye göre iki sistemin etkinliklerini gözlemlemişlerdir.

Li ve ark. (2016a) yaptıkları çalışmalarda Jet Puls Filtrelerin temizleme sisteminin etkinliğini incelemişlerdir. Torbalı Jet Puls Filtrelerde filtre torbalarının genel temizleme metodu; torbalara, normal filtrasyon yönünün ters yönünde, yüksek basınçlı, darbeli (puls), hava üfleme (jet) şeklindedir. Bu hava üfleme esnasında, torbaların bazı bölgelerinde ölü bölgeler oluşmakta, temizleme etkinliği torbaların her yerinde aynı olmamaktadır. İlk üfleme esnasında yüksek basınç oluşmakta, hava akışı yönünde sekonder bir hava akımı da torbanın içine girmektedir. Yapılan çalışmada, üfleme nozul boyutlarının temizleme etkinliğine etkisi araştırılmıştır. Klasik dairesel tip nozul yerine dikdörtgen kesitli ( 80mmx 30mm ) nozul denemiş, sonuçları incelenerek modellenmiştir.

Ivell (2016), bir DAP( Diamonyumfosfat) tesisinde yapığı çalışmada, Pulse Jet, Reverse Air (Ters hava) ve Mekanik Sallamalı torbalı filtrelerin verimliliklerini karşılaştırmıştır. Her bir filtrenin filtrasyon performansları gözlemlenmiştir.

Andersen ve ark. (2016) yaptıkları çalışmalarda kumaş filtre torbalarındaki puls jet temizleme sistemini incelemişlerdir. Puls jet temizlemeli kumaş filtreler hava kirliliğini önlemek için bir çok endüstri alanında kullanılmaktadır. Toz filtreden geçerken, filtrenin dış yüzeyinde toz keki denilen bir katman oluşturur. Bu katmanın belirli aralıklar temizlenmesi gerekir. Filtre çalıştığı sürece, belirli aralıklarla toz keki oluşmaya da devam eder. Bu toz kekini temizlemek için, yaygın olarak puls jet

temizleme sistemi kullanılır. Bir valf, dağıtım tesisatı ve çok sayıda nozul olan sistemde, ısa süreli darbelerle (50-150ms), filtre torbalarına ters yönde basınçlı hava üflenir. Her torba için bir adet venturi mevcuttur. Torbaya üflenen basınçlı hava ile birlikte, ters hava akışına kumaşın gösterdiği direnç sebebiyle torba içerisinde puls basıncı denen bir basınç oluşur. Bu basınç sebebiyle, torba kısa süreliğine ters yönde şişer ve filtre üzerinde biriken toz keki düşer. Geleneksel olarak 4-7 bar basınçlı hava kullanılırken, gelişen teknoloji ile birlikte, enerji tüketimini azaltmak amacıyla 2-3 barlık basınçlı hava kullanılmaya başlanmıştır. Kullanılan daha düşük basınç, klasik yüksek basınçlı sistemde var olmayan yeni mühendislik sorunları getirmiştir. Yapılan çalışmada, basınç, venturi, nozul gibi çeşitli değişkenlerin temizleme etkinliğine etkileri incelenmiş ve modelleme yapılmıştır.

Li ve ark. (2015) çalışmalarında, filtre torbasının temizlenmesi esnasında, üfleme havasının filtre torbasının çeşitli seviyelerindeki basınç farklılıklarını gözlemlemişlerdir. Filtre torbası içerisine koni konularak basınç üzerindeki etkileri izlenmiştir.

Saleem ve ark. (2012) filtre kekinin nasıl oluştuğunu incelemişlerdir. Temizleme işlemi başlayınca filtre torbaları üzerinde toz birikmeye başlamaktadır. Oluşan ince toz tabakasına filtre keki denilmektedir. Bu kek filtre etkinliğini artırmaktadır ancak filtre torbalarındaki basınç düşümü artmaktadır. Temizleme işlemi devam ettikçe toz tabakasının kalınlığı artmakta, aspirasyona engel olmaya başlamaktadır. Biriken fazla toz tabakası filtre keki katmanına zarar gelmeden torbalardan temizlenmelidir.

Saleem ve ark. (2012a) tarafından yapılan çalışmada, filtrenin filtrasyona karşı gösterdiği direnç etki eden faktörler incelenmiştir. Filtrasyona filtre tarafından gösterilen direnç, filtre üzerinde bir basınç düşümü olarak ortaya çıkmaktadır. Basınç düşümünün temel sebebi, filtre üzerinde oluşan toz kekidir. Toz keki oluşumuna etki eden çok sayıda parametre vardır. Bunlar, filtrasyon hızı, toz konsantrasyonu, fitrenin yapıldığı malzeme, filtre geçirgenliği ve yüzey özellikleri, toz kompozisyonu, toz şekli, toz parçacık boyutu dağılımı, gaz özellikleri (kompozisyonu, sıcaklığı), temizleme havası basıncı, temizleme süresi gibidir. Çalışmada tüm bu parametreler incelenmiş, toz keki oluşumu üzerine modelleme yapılmış ve toz keki ile ilgili genel matematiksel ifadeler yazılmıştır.

Qian ve ark. (2014) tarafında yapılan çalışmada, jet puls temizleme sistemine ait üfleme mesafesi ile nozul çapı arasındaki ilişki araştırılmıştır. Altı farklı nozul çapı ve

beş farklı mesafe kullanılmıştır. Bu parametrelerin değişimi ile temizleme etkinliğinin değişimi incelenmiş, ideal sistem için optimizasyon yapılmış ve model oluşturulmuştur.

Doğan (2006) çalışmasında, takviyeli ve takviyesiz olarak, farklı iğneleme yoğunluklarında üretilen iğnelenmiş kuru hava filtreleri üzerine odaklanmıştır. Ayrıca, takviyesiz veya dokuma kumaş takviyeli olarak kullanılan iğnelenmiş kumaşlar dışında, örme kumaş takviyeli filtre kumaşı tasarlanmıştır. Dokuma kumaş takviyeli filtrelerin mukavemet açısından yetersizliklerinin giderilmesi amaçlanmıştır. Öncelikle, filtrasyon işlemiyle ve dokusuz yüzey filtrelerle ilgili genel bilgiler ile literatür bilgileri sunulmuştur. Daha sonra, bu çalışmada kullanılan filtrelerin üretimleri ile ilgili detaylar verilmiştir. Filtre performansını belirleyen yapısal özelliklerden kalınlık ve gramaj, fiziksel özelliklerden kopma, yırtılma, patlama mukavemeti ve hava geçirgenliği ölçülmüştür.

Mukhopadhyay (2009) tarafından yapılan çalışmada, Jet Puls Filtreler hakkında genel bilgi verilmiştir. Filtrenin çalışması, parametreleri, filtrasyon sistemi, temizleme ve filtrasyon etkinliği hakkında oldukça geniş bilgiler verilmiştir. Filtrenin kullanım alanlarından filtre tasarımına kadar birçok konudan detaylı olarak ayrı ayrı bahsedilmiştir.

Simon ve ark. (2007), farklı basınçlarda temizleme havası kullanarak filtre torbalarının temizlenmesini gözlemlemişlerdir. Ayrıca torbalara üfleme süresi de bir değişken olarak gözlemlenmiş, farklı üfleme sürelerine göre temizleme işleminin etkinliği incelenmiştir.

Simon ve ark. (2014), ağaç tozunun filtrasyonu ile ilgili yaptıkları çalışmalarda, filtre etkinliklerini gözlemlemişlerdir. Polimer membran kullanılan filtre torbalarının, toz konsantrasyonunun 0,2mg/m<sup>3</sup> sınırında kalmasını sağladığını gözlemlemişlerdir.

Keçeci (2010) çalışmasından filtrasyonda kullanılan materyallerin kullanım özellikleri incelemiştir. Baca gazlarının çok fazla toz sanayi kuruluşlarının ortak sorunudur. Bu sebeple çeşitli filtre ekipmanları kullanılmaktadır. Filtrelerde filtrasyon işlemi yapılırken bir statik elektrik de oluşmaktadır. Bu durum çeşitli tehlikeleri beraberinde getirmektedir.

Findanis ve Southam (2012), Jet Puls Filtrelerin temel parametrelerinin belirlenmesi ile ilgili çalışmalar yapmıştır. Temizleme sistemi iki farklı röle ile kontrol edilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Enerji tüketimlerin düşürülmesi ve filtre etkinliklerinin artırılması ile ilgili öneriler getirilmiştir.



Alan ve Tercan (2013) çalışmalarında hava kalitesini ve hava filtrasyonunda kullanılan filtrelerin özelliklerini incelemiştir. Filtrelerin etkinliğini belirlemek için kullanılan standartlar ve ölçüm yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir.

Cuiping ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada, daha fazla yüzey alanı elde etmek için kullanılan yüksek ve çok kıvrımlı filtre torbalarının temizleme problemlerini incelemiştir. Filtre torbalarının, üst, orta ve alt kısımlarındaki temizlenme farklılıkları, bu farkın sebepleri ve çözümleri üzerine tespitlerde bulunmuştur.

Raynor ve ark. (2008) çalışmalarında sentetik ve fiberglas malzemedan yapılmış iki farklı filtre tipini karşılaştırmışlardır. Özellikle basınç düşümü konusunda, elektrostatik yüklü sentetik malzemelerin daha etkin olduğu gözlemlenmiştir. Bu filtrelerin fiberglas filtrelerin yerine kullanılabilceği gösterilmiştir. Denemelerini bir hastaneye ait klima sisteminde yapmışlardır.

Li ve ark. (2015a) yaptıkları çalışmada, pik basınç değeri ve filtre torbası üzerinde kalan kalıntıların, filtrasyon hızının, üfleme havası basıncının, nozul çapının filtre torbası temizliği üzerindeki etkilerinin ve bağlantılarını incelemiştir. Kullanılan filtre torbası malzemesi; PTFE (PoliTetraFloraEtilen) kaplı polyesterdir.

Lo ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada, filtre torbası üzerinde toz keki oluşumları, fark basınç ( filtre torbası üzerinde oluşan basınç düşümü) değişimlerini incelemiştir. Altı farklı tip filtre torbasının filtrasyon özellikleri gözlemlenmiştir. Torbaların temizlenmesine; üfleme havasının basıncının etkisi, filtre torbası kıvrım sayısının etkisi ve filtre torbası tipi ile torba yüzeyi işleminin etkileri incelenmiştir.

Lu ve Tsai (1998) çalışmalarında, değişik çalışma koşullarına ait filtrasyon eğrisi ve filtre temizleme etkinliklerini gözlemlenmiştir. Filtre dâhili tank kapasitesi, tank basıncı ve venturi şekillerinin filtre torbaları üzerine temizleme etkilerini araştırmışlardır. Maksimum temizleme enerjisi sağlayacak venturi şekilleri üzerinde çalışmışlardır.

Das ve ark. (2011) çalışmalarında filtre kumaşlarının çeşitli özelliklerinin filtre etkinliği üzerine etkilerini incelemiştir. Çalışma sonuçlarına göre filtre etkinliğine etki eden en önemli parametrelerden birinin iğneleme yoğunluğu olduğu sonucuna varılmıştır. Büzüşebilen akrilik malzemeler de incelenmiş ancak etkisinin düşük olduğu görülmüştür.

Zhou ve ark. (2012) çalışmalarında, filtre torbalarında oluşan hasarları incelemiştir. Temizleme havasının bu hasarlar üzerindeki etkisi gözlemlenmiştir.

Torbalara üflenen ters temizleme havasının torbalara zarar vermemesi için çeşitli yöntemler önermişlerdir.

Ji ve ark. (2004) çalışmalarında seramik filtreleri incelemiştir. Bu filtrelerin nozulları gözlemlenmiş, üfleme havası çıkış hızına etki eden faktörler araştırılmıştır.

### 2.3. Otomasyon

Otomasyonu, bir işin insan ile makine arasında paylaşılması şeklinde tanımlayabiliriz. Toplam işin paylaşım yüzdesi otomasyonun düzeyini belirler. İnsan gücünün yoğun olduğu otomasyon sistemleri yarı otomasyon, makinenin yoğun olduğu sistemler ise tam otomasyon olarak adlandırılır (İbrahim, 2010).

Otomasyon Sistemi, endüstride, yönetimde ve bilimsel işlerde insan aracılığı olmadan işlerin otomatik olarak yapılmasını sağlayan ve birlikte iş gören elemanlar topluluğudur (Özcan ve Kahramanlı, 2002).

PLC, İngilizce "Programmable Logic Controller" kelimelerinin baş harflerinden oluşmaktadır. Programlanabilir Mantıksal Denetleyici olarak Türkçeye tercüme edilebilir. PLC; sahadaki algılayıcılardan gelen bilgileri alarak üzerinde bulunan programa göre işleyen, buna göre sahada bulunan enstrümantasyon cihazlarını kontrol eden, mikro işlemci tabanlı bir ekipmandır. PLC, endüstriyel otomasyon sistemlerinin kumanda ve kontrol devrelerini gerçekleştirmek için kullanılmaktadır. PLC, sahadan bilgi almak için input(giriş) birimleri, saha cihazlarına bilgi yazmak için output(çıkış) birimleri, saha cihazları ile haberleşebilmek için communication (haberleşme) birimleri ile donatılmış, SCADA ile uyumlu çalışabilen endüstriyel tip bilgisayarlardır (Özcan ve Özkan, 2004).

SCADA, İngilizce "Supervisory Control And Data Acquisition" kelimelerinin baş harflerinden oluşmaktadır. Kelime anlamı olarak Gözetleyici Denetim ve Veri Toplama olarak ifade edilebilir. Bu terim; 1971'de Arkla Energy Resources (AER) tarafından ortaya atılmış, ilk defa PICA (Power Industry Computer Applications) konferansında 1973'te yayınlanmıştır. İlk SCADA sistemi, AER firması tarafından Fisher Corporation firmasından alınan DC2 bilgisayarına kurulmuştur (Jain ve Prabhakar, 2004).

SCADA, tag adı verilen bilgi etiketleri üzerinden PLC ile haberleşir. Bu etiketler kontrol edilen ekipmanlar için PLC ve SCADA tarafından verilen ortak isimdir (Salihbegovic ve ark., 2009).

Günümüz kontrol endüstrisinde, çok daha fazla bilgi transferi yapan sofistike cihazlar kullanılmaya başlanmıştır. Otomasyonda yaşanan yeni gelişmelerle birlikte, Microsoft Object Linking and Embedding (OLE) teknolojisini kullanmak için endüstriyel bir standart olarak OPC (OLE for Process Control) teknolojisi geliştirilmiştir. OPC teknolojisi, farklı kontrol cihazları arasında haberleşme ve bilgi transferi yapılmasını mümkün kılmaktadır (Şahin ve Bolat, 2009).

PLC 'nin SCADA ile entegrasyonu ile ilgili çok sayıda başarılı uygulama bulunmaktadır (Bailey ve Wright, 2003).

Kulkarni ve Elango (2016) çalışmalarında bir şişe dolum sisteminin otomasyonunu yapmışlardır. Gıda, içecek ve ilaç sektörü hızla büyümektedir. Bu sektöre ait ürünleri doldururken hem hız hem de yüksek hassasiyet gereklidir. Bu talepleri karşılamak için PLC kullanmak zaruret halini almıştır. Sistem aynı zamanda SCADA ile kontrol edilmektedir. Sistemde oluşacak hataları en az indirmek için PID kontrol kullanılmıştır.

Alphonsus ve Abdullah (2016) PLC uygulamalarına yönelik genel bir derleme yapmıştır. PLC nin sınırları, basit ve kompleks uygulamalarda kullanımı hakkında bilgiler vermiştir. PLC den beklentileri, yapılanları ve yapılabilecekleri anlatmışlardır. Panchal ve ark. (2016) çalışmalarında, Steady State Superconducting Tokamak (SST-1) cihazının Helyum soğutma-sıvılaştırma ünitesinin yeniden otomasyonunu yapmışlardır. Sistemde ön soğutma için LN<sub>2</sub>(sıvı nitrojen) kullanılmaktadır. Çalışma sonunda cihaz daha efektif ve verimli çalışır hale gelmiştir. Çalışma, mevcut bir sistemin otomasyon kullanılarak daha verimli hale getirilebileceğinin gösteren örnek bir uygulamadır.

Priyanka ve ark. (2016) çalışmalarında, PLC tabanlı PID kontrol kullanılarak yapılan petrol taşımacılığında, parametrelerin kontrolü ve ekrandan takibi için otomasyon kullanmışlardır. Boru ile petrol taşımacılığında basınç ve akış en önemli parametrelerdir. Boru hatları boyunca basınçlar sürekli ölçülür ve burada yer alan pompalar aracılığıyla uygun basınç değerine çıkarılır. Bu sistemlerin otomasyon ile kontrolü sayesinde; pompalar uygun değerlerde çalıştırılarak istenen fark basınç değeri elde edilir ve gerekli petrol akışı sağlanır.

Sangeetha ve ark. (2016) çalışmalarında çeşitli network mimarileri arasında cascade kontrol sistemlerinin performansını bir SCADA üzerinden analiz etmişlerdir.

Rahman ve ark. (2016) çalışmalarında, verimlilik artışı sağlamak amacıyla bir boyler kazanı otomasyonu yapmışlardır. Sistemde PLC ve SCADA kullanılmıştır.

Kazanın buhar kalitesinde artış gerçekleşmiştir. Ayrıca kazanın verimi de yükselmişti. Otomasyonun getirdiği diğer kazanımlar da gösterilmiştir.

Panchal ve ark. (2015), PLC ve LabView tabanlı SCADA kullanarak PI kontrollü bir seviye kontrol sistemi yapmışlardır. Çalışmada, bir tankın seviyesinin endüstriyel otomasyon sistemleri ile kontrolü yapılmıştır. PID kontrol parametrelerinin seçimi ve çalışması hakkında bilgi verilmiştir.

Usalan ve ark. (2015) çalışmalarında, PLC, SCADA ve operatör paneli kullanarak endüstriyel bir fırının otomasyonunu yapmışlardır. Fırınlarda otomasyon kullanımı fırınların etkinliklerini artırmakta, kullanımlarını kolaylaştırmaktadır. Bu sebeple fırınlar büyük ölçüde otomasyon ile çalışır hale gelmiştir.

Priyadharson ve ark. (2015) çalışmalarında pompalamalı depolamalı bir hidroelektrik santralini örnek almışlardır. Normal zamanlarda, santral altındaki havzada bulunan su santralin üzerinde bulunan barağa pompalanmaktadır. Pik saatlerde ise barağa pompalanan su elektrik üretmek için kullanılmaktadır. Otomasyon sisteminde PLC, HMI, SCADA kullanılmaktadır.

Oğuz ve ark. (2015) çalışmalarında iki aşamalı bir biyodizel üretim tesisi kurmuş ve PLC kullanarak otomasyonunu yapmışlardır. Üretilen biyodizel tek aşamalı ya da iki aşamalı olarak üretilmektedir. Çalışma sonunda, tek aşamalı üretim ile iki aşamalı üretim kıyaslanmış ve iki aşamalı üretilen biyodizelin değerlerinin daha iyi olduğu görülmüştür.

Köse ve ark. (2015), PID ve bulanık mantık ile bir doğru akım motorun gerçek zamanda hız kontrolünü yapmışlardır. Çalışmada, sabit mıknatıslı fırçalı bir Doğru Akım (DC) motorunu kullanılmıştır. Motorun hız kontrolü gerçek zamanlı olarak, PID ve Bulanık Mantık kontrol yöntemleri kullanılarak yapılmıştır. Motora farklı tip giriş sinyalleri uygulanmıştır. Motorun her iki kontrol tipinde de istenen referans aralığında çalışması istenmiştir. Çalışma sonucunda PID ve bulanık mantık kontrol yöntemleriyle elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış, oluşan farklılıkların sebepleri açıklanmıştır.

Çankaya ve ark. (2016), kızartma yağlarının dayanımını artırmak amacıyla, kızartma yağı sıcaklığını istenilen set değerine tutmak ve çok dar bir tolerans aralığında salınım yapmasını sağlamak amacıyla gerçek üretim koşullarında, otomasyon ile çalışan PLC kontrollü endüstriyel tip bir tulumba tatlısı kızartma makinası tasarlamışlardır. Yağ sıcaklığının kontrolünde PID kontrol tipi kullanılmıştır. Isıtıcı olarak da geniş yüzeyli elektrikli rezistans kullanılmıştır. Çalışma neticesinde; kızartmada kullanılan

yağın kalite parametrelerinin iyileştiği, kızartmada kullanılan yağların ömürlerinin uzadığı, atık yağ oluşumunun azaldığı gözlemlenmiştir.

Schlechtingena ve Santos ( 2014), iki aşamalı bir çalışma yapmış olup bu çalışma ilk çalışmanın ikinci aşamasıdır. Birinci bölümün özgünlüğü, durum izleme için rüzgâr türbini denetim denetimi ve SCADA için bir yenilik yaklaşımının önerisiydi. Yenilik, bu bağlamda uyarlamalı nöro-bulanık girişim sistemi (ANFIS) modellerinin kullanımını ve önerilen bir prosedürün farklı SCADA sinyallerine geniş bir yelpazede uygulanmasını sağlamıştır. Anomali tespiti için kurulan ANFIS modellerinin uygulanabilirliği, elde edilen modellerin performansı ile ispatlanmıştır. Önerilen bulanık parazit sistemi (FIS) ile birlikte, tahmini hatalar, izlenen bileşenlerin durumu hakkında bilgi sağlar. İkinci bölüm önerilen yöntemin verimliliğini gösteren uygulama örneklerini sunar. İş, 35 aylık bir süreyi kapsayan, 2 MW sınıfının 18 modern tip rüzgâr türbinden sürekli olarak sağlanan SCADA verilerine dayanmaktadır. Bu verilere dayanılarak arıza ve hata tespiti yapılmaktadır. Durum izleme sistemi ile diğer türbinlerdeki benzer arızaları otomatik olarak teşhis etmek için uygun model geliştirilebilir. Burada tespit edilen arıza tipleri, hidrolik yağ kaçağı, soğutma sistemi filtre engelleri, dönüştürücü fan arızaları, anemometre ofsetleri ve türbin denetleyici arızalarıdır. Ayrıca, verilere ve sonuçlara erişmek, analiz etmek ve görselleştirmek üzere geliştirilen grafik kullanıcı arayüzü (GUI) sunulmuştur.

Tushar ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada PLC, SCADA, OPC kullanarak eşanjörün çalışması ve etkinliğini incelemişlerdir. Aynı zamanda PID kullanılmış, PID etkinlikleri gözlemlenmiştir. PID parametrelerin seçimleri ve sisteme etkileri anlatılmıştır.

Wang ve ark. (2015), bulanık model kullanılarak, jet filtreler için, müşteri ihtiyaçları doğrultusunda ürün geliştirmek için bir konsept model önermişlerdir. Bulanık modelin geliştirilmesi ve uygulanması ile ilgili bilgiler vermişlerdir.

Baykan (2014) çalışmasında bilyeli değirmenlerde yaşanan çok sayıda problemi gidermek için PLC ve SCADA ile otomasyonun yapılması gerektiğini bildirmiştir. Yaşanan sorunlar, yüksek enerji tüketimi, verimsiz çalışma, bakımların zamanında yapılamaması, yağlamaların düzenli yapılamaması, değirmenin çalışmasının anlık izlenememesi gibidir. Kurulan otomasyon sistemi ile bahsedilen sorunlar giderilmiştir. Otomasyonun işletmeye neler sağlandığı detaylıca açıklanmıştır.

Özzorlu (2005) çalışmasında üretim sistemleri ve son yıllarda üretim sistemlerinde kullanılan bilgisayar destekli teknolojilerden bahsetmiş; proses kontrol kavramını detaylı olarak anlatmaya çalışmıştır.

Sangeetha ve ark. (2012), SCADA, PLC, OPC ve internet kullanarak PID kontrollü bir cascade sistem gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada, PLC ve SCADA hakkında bilgiler verilmiş, OPC anlatılmıştır. PID parametrelerinin seçiminden ve kontrol sistemine etkilerinden bahsedilmiştir.

Kahveci (2007) çalışmasında, Profinet sistemlerini incelemiştir. Endüstriyel veri iletişim sistemleri günümüzde endüstriyel otomasyon uygulamaların yapıldığı tesislerde her seviyede otomasyon için çok önemli bir işleve sahiptir. Profinet, yeni, oldukça gelişmiş bir endüstriyel haberleşme protokolüdür.

Seden (2010) çalışmasında Profinet IO sistemi için ağ çözümleyici ve ağ oynatıcı uygulamalar geliştirilmiştir. PROFINET IO ağ çözümleyicisi, bir Profinet ağ üzerindeki bütün Profinet çerçevelerinin yakalanmasını, incelenmesini ve sınıflandırılmasını sağlamaktadır. Profinet IO ağ çözümleyici ile yakalanan çerçeveler sonucunda ağ topolojisinin görsel olarak sergilenmesi de gerçekleştirilmiştir.

Zhang ve ark. (2011), ağa bağlı motor sistemleri için uzak PID kontrolü ve statik çıkış geri besleme kontrolü kullanarak modelleme yapmışlardır.

Akshay ve ark. (2012) çalışmalarında, PLC ve LABVIEW haberleşmesi kullanarak gerçek zamanlı olarak, endüstriyel bir prosesin kontrolünü yapmışlardır. Çalışmada; SLC-500 PLC kullanılmıştır. PLC hakkında bilgi verilmiştir.

Hong ve Jianhua (2004) çalışmalarında yeni konsept OPC bazlı veri motoru sunmuşlardır. Bu model UDA (unified data access - birleşik data erişimi) içermektedir ve tüm sistemlere kolayca adapte edilmektedir.

Yang ve ark. (2003) internetin proses tesislerinin üst düzey kontrolü için büyük potansiyel sağladığını belirtmişlerdir. İnternet tabanlı süreç kontrolü yeni bir konsept olup çok ilgi görmüştür. Bununla birlikte, şimdiye kadar ki sistematik internet tabanlı proses kontrol sistemlerinin tasarımı için ortaya çıkan beş temel tasarım sorunu mevcuttur. Bunlar; gereksinim belirtimi, mimari seçimi, web tabanlı ara yüz tasarımı, denetim kontrolü ve sistem güvenliği kontrolüdür. Deneysel sonuçlar, su tankı için internet tabanlı kontrol sisteminin, uygun şekilde tasarlandığında yerel kontrol sistemi ile benzer bir davranış gösterebileceğini göstermektedir.

İbrahim (2010), scada sistemi kullanarak petrol depolama ve dağıtım hatlarının kontrolü ve otomasyonunu deneysel olarak gerçekleştirmiştir.

Aydoğmuş (2009), bir sıvı seviyesi kontrol sistemi için, SCADA, PLC ve bulanık kontrol kullanmıştır. Çalışmada kullanılan PLC 'de hazır bulanık parça veya yazılım bulunmamaktadır. Gerekli bulanık program algoritmaları yazar tarafından yazılmıştır. Çalışmada, Sugeno tipi bulanık algoritma kullanılmıştır. Gerekli parametreleri elde etmek için, MATLAB / Simulink programı kullanılmıştır. PLC, elde edilen bulanık algoritma kullanılarak programlanmıştır. SCADA sistemi, depodaki su seviyesinin ve aktüatör valfinin konumunun izlenmesi için kullanılmıştır.

Özcan ve ark. (2016), DC motor ile tahrik edilen tramvay motorlarında yol verme ve frenleme esnasında enerji tüketimi optimizasyonunu gerçekleştirmek üzere PLC ve SCADA kontrollü bir sistem tasarımı gerçekleştirmişlerdir.

Günümüzde, otomasyon işlevini gerçekleştiren otomasyon sistemleri; elektrik, mekanik ve yazılım bileşenlere sahip çok sayıda ekipman ve cihazdan oluşmaktadır. Bunların başlıcaları; Bilgisayar, PLC, SCADA, Haberleşme sistemleri, entrümantasyon cihazları gibi listelenebilir.

Bir otomasyon sisteminde tek bir haberleşme protokolü olabileceği gibi çok sayıda farklı protokol de kullanılabilir. Yani; Bilgisayar ile PLC bir protokol ile haberleşirken, PLC ve saha cihazları başka bir protokol kullanıyor olabilir. Aşağıdaki tabloda (Çizelge 2.1), yaygın kullanımı olan endüstriyel haberleşme protokolleri, üreticisi, uygulama alanları gösterilmiş olup, pazar payı (bu protokollerin var olan tüm otomasyon sistemlerinde hangi oranda mevcut olduğu) bilgisi verilmiştir. Ethernet tabanlı protokoller Ethernet payına dâhildir. Çalışmamızda endüstriyel haberleşme protokolü olarak Profinet kullanılmıştır.

**Çizelge 2.1.** Çeşitli endüstriyel haberleşme protokollerinin mevcut otomasyon sistemlerinde bulunma oranı (Adıyan, 2012)

İLETİŞİM PROTOKOLÜ	PAZAR PAYI %	UYGULAMA ALANLARI	SPONSORLARI
CANBus	25	Otomotiv, proses kontrol	CiA, OVDA, Honeywell, Bosch
Profibus	26	Proses kontrol	Siemens, ABB
LON	6	Bina otomasyonu	Echelon, ABB
Ethernet	50	Fabrika içi veri yolu	Bütün Şirketler
Interbus	7	Üretim	Phonex Contact
Fieldbus	7	Kimya endüstrisi	Fisher-Rosemount, ABB
ASI	22	Bina otomasyonu	Siemens
Modbus	9	Noktalar arası	Birçok şirket
ControlNet	14	Fabrika içi veri yolu	Rockwell

PROFINET; endüstriyel uygulamalar için geliştirilmiş, ethernet tabanlı, fabrika otomasyonunda ekipmanlar arası iletişimi sağlayan bir Profibus standardıdır. . Profinet, IT (Information Technology) standardı olarak kabul edilmiş olan, ethernet yapısı üzerine kurulmuş özel bir Profibus uygulamasıdır. PROFINET; Profibus haberleşme protokolü ve Ethernet TCP/IP protokolünün üstünlüklerini birleştirerek sunan çok gelişmiş bir haberleşme protokolüdür. PROFINET; saha cihazlarını ethernet üzerinden birbirine bağlar. İlave teknoloji ve donanım kullanmaya gerek kalmadan, tam zamanında iletim şartlarını yerine getirir. Çok sayıda noktayla haberleşme imkânı sağlar (Kahveci, 2007).

#### **2.4. Enerji Tasarrufu**

Kömür santrali tarafından üretilen her 1kWh enerji için ortalama olarak atmosfere yaklaşık 1 kg CO<sub>2</sub> salınmaktadır (Özcan, 2011; Akorade ve ark., 2012; Yüksel, 2012; Anisora ve ark., 2013).

Enerjiyi en verimli şekilde kullanmak ve bu gazların üretimini en aza indirmek çok önemlidir. Günümüzde çok önemli bir araştırma konusu, alternatif çözümler üretmek suretiyle enerji tüketimini ve bu gazların üretimini en aza indirmektir (Mose ve Weinert, 2015; Shrivastava ve ark., 2015).

Yüksel (2012) çalışmasında, sürdürülebilir çevre için Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarını incelemiştir. Son yirmi yılda, hidroelektrik enerjinin teknik, ekonomik ve çevresel faydaları, özellikle gelişmekte olan ülkelerde, gelecekteki dünya enerji karışımına önemli katkıda bulunmaktadır. Türkiye, 433 GWh / yıl yıllık brüt hidrolik enerji potansiyeline sahiptir, ancak Türkiye'nin toplam hidroelektrik potansiyelinin yalnızca 125 GWh/yıl 'ı ekonomik olarak kullanılabilir. Yapım aşamasındaki yeni hidroelektrik santrallerinin faaliyete geçmesiyle, ülkenin ekonomik açıdan kullanılabilir potansiyelinin %36 artması beklenmektedir. Türkiye'nin ekonomik olarak kullanabileceği küçük hidroelektrik potansiyeli ise 3.75 GWh/yıl 'dır. Türkiye, ekonomiye büyük yük getiren pahalı ithal enerji kaynaklarına bağımlıdır. Bu ithal kaynaklar fosil yakıtlardan oluşmakta olup, hava kirliliği ve çevre kirliliği açısından ciddi bir sorundur. Bu bağlamda, yenilenebilir enerji kaynakları Türkiye'de temiz ve sürdürülebilir enerji gelişiminin en etkin ve etkili çözümlerinden biri olarak görülmektedir. Çevre dostu enerji gelişimi, hızlı ekonomik ve nüfus artışlarından ötürü gelişmekte olan ülkeler için olumlu etkiler yaratmaktadır. Bu bağlamda, yenilenebilir



enerji kaynakları Türkiye'de temiz ve sürdürülebilir enerji gelişimi için en etkin ve etkili çözümlerden biri gibi görünmektedir.

Özcan ve ark. (2015) çalışmalarında, mobil vinç üretimine yönelik kaynak işlerine yeni bir yaklaşım sunarak, bom üretiminde homojen kaynak kalitesini elde etmek ve enerji kullanımını azaltmak için yeni bir yöntem önermişlerdir. Lazer algılayıcılar kullanarak kaynak hatalarını tespit etmeyi ve tüm kaynak işlemlerinin aynı kalitede yapılmasını amaçlamışlardır. Kaynak alanının konumu doğrudan sistem vasıtasıyla belirler ve kaynak osilatörü yardımıyla uygun bir kaynak yapılabilir. Vinç bomlarının üretimindeki en büyük değişiklik bomların biçimidir. Geleneksel olarak, bu işlemi gerçekleştirmek için birden fazla kaynağa ihtiyaç duyulsa da, önerilen konsept ile daha fazla enerji ve çevre dostu olacak şekilde yalnızca bir kaynak yeterlidir. Kaynak kalitesini karşılamamanın bir yolu olarak bir kaynak manipülatörü yapılmıştır. Bu kaynak manipülatörünü kullanarak, operatör ve çevre için kaynak işlemi sırasında oluşan tehlikeli gazların zararlı etkileri mümkün olduğunda azaltılır. Ayrıca enerji tasarrufu sağlanır.

Akorede ve ark. (2012) çalışmasında, en güncel ve en çok tartışılan faktörlerden birisi olan küresel ısınmanın çevreye olan olumsuz etkilerinden ve enerji kaynaklarının buna etkisinden bahsetmiştir. 21. yüzyılda en büyük çevresel zorluk olarak tanımlanan küresel ısınma; atmosferde sera gazları olarak adlandırılan gazların neden olduğu, Dünya yüzeyinin yakınındaki ortalama küresel hava sıcaklığındaki artıştır. Bu gazlar çoğunlukla insan faaliyetleri sonucunda atmosfere salınır ve küresel iklim değişikliğine neden olabilir. Şu anda yılda 125 milyar dolar değerinde olan iklim değişikliğinden kaynaklanan ekonomik kayıpların, sera gazı emisyonlarının azaltılması için kritik tedbirler alınmadığı sürece 2030 yılında yılda 600 milyar dolara çıkması öngörülmüştür. Günümüzde, elektrik üretim sektörü, bugünkü sera gazı salınımlarının en büyük payından sorumludur. Bunun nedeni, dünya çapında çoğu enerji santralinin fosil yakıtlarla, çoğunlukla kömürle beslenmesidir ve dolayısıyla atmosfere yayılan en büyük miktarda CO<sup>2</sup>'yi üretir. Enerji endüstrisinde CO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılması bu nedenle, sera gazlarını kontrol etmek için küresel çabalara önemli ölçüde katkıda bulunur.

Mose ve Weinert (2015) çalışmalarında, imalatta enerji verimliliğini artırmak bütüncül bir bakış açısı gerektiğini söylemişlerdir. İmalat süreçleri ayrı bir şekilde araştırılıp optimize edilebilir. Tek aşamalı bir süreç zinciri, her bir adımın enerji profiline detaylı haritalanması kullanılarak enerjisel olarak modellenir ve her ekipman için ürün varyantıyla ilgili enerji profillerini araştırarak geliştirilir.

Abdelaziz ve ark. (2011) çalışmalarında, enerji verimliliği, teknoloji ve politikalarla, endüstriyel enerji tasarrufu hakkında kapsamlı bir literatür taraması sunmaktadır. Çalışmada, tezler, güncel literatürler, dergi makaleleri, konferans bildirileri, web materyalleri, raporlar, kitaplar, endüstriyel enerji yönetimi el kitapları, politikalar ve enerji tasarruf stratejileri derlenmiştir. Sanayi sektörü, diğer son kullanım sektörlerinden daha fazla enerji kullanmakta olup Dünyada tüketilen enerjinin yaklaşık % 37'sini harcamaktadır. Enerji, sanayi, üretim, tarım, madencilik ve inşaat dâhil olmak üzere çeşitli sanayi grupları tarafından, işleme ve montaj, alan koşullandırması ve aydınlatma gibi geniş bir faaliyet yelpazesinde tüketilmektedir. Yüksek verimli motorlar (HEM 'ler), değişken hız sürücüler (VSD 'ler), ekonomizörler, sızıntı önleme ve basınç düşüşünü azaltma gibi enerji tasarrufu teknolojileri gözden geçirilmiştir. Enerji tasarrufu teknolojileri sonuçlarına dayanarak, sanayi sektörlerinde, bu teknolojileri kullanarak büyük miktarda elektrik enerjisi tüketiminde ve emisyon değerlerinde iyileştirmeler kaydedilebileceği tespit edilmiştir

Dindorf (2012) çalışmasında, basınçlı havanın, tipik olarak bir endüstriyel tesisdeki en pahalı araçlardan biri olduğunu söylemiştir. Enerji tasarrufu sağlayan basınçlı hava sistemlerini tasarlarırken, enerji kayıplarını azaltmak ve enerji tüketimini en aza indirmek için çeşitli yöntemler uygulanmaktadır. Basınçlı hava sistemleri, basınçlı havanın verimli üretimi, dağıtımı ve uygulama ekipmanı ile rasyonel enerji tüketimine karmaşık yaklaşımı gerektirir. Geçerli enerji tasarruflarının belirlenmesine yönelik ilk adım olarak, sıkıştırılmış hava sisteminin ve büyük sistem işletme parametrelerinin envanteri oluşturulmalıdır. Toplanan verilere dayanarak, sıkıştırılmış hava sistemi performansının temel göstergeleri hesaplanabilir veya tahmin edilebilir. Bunlar, enerji tüketimi, yıllık enerji maliyeti, basınçlı hava maliyeti, basınçlı hava sızıntıları, bir sistemdeki basınç düşüşü gibidir.

Terrell (1999) çalışmasında, sıkıştırılmış havanın üretimi ve kullanımında dikkat edilmesi gereken noktaları açıklamıştır. Sıkıştırılmış hava çoğunlukla bir endüstriyel tesisdeki en pahalı elektriktir ve sıkıştırılmış havanın hem üretiminde hem de kullanımında maliyet etkin verimlilik olanakları, genellikle tesis operatörleri tarafından ihmal edilmektedir. Sızıntılar, sıkıştırılmış havanın uygunsuz kullanımı, düşük kompresör ve yardımcı ekipman seçimi, basınç sorunları ve bunları çözmek için yapılan yetersiz girişimler ve verimsiz kontroller birçok endüstriyel tesisin sıkıştırılmış hava verimsizliğine katkıda bulunan birçok faktördür. Çalışmada, verimli bir kullanım için yapılması gerekenler anlatılmıştır.

Seslija ve ark. (2011) çalışmalarında, Sırbistan'daki basınçlı hava sisteminin durumu açıklanmış ve diğer bazı ülkelerdeki olaylarla ilişkilendirilmiştir. Endüstride en önemli enerji tüketicilerinden biri olan Basınçlı Hava Sistemleri (CAS), enerji tasarrufu potansiyeli olan bir alan olarak hedeflenmektedir. Sırbistan'daki CAS 'ların ortalama elektrik tüketiminin toplam elektrik tüketiminin % 8'i olduğu tahmin edilmektedir. Bu veri, ankete katılan şirketlerde, toplam enerji elektrik enerjisi tüketiminde, sıkıştırılmış hava üretiminde tüketilen elektrik miktarının payına dayanarak elde edilmiştir. Bu oran diğer bazı ülkeler için bildirilen değerlere kıyasla düşük olsa da, bu, Sırbistan'daki CAS 'ların daha verimli olduğu anlamına gelmemektedir. Bu düşük oran, Sırbistan'da düşük fiyat ve yüksek enerji yoğunluğunun bir sonucudur. Bu sebeple boşa harcanan enerjinin payı gelişmiş ülkelerdeki ortalamadan çok daha yüksektir. Çalışmada yıllık en az 8.07 milyon avroya ulaşacağı tahmin edilen potansiyel tasarruflara ilişkin tavsiyeler de verilmektedir. Bunu başarmak için, çalışanların enerji tasarrufunun önemi konusunda bilinçlendirilmesi ve CAS 'larda ulusal düzeyde bir enerji verimliliği programı uygulamak gereklidir.

Çeşitli endüstriyel ekipmanlar arasında; bilgi alışverişinin ve çeşitli veri formatlarının, zamanlamasının nasıl yapılacağına kurallarını oluşturan düzenlemelere haberleşme protokolü denir (Adıyan, 2012).

Bir otomasyon sisteminde var olan ekipmanların bilgi alışverişinde bulunabilmesi için aynı haberleşme protokolünü kullanmaları şarttır. Günümüzde, çok sayıda, firma kendi geliştirdikleri ürünlerinin, birbirleriyle haberleşmesini sağlamak için çeşitli veri iletişim sistemleri (haberleşme protokolleri) geliştirmişlerdir. Bu protokolleri başlıcaları; Modbus, Profibus, Interbus, Fieldbus, CANopen, Profinet, ControlNet, DeviceNet, FL-net, EtherNet/IP, AS-Interface, CC-Link, Powerlink, EtherCat, FIPIO ve Lonworks olarak listelenebilir. Bu kadar çok protokol varlığı; haberleşmede problemler oluşturmuş ve bir standartlaşmayı zaruri kılmıştır. Profibus haberleşme protokolü 1996 yılında Avrupada standart olarak kabul edilmiştir. Günümüzün en geniş ölçüde kullanılan endüstriyel haberleşme protokollerinden biri Profibus 'tır (Kahveci, 2007).

### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1. Materyal**

Bu tez çalışması, NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ BAP tarafından 161719002 nolu proje kapsamında temin edilen ekipmanlar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tüm çalışmalar gerçek bir endüstriyel işletmede (Pınar Kuruyemiş Gıda ve İhtiyaç Maddeleri Sanayi Ticaret AŞ'nin Hacıyusuf Mescit Mah. Adana Çevre Yolu Cad. No:56 Karatay KONYA adresinde bulunan üretim tesisinde) yapılmıştır. Çalışmada kullanılan makina ve ekipmanlar; bahsi geçen firmanın tesislerinde bulunan ekipmanlar ile Necmettin Erbakan Üniversitesi BAP tarafından 161719002 nolu proje kapsamında BAP tarafından temin edilen ekipmanlardan oluşmaktadır. Çalışmada kullanılan bazı veriler ilgili projeden temin edilmiştir. Filtre tarafından temizlenecek ürünler; ayçiçeği, kabak çekirdeği gibi işletmenin paketlediği kuruyemiş ürünleri olup işletme tarafından temin edilmiştir. Çalışmada işletmenin var olan temizleme alt yapısı ve ekipmanları kullanılmıştır. Bu ekipmanlar; jet filtre, aspiratör, temizleme makinası, elevatör, hava kanallarıdır, kompresör ve elektrik panosudur. Bu ekipmanlara ilaveten BAP tarafından temin edilen ekipmanlar; blower pompa ve ekipmanları, PLC otomasyon ve kumanda panosu, sıcaklık transmitteri, bağıl nem transmitteri, basınç transmitteri, fark basınç transmitteri, vakum transmitteri, debimetredir. Bu ekipmanların marka model bilgileri ile teknik özellikleri yöntem kısmında açıklanmıştır. Üzerinde çalışılacak temizleme sistemi; işletmenin mevcut otomasyon sisteminden ayrılmış, istenilen çalışmaları yapacak ve kayıtları alacak şekilde otomasyon sistemi kurulmuştur.

##### **3.1.1. Sistemin basitçe anlatımı**

Toz ve hava karışımının birbirinden ayrılması ve tozun tutulması amacıyla kullanılan filtreleri en yaygın olanı Jet Puls Filtrelerdir. Jet Puls Filtrelerin çok sayıda farklı tipleri olsa da en yaygın şekli; silindirik bir gövde içerisinde yerleştirilmiş çok sayıda silindirik filtre torbasından oluşmaktadır. Tipik bir Jet Pulse Filtre gövdesi Şekil 3.1'de verilmiştir.



**Şekil 3.1.** Jet Puls Filtre gövdesi (Anonim, 2016)

Jet Puls Filtreler, bir filtrasyon sistemin ana elemanıdır. Bu sistemde filtre dışında; toz ve hava karışımını filtreye çekmek için Şekil 3.2'de gösterilen bir fan, filtrede biriken tozu hava izolasyonunu bozmadan filtre koniğinin altından almak için Şekil 3.3'de gösterilen bir hava kilidi ve filtre torbalarına ters üfleme havası sağlamak için Şekil 3.4'de verilen bir blowerden oluşur.



**Şekil 3.2.** Fan (Anonim, 2016c)



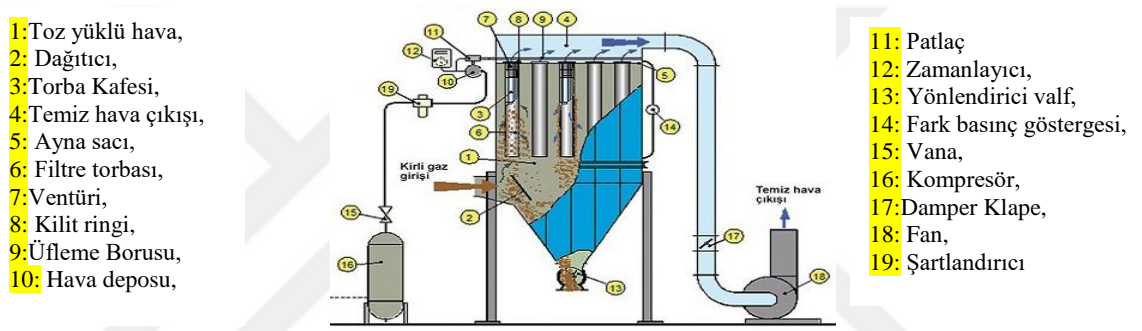
**Şekil 3.3.** Hava kilidi (Anonim, 2016d)

Filtre torbaları, kumaş, polyester vb. malzemeden olabilir. Bu torbalar tel kafes şeklinde torba taşıyıcılara takılıdır. Filtrenin üzerinde, torbaları temizlemek için basınçlı hava tankı bulunur.



Şekil 3.4. Blower (Anonim, 2016e)

Şekil 3.5'de Jet Puls Filtrelerin en yaygın kullanım şeklinin prensip şeması verilmiştir.



Şekil 3.5. Jet Puls Filtre prensip şeması (Anonim, 2016a)

Şekil 3.5 üzerinde verilen numaralara göre filtrenin çalışması açıklanabilir. 1 numara ile gösterilen kısımdan basınç veya vakumdaki tozlu hava veya gaz, filtre gövdesinden torbaların bulunduğu bölüme girer. 2 numaralı kısımda toz hava karışımı filtre içerisine girerken difüzör denen bir parçaya çarpar ve büyük boyutlu tanecikler aşağı doğru yönelir. Difüzör aynı zamanda yüksek hızlı parçacıkların darbe tesirini absorbe eder. Filtre torbasını takmak için, tel çerçeveden silindir şeklinde torba kafesi bulunur. Bu 3 numaralı kısım kafes filtre torbası için iskelet vazifesi görür. Temiz hava çıkışı tel kafes tarafına girerek 4 nolu kısımdan yoluna devam eder. 5 numaralı kısımda torba, kafes ve venturi komple bir ünite olarak delikli plaka üzerindeki yine venturi şeklinde olan ve plakaya perçinli parça üzerine otururlar. 6 numaralı kısımda bulunan filtre torbası, genelde akrilik, meta-aramid (nomex) veya polyester iğneli keçeden olup, filtre kafesinin üzerine geçirilir. Toz tutma operasyonu safhasında tozlar filtre elemanının dış yüzeyinde toplanırlar, dolayısıyla filtre elemanının geçirgenliği (porozitesi) düşer. Her torbanın üzerinde bir venturi bulunur ve üfleme delikleri 7

numaralı kısımda gösterilen venturi boğazına gelecek şekilde her venturi üzerinde merkezlenmiştir. Tava tankındaki hava ile aspirasyon havasının arasındaki izolasyonu sağlamak için 8 nolu kısımda gösterilen kilit ringi bulunur. 9 nolu kısımda gösterilen üfleme boruları ve borular üzerindeki üfleme delikleri her sıra torba grubunun üzerine monte edilmiştir. Yeterli hacimde temizleme havasını çok kısa sürede verebilmek için 10 numara ile gösterilen bir hava tankı bulunur. Bu tank filtrenin çeşitli yerlerine yerleştirilebilir, son zamanlarda doğrudan filtrenin üst gövdesine monte edilmeye başlanmıştır. Şekilde, yana tarafta monteli daha küçük bir tank mevcuttur. 11 numara ile gösterilen kısımda tankta bulunan havanı bir anda filtre torbalarına gönderilmesinin sağlayan bir hava mekanizması var olup buna patlaç denir. Muhtelif tipleri mevcuttur. 12 nolu kısımda filtre torbalarına ters yönde üflenecek temizleme havasının, hangi periyotlarda ve ne kadar süre boyunca üfleneceğini ayarlayan bir zamanlayıcı ünitesi vardır. Filtre içerisinde hava hızındaki düşüş sebebiyle büyük partiküller çöker. Çöken parçalar, hava izolasyonu sağlayan bir rotary valf de denilen hava kilidi yardımıyla 13 nolu gösterilen yerden dışarı alınır. Filtre yüzeylerinin toz tutmasıyla birlikte, temiz hava ve tozlu hava bölümleri arasındaki basınç farkı yükselmeye başlar. Bu diferansiyel basıncın kontrolü için 14 nolu kısımda gösterilen fark basınç göstergesi bulunur. Bu değer kontrol edilerek torba geçirgenliği devamlı limitler içinde tutulur. Torbaların temizleme havasını besleyen hat üzerinde, bakım esnasında hava beslemesini kesmek için 15 nolu kısımda gösterilen bir vana bulunur. Temizleme havasını temin etmek için bir kompresör kullanılır. Önceleri 6-7 bar hava kaynağı kullanılarak temizleme yapılmakta iken, daha sonraları 3 barlık sistemler kullanılmıştır. Günümüzde enerji tasarrufu amacıyla daha düşük basınçlar kullanılmaktadır (Aydın, 1992; Andersen ve ark., 2016; Li ve ark., 2016).

En yaygın kullanım 0.5 barlık temizleme havası olup bu hava 16 nolu kısımda gösterilen blower denen ekipmanlarla sağlanmaktadır. Filtreye tozlu hava girişini temin eden basınç veya vakum seviyesinin ayarını yapmak için 17 nolu kısımda gösterilen damper klape kullanılır. Filtreye tozlu hava çekmek için bir fan kullanılır. Genel kullanımda bu fan filtrenin çıkışında olup filtre dahil geride kalan tüm ekipmanlar negatif basınç(vakum) altındadır. Ancak bazı uygulamalarda 18 nolu kısımda bulman fanın filtrenin önüne bağlandığı da olur. Sistemde kullanılan pnömatik ekipmanları besleyen basınçlı havanın (genelde 6 bar) istenilen basınçta ve temizlikte olmasını temin etmek için 19 nolu kısımda verilen bir şartlandırıcı kullanılır. Filtre edilmiş ve tozu

tutulmuş hava temizleme çıkışından tahliye edilir (Dennis ve ark, 1981; Aydın,1992; Lo ve ark, 2010; Anonim, 2016b)

Çalışma esnasında, filtre torbalarının dış yüzeyinde toz birikmeye devam eder. Temiz hava ise torbanın iç yüzeyinden geçerek yoluna devam eder ve atmosfere atılır. Torbanın dış yüzeyinde biriken toz tabakası, torbalara ters yönde (torbaların iç yüzeyinden toz bulunan dış yüzeye doğru olacak şekilde) hava üflenerek temizlenir. Çok kısa süreli çalışma ile basınçlı hava ani olarak basınçlı hava tüpünden üfleme borusuna ve oradan da üfleme deliklerinden ventürilerin boğazına ve torbalara geçer. Bu basınçlı hava, yüksek hızla torbaların içine girdiğinde sahip olduğu yüksek hız sebebiyle bir sürüklenme etkisi oluşturur. Bu etkiyle kendi hacminin bir kaç katı havanın da sürüklenmesine sebep olarak torbaların içine dolar. Dolayısı ile hem püskürtülen hava hem de temiz hava bölmesindeki hava, ters yönde torbaların içine dolar. Birlikte hareket eden bu iki hava kütlesi filtre silindiri içerisinde çok kısa süreli iç basınçta bir yükselmeye neden olur. Bu basınç artışı ile filtre torbaları dışa doğru şişer, liflerinin arası açılır, filtre torbası gözeneklerinde biriken tozların gözeneklerden torba dışına atılmasına neden olur ve bu şekilde filtre torbasının temizlenmesi işlemi gerçekleştirilir. Torbadan çıkan tozların büyük bir kısmı, filtre gövdesindeki hava akımının oluşturduğu merkezkaç kuvveti ve yer çekimi etkisiyle hareket ederek, gövde yan duvarlarına ve buradan da aşağıya doğru hareket ederek, filtre koniği çıkışında toplanırlar. Savrulan tozların kalan miktarı ise diğer filtre torbalarının üzerine yapışır. Bir kısmı da yerçekimi etkisiyle aşağıya doğru hareket ederler. Temizleme işlemi, filtre alanının toplamı dikkate alındığında oransal olarak çok küçük bir alanında yapılmaktadır. Bu sebeple prosten geçmekte olan aspirasyon debisi bu temizleme işleminden etkilenmez. Filtrelerin toz tutma kapasitesi ve verimliliği, filtre torbalarının üzerinde çok ince bir toz tabakası oluşunca maksimum seviyeye çıkmakta ve %99'u geçmektedir. Oluşan bu çok ince toz tabakasına "filtre keki" denir. Filtre keki oluşumundan sonra filtrasyon işlemi büyük ölçüde bu filtre keki tarafından yapılmaktadır. Çalışmaya devam edildikçe, filtre keki üzerinde de toz birikmeye devam eder. Biriken bu ilave toz tabakası kalın bir toz katmanı oluşturarak filtre geçirgenliğini düşürmeye başlar. Bu sebeple bu ilave toz katmanının temizlenmesi gerekir. Filtre torbaları temizlenirken, torbalar üzerinde biriken toz birikintileri temizlenmeli, ancak ince kek tabakası temizlenmemelidir. Bu sebeple basınçlı ters havanın hangi periyotlarla ve ne kadar süre boyunca üfleneceği çok önemlidir. Filtrelerde bu işlem kontrol devresinde kullanılan bir zamanlayıcı ile gerçekleştirilir. Bu cihazdan gelen sinyallerle



valfler açılır ve tankta bekleyen hava torbalara bırakılır. Bu işlem uygulamada filtre torbalarının temizliği gözlenerek, temizlenme sıklığı ve ters hava üfleme süresi tespit edilir. Etkin bir temizleme işlemi yapılabilmesi için temizleme havası basıncının, filtre gövdesinde mevcut aspirasyon basıncının en az 2-3 katı olması gerekmektedir (Aydın,1992; Findanis ve Southam, 2012; Anonim, 2016b)

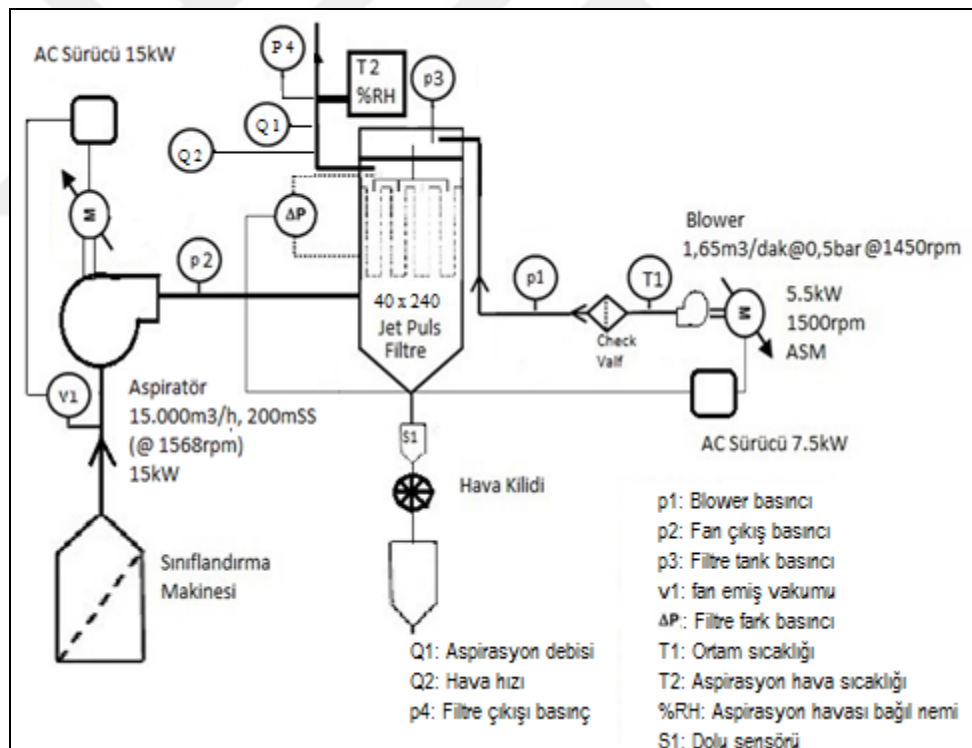
Tezin amacı; Jet Puls Filtre sistemlerini ve özellikle Jet Puls Filtrelere ait filtre torbası temizleme sistemlerini, istenilen etkinlik değerinde, en az enerji tüketimi yaparak çalıştırmaktır. Bunu sağlamak için, sistemin çalışmasına, etkinliğine ve enerji tüketime etki eden parametrelerle bu parametrelerin birbirlerine olan etkileri incelenecektir.

Çalışmamızda, sistemin kurulacağı tesis, bir kuruyemiş temizleme hattıdır. Bu hatta kuruyemişi (genellikle ayçiçeği) temizleyip eleyen bir tasnif makinasının aspirasyonu yapılmaktadır. Tasnif makinasından fan yardımıyla emilen toz ve küçük kabuk parçacıkları, hava ile karışık olarak filtreye iletilmektedir. Filtrede toz ve katı parçacıklar tutularak filtre gövdesinden hava kilidi yardımıyla dışarıya alınmakta ve çuvallara doldurulmaktadır. Torbalardan geçen temiz hava ise dışarıya atılmaktadır. Filtrenin kullanıldığı aspirasyon sistemi, düşük toz yüküne sahip, kolay filtre edilebilir bir sistem olarak nitelenebilir.

Filtrede bulunan filtre torbaların üzerleri, bir miktar toz hava karışımını filtre ettikten sonra toz ile kaplanmaya başlar. Bu torbalarının temizlenmesi, ters hava üflenerek yapılmakta olup, üfleme havası bir blower kullanılarak elde edilir. Genel kullanımda sistemde herhangi bir algılayıcı ve otomasyon bulunmamaktadır. Tüm ekipmanlar kurulu güçlerine göre çalışmaktadır. Torbaların temizlenmesi ise, torbaların kirlilik(doluluk) oranı ve üfleme havası basıncının uygunluğuna bakılmaksızın bir zamanlayıcı ile yapılmaktadır. Torbalara üflenecek havayı üretmesi için; bazı uygulamalarda her filtre için bir blower kullanılırken, bazı uygulamalarda bir blower ile birden fazla filtre temizlenmektedir. İdeal temizleme işlemi için filtre torbalarına 0.5 bar basınçta hava üflenmelidir. Hava üfleme süresi; tanktaki hava basıncı 50 mbar'ın altına düşmeye yetecek kadar olmalıdır. Üfleme periyodu ise filtre torbalarının temiz kalmasını sağlayacak sıklıkta olmalı ancak hava basıncı 400 mbar'ın üzerine çıkmadan üfleme yapılmamalıdır. Çünkü 400 - 500 mbar aralığında (tercihen 500 mbar) üflemler etkin temizleme yapabilmektedir. 400 mbar altında ise etkinlik azalmaktadır. Tank havası 50 mbar altına düştükten sonra ise üfleme devam edilmemelidir. Çünkü bu noktadan sonra yapılacak üflemler verimsiz ve boşuna hava tüketimine sebep

olacaktır. Bahsedilen bu kontrol koşulların hali hazırda kullanılan sistemde gerçekleştirilmesi mümkün değildir. Mevcut sistemde torbaları temizlemek amacıyla kullanılan havanın basınç değeri bile bir zamanlayıcı yardımıyla edilmektedir. Yine aynı şekilde, bir blower ile bir den fazla filtrenin timer kullanılarak temizlenmesi durumunda, üfleme periyotları birbiriyle çakışmakta ve ideal basınç değerleri yakalanamamaktadır. Sistemin etkinliği düşmekte ve boşa enerji harcanmaktadır. Yapılan bu tez çalışmamızda bir blower ile bir filtre etkin bir şekilde temizlenmesi sağlanmıştır. Bir blower ile birden fazla filtre temizlemenin sebep olduğu sorunlarda ortadan kaldırılmıştır.

