

BÜYÜK HASTANELERDE MEKANİK SİSTEMLERE OTOMASYON YÖNETİM SİSTEMİNİN ENTEGRESİ İLE ENERJİNİN ETKİN KULLANIMI VAKA ANALİZİ

The Case Study Related With The Effective Use Of Energy Consumed In Large Hospital Mechanic Systems With Integration Of Automation Management System

Ozan Serhat Yüce
Artuğ Fenercioğlu

ÖZET

Büyük hastanelerin mevcut kurulu güçlerine, sistem karmaşıklığına ve potansiyel enerji tüketme verilerine bakıldığı zaman tasarım verileri ile sistemin gerçekte ihtiyacı olan değerler arasında ciddi bir enerji tasarrufu yapma potansiyeli söz konusu olduğunu görmekteyiz. Bu potansiyeli ortaya çıkaran başlıca faktörler ise iklim değişikliği, insan faktörü ve tasarım emniyet faktörleridir. Otomasyon sistemi ise verileri denetleyerek ve yöneterek bütün disiplinler ile koordine olduğu takdirde bu tasarruf potansiyelini gerçekleştirilmeyi mümkün kılmaktadır. Tasarımdaki emniyetleri ve işletmedeki değişken faktörleri özellikle de iklim şartlarının değişkenliğini göz önüne alarak ihtiyaç kadar üretme ve ihtiyaç kadar harcama ilkesiyle enerji verimliliği sağlanabileceği tüm dünya tarafından kabul edilen bir düşünce biçimi olmaya başlamıştır.

Otomasyon Sistemi gereken bütün sistem verilerini izleyerek, kaydederek ve yöneterek iklim değişikliklerine ve insan faktörüne rağmen, sistemin stabil çalışmasını, devreye alma sürelerinin kısaltılmasını ve kabul edilen tasarım standartlarını uygulayıcı bir denetleme ve yönetme aracı olarak endüstri 4.0 ile karşımıza çıkmaktadır. Konfor şartları, prosesin kaynakta ve ilgili mahalde kontrol edilerek maksimum verim - minimum tüketim ilkesiyle günümüzde bilinen mevcut disiplinlerde doğru senaryo tasarımı ve uygulanmasıyla sağlanabilmektedir. Mevsimsel geçişlerde sistemi durdurmadan ekipmanlar arası geçiş yapma mantığıyla tek bir elden sistemdeki ekipmanların emniyetinin sağlanması, ortaya çıkabilecek arıza ve bakım masraflarının da minimuma indirilmesi günümüzde sürdürülebilirlik açısından önem arz etmektedir. Mekanik Sistemler Otomasyon Yönetim Sistemi enerjinin etkin kullanımında büyük bir rol oynamaktadır.

Bir hastane uygulamasında, otomasyon yönetim sistemi entegrasyonu ile trijenerasyon sistemi komple devreye alınacaktır. Çalışma senaryolarının birbirleri arasındaki koordinasyonu sağlanarak ve kullanılan ekipmanların kendi disiplininde tasarıma göre devreye alınmadan önce ve devreye alındıktan sonra harcaması öngörülen enerji tüketimleri detaylı analiz edilmiştir. Bu trijenerasyon sisteminde bulunan Soğutma Grupları, Absorpsiyonlu Soğutma Grupları, Açık ve Kapalı Tip Soğutma Kuleleri, Klima Santralleri, Isıtma ve Soğutma Sirkülasyon Pompaları, Fan-Coil Sistemleri ana başlıkları ele alınarak bu hastanede mevcut kurulu gücün talep edilen ihtiyaca göre senaryoların optimizasyonu yapılarak çalıştırılması halinde mevcut durumla karşılaştırılarak Otomasyon Sisteminin bütün sisteme entegrasyonu ile elde edilebilecek enerji tasarruf potansiyeli bu bildiri ile anlatılacaktır.

Anahtar Kelimeler: HVAC, Optimizasyon, Enerji tasarrufu, Enerji tüketimi, Etkin enerji

ABSTRACT

When we look at the current installed capacities, system complexity and potential energy consumption data of large hospitals, we see that there is a serious energy saving potential between

the design data and the values that the system actually needs. The main factors that reveal this potential are climate change, human factor and design safety factors. The automation system makes it possible to realize this saving potential if it is coordinated with all disciplines by controlling and managing data. Considering the safety in design and the variable factors in the operation, especially the variability of climate conditions, energy efficiency has started to be accepted by the whole world with the principle of producing as much as needed and spending as much as needed. The Automation System stands out with industry 4.0 as an inspection and management tool that adapts itself to climate changes and human factors by monitoring, recording and managing all required system data, the stable operation of the system, shortening the commissioning times and implementing accepted design standards. Comfort conditions can be achieved by controlling the process at the source and at the relevant location, with the principle of maximum efficiency - minimum consumption, with the right scenario design and implementation in the current disciplines known today. With the logic of switching between equipment without stopping the system during seasonal transitions, ensuring the safety of the equipment in the system from a single source and minimizing the malfunction and maintenance costs that may arise are important for sustainability today. Mechanical Systems Automation Management System plays a big role in the efficient use of energy.

