



POLİTEKNİK DERGİSİ

*JOURNAL of POLYTECHNIC*

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.org.tr/politeknik>



# Şişecam enerji yönetim sisteminde endüstri 4.0 ve nesnelerin interneti uygulaması

## *Industry 4.0 and internet of things implementation at Sisecam energy management system*

*Yazar(lar) (Author(s)): Levent KILIÇ*

*ORCID: 0000-0002-9329-7418*

**Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article):** Kılıç L., “Şişecam enerji yönetim sisteminde endüstri 4.0 ve nesnelerin interneti uygulaması”, *Politeknik Dergisi*, 23(4): 1167-1175, (2020).

**Erişim linki (To link to this article):** <http://dergipark.org.tr/politeknik/archive>

**DOI:** 10.2339/politeknik.538279



# Şişecam Enerji Yönetim Sisteminde Endüstri 4.0 ve Nesnelerin İnterneti Uygulaması

Araştırma Makalesi / Research Article

Levent KILIÇ\*

Şişecam Bilim, Teknoloji ve Tasarım Merkezi, Gebze - Kocaeli, Türkiye

(Geliş/Received : 11.03.2019 ; Kabul/Accepted : 13.11.2019)

## ÖZ

Şişecam, ülkemiz enerji tüketiminin, doğalgazda %4, elektrikte ise %1'e yaklaşan toplam tüketim oranları olan enerji yoğun fabrikalara sahiptir. Bu enerjisinin bir kısmını kendi kombine çevrim, kojenerasyon, atık ısı, buhar ve güneş santralleri ile karşılamakla birlikte, şebekeden de, toplamda, 145 MW'a yakın sürekli güçte elektrik enerjisi çekmektedir. Enerji yönetimi, enerji kaynaklarının ve enerjinin verimli kullanılmasını sağlamak amacıyla yürütülen inceleme, ölçme, izleme, planlama, uygulama ve eğitim çalışmalarının bütünüdür. Bu büyüklükte enerji tüketimi, fırınlar gibi proses, kompresör, pompa, ısıtma, soğutma, iklimlendirme, motor, sürücü, aydınlatma, atıkların kontrolü, vb. gibi statik ve dinamik ekipmanın işletilmesiyle oluşmaktadır. Ekipmanı yönetebilmek, ancak kendileri hakkında veri elde edebilmek ve bunu yorumlayacak bilgi sahibi olmakla mümkün olacaktır. Fabrika geneli düşünüldüğünde, dağıtılmış olarak tesis edilmiş sayıca çok fazla olan bu ekipmanın standart olarak izlenebilmesi için belli kurallar ve kabuller mevcuttur. Bunlar, ekipmanın seçiminden, bilgisayar ekranında görüntülenebilmesine kadar bir dizi zorlu işlemi gerektirmektedir. Endüstriyel otomasyon ve bilgi teknolojileri, günümüze kadar ayrı ayrı yürütülen işlemler olarak öne çıkmıştır. Ancak, Endüstri 3.0'dan itibaren küçük de olsa entegrasyon başlamış, günümüz Endüstri 4.0, nesnelerin interneti, büyük veri, veri analizi ve dijitalleşme trendleri ile ise entegrasyon kaçınılmaz duruma gelmiştir. Kavramsal olarak bahsedilen bu trendlerin, enerji yönetimine yönelik fiziki kurulumundan değerlendirme aşamasına kadar getirilmesi önem taşımaktadır. Bu çalışmada, Şişecam'da 17 fabrikada kurulmuş olan ve genişlemeye açık olarak modellenmiş "Enerji Yönetim Sistemi –EnYS" projesinde, saha koşulları ve BT entegrasyon uygulaması anlatılmaktadır. Sıradaki aşama, verilerin teknik ve yönetsel analiz ve değerlendirilmesi olacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji yönetimi, endüstri 4.0, nesnelerin interneti.

## Industry 4.0 and Internet of Things Implementation at Sisecam Energy Management System

### ABSTRACT

Şişecam has energy intensive factories with total consumption rates of 4% in natural gas and 1% in electricity of Turkey. Although it meets some of its energy with its own combined cycle, cogeneration, waste heat, steam and solar power plants, it also draws electricity from the grid to a total of 145 MW. Energy management is the whole of the survey, measurement, monitoring, planning, implementation and training activities carried out to ensure the efficient use of energy resources and energy. Energy consumption of this size is coming from, such as furnaces, compressors, pumps, heating, cooling, air conditioning, motor, drive, lighting, waste control, etc. static and dynamic equipment. To manage many kind of these equipment will be able to obtain data about themselves and to have information to interpret it. Considering the plant-side, there are certain rules and acceptances to monitor this equipment, which is too many in number and distributed as standard. These require a range of demanding operations, from the choice of equipment to the display on the computer screen. Industrial automation and information technologies have come to the fore as processes carried out separately. However, the integration has started since the end of Industry 3.0, and integration is inevitable with Industry 4.0, internet of objects, big data, data analysis and digitization trends. It is important that these trends, which are mentioned conceptually, be brought from the physical installation for energy management to the evaluation stage. In this study, field conditions and IT integration application are explained in the "Energy Management System" project, which was established in 17 factories in Şişecam and is open to expansion. The next stage will be the technical and managerial analysis and evaluation of the data.

**Keywords:** Energy management, industry 4.0, internet of things.

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

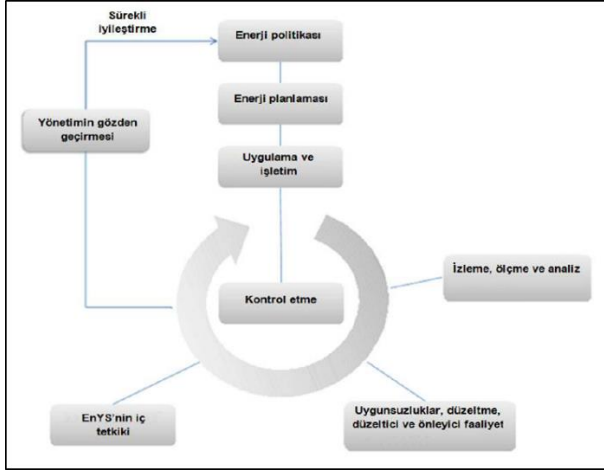
Enerji Yönetim Sistemi (EnMS), ülkemizde Şekil 1'deki şekilde modellenmektedir [1]. Aynı modelin uluslararası standartlarda da benzer şekilde tanımlandığı görülmektedir [2 – 6]. Döngüsel diyagramda başlangıç

noktasının izleme, ölçme ve analiz olduğu kabul edilebilir.