Yapılan çalışmada, standart filtre ekipmanları kullanılarak; Şekil 3.6'de görüldüğü gibi sisteme çok sayıda algılayıcı konulmuş, fan ve blower motoruna sürücü takılmış, sistem gelişmiş bir PLC- SCADA otomasyon sistemi ile kontrol edilebilecek hale getirilmiştir.



Şekil 3.6. Kurulan sistemin prensip şeması

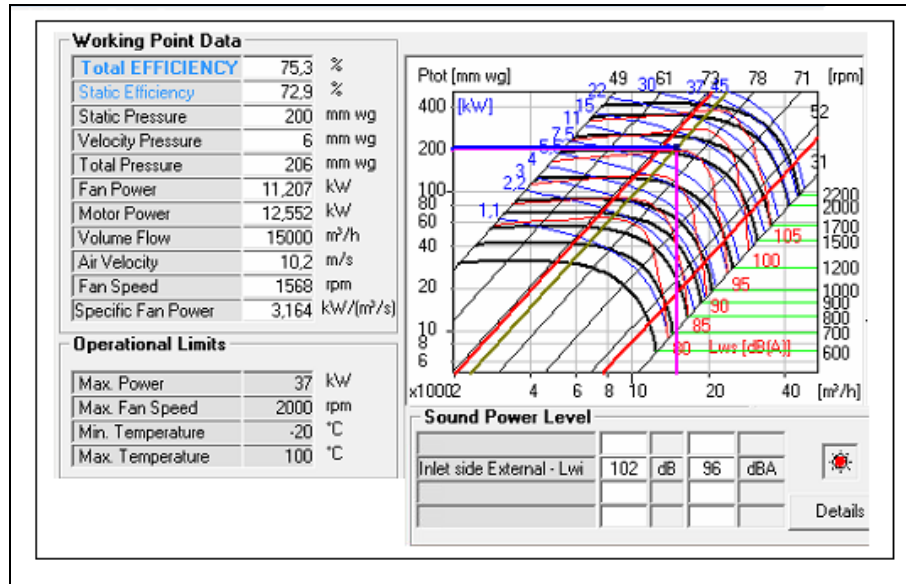
### 3.1.2. Sistemin ana elemanları ve enerji tüketim noktaları

Sistemin ana enerji tüketimi 3 motor tarafından yapılmaktadır. Bunlar; fan motoru, blower motoru, hava kilidi motorundan oluşmaktadır. Bunun dışında;

otomasyon panosunda bulunan şalt ekipmanları ile sahada bulunan algılayıcıların da enerji tüketimleri bulunmakla beraber, tüm bu ekipmanlardan kaynaklanan tüketimler, sistemin toplam tüketimi içerisinde ihmal edilecek düzeydedir.

**Fan:** Sistem için gerekli aspirasyon gücünü temin etmek için kullanılmaktadır. Fan tarafından sağlanan emiş(negatif basınç) sayesinde toz ve hava karışımı bulunduğu yerden alınarak filtreye getirilmektedir. Sistemimizde Şekil 3.7' de çalışma eğrisi verilen fan kullanılmıştır.

Bu fan direkt akuple olarak 11kW 'lık bir asenkron motor ile tahrik edilmektedir. Bu motor sürücü ile sürülmektedir. Fan motorunun çektiği güç, aspirasyon için tüketilen güce eşittir. Fan tarafından çekilen güç ise üretilen basınç (vakum) ve transfer edilen havanın debisinin bir fonksiyonudur. Yani; üretilen hava basıncı ve havanın debisi çekilen gücü belirlemektedir. Basınç ve debiyi etkileyen parametreler gücü de etkilemektedir. Aspirasyon sistemleri, bir ürünü hava ile taşımak ya da üründe bulunan tozu ayırmak için kullanılmaktadır. Hava toz karışımının ayrımı filtrede yapılmaktadır. Çalışmamızda kullanılan aspirasyon sistemi; ürün içerisinde bulunan istenmeyen parçacıkları ve tozu ayrıştıran bir temizleme sistemidir. Temizleme sisteminin etkinliği için, hava toz karışımının prosese uygun bir hızda ortamdan emilmesi ve filtreye kadar getirilmesi gerekmektedir. Bu hız genelde 18-22 metre/saniye aralığında olmaktadır. Bu hava hızının sabit bir boru kesitinden geçtiği dikkate alındığında, sistemin sabit bir debisinin olması gerektiği sonucu ortaya çıkar. Ancak genel kullanımda, sabit bir debi sağlayacak ekipmanlar bulunmamaktadır. Fanlar genel kullanımda sabit devir ile dönmektedir. Proses esnasında oluşan değişiklikler sebebiyle debi sabit kalmamakta dolayısı ile çalışma noktası da değişmektedir. Sistemde, basınç değerini çalışma süresinde etkileyecek çok sayıda parametre bulunmaktadır. Filtre torbalarının geçirgenliği ve doluluk oranı, basınç düşümüne sebep olup debiyi düşüreceğinden fan gücünü de düşürmektedir. Bu durum filtre etkinliğini de olumsuz yönde etkilemektedir. Dolayısı ile fanın çalışması ile filtre torbalarının doluluk oranı, temizleme sisteminin en önemli iki parametre olup; hem sistem etkinliğini, hem sitemde çekilen gücü hem de birbirlerinin çalışmalarını etkilemektedir. Filtre torbaları dolarsa, basınç düşeceği için debi düşecek, dolayısı ile hava hızı düşecektir. Debi artacak olursa da filtre torbalarında oluşacak basınç düşümü değişecektir. Bu değerleri proses için en uygun değerlere tutabilmek için otomasyon gerekmektedir. Çalışmamızda, bu parametrelerin birbirlerini ve sistemi nasıl etkilediği gözlemlenmiştir.



Şekil 3.7. Kullanılan fana ait fan çalışma eğrisi (Fansan, İstanbul, Türkiye)

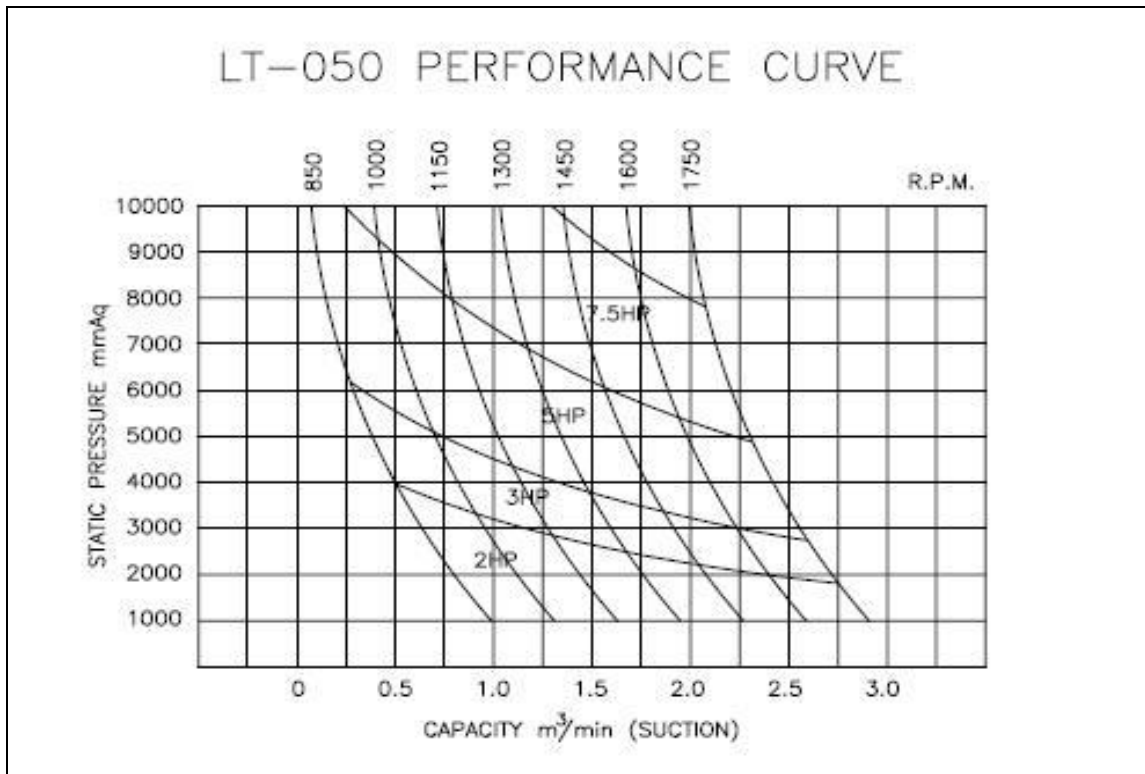
**Blower:** Filtre torbaları dolduğu zaman, bu torbaları çırpmak için bir temizleme havası gerekmektedir. Bu temizleme havası sistemimizde blower tarafından sağlanmaktadır. Sistemimizde 50'lik bir blower (Airblow AS-50, Oğuzmak, Konya, Türkiye) bulunmaktadır. Kullanılan 50'lik tip blowerin performans değerleri Çizelge 3.1'de, çalışma eğrisi Şekil 3.8'te verilmiştir.

Çizelge 3.1. 50'lik tip blower için performans değerleri

		Qs (m³/min) - La(kW)															
		1000		2000		3000		4000		5000		6000		7000		8000	
LT-050	P(mmSS)	Qs		La		Qs		La		Qs		La		Qs		La	
	rpm	Qs	La	Qs	La	Qs	La	Qs	La	Qs	La	Qs	La	Qs	La	Qs	La
	850	0.99	0.41	0.79	0.80	0.64	1.16	0.50	1.51	0.38	1.84	0.29	2.15	0.21	2.45	0.15	2.74
	1000	1.31	0.48	1.11	0.94	0.96	1.37	0.82	1.77	0.70	2.16	0.61	2.53	0.53	2.88	0.47	3.22
	1150	1.63	0.56	1.44	1.08	1.28	1.57	1.15	2.04	1.02	2.49	0.93	2.91	0.86	3.32	0.79	3.71
	1300	1.95	0.63	1.76	1.22	1.61	1.78	1.47	2.31	1.34	2.81	1.25	3.29	1.18	3.75	1.12	4.19
	1450	2.27	0.70	2.08	1.36	1.93	1.98	1.79	2.57	1.67	3.31	1.58	3.67	1.50	4.18	1.44	4.67
	1600	2.60	0.77	2.40	1.50	2.25	2.19	2.11	2.84	1.99	3.46	1.90	4.05	1.82	4.61	1.76	5.16
	1750	2.92	0.85	2.72	1.64	2.57	2.39	2.43	3.11	2.31	3.78	2.22	4.43	2.14	5.05	2.08	5.64

Bu blower kayış kasnak sistemi ile 5.5 kW lık bir asenkron motor tarafından tahrik edilmektedir. Blower motorunun çektiği güç, sistemde ihtiyaç duyulan temizleme havasının temini için harcanmaktadır. İhtiyaç duyulan temizleme havası, proseste tercih

edilen filtre temizleme metoduna göre değişmektedir. Filtre ne kadar çok çırpılırsa, hava ihtiyacı o oranda artacaktır. Bu havanın en ekonomik şekilde üretilmesi ise sahip olunacak teknik alt yapıya bağlıdır. Mevcut kullanımlarda bu konuda herhangi bir otomasyon kullanılmamaktadır. Sistemde ihtiyacın biraz üzerinde bir blower kullanılmakta ve bunu tahrik etmek için sabit devrile dönen bir asenkron motor bulunmaktadır. Bu şekilde proses ihtiyacı dikkate alınmaksızın hava üretilmektedir.

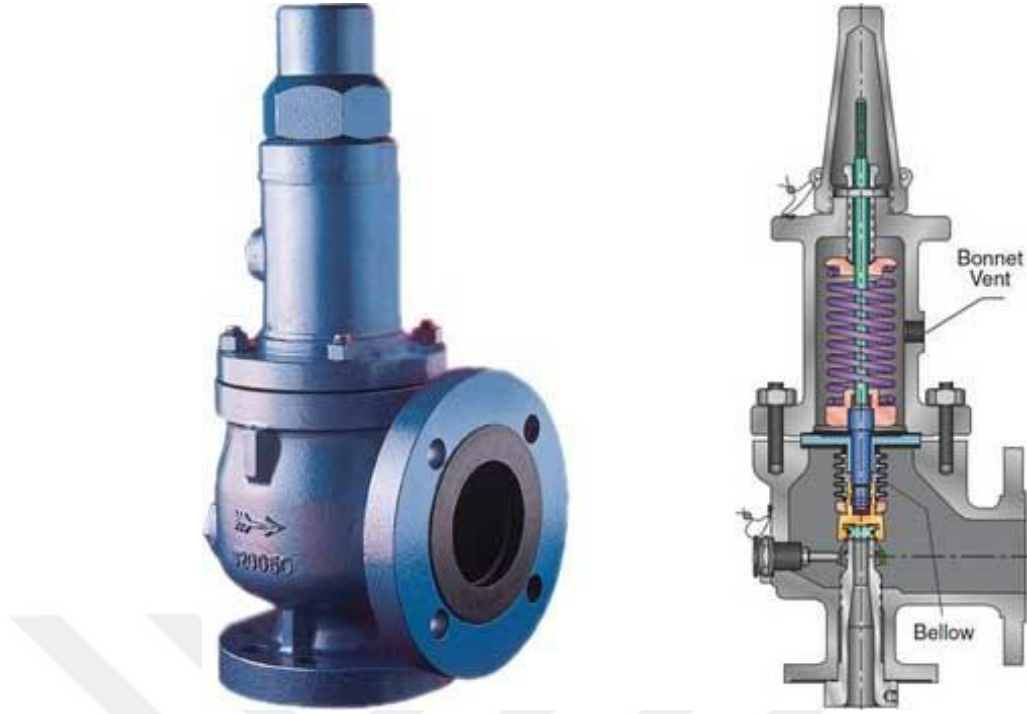


Şekil 3.8. 50'lik tip blower performans eğrisi (Anonim, 2017)

**Hava Kilidi:** Filtreye giren toz hava karışımının hızı, filtre gövdesinde düşer. Bu sebeple ağır tanecikler havadan ayrışarak gövde altına doğru çöker. İnce tanecikler ise filtre torbalarına yapışır. Yapışan bu tanecikler, torbanın çırpılması ile filtre gövdesinin altına çöker. Dolayısıyla tüm toz filtre gövdesinin altında birikir. Biriken bu tozu ya da ürünü, filtre içerisinde oluşturulan aspirasyon şartlarını bozmadan almak için Şekil 3.3'de gösterilen hava kilidi kullanılmaktadır. Sistemimizde 250 mm çapında hava kilidi (Oğuzmak, Konya, Türkiye) bulunmaktadır. Bu hava kilidi bir zincir dişli sistemi ile 0.75 kW lık bir asenkron motor tarafından tahrik edilmektedir. Mevcut sistemlerde hava kilitleri sürekli çalışır kalmaktadır. Önerilen sistemde ise, bir algılayıcı yardımıyla hava kilidi üzerinde belirli bir mesafede ürünün birikmesi beklenecektir. Hava kilidi

motoru, sadece belirli miktarda ürün biriktiyse çalışacak, diğer durumda duracaktır. Sistemimizde, hassasiyeti ayarlanabilen, 30 mm çapında kapasitif algılayıcı (CIPF-M3020P-S4U2-PNP, BEDOK, Seri No:252014, Almanya) kullanılmıştır. Bu motorun otomasyonu, diğer motorların enerji tüketimini ve sistem etkinliğini değiştirmemekte, sadece kendi enerji tüketimini değiştirmektedir. Dolayısı ile yapılan ölçüm sonucunda, sistemin bu şekilde sorunsuz çalıştığı görülürse ve bir enerji tasarrufu gözlemlenirse, bu motor otomasyon ile çalışır kalacaktır.

**Ayarlı emniyet valfi :** Blowerin çıkışında, Şekil 3.9'te gösterildiği gibi, DN40 bağlantı çapında ayarlanabilir bir emniyet valfi (Oğuzmak, Konya, Türkiye) bulunmaktadır. Aynı valften bir adet valf daha bulunmakta olup bu valf filtre gövdesinde bulunan tanka montelidir. Ayarlı emniyet valfleri; tankta bulunan hava basıncını idealde 0.5 bar tutacak şekilde ayarlıdır. Blower çıkışındaki valf sistem basıncını 0.5 bar yapmak için kullanılırken, filtre tankında monteli olan biraz daha yüksek basınca ayarlanır ve sadece emniyet için kullanılır. Ayarlı emniyet valfi sayesinde sisteme verilen havanın basıncı 0.5 bar olarak sabit kalmakta, fazla hava ise dışarıya atılmaktadır. Mevcut kullanımın en problemlili parçalarından biri bu valftir. Bu valfler yaylı tip olup ideal olarak çalışmamaktadır. Normalde 0.5 bar'a ayarlı bir valfin bu basınç değerine kadar kapalı kalıp bu değer üstünde açması beklenmektedir. Ancak bu valflerin çalışma karakteristiği bu kadar iyi değildir. Örneğin 0.5 bar'a ayarlı bir valf; 0,3 bar'ın üzerinde hafif hafif hava atmaya başlamakta, basınç yükseldikçe bu hava atışı artmaktadır. Dolayısıyla sürekli dışarıya atılan bir hava vardır. Ayrıca yayların baskı zaman içerisinde değişmektedir. Hava basıncı sabit kalmamakta, bir süre sonra valf gelen debiyi tahliye edememekte, basınç değeri ayarlanan değer üzerinde gerçekleşmeye başlamaktadır. Bu şekilde sistemin ihtiyacından fazla üretilmekte, fazlası dışarıya atılmaktadır. Blower çıkışında ve filtre tankındaki hava basıncı ise basınç transmitterleri ile ölçülmektedir. Blower; PLC tarafından tank basıncı bilgisine göre prosesin ihtiyacına göre çalıştırılmaktadır. Sadece prosesin ihtiyaç duyduğu kadar hava üretilmekte, gereksiz hava üretilmemektedir. Bu motorun otomasyonu, diğer motorların enerji tüketimi ve sistem etkinliğini değiştirmemekte, sadece kendi enerji tüketimini değiştirmektedir. Dolayısı ile yapılan ölçüm sonucunda, sistemin bu şekilde sorunsuz çalıştığı görülürse ve bir enerji tasarrufu gözlemlenirse, bu motor otomasyon ile çalışır kalacaktır.



Şekil 3.9. Ayarlanabilir emniyet valfi (Anonim, 2017a)

**Zamanlayıcı:** Genel kullanımda filtrelerin torbalarının temizlenmesini kontrol etmek için bir zamanlayıcı kullanılır. Bu zamanlayıcılar sayesinde iki süre ayarlanır. Birisi, torbalara hangi sıklıkla hava üfleneceğini belirleyen çalışma sıklığı değeridir. Diğeri ise her bir üfleme işleminin ne kadar süreceğini belirleyen değerdir. Ancak isminden de anlaşılacağı üzere, bu cihaz sadece zaman değerleri ayarlayabildiği için temizleme işlemi için hayati önemi olan basınç parametresini kontrol edemez. Çalışmamızda, bu zamanlayıcı yerine pek çok parametreyi kontrol edecek PLC kullanılmıştır.

### 3.1.3. Filtre torbalarının temizlenmesi ve fark basınç ( $\Delta P$ )

Filtre torbalarında kullanılan malzemenin belirli bir geçirgenliği vardır. Aspirasyon havası, torbalardan geçerken bir direnç ile karşılaşır. Bu direnç torbada kullanılan malzemenin geçirgenliğine bağlıdır. Filtre çalışmaya başlayınca, filtre üzerinde toz birikmeye başlar. Bu birikim ile birlikte, geçirgenlik daha da düşer ve basınç kaybı artar. Filtrelerin istenilen etkinlikte çalışmaya devam etmesi için bu torbaların çırpılarak biriken tozun dökülmesi gerekmektedir. Blowerden temin edilen hava ile filtreler aspirasyon yönünün tersinde bir hava üflenir. Bu şekilde filtre torbaları temizlenmiş olur. Torbaların hangi sıklıkla temizleneceği, ters hava üfleme

süresinin ne kadar olacağı; filtre etkinliği ve enerji tüketimi etkileyen parametrelerden biridir. Mevcut sistemde böyle bir optimizasyon ve otomasyon kullanılmamaktadır. Bazı sınırlı uygulamalarda, filtre torbalarının dolduğunu anlamak için, gösterge olarak fark basınç göstergesi bulunmaktadır. Uygulamada, blower çalıştırılır, blower havasını mümkün olduğunca az dışarıya atacak şekilde 0.5 barın üzerinde bir basınç değerinde torbalara üfletilir. Bu şekilde torbaların temizleme ihtiyacının olup olmadığı ya da temizlemenin yeterli gelip gelmediğine bakılmaksızın temizleme yapılır. Burada, temizleme periyodu, temizleme süresi ve temizleme havası basıncı sabittir. Bu değerler bir defa ayarlanır ve sistem çalıştığı süre boyunca hep sahip kalır. Proses ihtiyaçları ve prosesteki değişimler gözetilmez. Çalışmamızda, mevcut sabit temizleme periyodu uygulaması ile sabit fark basınç değeri uygulaması sonucu elde edilen veriler kıyaslanmıştır. Bu çalışmada sabit fark basınç değeri için de iki ayrı yöntem kullanılmıştır. Birisi, değişken temizleme periyodu, diğeri ise değişken hava basınçlı değişken temizleme periyodu uygulaması olarak seçilmiştir. Ayrıca torbalara ters hava üfleme süresinin değeri sistemde kullanılan algılayıcılardan elde edilen veriler PLC tarafından ölçülerek yazılacak bir otomasyon programı sayesinde optimum şekilde belirlenecektir.

### **3.1.4. Sistemin otomasyon altyapısı**

#### **3.1.4.1. Kontrol edilecek ekipmanlar**

Çalışmamızda, fan, blower ve hava kilidi otomasyon ile kontrol edilmektedir.

#### **3.1.4.2. Kullanılan saha cihazları, algılayıcılar, transmitterler**

Bu çalışmada temizleme sistemi toplam gücü, fan motoru gücü, blower motoru gücü, aspirasyon havası sıcaklığı, aspirasyon havası bağıl nemi, aspirasyon havası debisi, aspirasyon havası hızı, fan emiş vakumu, fan çıkış basıncı, filtre çıkış basıncı, filtre torbaları fark basıncı, blower havası çıkış basıncı, jet filtre tankı hava basıncı, blower yağ sıcaklığı, ortam sıcaklığı, akım ve gerilim değerleri, hava kilidi üzerinde ürün olup olmadığı bilgileri ölçülmektedir.



### 3.1.4.3. Elektrik kumanda ve otomasyon panosu

Aspirasyon sistemini kumanda etmek ve ölçümleri almak için tasarlanan kumanda panosunun resmi Şekil 3.10'da verilmiş olup, kumanda panosu elektrik projesi EK-1'de verilmiştir. Pano içerisine PLC, sürücüler ve diğer şalt ekipmanları monte edilmiştir. Kullanılan 3 adet enerji analizörü ise dışardan görülecek şekilde pano kapağına monte edilmiştir.



Şekil 3.10. Elektrik kumanda ve otomasyon panosu

### 3.1.4.4. PLC altyapısı ve PLC yazılımı

PLC yazılımı için Siemens Simatic STEP7 Version 5.5 + SP4 ( K5.5.4.0) yazılım aracı kullanılmıştır. PLC grubunda Şekil 3.11'de resmi verilmiş olan Siemens ET200 serisi CPU seçilmiştir. Giriş çıkış modülleri, dağıtılmış I/O teknolojisi kullanımına uygun olarak seçilmiştir. PLC grubunda kullanılan ana ekipman listesi Çizelge 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.11. ET200 serisi CPU

Çizelge 3.2. PLC grubu ana ekipman listesi

Kodu	Adı	Açıklama	Marka	Miktar
6ES7 151-8FB00-0AB0	ET200S-IM1518FB-PN/DP	CPU Ünitesi	SIEMENS	1 Adet
1334880000	UR20-FBC-PN-IRT-PROFINET	Profinet haberleşme modülü	WEIDMULLER	1 Adet
1334740000	UR20-PF-O	Power modülü 24V DC	WEIDMULLER	1 Adet
1315200000	UR20-16DI-P16	Digital input modülü (16 input 24VDC)	WEIDMULLER	1 Adet
1394400000	UR20-8DI-P-3W8	Digital input modülü (16 input 24VDC)	WEIDMULLER	1 Adet
1315250000	UR20-16DO-P16	Digital output modülü (16 output 24VDC)	WEIDMULLER	1 Adet
1315220000	UR20-4DO-P 4	Digital output modülü (4 output 24VDC)	WEIDMULLER	1 Adet
1315670000	UR20-8AI-I-PLC-INT8	Analog input modülü (8 input 16bit)	WEIDMULLER	2 Adet
1384390000	UR20-4AI-UI-12-4	Analog input modülü (4 input 12bit)	WEIDMULLER	1 Adet
1315700000	UR20-4AI-RTD-DIAG4	Analog input modülü (4 input 16bit)	WEIDMULLER	1 Adet
1315680000	UR20-4AO-UI-16-4	Analog output modülü (4 output 16bit)	WEIDMULLER	2 Adet

Otomasyonda kontrol edilecek elemanlara ait input/output listesi Çizelge 3.3'te görüldüğü gibi oluşturulmuştur.

Çizelge 3.3. PLC input/output listesi (ana ekipmanlar)

Sn.	Sembol	Açıklama	Scala	Sinyal	Tip	Op
1	p1	Blower havası basıncı	0...2,5bar	4...20mA	AI	Read
2	p2	Aspirasyon filtre öncesi hava basıncı	0...250mmSS	4...20mA	AI	Read
3	p3	Filtre hava tankı basıncı	0...2,5bar	4...20mA	AI	Read
4	v1	Fan emiş vakumu	-250...0mmSS	4...20mA	AI	Read
5	ΔP	Filtre torbaları fark basıncı	0...250mmSS	4...20mA	AI	Read
6	T1	Blower havası sıcaklığı	-50...150C	4...20mA	AI	Read
7	T2	Filtre havası çıkış sıcaklığı	-50...150C	4...20mA	AI	Read
8	RH	Filtre havası çıkış bağıl nemi	0...100%RH	4...20mA	AI	Read
9	Q1	Aspirasyon debisi	0...30dam3/h	4-20mA	AI	Read
10	Q2	Aspirasyon hava hızı	0...50m/s	4-20mA	AI	Read
11	F_blow	Blower sürücü frekansı	0...100Hz	4...20mA	AO	Write
12	F_asp	Fan sürücü frekansı	0...100Hz	4...20mA	AO	Write
13	M1	Fan motoru	run/stop	24 /0 VDC	DO	Write
14	M2	Blower motoru	run/stop	24 /0 VDC	DO	Write
15	M3	Hava kilidi motoru	run/stop	24 /0 VDC	DO	Write
16	M1	Fan motoru	on/off	24 /0 VDC	DI	Read
17	M2	Blower motoru	on/off	24 /0 VDC	DI	Read
18	M3	Hava kilidi motoru	on/off	24 /0 VDC	DI	Read
19	YV1	Filtre selenoid valfi 1	on/off	24 /0 VDC	DO	Write
20	YV2	Filtre selenoid valfi 2	on/off	24 /0 VDC	DO	Write
21	YV3	Filtre selenoid valfi 3	on/off	24 /0 VDC	DO	Write
22	YV4	Filtre selenoid valfi 4	on/off	24 /0 VDC	DO	Write
23	YV5	Filtre selenoid valfi 5	on/off	24 /0 VDC	DO	Write
24	YV6	Filtre selenoid valfi 6	on/off	24 /0 VDC	DO	Write

PLC için klemens ve pin kullanımı Çizelge 3.4’de verilmiştir.

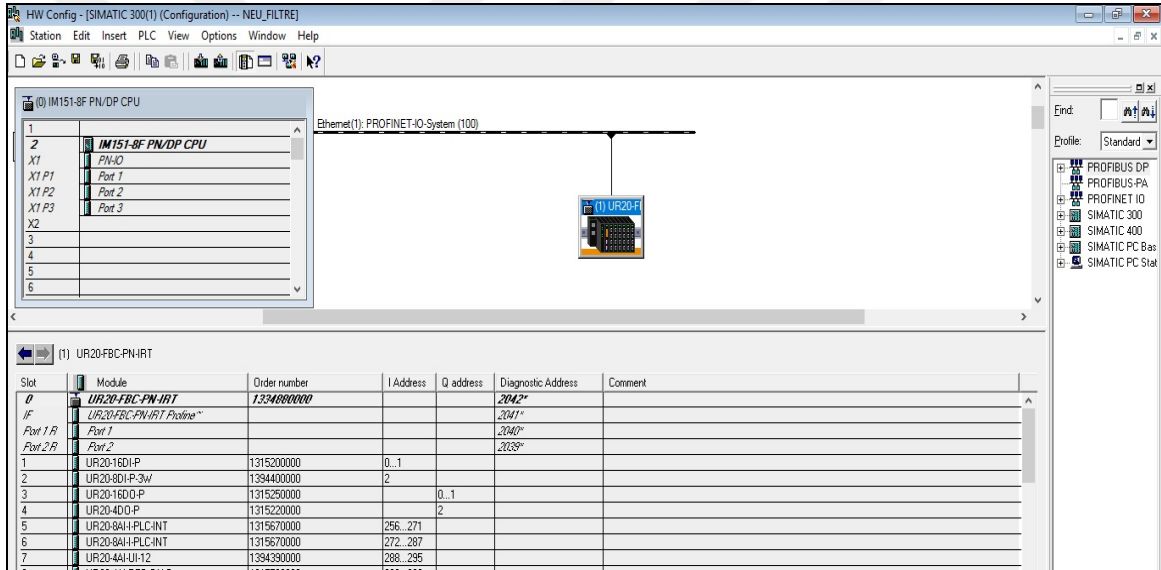
Çizelge 3.4. PLC için klemens ve pin kullanımı

	PANO				PANO				
	MCC PANO		SLAVE J1		KLEMENS NO	MCC PANO		SLAVE J1	
	ADRES		ADRES			ADRES		ADRES	
J1D11	CM1	I	0.0	1	J1DQ1	RM1	Q	0.0	1
	QM1	I	0.1	5		RM2	Q	0.1	5
	CM2	I	0.2	2		RM3	Q	0.2	2
	QM2	I	0.3	6		RPTLC1	Q	0.3	6
	CM3	I	0.4	3		RPTLC2	Q	0.4	3
	QM3	I	0.5	7		RPTLC3	Q	0.5	7
	S1	I	0.6	4		RPTLC4	Q	0.6	4
		I	0.7	8		RPTLC5	Q	0.7	8
		I	1.0	1			Q	1.0	1



AÇIKLAMA		AÇIKLAMA	
p1	Blower havası basıncı	POW1	Aspiratör motoru gücü
p2	Filtre önü hava basıncı	Q1	Aspiratör debisi
p3	Filtre hava tankı basıncı	POW2	Blower motoru gücü
v1	Aspirasyon emiş vakumu	Q2	Blower debisi
$\Delta P$	Filtre torbaları fark basıncı	CM:	Motor çalışıyor
T1	Blower havası sıcaklığı	QM:	Termik
T2	Filtre havası çıkış sıcaklığı	S1:	Algılayıcı
RH	Filtre havası çıkış bağlı nemi	RM:	Motor çıkış
		RPTL:	patlaç çıkış

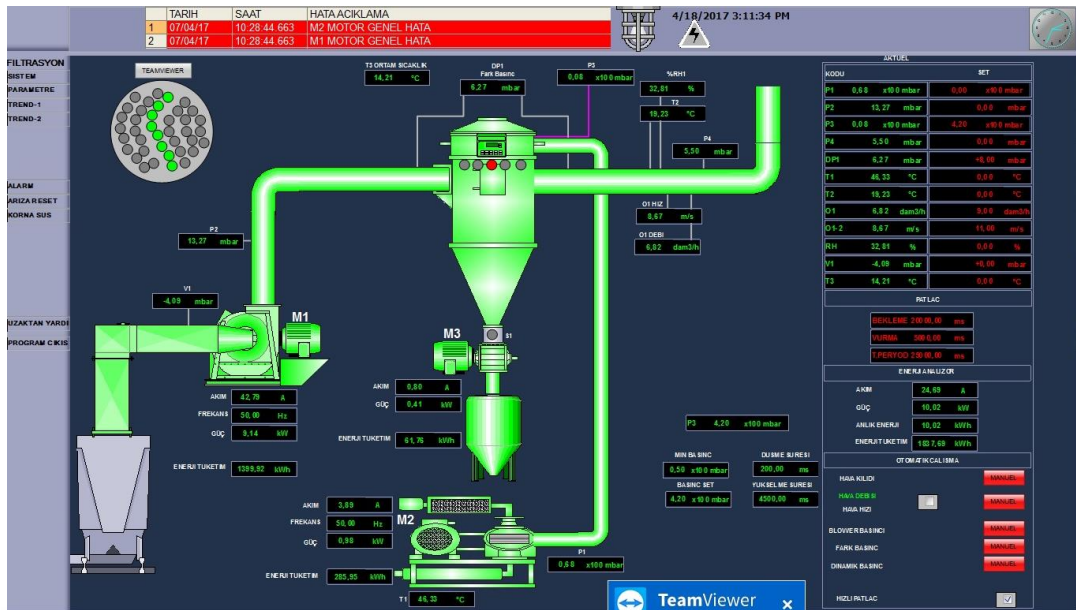
STEP7'de hardware görünümü Şekil 3.12'de verilmiştir. PLC'de bulunan yazılımın bir bölümü ( OB1, FC1 ve FB203 ) EK-2'de verilmiştir.



Şekil 3.12. STEP7' de PLC hardware görünümü

### 3.1.4.5. SCADA altyapısı ve SCADA yazılımı

SCADA yazılımı için Siemens WinCC Runtime V7.3 + Upd1 (K7.3.0.1) kullanılmıştır. SCADA yazılımı ana ekranı Şekil 3.13'te verilmiştir



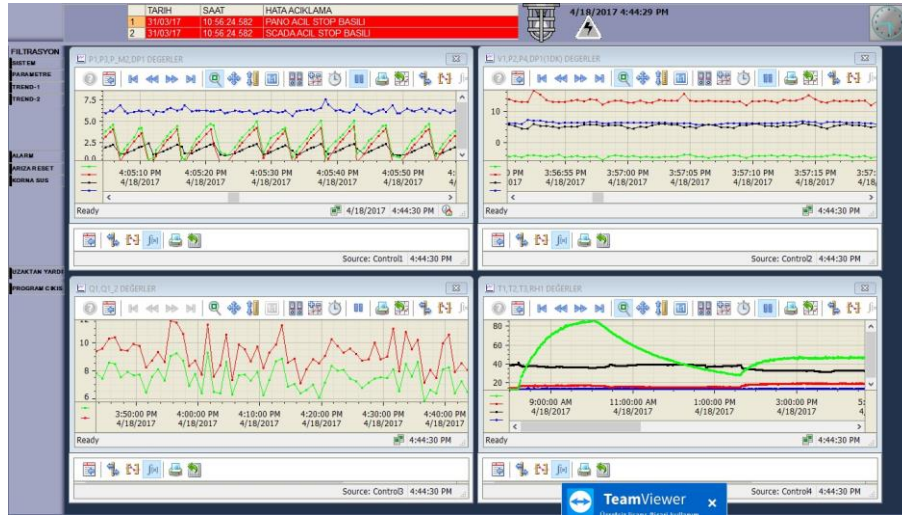
Şekil 3.13. SCADA ana ekranı

SCADA 'da PID parametreleri ekranı Şekil 3.14'te verilmiştir.



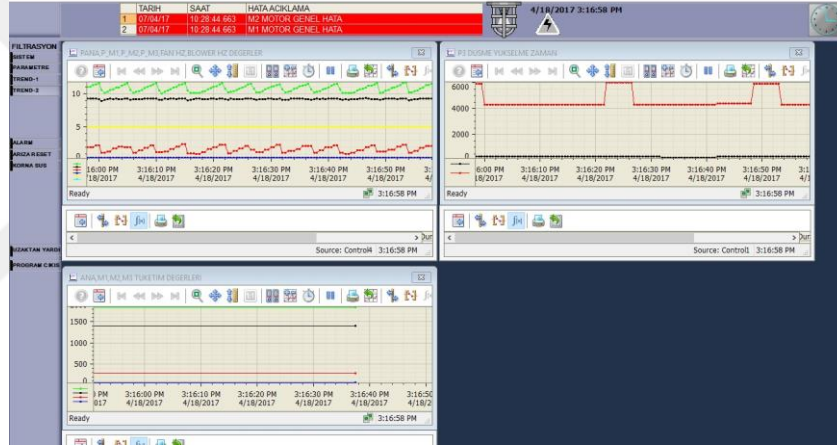
Şekil 3.14. SCADA trend1 ekranı

SCADA 'da tutulan trendlere (eğrilerine) ait trend1 ekranı Şekil 3.15'da verilmiştir.



Şekil 3.15. SCADA trend1 ekranı

SCADA’da tutulan trendlere ait trend2 ekranı Şekil 3.16’de verilmiştir.



Şekil 3.16. SCADA PID ayar ekranı

SCADA’da alarm ekranı Şekil 3.17’de verilmiştir.

TARİH	SAAT	HATA/AÇIKLAMA
31/03/17	10:56:24	FM20 PIR1 STOP BASLI
31/03/17	10:56:24	SCADA ACIL STOP BASLI
31/03/17	10:56:24	FM20 PIR1 STOP BASLI
31/03/17	10:56:24	SCADA ACIL STOP BASLI

Şekil 3.17. SCADA alarm ekranı

SCADA’da kullanılan TAG listesi EK-3’te verilmiştir. Kullanılan structure tags listesi Çizelge 3.5’te verilmiştir

**Çizelge 3.5. Structure tags listesi**

Structure tags				
Name	Data type	Connection	Group	Address
DP1	ANALOG	PLC	ANALOG	DB260,DBB250
DP1_PID	PATLAC_PID	PLC	PID	DB222,DBB200
EAAKIM	ANALOG	PLC	ANALOG	DB260,DBB800
EAVOLT	ANALOG	PLC	ANALOG	DB260,DBB750
M1	MOTOR_TEK_FREK_AKIM	PLC	MOTORLAR	DB1,DBB0
M2	MOTOR_TEK_FREK_AKIM	PLC	MOTORLAR	DB1,DBB60
M3	MOTOR_TEK	PLC	MOTORLAR	DB1,DBB120
P1	ANALOG	PLC	ANALOG	DB260,DBB0
P2	ANALOG	PLC	ANALOG	DB260,DBB50
P3	ANALOG	PLC	ANALOG	DB260,DBB100
P3_PID	PID KONTROL	PLC	PID	DB222,DBB0
P4	ANALOG	PLC	ANALOG	DB260,DBB150
PATLAC	VIBRO	PLC	VIBRO	DB1,DBB130
Q1	ANALOG	PLC	ANALOG	DB260,DBB650
Q1_2	ANALOG	PLC	ANALOG	DB261,DBB0
Q1_PID	PID KONTROL	PLC	PID	DB222,DBB100
RH1	ANALOG	PLC	ANALOG	DB260,DBB400
S1	SILO	PLC	SILO	DB302,DBB0
S2	SILO	PLC	SILO	DB302,DBB50
T1	ANALOG	PLC	ANALOG	DB260,DBB300
T2	ANALOG	PLC	ANALOG	DB260,DBB350
T3	ANALOG	PLC	ANALOG	DB260,DBB700
V1	ANALOG	PLC	ANALOG	DB260,DBB200

SCADA’da kaydı alınan (arşivlenen) parametrelerin listesi ve alınan kayıt tipleri Çizelge 3.6’da verilmiştir.



Çizelge 3.6. Kaydı alınan parametrelerin listesi

Process tag	Tag name	Acquisition type	Acquisition cycle	Archiving/ display cycle
ANA_ENERJI	ANA_ENERJI	Cyclical, continuous	500 ms	1 minute
ANA_ENERJI_TUKETIM	ANA_ENERJI_TUKETIM	Cyclical, continuous	500 ms	1 minute
ANA_GUC	ANA_GUC	Cyclical, continuous	500 ms	500 ms
BLOWER_ENERJI	BLOWER_ENERJI	Cyclical, continuous	500 ms	1 minute
BLOWER_ENERJI_TUKETIM	BLOWER_ENERJI_TUKETIM	Cyclical, continuous	500 ms	1 minute
BLOWER_GUC	BLOWER_GUC	After every change	500 ms	500 ms
BLOWER_GUC	BLOWER_GUC_1	Cyclical, continuous	500 ms	500 ms
DP1.AKTUEL	DP1.AKTUEL	After every change	500 ms	500 ms
DP1.AKTUEL	DP1.AKTUEL_1	Cyclical, continuous	500 ms	500 ms
EAVOLT.AKTUEL	EAO1.AKTUEL	Cyclical, continuous	500 ms	1 minute
EAAKIM.AKTUEL	EAO2.AKTUEL	Cyclical, continuous	500 ms	1 minute
FAN_ENERJI	FAN_ENERJI	Cyclical, continuous	500 ms	1 minute
FAN_ENERJI_TUKETIM	FAN_ENERJI_TUKETIM	Cyclical, continuous	500 ms	1 minute
FAN_GUC	FAN_GUC	Cyclical, continuous	500 ms	500 ms
HAVA_KILIDI_AKIM	HAVA_KILIDI_AKIM	Cyclical, continuous	500 ms	1 minute
HAVA_KILIDI_ENERJI	HAVA_KILIDI_ENERJI	Cyclical, continuous	500 ms	1 minute
HAVA_KILIDI_ENERJI_TUKETIM	HAVA_KILIDI_ENERJI_TUKETIM	Cyclical, continuous	500 ms	1 minute
HAVA_KILIDI_GUC	HAVA_KILIDI_GUC	Cyclical, continuous	500 ms	500 ms
M1.AKIM_DEGERI	M1.AKIM_DEGERI	Cyclical, continuous	500 ms	1 minute
M1.GUC_DEGERI	M1.GUC_DEGERI	Cyclical, continuous	500 ms	500 ms
M1_FREKANS	M1.SET_FREKANS	Cyclical, continuous	500 ms	500 ms
M2.AKIM_DEGERI	M2.AKIM_DEGERI	Cyclical, continuous	500 ms	1 minute
BLOWER_GUC	M2.GUC_DEGERI	Cyclical, continuous	500 ms	500 ms
M2_FREKANS	M2.SET_FREKANS	Cyclical, continuous	500 ms	500 ms
P1.AKTUEL	P1.AKTUEL	After every change	500 ms	500 ms
P2.AKTUEL	P2.AKTUEL	Cyclical, continuous	500 ms	500 ms
P3.AKTUEL	P3.AKTUEL	After every	500 ms	500 ms

		change		
P4.AKTUEL	P4.AKTUEL	Cyclical, continuous	500 ms	500 ms
PATLAC_MAN_MS	PATLAC_MAN_MS	Cyclical, continuous	500 ms	500 ms
PATLAC_MAN_MS_2	PATLAC_MAN_MS_2	Cyclical, continuous	500 ms	500 ms
Q1.AKTUEL	Q1.AKTUEL	Cyclical, continuous	500 ms	1 minute
Q1_2.AKTUEL	Q1_2.AKTUEL	Cyclical, continuous	500 ms	1 minute
RH1.AKTUEL	RH1.AKTUEL	Cyclical, continuous	500 ms	1 minute
T1.AKTUEL	T1.AKTUEL	Cyclical, continuous	500 ms	1 minute
T2.AKTUEL	T2.AKTUEL	Cyclical, continuous	500 ms	1 minute
T3.AKTUEL	T3.AKTUEL	Cyclical, continuous	500 ms	1 minute
V1.AKTUEL	V1.AKTUEL	Cyclical, continuous	500 ms	500 ms

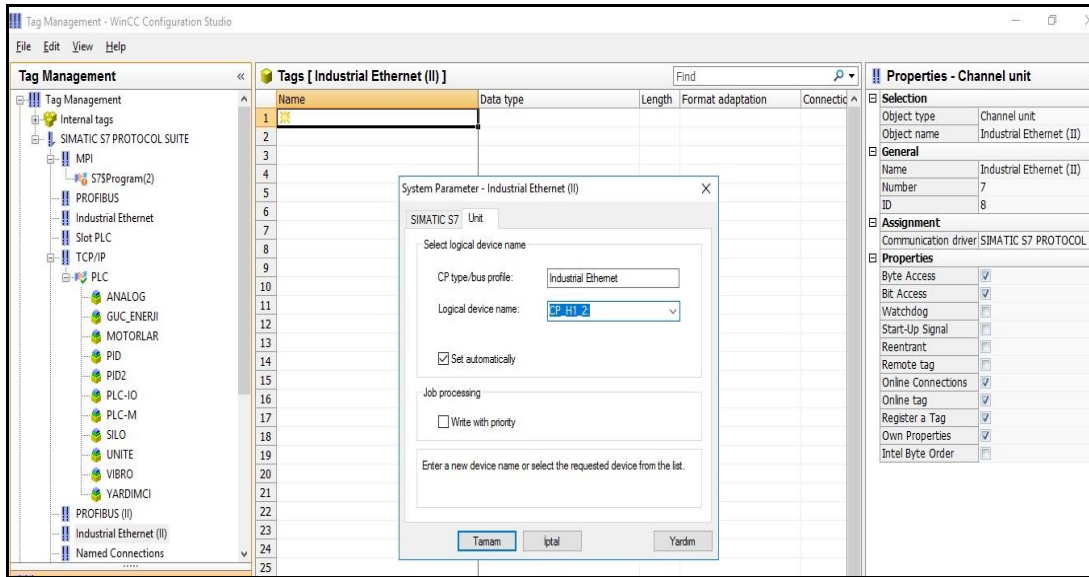
### 3.1.4.6. Haberleşme altyapısı

Sistemde PROFINET haberleşme protokolü kullanılmıştır. SCADA üzerinden alınan haberleşme protokolü parametreleri Çizelge 3.7’de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Haberleşme protokolü ayarları

CONNECTIONS			
Dm Connection	Connections	Connection	
[NAME][100][1]	[CHANNEL][101][1]	[CHANNELUNIT][102][1]	[PARAMS][103][1]
Name	Communication driver	Channel unit	Connection Parameters
PLC	SIMATIC S7 PROTOCOL SUITE	TCP/IP	IP,192.168.16.1,,0,2,02

Şekil 3.18’de WinCC üzerinden haberleşme protokolü ayarlarının ekran görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.18. WinCC üzerinden haberleşme protokolleri ayar görüntüsü

### 3.1.4.7. PID parametreleri

Sistemde blower ve fan motorlarının kumandası için PID tip kontrol kullanılmıştır. Blower motoru ve fan motorunun çalıştırılmasında, STEP7’de sunulan standart PID modül fonksiyonu kullanılmıştır. Temizleme periyodu ve fark basıncı otomasyonu için, daha yavaş hareket edecek şekilde oransal ağırlıklı bir PID kontrol modülü hazırlanmıştır. PID parametreleri Şekil 3.19’da verilmiştir.



Şekil 3.19. SCADA ekranında PID parametreleri görüntüsü

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Deneme planı

Günümüzde Jet Puls Filtre temizleme sisteminde temizleme havasının istenilen basınçta elde edilmesi ve elde edilen havanın uygun metot ile torbalara üflenmesi olmak üzere iki temel süreç vardır. Genel kullanımda her iki değer de sabit olarak ayarlanmaktadır. Mevcut kullanımda, temizleme havası bir blower ile üretilirken, üfleme havası basıncı ayarlı emniyet valfi ile ayarlanmaktadır. Bu hava, timer yardımıyla sabit zamanlı olarak torbalara üflenmektedir. Bu çalışma tipine 1 numaralı çalışma modu ya da klasik kullanım denilmiştir. Bu tez çalışmasında, bu çalışma moduna alternatif olarak 9 adet yeni çalışma modu geliştirilmiştir. Hali hazırda tüm işletmelerde kullanılan mod; 1 numaralı çalışma modu olup, bu mod dâhil toplam 10 adet çalışma modu aşağıdaki tabloda verilmiştir. Denemeler bu 10 moda göre 3 tekerrürlü olarak yapılmıştır. Denemelerde, temizleme havası üfleme süresi; tank hava basıncının 50 mbar'ın altına inmesine yetecek kadar bir çalışma süresi belirlenmiş olup, bu süre 500 ms olarak ayarlanmıştır. Bu sürenin neden böyle seçildiği bölüm 4.2.3'de açıklanmıştır. Tüm çalışma parametrelerinin değerleri ve trendleri (eğrileri) gerçek zamanlı olarak kayıt edilmiştir. Ayrıca üfleme süresi tespiti, filtre torbası patlağının tespiti, hava kilidi motoru çalışma metodunun belirlenmesi için metotlar önerilmiştir. Blower için tanımlanan çalışma modları Çizelge 3.8'de verilmiştir.

**Çizelge 3.8.** Blower çalışma modları

<b>BLOWER MODU-1</b>	Sabit blower devri (50Hz de asenkron motor) ve ayarlı emniyet valfi ile basınç ayarı (Sistem manuel olarak çalışmaktadır.)
<b>BLOWER MODU-2</b>	Sabit temizleme havası basıncı (hava basıncını set edilen basınç değerinde tutacak şekilde asenkron motorun devri sürücü ile ayarlanmaktadır, sistem otomasyon ile çalışmaktadır)

**1 numaralı blower çalışma modu:** Hali hazırda mevcut sistemde kullanılan tip olup (klasik kullanım), blower motoru sabit 50Hz çalışma frekansında çalışmaktadır. Sistemin basıncı ayarlı vana ile manuel olarak yapılmaktadır. İdeal olarak bu basınç 0.5 bar ayarlanmaktadır. Çalışılan sistemin tasarımı 0.4 - 0.55 bar arasında temizleme havası basıncına uygun şekilde yapılmıştır. Bu sebeple bu aralığın dışında hava basıncı kullanılamamaktadır. Blower çalışırken ayarlı vananın yay ayarı basıncı 0.5 bar civarı

ya da biraz daha üzerine manometreden göz kararı ile ayarlanmaktadır. Hassas ayar yapılamamakta ve vana 0.4 bardan itibaren hava kaçırmaya başlamaktadır. Basınç değeri arttıkça vana açıklığı da artmakta, belli bir değerin üzerinde ise basınç sabit kalmaktadır. Çalışırken ayarda değişimler olmaktadır. Bu durumda bu sistemin gereksiz yere fazla enerji tüketimine sebep olmaktadır.

**2 numaralı blower çalışma modu:** Tank üzerinde tank basıncını ölçen bir basınç algılayıcısı bulunmaktadır. Basınç istenilen değerde sabit kalacak şekilde blower sürücüsü tarafından motor PID kontrollü olarak çalıştırılmaktadır.

Filtre torbalarının temizlenmesi için tanımlanan filtre torbası temizleme modları ise Çizelge 3.9’da verilmiştir. Tüm çalışma modlarında fark basınç ( $\Delta P$ ) set değeri 6.5 mbar olarak ayarlanmış olup 7 mbar değerinin altında tutulmuştur.

**Çizelge 3.9.** Filtre torbası temizleme modları

<b>FİLTRE MODU-1</b>	Sabit zamanlı temizleme periyodu (üfleme süresi=500ms, periyod=20s)
<b>FİLTRE MODU-2</b>	Sabit fark basınç ( $\Delta P$ ) - değişken temizleme periyodu ( bekleme süresi:10s-60s, üfleme süresi=500ms)
<b>FİLTRE MODU-3</b>	Sabit fark basınç ( $\Delta P$ ) - değişken temizleme periyodu (bekleme süresi:10s -60s, üfleme süresi=500ms) - değişken temizleme havası basıncı (basınç:0.42 bar-0.52 bar)
<b>FİLTRE MODU-4</b>	Basınç odaklı maksimum çirpma sayısı ( temizleme havası basıncı 0.47 bar’a ulaşınca çirpma yapılacak, üfleme süresi=500ms)
<b>FİLTRE MODU-5</b>	Sabit fark basınç ( $\Delta P$ ) - Basınç odaklı maksimum çirpma sayısı - Değişken temizleme havası basıncı ( 0.42 bar – 0.52 bar arasında hesaplanan çalışma değerine ulaşınca çirpma yapılacak, üfleme süresi=500ms)

**1 numaralı filtre torbası temizleme modu:** Şu anda işletmelerde kullanılan tip olup (klasik kullanım); temizleme periyodu sabittir. Tankta bekleyen havanın basıncına bakılmaksızın, belirli bir periyot dahilinde, ayarlanan üfleme süresi boyunca torbalara ters hava üflenir. Bu çalışmada üfleme süresi 500ms, temizleme periyodu ise 20s olarak ayarlıdır.

**2 numaralı filtre torbası temizleme modu:** Filtre torbaları fark basıncı ( $\Delta P$ ) değerini 6.5 mbar değerinde sabit tutacak şekilde, temizleme periyodunu 10 - 60 s aralığında değiştirmektedir. Torbalara ters hava üfleme süresi 500ms olarak ayarlıdır.

**3 numaralı filtre torbası temizleme modu:** Filtre torbaları fark basıncı ( $\Delta P$ ) değerini 6.5 mbar değerinde sabit tutacak şekilde, temizleme periyodunu 10 - 60 s aralığında değiştirmektedir. Bu değerler alt ve üst limitlere ulaştığında ise temizleme basıncı değerini 0.42 – 0.52 bar arasında değiştirmektedir. Basınçta yapılacak bu

değişim, normal çalışma basıncı olan 500mbar değerinin %10'u olan 50mbar ile sınırlandırılmıştır. Torbalara ters hava üfleme süresi 500 ms olarak ayarlıdır. Bu çalışma modunda basınç değerinin ayarlanabilmesi için blower modunun mutlaka 2 numaralı mod olması gerekmektedir. Ancak Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) programına değerlerin girilmesi için bu kombinasyonda çalıştırılmış olup, bu durumda gerçekleşen değerler; 2 numaralı filtre modunun 1 numaralı blower modundaki çalışmasının tekrarı olmuştur.

**4 numaralı filtre torbası temizleme modu:** Herhangi bir periyod değeri kullanmayıp, tankta bulunan hava basıncı ayarlanan değer olan 0.47 bar değerine ulaştığında torbalara hava üfleme süresi 500ms olarak ayarlanmıştır.

**5 numaralı filtre torbası temizleme modu:** Herhangi bir periyod değeri kullanmayıp, tankta bulunan hava basıncı ayarlanan değer olan 0.47 bar değerine ulaştığında torbalara hava üfleme süresi 500ms olarak ayarlanmıştır. Ancak; filtre torbaları fark basıncı ( $\Delta P$ ) değerini 6.5 mbar değerinde sabit tutacak şekilde, temizleme basıncı değerini 0.42 – 0.52 bar arasında değiştirmektedir. Basıncıdaki bu değişim, normal çalışma basıncı olan 500 mbar değerinin %10'u olan 50mbar ile sınırlandırılmıştır. Torbalara ters hava üfleme süresi 500 ms olarak ayarlanmıştır.

Yapılan tez çalışmasında Çizelge 3.8 ve Çizelge 3.9'den görüleceği üzere; temizleme havasının nasıl üretileceğine dair 2 blower modu, temizleme havasının torbalara hangi yöntemle üfleneceğine dair 5 filtre temizleme modu olmak üzere toplam 10 farklı kombinasyon denenmiştir. Her bir kombinasyonun çalışma algoritmaları ve modelleri birbirinden farklıdır.

Oluşan on farklı kombinasyon on farklı çalışma yöntemi (modu) olarak ifade edilebilir. Bu yöntemlerden dokuz yöntem yeni denenecek çalışma yöntemleridir. Bir tanesi ise genel olarak kullanılan klasik çalışma yöntemidir. Tüm bu yöntemlere ait denemeler üç tekerrürlü olarak yapılmıştır. Buna istinaden deneme planı  $(2 \times 5) \times 3$  faktöriyel şeklinde oluşturulmuştur. Deneme planı Çizelge 3.10'da verilmiştir.

Çizelge 3.10. Deneme planı

<b>DENEME PLANI</b>			
<b>TEKERRÜR</b>	<b>BLOWER ÇALIŞMA MODU</b>	<b>FİLTRE TORBASI TEMİZLEME MODU</b>	<b>ÇALIŞMA MODU</b>
1	1	1	1
1	1	2	2
1	1	3	3
1	1	4	4
1	1	5	5
1	2	1	6
1	2	2	7
1	2	3	8
1	2	4	9
1	2	5	10
2	1	1	1
2	1	2	2
2	1	3	3
2	1	4	4
2	1	5	5
2	2	1	6
2	2	2	7
2	2	3	8
2	2	4	9
2	2	5	10
3	1	1	1
3	1	2	2
3	1	3	3
3	1	4	4
3	1	5	5
3	2	1	6
3	2	2	7
3	2	3	8
3	2	4	9
3	2	5	10

### 3.2.2. Sistem parametrelerinin ölçümleri

Bu çalışmada sistem çalışmasına ait izlenen parametreler, blower motorunun çektiği ortalama güç, blower motorunun çektiği gücün standart sapmalarının değişimi, filtre torbalarına saatlik üfleme sayısı, bir saatte torbalara üflenen temizleme havası, blowerin yıllık enerji tüketimi, temizleme havası birim enerji sarfiyatı, blower yağı maksimum sıcaklığı, aspirasyon sistemi ortalama kütleli debisi, aspirasyon sistemi ortalama hava hızı, filtre ortalama fark basıncı ve fan ortalama gücü ana sistem parametreleridir. Bu parametreler, doğrudan ölçülerek ya da ölçüm cihazlarının kaydettiği veya gösterdiği değerlerden alınan verilerden hesaplanarak bulunmuştur. Blower motorunun çektiği ortalama güç, aspirasyon sistemi ortalama kütleli debisi, blower yağı maksimum sıcaklığı, aspirasyon sistemi ortalama hava hızı filtre ortalama fark basıncı ve fan ortalama gücü doğrudan ölçüm cihazlarından alınmıştır. Blower motorunun çektiği gücün standart sapmalarının değişimi alınan güç değerlerinden hesaplanmıştır. Filtre torbalarına saatlik üfleme sayısı PLC den alınmış ve trendlerden doğrulanmıştır. Bir saatte torbalara üflenen temizleme havası; saatlik üfleme sayısı, tank hacmi ve üflenen hava basıncı değerlerinden hesaplanmıştır. Blowerin çalışma modlarına göre yıllık enerji tüketimi, çalışma modlarının ortalama gücü dikkate alınarak yıllık 6000 çalışma saati üzerinden hesaplanmıştır. Temizleme havası birim enerji sarfiyatı; bir saatte harcanan elektrik enerjisinin bir saatte torbalara üflenen temizleme havasına bölünmesi ile hesaplanmıştır. Sistemde fiziksel olarak yer alan ölçüm aletleri ve özellikleri aşağıda verilmiştir. Var olan ölçü aletlerinin bazıları sistemde eşit çalışma ve test koşullarının elde edilmesini sağlamak, oluşan anomalileri tespit etmek amacıyla yer almıştır. Bunlar; aspirasyon sisteminin çeşitli noktalarındaki basınç değerleri, fanın emiş(vakum) ve basınç (basma) değerleri, ortam sıcaklığı, aspirasyon havası sıcaklığı, aspirasyon havası bağıl nemi, blowerin çıkış basıncı, sistemin toplam gücü gibi ölçümlerdir. Bu ölçümlerin de kaydı alınmış ve trendi tutulmuştur. Sistemin sağlıklı çalışmasının sağlanması ve hesaplamalarda faydalanılmıştır. Tezde ihtiyaç duyulan ölçümler verilmiştir.



### 3.2.3. Kullanılan ölçüm cihazları

Bu çalışmada kullanılan ölçüm cihazları, güç metreler, sıcaklık sensörleri, bağıl nem sensörü, basınç transmitterleri, vakum transmitteri, fark basınç transmitteri, hava hızı ve hava debisi ölçüm cihazları, kapasitif sensör ile PLC'ye ait dâhili fonksiyonlar olup özellikleri aşağıda detaylı verilmiştir.

#### 3.2.3.1. Temizleme sistemi toplam aktif gücünün ölçülmesi

Temizleme sisteminin enerji tüketimi; fan, blower ve hava kilidi olmak üzere üç ana elemanın enerji tüketimlerinden oluşmaktadır. Kumanda panosunda yer alan röle kontaktör gibi kumanda elemanlarının da enerji tüketimleri mevcut olup, söz konusu elemanların enerji tüketimleri diğer devre elemanlarının tükettiği enerjiye oranla çok küçük bir değerde olduğu kabul edilip bu çalışma için kumanda elemanlarının enerji tüketimleri ihmal edilmiştir. Temizleme sisteminin toplam enerji tüketimini ölçmek amacıyla; tüm temizleme sistemi ekipmanlarının kumanda edildiği bir pano oluşturulmuştur. Temizleme sistemi ekipmanlarının her üçü de enerjisini bu panodan almaktadır. Panonun girişinde bir adet enerji analizörü (Mutiser-53-PC-TFT, 160816, KAEL, Almanya) bulunmaktadır. Bu analizör güç, akım, gerilim değerlerini okuyarak istenen 2 adet bilgiyi 4-20 mA formatta PLC ye göndermektedir. Bu bilgi PLC de istenilen zaman aralığında örneklenerek digital bilgiye çevrilmektedir. Uygulamamızda güç bilgisi okunarak, 0.5 saniyede bir örneklenmiş ve SCADA tarafından kaydı alınarak trendi tutulmuştur.

#### 3.2.3.2. Aspirasyon havası sıcaklığının ölçülmesi

Fan tarafından emilen hava, eleme makinasından (Delta, Seri No: 474362, CIMBRIA, İtalya) geçmekte, buradan geçerken üründe bulunan tozu da bünyesine katmaktadır. Emilen hava toz karışımı filtreye basılmaktadır. Filtre torbaları tarafından hava toz karışımındaki toz tutulmakta, temiz hava atmosfere geçmektedir. Eleme makinasında ve sistemde ısıtma ve soğutma sistemleri olmadığı için aspirasyon havası ve ortam havası aynı sıcaklıkta olmaktadır.

Aspirasyon hava sıcaklığı, filtre çıkışındaki hava kanalına monte edilen, sıcaklık ve bağıl nem ölçecek şekilde sıcaklık ve nem bağıl nem algılayıcısına sahip cihaz

tarafından ölçülmektedir. Cihaz; kanal içerisine monte edilmiş prob (HC2-IC302, Seri No: 61647622, Rotronic, İsviçre) ve ölçülen sıcaklık değerini 4-20 mA akım sinyaline dönüştüren transmitterden (HF532-WB1XD1XX, Seri No: 61653667, Higroflex, Rotronic, İsviçre) oluşmaktadır. Cihaz; -50C...+150 °C aralığında sıcaklık bilgisini 4...20 mA akım sinyaline çevirmekte ve PLC'ye göndermektedir. Bu bilgi PLC'de istenilen zaman aralığında örneklenerek digital bilgiye çevrilmektedir. Uygulamamızda sıcaklık bilgisi okunarak, dakikada bir örneklenmiş ve SCADA tarafından kaydı alınarak trendi tutulmuştur.

### **3.2.3.3. Aspirasyon havası bağıl neminin ölçülmesi**

Aspirasyon havası bağıl nemi; filtre çıkışındaki hava kanalına monte edilen, sıcaklık ve bağıl nem ölçecek şekilde sıcaklık ve nem bağıl nem algılayıcılarına sahip cihaz tarafından ölçülmektedir. Cihaz; kanal içerisine monte edilmiş prob (HC2-IC302, Seri No: 61647622, Rotronic, İsviçre) ve ölçülen bağıl nem değerini 4-20 mA akım sinyaline dönüştüren transmitterden (HF532-WB1XD1XX, Seri No: 61653667, Higroflex, Rotronic, İsviçre) oluşmaktadır. Cihaz; 0...100 %RH (Relative Humidity-Bağıl Nem) aralığında bağıl nem bilgisini 4...2 mA akım sinyaline çevirmekte ve PLC'ye göndermektedir. Bu bilgi PLC de istenilen zaman aralığında örneklenerek digital bilgiye çevrilmektedir. Uygulamamızda bağıl nem bilgisi okunarak, dakikada bir örneklenmiş ve SCADA tarafından kaydı alınarak trendi tutulmuştur

### **3.2.3.4. Blower hava çıkış basıncının ölçülmesi**

Blowerin çıkışında iç çapı 70 dış çapı 76mm olan çelik hava borusu bulunmaktadır. Blowerin hemen çıkışında bu boruya manşon kaynatılmış, bu manşona basınç transmitteri (Tip: 8252.75.2517.01.0000.0000.19.44.61, Mat No: 48207, Seri No: 585963-017, TRAFAG, Almanya) bağlanmıştır. Bu transmitter; 0-2.5bar aralığında hava basıncı bilgisini ölçerek 4...20 mA akım sinyaline çevirmekte ve PLC ye göndermektedir. Bu bilgi PLC de istenilen zaman aralığında örneklenerek digital bilgiye çevrilmektedir. Uygulamamızda basınç bilgisi okunarak, 0.5 saniyede bir örneklenmiş ve SCADA tarafından kaydı alınarak trendi tutulmuştur.

### 3.2.3.5. Filtre tankı hava basıncının ölçülmesi

Filtrenin temizleme havasını depolamak için üzerinde bir tank bulunmaktadır. Bu tankın bir emniyet valfi bulunmaktadır. Emniyet valfinden önce, basınç göstergesinin bağlı olduğu yere T tipi boru atılarak buraya bir manşon bağlanmıştır. Bu manşona basınç transmidi (Tip: 8252.75.2517.01.0000.0000.19.44.61, Seri No: 585963-025, TRAFAG, Almanya) bağlanmıştır. Bu transmidi; 0...2.5 Bar aralığında hava basıncı bilgisini ölçerek 4...20 mA akım sinyaline çevirmekte ve PLC ye göndermektedir. Bu bilgi PLC de istenilen zaman aralığında örneklerek dijital bilgiye çevirmektedir. Uygulamamızda basınç bilgisi okunarak, SCADA'nın aftereverychange (her değer değişiminde kayıt alma) özelliği ile örneklenmiş ve SCADA tarafından kaydı alınarak trendi tutulmuştur.

### 3.2.3.6. Blower yağ sıcaklığının ölçülmesi

Blower çalışırken sürtünme ve havanın sıkıştırılması sebebiyle loblarında ısınma olmaktadır. Bu oluşan ısıyı dışarı almak için blowerde ısı transfer yağı kullanılmaktadır. Yağ sıcaklığı, blowerde oluşan zorlanmanın ve harcanan gücünden bir ölçüsüdür. Yağ sıcaklığı ölçmek için blower haznesi delik açılarak manşon kaynatılmış ve buraya sıcaklık transmidi ( RTKRT-M06-L150.1, 0...400 °C, PT 100, Seri No: 80355827, EMKO, İstanbul, Türkiye) takılmıştır. Transmidi; 0...400 °C aralığında sıcaklık bilgisini ölçerek 4...20mA akım sinyaline çevirmekte ve PLC'ye göndermektedir. Bu bilgi PLC de istenilen zaman aralığında örneklerek dijital bilgiye çevirmektedir. Uygulamamızda sıcaklık bilgisi okunarak, dakikada bir örneklenmiş ve SCADA tarafından kaydı alınarak trendi tutulmuştur.

### 3.2.3.7. Fan emiş basıncının (vakumunun) ölçülmesi

Temizleme sisteminde hava hareketini sağlayan fan tarafından oluşturulan emiştir. Bu negatif basınç değeri vakum olarak da isimlendirilir. Buradaki vakum değeri sistemden çekilecek havanın debisini, hızını vb. parametrelerini belirleyen değerdir. Vakum değerinin ölçülmesi için fan girişinde bulunun 500 mm çapındaki aspirasyon borusuna delik açılmış, uygun bağlantı aparatları kullanılarak 6 mm çapında hava hortumu bağlanmıştır. Bu hava hortumu da basınç transmidine (CP113-AO, Seri

No:1F161104621, KIMO, Fransa) bağlanmıştır. Bu transmitter; -2000...0 Pa aralığında hava basıncı (vakum) bilgisini ölçerek 4...20 mA akım sinyaline çevirmekte ve PLC ye göndermektedir. Bu bilgi PLC de istenilen zaman aralığında örneklenerek digital bilgiye çevrilmektedir. Uygulamamızda vakum bilgisi okunarak, 0.5 saniyede bir örneklenmiş ve SCADA tarafından kaydı alınarak trendi tutulmuştur.

### **3.2.3.8. Fan çıkış basıncının ölçülmesi**

Fan tarafından emilen hava toz karışımı fan çıkışında bulunan 500x550mm ebatlarındaki hava kanalı üzerinden filtreye basılmaktadır. Fan çıkışındaki basıncı ölçmek için, bu kanala delik açılmış, uygun bağlantı aparatları kullanılarak 6 mm çapında hava hortumu bağlanmıştır. Bu hava hortumu, basınç transmitterine (CP113-AO, Seri No:1F161104622, KIMO, Fransa) bağlanmıştır. Bu transmitter; 0...2000 Pa aralığında hava basıncı (vakum) bilgisini ölçerek 4...20 mA akım sinyaline çevirmekte ve PLC ye göndermektedir. Bu bilgi PLC de istenilen zaman aralığında örneklenerek digital bilgiye çevrilmektedir. Uygulamamızda vakum bilgisi okunarak, 0.5 saniyede bir örneklenmiş ve SCADA tarafından kaydı alınarak trendi tutulmuştur.

### **3.2.3.9. Filtre çıkışındaki aspirasyon havası basıncının ölçülmesi**

Filtre çıkışındaki temiz hava 500x550mm ebatlarındaki hava kanalı üzerinden atmosfere atılmaktadır. Filtre çıkışında hava hızı ve kanal uzunluğu sebebiyle bir basınç oluşmaktadır. Bu basıncı ölçmek için, bu kanala delik açılmış, uygun bağlantı aparatları kullanılarak 6mm çapında hava hortumu bağlanmıştır. Bu hava hortumu, basınç transmitterine (CP113-AO, Seri No:1F161104623, KIMO, Fransa) bağlanmıştır. Bu transmitter; 0...2000 Pa aralığında hava basıncı (vakum) bilgisini ölçerek 4...20 mA akım sinyaline çevirmekte ve PLC ye göndermektedir. Bu bilgi PLC de istenilen zaman aralığında örneklenerek digital bilgiye çevrilmektedir. Uygulamamızda vakum bilgisi okunarak, 0.5 saniyede bir örneklenmiş ve SCADA tarafından kaydı alınarak trendi tutulmuştur.

### 3.2.3.10. Filtre torbalarında düşen hava basıncının (fark basınç) ölçülmesi

Aspirasyon havası filtre torbalarından geçişi; filtre malzemesi ve filtre malzemesi üzerinde biriken toz tabakası (toz keki) sebebiyle engellenmektedir. Bu engellenme sebebiyle basınç düşümü olmakta, torbaların iç ve dış yüzeyleri arasında bir basınç farkı oluşmaktadır. Bu basınç farkını ölçmek için, torbaların dış yüzeyinin içinde bulunduğu ortam ile iç yüzeyinin bulunduğu ortama birer adet delik açılmıştır. Bu iki deliğe uygun bağlantı aparatları kullanılarak 6 mm çapında 2 adet hava hortumu bağlanmıştır. Bu hava hortumu, fark basınç transmitterine ( CP113-AO, Seri No:1F161104624, KIMO, Fransa) bağlanmıştır. Bu transmitter; 0...2000 Pa aralığında fark basıncı (diferansiyel basınç) bilgisini ölçerek 4...20 mA akım sinyaline çevirmekte ve PLC ye göndermektedir. Bu bilgi PLC de istenilen zaman aralığında örneklenerek digital bilgiye çevrilmiştir. Uygulamamızda fark basınç bilgisi okunarak, 0.5 saniyede bir örneklenmiş ve SCADA tarafından kaydı alınarak trendi tutulmuştur. Bu parametre ayrıca, SCADA'nın aftereverychange (her değer değişiminde kayıt alma) özelliği ile örneklenmiş ve SCADA tarafından kaydı alınarak trendi tutulmuştur.

### 3.2.3.11. Aspirasyon hava hızının ölçülmesi

Temizleme sistemlerinin etkinliği, toz hava karışımının hızına bağlıdır. Hava hızı ideal değerde olursa, toz hava karışımı birlikte taşınarak filtrede birbirinde ayrılabilir. Temizleme sistemleri için genelde 18-22 m/s hava hızı seçilmektedir. Temizleme sistemindeki hava hızını ölçmek için; transmitter (CP213-BO, Seri No:2F160915857, KIMO, Fransa) kullanılmıştır. Filtre çıkışında bulunan 500x450mm kesitindeki hava kanalına delik açılmıştır. Bu deliğe, 500 mm uzunluğunda pitot tüp (TPL-06-500, Seri No:12975, KIMO, Fransa), 225 mm'lik kısmı kanal içinde kalacak ve ucu kanalının tam ortasında duracak şekilde bağlanmıştır. Pitot tüpün bağlandığı noktaya, kanalın içinden geçen havanın sıcaklığını ölçmek için PT-100 sıcaklık probu (OR-06-B1H06-6,5-Ü-2K-CCB, Seri No: 1611-19844, ORDEL, Ankara, Türkiye) bağlanmıştır. Bu probun sinyal uçları da CP213-BO transmittere bağlanmıştır. Hava hızı ölçümünde herhangi bir sıcaklık düzeltmesi yapılmamaktadır. Sıcaklık probu debi ölçümü içindir. Pitot tüpten gelen toplam basınç ve statik basınç değerlerine göre dinamik basınç belirlenmekte ve buradan hava hızı hesaplanmaktadır. Bu transmitter; 0...50 m/s aralığında hava hızını 4...20 mA akım sinyaline çevirmekte ve PLC'ye göndermektedir. Bu bilgi PLC'de

istenilen zaman aralığında örneklenerek digital bilgiye çevrilmiştir. Uygulamamızda debi bilgisi okunarak, dakikada bir örneklenmiş ve SCADA tarafından kaydı alınarak trendi tutulmuştur.

### **3.2.3.12. Blower motoru aktif gücünün ölçülmesi**

Filtre temizleme havası blower (AS-50, Airblow, Seri No: 1501612683, Oğuzmak, Konya, Türkiye) tarafından sağlanmaktadır. Filtrelerin temizleme sisteminin enerji tüketiminin tamamına yakını bu blower tarafından yapılmaktadır. Blowerde 5.5 kW gücünde 1450 dev/dak ile çalışan bir asenkron motor bulunmaktadır. Motor ile blower 170 mm çapında kasnaklar üzerinden kayışla bağlı olup aynı devirle dönmektedirler. Bu motor 7.5 kW sürücü (3G3RX-A4075-E1F, SN: 16230912000131, Omron, Almanya) ile sürülmektedir. Motorun çektiği güç, panoya sadece bu motorun tüketimini takip etmek için monte edilen bir adet enerji analizörü (Mutiser-53-PC-TFT, 160816, KAEL, Türkiye) ile ölçülmektedir. Bu analizör güç, akım, gerilim değerlerini okuyarak istenen 2 adet bilgiyi 4-20 mA formatta PLC ye göndermektedir. Bu bilgi PLC de istenilen zaman aralığında örneklenerek digital bilgiye çevrilmiştir. Uygulamamızda güç bilgisi okunarak 0.5 saniyede bir örneklenmiş ve SCADA tarafından kaydı alınarak trendi tutulmuştur. Bu güç ayrıca SCADA da bulunan aftereverychange (Her değer değişimini kayıt etme) özelliği ile ayrıca ölçülerek ayrı bir kayıt ve trend daha alınmıştır.

### **3.2.3.13. Fan motoru aktif gücünün ölçülmesi**

Gerekli aspirasyon gücü fan (Fansan, İstanbul, Türkiye) tarafından sağlanmaktadır. Fanda 15 kW gücünde 1460 dev/dak ile çalışan bir asenkron motor direkt akupleli olarak çalışmaktadır. Bu motor 18.5 kW sürücü (3G3RX-A4185-E1F, SN: 16230942000723, Omron, Almanya) ile sürülmektedir. Motorun çektiği güç, panoya sadece bu motorun tüketimini takip etmek için monte edilen bir adet enerji analizörü (Mutiser-53-PC-TFT, 160816, KAEL, Türkiye) ile ölçülmektedir. Bu analizör güç, akım, gerilim değerlerini okuyarak istenen 2 adet bilgiyi 4-20mA formatta PLC ye göndermektedir. Bu bilgi PLC de istenilen zaman aralığında örneklenerek digital bilgiye çevrilmiştir. Uygulamamızda güç bilgisi okunarak 0.5 saniyede bir örneklenmiş ve SCADA tarafından kaydı alınarak trendi tutulmuştur.

### 3.2.3.14. Hava kilidi motoru aktif gücünün ölçülmesi

Filtre gövdesinde biriken toz, filtre atmosferini bozmadan, bir hava kilidi vasıtasıyla gövde dışına alınmaktadır. Hava kilidinde 0.75 kW gücünde 1440 dev/dak ile çalışan bir asenkron motor bulunmakta olup, motora 1:25 dönüştürme oranına sahip redüktör üzerinden sisteme direkt akuple bağlıdır. Redüktör ise hava kilidine direkt akuple bağlıdır. Bu motor kontaktörle sürülmektedir. Normal çalışma koşullarında, motor sabit 1440 dev/dak ile redüktör sabit 58 dev/dak devir ile hava kilidi ise sabit 58 dev/dak devir ile dönmektedir. Mevcut tahrik ve aktarım sistemleri sebebiyle motorun çektiği güç, motoru durduracak bir problem oluşmadığı sürece neredeyse sabit kalmaktadır. Oluşan dalgalanmalar ihmal edilebilecek düzeydedir. Motorun çektiği güç ölçülerek kayıt edilmiştir. Panoda 3 adet analizör bulunmaktadır. Ana panonun çektiği toplam güçte; fan ve blower motorunun çektiği gücün dışındaki tüketim bu motora aittir. Ayrıca motor tek başına çalıştırılarak yine trenlerden motorun çektiği güç doğrulanmıştır. Tüketim trenlerinde bu motorun çektiği gücün sabit olarak 0.41kW olduğu izlenmektedir. Bu motorun çektiği güç trendlerden ölçümlenmiş ve her 0.5 saniyede bir örneklenerek kaydı alınmıştır.

### 3.2.3.15. Ortam sıcaklığının ölçülmesi

Ortam sıcaklığı; sistem verimi, sistem etkinliği ve enerji tüketimini belirleyen en önemli parametrelerden biridir. Bu sebeple; blowerin çalıştığı ortamın sıcaklığı bir sıcaklık transmidi (OR-03-B1H06-10-Ü-LPI-15, 1xPt100, -50C...+150C, Seri No: 1611-19796, ORDEL, Ankara, Türkiye) takılmıştır. Transmitter; -50 °C...+150 °C aralığında sıcaklık bilgisini ölçerek 4...20 mA akım sinyaline çevirmekte ve PLC'ye göndermektedir. Bu bilgi PLC de istenilen zaman aralığında örneklenerek digital bilgiye çevrilmektedir. Uygulamamızda sıcaklık bilgisi okunarak, dakikada bir örneklenmiş ve SCADA tarafından kaydı alınarak trendi tutulmuştur.

### 3.2.3.16. Aspirasyon hava debisinin ölçülmesi

Temizleme sistemleri için belirli bir debide havanın kullanılması gerekir. Aspirasyon sistemlerinde kullanılan hava kanallarının kesitleri dikkate alınarak aspirasyon debisi hesaplanabilir. Temizleme sistemindeki hava debisinin ölçmek için;

debi transmidi (CP213-BO, Seri No:2F160915857, KIMO, Fransa) kullanılmıştır. Filtre çıkışında bulunan 500 x 450 mm kesitindeki hava kanalına delik açılmıştır. Bu deliğe, 500 mm uzunluğunda L tipi pitot tp (TPL-06-500, Seri No:12975, KIMO, Fransa) lm ucu tam kanalın ortasında duracak şekilde bağlanmıştır. Pitot tüpün bağlandığı noktaya, kanalın içinden geçen havanın sıcaklığını ölçmek için Pt-100 sıcaklık probu (OR-06-B1H06-6,5--2K-CCB, Seri No: 1611-19844, ORDEL, Ankara, Türkiye) bağlanmıştır. Bu probun sinyal uçları da CP213-BO transmitere bağlanmıştır. Bu transmiyer; pitot tüten gelen statik ve toplam basınc değerini ölçerek dinamik basınc değerini hesap etmektedir. Dinamik basınc, sıcaklık ve kanal kesiti bilgileri kullanarak hava debisi hesaplanmaktadır. Hava debisi 0-50.000m<sup>3</sup>/saat aralığında hesaplanmakta olup, transmiyer ölçülen ve hesaplanan bu değeri 4...20mA akım sinyaline çevirmekte ve PLC'ye göndermektedir. Bu bilgi PLC'de istenilen zaman aralığında örneklenerek digital bilgiye çevrilmektedir. Uygulamamızda debi bilgisi okunarak, dakikada bir örneklenmiş ve SCADA tarafından kaydı alınarak trendi tutulmuştur.

### **3.2.3.17. Tank basıncının düşme ve yükselme süresinin llmesi**

Ters temizleme havasının ne kadar süre ile üfleneceği enerji tüketimi ve etkinliği etkileyen önemli bir parametredir. Genel uygulamada, bu değer ideal olduğu düşünülen yaklaşık bir ayarla yapılarak sabit kalmaktadır. Çalışmamızda bu değer PLC tarafından ölçülerek belirlenmiştir. Temizleme havası basıncı 0.5 bar olup, bu basıncda hava ile dolu olarak bir tank hazır beklemektedir. Valf açıldığı zaman, tanktaki hava hızla torbalara flenmekte ve basıncı hızla düşmektedir. Basınc değeri 50 mbar'ın altına indiğinde; valflerin daha fazla açık kalmasına ve bu düşük basıncılı havanın flenmeye devam edilmesinde filtrelerin temizlenmesi açısından herhangi bir etkin fayda elde edilmemektedir. Çünkü düşük basınc sebebiyle torbalara etkin bir şekilde çırpma kuvveti uygulanamamakta ve havanın boşuna harcanmasına sebep olmaktadır. Valf erken kapatılırsa da etkinlik düşük kalmaktadır. Çalışmamızda, valf açıldıktan sonra basıncın belirli bir değere düşme süresi PLC yardımıyla ile llmştir. Düşme ve yükselme süreleri PLC yardımıyla ölçülmüş, SCADA'da kaydı tutularak değişim trendi izlenmiştir.



### **3.2.3.18. Filtre koniğinde ürün olup olmadığının tespiti**

Filtrede havadan ayrılan toz ürün filtre gövdesinin altındaki koniğe gelir. Buradaki ürün, filtre atmosferini bozmamak için hava kilidi ile sistem dışına alınır. Mevcut sistemlerde hava kilidi sürekli çalışır vaziyette kalır ve hava kilidini çeviren motor sürekli enerji harcar. Geliştirilen otomasyon yazılımı ile bu motor sadece ürün varken çalıştırılması sağlanmış ve bu motorun gereksiz yere boşa çalışarak tükettiği enerji tasarruf edilmiştir. Filtre koniğinde biriken malzeme olup olmadığı hava kilidinin hemen üzerindeki mika gövdeye yerleştirilen hassasiyeti ayarlanabilir, M30 kapasitif algılayıcı (CIPF-M3020P-S4U2-PNP, BEDOK, Seri No:252014, Almanya) ile algılanmıştır. Kapasitif algılayıcı sayısal çıkışa sahip olup bu kısımda ürün varken lojik 1 yokken lojik 0 çıkışı vermektedir.

### **3.2.3.19. Temizleme sisteminde aksaklık olup olmadığının tespiti**

Filtrede periyodik olarak tank basıncının 50 mbar'ın altına inmesi gerekmektedir. Sistemde bir aksaklık varsa, normal süresi içerisinde tank basıncı düşmeyecektir. Bu periyot PLC'de yazılan bir kontrol algoritması ile denetlenmektedir ve eğer ölçülen değerlerde bir aksaklık varsa bu durum sistem çalışması esnasında tespit edilebilmektedir.

### **3.2.3. İstatistiksel analizler**

Denemeler 3 tekerrürlü olarak yürütülmüş olup araştırma sonucunda elde edilen verilerin analizinde SPSS ( Versiyon 23) istatistik programı (IBM, ABD) kullanılmıştır. Elde edilen veriler varyans analizine tabi tutulmuş, önemli ve anlamlı bulunan interaksiyonlar şekiller üzerinde gösterilmiştir.

## 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

### 4.1. Sistem Parametreleri

Yapılan ölçümler ve hesaplamalar neticesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.1’de verilmiştir. Bu çizelgede elde edilen veriler maddeler halinde açıklanmıştır. Çizelgede 10 farklı çalışma modu için yapılan 30 adet denemenin ortalama değerleri verilmiştir. Bu denemelerde blower gücü, blower gücü standart sapması, saatlik üfleme sayısı, bir saatte kullanılan temizleme havası miktarı, blower motoru yıllık enerji tüketimi, 1m<sup>3</sup> hava üretmek için harcanan birim elektrik enerjisi, blower yağının eriştiği en yüksek sıcaklık değeri, aspirasyon havası debisi, aspirasyon havası hızı, filtre torbalarında oluşan basınç düşümü ( $\Delta P$ ), fan motoru gücü değerleri ölçülmüştür ve hesaplanmıştır. Örneklenen süreler boyunca alınan ölçümlerin ortalama değerleri alınmıştır. Ortalama değerlerin yanında ayrıca standart sapma değerleri de hesaplanmıştır.

Ölçülen parametrelere ait SPSS varyans analizi sonuçları Çizelge 4.2’de verilmiştir. Bu çizelgeye göre ölçümlenen parametreler beklenildiği şekilde anlamlı ( $\text{sig}<0.05$ ) çıkmıştır. Çalışma boyunca, denemelerin aynı koşullar altında yapılmasını sağlamak için debi, hava hızı, fark basınç değerleri aynı değerde tutulmuştur. Bu sebeple debi, hava hızı, fark basınç ve fan gücü değerleri anlamsız veriler olarak beklenmektedir. Bu değerlerden fan gücü değeri, tüm ölçüm değerlerinin birbirine çok yakın ve stabil gitmesi bu sebeple standart sapma değerinin de çok küçük olması sebebiyle çok küçük farklılıklar bile olsa anlamlı olarak ifade edilmiştir.

Çizelge 4.1. Ölçümler

ÖLÇÜMLER															
DENEME NO	ÇALIŞMA MODU	TEKERRÜR	BLOWER ÇALIŞMA MODU	FİLTRE TORBASI TEMİZLEME MODU	Blower Ortalama Gücü (kW)	Blower Ortalama Gücü Standart Sapması	Üfleme Sayısı (adet/saat)	Kullanılan Temizleme Havası (m <sup>3</sup> /saat)	Enerji Tüketimi (kWh/yl)	Birim Enerji Sarfıyatı (Wh/m <sup>3</sup> )	Blower Yağı Maksimum Sıcaklığı (°C)	Aspirasyon Ortalama Debisi (m <sup>3</sup> /h)	Aspirasyon Ortalama Hava Hızı (m/s)	Filtre Ortalama Fark Basınç ΔP (mbar)	Fan Ortalama Gücü (kW)
1	1	1	1	1	2,80	0.65	180	22.61	16821.02	124.00	79.5	8.10	9.98	6.38	9.48
2	2	1	1	2	3.08	0.43	60	7.57	18456.28	406.24	92.4	8.84	11.05	6.36	9.46
3	3	1	1	3	3.07	0.41	60	7.58	18400.17	404.36	89.5	8.05	9.88	6.35	9.46
4	4	1	1	4	1.77	0.50	624	58.66	10618.96	30.17	50.3	8.84	10.83	6.32	9.42
5	5	1	1	5	1.67	0.43	684	57.46	10036.14	29.11	45.1	8.68	10.89	6.31	9.36
6	6	1	2	1	1.54	0.50	180	16.92	9244.75	91.06	78.1	8.90	10.36	6.39	9.48
7	7	1	2	2	1.48	0.31	60	5.64	8869.07	262.09	86.3	8.83	11.12	6.38	9.53
8	8	1	2	3	1.26	0.30	60	5.04	7558.20	249.94	85.0	8.52	9.99	6.27	9.44
9	9	1	2	4	2.14	0.62	768	72.19	12850.31	29.67	52.5	8.79	11.18	6.24	9.38
10	10	1	2	5	1.96	0.52	840	70.56	11743.72	27.74	48.0	8.60	10.49	6.23	9.39
11	1	2	1	1	2.81	0.64	180	22.61	16877.43	124.42	79.1	8.62	10.71	6.29	9.49
12	2	2	1	2	3.08	0.42	60	7.57	18472.79	406.60	89.3	8.58	10.61	6.29	9.45
13	3	2	1	3	3.05	0.43	60	7.56	18273.65	402.86	89.2	8.46	10.43	6.36	9.43

14	4	2	1	4	1.76	0.49	636	59.78	10553.68	29.42	50.1	9.14	11.35	6.32	9.43
15	5	2	1	5	1.67	0.44	684	57.46	10038.23	29.12	45.2	8.40	10.26	6.26	9.36
16	6	2	2	1	1.56	0.51	180	16.92	9335.99	91.96	77.3	8.44	10.36	6.28	9.48
17	7	2	2	2	1.48	0.31	60	5.64	8882.49	262.48	85.9	8.53	10.32	6.39	9.51
18	8	2	2	3	1.26	0.30	60	5.04	7539.32	249.32	84.7	8.31	10.11	6.27	9.44
19	9	2	2	4	2.07	0.55	780	73.32	12434.08	28.26	53.6	8.84	10.96	6.31	9.38
20	10	2	2	5	1.96	0.51	828	69.55	11743.33	28.14	48.4	8.44	10.36	6.33	9.38
21	1	3	1	1	2.78	0.66	180	22.75	16698.76	122.32	78.1	8.79	10.68	6.33	9.48
22	2	3	1	2	3.07	0.43	60	7.52	18423.82	408.11	89.3	8.54	10.71	6.28	9.45
23	3	3	1	3	3.01	0.47	60	7.56	18064.32	398.24	89.1	8.49	10.57	6.33	9.43
24	4	3	1	4	1.78	0.49	624	58.66	10694.32	30.39	50.3	8.70	10.89	6.26	9.41
25	5	3	1	5	1.66	0.43	696	58.46	9972.37	28.43	45.2	8.79	10.90	6.27	9.36
26	6	3	2	1	1.54	0.50	180	16.92	9253.77	91.15	76.9	8.57	10.54	6.30	9.48
27	7	3	2	2	1.47	0.31	60	5.64	8847.24	261.44	85.8	8.67	10.61	6.39	9.50
28	8	3	2	3	1.26	0.30	60	5.04	7542.25	249.41	84.3	8.84	10.79	6.31	9.44
29	9	3	2	4	2.03	0.55	780	73.32	12172.35	27.67	51.9	8.38	10.48	6.27	9.39
30	10	3	2	5	1.96	0.52	852	71.57	11753.62	27.37	48.1	8.78	10.56	6.25	9.36
<b>Ortalama</b>					<b>2.07</b>	<b>0.47</b>	<b>353.20</b>	<b>32.57</b>	<b>12405.75</b>	<b>165.05</b>	<b>70.28</b>	<b>8.62</b>	<b>10.60</b>	<b>6.31</b>	<b>9.44</b>
<b>Standart sapma</b>					<b>0.65</b>	<b>0.11</b>	<b>322.82</b>	<b>27.83</b>	<b>3877.25</b>	<b>148.29</b>	<b>18.13</b>	<b>0.24</b>	<b>0.36</b>	<b>0.05</b>	<b>0.05</b>

Çizelge 4.2. SPSS’de varyans analizi sonuçları

source	değişken	Type III sum of squares	df	Karesel ortalama	F	sig
Blower_Modu*Filtre_Modu	Blower gücü	6.355	4	1.589	4136.646	0.000
	Blower gücü standart sapması	0.084	4	0.021	70.188	0.000
	Üfleme sayısı	40512.000	4	10128.000	358.302	0.000
	Üfleme havası	517.470	4	129.368	599.492	0.000
	Yıllık enerji tüketimi	228222587.2	4	57055646.80	3988.434	0.000
	Birim enerji tüketimi	34791.238	4	8697.809	6580.212	0.000
	Yağ sıcaklığı	78.115	4	19.529	48.096	0.000
	Debi	0.172	4	0.043	0.723	0.588
	Hız	0.045	4	0.011	0.099	0.982
	Fark basınç	0.016	4	0.004	2.821	0.056
	Fan gücü	0.007	4	0.002	23.379	0.000

Önem seviyesi P<0.05

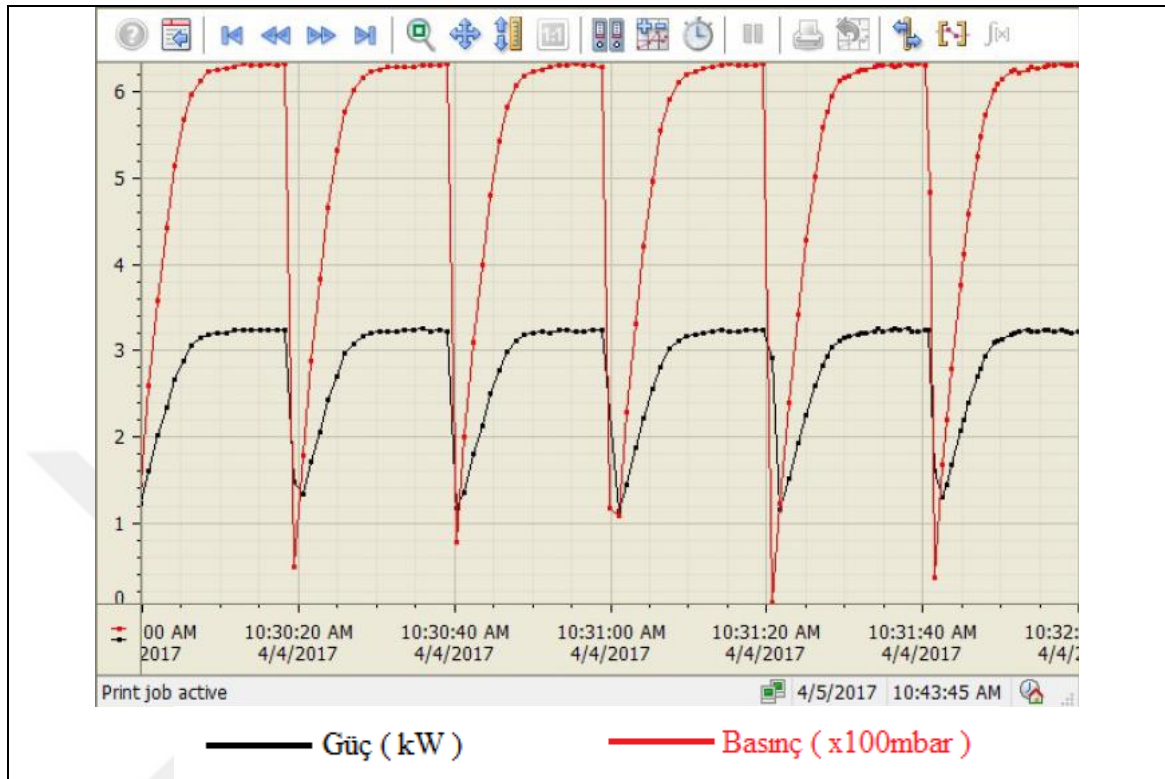
Yapılan ölçümlerden elde edilen bilgiler aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

#### 4.1.1. Blower motoru güç değerleri

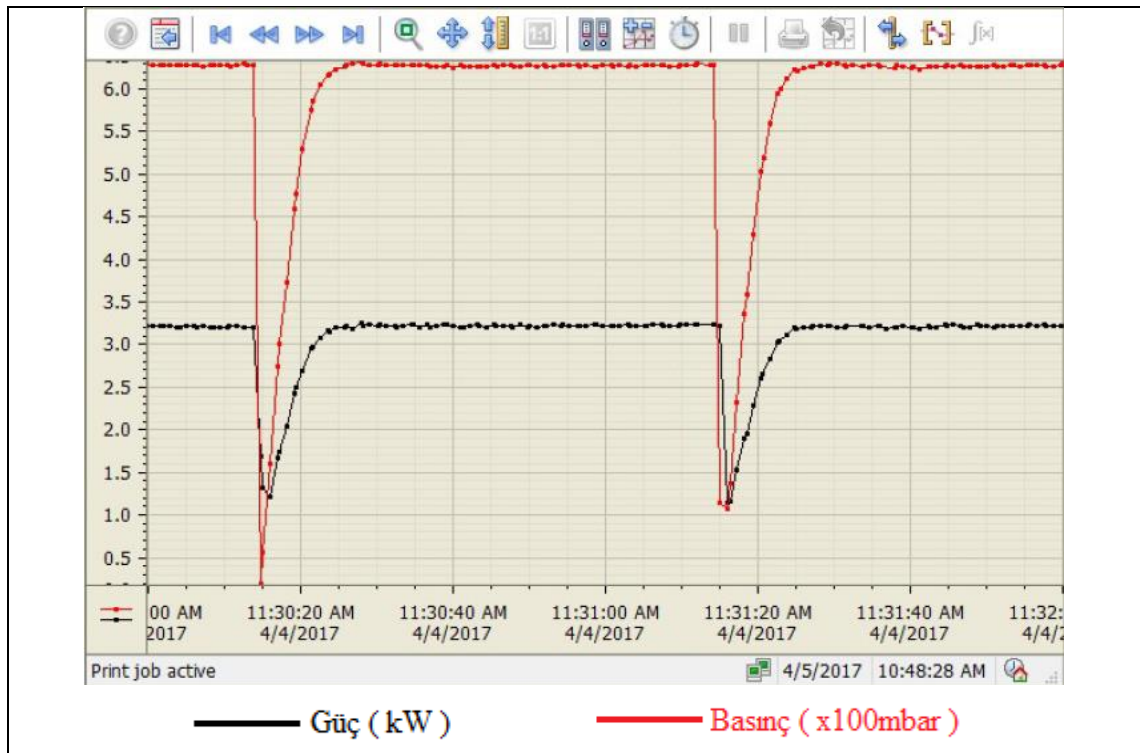
Blower motoruna ait güç değerleri ortalama  $2.07 \pm 0.65$  kW olarak bulunmuştur. En düşük güç çekişi 1.26 kW ile 8 numaralı çalışma modu olurken en yüksek güç tüketimi 3.08 kW ile 2 numaralı çalışma modu olmuştur. Klasik çalışma tipi olan 1 numaralı çalışma tipinde ise en düşük güç 2.78 kW olarak gerçekleşmiştir. Önerilen 8 numaralı çalışma tipi klasik çalışma tipine göre % 54.7 enerji tasarrufu sağlamaktadır.

Blower motorunun her bir çalışma moduna göre güç çekiş karakteristikleri ( tank hava basıncına göre motor gücünün zamana göre değişimi) aşağıdaki şekillerde verilmiştir. 1 numaralı çalışma modu Şekil 4.1’de, 2 numaralı çalışma modu Şekil 4.2’de, 3 numaralı çalışma modu Şekil 4.3’te, 4 numaralı çalışma modu Şekil 4.4’te, 5 numaralı çalışma modu Şekil 4.5’te, 6 numaralı çalışma modu Şekil 4.6’da, 7 numaralı

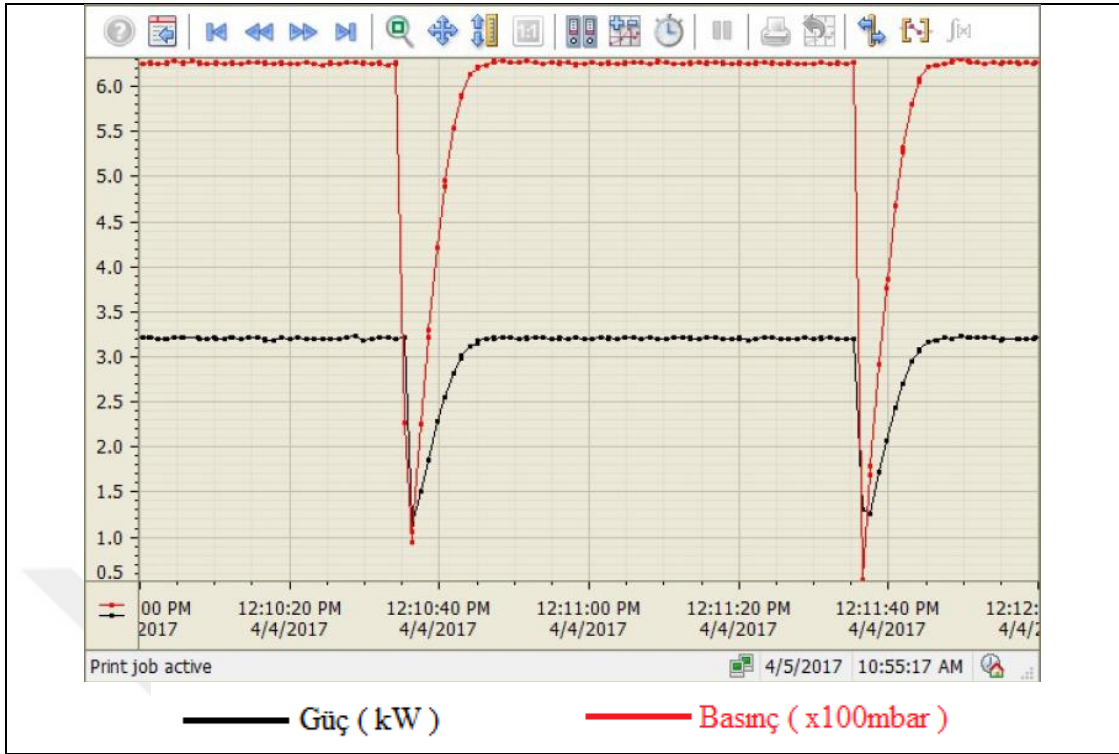
çalışma modu Şekil 4.7’de, 8 numaralı çalışma modu Şekil 4.8’de, 9 numaralı çalışma modu Şekil 4.9’da, 10 numaralı çalışma modu Şekil 4.10’da verilmiştir.



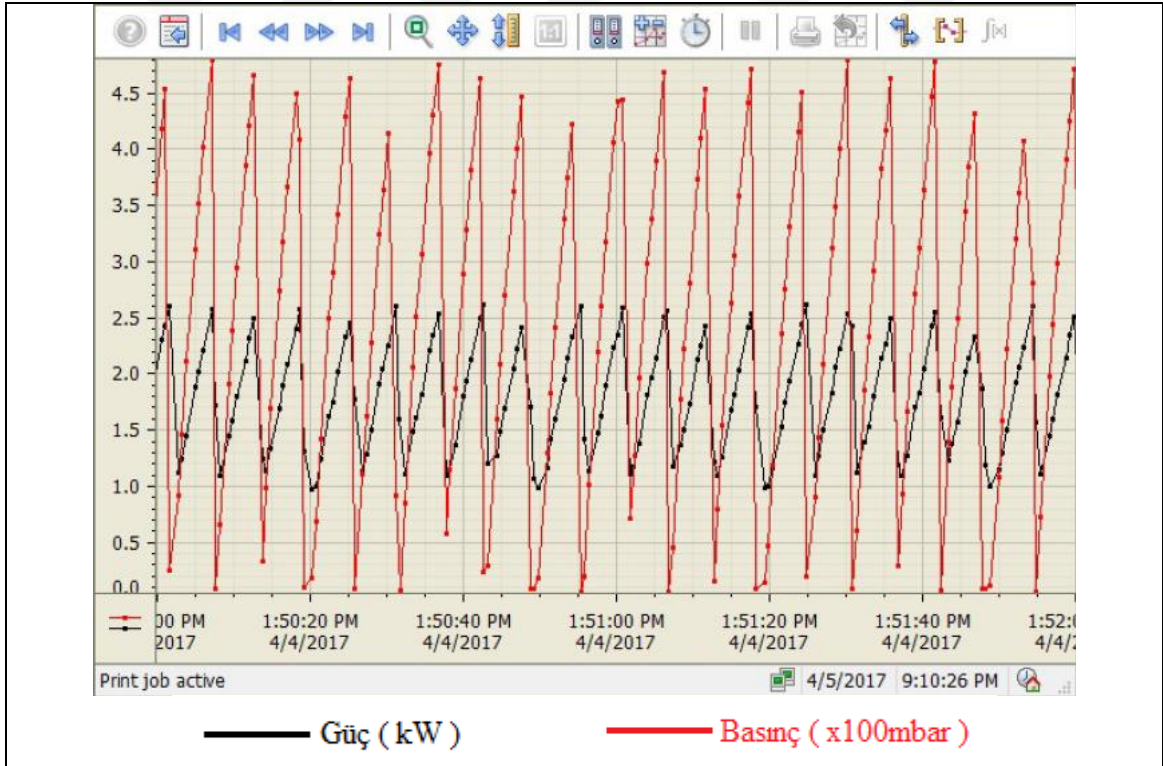
Şekil 4.1. 1 numaralı çalışma modunda SCADA ekranındaki basınç ve güç değerleri trendi



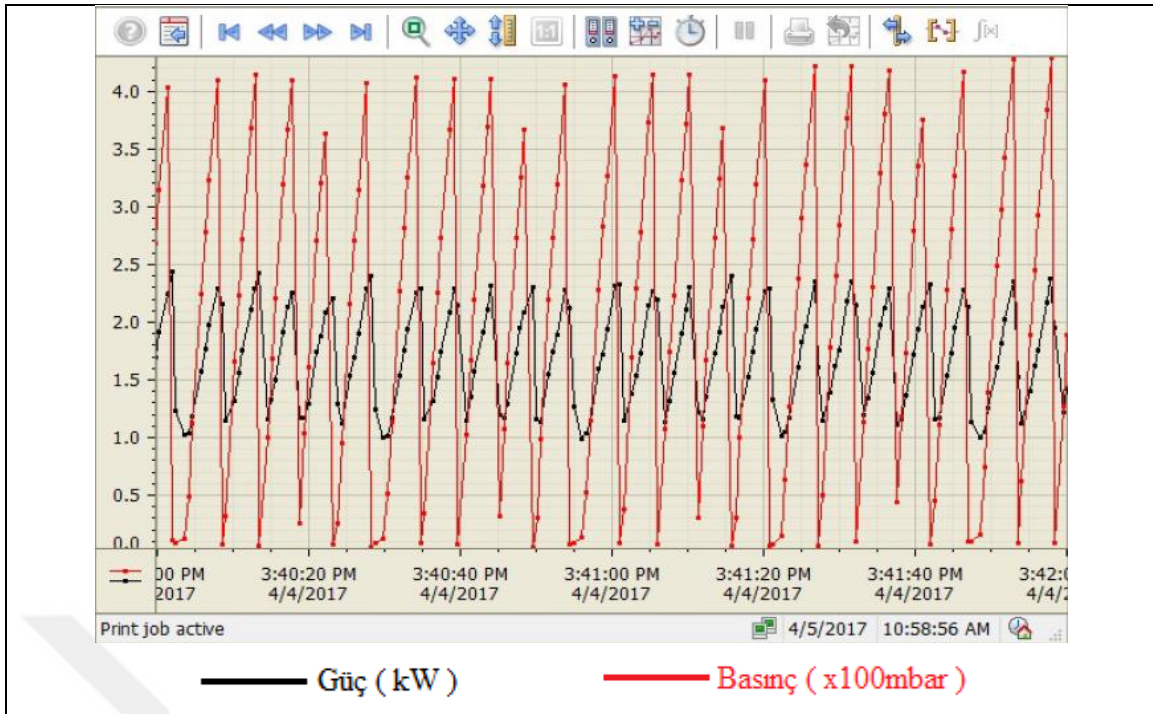
Şekil 4.2. 2 numaralı çalışma modunda SCADA ekranındaki basınç ve güç değerleri trendi



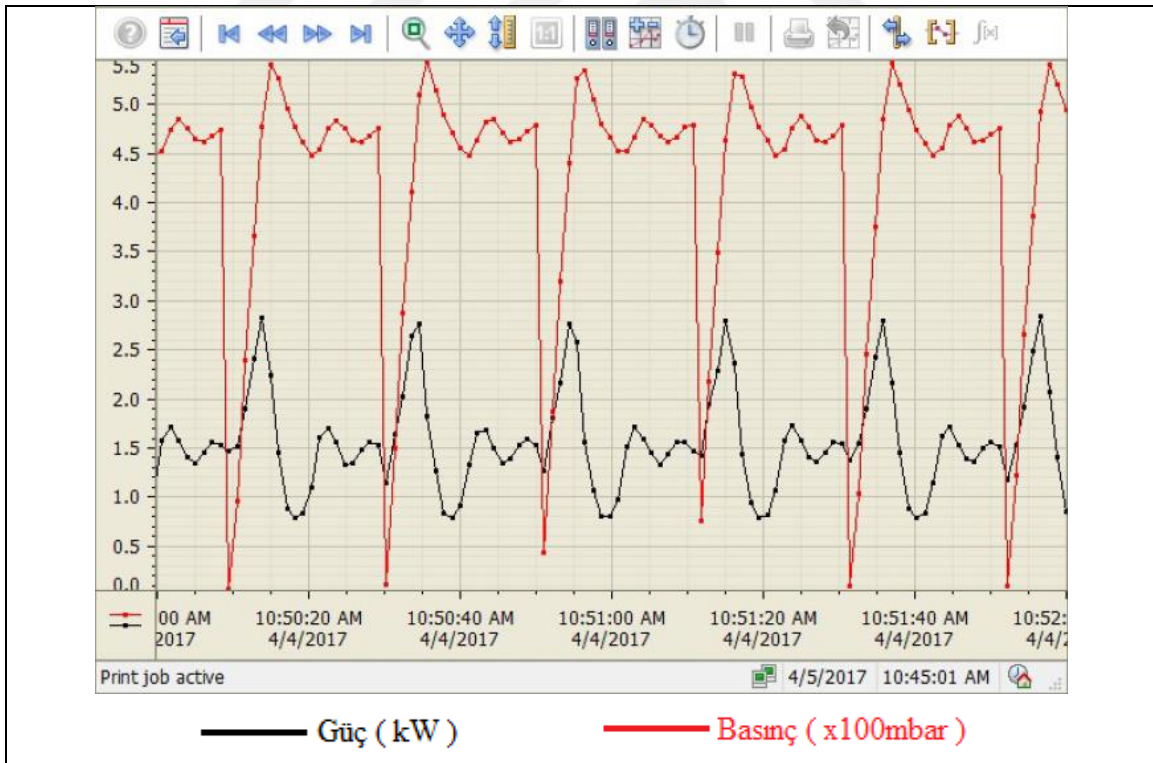
Şekil 4.3. 3 numaralı çalışma modunda SCADA ekranındaki basınç ve güç değerleri trendi



Şekil 4.4. 4 numaralı çalışma modunda SCADA ekranındaki basınç ve güç değerleri trendi

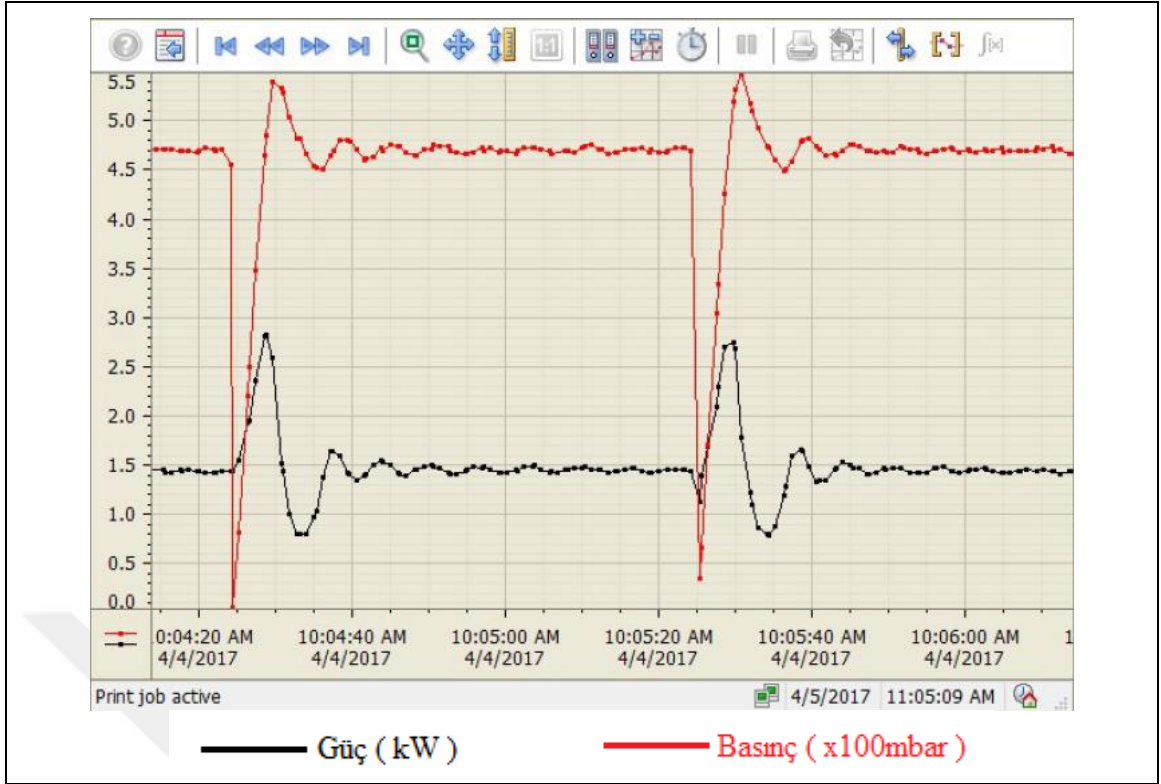


Şekil 4.5. 5 numaralı çalışma modunda SCADA ekranındaki basınç ve güç değerleri trendi

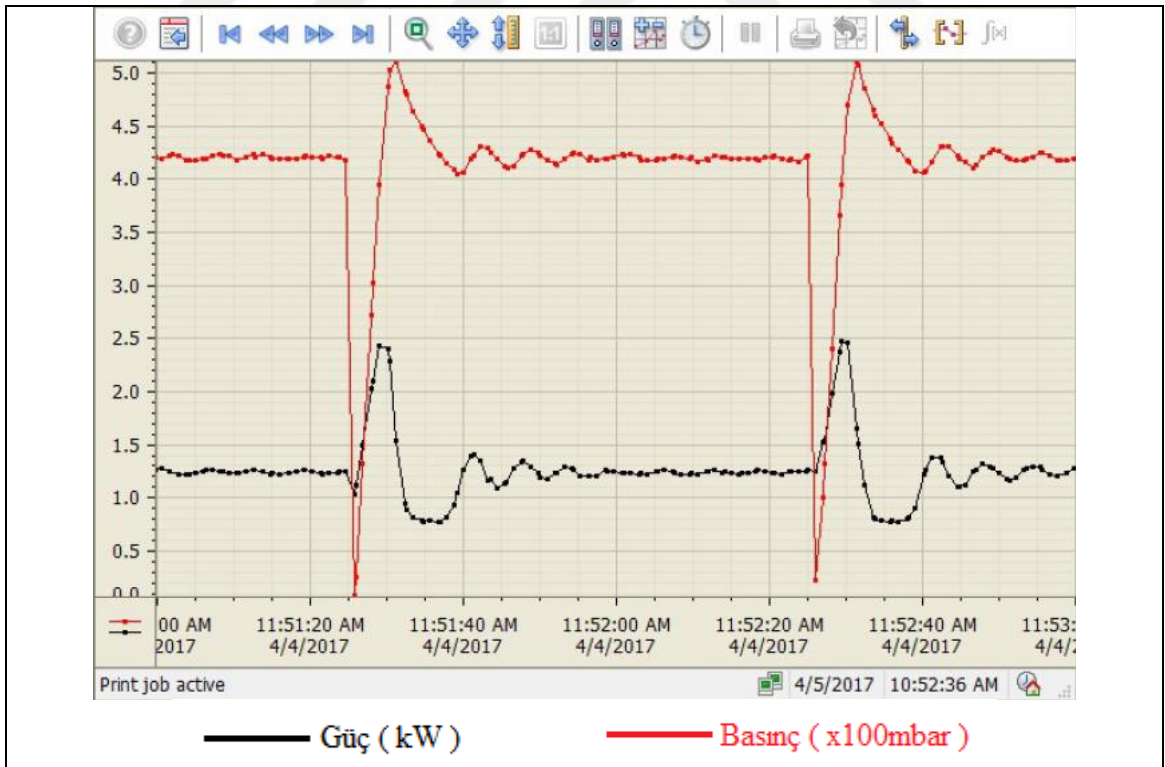


Şekil 4.6. 6 numaralı çalışma modunda SCADA ekranındaki basınç ve güç değerleri trendi

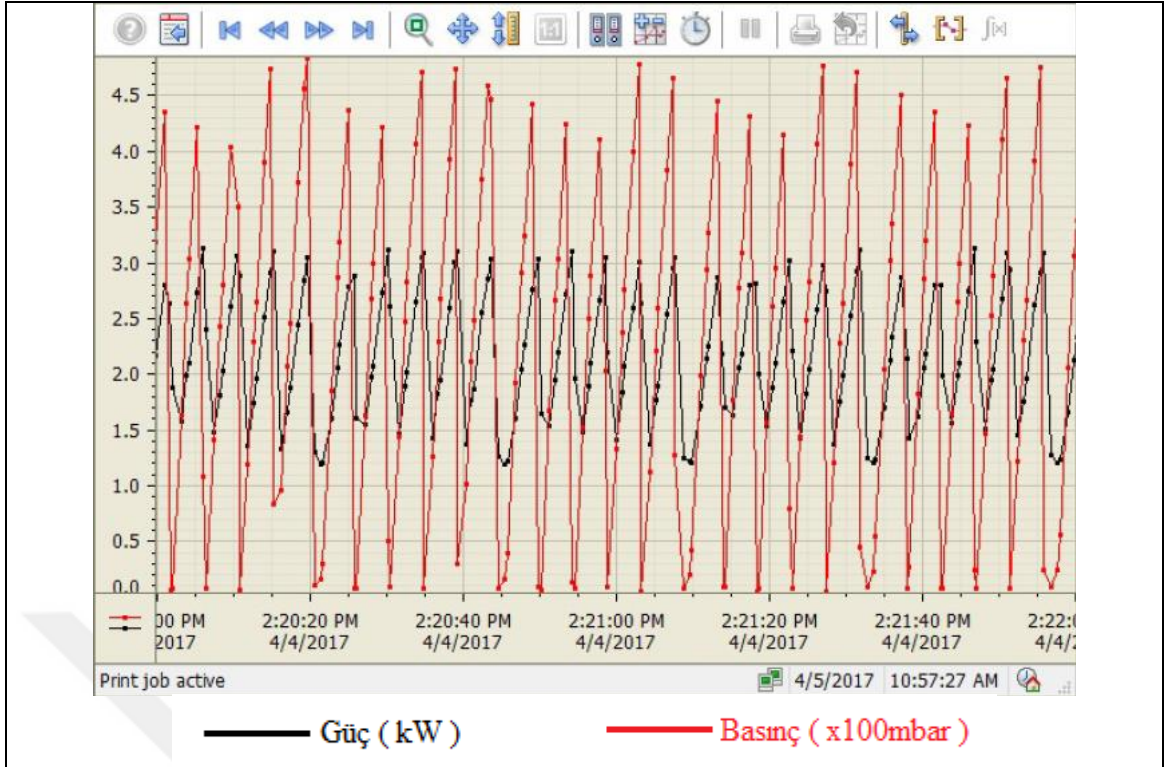




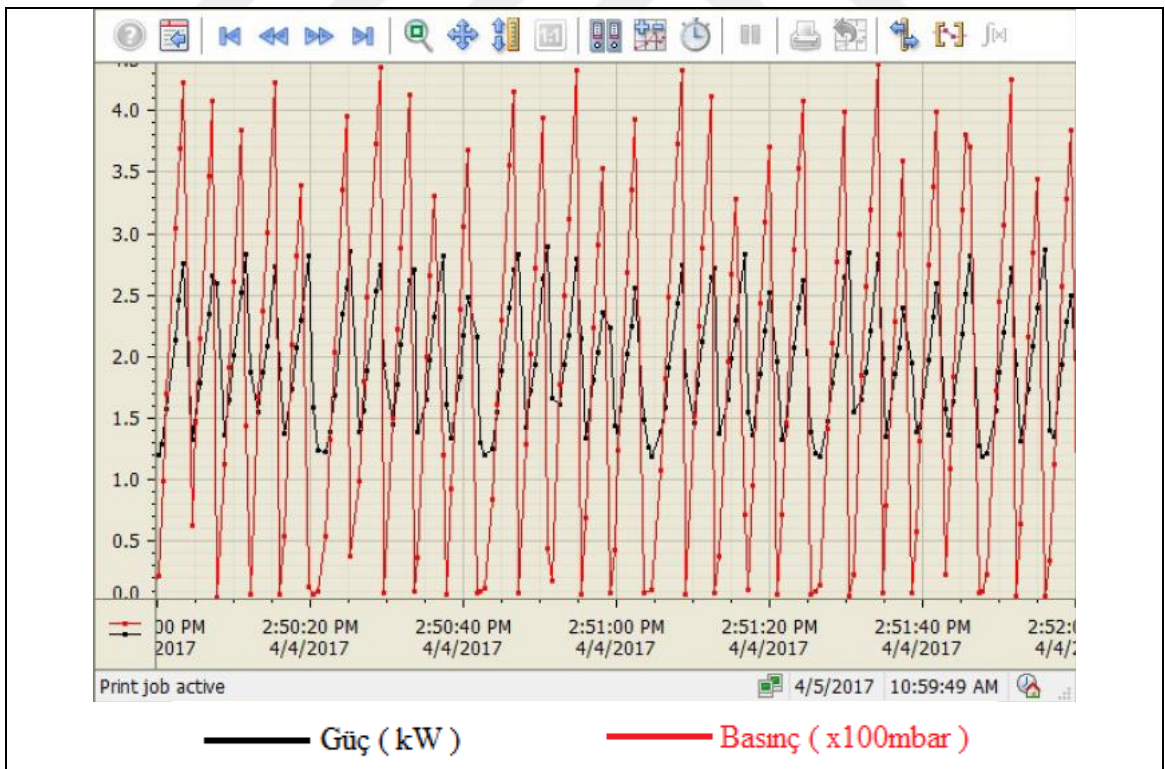
Şekil 4.7. 7 numaralı çalışma modunda SCADA ekranındaki basınç ve güç değerleri trendi



Şekil 4.8. 8 numaralı çalışma modunda SCADA ekranındaki basınç ve güç değerleri trendi



Şekil 4.9. 9 numaralı çalışma modunda SCADA ekranındaki basınç ve güç değerleri trendi



Şekil 4.10. 10 numaralı çalışma modunda SCADA ekranındaki basınç ve güç değerleri trendi

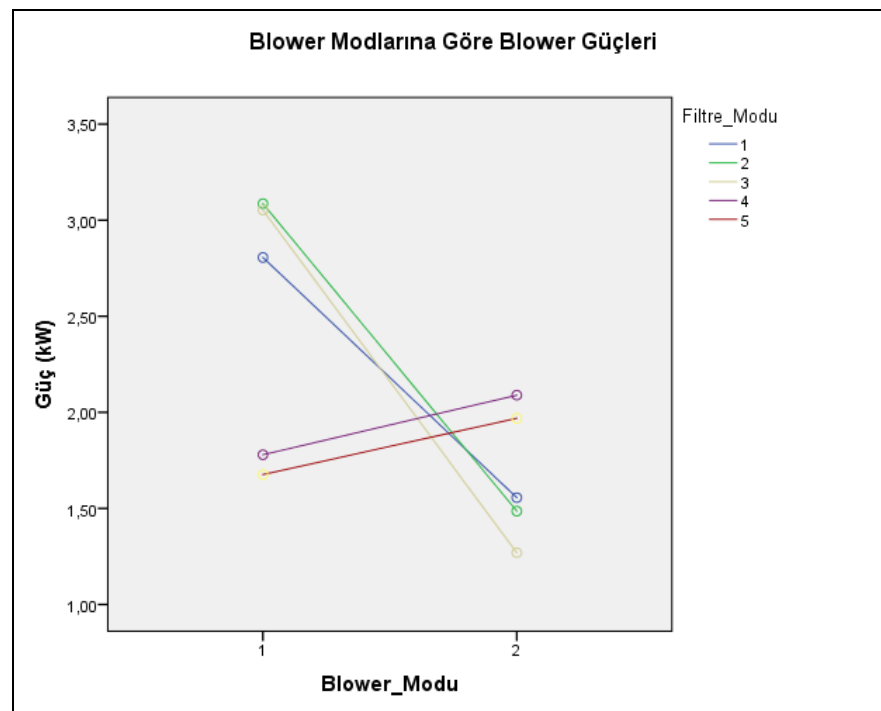
Blower gücüne ait SPSS çıktıları aşağıda verilmiştir. Duncan testi sonuçları Çizelge 4.3'te verilmiştir. Burada 5 numaralı çalışma modu en düşük güç tüketime sahip çalışma modu olarak verilmiştir.