Ölçme, ölçüm ekipmanı ile tek seferlik ya da sürekli (online) yapılabilmektedir. İzleme, tüm sahadaki ekipmanları tek tek dolaşarak ve zaman gecikmeli kontrolü ile yapılabileceği gibi, ilgili haberleşmenin sağlanması ile tümünün aynı anda ve tek noktadan takibi (SCADA) ile daha etkin yapılabilir. Analiz, verilere, doğru soruyu soran ve cevabını tecrübesiyle birleştirerek

\*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)  
e-posta : lkilic@sisecam.com

bulan çalışan ile sağlanır. Analizin etkinliği, verinin kaynaktan son noktaya kadar aynı standartta sağlanması ile güçlenir.



Şekil 1. TS EN ISO 50001: Enerji yönetim sistemi modeli (TS EN ISO 50001: Energy management system model)

Şişecam Enerji Yönetim Sistemi, tüm kısıtlarına rağmen 17 fabrikamızda, 100'e yakın teknik çalışan ve dış kaynakların etkin kullanımı ile Endüstri 4.0 kapsamına uygun, nesnelerin haberleşmesini sağlayarak, teknik ekibe analiz, satın almaya verimli ekipman, karar vericilere de geçmişe dönük değerlendirme ve strateji/politika oluşturmaya dönük bir araç olmaktadır.

## 2. ŞİŞECAM TEKNİK KISITLARI (SISECAM TECHNICAL CONSTRAINTS)

Bazı kavramların terminolojik açıklaması ileriki açıklamaların anlaşılmasında fayda sağlayacaktır [7]:

Data Haberleşmesi; SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), OPC (OLE – Object (Linking And Embedding For) Process Control, OPC UA (Open Platform Communication Unified Architecture)

Data Transfer Hızları (kbps); 9600, 19200, 38400, ... , 115200.

Endüstriyel Data Haberleşme Protokolleri; Modbus RTU, Modbus Gateway, Modbus DP/VO, Modbus TCP/IP, Modbus RTU Over Ethernet, SNMP, BACnet, Ethernet IP, S7-TCP, http, FTP (File Transfer), SMTP (Email Function), NTP (Time Synchronisation), TFTP

Arayüzler (Interfaces); RS232, RS485, USB, Profibus DP, M-Bus, Ethernet, Webserver/Email, OPC.

Endüstri 4.0, insan ve nesne arasındaki etkileşimin en üst düzeyde sağlandığı, olabilecek en üst düzeyde katma değer yaratabilmek için veri akışının eş zamanlı, organize ve sistemli bir biçimde sağlanabildiği, makine ve ekipmanların otonom olarak faaliyet gösterebildiği bir süreçtir. Bu perspektifte sistem kendisini en iyi koşullar çerçevesinde sürekli olarak optimize edebilmekte, bu yönüyle elde edilecek katma değeri olabildiğince arttırabilmektedir.

Endüstri 4.0 bileşenleri;

- Sistemler arası entegrasyon; insanlarla insanlar, insanlarla makineler arasındaki uyumun sağlanmasıdır.
- Sanallaştırma; operasyonların mükemmelleştirilebilmesi için kurulum öncesi simülasyon modellerin oluşturulabilmesidir.
- Veri toplama ve veri analizi; verilerin eşzamanlı olarak toplanması ve hızlı bir biçimde işlenerek anlamlı bilgiler haline dönüştürülmesidir. Tepkilerin hızlı biçimde verilebilmesidir.
- Modülerlik; bütün faaliyet ve fonksiyonların olabilecek en mikro düzeyde parçalara ayrılması ve bu anlamda tanımlanmasıdır.

Nesnelerin İnterneti (Internet of Things), benzersiz bir şekilde adreslenebilir nesnelerin kendi aralarında oluşturduğu, dünya çapında yaygın bir ağ ve bu ağdaki nesnelerin belirli bir protokol ile birbirleriyle iletişim içinde olmaları olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca bu kavram, kabaca, çeşitli haberleşme protokolleri sayesinde birbirleri ile haberleşen ve birbirine bağlanarak, bilgi paylaşarak akıllı bir ağ oluşturmuş ekipmanlar sistemi olarak da tanımlanmaktadır.

Nesnelerin interneti sisteminin bileşenleri;

- Tanımlanmış hareket ve durumlar dizisidir. Sistemi harekete geçirecek davranış, hareket ve eylemlerin farklı algoritmalar çerçevesinde tanımlanmış olması gerekmektedir.
- Bu hareket ve durumların tespit edilmesi için kullanılan ekipman ve unsurlardır. Bunlar çoğunlukla sensörler, radyo frekansı ile tanımlanmış sistemler ve elektronik enstrümanlardır. Bunlar, değişimleri tespit ederek, buna ilişkin verileri sisteme göndermektedirler.
- Üçüncü unsur, bu verilerin taşındığı internet şebekeleridir.
- Bir diğer faktör, bu verilerin işlemselleştirildiği ve komutlar haline getirildiği bilgi işlem sistemleri ve yazılımlardır. Bu sistemler, çeşitli vasıtalarla kendilerine taşınan verileri tanımlanmış algoritmalarla karşılaştırarak, mevcut duruma uygun optimal bir çözümü üretmesi ve bunu komutlar haline getirerek, diğer unsurlara bu komutların gönderilmesi gibi işlevler üstlenmektedir.
- Son olarak, nesnelerin interneti çerçevesinde bir diğer bileşen akıllı cihazlardır. Cep telefonları, bilgisayarlar, tabletler, vb. elektronik aygıtlar veri alma ve gönderme konusunda işlevler üstlenen makinelerdir.