**Çizelge 4.3.** SPSS'de blower gücüne ait Duncan testi sonuçları

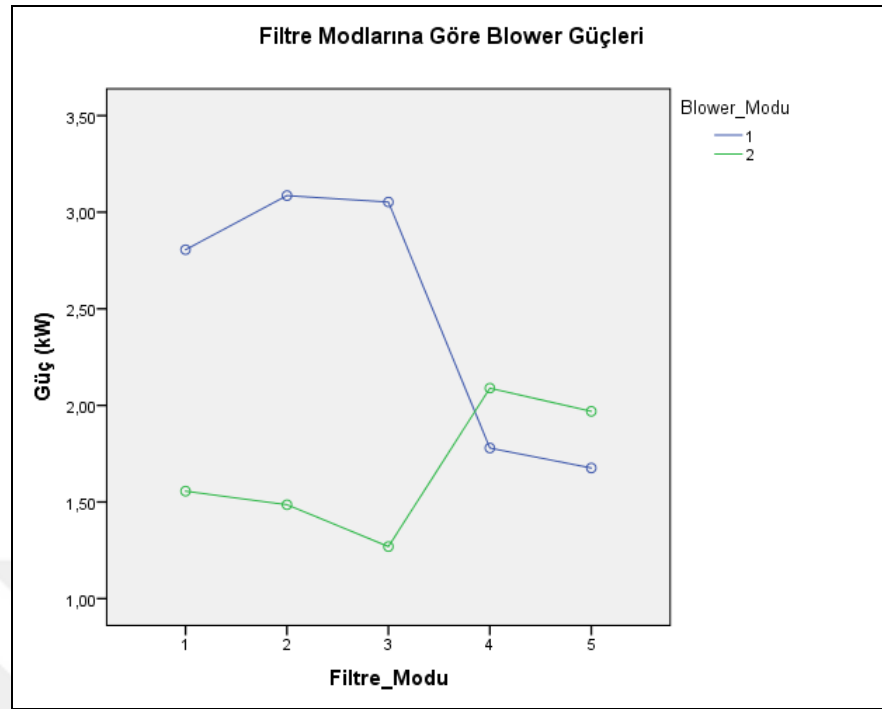
		<b>Blower Gücü</b>			
Duncan		Alt gruplar			
Filtre_Modu	N	1	2	3	4
5	6	1,8133			
4	6		1,9250		
3	6			2,1517	
1	6			2,1717	
2	6				2,2767
Sig.		1,000	1,000	,094	1,000
Önem seviyesi P<0.05					

Blower gücünün blower modlarına göre değişimi Şekil 4.11'de verilmiştir. Buna göre blower modunun 1 den 2 'ye geçmesi halinde 1, 2 ve 3 numaralı filtre modlarında güç düşerken 4 ve 5 numaralı filtre modlarında güç tüketimi artmaktadır.

Blower gücünün filtre modlarına göre değişimi Şekil 4.12'de verilmiştir. Buna göre 1 numaralı blower modunda; 4 ve 5 numaralı çalışma modları, 2 numaralı blower modunda ise; 1, 2 ve 3 numaralı çalışma modları daha az güç çekmektedir.



**Şekil 4.11.** SPSS'de blower gücü ortalama değerlerinin blower moduna göre değişimi



Şekil 4.12. SPSS’de blower gücü ortalama değerlerinin filtre moduna göre değişimi

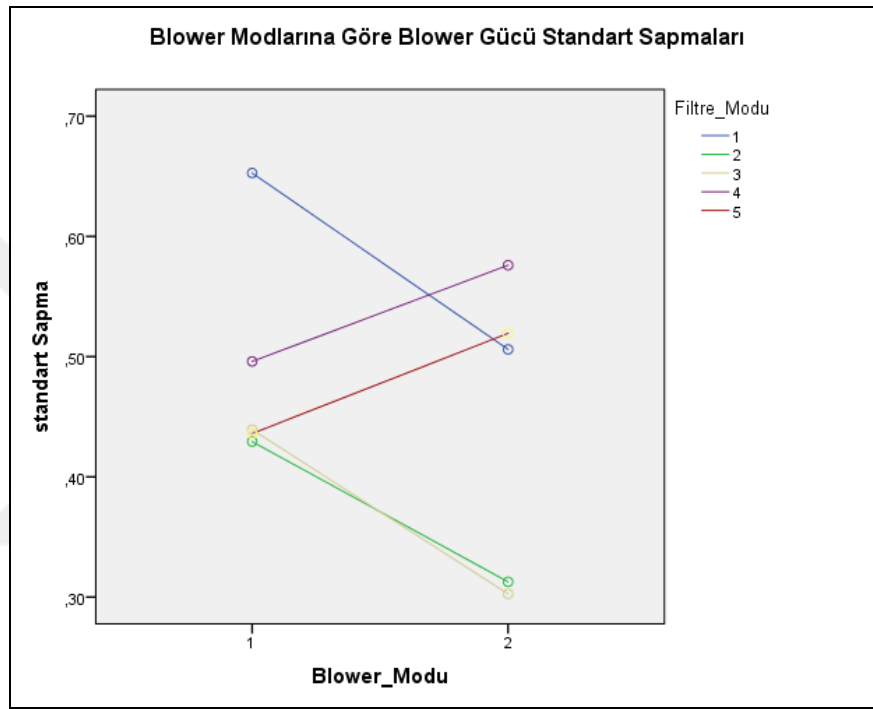
#### 4.1.2. Blower motoru ortalama güç standart sapma değerleri

Blower motorunun çalışması esnasında üzerine gelen gücün değişimi, kontrol tipini belirlemek ve maruz kalınan çalışma şartlarını anlamak açısından önemlidir. Standart sapma değerleri ortalama  $0.47 \pm 0.11$  olarak bulunmuştur. En düşük standart sapma 0.30 ile önerilen 8 numaralı çalışma modu olurken en yüksek standart sapma 0.66 ile klasik çalışma modunda gerçekleşmiştir. Duncan testi sonuçları Çizelge 4.4’te verilmiştir.

Çizelge 4.4. SPSS’de blower gücü standart sapma değerlerine ait Duncan analiz sonuçları

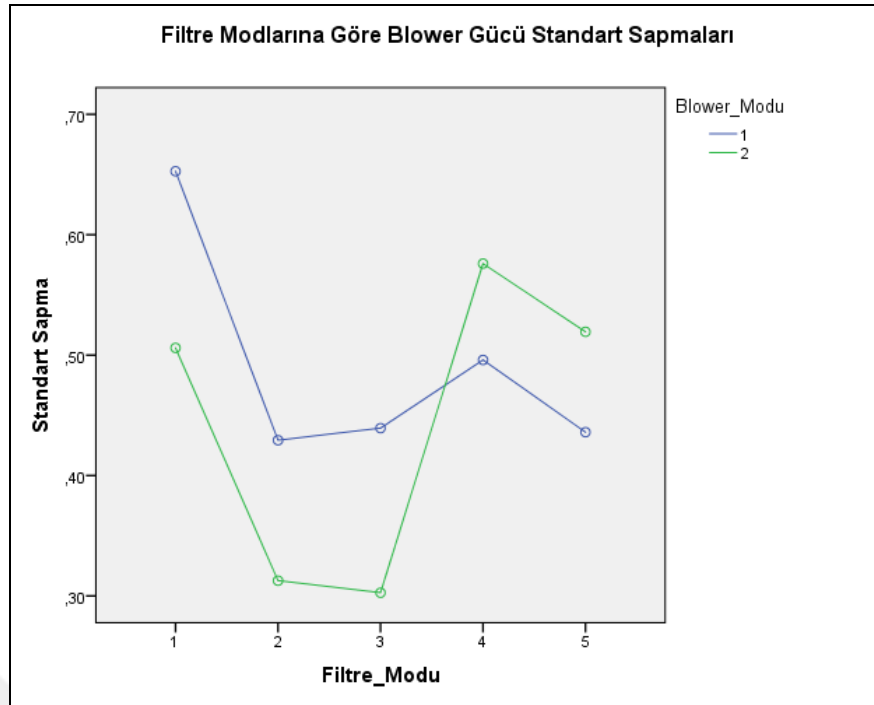
Blower Gücü Standart Sapması					
Duncan					
Filtre_Modu	N	Alt gruplar			
		1	2	3	4
2	6	,3683			
3	6	,3683			
5	6		,4750		
4	6			,5333	
1	6				,5767
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000
Önem seviyesi P<0.05					

Blower gücü standart sapma değerinin blower modlarına göre değişimi Şekil 4.13'te verilmiştir. 1 numaralı blower modundan 2 numaralı blower moduna geçilince; 4 ve 5 numaralı filtre modlarının standart sapması artarken, diğer filtre modlarının standart sapması azalmaktadır. 1 numaralı blower modunda en yüksek standart sapma 1 numaralı filtre moduna aittir. 2 numaralı blower modunda en yüksek standart sapma 4 numaralı filtre moduna aittir. 2 ve 3 numaralı filtre modları her iki blower modunda da en düşük standart sapma değerine sahip filtre modları olmuştur.



Şekil 4.13. SPSS'de blower gücü standart sapma değerlerinin blower moduna göre değişimi

Blower gücü standart sapma değerinin filtre modlarına göre değişimi Şekil 4.14'te verilmiştir.



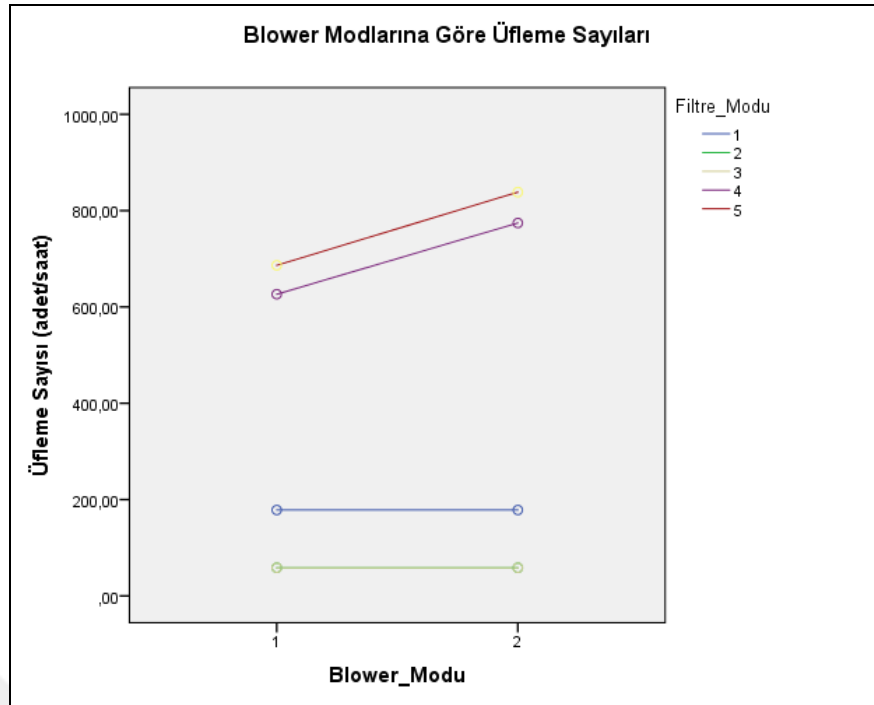
Şekil 4.14. SPSS’de blower gücü standart sapma değerlerinin filtre moduna göre değişimi

#### 4.1.3. Üfleme sayısı değerleri

Bir saat içerisinde torbalara kaç defa üflendiği, bir saatte temizlenen torba sayısı açısından önemlidir. Üfleme sayısı ortalama  $353.2 \pm 322.82$  adet/saat olarak bulunmuştur. En düşük üfleme sayısı 60 adet/saat olarak 2, 3, 7 ve 8 numaralı çalışma modlarında olmuştur. En yüksek üfleme sayısı 852 adet/saat olarak 10 numaralı çalışma modunda gerçekleşmiştir. Klasik çalışma modunda üfleme sayısı 180 adet/saat olarak gerçekleşmiştir. 10 numaralı çalışma modu klasik çalışma moduna göre 4.7 kat daha fazla üfleme yapmıştır. Duncan analiz sonuçları Çizelge 4.5’te verilmiştir.

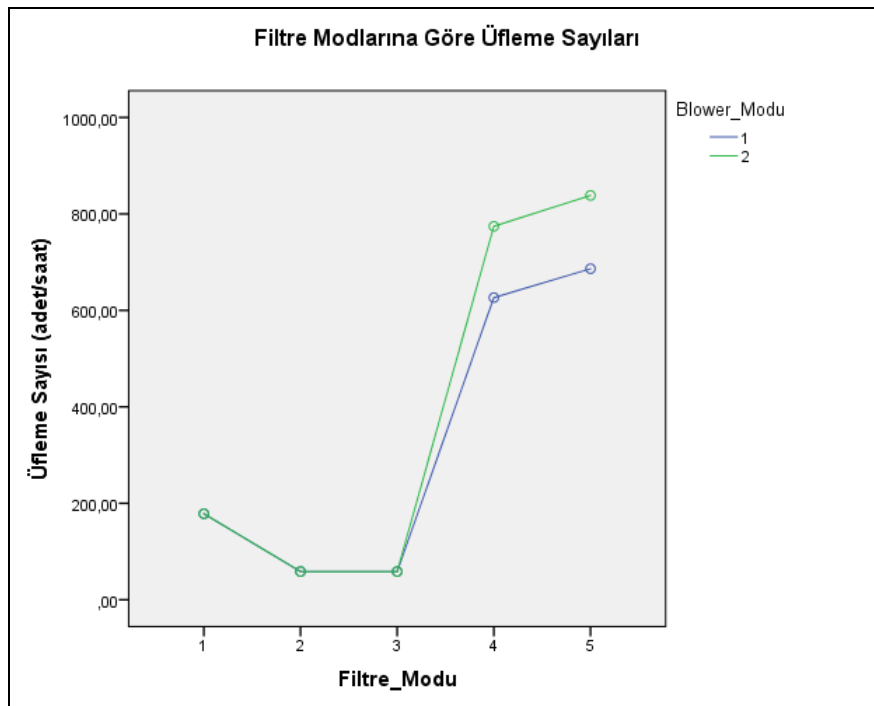
Çizelge 4.5. SPSS’de saatlik üfleme sayısı değerlerine ait Duncan analiz sonuçları

Torbalara Üfleme Sayısı					
Duncan					
Filtre_Modu	N	Alt gruplar			
		1	2	3	4
2	6	60,0000			
3	6	60,0000			
1	6		180,0000		
4	6			702,0000	
5	6				764,0000
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000
Önem seviyesi P<0.05					



Şekil 4.15. SPSS’de saatlik üfleme sayısı değerlerinin blower moduna göre değişimi

SPSS’de saatlik üfleme sayısı değerlerinin filtre moduna göre değişimi Şekil 4.16’da verilmiştir. Üfleme sayıları filtre moduyla değişmektedir. 2 ve 3 numaralı filtre modlarında en düşük, 5 numaralı filtre modunda en yüksek üfleme yapılmıştır.



Şekil 4.16. SPSS’de saatlik üfleme sayısı değerlerinin filtre moduna göre değişimi

#### 4.1.4. Kullanılan üfleme havası değerleri

Torbalara bir saat içerisinde üflenen temizleme havası ortalama  $32.57 \pm 27.83$  m<sup>3</sup>/saat olarak bulunmuştur. En düşük üfleme havası 5.04 m<sup>3</sup>/saat olarak 2 numaralı çalışma modunda olmuştur. En yüksek üfleme havası 73.32 m<sup>3</sup>/saat olarak 9 numaralı çalışma modunda olmuştur. Klasik çalışma modunda en fazla 22.75 m<sup>3</sup>/saat hava kullanılmıştır. 9 numaralı çalışma modu klasik çalışma moduna göre 3.2 kat daha fazla temizleme havası kullanmıştır. Duncan analiz sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir.

**Çizelge 4.6.** SPSS'de saatlik üfleme havası değerlerine ait Duncan analiz sonuçları

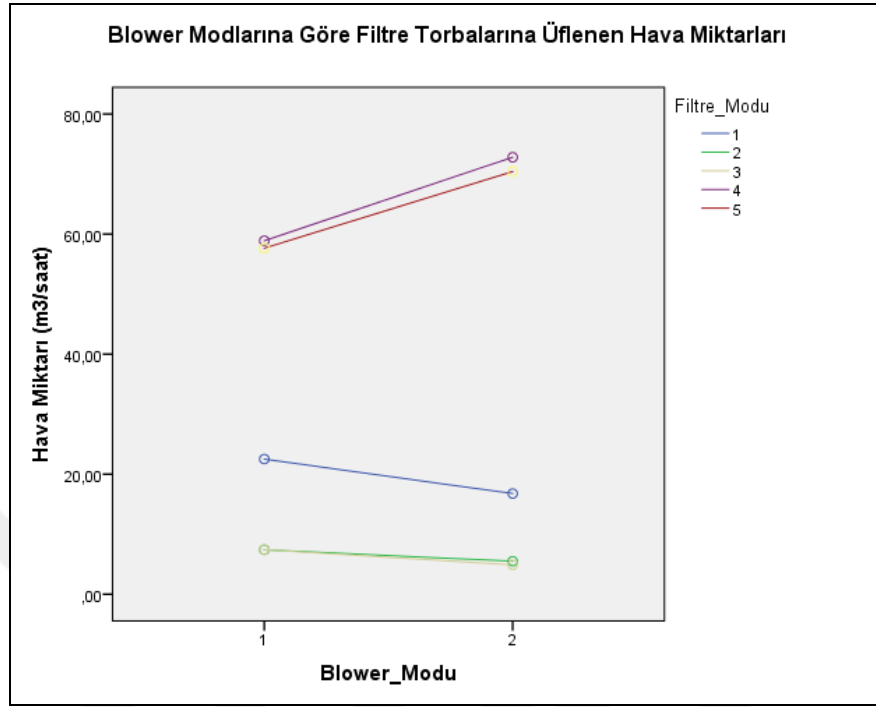
Torbalara Üflenen Hava Miktarı					
Duncan					
Filtre_Modu	N	Alt gruplar			
		1	2	3	4
3	6	6,3033			
2	6	6,5967			
1	6		19,7883		
5	6			64,1767	
4	6				65,9883
Sig.		,289	1,000	1,000	1,000
Önem seviyesi P<0.05					

SPSS'de saatlik üfleme havası değerlerinin blower moduna göre değişimi Şekil 4.17'de verilmiştir. Blower modunun 1 den 2'ye geçmesiyle; 4 ve 5 numaralı filtre modlarının saatlik üfleme havası artarken diğer modların üfleme havaları düşmektedir. Bunun sebebi 1 numaralı blower modunda sabit basınç ayarı yapılamadığından bu modda üretilen havanın basıncının yüksek olmasıdır. Basınç yüksek olduğu için kullanılan hava miktarı artmaktadır. Şekilde 2 ve 3 numaralı filtre modlarına ait değerler çok yakın olduğu için eğrileri çakışık olup üst üste binmiştir. Bu yüzden şekilde 5 yerine 4 eğri var gibi görülmektedir.

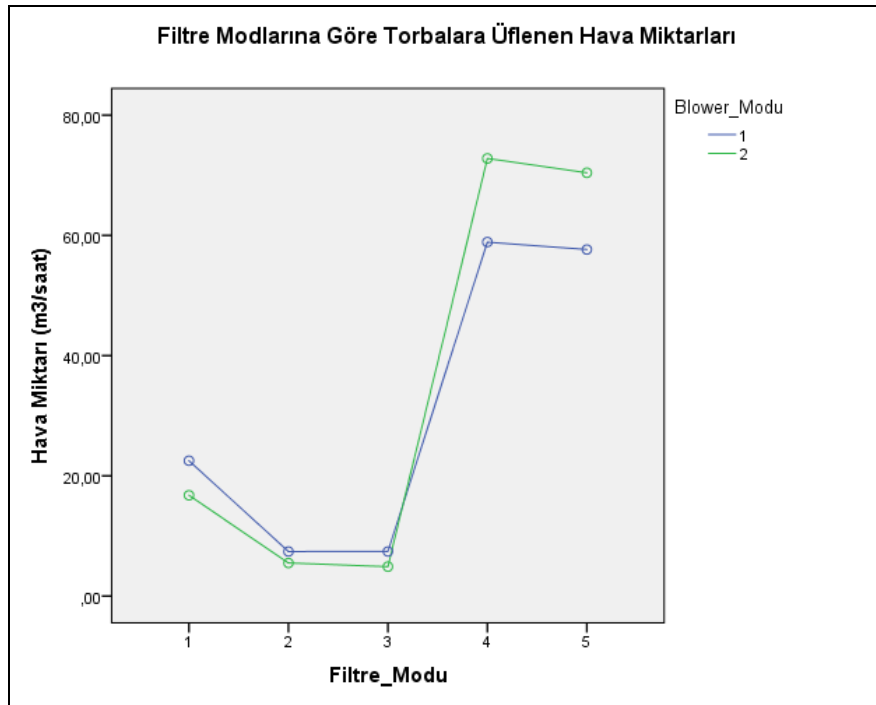
SPSS'de saatlik üfleme havası değerlerinin filtre moduna göre değişimi Şekil 4.18'de verilmiştir. Filtre modunun değişimi ile üfleme havaları değişmektedir. 2 ve 3 numaralı filtre modlarında en düşük üfleme yapılmaktadır. En yüksek üfleme havası ise 4 numaralı filtre modunda kullanılmaktadır. 1, 2 ve numaralı filtre modları 1 numaralı



blower modunda daha çok hava kullanırken, 4 ve 5 numaralı filtre modları 2 numaralı blower modunda daha çok hava kullanılmaktadır.



Şekil 4.17. SPSS’de saatlik üfleme havası değerlerinin blower moduna göre değişimi



Şekil 4.18. SPSS’de saatlik üfleme havası değerlerinin filtre moduna göre değişimi

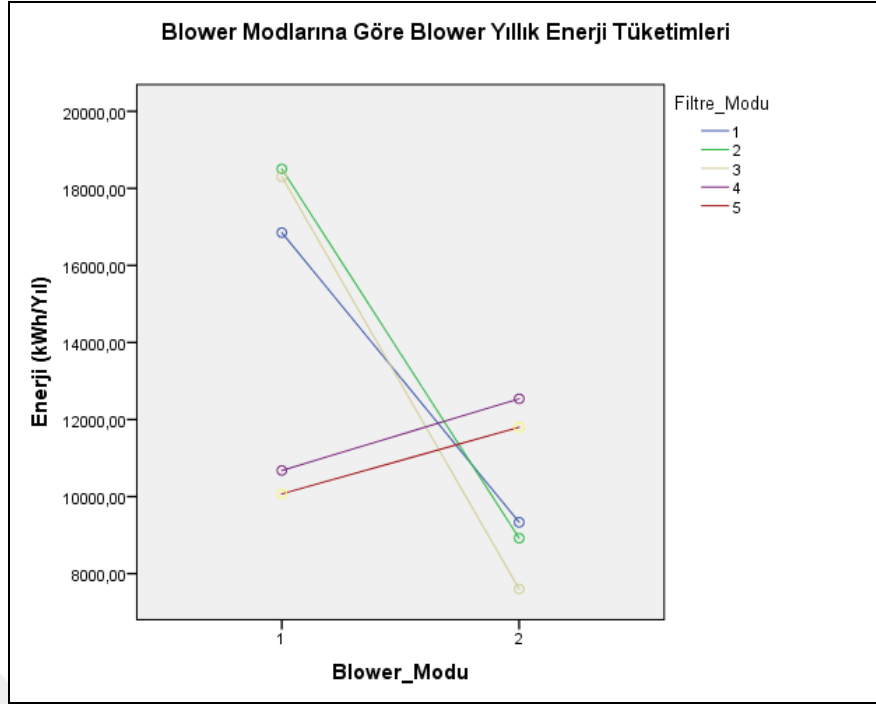
#### 4.1.5. Blower yıllık enerji tüketimi değerleri

Endüstriyel işletmeler için yıllık 6000 saat çalışma süresi için blower motorunun enerji tüketimleri hesaplanmıştır. Enerji tüketimleri ortalama  $12405.75 \pm 3877.25$  kWh/yıl olarak bulunmuştur. Enerji tüketimi, en düşük 7539.32 kWh/yıl ile 8 numaralı çalışma modunda, en yüksek 18423.82 kWh/yıl olarak 2 numaralı çalışma modunda olmuştur. Klasik çalışma modunda en düşük enerji tüketimi 16698.76 kWh/yıl olmuştur. 8 numaralı çalışma modu klasik çalışma moduna göre % 54.8 daha az enerji harcamıştır. Duncan analiz sonuçları Çizelge 4.7’de verilmiştir.

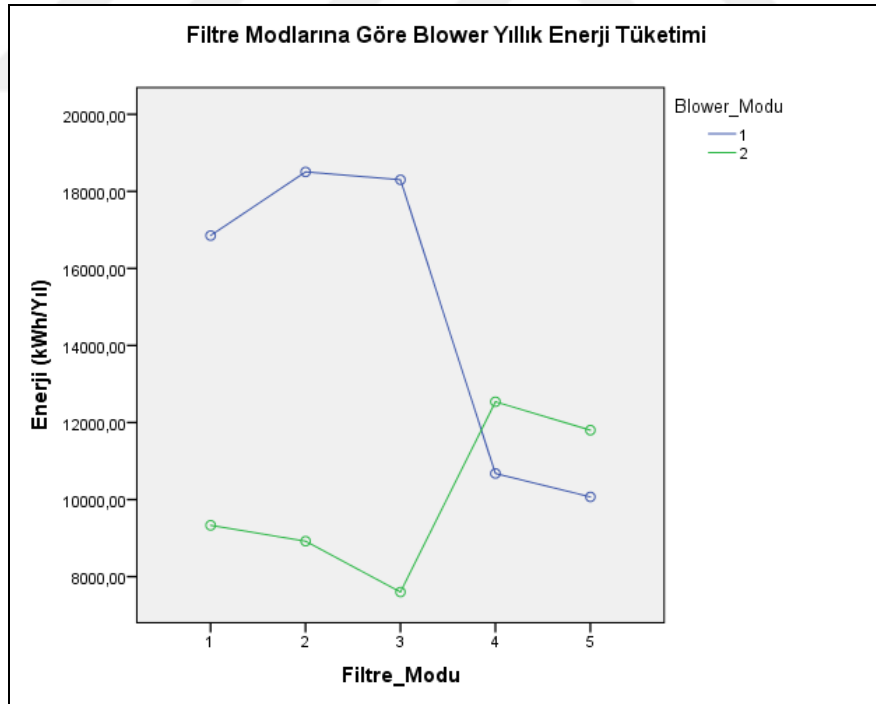
SPSS’de filtre modlarına göre blower motoru yıllık enerji tüketimleri Şekil 4.19’da verilmiştir. Buna göre blower modunun 1 den 2 ‘ye geçmesi halinde 4 ve 5 numaralı filtre modlarının enerji tüketimi artarken, diğer filtre modlarının yıllık enerji tüketimi azalmaktadır. SPSS’de filtre modlarına göre blower yıllık enerji tüketimlerinin Şekil 4.20’de verilmiştir. Buna göre filtre modunun değişimi ile yıllık enerji tüketimleri değişmektedir. En düşük enerji tüketim 3 numaralı filtre modunda 2 numaralı blower modu ile çalışırken gerçekleşmektedir. En yüksek enerji tüketimi ise 2 numaralı filtre modunda 1 numaralı blower modu ile çalışırken gerçekleşmektedir.

**Çizelge 4.7.** SPSS’de yıllık enerji tüketimi değerlerine ait Duncan analiz sonuçları

Yıllık Enerji Tüketimi					
Duncan					
Filtre_Modu	N	Alt gruplar			
		1	2	3	4
5	6	10881,2350			
4	6		11553,9500		
3	6			12896,3183	
1	6			13038,6200	
2	6				13658,6150
Sig.		1,000	1,000	,054	1,000
Önem seviyesi P<0.05					



Şekil 4.19. SPSS'de yıllık enerji tüketim değerlerinin blower moduna göre değişimi



Şekil 4.20. SPSS'de yıllık enerji tüketim değerlerinin filtre moduna göre değişimi

#### 4.1.6. Temizleme havası birim enerji sarfiyatı değerleri

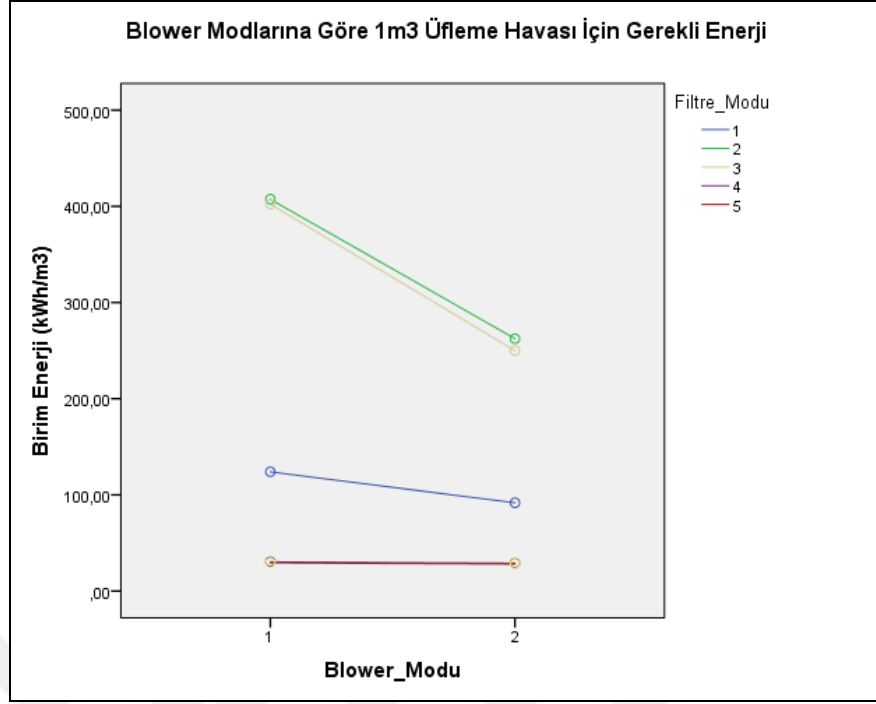
Her bir m<sup>3</sup> temizleme havası için harcanan birim enerji miktarı ortalama 165.05 ± 148.29 Wh/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. En düşük birim enerji sarfiyatı 27.37 Wh/m<sup>3</sup> olarak 10 numaralı çalışma modundadır. En yüksek birim enerji sarfiyatı 408.11 Wh/m<sup>3</sup> olarak 2 numaralı çalışma modundadır. Klasik çalışma modunda en düşük birim enerji sarfiyatı 122.32 Wh/m<sup>3</sup> olarak gerçekleşmiştir. 10 numaralı çalışma modu, bir m<sup>3</sup> üfleme havasını, klasik çalışma moduna göre % 77.6 daha az enerji harcayarak üretmektedir. Duncan analiz sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir.

**Çizelge 4.8.** SPSS’de birim üfleme havası enerji tüketim değerlerine ait Duncan analiz sonuçları

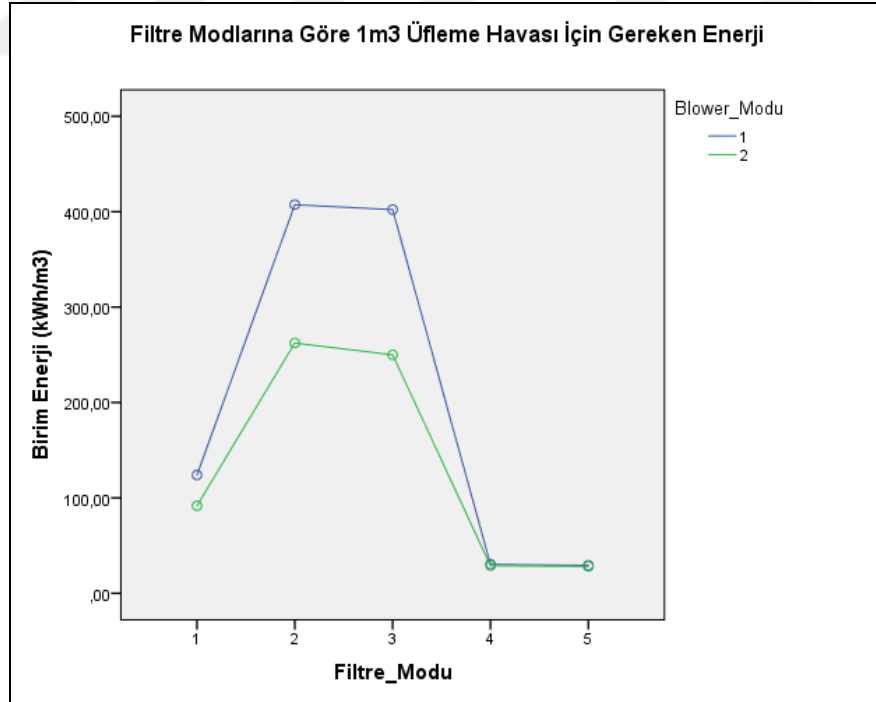
		<b>Birim Enerji Sarfiyatı</b>			
Duncan		Alt gruplar			
Filtre_Modu	N	1	2	3	4
5	6	28,3183			
4	6	29,2633			
1	6		107,4850		
3	6			325,6883	
2	6				334,4933
Sig.		,172	1,000	1,000	1,000
Önem seviyesi P<0.05					

Kullanılan havanın birim için tüketilen enerji miktarı önemli bir parametredir. SPSS’de blower modlarına göre üretilen havanın birim enerji tüketimi Şekil 4.21’de verilmiştir. Buna göre blower modunun 1 den 2 ‘ye geçmesi halinde 2 ve 3 numaralı filtre modlarında az da olsa bir yükselme olurken diğer tüm filtre modlarında 2 numaralı blower moduna geçilmesiyle düşme olmaktadır. Ayrıca Şekil 4.21’den görüleceği üzere en altta bulunan 4 ve 5 numaralı filtre moduna ait değerler birbirleri ile çok yakın olduğu için şekilde çakışık çizilmiştir. En düşük değere sahip bu değerler, blower modunun değişmesiyle aynı oranda paralel değişiklik göstermekte ve yine çakışık kalmaktadırlar. Bu sebeple 4 eğri görülmektedir.

SPSS’de filtre modlarına göre üretilen havanın birim enerji tüketimi Şekil 4.22’de verilmiştir. Buna göre filtre modunun değişimi ile birim enerji tüketimleri de değişmektedir. En yüksek birim enerji tüketim 2 numaralı filtre modunda 1 numaralı blower moduyla çalışırken gerçekleşmektedir. En düşük birim enerji tüketimi 4 ve 5 numaralı filtre modları ile çalışırken gerçekleşmektedir.



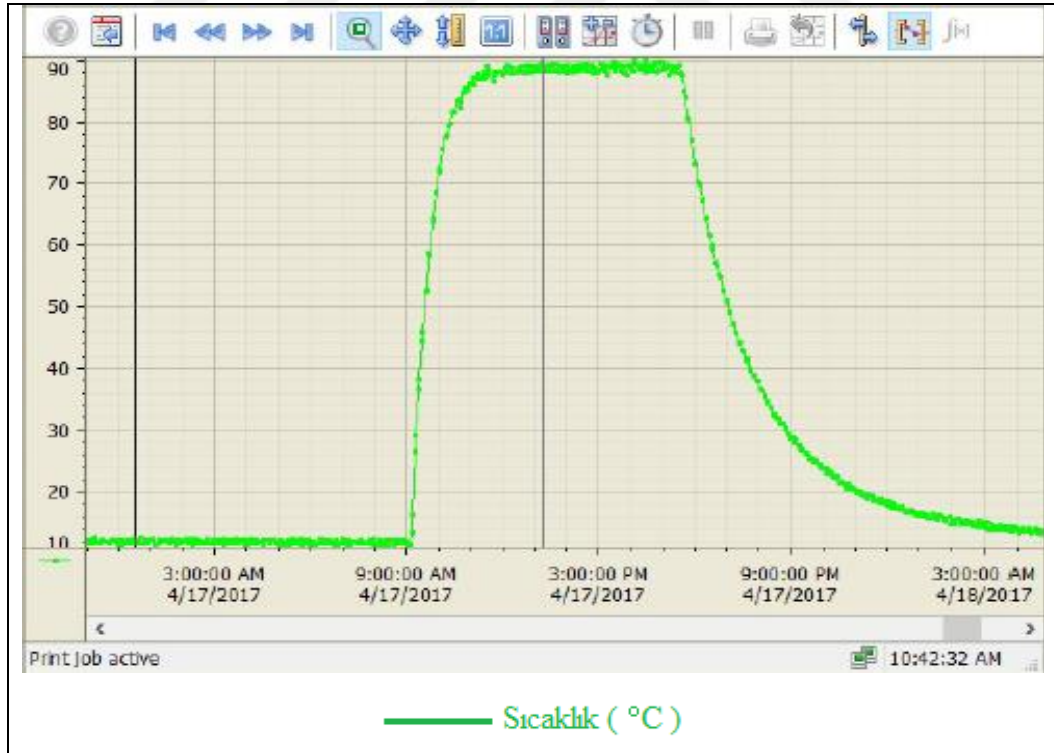
Şekil 4.21. SPSS’de 1m<sup>3</sup> üfleme havaşı (1m<sup>3</sup>) üretmek için gereken enerjinin blower moduna göre değişim



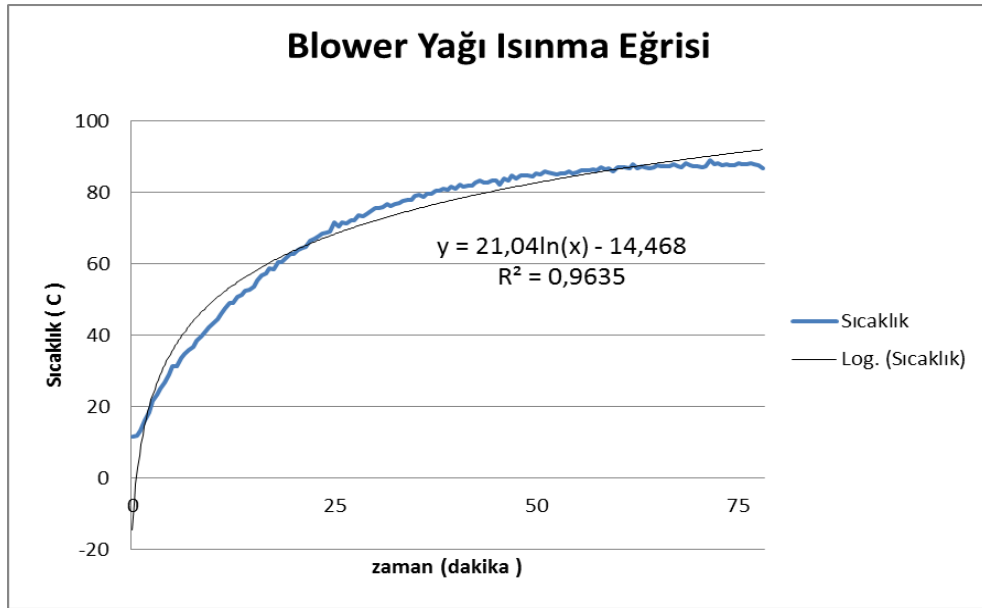
Şekil 4.22. SPSS’de 1m<sup>3</sup> üfleme havaşı üretmek için gereken enerjinin filtre moduna göre değişimi

#### 4.1.7. Blower yağı maksimum sıcaklık değerleri

Blowerde oluşan ısı, blower lobları arasında sıkışan havanın ısınmasından kaynaklanmaktadır. Oluşan bu ısı yağ üzerinden gövdeye aktarılmakta ve çevre sıcaklığı ile doğal olarak soğumaktadır. Blowerde sıkıştırılan havanın sıcaklığı, hava basıncının değerine bağlıdır. Basınç arttıkça sıcaklık değeri de artmaktadır. Blower yağının maruz kaldığı çalışma sıcaklığı, yağ ömrü, blower ömrü, dişli aşınmaları, çalışma boşlukları, arıza oranı, bakım periyotları ve bakım maliyetleri açısından son derece önemlidir. Bu sebeple çalışma yağı sıcaklığı ne kadar düşük seyrederse işletme maliyetleri de o oranda düşük kalacaktır. Bu çalışmada, her bir çalışma modunun uzun süreli çalışması neticesinde, sistemin rejime girdiği çalışma sıcaklığı ölçülerek tespit edilmiştir. Blower yaklaşık 2 saatlik bir çalışma sonrasında maksimum çalışma sıcaklığına ulaşmaktadır. Şekil 4.23'te sabah çalışmaya başlayıp akşam duran bir blowerin yağ sıcaklığının değişim trendi görülmektedir. Blower yağı ısınması logaritmik olup eğrisi Şekil 4.24'te verilmiştir.

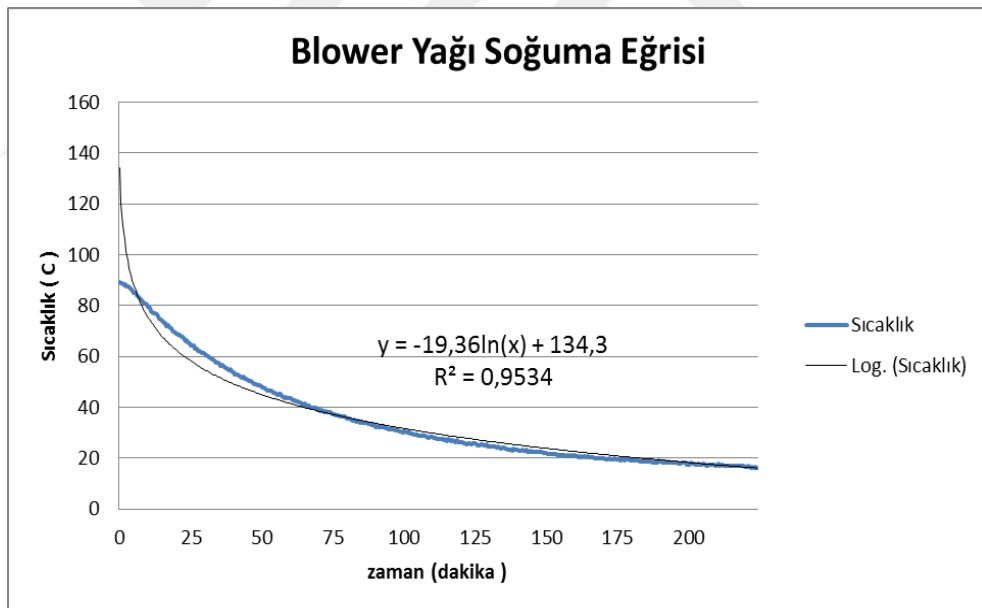


Şekil 4.23. SCADA ekranında, 2 numaralı filtre modu ve 1 numaralı blower modu ile çalışırken görülen blower yağı ısınma ve soğuma trendi



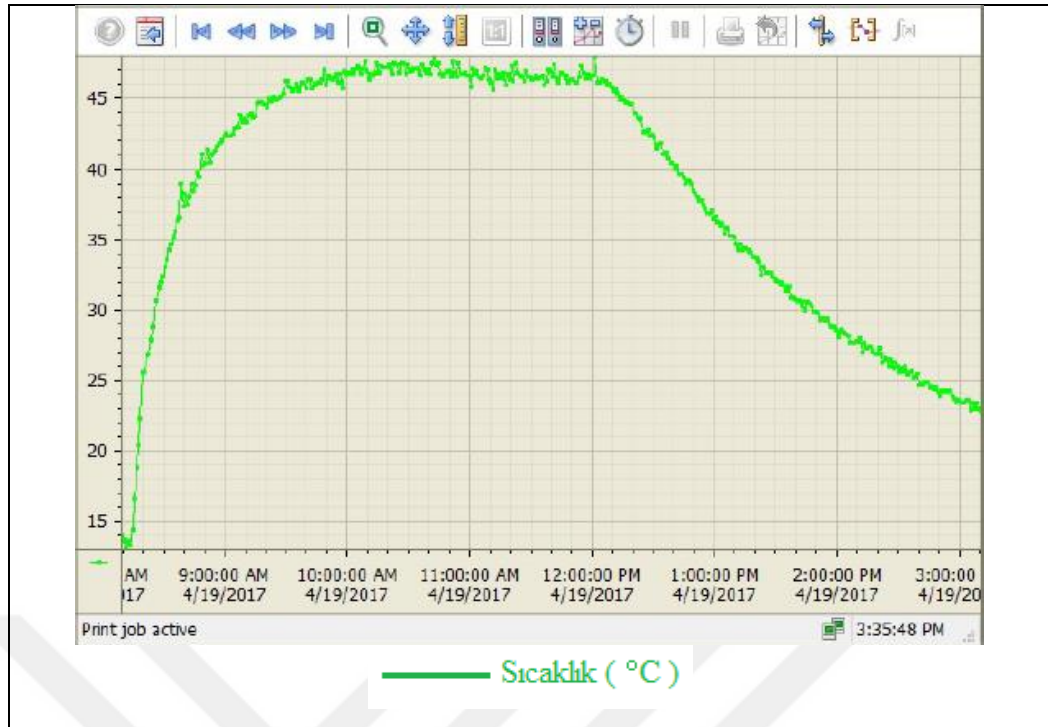
Şekil 4.24. Blower yağı ısınma eğrisi (2 numaralı filtre modu ve 1 numaralı blower modu ile)

Blower yağı soğuması logaritmik olup eğrisi Şekil 4.25'te verilmiştir.



Şekil 4.25. Blower yağı soğuma eğrisi (2 numaralı filtre modu ve 1 numaralı blower modu ile)

SPSS analizleri blowerin maksimum çalışma sıcaklığının seçilen çalışma moduna göre oluştuğunu göstermektedir. Erişilen blower yağı maksimum sıcaklıkları ortalama  $70.28 \pm 18.13$  °C olarak bulunmuştur. En düşük maksimum yağ sıcaklığı 45.1 °C olarak 5 numaralı çalışma modundadır (Şekil 4.26).



Şekil 4.26. SCADA ekranında, 5 numaralı filtre modu ve 1 numaralı blower modu ile çalışırken görülen blower yağı ısınma ve soğuma trendi

En yüksek maksimum yağ sıcaklığı 92.4 °C olarak 2 numaralı çalışma modundadır. Klasik çalışma modunda en düşük maksimum yağ sıcaklığı 78.1 °C olarak ölçülmüştür. Yapılan çalışmada, blower maksimum yağ sıcaklığı, 10 numaralı çalışma modunda çalışırken klasik çalışma moduna göre 33 °C daha düşük seyretmiştir. Duncan analiz sonuçları Çizelge 4.9'da verilmiştir.

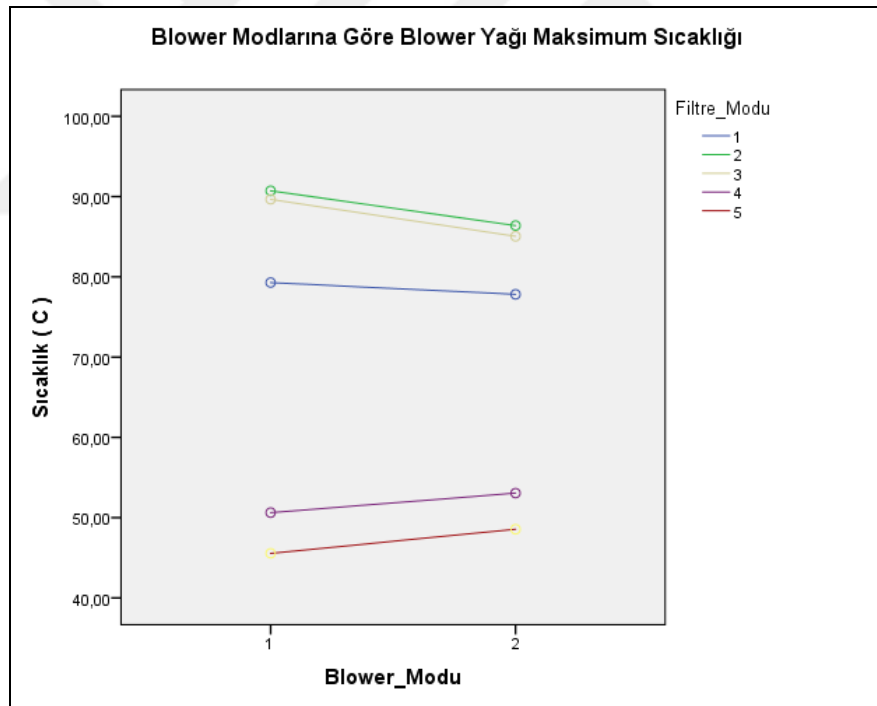
Çizelge 4.9. SPSS'de blower yağı maksimum sıcaklığı değerlerine ait Duncan analiz sonuçları

Blower Yağı Maksimum Sıcaklığı						
Duncan						
Filtre_Modu	N	Alt gruplar				
		1	2	3	4	5
5	6	46,6667				
4	6		51,4500			
1	6			78,1667		
3	6				86,9667	
2	6					88,1667
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Önem seviyesi P<0.05						

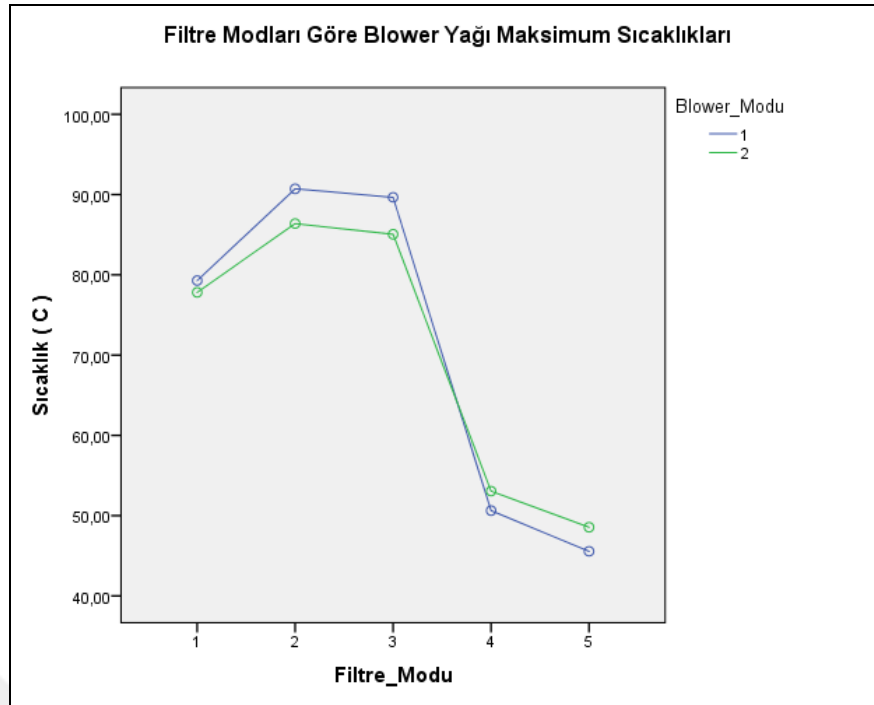
SPSS'de blower modlarına göre blower yağı maksimum sıcaklık değerleri Şekil 4.27'de verilmiştir. Buna göre blower modunun 1 den 2 'ye geçmesi halinde 4 ve 5 numaralı filtre modunda çalışma sıcaklıkları yükselmektedir. Bunun sebebi, 2 numaralı



blower modunun PID ile çalışması ve blower sürücüsünün set edilen basınç değerine en kısa sürede ulaşmak istemesidir. Bu sebeple sürücü 50 Hz yerine maksimum frekans referansı olan 60 Hz'de çalışmaktadır. Dolayısıyla çalışma değerleri (birim zamanda üretilen hava gibi) yaklaşık % 20 artmaktadır. Bu durumda blowerde birim zamanda sıkışan hava arttığı için blower yağı maksimum sıcaklıkları da artmaktadır. 1, 2 ve 3 numaralı filtre modlarında ise; 1 numaralı blower modundan 2 numaralı blower moduna geçilmesi ile birlikte sıcaklıklar düşmektedir. Bunun sebebi, yine 2 numaralı blower modunun PID ile çalışması ve blower sürücüsünün set edilen basınç değerine ulaşınca, çalışılan filtre modunun gereği olarak üretilen hava miktarını hızla düşürmesidir. Bu sebeple sürücü 50 Hz yerine minimum frekans referansı olan 20 Hz'de çalışmaktadır. Dolayısıyla çalışma değerleri (birim zamanda üretilen hava gibi) yaklaşık % 60 azalmaktadır. Bu durumda blowerde birim zamanda sıkışan hava azaldığı için blower yağı maksimum sıcaklıkları da azalmaktadır.



**Şekil 4.27.** SPSS'de blower yağı maksimum sıcaklığının blower moduna göre değişimi



Şekil 4.28. SPSS’de blower yağı maksimum sıcaklığının filtre moduna göre değişimi

SPSS’de filtre modlarına göre blower yağı maksimum sıcaklık değerleri Şekil 4.28’de verilmiştir. Buna göre blower yağı maksimum sıcaklığını belirleyen en önemli kriter filtre modudur. Trendlerden görüleceği üzere blower yağı sıcaklığı maksimum değerinin belirlenmesinde, blower modu az da olsa sıcaklıkları değiştirse ana belirleyici etmen filtre modudur. Çünkü blowerin hangi basınca ne kadar süre ile maruz kalacağı filtre modu ile seçilmektedir. Yağ sıcaklıklarının etkileyen en önemli parametre de blowerde sıkıştırılan havanın basıncıdır. En yüksek yağ sıcaklıklarına 2 numaralı filtre modunda 1 numaralı blower modu ile çalışırken ulaşılmaktadır. Çünkü bu çalışma modunda blower en yüksek basınca en yüksek süre ile maruz kalmaktadır. En düşük yağ sıcaklığına ise 5 numaralı çalışma modunda ulaşılmıştır. Bunun sebebiyse blowerin bu çalışma modunda en düşük çalışma basıncına maruz kalıyor olmasıdır.

#### 4.1.8. Aspirasyon ortalama debi değerleri

Yapılan çalışmada, denenen çalışma modlarını aynı şartlara maruz bırakmak sebebiyle aspirasyon debisinin değişimi takip edilmiştir. Bu sayede tüm çalışma modlarının aynı debide denendiği garanti edilmiştir. Buradaki debi, hacimsel değil sıcaklık faktörü dikkate alınarak 15 °C sıcaklığa göre düzeltilmiş standart debidir. Ortalama debi değerleri  $8.62 \pm 0.24$  Sm<sup>3</sup>/saat bulunmuştur. En düşük ortalama debi

değeri 8.05 Sm<sup>3</sup>/saat olarak 3 numaralı çalışma modunda ölçülmüştür. En yüksek ortalama debi değeri 9.14 Sm<sup>3</sup>/saat olarak 4 numaralı çalışma modunda ölçülmüştür. Klasik çalışma modunda en düşük ortalama debi değeri 8.10 Sm<sup>3</sup>/saat olarak ölçülmüştür. Ancak SPSS analizinde, oluşan değişimler anlamlı çıkmamıştır. Aspirasyon kaynağı olan fanın güç eğrilerinde de anlamlı değişim olmamıştır. Trendler incelenerek yapılan analizde, aspirasyon ortalama debisinin sabit kaldığı, oluşan dalgalanmaların torbalara üflenen temizleme havasının etkilerinden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. Netice itibariyle tüm çalışma modlarında aspirasyon debisi yaklaşık aynı değerde kalmış, ölçüm sonuçlarını etkileyecek farklılık gözlemlenmemiştir. Duncan analiz sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir.