Büyük Veri "Big Data", zamanla elde edilen, yapılandırılmış ya da yapılandırılmamış, yani henüz geleneksel yöntem veya araçlarla işlenerek kullanımına uygun hale getirilmemiş verilerdir. Big Data (Büyük Veri) nin oluşumunda 5 bileşen vardır. Bu bileşenler

sırasıyla; variety (çeşitlilik), velocity (hız), volume (büyüklük), verification (doğrulama) ve value (değer) 'dir. Genel olarak 5V şeklinde adlandırılmaktadır.

İşletmeler ve endüstrilerde karar alma süreçlerinde yer alan yönetici ve operatörler, çoğunlukla karar almalarında

Fabrikaların proses farklılıkları, yaşları, teknolojileri, ölçme sistemleri, projenin gerekliliğine inanmaları çeşitlilik göstermektedir. Proje başlangıcındaki mevcut durum Şekil 2'de görülmektedir. 2 yıllık kurulum süresinde, fabrika, sistem, vb. gibi önemli değişiklikleri de devam etmiştir.

	Elektrik (Analizör, Haberleşme, Scada)	Doğalgaz (Analizör, Haberleşme, Scada)	Basınçlı Hava (Analizör, Haberleşme, Scada)	Su
Paşabahçe_Trakya	Mevcut yapı ethernet tabanlı geliştirilmeli.	Mekanik ölçüm sistemi ethernet tabanlı geliştirilmeli.	Mevcut bir yapı yok. Ethernet tabanlı yapı kurulmalı	Mekanik ölçüm sistemi ethernet tabanlı geliştirilmeli.
Paşabahçe_Eskişehir	Mevcut yapı ethernet tabanlı geliştirilmeli.	Mekanik ölçüm sistemi ethernet tabanlı geliştirilmeli.	Mevcut bir yapı yok. Ethernet tabanlı yapı kurulmalı	Mekanik ölçüm sistemi ethernet tabanlı geliştirilmeli.
Paşabahçe_Mersin	Mevcut yapı ethernet tabanlı geliştirilmeli.	Mekanik ölçüm sistemi ethernet tabanlı geliştirilmeli.	Mevcut bir yapı yok. Ethernet tabanlı yapı kurulmalı	Mekanik ölçüm sistemi ethernet tabanlı geliştirilmeli.
Paşabahçe_Bulgaristan	Mevcut yapı ethernet tabanlı geliştirilmeli.	Mekanik ölçüm sistemi ethernet tabanlı geliştirilmeli.	Mevcut bir yapı yok. Ethernet tabanlı yapı kurulmalı	Mekanik ölçüm sistemi ethernet tabanlı geliştirilmeli.
Denizli Cam	Mevcut yapı ethernet tabanlı geliştirilmeli.	Mekanik ölçüm sistemi ethernet tabanlı geliştirilmeli.	Mevcut bir yapı yok. Ethernet tabanlı yapı kurulmalı	Mekanik ölçüm sistemi ethernet tabanlı geliştirilmeli.
ACS_Yenişehir	Mevcut yapı ethernet tabanlı geliştirilmeli.	Mekanik ölçüm sistemi ethernet tabanlı geliştirilmeli.	Mevcut bir yapı yok. Ethernet tabanlı yapı kurulmalı	Mekanik ölçüm sistemi ethernet tabanlı geliştirilmeli.
ACS_Eskişehir	Mevcut yapı ethernet tabanlı geliştirilmeli.	Mekanik ölçüm sistemi ethernet tabanlı geliştirilmeli.	Mevcut bir yapı yok. Ethernet tabanlı yapı kurulmalı	Mekanik ölçüm sistemi ethernet tabanlı geliştirilmeli.
ACS_Mersin	Altyapı hazır.	Mekanik ölçüm sistemi ethernet tabanlı geliştirilmeli.	Mevcut bir yapı yok. Ethernet tabanlı yapı kurulmalı	Mekanik ölçüm sistemi ethernet tabanlı geliştirilmeli.
Düzcüm_Yenişehir	Altyapı hazır.	Altyapı hazır.	Mevcut bir yapı yok. Ethernet tabanlı yapı kurulmalı	Mekanik ölçüm sistemi ethernet tabanlı geliştirilmeli.
Düzcüm_Mersin	Altyapı hazır.	Altyapı hazır.	Mevcut yapı ethernet tabanlı geliştirilmeli.	Mekanik ölçüm sistemi ethernet tabanlı geliştirilmeli.
Düzcüm_Trakya	Mevcut yapı ethernet tabanlı geliştirilmeli.	Altyapı hazır.	Mevcut yapı ethernet tabanlı geliştirilmeli.	Mekanik ölçüm sistemi ethernet tabanlı geliştirilmeli.
Düzcüm_Polatlı	Altyapı hazır.	Mekanik ölçüm sistemi ethernet tabanlı geliştirilmeli.	Mevcut bir yapı yok. Ethernet tabanlı yapı kurulmalı	Mekanik ölçüm sistemi ethernet tabanlı geliştirilmeli.
Düzcüm_Bulgaristan	Altyapı hazır.	Mekanik ölçüm sistemi ethernet tabanlı geliştirilmeli.	Mevcut bir yapı yok. Ethernet tabanlı yapı kurulmalı	Mekanik ölçüm sistemi ethernet tabanlı geliştirilmeli.
Otocam	Mevcut yapı ethernet tabanlı geliştirilmeli.	Mekanik ölçüm sistemi ethernet tabanlı geliştirilmeli.	Mevcut bir yapı yok. Ethernet tabanlı yapı kurulmalı	Mekanik ölçüm sistemi ethernet tabanlı geliştirilmeli.
Soda&Kromsan	Altyapı hazır.	Altyapı hazır.	Mevcut bir yapı yok. Ethernet tabanlı yapı kurulmalı	Mekanik ölçüm sistemi ethernet tabanlı geliştirilmeli.
Cam Elyaf	Altyapı hazır.	Altyapı hazır.	Mevcut bir yapı yok. Ethernet tabanlı yapı kurulmalı	Mekanik ölçüm sistemi ethernet tabanlı geliştirilmeli.
Holding Merkezi	Mevcut yapı ethernet tabanlı geliştirilmeli.	Altyapı hazır.	Mevcut bir yapı yok. Ethernet tabanlı yapı kurulmalı	Mekanik ölçüm sistemi ethernet tabanlı geliştirilmeli.

Şekil 2. Proje başlangıcındaki fabrikalar ve hazırlık durumları (Available plants and existing status before project start)

imkan sağlayabilecek düzeyde yeterli bilgiye sahip olmadıklarından ya da elde ettiklerinde bu bilgilerin güncelliklerini yitirmiş olduğundan şikayet etmektedirler.

İçerisinde bulunduğumuz süreçte endüstriler ve işletmeler kendi başlarına veri tabanı oluşturacak ve bunları yönetebilecek düzeyde değillerdir. Bunun iki önemli nedeni vardır. Birincisi, endüstriyel süreçlere etki eden bilgi ve veriler işletmelerin kapsamını çoktan aşmış, mevcut potansiyelle yönetilemez hale gelmiştir. İkinci olarak ise, endüstriler ve işletmeler küresel gelişmelerden ve sistemden bağımsız yapılar değildirlir. Bu yönüyle, dışsal faktörlerden kaynaklanan etkileri yönetebilme olanağına da sahip olmaları günümüz şartlarında olanaklı görünmemektedir.

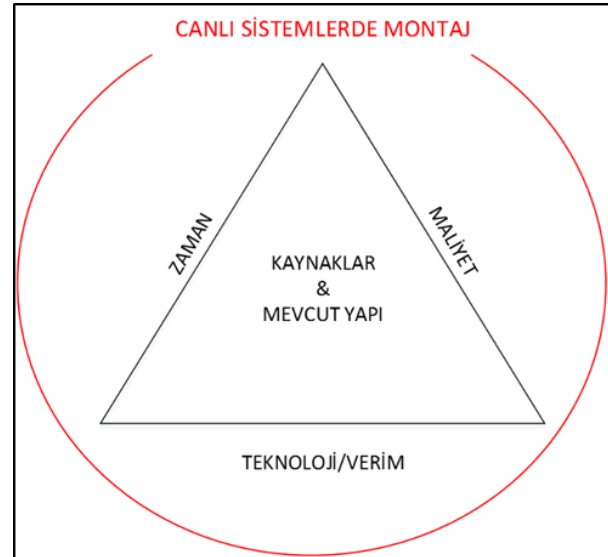
Büyük Veri bileşenleri;

- Esnek operasyonel yapı,
- Anlık optimizasyonu,
- Doğru ve eksiksiz veri
- Gerçek zamanlı veri,
- Verinin kullanılabilir veriye dönüştürülmesi,
- Süreçleri bilen, değerlendirebilir insan kaynağı,
- Standart algoritma işlevselliğinin sağlanmasıdır.

Proje Öncesi Mevcut Durum (Existing Status Before Project)

Saha Teknik Kısıtları (Plant Technical Constraints)

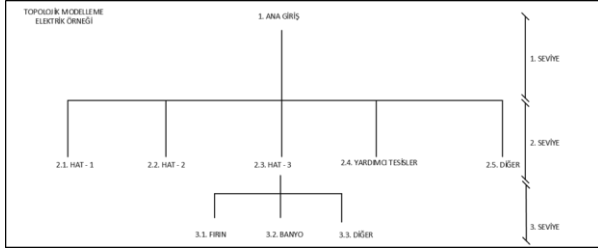
Fabrikalar, her an, yüksek gerilim, yüksek basınç, sürekli akış, yüksek sıcaklık altında çalışan canlı sistemlerdir. Özellikle cam fırınlarında, akışı keserek çalışmak mümkün olmamaktadır. Her noktada bypass (yedek) hatların olmadığı görülmektedir. Bu başlangıçta, ilk yatırımları düşürse de, sonrasındaki işlerin istenen nitelikte yapılabilmesinde zorluk oluşturmaktadır.



Şekil 3. Fabrika canlı sistemi (plant live system)

Ekipman montajı zorluğu ile birlikte diğer bir kısıt da zamandır. Belirlenen sürede, belirlenecek noktalara ve uygun nitelikleri haiz ekipmanlarla donatmak ve en optimal veriyi sağlamak projenin etkinliğini belirlemektedir, Şekil 3.

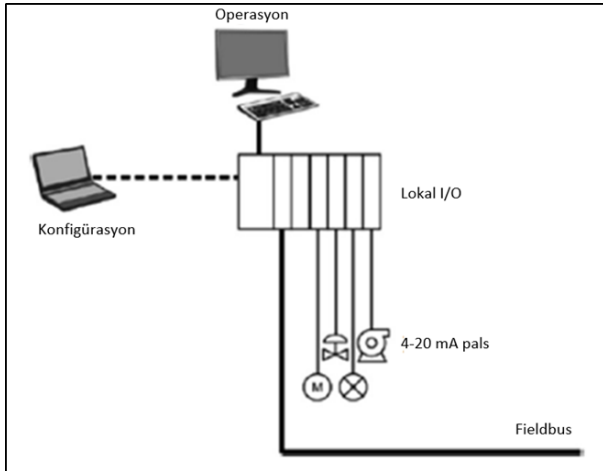
Fabrika girişinden uç noktalara kadar yüzlerce ölçme ekipmanı bulunmakla birlikte, EnMS için anlamlı topoloji oluşturmak önem taşımaktadır. Elektrik örneği için oluşturulan örnek topoloji Şekil 4’te verilmektedir. Bunun, değişik basınçlardaki basınçlı hava, doğalgaz, su, vd. akışlar için de oluşturulması zorunludur.