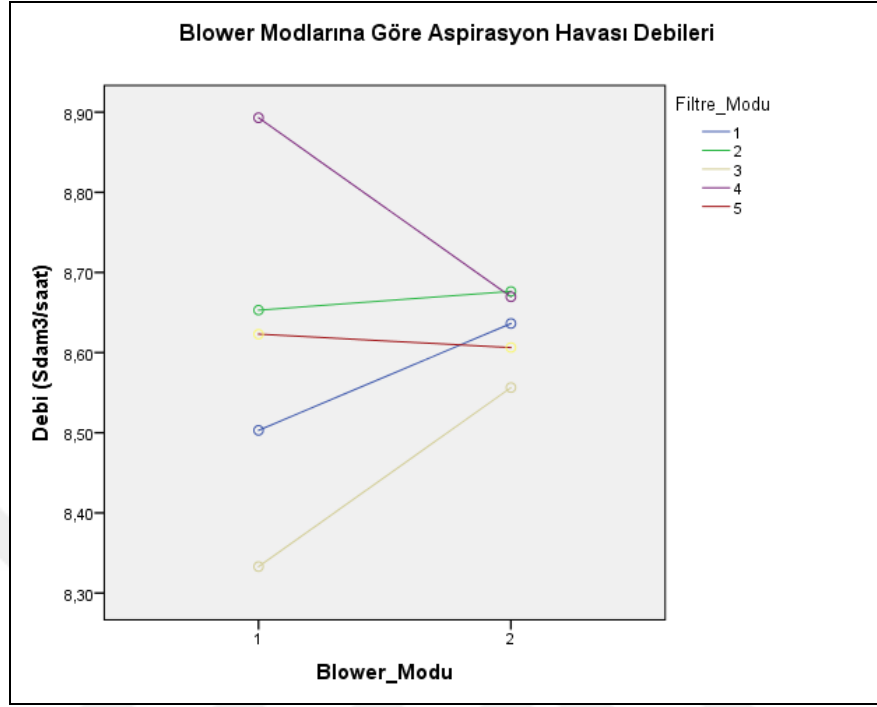
**Çizelge 4.10.** SPSS'de aspirasyon havası debisi değerlerine ait Duncan analiz sonuçları

<b>Aspirasyon Havası Debisi</b>			
Duncan			
Filtre_Modu	N	Alt gruplar	
		1	2
3	6	8,4450	
1	6	8,5700	8,5700
5	6	8,6150	8,6150
2	6	8,6650	8,6650
4	6		8,7817
Sig.		,167	,183
Önem seviyesi P<0.05			

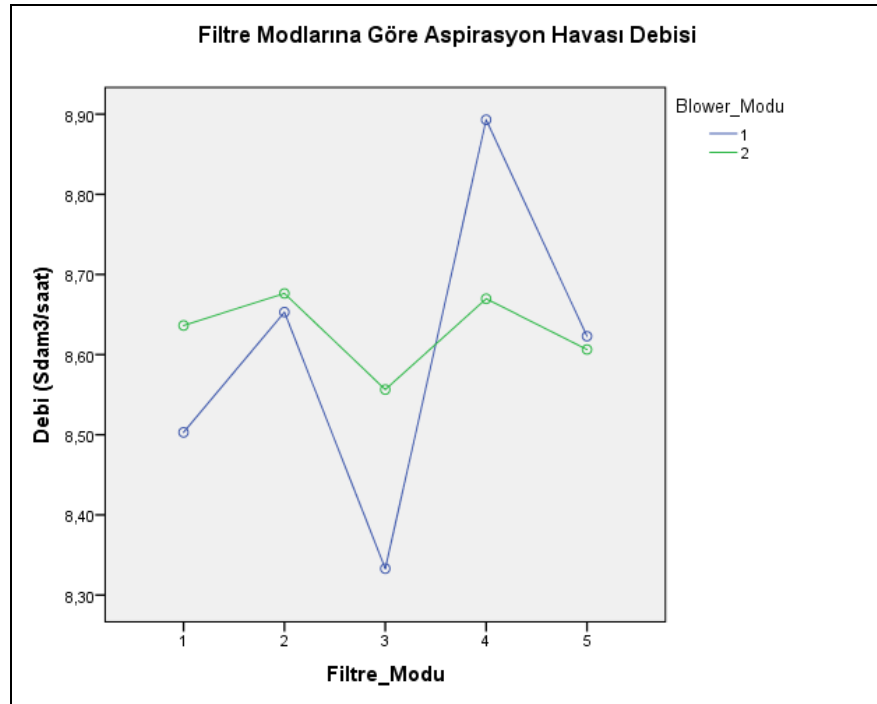
SPSS'de blower modlarına göre saatlik aspirasyon debisi değişimi Şekil 4.29'da verilmiştir. Çalışmamızda bu değerler sabit olup tüm denemelerin aynı debi ile yapılması amaçlanmıştır. Duncan analizine göre de değişimler anlamlı değildir. Oluşan farklılıklar; pitot tüp ile yapılan ölçümlerde lineer olmayan hava akışlarından, toz gibi etmenlerden ve ölçüm belirsizliklerinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca torbalara üflenen temizleme havasının ölçüm üzerinde bir takım bozucu etkileri mevcuttur. Ölçüm anı üfleme anı ile çakıştığında değerler farklı çıkabilmektedir.

SPSS'de filtre modlarına göre saatlik aspirasyon debisi değişimi Şekil 4.30'da verilmiştir. Çalışmamızda bu değerler sabit olup tüm denemelerin aynı debi ile yapılması amaçlanmıştır. Duncan analizine göre de değişimler anlamlı değildir. Oluşan farklılıklar; pitot tüp ile yapılan ölçümlerde lineer olmayan hava akışlarından, toz gibi etmenlerden ve ölçüm belirsizliklerinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca torbalara üflenen

temizleme havasının ölçüm üzerinde bir takım bozucu etkileri mevcuttur. Ölçüm anı üfleme anı ile çakıştığında değerler farklı çıkabilmektedir.



Şekil 4.29. SPSS’de saatlik aspirasyon debisi değerinin blower moduna göre değişimi



Şekil 4.30. SPSS’de saatlik aspirasyon debisi değerinin filtre moduna göre değişimi

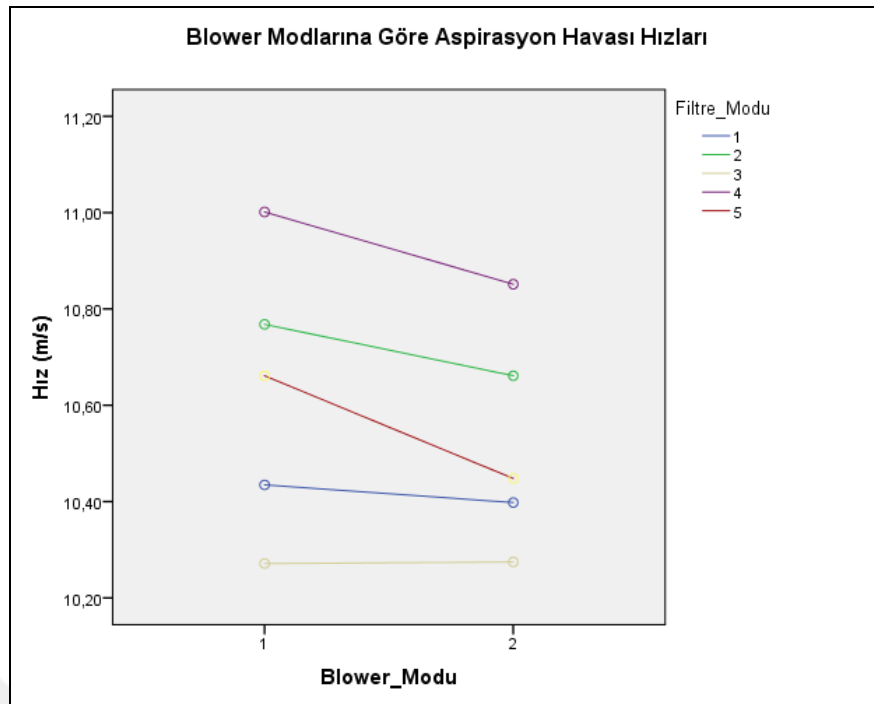
#### 4.1.9. Aspirasyon ortalama hava hızı değerleri

Yine debide olduğu gibi, denenen çalışma modlarını aynı şartlara maruz bırakmak sebebiyle aspirasyon hava hızı değişimi takip edilmiştir. Bu sayede tüm çalışma modlarının aynı hava hızında denendiği garanti edilmiştir. Buradaki hava hızı, hacimsel hızdır. Ortalama hava hızı değerleri  $10.60 \pm 0.36$  m/saniye bulunmuştur. En düşük hava hızı değeri 9.98 m/saniye klasik çalışma modunda, en yüksek hava hızı 11.35 m/saniye olarak 4 numaralı çalışma modunda ölçülmüştür. Ancak SPSS analizinde, oluşan değişimler anlamlı çıkmamıştır. Aspirasyon kaynağı olan fanın güç eğrilerinde de anlamlı değişim olmamıştır. Trendler incelenerek yapılan analizde, aspirasyon hava hızının sabit kaldığı, oluşan dalgalanmaların torbalara üflenen temizleme havasının etkilerinden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. Netice itibariyle tüm çalışma modlarında aspirasyon hava hızı yaklaşık aynı değerde kalmış, ölçüm sonuçlarını etkileyecek farklılık gözlemlenmemiştir. Duncan analiz sonuçları Çizelge 4.11’de verilmiştir.

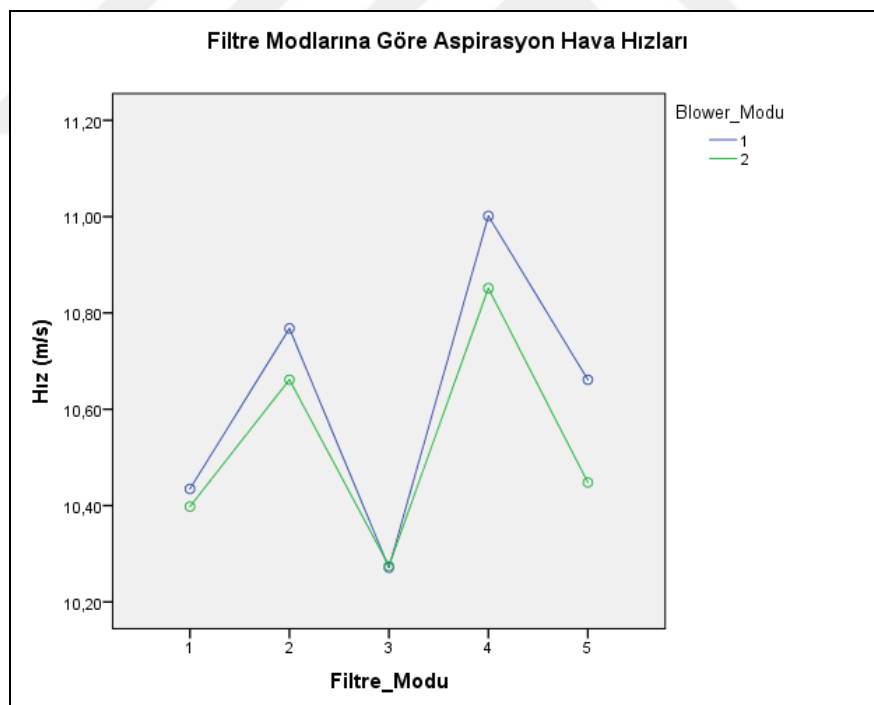
**Çizelge 4.11.** SPSS’de aspirasyon hava hızı değerlerine ait Duncan analiz sonuçları

Aspirasyon Hava Hızı			
Duncan			
Filtre_Modu	N	Alt gruplar	
		1	2
3	6	10,2950	
1	6	10,4383	
5	6	10,5767	10,5767
2	6	10,7367	10,7367
4	6		10,9483
Sig.		,051	,087
Önem seviyesi P<0.05			

SPSS’de blower modlarına göre aspirasyon hava hızı değişimi Şekil 4.31’de verilmiştir. Çalışmamızda bu değerler sabit olup tüm denemelerin aynı hava hızı ile yapılması amaçlanmıştır. Duncan analizine göre de değişimler anlamlı değildir. Oluşan farklılıklar; pitot tüp ile yapılan ölçümlerde lineer olmayan hava akışlarından, toz gibi etmenlerden ve ölçüm belirsizliklerinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca torbalara üflenen temizleme havasının ölçüm üzerinde bir takım bozucu etkileri mevcuttur. Ölçüm anı üfleme anı ile çakıştığında değerler farklı çıkabilmektedir.



Şekil 4. 31. SPSS’de saniyedeki aspirasyon havası hızı değerinin blower moduna göre değişimi



Şekil 4.32. SPSS’de saniyedeki aspirasyon havası hızı değerinin filtre moduna göre değişimi

SPSS’de filtre modlarına göre aspirasyon hava hızı değişimi Şekil 4.32’de verilmiştir. Çalışmamızda bu değerler sabit olup tüm denemelerin aynı hava hızı ile yapılması amaçlanmıştır. Duncan analizine göre de değişimler anlamlı değildir. Oluşan

farklılıklar; pitot tüp ile yapılan ölçümlerde lineer olmayan hava akışlarından, toz gibi etmenlerden ve ölçüm belirsizliklerinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca torbalara üflenen temizleme havasının ölçüm üzerinde bir takım bozucu etkileri mevcuttur. Ölçüm anı üfleme anı ile çakıştığında değerler farklı çıkabilmektedir.

#### 4.1.10. Filtre Ortalama Fark Basınç ( $\Delta P$ ) değerleri

Yapılan çalışmada, denenen çalışma modlarını aynı şartlara maruz bırakmak sebebiyle filtre torbalarının doluluk oranını gösteren fark basınç değeri takip edilmiştir. Bu sayede tüm çalışma modlarının aynı fark basınç ve aynı debide denendiği garanti edilmiştir. Otomasyon sistemi; fark basınç değerini 6.5mbar değerinde tutacak şekilde çalıştırılmıştır. Yapılan ölçümlerde fark basınç değerinin 7mbar'ın altında kalması sağlanmıştır. Ortalama fark basınç değerleri  $6.31 \pm 0.05$  mbar bulunmuştur. En düşük ortalama fark basınç değeri 6.23 mbar ile 10 numaralı çalışma modunda, en yüksek ortalama fark basınç 6.39 mbar ile 6 ve 7 numaralı çalışma modlarında görülmüştür. Klasik çalışma modunda en yüksek fark basınç değeri ortalama 6.38 mbar olarak ölçülmüştür. Ancak SPSS analizinde, oluşan değişimler anlamlı çıkmamıştır. Standart sapmadan görüleceği üzere değişimler çok düşük olup aynı değerlerin tekrar ölçümünde ulaşılabilecek hassasiyetin altındadır. Netice itibariyle tüm çalışma modlarında fark basınç yaklaşık aynı değerde kalmış, ölçüm sonuçlarını etkileyecek farklılık gözlemlenmemiştir.

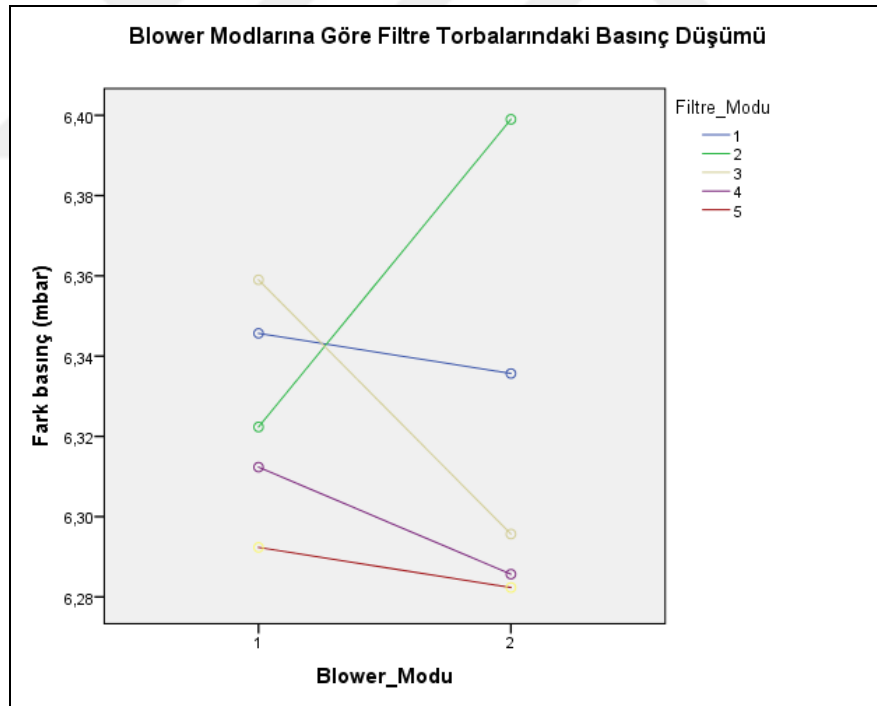
SPSS'de filtre fark basıncı değerlerine ait Duncan analiz sonuçları Çizelge 4.12'de verilmiştir.

**Çizelge 4.12.** SPSS'de filtre fark basıncı değerlerine ait Duncan analiz sonuçları

Filtre Torbalarındaki Basınç Düşümü ( $\Delta P$ )				
Duncan				
Filtre_Modu	N	Alt gruplar		
		1	2	3
5	6	6,2750		
4	6	6,2867	6,2867	
3	6	6,3150	6,3150	6,3150
1	6		6,3283	6,3283
2	6			6,3483
Sig.		,096	,084	,161
Önem derecesi $P < 0.05$				

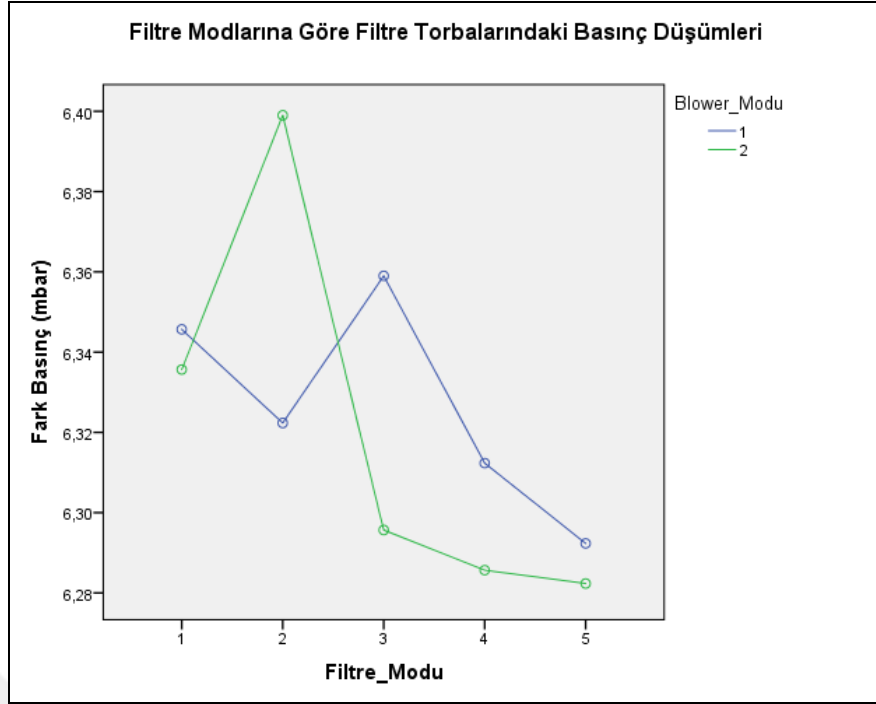
SPSS’de blower modlarına göre filtre torbaları fark basıncı ( $\Delta P$ ) değişimi Şekil 4.33’te verilmiştir. Çalışmamızda bu değerler sabit olup tüm denemelerin aynı fark basınç değerleri ile yapılması amaçlanmıştır. Duncan analizine göre de değişimler anlamlı değildir. Oluşan farklılıklar; pitot tüp ile yapılan ölçümlerde lineer olmayan hava akışlarından, toz gibi etmenlerden ve ölçüm belirsizliklerinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca torbalara flenem temizleme havasının ölçüm üzerinde bir takım bozucu etkileri mevcuttur. lm anı üfleme anı ile çakıştığında değerler farklı çıkabilmektedir.

SPSS’de filtre modlarına göre filtre torbaları fark basıncı ( $\Delta P$ ) değişimi Şekil 4.34’te verilmiştir. Çalışmamızda bu değerler sabit olup tüm denemelerin aynı fark basınç değerleri ile yapılması amaçlanmıştır. Duncan analizine göre de değişimler anlamlı değildir. Oluşan farklılıklar; pitot tüp ile yapılan ölçümlerde lineer olmayan hava akışlarından, toz gibi etmenlerden ve ölçüm belirsizliklerinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca torbalara flenem temizleme havasının ölçüm üzerinde bir takım bozucu etkileri mevcuttur. lm anı üfleme anı ile çakıştığında değerler farklı çıkabilmektedir.



Şekil 4.33. SPSS’de filtre fark basınç değerlerinin blower moduna göre değişimi





Şekil 4.34. SPSS’de filtre fark basınç değerlerinin filtre moduna göre değişimi

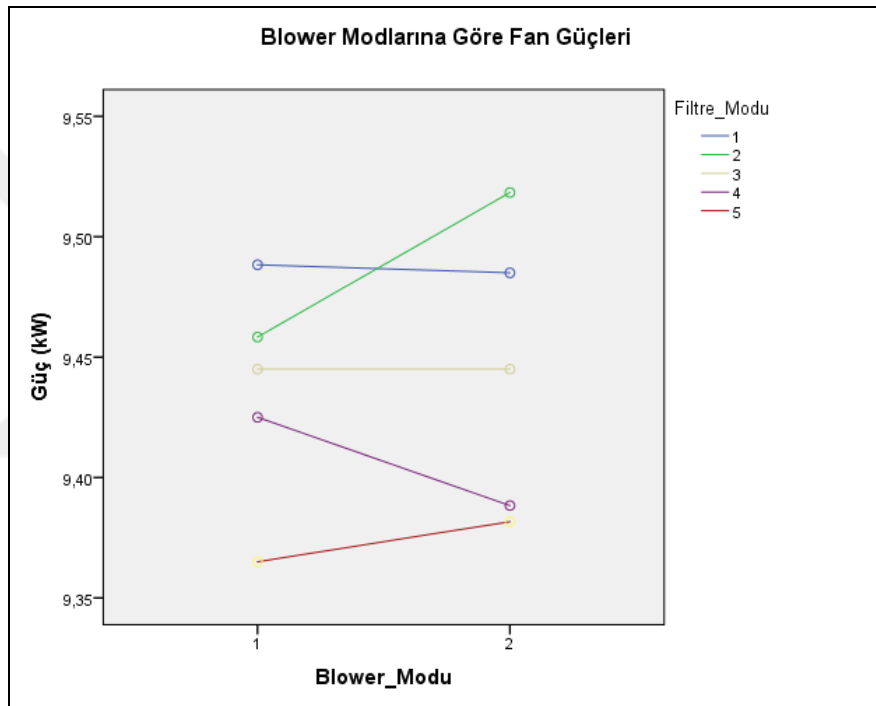
#### 4.1.11. Fan ortalama güç değerleri

Yapılan çalışmada, farklı çalışma modlarında blower motorunun çektiği güçte oluşacak değişimlerin, sistemin fan motoruna yansıyor yansımadağı takip edilmiştir. Yani blower motoru gücünde bir artma veya azalma olurken, fan motorunun gücünde bir değişim olup olmadığı, toplam gücün sabit kalıp kalmadığı incelenmiştir. Yapılan ölçümlerde fan motoru ortalama gücü  $9.44 \pm 0.05$  kW olarak bulunmuştur. En düşük fan motoru ortalama gücü 9.36 kW ile 10 numaralı çalışma modunda, en yüksek fan motoru ortalama gücü 9.53 ile 7 numaralı çalışma modunda görülmüştür. Klasik çalışma modunda en yüksek fan gücü ortalama değeri 9.49 kW olarak ölçülmüştür. Duncan analiz sonuçları Çizelge 4.13’te verilmiştir.

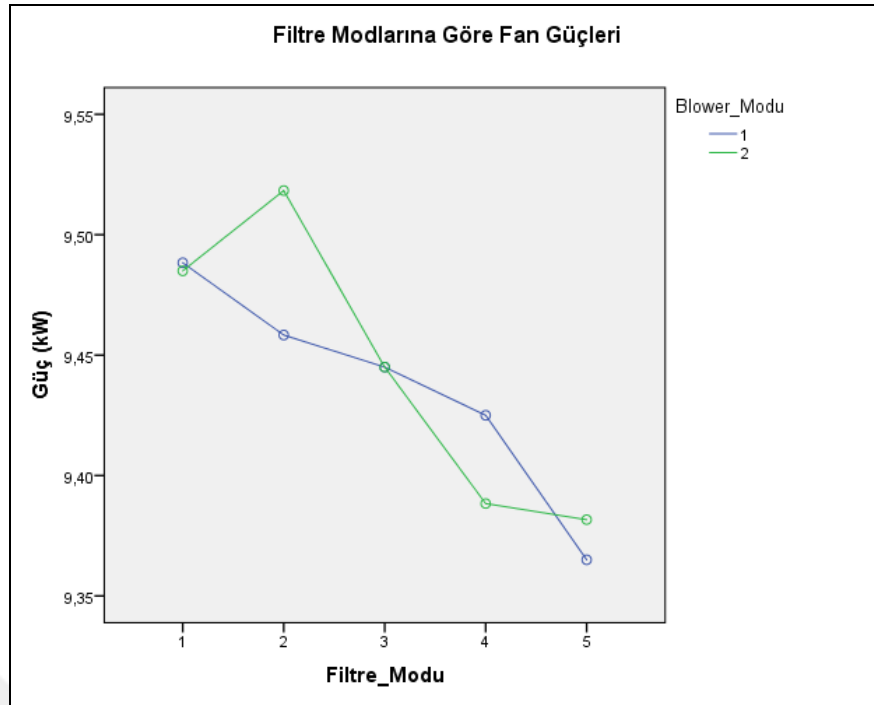
SPSS’de blower modlarına göre fan gücü değişimi Şekil 4.35’te verilmiştir. Çalışmamızda bu değerler sabit olup tüm denemelerin aynı fan gücü değerleri ile yapılması amaçlanmıştır. Oluşan farklılıklar; pitot tüp ile yapılan ölçümlerde lineer olmayan hava akışlarından, toz gibi etmenlerden ve ölçüm belirsizliklerinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca torbalara üflenen temizleme havasının ölçüm üzerinde bir takım bozucu etkileri mevcuttur. Ölçüm anı üfleme anı ile çakıştığında değerler farklı çıkabilmektedir.

**Çizelge 4.13.** SPSS’de blower gücü ortalama değerlerinin filtre moduna göre değişimi

		<b>Fan Gücü</b>			
Duncan		Alt gruplar			
Filtre_Modu	N	1	2	3	4
5	6	9,3683			
4	6		9,4017		
3	6			9,4400	
1	6				9,4817
2	6				9,4833
Sig.		1,000	1,000	1,000	,750
Önem seviyesi<0.05					

**Şekil 4.35.** SPSS’de fan gücü değerlerinin blower moduna göre değişimi

SPSS’de filtre modlarına göre fan gücü değişimi Şekil 4.36’da verilmiştir. Çalışmamızda bu değerler sabit olup tüm denemelerin aynı fan gücü değerleri ile yapılması amaçlanmıştır. Oluşan farklılıklar; pitot tüp ile yapılan ölçümlerde lineer olmayan hava akışlarından, toz gibi etmenlerden ve ölçüm belirsizliklerinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca torbalara üflenen temizleme havasının ölçüm üzerinde bir takım bozucu etkileri mevcuttur. Ölçüm anı üfleme anı ile çakıştığında değerler farklı çıkabilmektedir.



Şekil 4.36. SPSS’de fan gücü değerlerinin filtre moduna göre değişimi

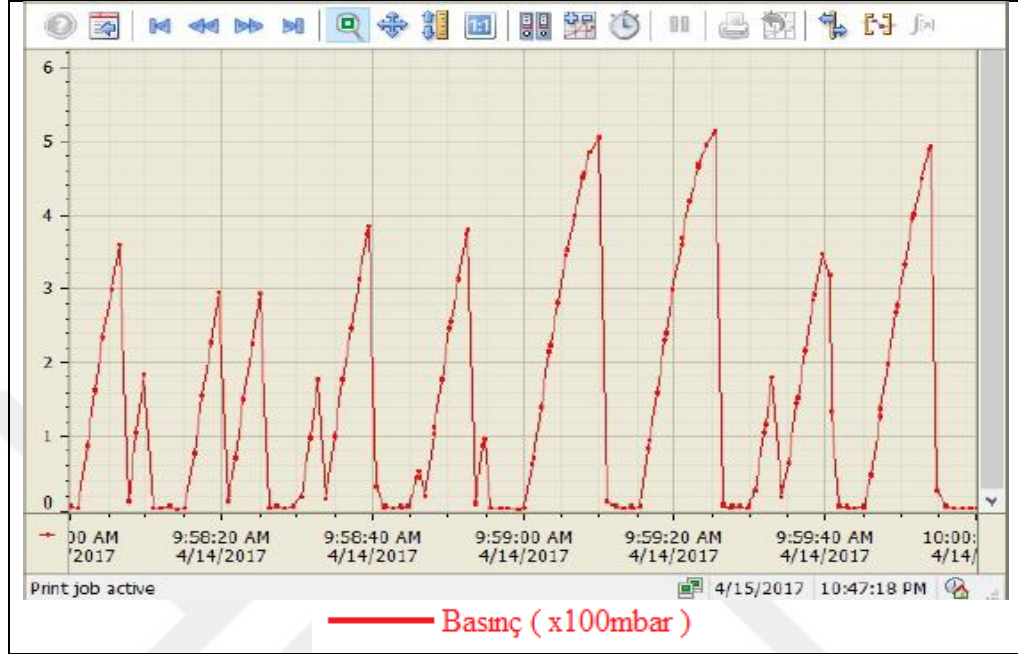
Fan motorunun çektiği güç tüm denemeler boyunca aynı ve sabit kalmıştır. Ölçümlerde görülen farklılıklar ölçüm hassasiyeti ile ilgilidir. Ancak SPSS analizinde, oluşan değişimler anlamlı çıkmıştır. Bunun sebebi tüm değerlerin aynı olması sebebiyle SPSS tarafından çok küçük farklılıkların anlamlı olarak algılanmasıdır. Standart sapmadan görüleceği üzere değişimler çok düşük olup aynı değerlerin tekrar ölçümünde ulaşılabilir hassasiyetin altındadır. Netice itibarıyla tüm çalışma modlarında fan ortalama gücü aynı değerde kalmış, ölçüm sonuçlarını etkileyecek farklılık gözlemlenmemiştir. Blower motorundaki değişimler fan motorunca kompanze edilmemiştir. Blower gücü düştükçe sistemin toplam gücü de düşmüştür. Blowerde motorunda sağlanan tasarruf sistemde sağlanan tasarruf anlamına gelmektedir.

## 4.2. Filtre işletme değerleri

### 4.2.1. Bir blower ile birden fazla filtrenin temizlenmesi

Endüstride kabul gören genel uygulamada bir blower ile iki 2 ya da 3 jet pulse filtre temizlenmektedir. Filtre torbalarının efektif temizlenmesi için üfleme basıncı 0.5 bar civarında olmalıdır. Bu değer altında yapılacak üfleme yeterli verim alınmayacak ve üfleme boşa gitmiş olacaktır. Dolayısıyla o ana kadar harcanan enerji

de boşa gidecektir. Şekil 4.37’de bir blower ile iki filtre temizlenmektedir. Filtrelerin temizleme şekli genel kullanımda olduğu gibi basınç kontrolü olmayan sabit zamanlı (Çalışma modu 1’deki gibi) kumandadır.



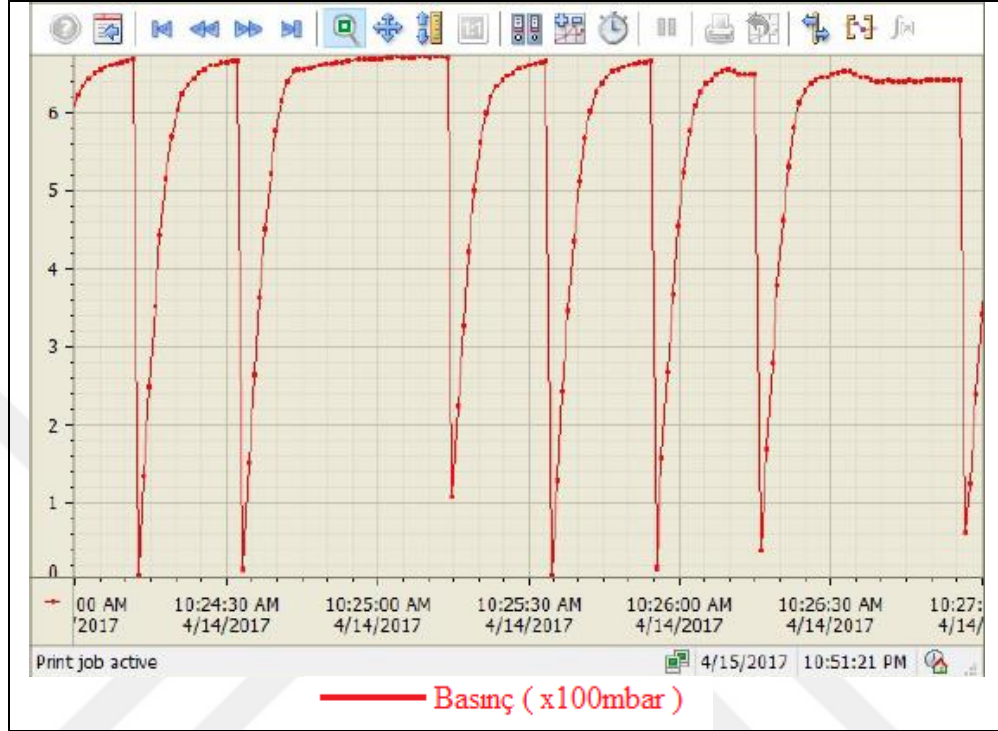
Şekil 4.37. SCADA ekranında, bir blower ile iki filtre temizlenirken filtrelere uygulanan basınç değerleri trendi

Şekil 4.37’de görüldüğü gibi iki filtrenin çalışma periyotları birbiriyle çakışmıştır. Filtreler son derece düzensiz ve kararsız temizleme basınçlarına maruz kalmaktadırlar. Normalde 0.5 bar üfleme havası gerekirken, oluşan basınç değerleri rastgele gerçekleşmektedir. Örneklenen süre boyunca görülen toplam 14 üflemeden sadece 3 tanesi 0.4 bar’ın üzerindedir. Dolayısı ile her bir filtre için yapılan üfleminin sadece % 21’i uygundur. Yani enerjinin % 79’u boşa gitmiştir. Filtreler etkin olarak temizlenememektedir. Bu sebeple; her bir filtre için bir blower kullanılmalıdır. Bir blower birden fazla filtrenin temizlemesinde kullanılacaksa mutlaka senkronizasyonu sağlayacak bir otomasyon kurulmalıdır.

#### 4.2.2. Filtre torbalarının temizlenmesi ile ilgili arıza ve aksaklıkların tespiti

Filtre torbaları gruplanarak temizlenir. Çalışmada kullanılan filtrede 40 torba olup bu torbalar sekiz torbadan oluşan beş grup olarak temizlenmektedir. Ancak mevcut kullanılan sistemlerde otomasyon olmadığı için, bu grupların herhangi birinde oluşacak

aksaklık tespit edilememektedir. Filtre torbasına hava basan valf, piston gibi ekipmanlarda oluşacak aksaklık torbaların temizlenmesini engelleyecektir. Şekil 4.38’de böyle bir arıza görülmektedir.



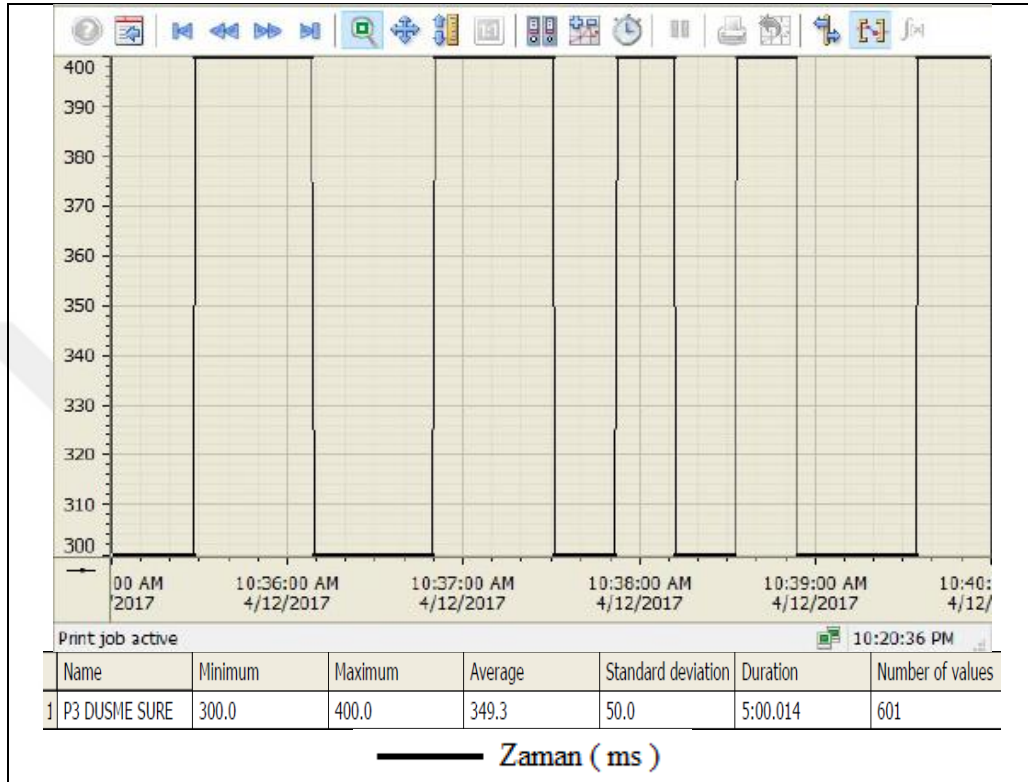
Şekil 4.38. SCADA ekranında, bir pnömötik grupta arıza oluşması durumuna ait basınç değerleri trendi

Şekil 4.38’de görüldüğü üzere beş gruptan bir tanesinde bir problem vardır. Diğer gruplara hava üflenmekte ve basınç düşmektedir. Ancak problemlili gruba hava üfleme işlemi gerçekleşmediğinden basınç düşmemektedir. Normal kullanımda bu arızanın tespiti neredeyse imkânsızdır. Ancak otomasyon kullanımıyla, sifıra düşme periyodundaki değişiklikler kontrol edilerek bu sorun tespit edilebilmiştir.

#### 4.2.3. Filtre torbalarına ters hava üfleme süresi ve bekleme süresinin tespiti

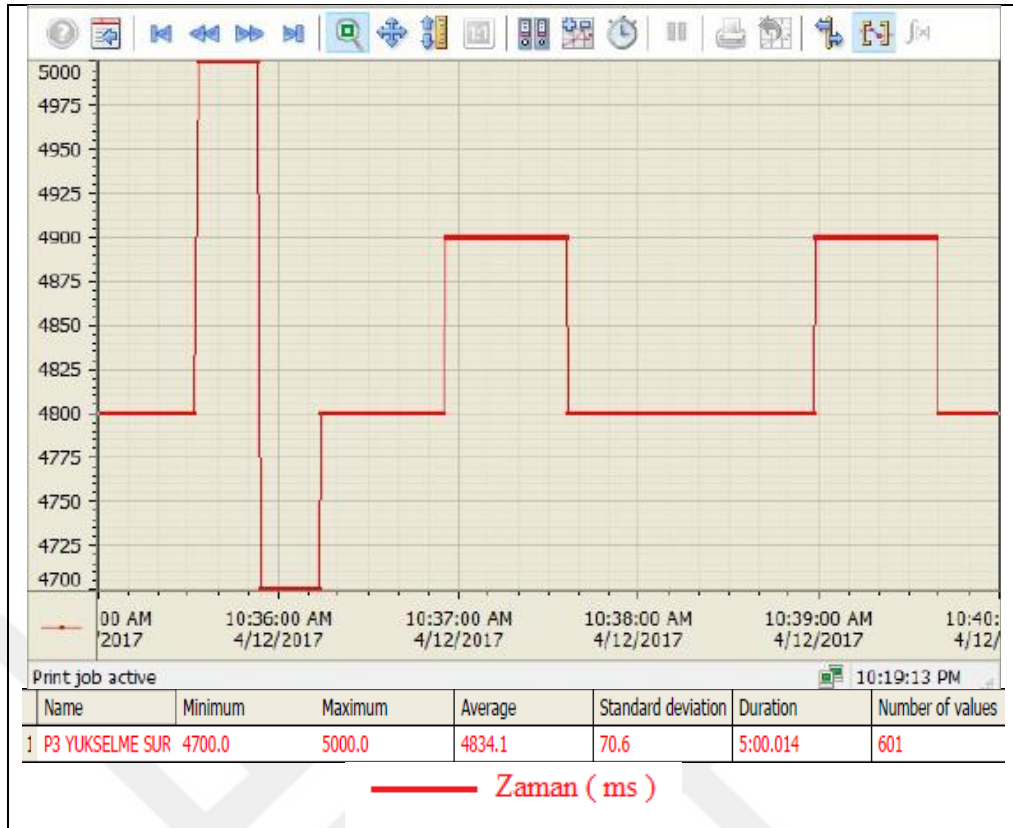
Tankta bekleyen havanın üfleme süresi; basınç 50 mbar’ın altına düşene kadar devam etmelidir. Daha erken kesilirse yeterli verim alınmaz. Daha geç kesilirse ise basınç düşük kalacağından üretilen hava boşa gitmiş olur. Klasik uygulamalarda bu süre göz kararı uygulanmaktadır. Çalışmamızda bu sürenin ne kadar olacağı otomasyon ile ölçülmüştür. Şekil 4.39’da görüldüğü üzere örneklenen süre boyunca basıncın 500 mbar’dan 50 mbar’ın altına düşme süresi  $349.3 \pm 50$  ms olarak gerçekleşmiştir. En düşük

süre 300 ms en yüksek süre ise 400 ms olarak gerçekleşmiştir. Oluşan farklılık, pnömatik ekipmanların reaksiyon süreleri ile ilgilidir. Burada, sistemin etkin çalışması için en uzun süre seçilmeli ve bunun üzerine bir miktar tolerans eklenmelidir. 400 ms süre üzerine 100 ms tolerans eklenerek üfleme süresi 500 ms olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.39. SCADA ekranında, üfleme havası basıncının 500 mbar'dan 50 mbar'ın altına ininceye kadar geçen süreyi gösteren timer değerleri trendi

Tank boşaldıktan sonra yeniden verimli üfleme yapabilmek için basıncın 500 mbar'a yükselmesi gereklidir. Klasik uygulamalarda bu süre göz kararı uygulanmaktadır. Otomasyon sistemimizde bu süre ölçülmektedir. Şekil 4.40'da görüldüğü üzere örneklenen süre boyunca her bir üfleme için basınç 50 mbar'ın altına indikten sonra, üfleminin kesilmesi ile birlikte basıncın yeniden ulaşma süresi  $4834.1 \pm 70.6$  ms olarak gerçekleşmiştir. En düşük süre 4700 ms en yüksek süre ise 5000 ms olarak gerçekleşmiştir. Oluşan farklılık, pnömatik ekipmanların reaksiyon süresi ile ilgilidir. Burada, sistemin etkin çalışması için en uzun süre seçilmeli ve bunun üzerine bir miktar tolerans eklenmelidir. 5000 ms süre üzerine 4500 ms tolerans eklenerek bekleme süresi en az 9500 ms olarak belirlenmiştir.



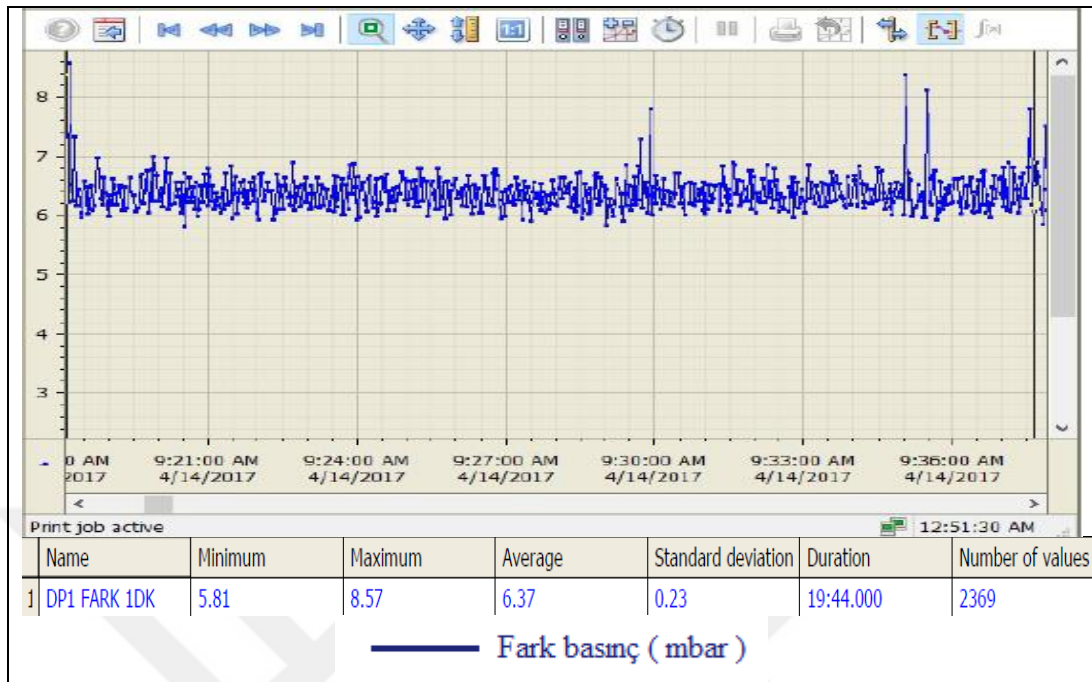
Şekil 4.40. SCADA ekranında, üfleme havası basıncının üfleme bittikten sonra tekrar 500 mbar değerine ulaşmaya kadar geçen süreyi gösteren timer değerleri trendi

#### 4.2.4. Filtre torbası patlaklarının tespiti

Filtre torbalarının fark basınç ( $\Delta P$ ) değeri, torbaların ilk takıldığı andan itibaren kirlilik arttıkça artma eğilimindedir. Fark basınç değeri ( $\Delta P$ ) aynı çalışma koşulları devam ettiği sürece eriştiği değer daha altına inmemektedir. Aşağıdaki trendlerde görüldüğü gibi (Şekil 4.41) tüm torbalar sağlam iken alınan fark basınç değerleri  $6.37 \pm 0.23$  mbar gerçekleşmiştir.

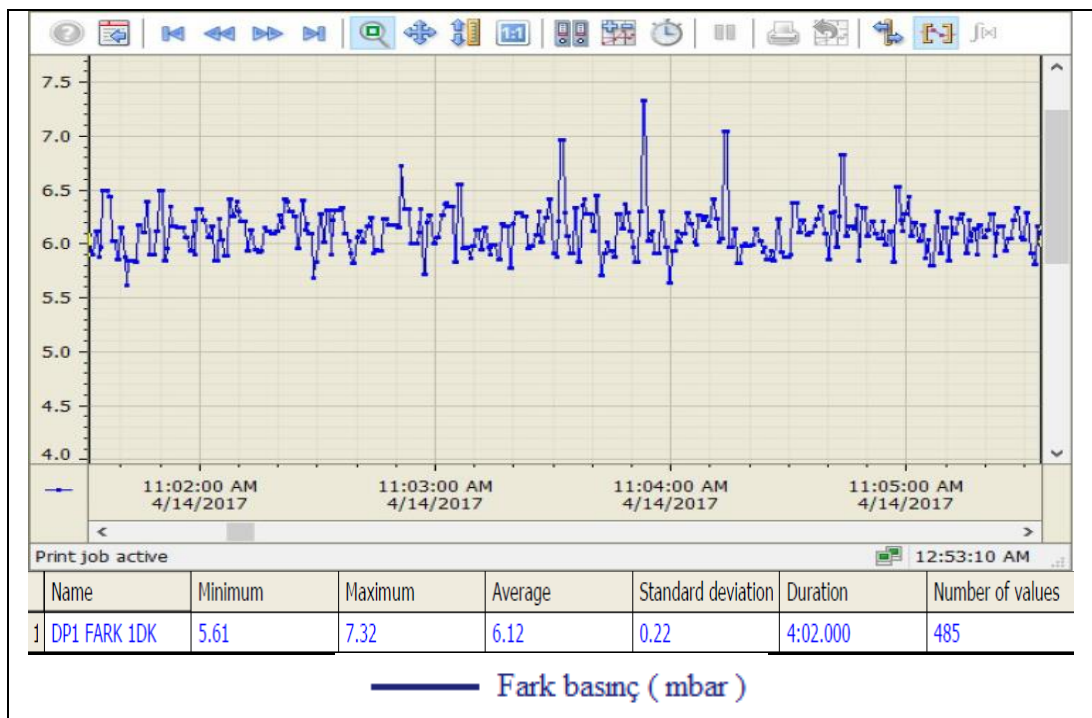
Şekil 4.42’de ise torbalardan birinde oluşan patlak sebebiyle artış trendinde olması gereken fark basınç yaklaşık %5 düşüş göstermiş ve  $6.12 \pm 0.22$  mbar değerine düşmüştür. Fark basınç değerindeki düşmenin tespiti ile patlak torba varlığı hemen tespit edilerek çevreye toz atılması önlenmiştir.

Filtre torbaları sağlamken alınan fark basınç trendi Şekil 4.41’de verilmiştir.



Şekil 4.41. SCADA ekranında, tüm torbalar sağlam iken izlenen fark basınç değeri trendi

Filtre torbalarından biri patlayınca alınan fark basınç trendi Şekil 4.42’dedir.



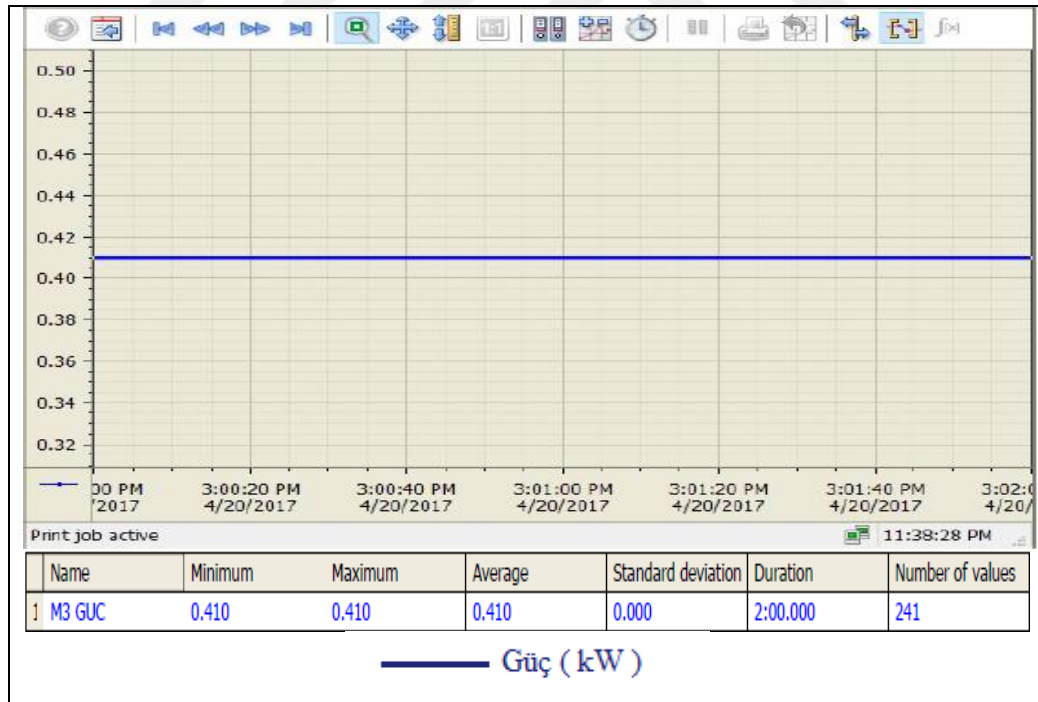
Şekil 4.42. SCADA ekranında, mevcut 40 torbadan biri patladıktan sonra izlenen fark basınç değeri ve trendi



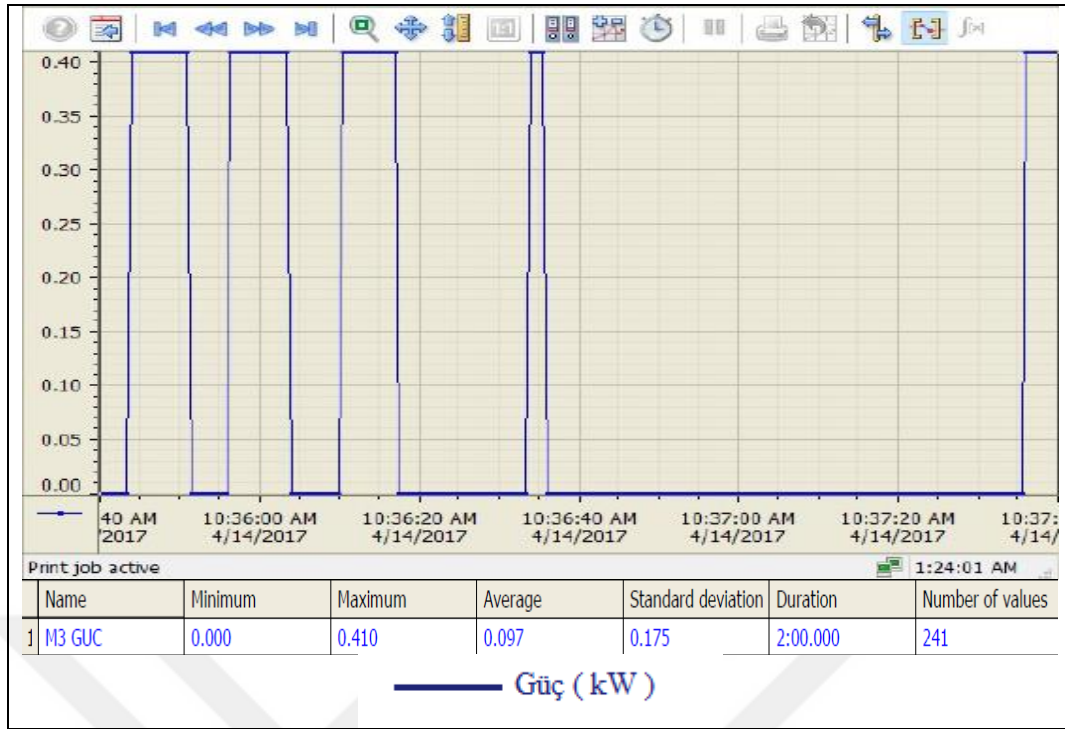
#### 4.2.5. Hava kilidinin otomasyon ile çalıştırılması

Hava kilidi 0.75 kW gücünde olup normal çalışma şartlarında 0.41 kW güç çekmektedir. Filtre gövdesinde yaklaşık 1m<sup>3</sup>'lük hacim bulunmaktadır. Normal şartlarda bu motor sürekli çalışır kalmaktadır. Ancak, hava kilidi üzerinde uygun hacimli ürün biriktirme haznesi yapılması halinde motor sadece hazne dolunca çalışacaktır. Hava kilidinin kapasitesi çok yüksek olduğu için, uzun sürede biriken ürün çok kısa zamanda boşaltılacaktır. Normalde bu motor sürekli devrede kalıp ortalama 0.41 kW güç çekmektedir.

Uygulamamızda sadece 20 litrelik bir boşaltım haznesi kullanılmıştır. Motor sadece hazne dolunca çalışacak şekilde ayarlandığında, Şekil 4.44'te görüldüğü gibi, hava kilidi motorunun devrede kaldığı süre azalmıştır. Motorun çektiği güç örneklenen zaman için ortalama  $0.097 \pm 0.175$  kW olarak gerçekleşmiştir. Sürekli çalışmaya göre % 76 enerji tasarruf sağlanmıştır. Sağlanacak enerji tasarrufu; her bir proses için dolum haznesi hacmine ve haznenin doluş süresine göre değişecektir.



Şekil 4.43. SCADA ekranında, hava kilidinin sürekli çalışması halinde izlenen hava kilidi motoruna ait güç değerleri trendi



**Şekil 4.44.** SCADA ekranında, hava kilidinin otomasyonla çalışması halinde izlenen hava kilidi motoruna ait güç değerleri trendi

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 5.1 Sonuçlar

Bu çalışmada, Jet Puls Filtrelerin filtre torbası temizleme sisteminde kullanılan klasik çalışma metoduna alternatif olarak 9 yeni metot denenmiştir. Deneme sonuçları klasik metot değerleriyle karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Jet Puls Filtre torbaları temizleme işleminin kontrolünde kullanılan ve sadece zamana bağlı temizleme metodu verimli ve işlevsel değildir. Bu metot terk edilerek, mutlaka temizleme havası basıncını referans alınan bir metot kullanılmalıdır. Blowerin harcadığı güç; üretilen havanın basıncının ve debisinin fonksiyonudur. Bu sebeple güç tüketiminin düşürülmesi için basıncın ya da debinin azalması gerekmektedir. Blower yağı sıcaklığı ise büyük ölçüde blower maruz kaldığı ortalama basınca bağlıdır. Dolayısıyla debinin azaltılması enerji sarfiyatını azaltırken, basıncın azaltılması hem enerji tüketimini hem de blower yağ sıcaklığını azaltacaktır. Ancak basıncın belirli bir değerin altına inmesi temizleme etkinliği azaltacağı gibi debinin azalması da yeterli sayıda çırpma yapılmasını engelleyerek yine temizleme etkinliğini azaltacaktır. Temizlemenin yeterli olup olmadığı ancak fark basınç ( $\Delta P$ ) değerinin ölçülmesiyle anlaşılabilir.

Pnömatik taşıma sistemleri için sabit debi, toz aspirasyon sistemleri için ise sabit hava hızı çok önemlidir. Filtre sisteminde sabit hava hızı ve sabit hava debisinin sağlanması fark basıncın ( $\Delta P$ ) sabit değerinde tutulmasıyla mümkün olacaktır. Tüm bu parametrelerin beraber sağlanması sadece uygun bir otomasyon ile mümkündür.

Jet Puls Filtre gövdesi altında bulunan hava kilidi motoru sürekli çalışır kalmaktadır. Bunun yerine, hava kilidi üzerinde bulunan haznenin doluluk durumuna göre motorun otomasyon ile çalıştırılması motorun çalışma süresini önemli oranda düşürerek enerji tasarrufu sağlamaktadır. Bu şekilde hava kilidinin eskimesi ve aşınması gecikmektedir. Filtre içi atmosferi de daha kararlı kalmaktadır.

Yapılan denemelerde en düşük enerji tüketimi 8 numaralı çalışma modunda gerçekleşmiştir. Denemelerde elde edilen değerlerin ortalaması alınarak, klasik çalışma modu ile 8 numaralı çalışma modu (2 numaralı blower modu ve 3 numaralı filtre modu) karşılaştırılmış ve Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5,1'e göre aynı  $\Delta P$  değerini sağlama şartıyla; 8 numaralı çalışma modu klasik metoda göre % 55.1 daha az enerji harcamıştır. Hava kilidinin otomasyonu da

sisteme dâhil edildiğinde enerji tasarrufu oranı % 57.8 olarak gerçekleşmiştir. Blower yağ sıcaklığı bir miktar artarken, kullanılan hava debisi ise azalmıştır. Klasik metot yerine bu metodun kullanılmasıyla, dünya üzerinde çalışan binlerce Jet Puls Filtre sistemi düşünüldüğünde çok ciddi bir enerji tasarrufu sağlanacaktır.

**Çizelge 5.1.** Klasik metot ile 8 numaralı çalışma modunun karşılaştırılması

PARAMETRELER	Blower Ortalama Gücü (kW)	Blower Ortalama Gücü Standart Sapması	Üfleme Sayısı (adet/saat)	Kullanılan Temizleme Havası (m <sup>3</sup> /saat)	Blower Enerji Tüketimi (kWh/yıl)	Temizleme Havası Birim Enerji Sarfıyatı (Wh/m <sup>3</sup> )	Blower Yağı Maksimum Sıcaklığı (°C)	Aspirasyon Ortalama Debisi (m <sup>3</sup> /h)	Aspirasyon Ortalama Hava Hızı (m/s)	Filtre Ortalama Fark Basınç ΔP (mbar)	Fan Ortalama Gücü (kW)	Hava kilidi ortalama gücü (kW)	Toplam (hava kilidi ve blower) güç (kW)
8 NOLU	1,26	0,30	60	5,04	7547	249,56	84,7	8,56	10,30	6,28	9,44	0,10	1,35
1 NOLU	2,80	0,65	180	22,66	16799	123,58	78,9	8,50	10,46	6,33	9,48	0,41	3,21
Değişim %	-55,1	-53,8	-66,7	-77,8	-55,1	101,9	7,3	0,6	-1,6	-0,8	-0,4	-76,3	-57,8

Çalışmanın yapıldığı aspirasyon sistemi az toz yüküne sahip bir sistemdir. Toz yükü daha yüksek olan filtre sistemlerinde enerji tüketimi artacaktır. Toz yükünün çok fazla olduğu ve yüksek temizleme havası debisi gereken sistemlerde, 4 numaralı çalışma modu da iyi bir seçenek olup, yapılan denemelerde en yüksek debi bu çalışma modunda gerçekleşmiştir. Denemelerde elde edilen değerlerin ortalaması alınarak, klasik çalışma modu ile 4 numaralı çalışma modu (1 numaralı blower modu ve 4 numaralı filtre modu) karşılaştırılmış ve Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.2’ye göre aynı ΔP değerini sağlaması şartıyla; 4 numaralı çalışma modu klasik metoda göre % 160 daha fazla temizleme havası üretmiş, üstelik bunu klasik metoda göre % 36.8 daha az enerji harcayarak yapmıştır. Hava kilidinin otomasyonu da sisteme dâhil edildiğinde enerji tasarrufu oranı % 41.8 olarak gerçekleşmiştir. Blower yağı maksimum sıcaklık değeri de 28.7 °C daha düşük gerçekleşmiştir. Bu haliyle çok tozlu sistemler için çok iyi bir alternatiftir. Kurulumu ve otomasyonu kolay olup blower için sürücü kullanımına gerek yoktur.