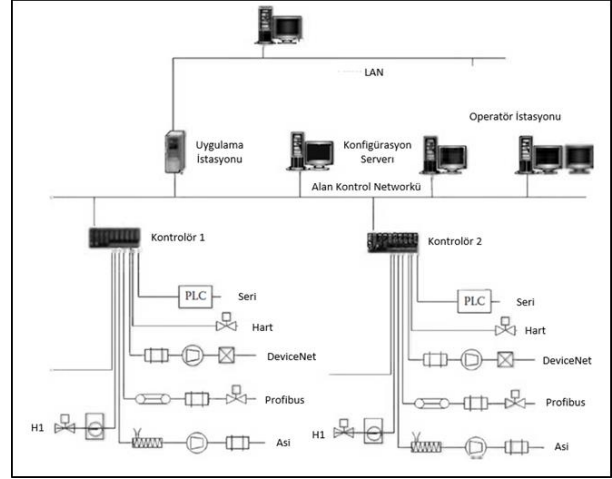
Şekil 4. Enerji akışkanları için örnek topoloji (energy flow topology as sample)

Endüstriyel Otomasyon Kısıtları (Industrial Automation Constraints)

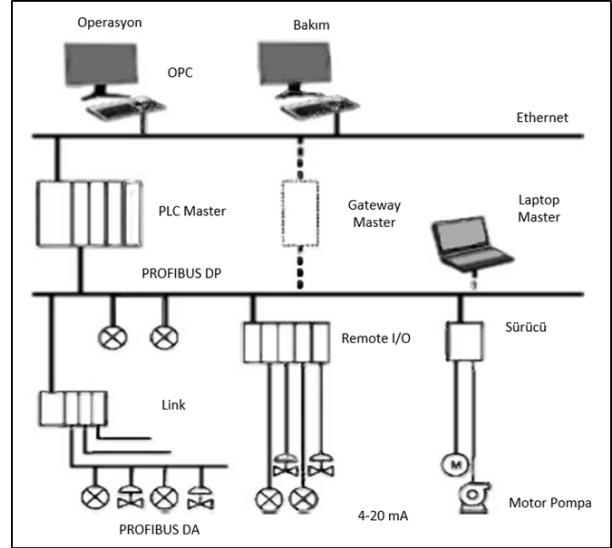
Fabrikalarımızda en yaygın görülmekte olan endüstriyel otomasyon sistemleri lokal kontrole sahip, ekipmanların ölçüm ve kontrolünün sağlandığı PLC’lerdir, Şekil 5.



Şekil 5. Tipik bir PLC (Programmable Logical Controller) mimarisi (a typical PLC architecture)

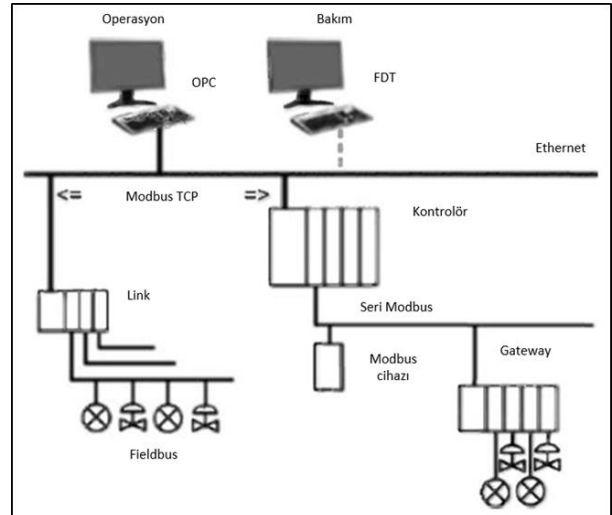


Şekil 6. Tipik bir DCS (Distributed Control System) mimarisi (a typical DCS architecture)



Şekil 7. Tipik bir PROFIBUS mimarisi (a typical PROFIBUS architecture)

Şekil 6 7 ve 8 fabrikalarımızdaki en yaygın ethernet bazlı olmayan lokal otomasyon ve haberleşme mimarilerini göstermektedir.







- Her fabrika (sahaya) birer adet ve merkezde 3 adet (redundant) olmak üzere, toplamda 17 server montajı,
- Mevcut 13.000 olmak üzere toplamda 15.000 ekipmandan 30.000 veri akışı başlamıştır.
- Ayrıca, fabrika girişlerine, fabrika ile şebeke bağlantı noktasında şebeke elektriksel olaylarını analiz etmeye imkan sağlayan ve her biri yaklaşık 10,000 data sağlayan fabrika başına minimum 1 adet olmak üzere toplamda 23 adet Power Quality (PQ, Güç Kalitesi) analizörü montajı yapılmıştır.

Kıvrımlı maliyetler Çizelge 1'de görülmektedir.

Çizelge 1. Ayrıntılı maliyet yüzdesi (Detailed cost percentage)			
	toplam	malzeme	işçilik
yazılım	13	6,5	6,5
elektrik	29	23,2	5,8
basınçlı hava	27	26,7	0,3
doğalgaz	19	11,8	7,2
su	12	8,0	4,0
toplam	100	76,2	23,8

Risk ve Başarı Faktörü Değerlendirmeleri (Risk and Key Performance Assessment)

Şişecam'da bu türde ilk ve dünyanın sayılı projeleri arasına girebilecek büyüklükteki projenin riskleri de beraberinde gelmektedir. Aşağıda kısaca özetlenmektedir:

- Operasyonel ve yönetsel anlamda kullanılmaması,
- Enerji sözleşme ve anlık takibinde yararlanılmaması,
- Yatırımlar ve yeni satın alınacak ekipmanlarda eldeki verinin kullanılmaması,
- Enerji denetimlerinde doğrulamanın EnMS üzerinden yapılmaması,
- Altan üste doğru enerji ile KPI'ların EnMS üzerinden verilmemesi ve sonuçların kontrol edilmemesi,
- Yöneticilerin genişletme çabalarını bloke etmesi,
- Standart hale getirilmiş ekipman ve sistemlerin yatırımlarda uygulanmaması,
- İlk kurulumlarda ekipmanların kurulmaması,
- Haberleşme protokollerinin uygun seçilmemesi,
- Analiz yöntemlerinin incelendiği teknik ekiplerin oluşturulmaması vb. sayılabilecektir.

Kurulumdan itibaren geliştirilen projelerle ise, altta görülen bazı teknik kazanımlar görülmektedir:

- Kompresör çıkışlarına sağlanan sensörler (debimetreler) ile kompresörlerin, havayı ne verimlilikte ürettikleri karşılaştırılmıştır. Bu veri ışığında, saha yetkilileri ile yürütülen ortak çalışmalarda, yıllık yaklaşık 2 mioTL'lik bir kazanç görülmüş ve uygulamaya geçilmiştir.

- Kompresörlerin KPI'ları belirlenmiştir.
- Elektrik kesintileri, verisel analiz edilmiş ve mesnet izolatörden kaynaklandığı noktasal tespit edilerek giderilmiştir.
- Fırınlara spesifik enerji kullanımları belirlenmiş ve sorumlularına bildirilmiştir.
- Fırınlara kapasite kullanımının verimlerine ne kadar etkilediği ve farklı çalışma koşullarına sahip fırınlarda durumun ne olduğu netleşmeye başlamıştır.
- ISO 50001 denetimleri sorunsuz geçmiştir. SEÖİS energy management anlamında Türkiye'de uygulanan ilk scadadır.
- Saha ve IT arasında bu büyüklükte işletebilen bir proje olmuştur. İleriki dönemlere, çevre, fırın, vb. gibi tüm yaptırımları istenecek sistemler için yeni yatırıma gerek olmaksızın, üzerine inşa edilebilecektir.
- Röle ayarları, duruş sebeplerinin analizi, duruş sürelerinin azaltılması, cezai durumların belirlenmesi ve anında düzeltilmesi, vb. gibi teknik ekibe fayda sağlayacak işler yapılmıştır ve artarak devam etmesi beklenmektedir.
- Fabrika enerji beslemelerindeki gerilim dengesizliği tespit edilerek, giderilmesi sağlanmıştır.
- Ürün birim maliyetleri belirlenmiştir.
- Yüksek enerji tüketimi olan fırınlar ve ekipmanlar belirlenmiştir.
- 64 kişi ile sinerjik paylaşım eğitimi düzenlenmiş, bilgiler aktarılmıştır.
- Satın alma için ekipman verim haritaları oluşturulmuştur.

Saha Optimizasyonu (Plant Optimization)

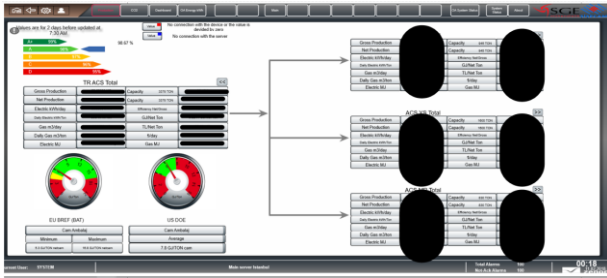
Ekipmanların optimal yerleşimi, yaklaşık 700 km fiber optik + bakır kablo çekilmesi ile ethernet bazlı haberleşmenin sağlanması ve intranete çıkıştan sonra, yüzlerce kişinin uygulamasına açılan sistemin örnekleri alta verilmektedir.

Yetkilendirme imkanı olmakla birlikte, Şekil 11'de görülen main server üzerinden tüm fabrikalara erişim ve SAP üretim değerleri üzerinden üretim – enerji korelasyonu sağlanmaktadır, Şekil 13-21.

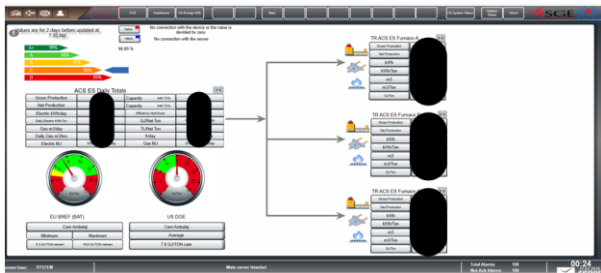


Şekil 12. Enerji yönetim sistemi SCADA'sı ana server açılış ekranı (energy management system SCADA main server screen)

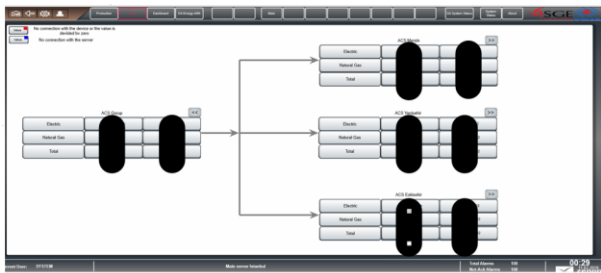




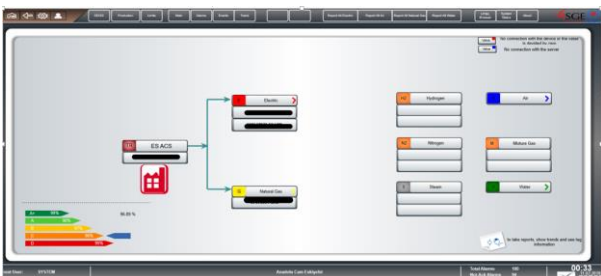
Şekil 13. Üretim – enerji korelasyon değerleri – ACS grup fabrikaları örneği (tüm gruplar için mevcuttur) (production-energy correlation data –for ACS group plants)