Çizelge 5.2. Klasik metot ile 4 numaralı çalışma modunun karşılaştırılması

PARAMETRELER	Blower Ortalama Gücü (kW)	Blower Ortalama Gücü Standart Sapması	Üfleme Sayısı (adet/saat)	Kullanılan Temizleme Havası (m <sup>3</sup> /saat)	Blower Enerji Tüketimi (kWh/yıl)	Temizleme Havası Birim Enerji Sarfıyatı (Wh/m <sup>3</sup> )	Blower Yağı Maksimum Sıcaklığı (°C)	Aspirasyon Ortalama Debisi (m <sup>3</sup> /h)	Aspirasyon Ortalama Hava Hızı (m/s)	Filtre Ortalama Fark Basınç ΔP (mbar)	Fan Ortalama Gücü (kW)	Hava kilidi ortalama gücü (kW)	Toplam (hava kilidi ve blower) gücü (kW)
4 NOLU	1,77	0,49	628	59,03	10622	29,99	50,2	8,89	11,02	6,30	9,42	0,10	1,87
1 NOLU	2,80	0,65	180	22,66	16799	123,58	78,9	8,50	10,46	6,33	9,48	0,41	3,21
Değişim %	-36,8	-24,4	248,9	160,6	-36,8	-75,7	-36,3	4,6	5,4	-0,5	-0,7	-76,3	-41,8

Bu çalışma sonuçlarına göre, denenen 9 yeni modelin yanı sıra, bunlardan daha farklı çok sayıda model oluşturulabileceği görülmüştür. Fark basınç  $\Delta P$  değerinin sabit tutulması şartıyla (bazı prosesler için mümkün olan en düşük değerde olması da istenebilir); az enerji harcayarak hava üretmek, az enerji ile yüksek miktarda hava üretmek, yüksek temizleme etkinliği sağlamak ve blower yağı sıcaklığını düşük değerde tutmak ana hedeflerdir. Çalışmadan edinilen bilgilere istinaden; blower ortalama basıncının mümkün olduğunca düşük tutulması ve basıncın en yüksek değerine ulaştığı anda hemen üfleme yapılması en efektif çözümdür. Bu verilerin ışığında denenen tüm yöntemlerden daha iyi sonuç alınabilecek yeni bir yöntem daha belirlemiştir. Bu yöntem “Önerilen Yöntem” olarak sunulmuştur.

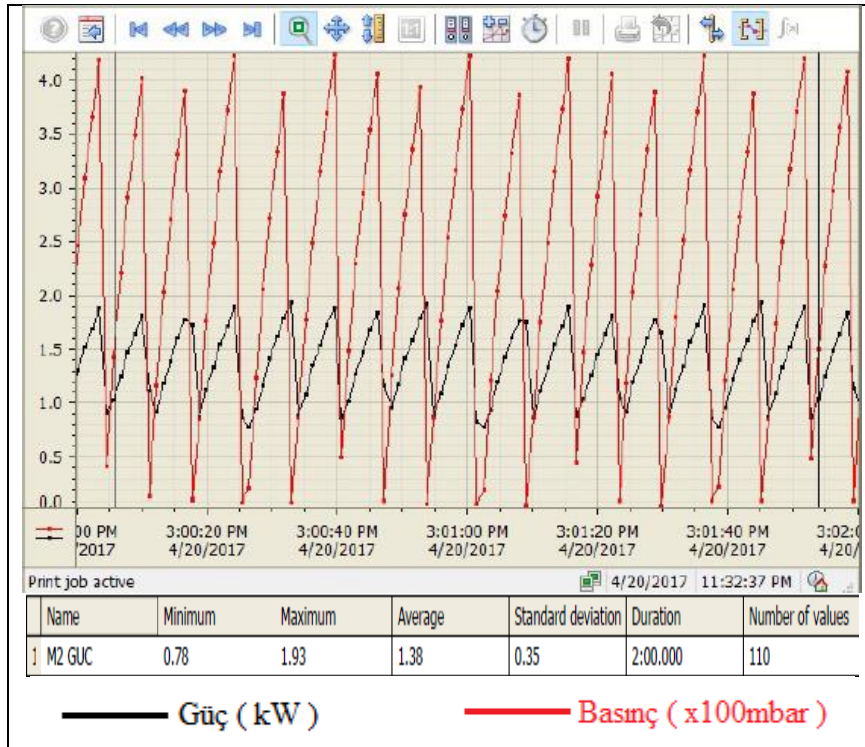
Bu yöntemde;  $\Delta P$  değeri sabit kalacak şekilde üfleme havası basıncı 4.2-5.2 bar arasında değişmektedir. Bu değişim sabit  $\Delta P$  değerini yakalamaya yeterli gelmediğinde ise sürücü yardımıyla blower devri değiştirilerek basıncın istenilen set değerine erişme süresi azaltılmakta veya artırılmaktadır. Tüm ayarlamalar prosesin ihtiyacına göre PID kontrollü olarak yapılmaktadır.

Bu yöntem denenen diğer yöntemlere göre tamamen farklıdır. Denenen yöntemlerde basınç istenilen set değerine ulaşır bu basınçta beklemektedir. Önerilen yöntemde ise basınç değeri, istenilen süre sonunda istenilen basınç değerine ulaşmakta, ulaşır ulaşmaz da torbalara üfleme yapılmaktadır. Yani blower motor frekansı, basıncın arzulanan sürede istenen set değerine ulaşmasını sağlayacak şekilde set edilmekte ve sabit kalmaktadır. Blower motoru sürücüsü frekansı 25-60 Hz, basınç 4.2-5.2 bar arasında dinamik olarak prosesin ihtiyacına göre PID ile güncellenmektedir.

Tez çalışmasında bu metot da denenmiş ve elde edilen sonuçlar klasik model ile karşılaştırılarak Çizelge 5.3'te verilmiştir. Karşılaştırılan tüm parametreler klasik yönetime göre çok daha iyi olup, bu değerler neticesinde bu model önerilen model olarak sunulmuştur. Çizelge 5.3'e göre aynı  $\Delta P$  değerini sağlaması şartıyla; önerilen yeni çalışma modu klasik metoda göre % 89.1 daha fazla temizleme havası üretmiş, üstelik bunu klasik metoda göre % 50.7 daha az enerji harcayarak yapmıştır.

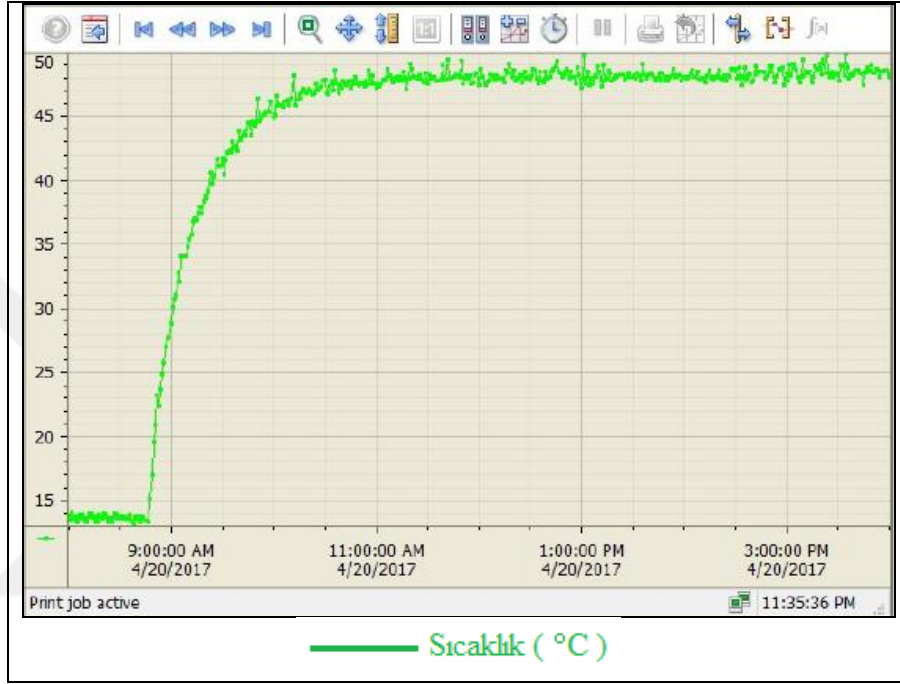
**Çizelge 5.3.** Klasik metot ile önerilen yeni çalışma modunun karşılaştırılması

PARAMETRELER	Blower Ortalama Gücü (kW)	Blower Ortalama Gücü Standart Sapması	Üfleme Sayısı (adet/saat)	Kullanılan Temizleme Havası ( $m^3$ /saat)	Blower Enerji Tüketimi (kWh/yıl)	Temizleme Havası Birim Enerji Sarfıyatı ( $Wh/m^3$ )	Blower Yağı Maksimum Sıcaklığı ( $^{\circ}C$ )	Aspirasyon Ortalama Debisi ( $m^3/h$ )	Aspirasyon Ortalama Hava Hızı (m/s)	Filtre Ortalama Fark Basınç $\Delta P$ (mbar)	Fan Ortalama Gücü (kW)	Hava kilidi ortalama gücü (kW)	Toplam (hava kilidi ve blower) gücü (kW)
ÖNERİLEN	1,38	0,35	510	42,84	8280	32,2	49,5	7,80	9,60	6,12	9,30	0,10	1,48
1 NOLU	2,80	0,65	180	22,66	16799	123,58	78,9	8,50	10,46	6,33	9,48	0,41	3,21
Değişim %	-50,7	-46,2	183,3	89,1	-50,7	-73,9	-37,3	-8,3	-8,2	-3,4	-1,9	-76,3	-54,0

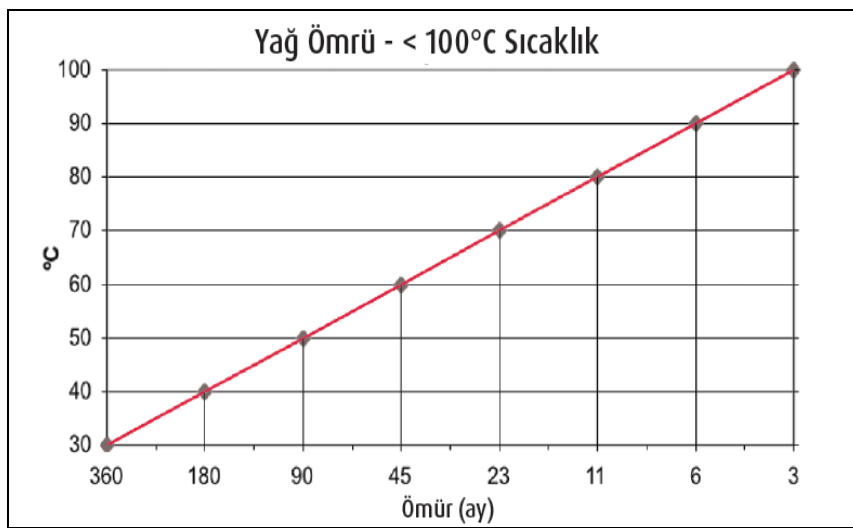


**Şekil 5.1.** SCADA ekranında, önerilen yeni çalışma tipi ile çalışılırken izlenen basınç ve güç trendi

Hava kilidinin otomasyonu da sisteme dâhil edildiğinde enerji tasarrufu oranı % 54 olarak gerçekleşmiştir. Blower yağı maksimum sıcaklık değeri de klasik metoda göre 29.4 °C daha düşük gerçekleşmiştir. Bu çalışma metodu, her türlü aspirasyon sistemi için optimum çözümü sunan en iyi alternatiftir. Önerilen yeni çalışma modunun basınç ve güç trendi Şekil 5.1’de verilmiştir. Önerilen modda gerçekleşen blower yağı ısınma trendi Şekil 5.2’de verilmiştir.



Şekil 5.2. SCADA ekranında önerilen yeni çalışma tipi ile çalışılırken izlenen blower yağ sıcaklığı trendi



Şekil 5.3. Yağ sıcaklığının yağ ömrüne etkisi (Anonim, 2017b)

Yağ çalışma sıcaklığının yağ ömrüne etkisi Şekil 5.3'te verilmiştir. Buna göre bloweri düşük sıcaklıklarda çalıştırmak yağ ömrünü artırarak bakım giderlerini düşürecektir. Yağın en hayati özelliği kimyasal kararlılığı yani oksidasyon kararlılığıdır. Sıcaklık artışı oksitlenmeyi de hızlandırır. Yağın maruz kaldığı çalışma sıcaklığının her 10°C'lik artışında, hidrokarbonların oksitlenmesi başta olmak üzere kimyasal tepkimelerin hızları iki katına çıkar. Yani 60 °C'nin üstündeki çalışmalarda yağların çalışma sıcaklığının her 10 °C'lik artışı yağ ömrünün % 50 azalması anlamına gelmektedir (Anonim, 2017b). Şekil 5.3'e göre klasik çalışma yönteminde yaklaşık 11 ay olan blower yağ ömrü, önerilen yöntem ile yaklaşık 90 aya çıkmaktadır. Bu sayede hem bakım giderleri hem de üretim kaybına sebep olan bakım duruş zamanları azalacaktır.

Jet Puls Filtrelerin işletme parametreleri açısından çalışma deneme sonuçları yorumlanırsa, bir blower ile bir filtrenin temizleneceği, birden fazla filtre temizlenmek istenirse mutlaka sırayla temizleme yapacak şekilde otomasyon kurulması gerektiği görülmüştür. Aksi halde kullanılan kaynakların ve enerjinin % 81'i boşa gitmekte ve etkin temizlik yapılamamaktadır.

Jet Puls Filtrelerin temizleme sistemlerindeki pnömatik ekipmanların sıkça arızalandığı, bazı grupların çırpma yapmadığı, bu arızaların klasik çalışma yönteminde tespit edilemediği ve üfleme etkinliğinin düştüğü, ancak çalışmamızda kullanılan otomasyon sistemi ile bu arızaların kolayca tespit edilmesinin mümkün olduğu görülmüştür.

Üfleme basıncının istenilen değere yükselme süresi ve tankın yeterince boşaldığının tespiti klasik sistemde göz kararı yapılırken, uygulamamızda bu değerler otomasyon kullanılarak hassas olarak ölçülmüştür. Bu değerlerin net olarak tespiti ile sistem etkinliği artmış, hava boşa harcanmayarak enerji tasarrufu sağlanmıştır.

Jet Puls Filtrelerin en önemli sorunu filtre torbası patlağı yüzünden çevreye atılan toz ve ürünlerdir. Klasik sistemde bu problem erken fark edilememektedir ve ciddi sorunlara yol açmaktadır. Uygulamamızda kullanılan otomasyon sistemi ile filtre torbası patlağı kolayca ve büyük maliyetlere girmeden otomasyon ile tespit edilebilmektedir.



## 5.2 Öneriler

Dünyada ve ülkemizde çok sayıda Jet Puls Filtre çalışmaktadır. Bu filtrelerin otomasyon kullanılarak çalışır hale getirilmesi; hem enerji tüketimlerinin azaltılması hem de çevrenin korunmasını sağlayacaktır. Bunun için, mevcut tesislerinde gelişmiş otomasyon çalışan büyük sanayi kuruluşlarının, mevcut otomasyon alt yapısına bu filtrelerin otomasyonunu da dâhil etmesi pratik ve ekonomik bir çözüm olacaktır. Otomasyon kullanmayan tesisler için ise; Jet Puls Filtrelerde üfleme süresi ve üfleme periyodu ayarlayan basit mikrokontrolör tarzı cihazların yerine, aynı cihazların üfleme havası basıncını referans alacak ve sabit filtre torbası fark basıncı otomasyonu yapabilecek modellerinin kullanılması uygun bir çözüm olacaktır.

İleride yapılacak çalışmalarda, Jet Puls Filtre torbalarının temizleme işleminde filtre torbalarına ters hava üflemesinin aspirasyon üzerinde oluşturduğu olumsuz etkileri incelenmelidir.

Filtre sistemlerinin ana ekipmanı olan fanların çalışmasında otomasyon kullanılarak yeni yöntemler ve algoritmalar denenmelidir. Bu yöntemler, fanların çalışmasında hava hızı, hava debisi, dinamik ve statik basınç, kütleli debi gibi parametreleri referans alan ve bu değerleri sabit tutmaya çalışan yöntemler olmalıdır. Bu çalışmalar enerji tasarrufu sağlanması ve sistem kararlılığının artırılması odaklı olmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Abdelaziz, E. A., Saidur, R. and Mekhilef, S., 2011, A review on energy saving strategies in industrial sector, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 150-168.
- Adıyan, A., 2012, Sıvı seviye kontrolü için scada sistem tasarımı, Yüksek lisans tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 1-90.
- Akorede, M. F., Hizam, H., Ab Kadir, M. Z. A., Aris I. and Buba, S. D., 2012, Mitigating the anthropogenic global warming in the electric power industry, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 5, 2747–2761.
- Alan G. ve Tercan M., 2013, Hava Filtrasyonu Amacıyla Kullanılan Tekstillerin Verimlilikleri ve Toz Tutma Kapasiteleri, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19, 4, 179-86.
- Alphonsus, E. R. and Abdullah, M. O., 2016, A review on the applications of programmable logic controllers (PLCs), *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 1185–1205.
- Altıntaş, B., 2003, PLC'ler ve DCS'ler, *Otomasyon Dergisi*, 131.
- Andersen, B. O., Nielsen, N. F. and Walther, J. H., 2016, Numerical and experimental study of pulse-jet cleaning in fabric filters, *Powder Technology*, 291, 284–298.
- Anonim, 2012, Hava Kalitesi ve Sağlık [ online ], <http://www.saglik.gov.tr/TR/dosya/1-74814/h/hava-kalitesi-ve-saglik.pdf> [Ziyaret Tarihi; 31.10.2016].
- Anonim, 2015, Uludağ Üniversitesi Halk Sağlığı Anabilim Dalı, DOSAB Buhar ve Enerji Üretim Tesisi Nihai ÇED Raporunun Değerlendirilmesi, Bursa, Temmuz, 2015.
- Anonim, 2016, MSF- Toz Filtresi [ online ], <http://www.milleral.com/urun/msf/44> [Ziyaret Tarihi:18.12.2016].
- Anonim, 2016a, Jet Filtre [online], <http://www.slideshare.net/deytamarkcom/akkan-yatakl-kazan> [Ziyaret Tarihi:19.05.2016].
- Anonim, 2016b, Jet puls torbalı filtre genel çalışma prensibi [online], <http://mersanfiltre.com/jet-pulse-torbalı-filtre-sistemleri/jet-pulse-torbalı-filtre-genel-calisma-prensibi/> [Ziyaret Tarihi:18.12.2016].
- Anonim, 2016c, MHF- Yüksek basınçlı aspiratör [online], <http://www.milleral.com/urun/mhf/48> [Ziyaret Tarihi:18.12.2016].
- Anonim, 2016d, Rotary valve [online], <http://www.erisimmak.com.tr/en/products/machinery/horizontal&vertical-conveying/rotary-valve> [Ziyaret Tarihi:18.12.2016].

- Anonim, 2016e, Air Cooling Three Lobe Roots Type Blower [online], <http://zqblower.en.made-in-china.com/product/GeFmtgbobvRW/China-Air-Cooling-Three-Lobe-Roots-Type-Blower.html> [Ziyaret Tarihi:18.12.2016].
- Anonim, 2017, Pressure root blowers [online], [http://www.rootsblower.com.tw/style/frame/templates2/product\\_detail.asp?lang=2&customer\\_id=2230&name\\_id=95423&content\\_set=color\\_1&rid=50255&id=286541](http://www.rootsblower.com.tw/style/frame/templates2/product_detail.asp?lang=2&customer_id=2230&name_id=95423&content_set=color_1&rid=50255&id=286541) [Ziyaret Tarihi:11.01.2017].
- Anonim, 2017a, Pressure relief valves [online], [http://wermac.org/valves/valves\\_pressure\\_relief.html](http://wermac.org/valves/valves_pressure_relief.html) [Ziyaret Tarihi:11.01.2017].
- Anonim, 2017b, Yüksek sıcaklık altında rulman ömrü [online], [http://www.nskeurope.com.tr/downloads/literature\\_bearing/TR-0006\\_NSK\\_Technical-Insight\\_RollerBearingLife.pdf](http://www.nskeurope.com.tr/downloads/literature_bearing/TR-0006_NSK_Technical-Insight_RollerBearingLife.pdf) [Ziyaret Tarihi:25.04.2017].
- Anonymous, 2013, Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths [online], [http://www.iarc.fr/en/media-centre/iarcnews/pdf/pr221\\_E.pdf](http://www.iarc.fr/en/media-centre/iarcnews/pdf/pr221_E.pdf) [Ziyaret Tarihi:29.10.2016].
- Atkinson, R.W., Anderson, H.R., Sunyer, J., Ayres, J., Baccini, M. and Vonk, J.M., 2001, Acute effects of particulate air pollution on respiratory admissions: Results from APHEA 2 project, *Am J Respir Crit Care Med*, 164, 10, 1860-1866.
- Aydın, Y., 1992, Pnömatik transport'ta toz tutucuların yeri ve un fabrikaları için jet filtre uygulaması, Yüksek lisans Tezi, *Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Antalya, 1-77.
- Aydoğmuş, Z., 2009, Implementation of a fuzzy-based level control using SCADA, *Expert Systems with Applications*, 36, 6593–6597.
- Bailey, D. and Wright, E., 2003, Practical SCADA for Industry, *Newnes*, England, 1-96.
- Baykan, E., 2014, Maden konsantrasyon tesislerinde kullanılan bilyalı değirmenlerin otomasyonu ve verimlilik analizi, Yüksek lisans tezi, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Van, 1-131.
- C. Şahin, C., Bolat, E. D., 2009, Development of remote control and monitoring of web-based distributed OPC system, *Computer Standards & Interfaces*, 31, 984–993.
- Clancy, L., Goodman, P., Sinclair, H. and Dockery, D. W., 2002, Effect of air-pollution control on death rates in Dublin, Ireland: An intervention study, *Lancet*, 360, 9341, 1210-1214.
- Cuiping. Y., Guijian, L. and Haiyan, C., 2013, Effect of induced airflow on the surface static pressure of pleated fabric filter cartridges during pulse jet cleaning, *Powder technology*, 249, 424-430.

- Çankaya, N., Arslan, D. ve Elgun, A., 2016, The effects of heating equipments on quality parameters of oil and waste oil generation in deep-frying process of donuts, *16th International Nutrition and Diagnostics Conference*, Prague, Çekya, 91.
- Das, A., Alagirusamy, R. and Nagendra, K. R., 2011, Study on needle-punched nonwoven fabrics made from shrinkable and non-shrinkable acrylic blends. Part III: filtration characteristics. *The Journal of The Textile Institute*, 102, 2, 93-102.
- Dindorf, R., 2012, Estimating Potential Energy Savings in Compressed Air Systems, *Procedia Engineering*, 39, 204 – 211.
- Doğan, G., 2006, Kuru Hava Filtrasyonunda Kullanılan Dokusuz Yüzeylerin Performansları Üzerine Bir Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyonkarahisar, 1-73.
- Fiflekçi, F., Özkurt, S. and Bafler, S., 1999, Effect of air pollution on COPD exacerbations, *Eur Respir J*, 14, 30, 393.
- Filleul, L., Le Tertre, A., Baldi, I. and Tessier, J. F., 2004, Difference in the relation between daily mortality and air pollution among elderly and all-ages populations in southwestern France, *Environ Res*, 94, 3, 249-253.
- Findanis, N. and Southam M., 2012, Control and management of particulate emissions using improved reverse pulse-jet cleaning systems, *Procedia Engineering*, 49, 228-38.
- He, Q-C., Liyo, P., Wilson, W. and Chapman, R., 1993, Effects of air pollution on children's pulmonary function in urban and suburban areas of Wuhan, People's Republic of China, *Archives of Environmental Health: An International Journal*, 48, 6, 382-91.
- Hong, X. and Jianhua, W., 2004, An extendable data engine based on OPC specification, *Computer Standarts & Interfaces*, 26, 515–525.
- Ivell, D. M., 2012, The using of bag filters in a DAP plant, *Procedia engineering*, 46, 83-88.
- İbrahim, M. H., 2010, scada sistemi kullanarak petrol depolama ve dağıtım hatlarının kontrolü ve otomasyonu, Yüksek lisans tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 1-77.
- Jain, A. K., Ross, A. and Prabhakar, S., 2004, An Introduction to Biometric Recognition, *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 14, 1, 4-20.
- Ji, Z., Shi, M. and Ding, F., 2004, Transient flow analysis of pulse-jet generating system in ceramic filter, *Powder technology*, 139, 3, 200-7.

- Kahveci, E., 2007, Endüstriyel veri iletişim sistemlerine bir profinet uygulaması, Yüksek lisans tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-39.
- Katsouyanni, K., Touloumi, G., Samoli, E., Gryparis, A., Le Tertre, A., Monopoli, Y., 2001, Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: Results from APHEA2 project, *Epidemiology*, 12, 521-531.
- Keçeci, O. E., 2010, Filtrasyonda kullanılan materyallerin kullanım özelliklerinin geliştirilmesi, Yüksek lisans tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 1-68.
- Köse, F., Kaplan, K. ve Ertunç, H. M., 2015, *PID ve Bulanık Mantık ile DC Motorun Gerçek Zamanda STM32F407 Tabanlı Hız Kontrolü, Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı (TOK2013)*, Malatya, 1178-1183.
- Kulkarni, S. L. and Elango M., 2016, Development of plc based controller for bottle filling machine. *International journal of innovations in engineering research and technology*, 3, 4, 1-10.
- Le Tertre, A., Medina, S., Samoli, E., Forsberg, B., Michelozzi, P. and Boumghar, A., 2002, Short-term effects of particulate air pollution on cardiovascular diseases in eight European cities, *Journal of Epidemiology and Community Health*, 56, 10, 773-779.
- Li, H., Choi, J., Li, B., Kimb, I. and Heo, J., 2016a, Numerical analysis on the gas flow dynamics from a rectangular slot-nozzle for pulse cleaning of filter unit, *Powder technology*, 297, 330–339.
- Li, H., Wang, Z., Ye, Y. and Wang, Z., 2016, A model analysis on the pulse-jet cleaning performance of electrostatically stimulated fabric filtration, *Powder Technology*, 291, 1, 499-505.
- Li, J., Li, S. and Zhou, F., 2015, Effect of cone installation in a pleated filter cartridge during pulse-jet cleaning, *Powder Technology*, 284, 245-252.
- Li, Q., Zhang, M., Qian, Y., Geng, F., Song, J. and Chen, H., 2015a, The relationship between peak pressure and residual dust of a pulse-jet cartridge filter, *Powder Technology*, 283, 302–307.
- Lim, S. S., Vos, T., Flaxman, A. D., Danaei, G., Shibuya, K., Adair-Rohani, H., AlMazroa, M. A., Amann, M., Anderson, H. R. and Andrews, K. G., 2013, A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010, *The Lancet*, 380, 9859, 2224-60.
- Lo, L. M., Chen, D. R. and Pui, D. Y. H., 2010, Experimental study of pleated fabric cartridges in a pulse-jet cleaned dust collector, *Powder Technology*, 197, 141-149.

- Lu, H. C. and Tsai, C. J., 1998, A Pilot-Scale Study of the Design and Operation Parameters of a Pulse - Jet Baghouse, *Aerosol Science and Technology*, 29:6, 510-524
- Mose, C. and Weinert, N., 2015, Process chain evaluation for an overall optimization of energy efficiency in manufacturing, *The welding case, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 34, 44–51.
- Mukhopadhyay, A., 2009, Pulse-jet filtration: An effective way to control industrial pollution Part I: Theory, selection and design of pulse-jet filter, *Textile Progress*, 41:4, 195-315.
- Naregalkar, A. N., Sravanth, K. U., Varanasi, R. and Reddy, J. A., 2012, Real Time Automated Control of Industrial Processes with PLC – LABVIEW Communication, *International Journal for Research in Science & Advanced Technologies*, 1, 1, 035-0381.
- Oğuz, H., Özcan, M., Yağcı, M. and Özkan, A. O., 2015, Automation of the two stage biodiesel production process, *International Journal of Automotive Engineering and Technologies*, 4, 4, 254–260.
- Özcan, M. and Yağcı, M., 2016, Development of the plc starting system for trams driven by dc series motor, *2nd International Conference on Engineering and Natural Sciences (ICENS 2016)*, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina.
- Özcan, M. ve Kahramanlı, Ş., 2002, PLC'ler ve uygulamaları, *Atlas*, İstanbul.
- Özcan, M. ve Özkan, A. O., 2004, Otomasyon sistemlerinde PLC uygulamaları, *Nobel*, İstanbul.
- Özcan, M., 2011, Determining seam profile tracking of very narrow buttwelding on sheet metal, *Scientific Research and Essays*, 6, 23, 5040-5048.
- Özcan, M., Endiz, M. S. and Alver, V., 2015, A New Approach to the Boom Welding Technique by Determining Seam Profile Tracking, *Int'l Journal of Advances in Mechanical & Automobile Engg. (IJAMAE)*, 2, 1, 31-34.
- Özcan, S., 2007, Hava ortamında öncelikli organik kirleticilerin tayini için analitik metot optimizasyonu ve Konya Kent atmosferinde izlenmesi, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 1-50.
- Özzorlu, İ., 2005, Üretim yönetiminde proses kontrol teknolojileri, Yüksek lisans tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-88.
- Panchal, P., Mahesuria, G., Panchal, R., Patel, R., Sonara, D., Pitroda, D., Nimavat, H., Tanna, V. and Pradhan, S., 2016, Upgradation in SCADA and PLC of existing LN2 control system forSST-1, *Fusion Engineering and Design*, 112, 883–887.

- Panchal, P., Patel, A. and Barve, J., 2015, PI Control of Level Control System using PLC and LabVIEW based SCADA, *2015 International Conference on Industrial Instrumentation and Control (ICIC)*, India, 1196-1201.
- Priyadharson, A. S. M., Ganesan, R. and Surarapu, P. K., 2015, PLC – HMI Automation based Cascaded Fuzzy PID for Efficient Energy Management and Storage in Real Time Performance of a Hydro Electric Pumped Storage Power Plant, *Procedia Technology*, 21, 248 – 255.
- Priyanka, E. B., Maheswari, C. and Meenakshipriya, B., 2016, Parameter monitoring and control during petrol transportation using PLC based PID controller, *Journal of Applied Research and Technology*, 14, 125–13.
- Qian, Y., Bi, Y., Zang, M., Chen, H. and Xu, G., 2015, Effect of filtration operation and surface treatment on pulse-jet cleaning performance of filter bags, *Powder technology*, 277, 82-88.
- Qian, Y., Bi, Y., Zhang, Q. and Chen, H., 2014, The optimized relationship between jet distance and nozzle diameter of a pulse-jet cartridge filter, *Powder Technology*, 266, 191–195.
- Rahman, S. S. U., Nayak, C. G. and Nayak, S. G., 2016, Programmable Logic Controller Application in Boiler Automation-A Case Study, *IJCTA*, 9, 21, 171-177.
- Raynor, P., Kim, B., Ramachandran, G., Strommen, M., Horns, J. and Streifel, A., 2008, Collection of biological and non-biological particles by new and used filters made from glass and electrostatically charged synthetic fibers, *Indoor Air*, 18, 1, 51-62.
- Saleem, M., Krammer, G. and Tahir, M. S., 2012a, The effect of operating conditions on resistance parameters of filter media and limestone dust cake for uniformly loaded needle felts in a pilot scale test facility at ambient conditions, *Powder Technology*, 228, 100–107
- Saleem, M., Krammer, G., Khan, R. U. and Tahir, M. S., 2012, Influence of operating parameters on cake formation in pilot scale pulse-jet bag filter, *Powder Technology*, 224, 28-35.
- Salihbegovic, A., Marinkovic, V., Cico, Z., Karavdic, E. and Delic, N., 2009, Web based multilayered distributed SCADA/HMI system in refinery application, *Computer Standards & Interfaces*, 31, 599–612.
- Samet, J. M., Dominici, F., Curriero, F. C., Coursac, I. and Zeger, S. L., 2000, Fine particulate air pollution and mortality in 20 US cities, 1987-1994, *The New England Journal of Medicine (NEJM)*, 343, 1742-1749.
- Sangeetha, A. L., Bharathi, N. and Ganesh, A. B., 2016, Performance validation of a cascade control system through various network architectures, *Egyptian Informatics Journal*, 17, 285–293.

- Sangeetha, A. L., Naveenkumar, B., Ganesh, A. B. and Bharathi, N., 2012, Experimental validation of PID based cascade control system through SCADA–PLC–OPC and internet architectures, *Measurement*, 45 643–649.
- Schlechtingena, M. and Santos, I. F., 2014, Wind turbine condition monitoring based on SCADA data using normal behavior models. Part 2: Application examples. *Applied Soft Computing*, 14, 447–460.
- Seden, O., 2010, Profinet io ağ çözümleyicisi ve ağ oynatıcısı, Yüksek lisans tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, 1-73.
- Seslija, D., Ignjatovic, I., Dudic, S. and Lagod, B., 2011, Potential energy savings in compressed air systems in Serbia, *African Journal of Business Management*, 5, 14, 5637-5645.
- Shrivastava, A., Krones, M. and Pfefferkorn, F. E., 2015, Comparison of energy consumption and environmental impact of friction stir welding and gas metal arc welding for aluminum, *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 9, 159–168.
- Simon, X., Bémer, D., Chazelet, S. and Thomas, D., 2014, A Downstream particle puffs emitted during pulse-jet cleaning of a baghouse wood dust collector: Influence of operating conditions and filter surface treatment, *Powder Technology*, 261, 1, 61-72.
- Simon, X., Chazelet, S., Thomas, D., Bémer, D. and Régnier, R., 2007, Experimental study of pulse-jet cleaning of bag filters supported by rigid rings, *Powder Technology*, 172, 2, 67-81.
- Terrell, R., E., 1999, Improving Compressed Air System Efficiency - Know What You Really Need, *Energy Engineering*, 96, 1, 7-15.
- Touloumi, G., Katsouyanni, K., Zmirou, D., Schwartz, J., Spix, C. and De Leon, A.P., 1997, Short-term effects of ambient oxidant exposure on mortality: a combined analysis within the APHEA project. Air pollution and health: A European approach, *American Journal of Epidemiology*, 146, 177-185.
- Tushar, V., Bhaskarwar, T. V., Giri, S. S. and Jamakar, R. G., 2015, Automation of shell and tube type heat exchanger with PLC and LabVIEW, *2015 International Conference on Industrial Instrumentation and Control (ICIC)*, India, 841-845.
- Usalan, M. A. S., 2015, Bir endüstriyel fırın otomasyonu, Yüksek lisans tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-69.
- Wang, Z., Liu, L., Tan, Z., Yang, Z., Liu, Y. and Zhang, S., 2015, Concept Solution Generation for Product Innovation under User Fuzzy Semantic Requirements, *International Journal of Intelligent Engineering and Systems*, 8, 3, 1-10.



- Xueli, N., Henggen, S., Yinghui, W., Like, Z., Xingcheng, L. and Min, F., 2017, Investigation of the pyrolysis behaviour of hybrid filter media for needle-punched nonwoven bag filters, *Applied Thermal Engineering*, 113, 705–713.
- Yang, S. H., Chen, X. and Alty, J.L., 2003, Design issues and implementation of internet-based process control systems, *Control Engineering Practice*, 11, 709–720.
- Yüksel, I., 2012, Global warming and environmental benefits of hydroelectric for sustainable energy in Turkey, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 6, 3816–3825.
- Zhang, H., Shi, Y. and Mehr, A. A., 2011, Robust Static Output Feedback Control and remote PID Design for Networked Motor Systems, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 58, 12, 5396-5405.
- Zhou, R., Shen, H. and Zhao, M., 2012, Simulation Studies on Protector of Pulse-jet Cleaning Filter Bag, *Energy Procedia*, 16, 426-31.

**EKLER**

**EK-1** Otomasyon ve kumanda panosuna ait elektrik projesi (24 sayfa)

**EK-2** STEP7 Ekranından alınan PLC yazılımı görüntüsü (OB1, FC1 ve FB203) (17 sayfa)

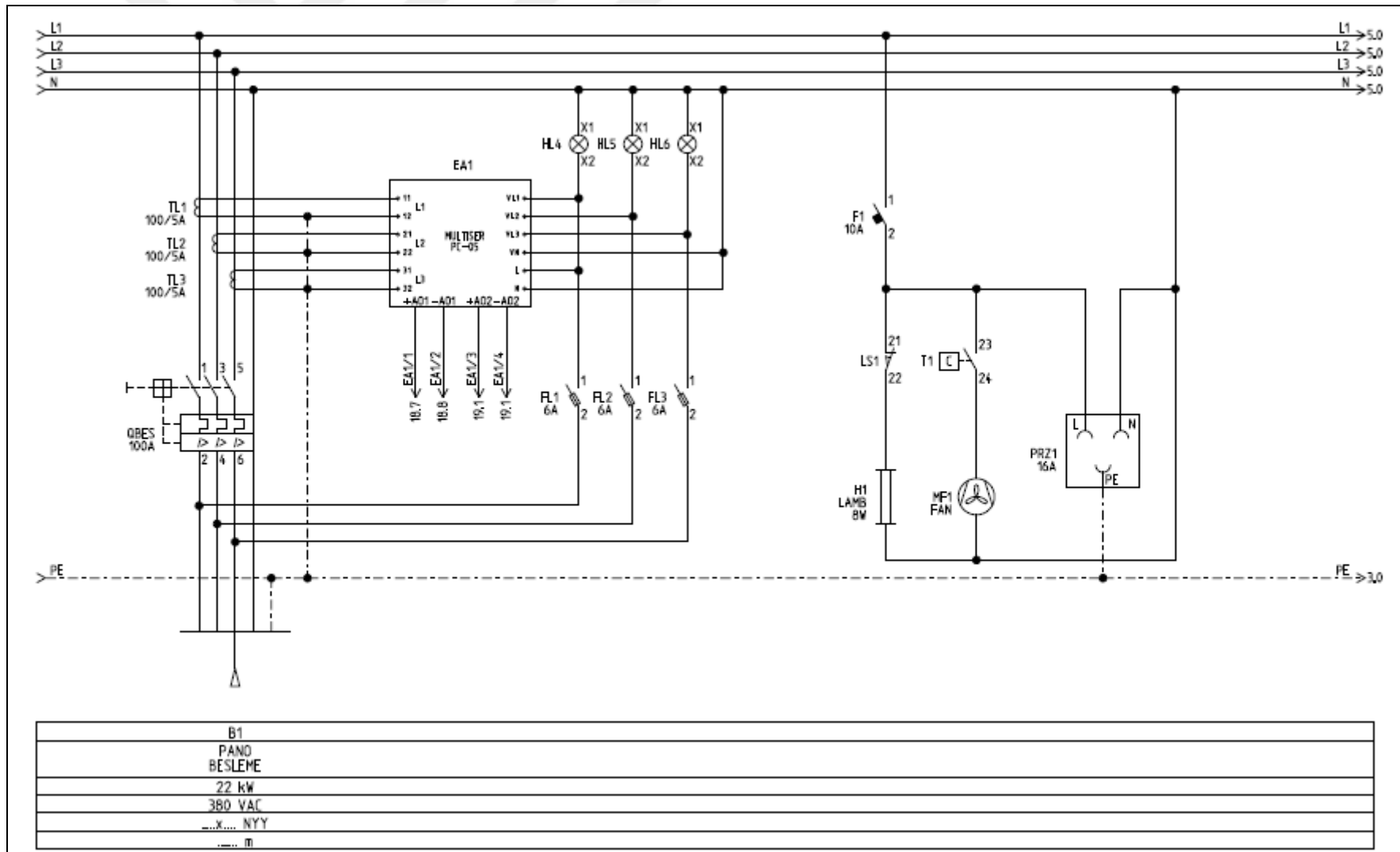
**EK-3** WinCC Programından alınan TAG listesi (16 sayfa)

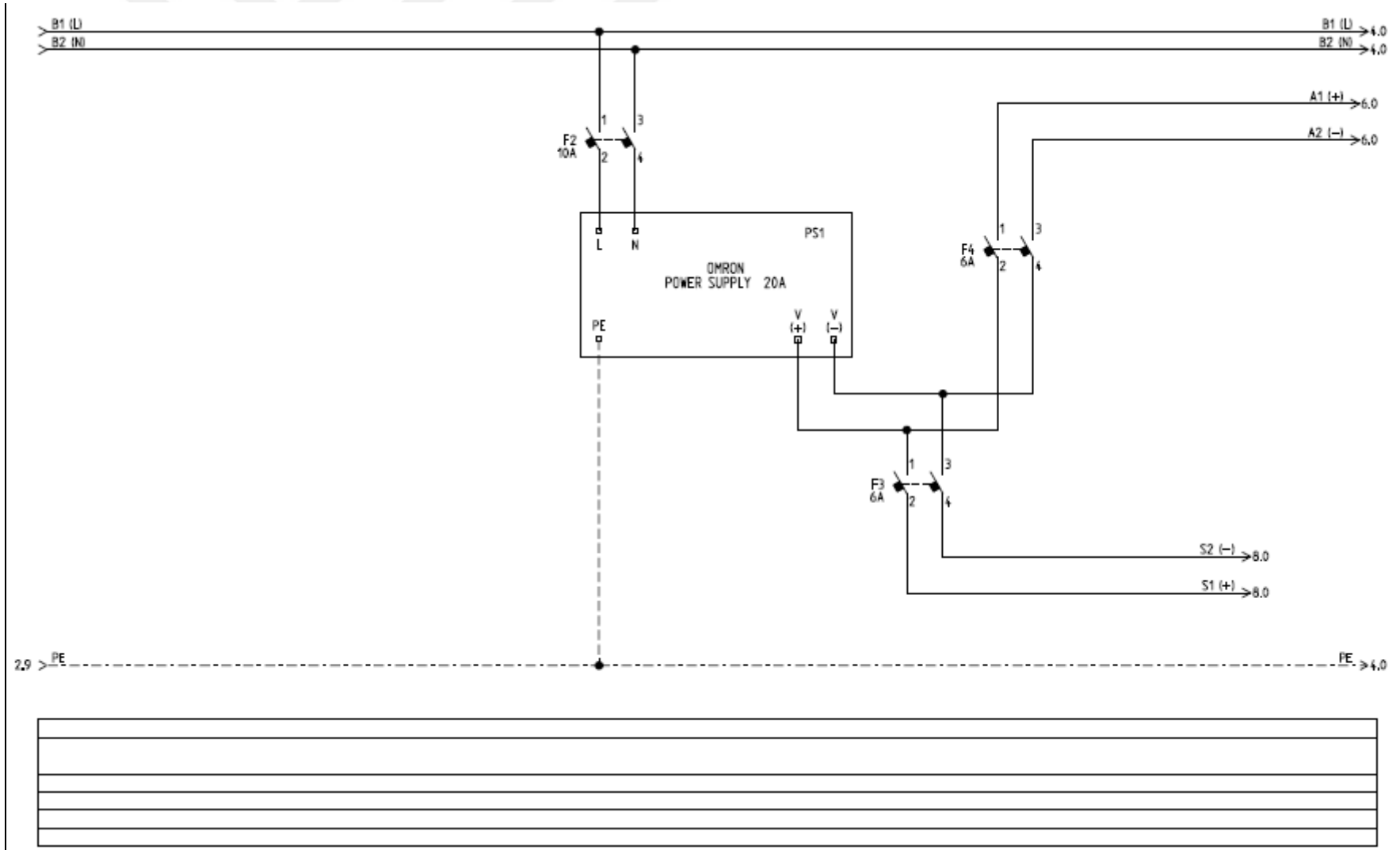


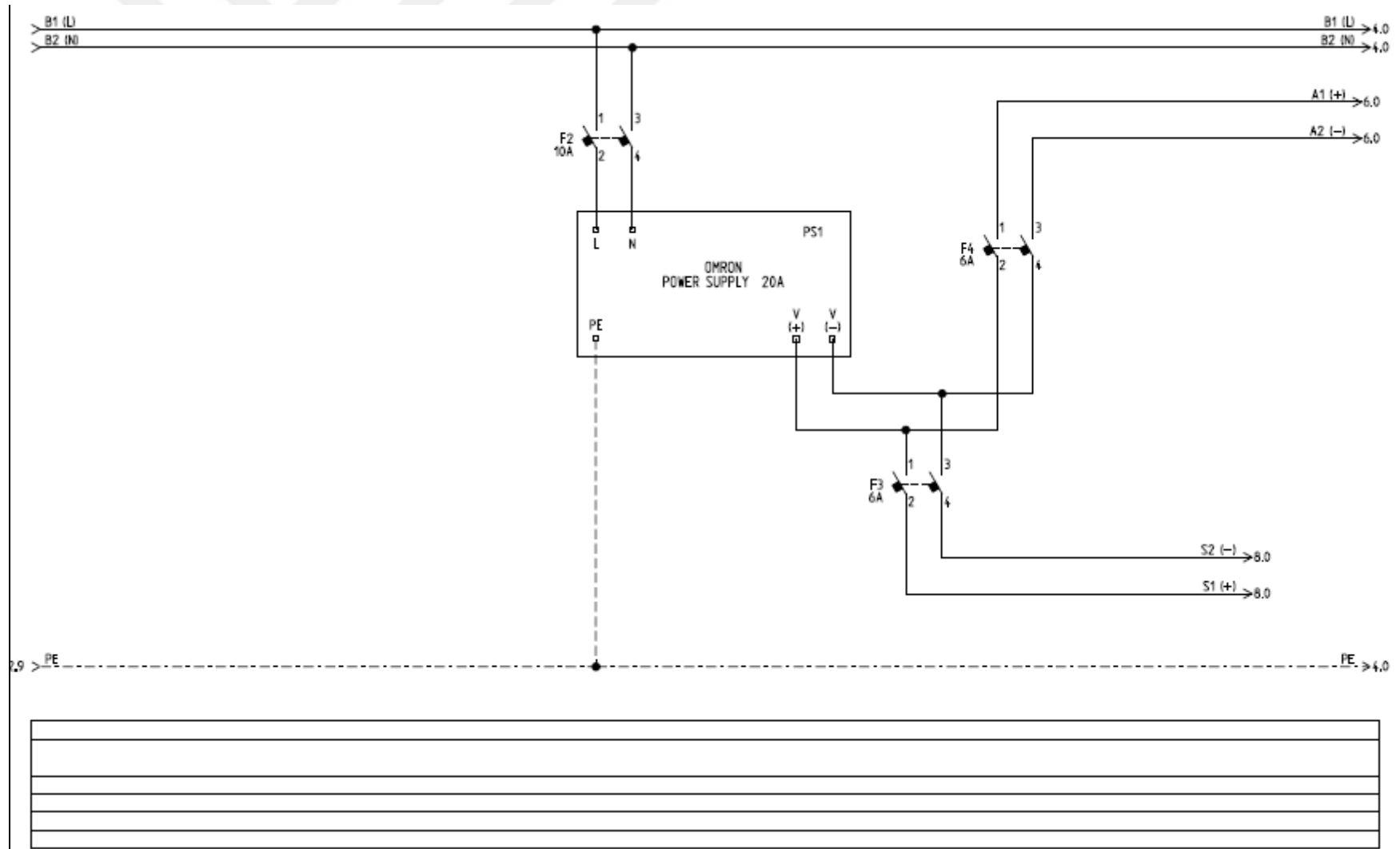
**EK-1 Otomasyon ve Kumanda Panosuna Ait Elektrik Projesi**

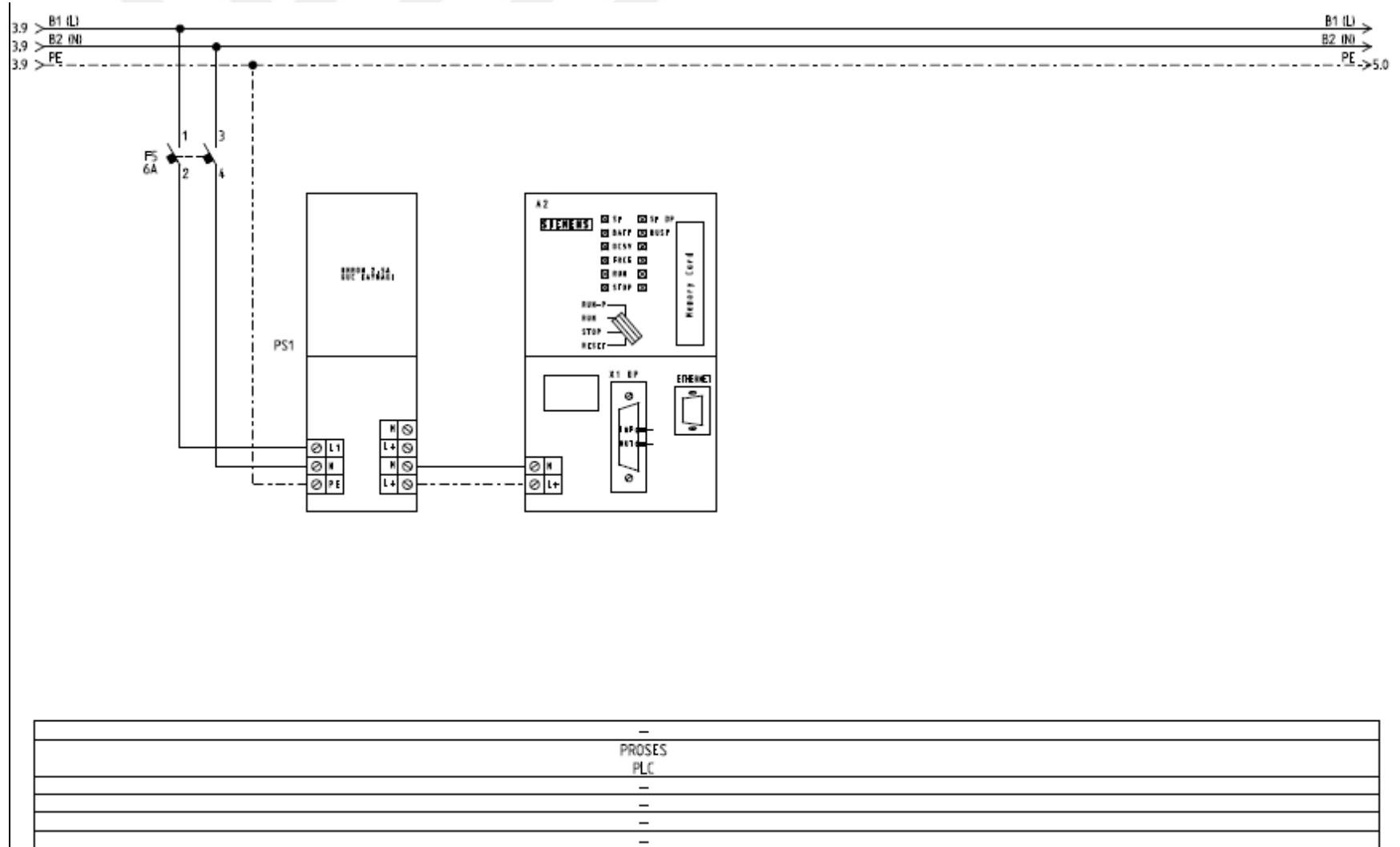
CUSTOMER :  
PLANT DESIGNATION : FILTRE PANOSU  
PLANT TYPE : PANO BAGLANTI PROJELERI

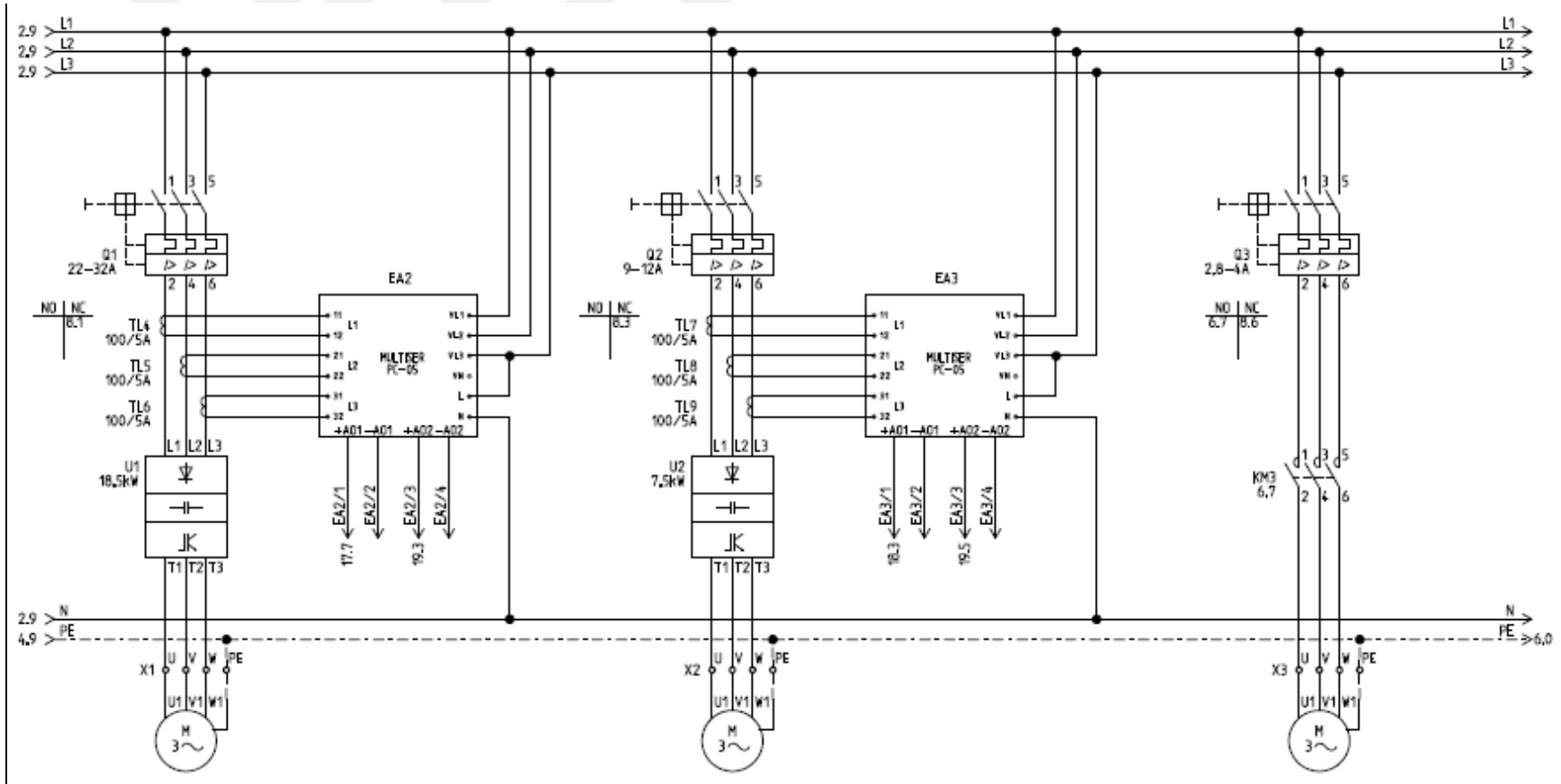
VERSION : 0  
CREATED ON : 20/06/2016  
PROJECT NUMBER :





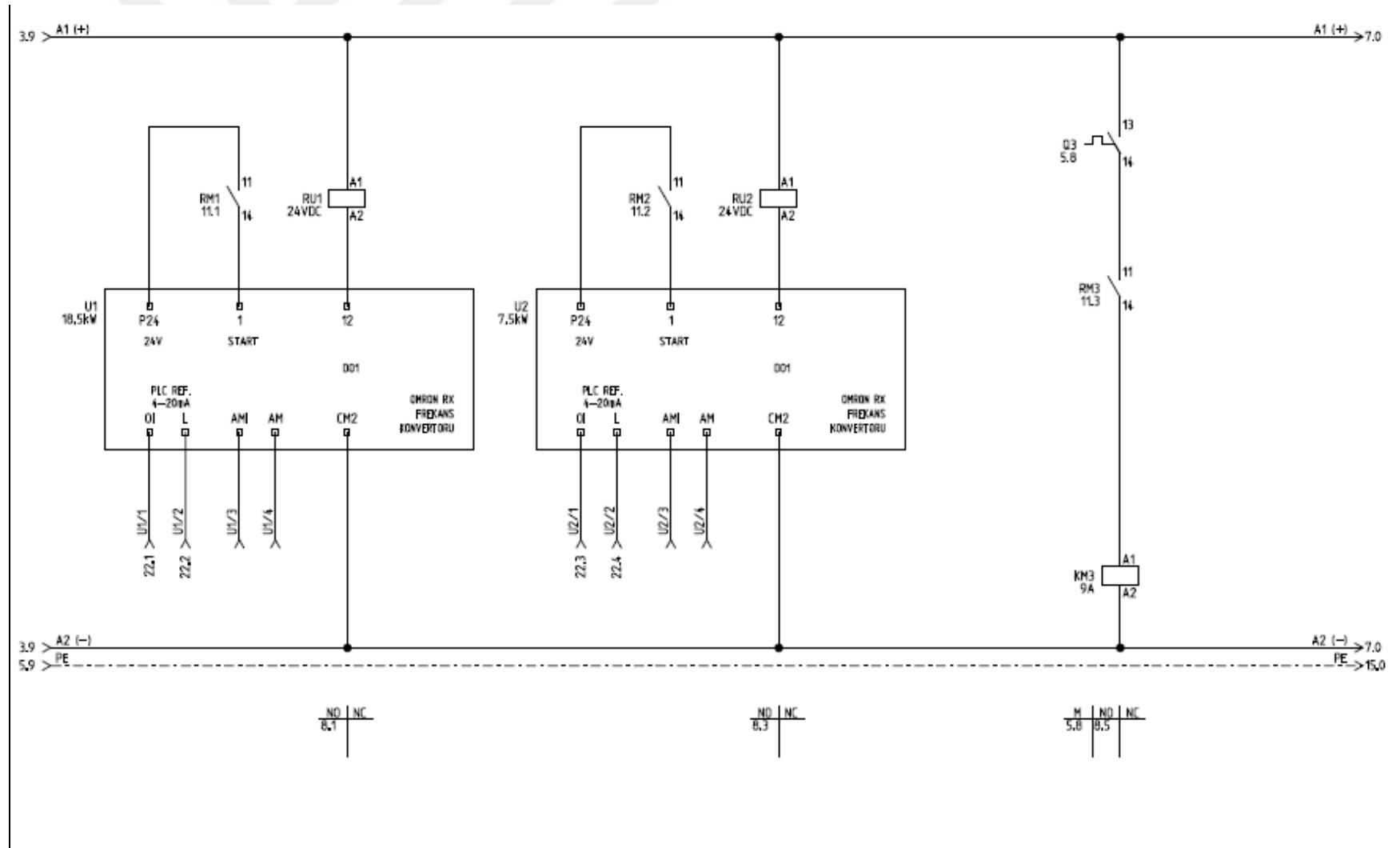


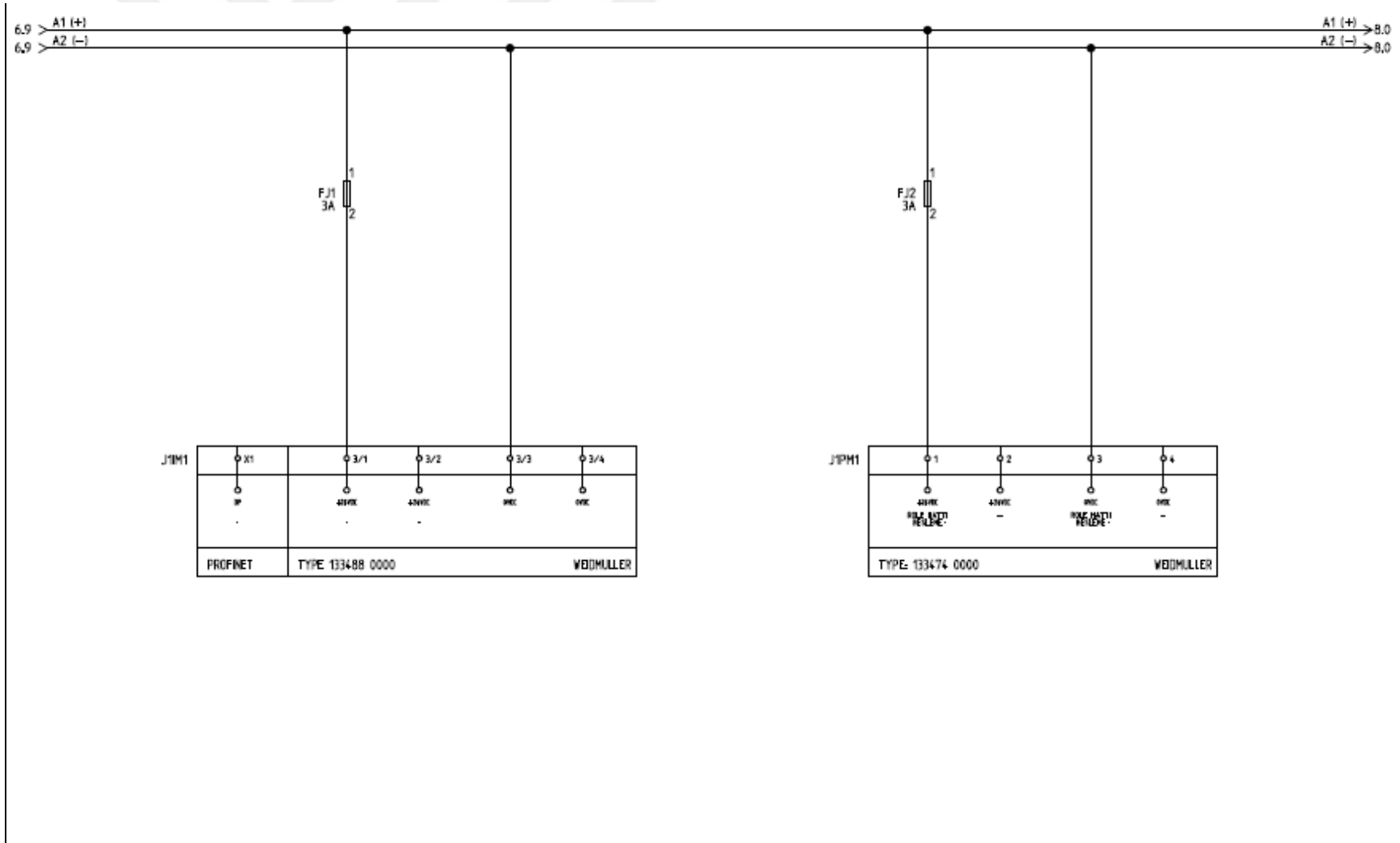


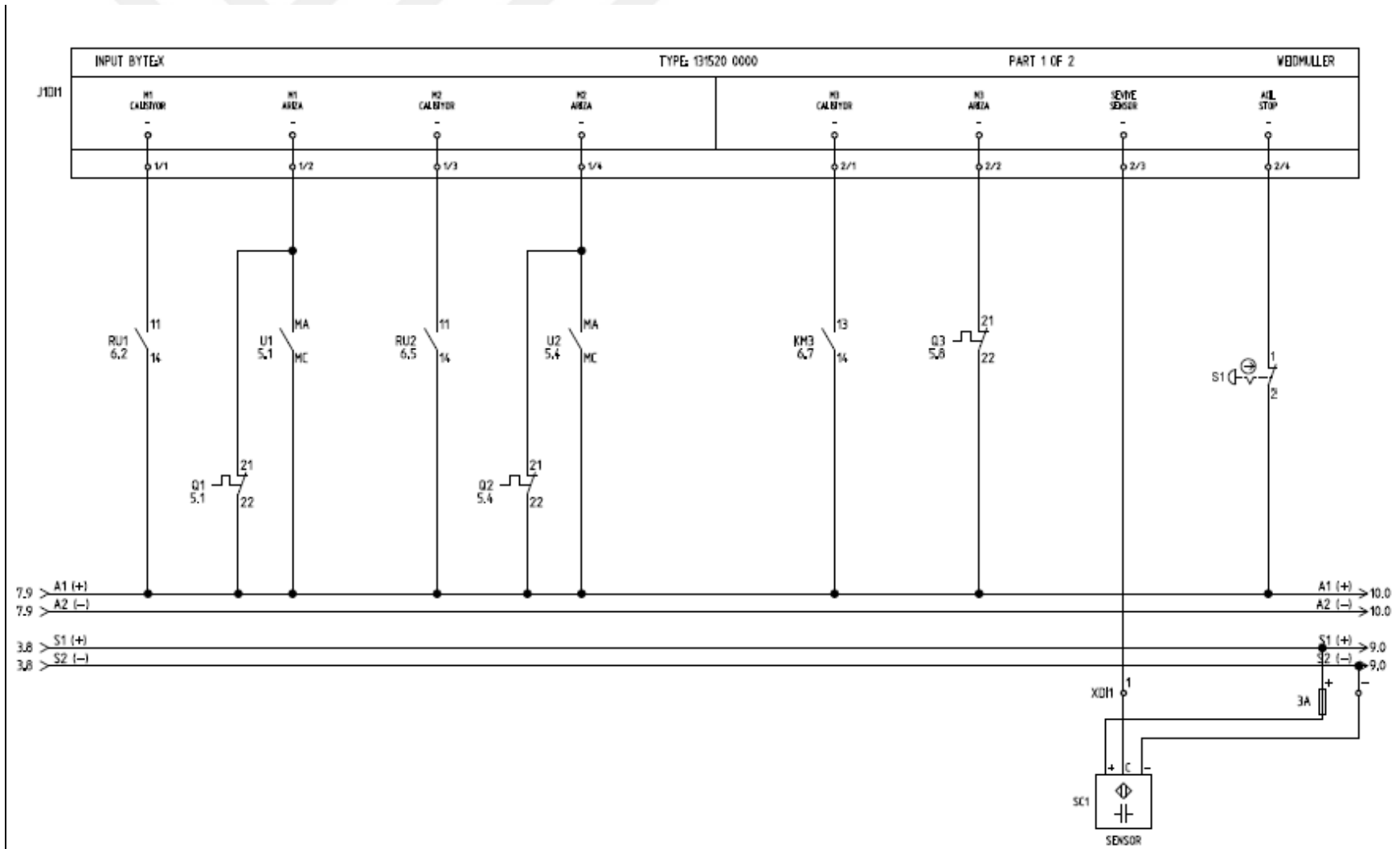


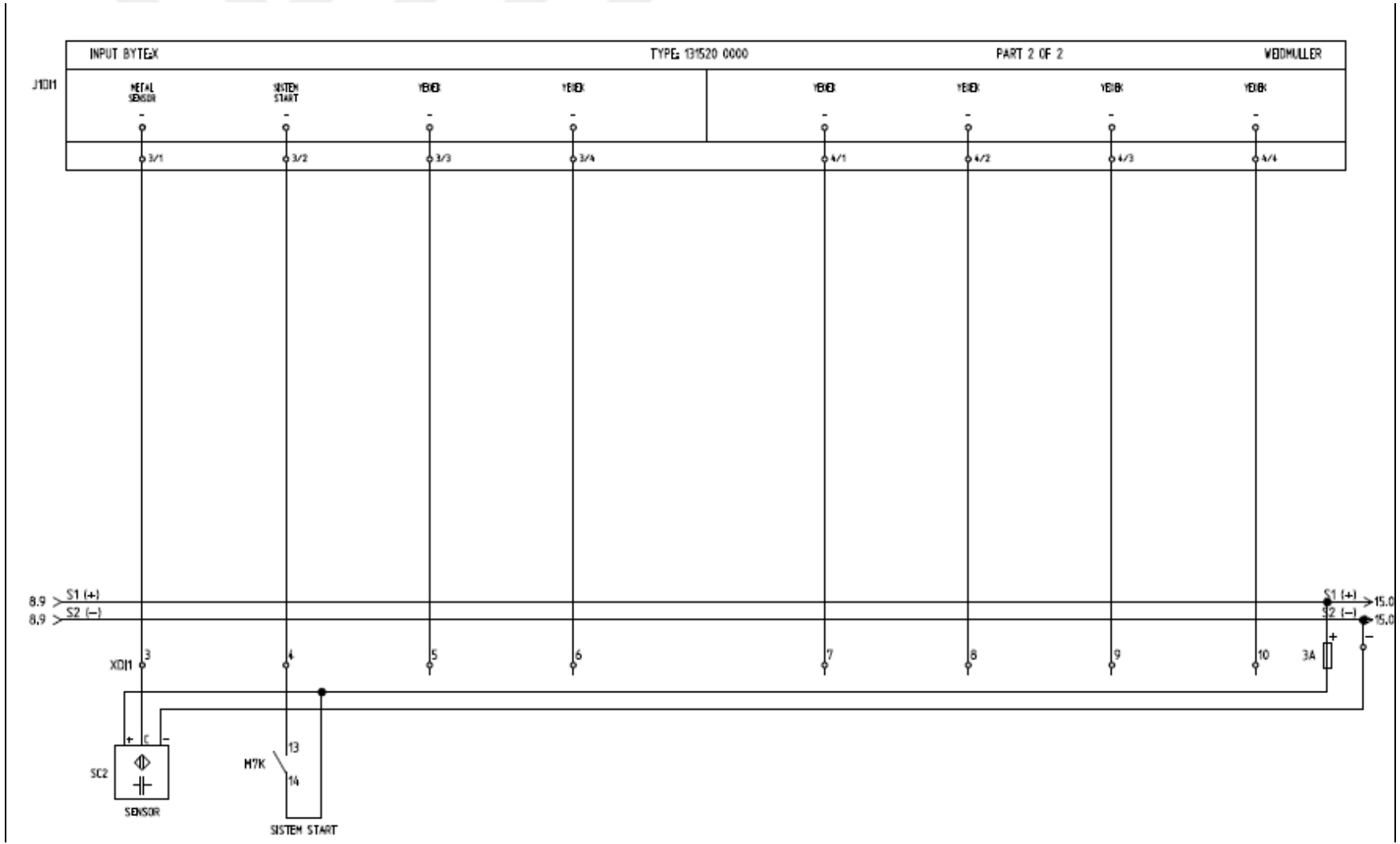
M1	M2	M3
ASPRATOR	BLOWER	HAVA KLIDI
15 kW	5,5 kW	1,5 kW
380 VAC	380 VAC	380 VAC
...x... NYY	...x... NYY	...x... NYY
... m	... m	... m

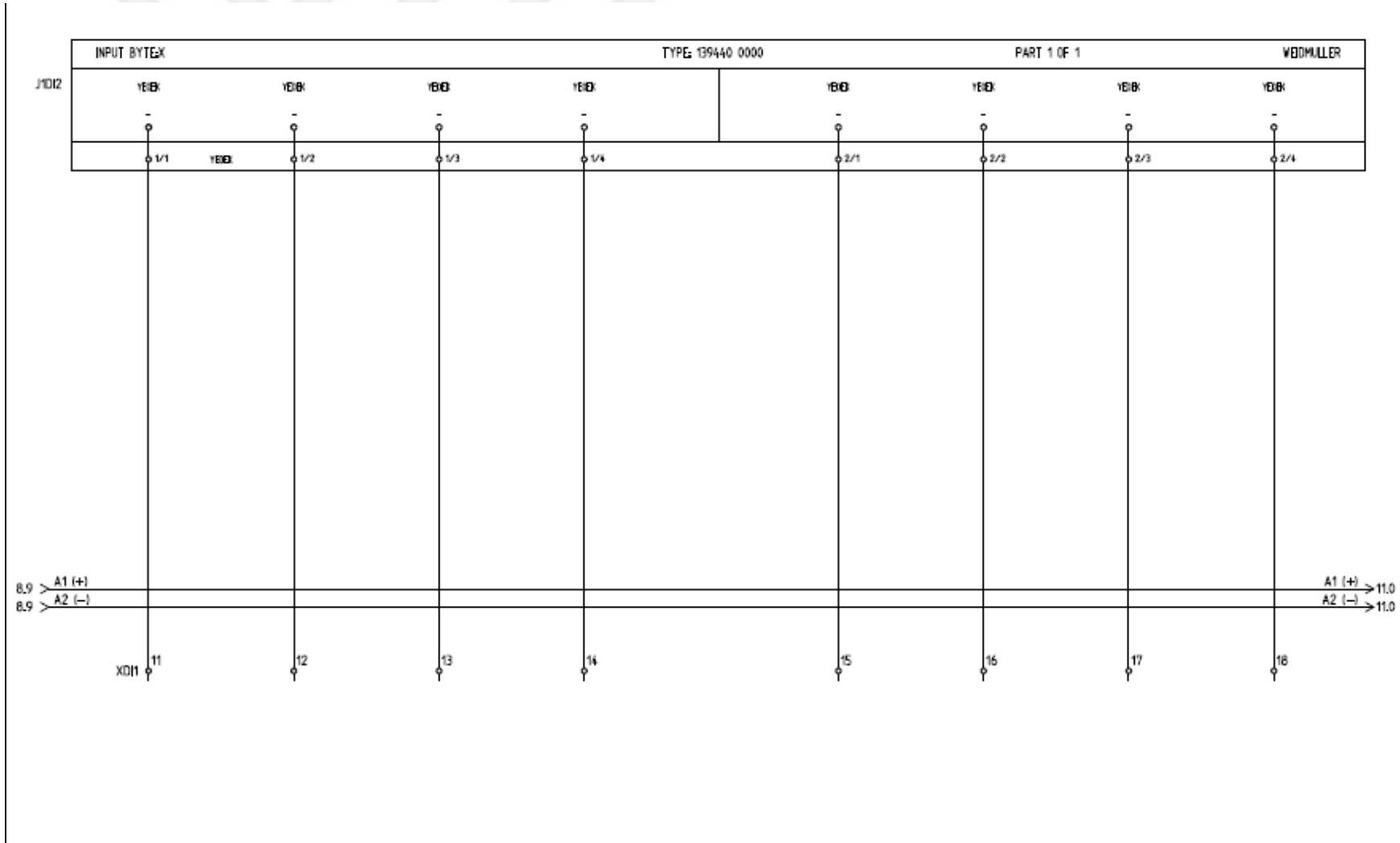


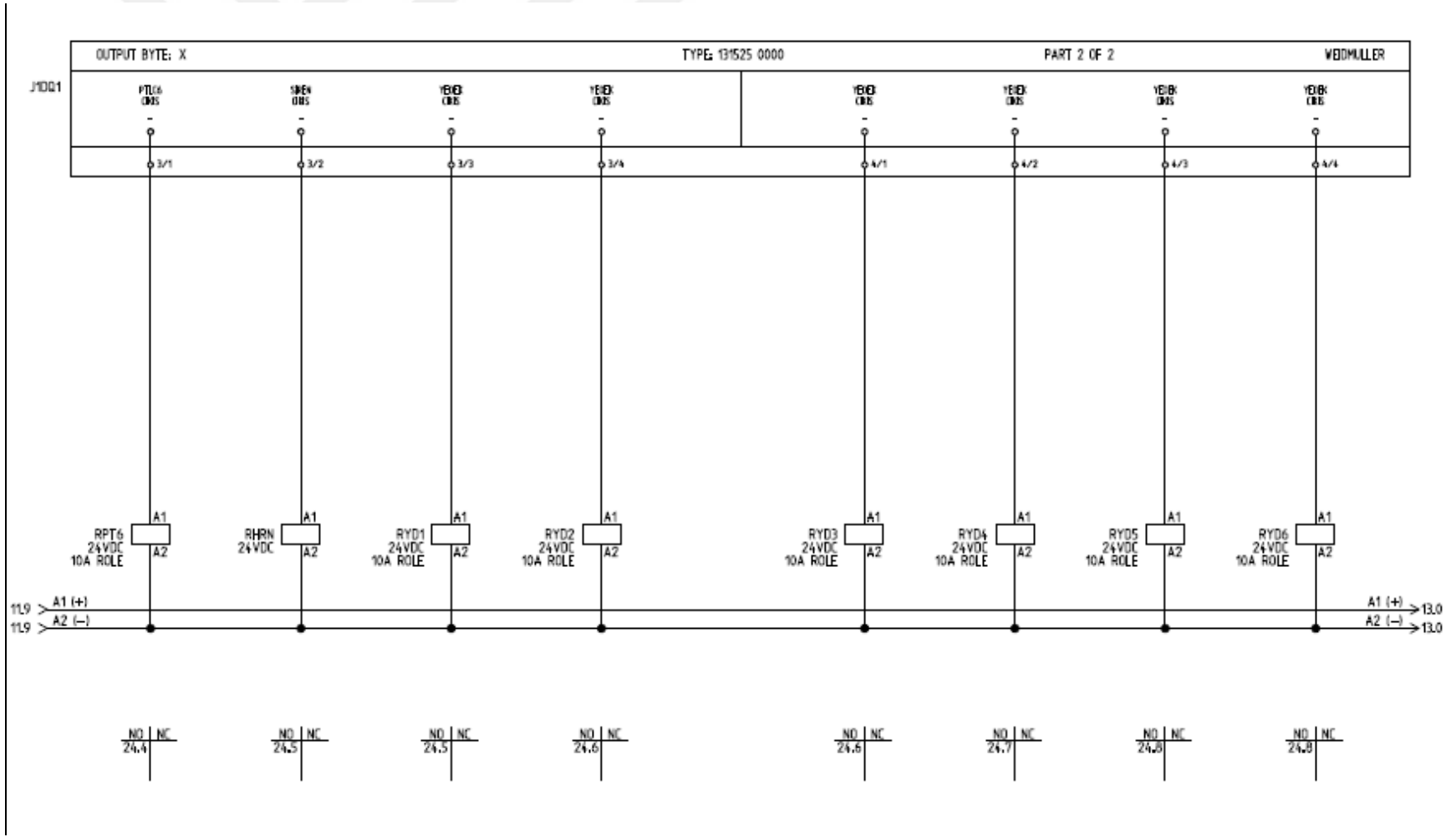


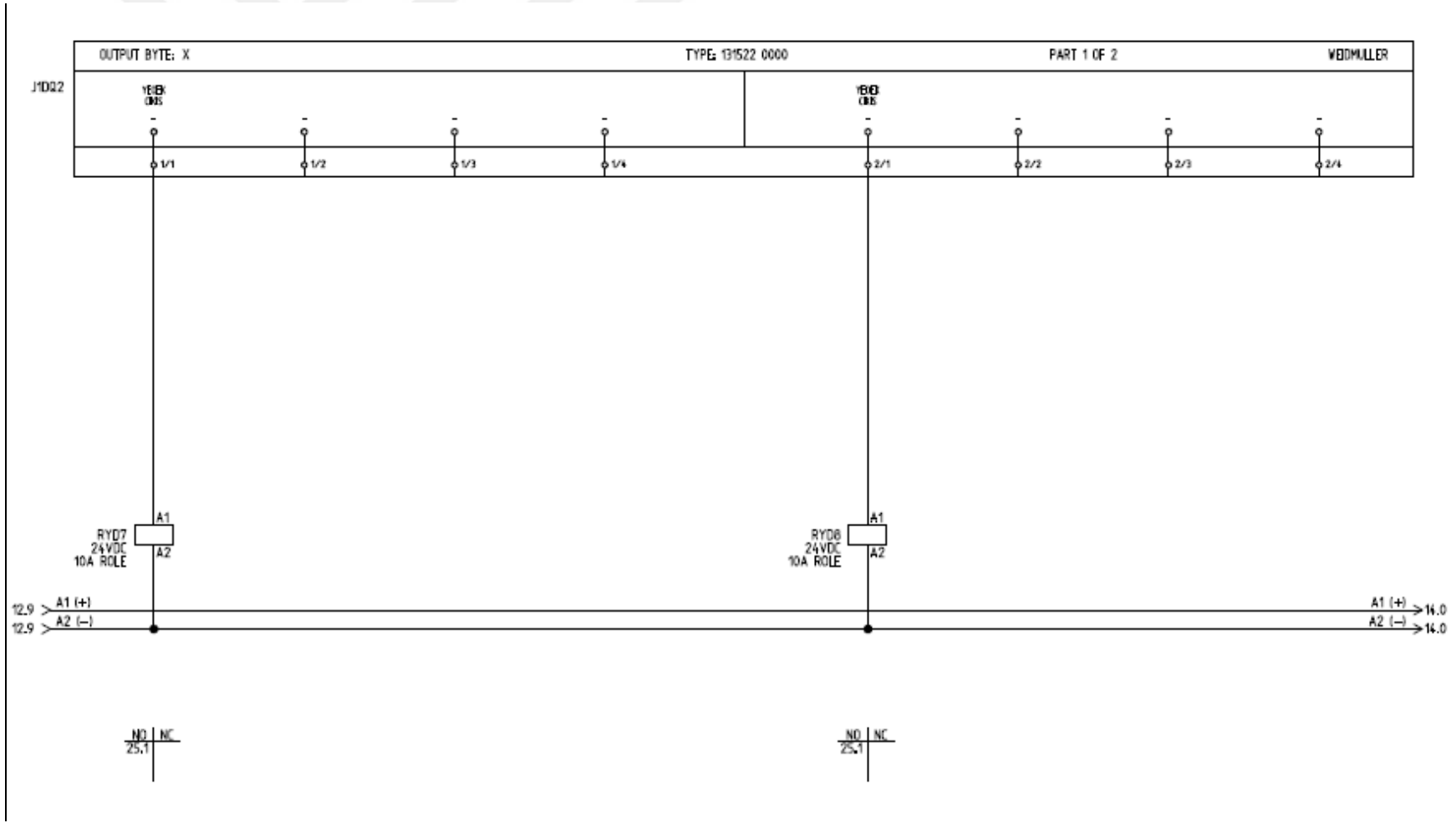


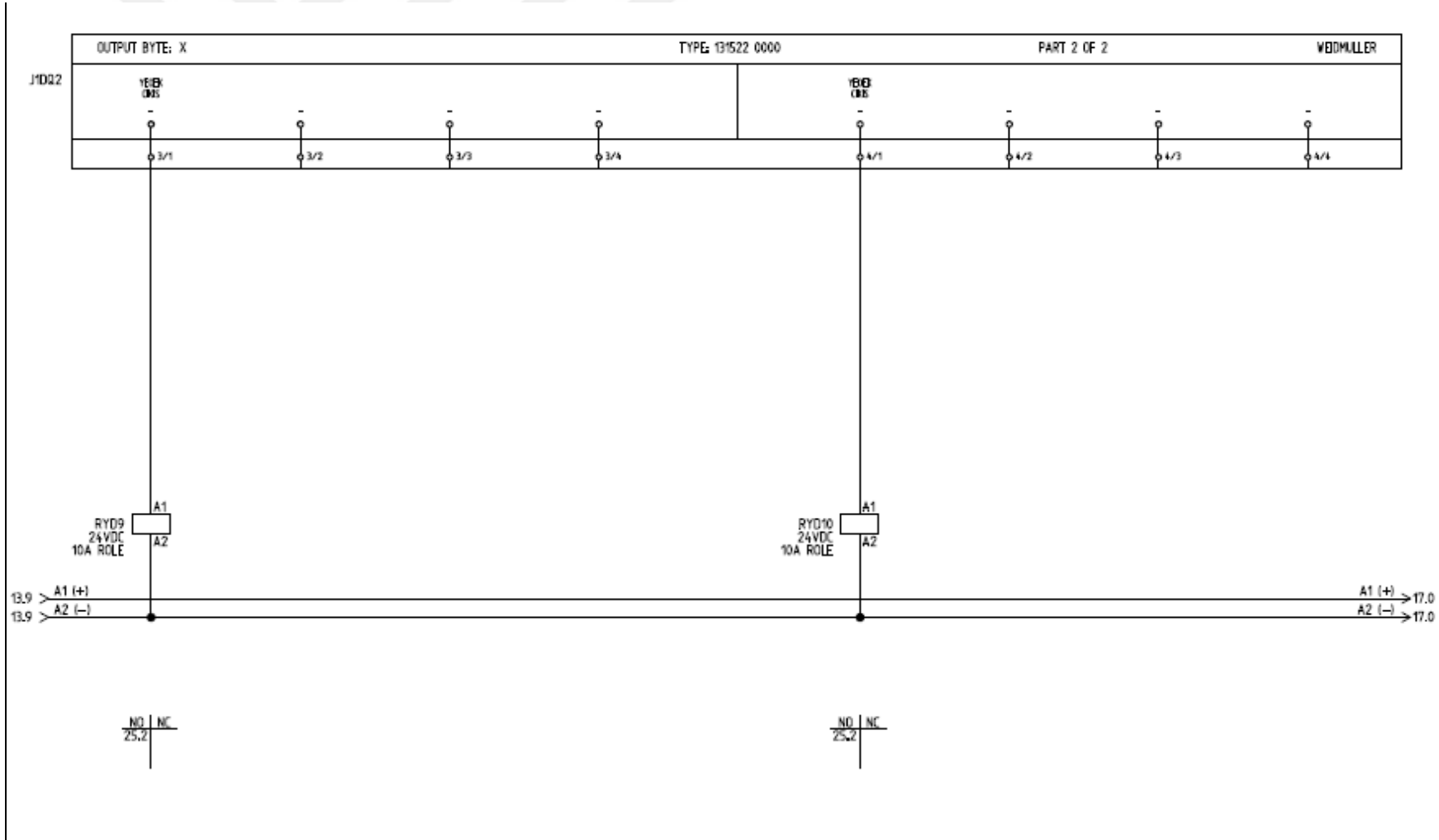




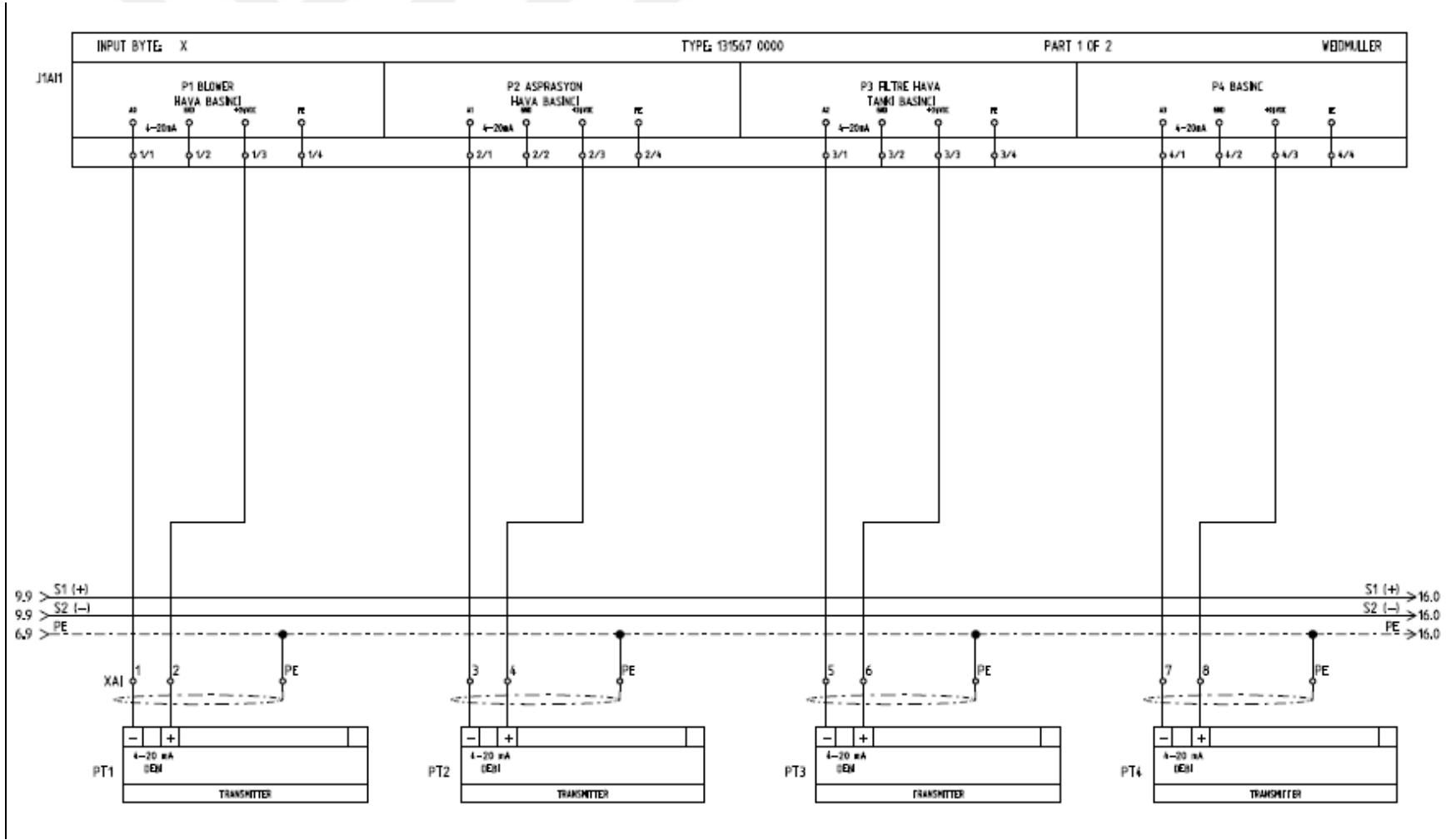


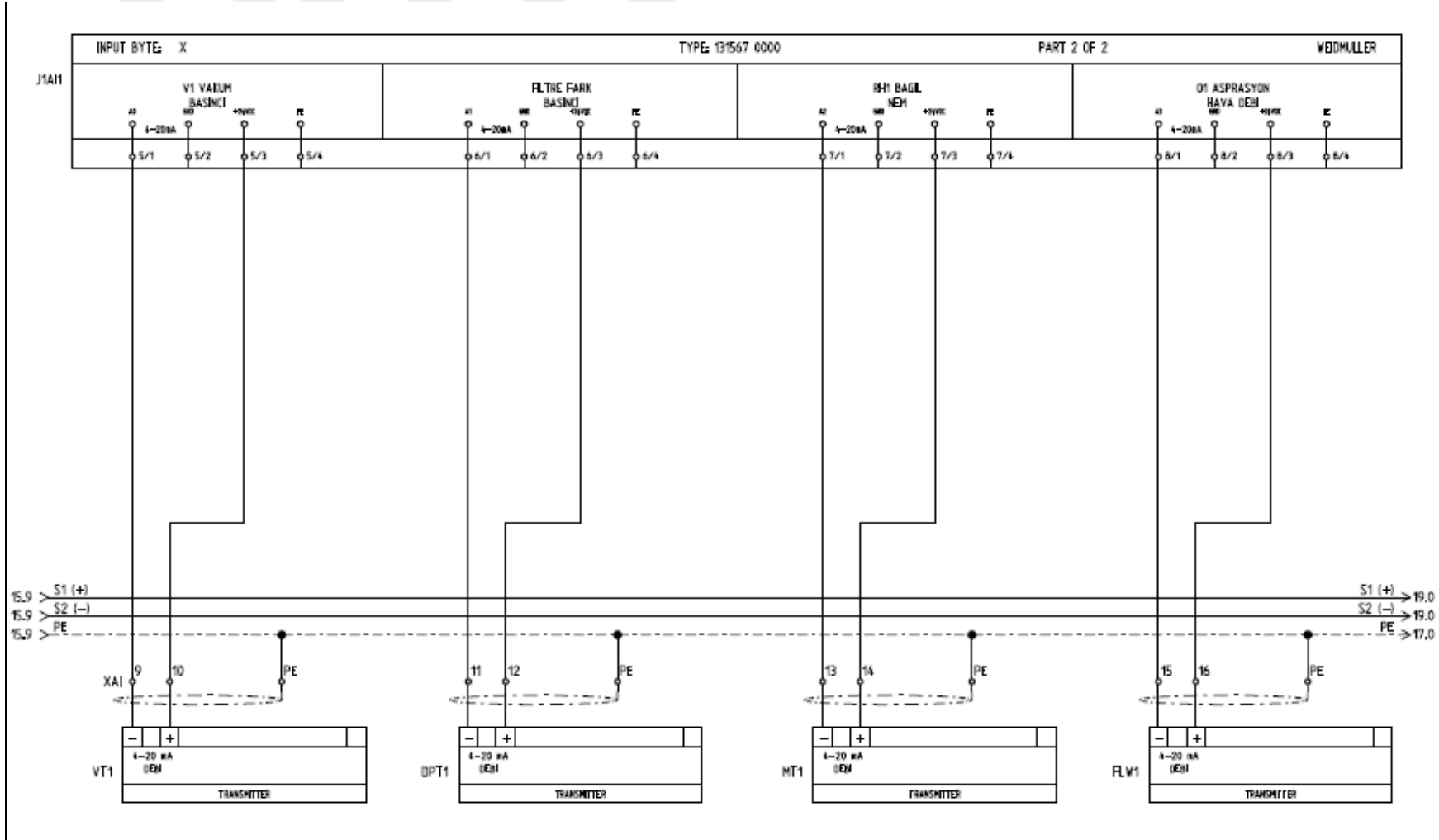


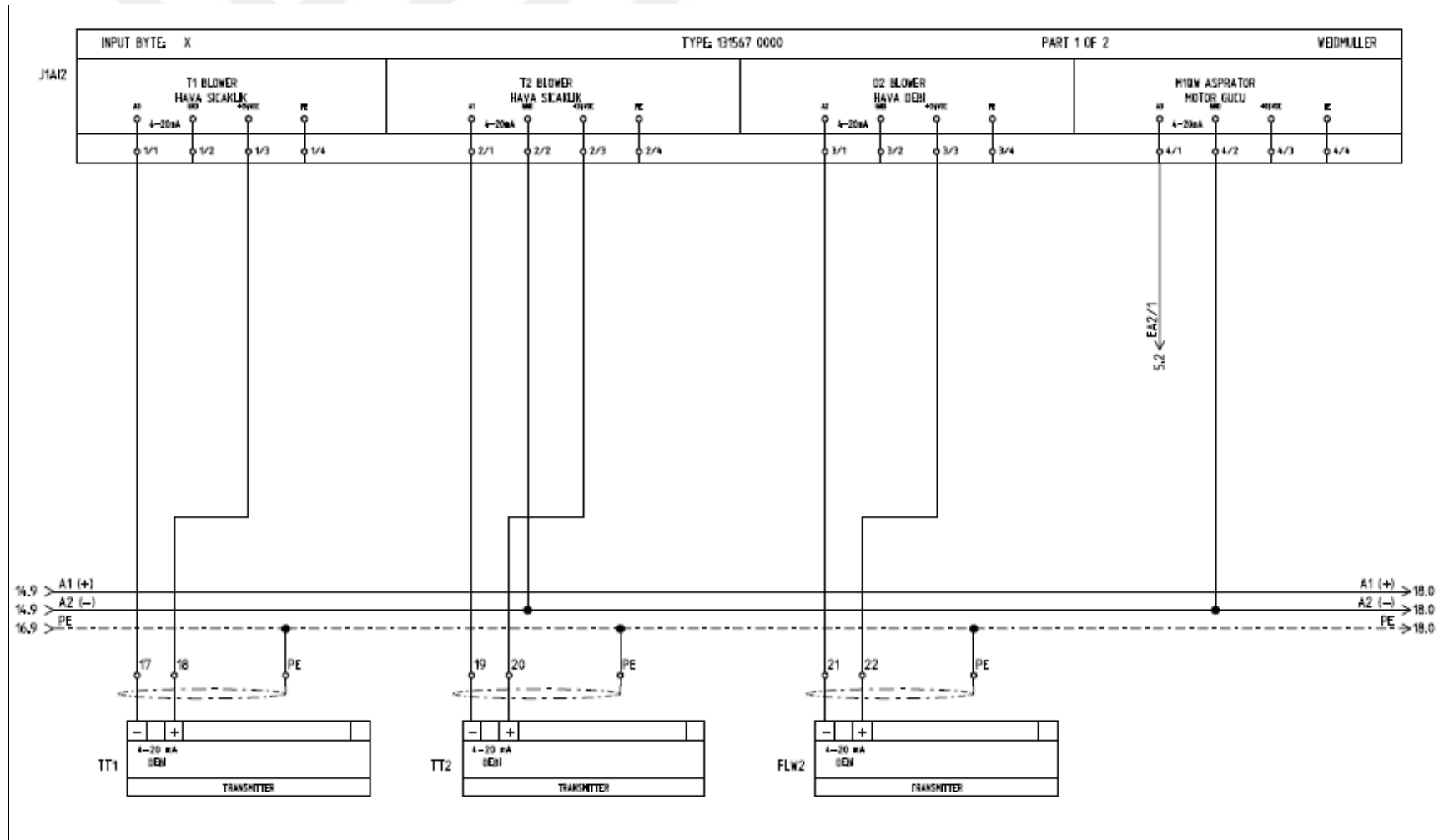


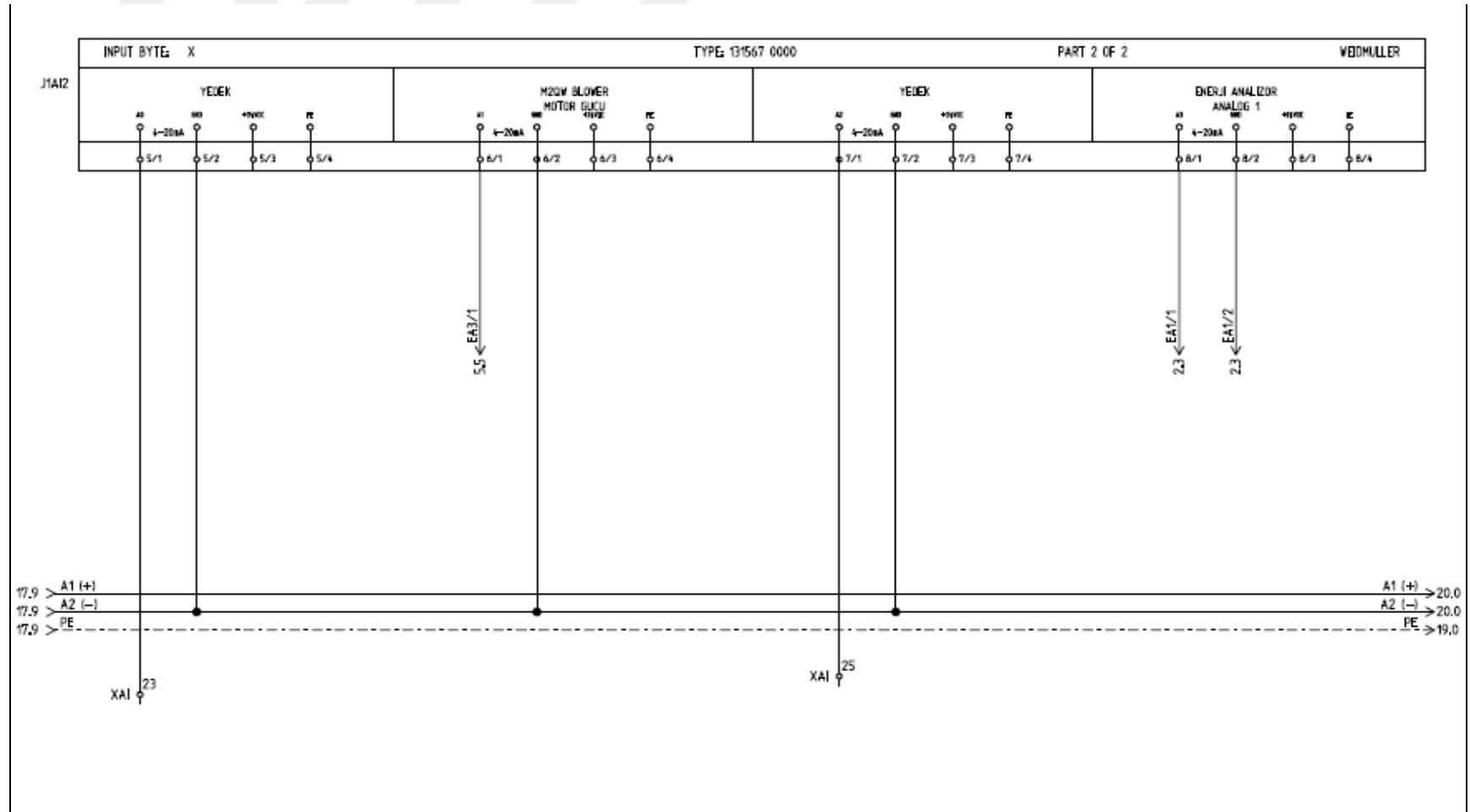


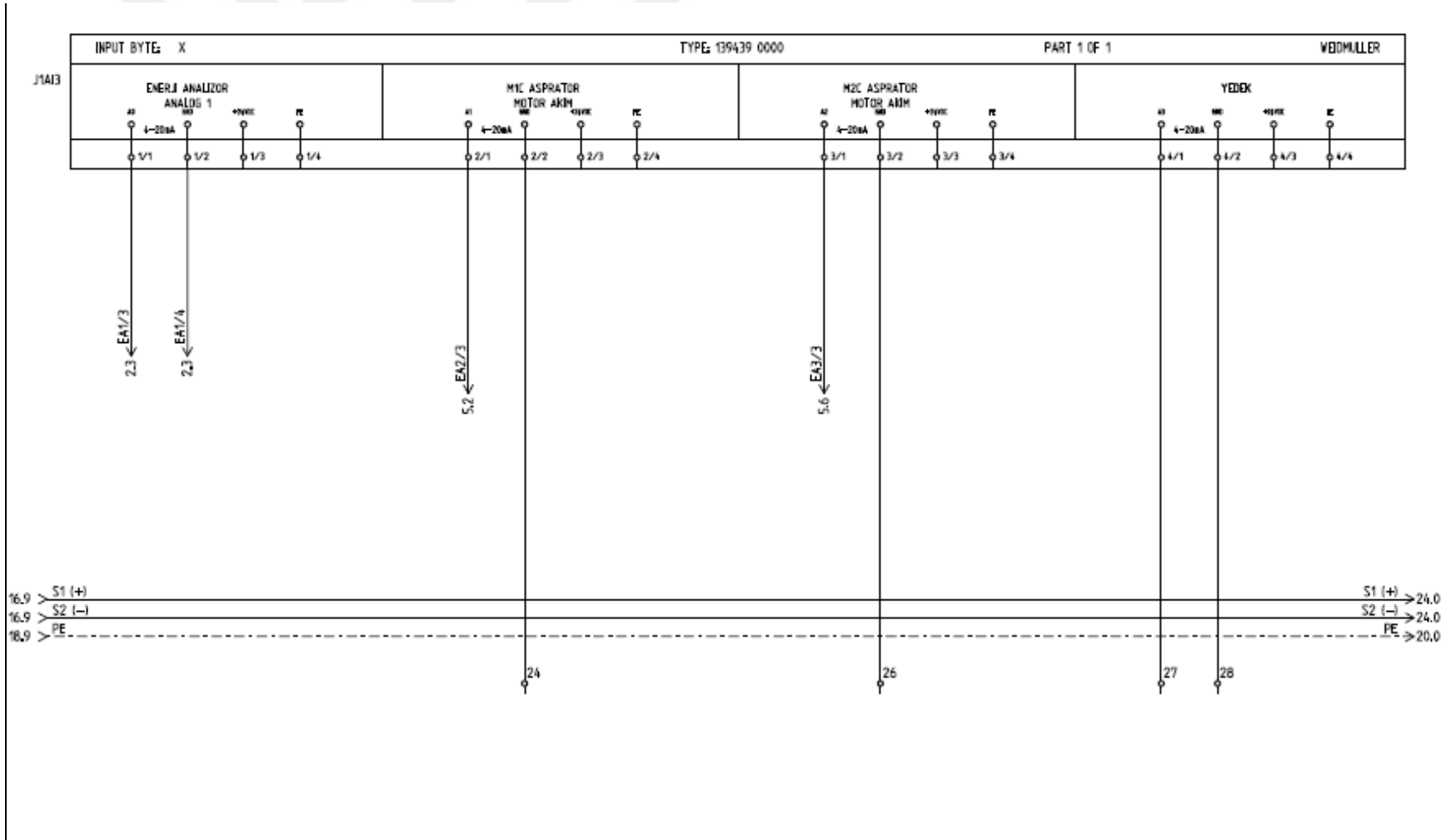


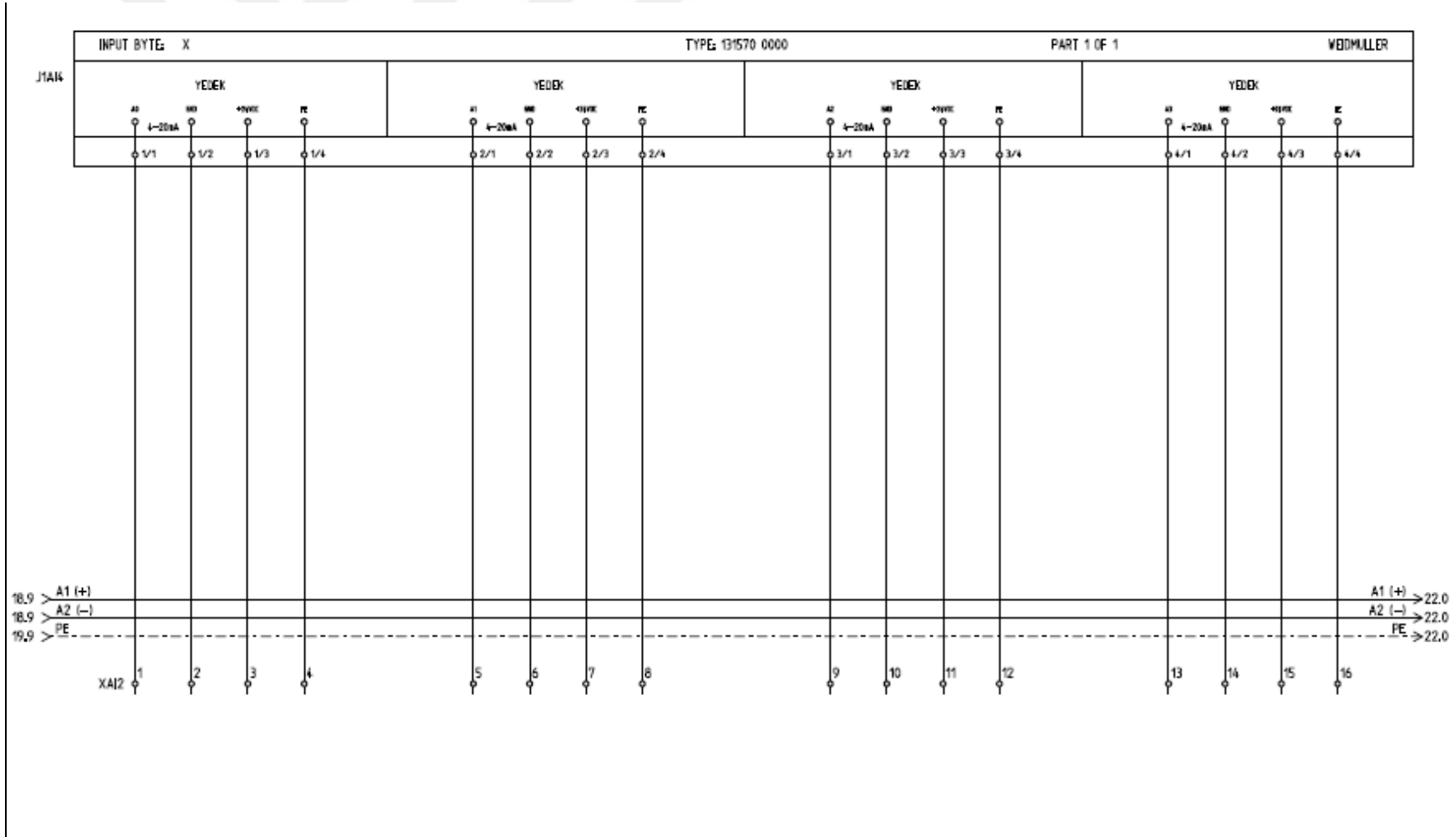


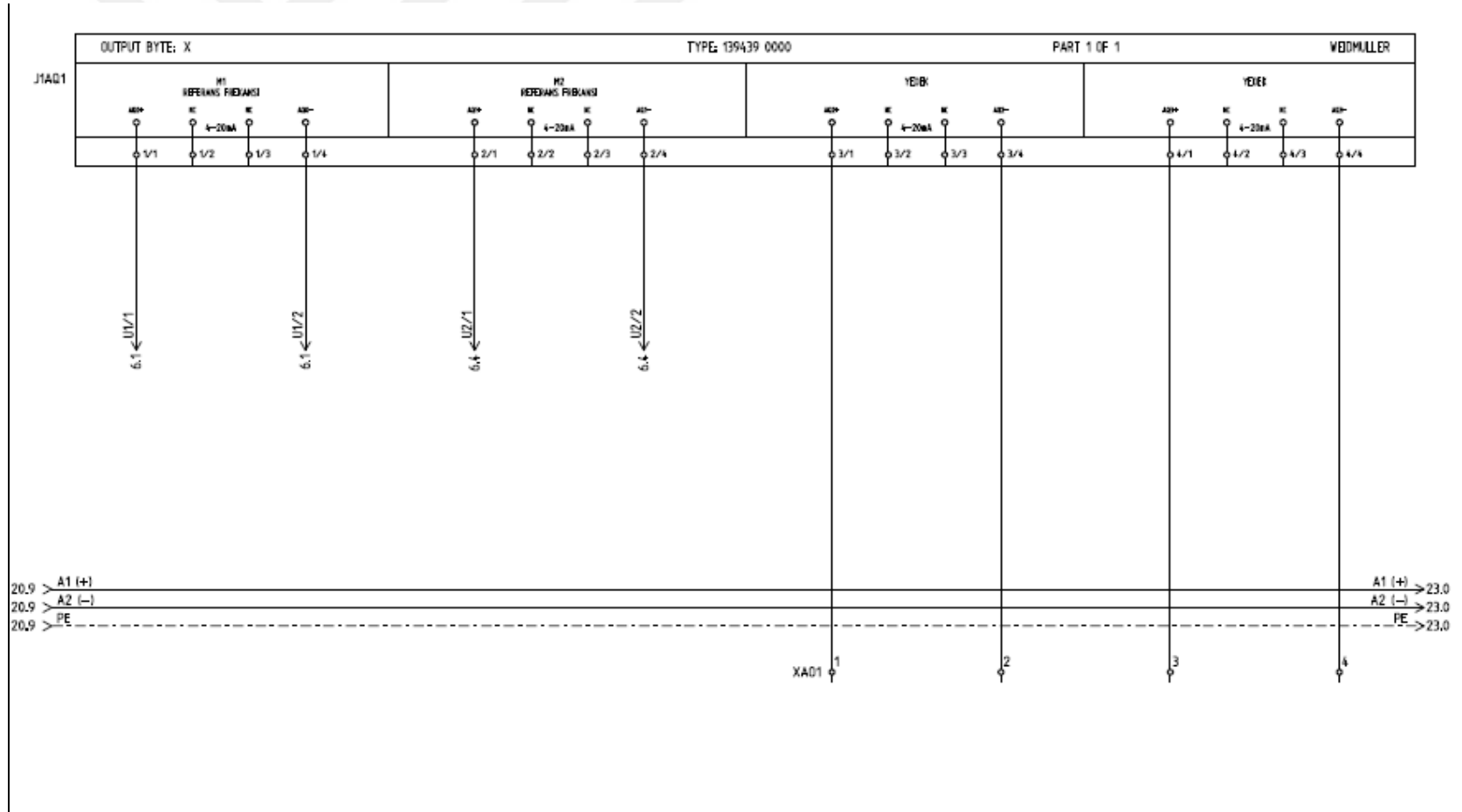


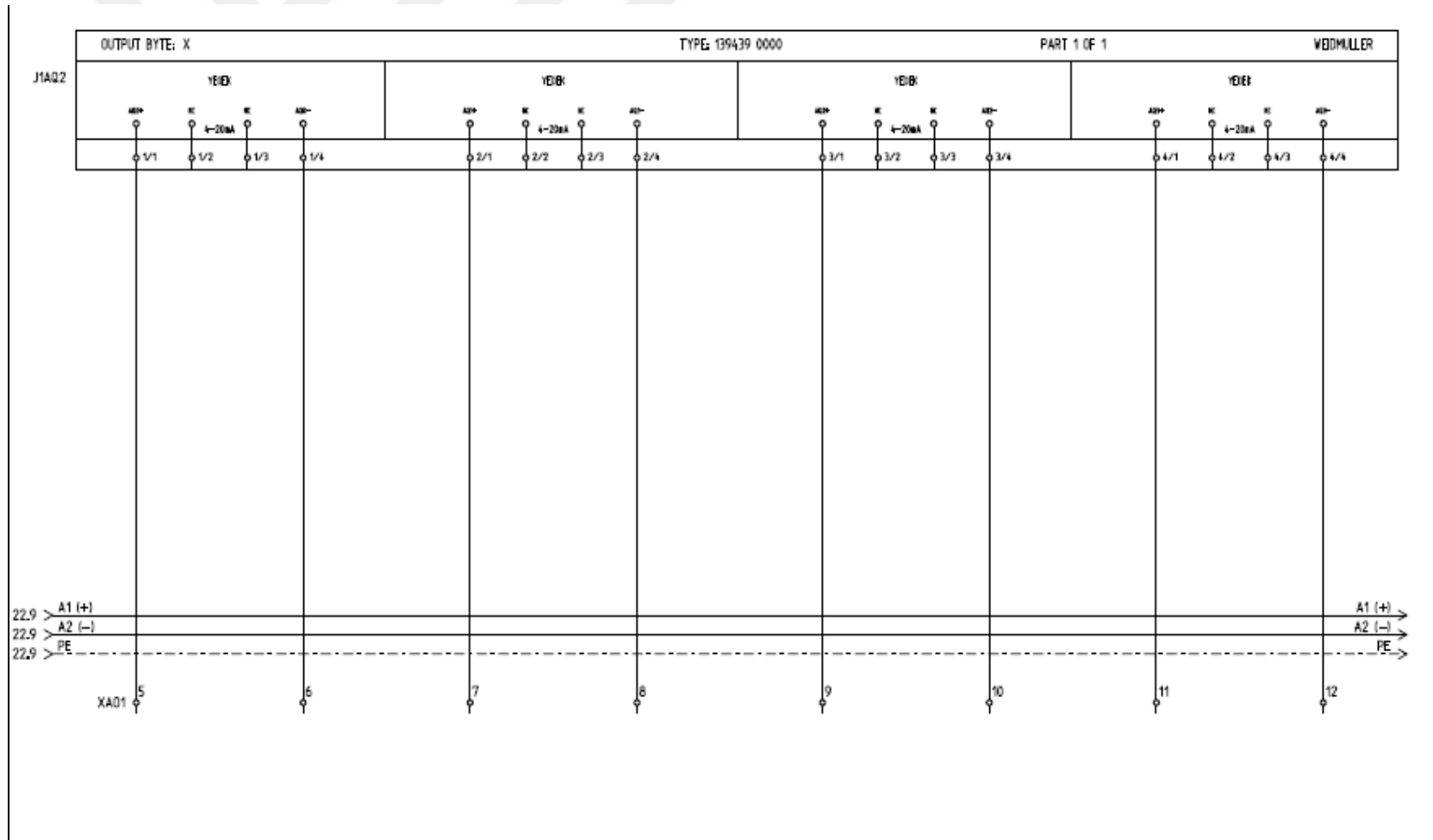




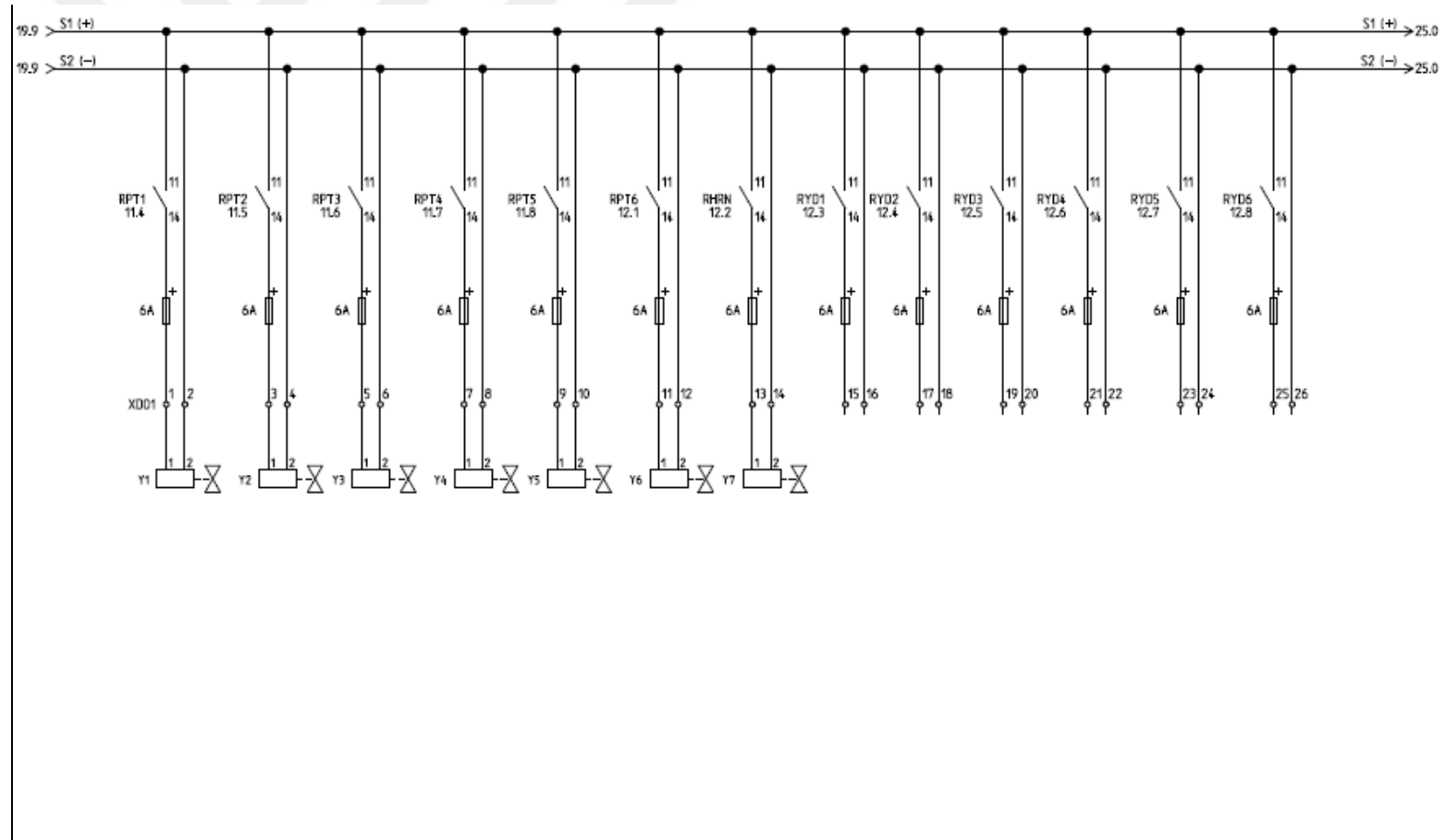


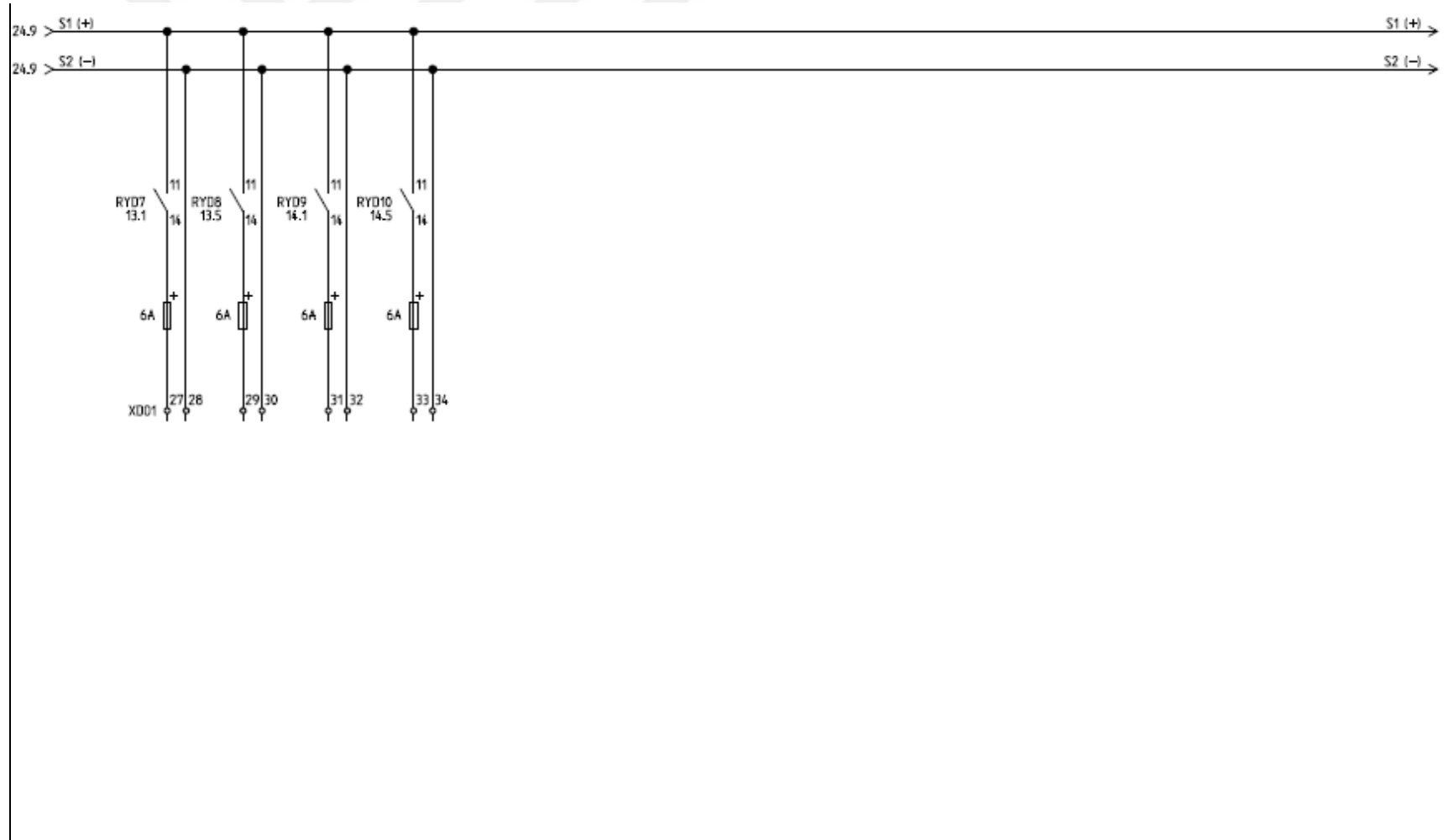












## EK-2 STEP7 Ekranından Alınan PLC Yazılımı Görüntüsü (OB1, FC1 ve FB203)

SIMATIC	NEU_FILTRE\SIMATIC	04/18/2017 03:52:37 PM
300(1)\IM151-8F PN/DP CPU\...\OB1 - <offline>		

**OB1 - <offline>**  
 ""

Name: Family:  
 Author: Version: 0.1  
 Block version: 2  
 Time stamp Code: 02/11/2017 10:44:15 AM  
 Interface: 02/15/1996 04:51:12 PM  
 Lengths (block/logic/data): 00320 00184 00022