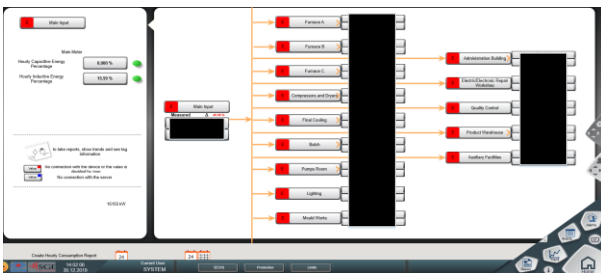
Şekil 14. Üretim – enerji korelasyon değerleri – ACS grup fabrikalarından Eskişehir örneği (tüm grup fabrikaları için mevcuttur) (production-energy correlation data – Eskişehir plant of ACS group plants)



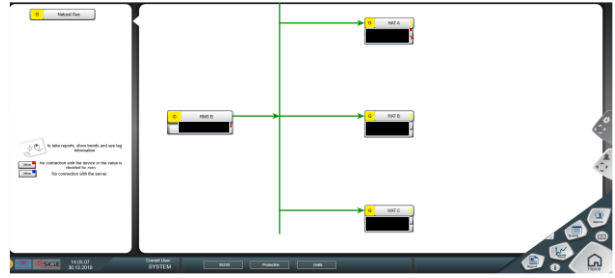
Şekil 15. CO<sub>2</sub> – enerji korelasyon değerleri (CO<sub>2</sub>-energy correlation data)



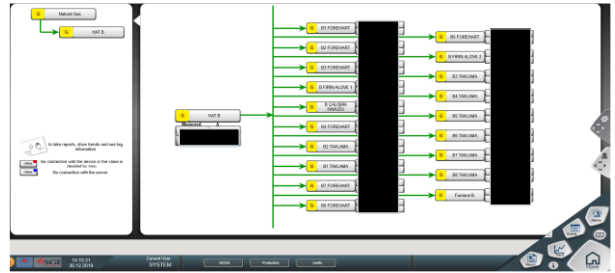
Şekil 16. ACS Eskişehir fabrikası örneği (ACS Eskişehir plant sample)



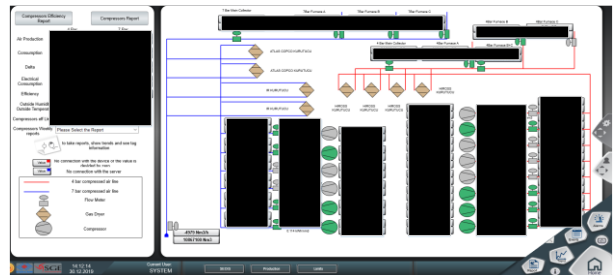
Şekil 17. ACS Eskişehir fabrikası elektrik örneği (ACS Eskişehir plant sample)



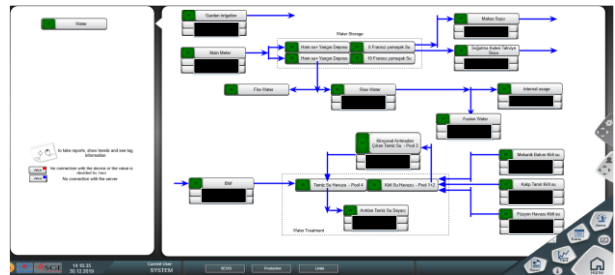
Şekil 18. ACS Eskişehir fabrikası doğalgaz örneği (ACS Eskişehir plant detailed natural gas flow sample)



Şekil 19. ACS Eskişehir fabrikası doğalgaz detay örneği (ACS Eskişehir plant detailed natural gas flow sample)



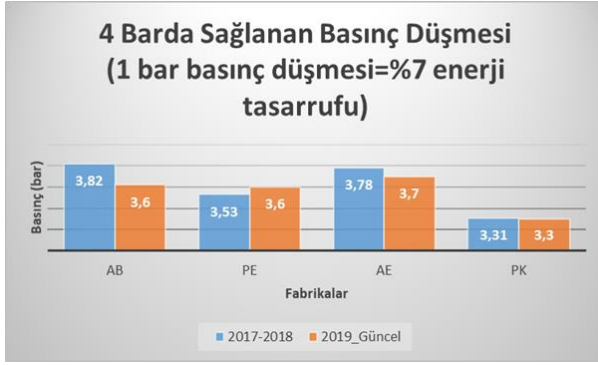
Şekil 20. ACS Eskişehir fabrikası basınçlı hava örneği (ACS Eskişehir plant detailed pressurized air flow sample)



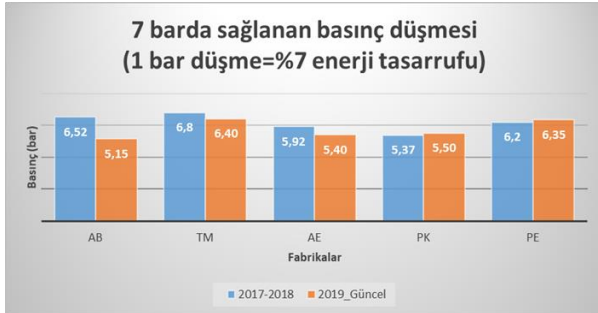
Şekil 21. ACS Eskişehir fabrikası su örneği (ACS Eskişehir plant detailed water flow sample)

Bazı Enerji Verimliliği Uygulama Örnekleri (Some Energy Efficiency Application Samples)

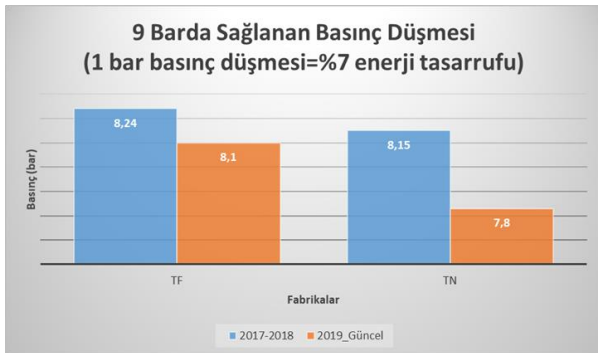
Fabrikalarda en yüksek elektrik enerjisi tüketicisi olan kompresörlerde çeşitli basınçtaki devrelerinde yapılan iyileştirmeler Şekil 22 a-b-c’de verilmektedir. Çalışılan kompresör yükünün yaklaşık 60 MW olması, verimliliğin büyüklüğünü göstermektedir.



Şekil 22.a. 4 bar basınçlı hava devresinde sağlanan enerji verimliliği çalışması (Energy efficiency work at 4 bars pressurized air circuit)

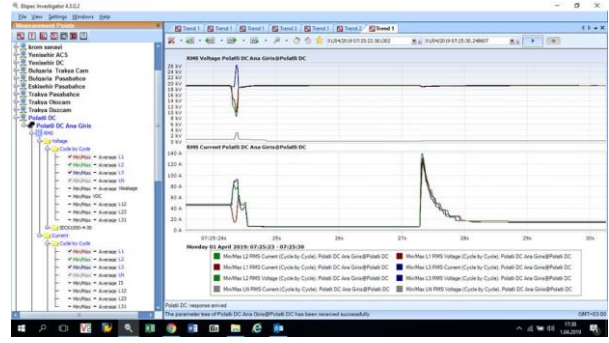


Şekil 22.b. 7 bar basınçlı hava devresinde sağlanan enerji verimliliği çalışması (Energy efficiency work at 7 bars pressurized air circuit)



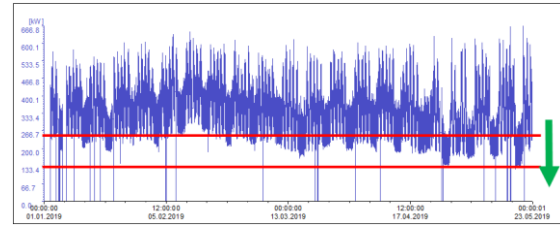
Şekil 22.c. 9 bar basınçlı hava devresinde sağlanan enerji verimliliği çalışması (Energy efficiency work at 9 bars pressurized air circuit)

Bir diğer verimlilik çalışması, şebeke olaylarındaki korumayı sağlayan röle koordinasyonunun sağlanmasıdır. Şebeked yaşanan, genliği EN 50160 tanımlama limitlerinin dışında kalan ancak süresi uzun olan olayda, fabrika rölelerinin bunu kesinti gibi hissedip, ana giriş kesicisini açtırarak generatörleri devreye sokması olumsuz durumdur. Röle selektivitesinin olmadığı yakalanan bu özel durum, tüm fabrikalarda düzeltilerek, yolda fabrika başına bir kaç kez devreden çıkma sağlanmıştır. Üretim verimliliğine olumlu etki sağlamış verimlilik arttırıcı projelerden olmuştur. Şekil 23, olayın yaşandığı bir andaki şebeke ve ana bara gerilim karakteristiklerini karşılaştırmalı göstermektedir.



Şekil 23. Şebeke – Fabrika gerilim analizi (Grid – Plant voltage analysis)

Diğer basit, fakat getirisi yüksek bir çalışma ise Şekil 24'te verilen bina enerji verimliliği uygulamasıdır. Belli bir süre izleme yapıldıktan sonra, yapılan optimizasyon çalışması ile bina talep – arzı (zaman yönetimi) sağlanarak yaklaşık 150 kW güç düşüşü sağlanmıştır.



Şekil 24. Bina yükünün optimizasyonu (Building demand optimization)

### 3. SONUÇ VE ÖNERİLER (RESULTS AND SUGGESTIONS)

Enerji Yönetim Sistemi projesi ile, 17 fabrikadan yaklaşık 15,000 ekipmanın enerji datası aynı veritabanına aktarılmıştır. Yaklaşık 30,000 enerji verisi ve 410,000 elektrik verisi inceleme ve analiz olanağına kavuşmuştur. Kök neden analizine dönük saha çalışanları tarafından yapılabilir analizler için elde edilebilir veri (data) bunun da üzerindedir.

Saha ekipmanları, topoloji haritaları, manuel raporlamalar, geriye dönük ve online trendsel analiz, grafikler, vb. gibi tüm teknik analiz ve istatistiksel yöntemler aktif edilmiştir.

Sistemin etkin işlerliği, genişlemeye uygun olması ve mevcut altyapıyı kullanarak gelecek yatırımlarda bütçesel tasarruf sağlaması ek kazanımlarından bazılarıdır.

### TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Tümü, Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. kaynaklarında ve izniyle gerçekleştirilen proje çalışması ve çıktısı bu makale için onay vermiş yöneticilerimiz ve katkı koymuş seksen mühendis/teknisyene derin teşekkürlerimi arz ederim.

## **ETİK STANDARTLARIN BEYANI** (DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

## **KAYNAKLAR (REFERENCES)**

- [1] **TS EN ISO 5001:2013**, “Enerji Yönetim Sistemleri – Şartlar ve kullanım için kılavuz”, Türk Standartları Enstitüsü, (2013).
- [2] **EN 50001:2011**, “Energy Management Systems – Requirements with guidance for use”, International Organization for Standardization, ( 2011).
- [3] **BS EN 16247-1:2012**, “Energy Audits – Part 1:General Requirements”, British Standards Institute, (2012).
- [4] **BS EN 16247-2:2014**, “Energy Audits – Part 2:Buildings”, British Standards Institute, (2014).
- [5] **BS EN 16247-3:2014**, “Energy Audits – Part 3:Processes”, British Standards Institute, (2014).
- [6] **IEEE Std 739-1995**, “IEEE Recommended Practice for Energy Management in Industrial and Commercial Facilities”, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, (1984).
- [7] Liptak B. G., Eren H., “*Process Software and Digital Networks*”, CRC Press, (2012).
- [8] Görçün Ö. F., “*Endüstri 4.0*”, Beta, (2017)