Name	Data Type	Address	Comment
TEMP		0.0	
OB1_EV_CLASS	Byte	0.0	Bits 0-3 = 1 (Coming event), Bits 4-7 = 1 (Event class 1)
OB1_SCAN_1	Byte	1.0	1 (Cold restart scan 1 of OB 1), 3 (Scan 2-n of OB 1)
OB1_PRIORITY	Byte	2.0	Priority of OB Execution
OB1_OB_NUMBR	Byte	3.0	1 (Organization block 1, OB1)
OB1_RESERVED_1	Byte	4.0	Reserved for system
OB1_RESERVED_2	Byte	5.0	Reserved for system
OB1_PREV_CYCLE	Int	6.0	Cycle time of previous OB1 scan (milliseconds)
OB1_MIN_CYCLE	Int	8.0	Minimum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_MAX_CYCLE	Int	10.0	Maximum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_DATE_TIME	Date_And_Time	12.0	Date and time OB1 started

Block: OB1 "Main Program Sweep (Cycle)"

Network: 1

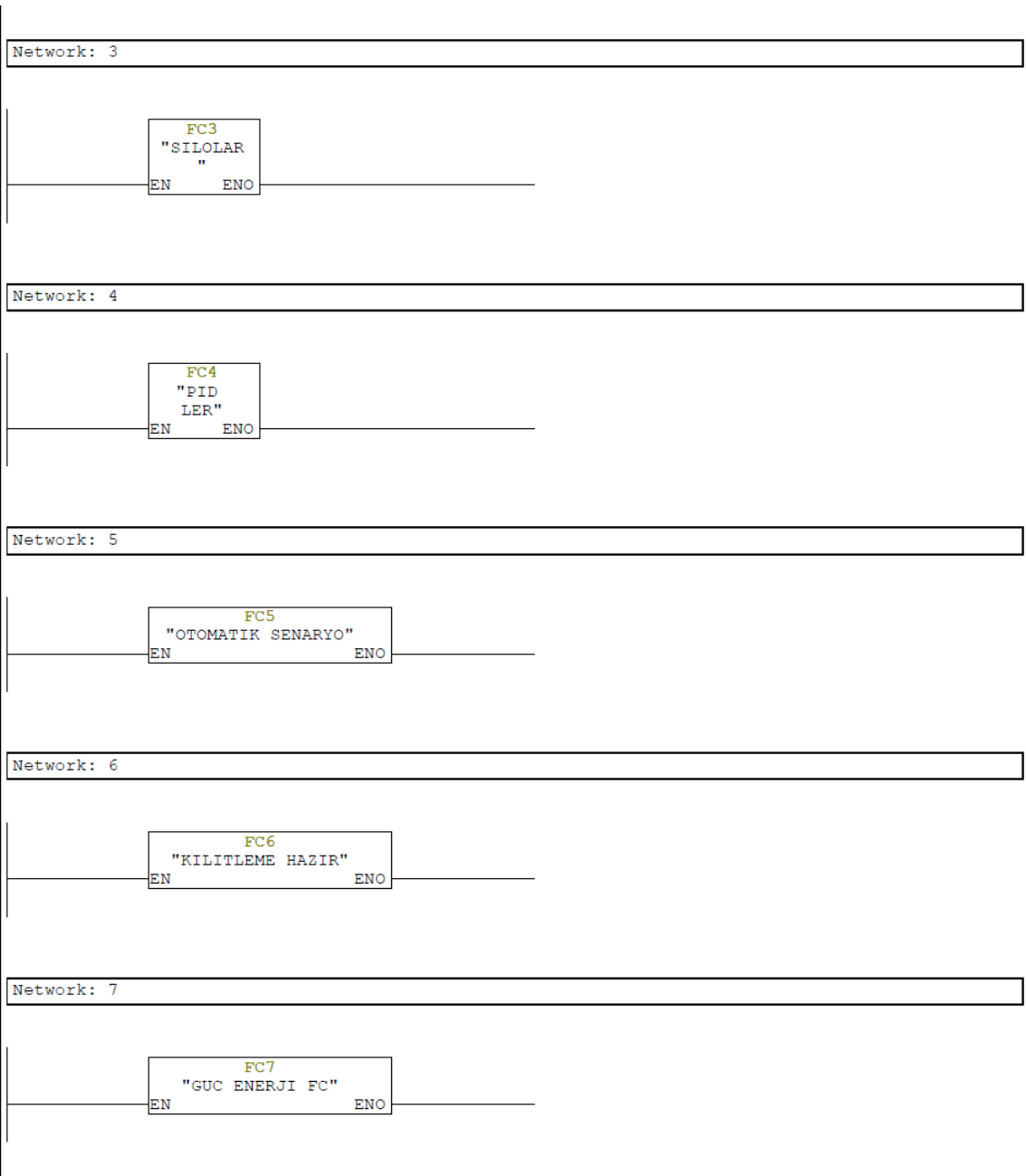
```

graph LR
    EN --- FC1[FC1  
"MOTORLAR FC"]
    FC1 --- ENO
  
```

Network: 2

```

graph LR
    EN --- FC2[FC2  
"PATLAC"]
    FC2 --- ENO
  
```





SIMATIC NEU\_FILTRE\SIMATIC 04/18/2017 03:45:12 PM  
300(1)\IM151-8F PN/DP CPU\...\FC1 - <offline>

**FC1 - <offline>**

"MOTORLAR FC"

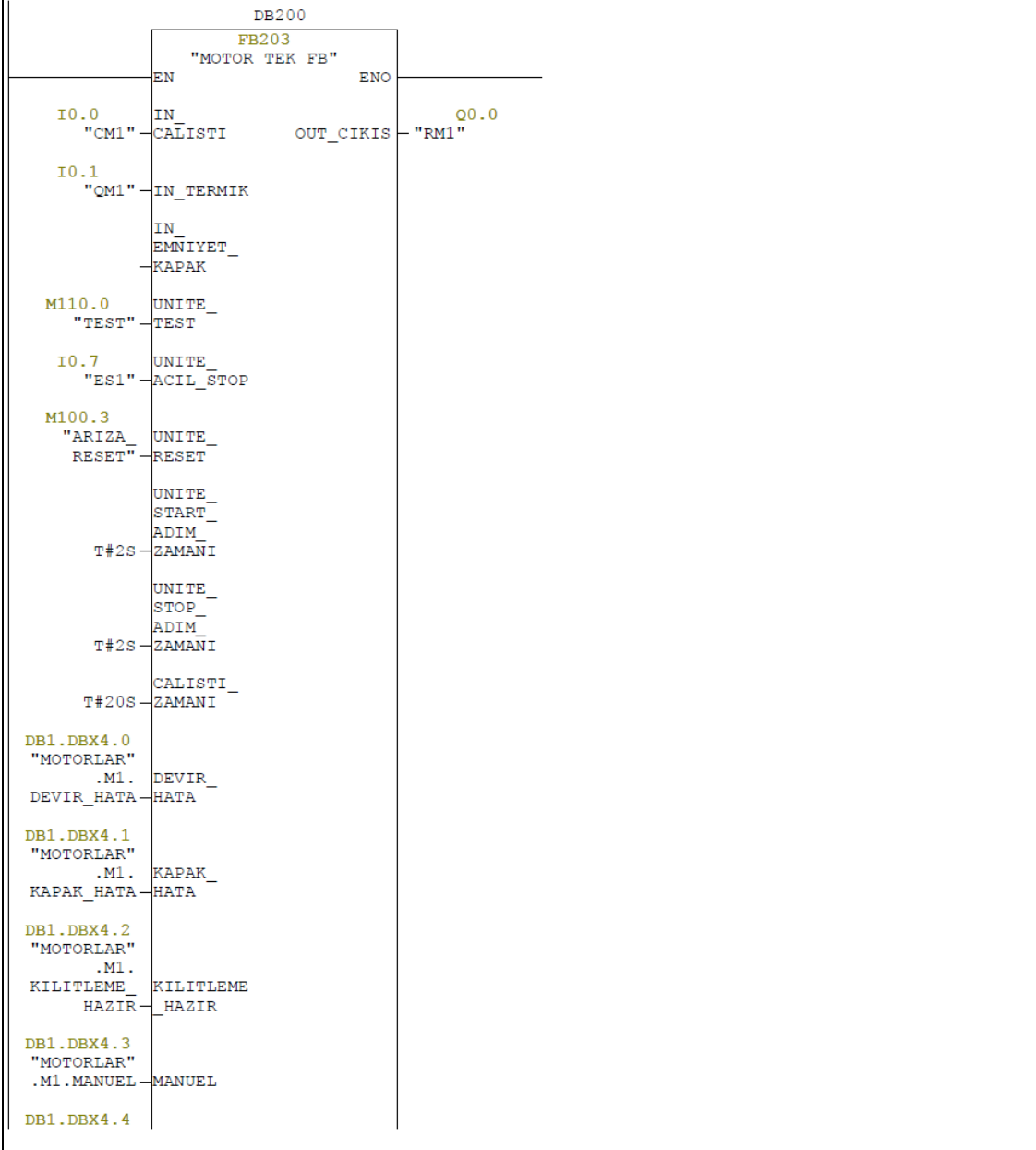
Name: Family:  
Author: Version: 0.1  
Block version: 2  
Time stamp Code: 02/07/2017 03:25:47 PM  
Interface: 11/12/2016 01:35:51 PM  
Lengths (block/logic/data): 01764 01652 00008

Name	Data Type	Address	Comment
IN		0.0	
OUT		0.0	
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

Block: FC1

M1

Network: 1



SIMATIC

NEU\_FILTRE\SIMATIC

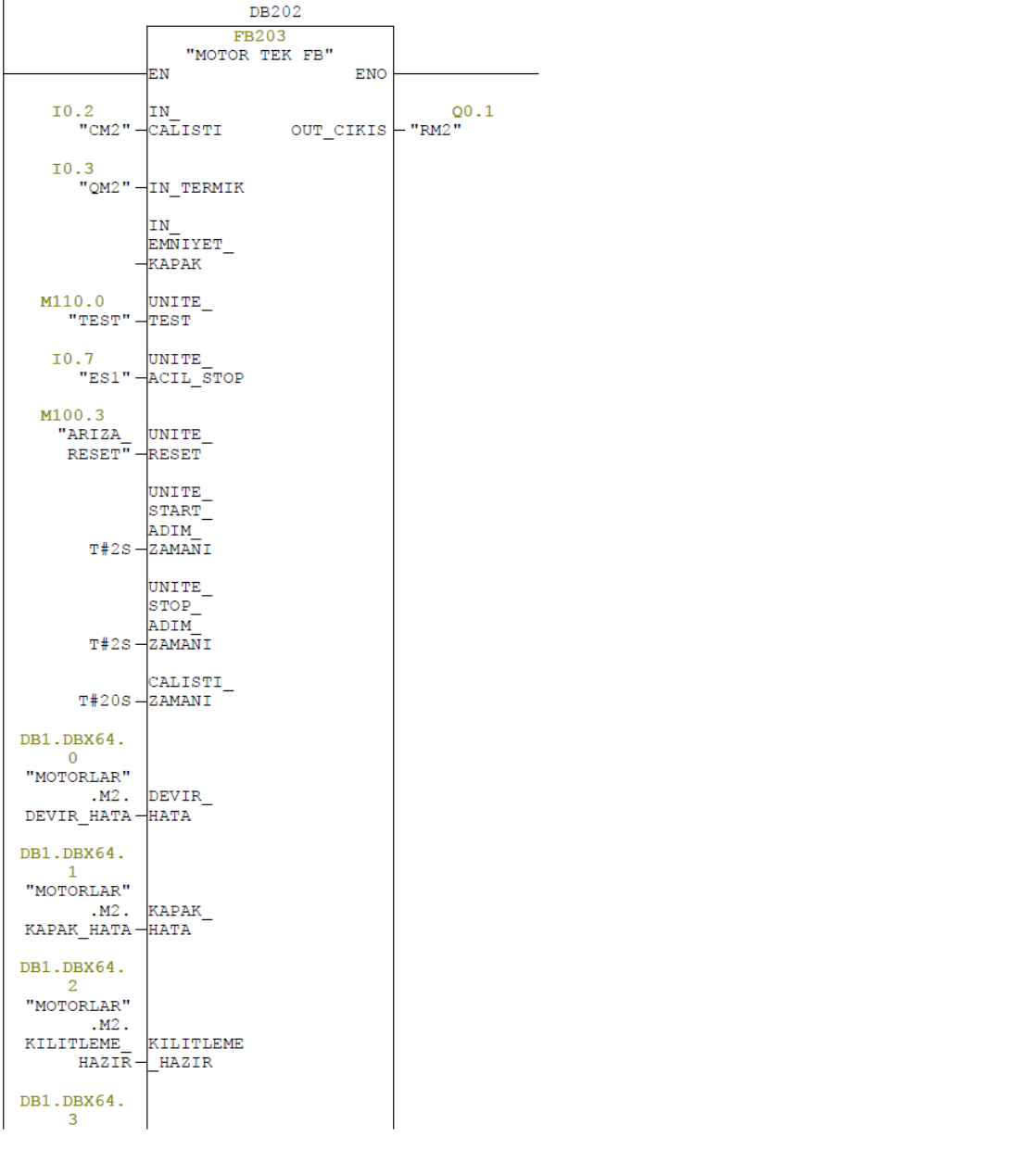
04/18/2017 03:45:12 PM

300(1)\IMI51-8F PN/DP CPU...\FC1 - &lt;offline&gt;

"MOTORLAR"		
.M1.		
MANUEL	MANUEL_	
START	START	
DB1.DBX4.5		
"MOTORLAR"		
.M1.		
OTOMATIK	OTOMATIK_	
START	START	
DB1.DBX4.6		
"MOTORLAR"		
.M1.		
RESET	RESET	
DB1.DBX4.7		
"MOTORLAR"		
.M1.		
CALISIYOR	CALISIYOR	
DB1.DBX5.0		
"MOTORLAR"		
.M1.		
CALISAMADI	CALISAMAD	
_HATA	I_HATA	
DB1.DBX5.1		
"MOTORLAR"		
.M1.		
TERMIK	TERMIK_	
HATA	HATA	
DB1.DBX5.2		
"MOTORLAR"		
.M1.		
EMNIYET	EMNIYET_	
KAPAK	KAPAK_	
HATA	HATA	
DB1.DBX7.4		
"MOTORLAR"		
.M1.		
EKAPAK	EMNIYET_	
	KAPAK	
DB1.DBX5.3		
"MOTORLAR"		
.M1.		
GENEL	GENEL_	
HATA	HATA	
DB1.DBB9		
"MOTORLAR"		
.M1.		
MOTOR	MOTOR_	
DURUM	DURUM	
	RESET_	
	CIKIS	

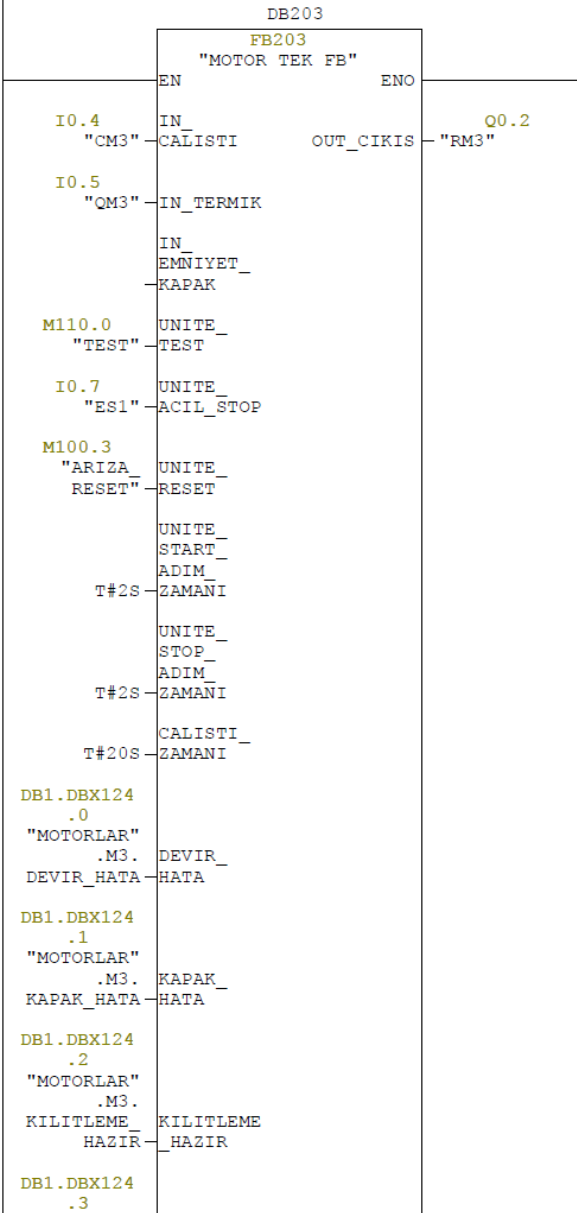


Network: 2



SIMATIC	NEU_FILTRE\SIMATIC	04/18/2017 03:45:12 PM
300(1)\IMI51-8F PN/DP CPU...\FC1 - <offline>		
"MOTORLAR" .M2.MANUEL	MANUEL	
DB1.DBX64. 4		
"MOTORLAR" .M2. MANUEL_	MANUEL_	
START	START	
DB1.DBX64. 5		
"MOTORLAR" .M2. OTOMATIK_	OTOMATIK_	
START	START	
DB1.DBX64. 6		
"MOTORLAR" .M2.RESET	RESET	
DB1.DBX64. 7		
"MOTORLAR" .M2. CALISIYOR	CALISIYOR	
DB1.DBX65. 0		
"MOTORLAR" .M2. CALISAMADI	CALISAMADI	
_HATA	I_HATA	
DB1.DBX65. 1		
"MOTORLAR" .M2. TERMIK_	TERMIK_	
HATA	HATA	
DB1.DBX65. 2		
"MOTORLAR" .M2. EMNIYET_	EMNIYET_	
KAPAK_HATA	KAPAK_	HATA
DB1.DBX67. 4		
"MOTORLAR" .M2.EKAPAK	EMNIYET_	KAPAK
DB1.DBX65. 3		
"MOTORLAR" .M2. GENEL_	GENEL_	
GENEL_HATA	HATA	
DB1.DBB69 "MOTORLAR" .M2. MOTOR_	MOTOR_	
DURUM	DURUM	
	RESET	
	CIKIS	

Network: 3



SIMATIC	NEU_FILTRE\SIMATIC	04/18/2017 03:45:12 PM
300(1)\IMI51-8F FN/DP CPU\...\FC1 - <offline>		
"MOTORLAR" .M3.MANUEL	MANUEL	
DB1.DBX124 .4		
"MOTORLAR" .M3. MANUEL	MANUEL_	
START	START	
DB1.DBX124 .5		
"MOTORLAR" .M3. OTOMATIK	OTOMATIK_	
START	START	
DB1.DBX124 .6		
"MOTORLAR" .M3.RESET	RESET	
DB1.DBX124 .7		
"MOTORLAR" .M3. CALISIYOR	CALISIYOR	
DB1.DBX125 .0		
"MOTORLAR" .M3. CALISAMADI	CALISAMAD	
_HATA	I_HATA	
DB1.DBX125 .1		
"MOTORLAR" .M3. TERMIK	TERMIK_	
HATA	HATA	
DB1.DBX125 .2		
"MOTORLAR" .M3. EMNIYET	EMNIYET_	
KAPAK_HATA	KAPAK_	
HATA	HATA	
DB1.DBX127 .4		
"MOTORLAR" .M3.EKAPAK	EMNIYET_	
KAPAK	KAPAK	
DB1.DBX125 .3		
"MOTORLAR" .M3. GENEL	GENEL_	
GENEL_HATA	HATA	
DB1.DBB129 "MOTORLAR" .M3. MOTOR	MOTOR_	
DURUM	DURUM	
	RESET_	
	CIKIS	

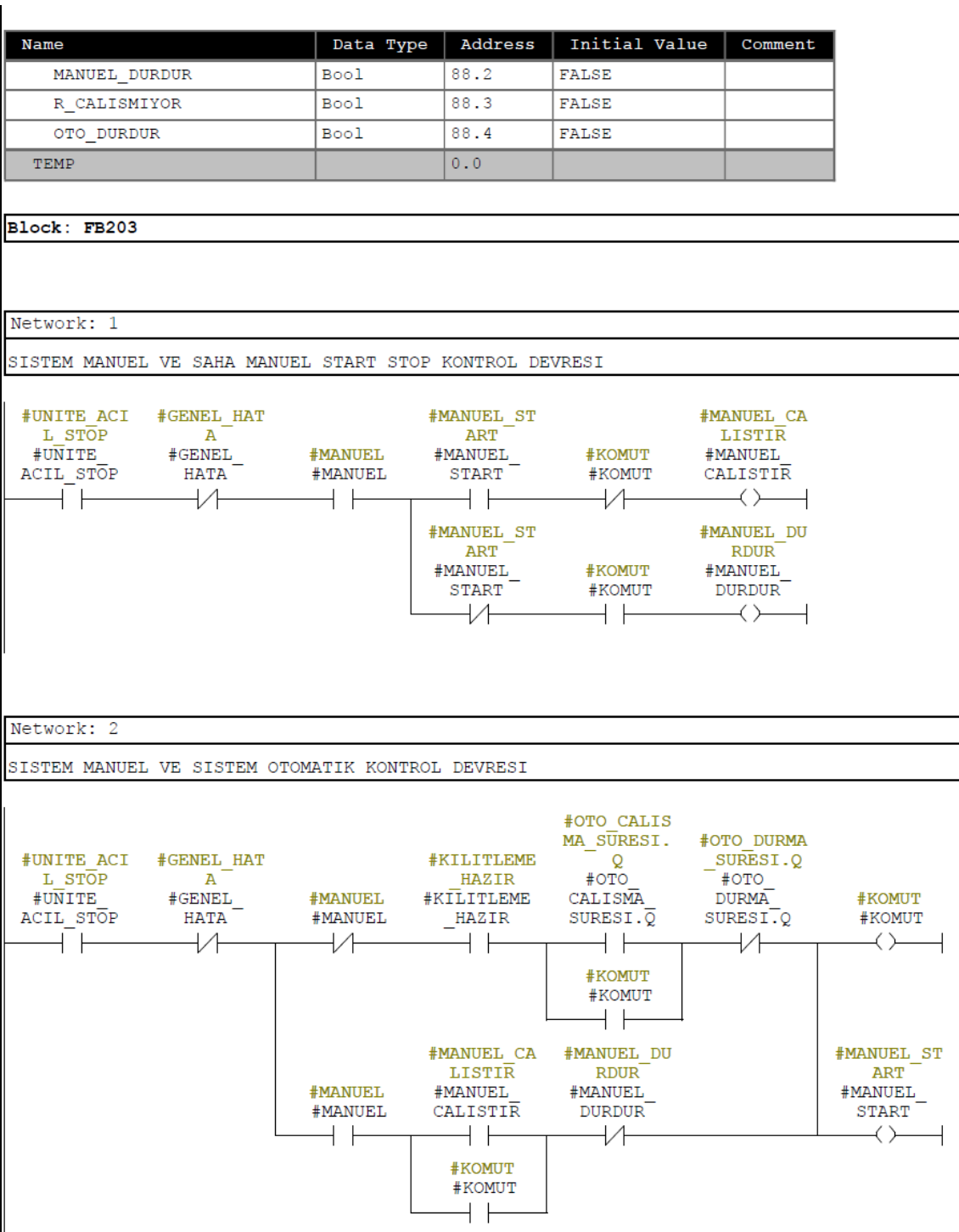
**FB203 - <offline>**

"MOTOR TEK FB"

**Name:**  
**Author:**  
**Time stamp Code:**  
**Interface:**  
**Lengths (block/logic/data):**

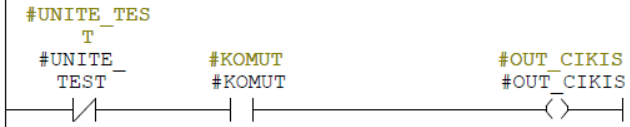
**Family:**  
**Version:** 0.1  
**Block version:** 2  
 11/12/2016 02:23:01 PM  
 11/12/2016 02:22:27 PM  
 00956 00690 00008

Name	Data Type	Address	Initial Value	Comment
IN		0.0		
IN_CALISTI	Bool	0.0	FALSE	
IN_TERMIK	Bool	0.1	FALSE	
IN_EMNIYET_KAPAK	Bool	0.2	FALSE	
UNITE_TEST	Bool	0.3	FALSE	
UNITE_ACIL_STOP	Bool	0.4	FALSE	
UNITE_RESET	Bool	0.5	FALSE	
UNITE_START_ADIM_ZAMANI	Time	2.0	T#0MS	
UNITE_STOP_ADIM_ZAMANI	Time	6.0	T#0MS	
CALISTI_ZAMANI	Time	10.0	T#0MS	
DEVIR_HATA	Bool	14.0	FALSE	
KAPAK_HATA	Bool	14.1	FALSE	
KILITLEME_HAZIR	Bool	14.2	FALSE	
MANUEL	Bool	14.3	FALSE	
OUT		0.0		
OUT_CIKIS	Bool	16.0	FALSE	
IN_OUT		0.0		
MANUEL_START	Bool	18.0	FALSE	
OTOMATIK_START	Bool	18.1	FALSE	
RESET	Bool	18.2	FALSE	
CALISİYOR	Bool	18.3	FALSE	
CALISAMADI_HATA	Bool	18.4	FALSE	
TERMIK_HATA	Bool	18.5	FALSE	
EMNIYET_KAPAK_HATA	Bool	18.6	FALSE	
EMNIYET_KAPAK	Bool	18.7	FALSE	
GENEL_HATA	Bool	19.0	FALSE	
MOTOR_DURUM	Byte	20.0	B#16#0	
RESET_CIKIS	Bool	21.0	FALSE	
STAT		0.0		
CALISMIYOR_SURESI	TON	22.0		
OTO_CALISMA_SURESI	TON	44.0		
OTO_DURMA_SURESI	TON	66.0		
KOMUT	Bool	88.0	FALSE	
MANUEL_CALISTIR	Bool	88.1	FALSE	



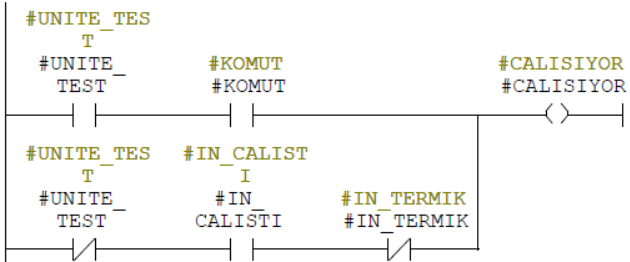
Network: 3

MX ÇIKIS DEVRESI



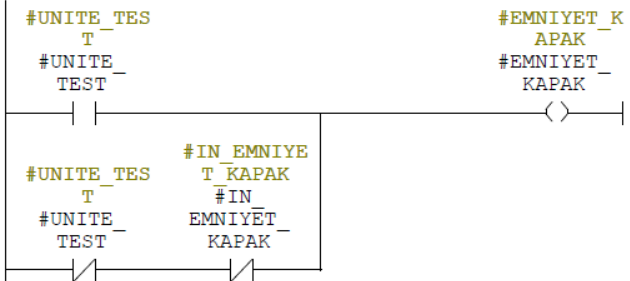
Network: 4

MOTOR ÇALISIYOR DEVRESI



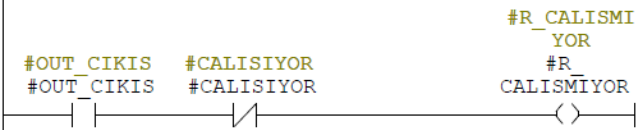
Network: 5

MOTOR EMNİYET KAPAK



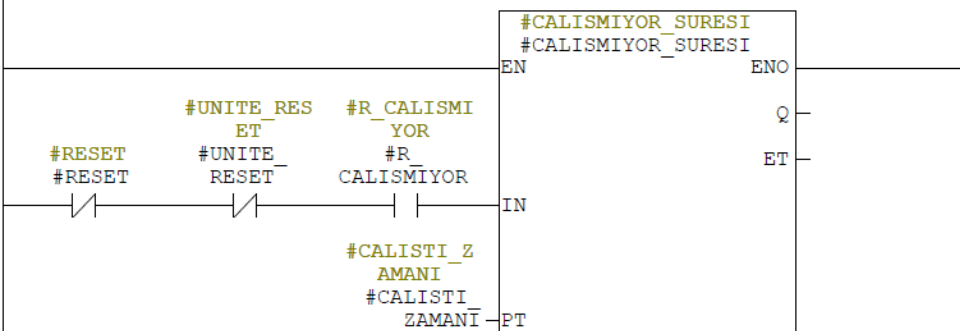
Network: 6

MOTOR CALISMIYOR DEVRESI



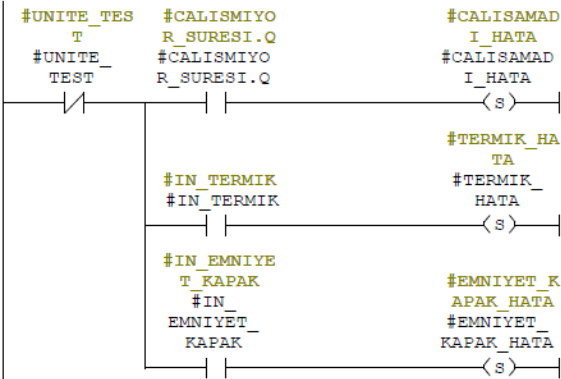
Network: 7

CALISMIYOR GECIKMELERI

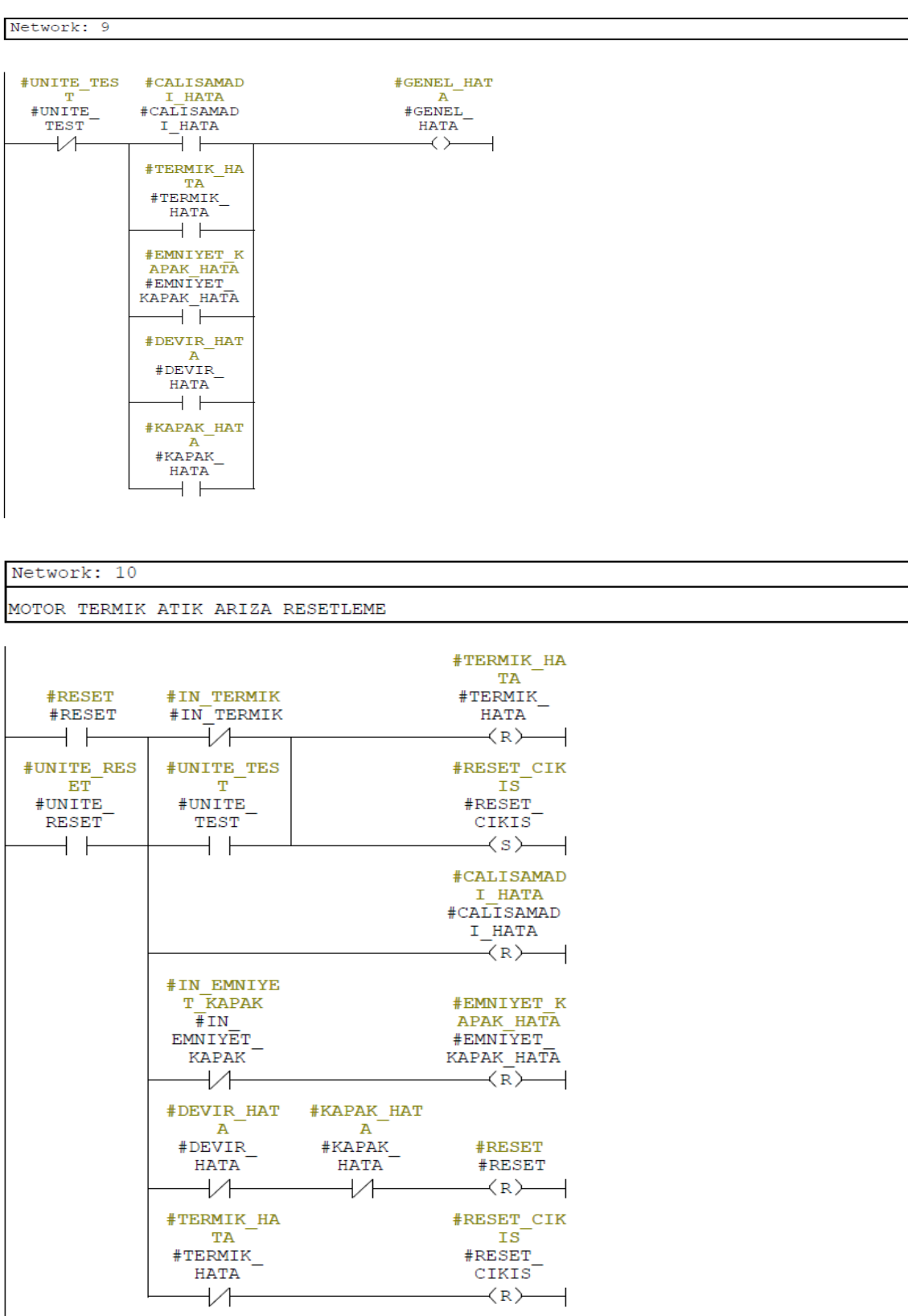


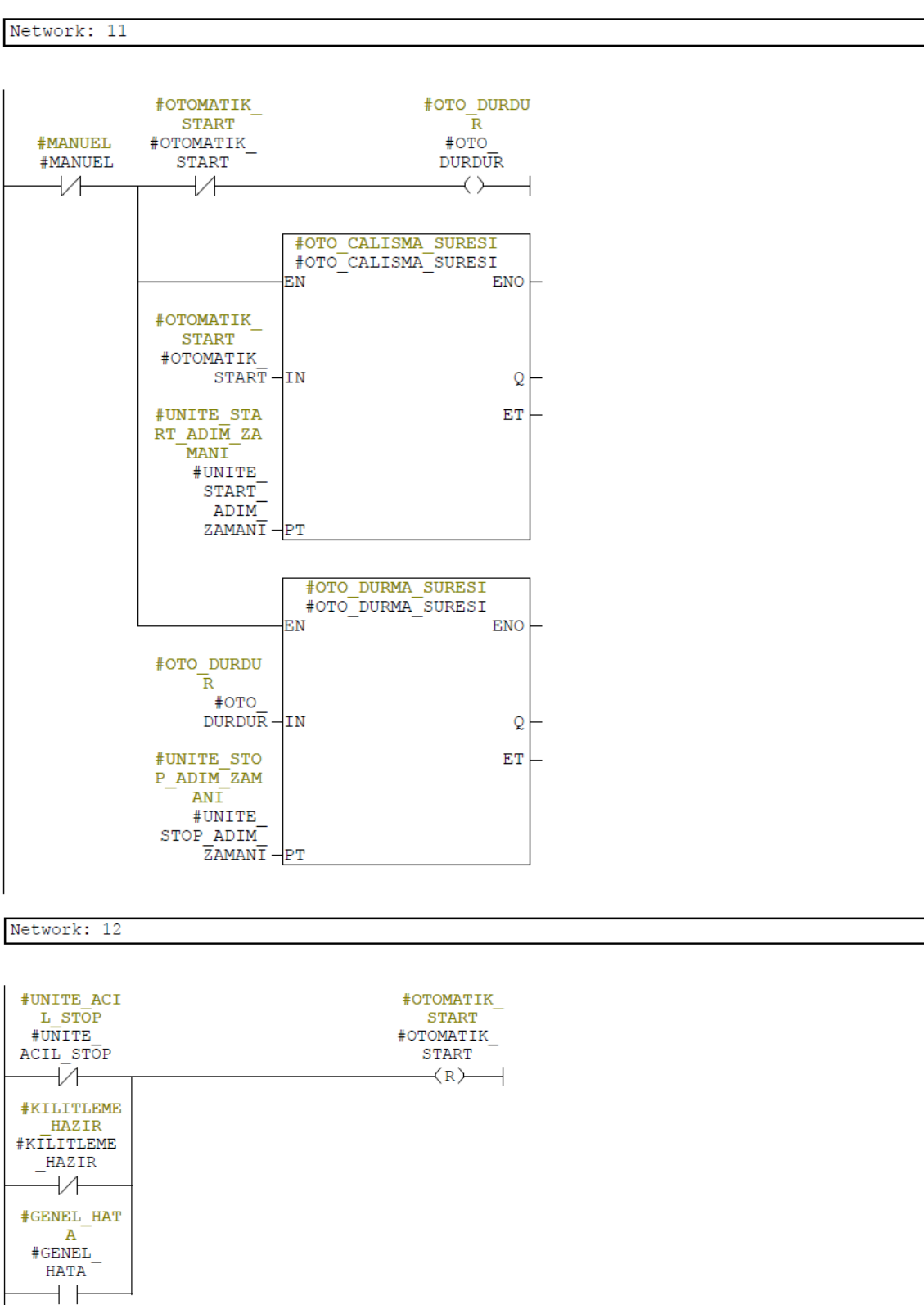
Network: 8

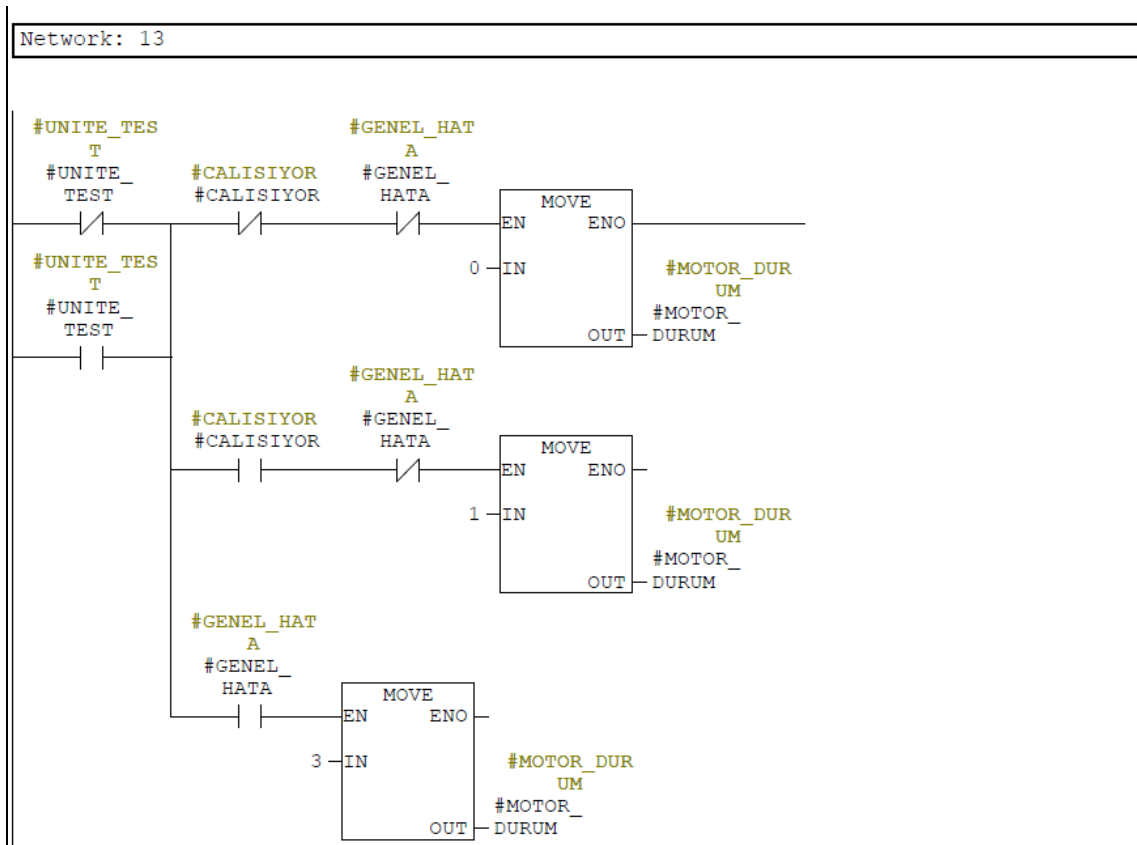
HATA DURUMLARI











### EK-3 WinCC Programından Alınan TAG Listesi

Tags						
[NAME][100][1]	[TYPE][101][1]	[LENGTH][105][1]	[FORMAT][106][1]	[GROUP][104][1]	[ADDRPARAMS][108][1]	
Name	Data type	Length	Format adaptation	Group	Address	
@DeltaCompiled	Unsigned 8-bit value	1				
@IM_Prefix	Text tag 8-bit character set	255				
@SFCDeltaLoaded	Unsigned 8-bit value	1				
@Step7DefaultLanguage	Unsigned 32-bit value	4				
ANA_ENERJI	Floating point...	4	FloatToFloat	GUC_ENERJI	DB4,DD4	
ANA_ENERJI_TUKETIM	Floating point...	4	FloatToFloat	GUC_ENERJI	DB4,DD32	
ANA_GUC	Floating point...	4	FloatToFloat	GUC_ENERJI	DB4,DD0	
APRATOR_CIKIS	Floating point...	4	FloatToFloat	PID2	MD232	
ARIZA_RESET	Binary Tag	1		PLC-M	M100.3	
ASPRATOR_GAIN	Floating point...	4	FloatToFloat	PID2	DB62,DD12	
ASPRATOR_TD	Unsigned 32-bit value	4	DwordToUnsignedDword	PID2	DB62,DD16	
ASPRATOR_TI	Unsigned 32-bit value	4	DwordToUnsignedDword	PID2	DB62,DD20	

BLOWER_CIKIS	Floating point...	4	FloatToFloat	PID2	MD228
BLOWER_ENERJI	Floating point...	4	FloatToFloat	GUC_ENERJI	DB4,DD20
BLOWER_ENERJI_TUKETIM	Floating point...	4	FloatToFloat	GUC_ENERJI	DB4,DD40
BLOWER_GAIN	Floating point...	4	FloatToFloat	PID2	DB62,DD0
BLOWER_GUC	Floating point...	4	FloatToFloat	GUC_ENERJI	DB4,DD16
BLOWER_TD	Unsigned 32-bit value	4	DwordToUnsignedDword	PID2	DB62,DD4
BLOWER_TI	Unsigned 32-bit value	4	DwordToUnsignedDword	PID2	DB62,DD8
DINAMIK_BASINC_SECIM	Binary Tag	1		PLC-M	M100.6
DP1.AKTUEL	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD250
DP1.SET	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD254
DP1.SET_HYS	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD258
DP1.SET_MAX	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD266
DP1.SET_MIN	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD262
DP1_PID.ADIM_ZAMANI	Unsigned 32-bit value	4	DwordToUnsignedDword	PID	DB222,DD202

DP1_PID.AKT_DEGER	Floating point...	4	FloatToFloat	PID	DB222,DD246
DP1_PID.AKTIF	Binary Tag	1		PID	DB222,D200.0
DP1_PID.HATA	Binary Tag	1		PID	DB222,D200.2
DP1_PID.HATA_KONTROL_ZAMANI	Unsigned 32-bit value	4	DwordToUnsignedDword	PID	DB222,DD206
DP1_PID.HYS_DEGER	Floating point...	4	FloatToFloat	PID	DB222,DD242
DP1_PID.MANUEL	Binary Tag	1		PID	DB222,D200.1
DP1_PID.MAX_ADIM	Unsigned 32-bit value	4	DwordToUnsignedDword	PID	DB222,DD222
DP1_PID.MAX_ARALIK	Floating point...	4	FloatToFloat	PID	DB222,DD210
DP1_PID.MAX_LIMIT	Unsigned 32-bit value	4	DwordToUnsignedDword	PID	DB222,DD234
DP1_PID.MED_ADIM	Unsigned 32-bit value	4	DwordToUnsignedDword	PID	DB222,DD226
DP1_PID.MED_ARALIK	Floating point...	4	FloatToFloat	PID	DB222,DD214
DP1_PID.MIN_ADIM	Unsigned 32-bit value	4	DwordToUnsignedDword	PID	DB222,DD230
DP1_PID.MIN_ARALIK	Floating point...	4	FloatToFloat	PID	DB222,DD218
DP1_PID.MIN_LIMIT	Unsigned 32-bit value	4	DwordToUnsignedDword	PID	DB222,DD238
DP1_PID.PID_CIKIS	Unsigned 32-bit value	4	DwordToUnsignedDword	PID	DB222,DD266
DP1_PID.SET_DEGER	Floating point...	4	FloatToFloat	PID	DB222,DD250

DP1_PID.SET_ILK_DEGER	Unsigned 32-bit value	4	DwordToUnsignedDword	PID	DB222,DD254
DP1_PID.SET_MANUEL_DEGER	Unsigned 32-bit value	4	DwordToUnsignedDword	PID	DB222,DD258
DP1_PID.SET_OTOMATIK_DEGER	Unsigned 32-bit value	4	DwordToUnsignedDword	PID	DB222,DD262
EAAKIM.AKTUEL	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD800
EAAKIM.SET	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD804
EAAKIM.SET_HYS	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD808
EAAKIM.SET_MAX	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD816
EAAKIM.SET_MIN	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD812
EAVOLT.AKTUEL	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD750
EAVOLT.SET	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD754
EAVOLT.SET_HYS	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD758
EAVOLT.SET_MAX	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD766
EAVOLT.SET_MIN	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD762
ELEKTRIK	Binary Tag	1		PLC-M	M101.0

ELEKTRIK_ARIZA	Binary Tag	1		PLC-M	M101.2
ELEKTRIK_VAR	Binary Tag	1		PLC-M	M101.1
ES1	Binary Tag	1		PLC-IO	I0.7
FAN_ENERJI	Floating point...	4	FloatToFloat	GUC_ENERJI	DB4,DD12
FAN_ENERJI_TUKETIM	Floating point...	4	FloatToFloat	GUC_ENERJI	DB4,DD36
FAN_GUC	Floating point...	4	FloatToFloat	GUC_ENERJI	DB4,DD8
HAVA_KILIDI_AKIM	Floating point...	4	FloatToFloat	GUC_ENERJI	DB4,DD48
HAVA_KILIDI_ENERJI	Floating point...	4	FloatToFloat	GUC_ENERJI	DB4,DD28
HAVA_KILIDI_ENERJI_TUKETIM	Floating point...	4	FloatToFloat	GUC_ENERJI	DB4,DD44
HAVA_KILIDI_GUC	Floating point...	4	FloatToFloat	GUC_ENERJI	DB4,DD24
HAVA_KILIDI_OTO	Binary Tag	1		PLC-M	M100.5
HIZ_DEBI_SECIM	Binary Tag	1		YARDIMCI	M31.0
HIZLI_PATLAC	Binary Tag	1		YARDIMCI	M40.0
KORNA_MANUEL	Binary Tag	1		PLC-M	M100.1
KORNA_SUS	Binary Tag	1		PLC-M	M100.2
M1.AKIM_DEGERI	Floating point...	4	FloatToFloat	MOTORLAR	DB1,DD26
M1.AKIM_MAX_SET	Floating point...	4	FloatToFloat	MOTORLAR	DB1,DD42



M1.AKIM_MIN_SET	Floating point...	4	FloatToFloat	MOTORLAR	DB1,DD38
M1.AKIM_SET	Floating point...	4	FloatToFloat	MOTORLAR	DB1,DD30
M1.AKTUAL_FREKANS	Floating point...	4	FloatToFloat	MOTORLAR	DB1,DD22
M1.CALISAMADI_HATA	Binary Tag	1		MOTORLAR	DB1,D5.0
M1.CALISİYOR	Binary Tag	1		MOTORLAR	DB1,D4.7
M1.CALISTI_ZAMANI	Unsigned 32-bit value	4	DwordToUnsignedDword	MOTORLAR	DB1,DD0
M1.GENEL_HATA	Binary Tag	1		MOTORLAR	DB1,D5.3
M1.GUC_DEGERI	Floating point...	4	FloatToFloat	MOTORLAR	DB1,DD50
M1.MANUEL	Binary Tag	1		MOTORLAR	DB1,D4.3
M1.MANUEL_FREKANS	Floating point...	4	FloatToFloat	MOTORLAR	DB1,DD10
M1.MANUEL_START	Binary Tag	1		MOTORLAR	DB1,D4.4
M1.OTOMATIK_FREKANS	Floating point...	4	FloatToFloat	MOTORLAR	DB1,DD14
M1.RESET	Binary Tag	1		MOTORLAR	DB1,D4.6
M1.SET_FREKANS	Floating point...	4	FloatToFloat	MOTORLAR	DB1,DD18
M1.TERMIK_HATA	Binary Tag	1		MOTORLAR	DB1,D5.1
M1_FREKANS	Floating point...	4	FloatToFloat	YARDIMCI	DB1,DD18
M2.AKIM_DEGERI	Floating point...	4	FloatToFloat	MOTORLAR	DB1,DD86

M2.AKIM_MAX_SET	Floating point...	4	FloatToFloat	MOTORLAR	DB1,DD102
M2.AKIM_MIN_SET	Floating point...	4	FloatToFloat	MOTORLAR	DB1,DD98
M2.AKIM_SET	Floating point...	4	FloatToFloat	MOTORLAR	DB1,DD90
M2.AKTUAL_FREKANS	Floating point...	4	FloatToFloat	MOTORLAR	DB1,DD82
M2.CALISAMADI_HATA	Binary Tag	1		MOTORLAR	DB1,D65.0
M2.CALISIYOR	Binary Tag	1		MOTORLAR	DB1,D64.7
M2.CALISTI_ZAMANI	Unsigned 32-bit value	4	DwordToUnsignedDword	MOTORLAR	DB1,DD60
M2.GENEL_HATA	Binary Tag	1		MOTORLAR	DB1,D65.3
M2.GUC_DEGERI	Floating point...	4	FloatToFloat	MOTORLAR	DB1,DD110
M2.MANUEL	Binary Tag	1		MOTORLAR	DB1,D64.3
M2.MANUEL_FREKANS	Floating point...	4	FloatToFloat	MOTORLAR	DB1,DD70
M2.MANUEL_START	Binary Tag	1		MOTORLAR	DB1,D64.4
M2.OTOMATIK_FREKANS	Floating point...	4	FloatToFloat	MOTORLAR	DB1,DD74
M2.RESET	Binary Tag	1		MOTORLAR	DB1,D64.6
M2.SET_FREKANS	Floating point...	4	FloatToFloat	MOTORLAR	DB1,DD78
M2.TERMIK_HATA	Binary Tag	1		MOTORLAR	DB1,D65.1
M2_FREKANS	Floating point...	4	FloatToFloat	YARDIMCI	DB1,DD78

M3.CALISAMADI_HATA	Binary Tag	1		MOTORLAR	DB1,D125.0
M3.CALISIYOR	Binary Tag	1		MOTORLAR	DB1,D124.7
M3.CALISTI_ZAMANI	Unsigned 32-bit value	4	DwordToUnsignedDword	MOTORLAR	DB1,DD120
M3.GENEL_HATA	Binary Tag	1		MOTORLAR	DB1,D125.3
M3.MANUEL	Binary Tag	1		MOTORLAR	DB1,D124.3
M3.MANUEL_START	Binary Tag	1		MOTORLAR	DB1,D124.4
M3.RESET	Binary Tag	1		MOTORLAR	DB1,D124.6
M3.TERMIK_HATA	Binary Tag	1		MOTORLAR	DB1,D125.1
P1.AKTUEL	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD0
P1.SET	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD4
P1.SET_HYS	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD8
P1.SET_MAX	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD16
P1.SET_MIN	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD12
P2.AKTUEL	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD50
P2.SET	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD54
P2.SET_HYS	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD58
P2.SET_MAX	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD66

P2.SET_MIN	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD62
P3.AKTUEL	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD100
P3.SET	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD104
P3.SET_HYS	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD108
P3.SET_MAX	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD116
P3.SET_MIN	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD112
P3_AKTUEL_BASINC_SET	Floating point...	4	FloatToFloat	YARDIMCI	MD224
P3_BASINC_ARTIRIM	Floating point...	4	FloatToFloat	YARDIMCI	DB2,DD28
P3_PID.ADIM_ZAMANI	Unsigned 32-bit value	4	DwordToUnsignedDword	PID	DB222,DD2
P3_PID.AKT_DEGER	Floating point...	4	FloatToFloat	PID	DB222,DD46
P3_PID.AKTIF	Binary Tag	1		PID	DB222,D0.0
P3_PID.HATA	Binary Tag	1		PID	DB222,D0.2
P3_PID.HATA_KONTROL_ZAMANI	Unsigned 32-bit value	4	DwordToUnsignedDword	PID	DB222,DD6
P3_PID.HYS_DEGER	Floating point...	4	FloatToFloat	PID	DB222,DD42
P3_PID.MANUEL	Binary Tag	1		PID	DB222,D0.1

P3_PID.MAX_ADIM	Floating point...	4	FloatToFloat	PID	DB222,DD22
P3_PID.MAX_ARALIK	Floating point...	4	FloatToFloat	PID	DB222,DD10
P3_PID.MAX_LIMIT	Floating point...	4	FloatToFloat	PID	DB222,DD34
P3_PID.MED_ADIM	Floating point...	4	FloatToFloat	PID	DB222,DD26
P3_PID.MED_ARALIK	Floating point...	4	FloatToFloat	PID	DB222,DD14
P3_PID.MIN_ADIM	Floating point...	4	FloatToFloat	PID	DB222,DD30
P3_PID.MIN_ARALIK	Floating point...	4	FloatToFloat	PID	DB222,DD18
P3_PID.MIN_LIMIT	Floating point...	4	FloatToFloat	PID	DB222,DD38
P3_PID.PID_CIKIS	Floating point...	4	FloatToFloat	PID	DB222,DD66
P3_PID.SET_DEGER	Floating point...	4	FloatToFloat	PID	DB222,DD50
P3_PID.SET_ILK_DEGER	Floating point...	4	FloatToFloat	PID	DB222,DD54
P3_PID.SET_MANUEL_DEGER	Floating point...	4	FloatToFloat	PID	DB222,DD58
P3_PID.SET_OTOMATIK_DEGER	Floating point...	4	FloatToFloat	PID	DB222,DD62

P4.AKTUEL	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD150
P4.SET	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD154
P4.SET_HYS	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD158
P4.SET_MAX	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD166
P4.SET_MIN	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD162
PATLAC.BEKLEME_ZAMANI	Unsigned 32-bit value	4	DwordToUnsignedDword	VIBRO	DB1,DD134
PATLAC.CALISIYOR	Binary Tag	1		VIBRO	DB1,D138.5
PATLAC.CALISMA_ZAMANI	Unsigned 32-bit value	4	DwordToUnsignedDword	VIBRO	DB1,DD130
PATLAC.GENEL_HATA	Binary Tag	1		VIBRO	DB1,D138.7
PATLAC.MANUEL	Binary Tag	1		VIBRO	DB1,D138.1
PATLAC.MANUEL_START	Binary Tag	1		VIBRO	DB1,D138.2
PATLAC.RESET	Binary Tag	1		VIBRO	DB1,D138.4
PATLAC_MAN_BASINC	Floating point...	4	FloatToFloat	VIBRO	DB2,DD32
PATLAC_MAN_MS	Floating point...	4	FloatToFloat	VIBRO	DB2,DD36
PATLAC_MAN_MS_2	Floating point...	4	FloatToFloat	VIBRO	DB5,DD0

PID_MANUEL	Binary Tag	1		PLC-M	M100.4
Q1.AKTUEL	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD650
Q1.SET	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD654
Q1.SET_HYS	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD658
Q1.SET_MAX	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD666
Q1.SET_MIN	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD662
Q1_2.AKTUEL	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB261,DD0
Q1_2.SET	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB261,DD4
Q1_2.SET_HYS	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB261,DD8
Q1_2.SET_MAX	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB261,DD16
Q1_2.SET_MIN	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB261,DD12
Q1_PID.ADIM_ZAMANI	Unsigned 32-bit value	4	DwordToUnsignedDword	PID	DB222,DD102
Q1_PID.AKT_DEGER	Floating point...	4	FloatToFloat	PID	DB222,DD146
Q1_PID.AKTIF	Binary Tag	1		PID	DB222,D100.0
Q1_PID.HATA	Binary Tag	1		PID	DB222,D100.2

Q1_PID.HATA_KONTROL_ZAMANI	Unsigned 32-bit value	4	DwordToUnsignedDword	PID	DB222,DD106
Q1_PID.HYS_DEGER	Floating point...	4	FloatToFloat	PID	DB222,DD142
Q1_PID.MANUEL	Binary Tag	1		PID	DB222,D100.1
Q1_PID.MAX_ADIM	Floating point...	4	FloatToFloat	PID	DB222,DD122
Q1_PID.MAX_ARALIK	Floating point...	4	FloatToFloat	PID	DB222,DD110
Q1_PID.MAX_LIMIT	Floating point...	4	FloatToFloat	PID	DB222,DD134
Q1_PID.MED_ADIM	Floating point...	4	FloatToFloat	PID	DB222,DD126
Q1_PID.MED_ARALIK	Floating point...	4	FloatToFloat	PID	DB222,DD114
Q1_PID.MIN_ADIM	Floating point...	4	FloatToFloat	PID	DB222,DD130
Q1_PID.MIN_ARALIK	Floating point...	4	FloatToFloat	PID	DB222,DD118
Q1_PID.MIN_LIMIT	Floating point...	4	FloatToFloat	PID	DB222,DD138
Q1_PID.PID_CIKIS	Floating point...	4	FloatToFloat	PID	DB222,DD166
Q1_PID.SET_DEGER	Floating point...	4	FloatToFloat	PID	DB222,DD150
Q1_PID.SET_ILK_DEGER	Floating point...	4	FloatToFloat	PID	DB222,DD154



Q1_PID.SET_MANUEL_DEGER	Floating point...	4	FloatToFloat	PID	DB222,DD158
Q1_PID.SET_OTOMATIK_DEGER	Floating point...	4	FloatToFloat	PID	DB222,DD162
RH1.AKTUEL	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD400
RH1.SET	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD404
RH1.SET_HYS	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD408
RH1.SET_MAX	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD416
RH1.SET_MIN	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD412
RPTLC1	Binary Tag	1		PLC-IO	Q0.3
RPTLC2	Binary Tag	1		PLC-IO	Q0.4
RPTLC3	Binary Tag	1		PLC-IO	Q0.5
RPTLC4	Binary Tag	1		PLC-IO	Q0.6
RPTLC5	Binary Tag	1		PLC-IO	Q0.7
RPTLC6	Binary Tag	1		PLC-IO	Q1.0
S1.SENSOR_MAX	Binary Tag	1		SILO	DB302,D0.5
S2.SENSOR_MAX	Binary Tag	1		SILO	DB302,D50.5
S7\$Program(2)#RawArchiv	Raw Data Type	0			RAW_ARCHIVE
S7\$Program(2)#RawEvent	Raw Data Type	0			RAW_EVENT
SCADA_ACIL_STOP	Binary Tag	1		PLC-M	M20.0

T1.AKTUEL	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD300
T1.SET	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD304
T1.SET_HYS	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD308
T1.SET_MAX	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD316
T1.SET_MIN	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD312
T2.AKTUEL	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD350
T2.SET	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD354
T2.SET_HYS	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD358
T2.SET_MAX	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD366
T2.SET_MIN	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD362
T3.AKTUEL	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD700
T3.SET	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD704
T3.SET_HYS	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD708

T3.SET_MAX	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD716
T3.SET_MIN	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD712
TOPLAM_PERYOD	Unsigned 32-bit value	4	DwordToUnsignedDword	VIBRO	DB2,DD24
V1.AKTUEL	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD200
V1.SET	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD204
V1.SET_HYS	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD208
V1.SET_MAX	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD216
V1.SET_MIN	Floating point...	4	FloatToFloat	ANALOG	DB260,DD212

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Nihat ÇANKAYA  
**Uyruğu** : T.C.  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : Beyşehir-1974  
**Telefon** : +90 533 656 10 99  
**Faks** : -  
**e-mail** : nihaticankaya1974@gmail.com

### EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Derebucak Lisesi- Derebucak/Konya	1991
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi/Konya	1997

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
1998-1999	YILBA –Konya	Elk. Elt. Müh.
2001-2002	IBG Pakplastik Pakpen-Konya	Üretim Müdürü
2002-2011	Selva Gıda San AŞ-Konya	Teknik Müdür
2011-2015	İttifak Holding AŞ-Konya	Enerji Yön Dan.
2015-	Necmettin Erbakan Üniversitesi	Öğretim Görevlisi

### YABANCI DİLLER

İngilizce

### YAYINLAR

Çankaya, N., Arslan, D. ve Elgun, A., 2016, The effects of heating equipments on quality parameters of oil and waste oil generation in deep-frying process of donuts, *16th International Nutrition and Diagnostics Conference*, Prague, Çekya, 91.

Çankaya, N. ve Özcan, M., 2017, Economic analysis of energy consumption of jet pulse filters and automation usage, *17th International Congress of Energy, Economy and Security*, İstanbul, Türkiye, 14.

Çankaya, N., Özcan, M. ve Türker, S., 2017, A new functional additive obtained by using jet pulse filters: Pumpkin seed membrane, *1st International Congress on Medical and Aromatic Plants*, Konya, Türkiye.