In a hospital application, the trigeneration system will be fully commissioned with the automation management system integration. By ensuring the coordination of the working scenarios between each other, the energy consumption foreseen to be spent before and after the commissioning of the equipment used in its own discipline according to the design has been analyzed in detail. The main headings of the Cooling Chiller Groups, Absorption Chiller Chillers, Open and Closed Type Cooling Towers, Air Handling Units, Heating and Cooling Circulation Pumps, Fan-Coil Systems in this trigeneration system are taken into consideration, and the existing installed power in this hospital is optimized and the scenarios are operated according to the demanded need. The energy saving potential that can be obtained by integrating the Automation System into the whole system by comparing it with the current situation will be explained with this statement.

Keywords: Optimization, energy saving, energy consumption, effective energy

GİRİŞ

PROF. DR. CEMİL TAŞÇIOĞLU ŞEHİR HASTANESİ bünyesinde iklimlendirme otomasyon yönetim sistemi ve ilave sistemler izleme sistemi kurulmuştur. Sistem, 2020 yılında devreye alınmış ve hastane teknik ekibine 15 Ekim 2020 tarihi itibari ile teslim edilmiş, faal ve aktif haldedir.

Tesisin iklimlendirme sistemleri ekipmanlarının sürekli kontrolü ve yönetimi, hasta ve sağlık çalışanlarının korunması ve konforunu sağlamak için çalışmaktadır.

İklimlendirme sistemi, konforu sağlamak için 29MW soğutma merkezi gücü, 24MW ısıtma merkezi gücü, üretilen ısının, hastanenin tüm kullanım noktalarının ısı yüküne göre transferini sağlayan ekipmanlar, havalandırma ekipmanlarıyla binanın geneline yayılmış bir yapı oluşturmaktadır.

Tüm bu ekipmanların amacına uygun ve enerji etkin olarak çalıştırılmasını otomasyon yönetim sistemi sağlamaktadır.

SİSTEM TANIMI

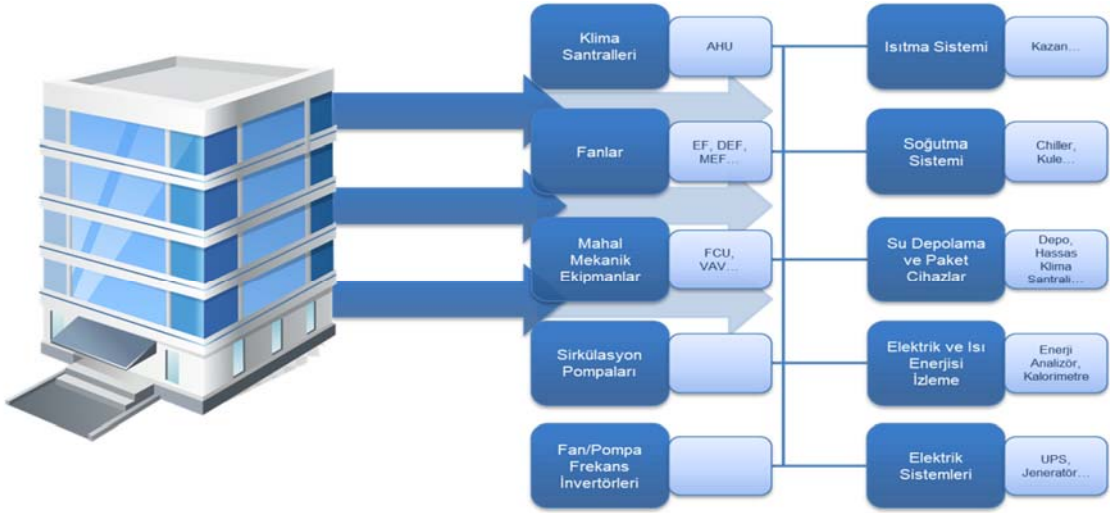
PROF. DR. CEMİL TAŞÇIOĞLU ŞEHİR HASTANESİ, iklimlendirme otomasyon yönetim sistemi ve ilave izleme sistemi, Faz-1 kapsamında oluşturulmuştur. Faz-2 kapsamında yapılacak 2 blok mevcut sisteme eklenecektir.

İKLİMLENDİRME SİSTEMİ

İklimlendirme sistemi ekipmanları olarak tesis bünyesinde;

- 10 adet Soğutma Kulesi (5 adet açık tip, 5 adet kapalı tip)
- 9 adet Soğutma Grubu (2,7 MW her bir grup)
- 2 adet Absorbsiyonlu Soğutma Grubu (2 MW her bir grup)
- Tri-jenerasyon (3 Ünite, Toplam 6MW)
- 81 adet Soğutma Pompaları
- 6 adet Isıtma Kazanı
- 6 adet Buhar Jeneratörü
- 94 adet Isıtma Pompaları
- 117 adet Klima Santrali
- 142 adet Muhtelif Fan
- 165 adet Basınç Kontrollü Yoğun Bakım, 330 VAV Ünitesi
- 27 adet Ameliyathane
- 2742 adet Fan-coil Ünitesi

bulunmaktadır.



İLAVE İZLEME SİSTEMİ EKİPMANLARI

İlave izleme sistemi ekipmanları olarak tesis bünyesinde;

- UPS sistemi izlemeleri, 26 adet UPS
- Jeneratör izlemeleri, 7 adet jeneratör
- Hassas Klimalar
- Kat ana dağıtım panoları şalter izlemeleri ve Busbar çıkış kutuları izlemeleri, 436 adet
- Enerji analizörleri izlemeleri, 335 adet

bulunmaktadır.

İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİ OTOMASYON YÖNETİM SİSTEMİ

Projenin tamamlanmış olan Faz-1 kapsamında; mekanik sistemler için 10 bin fiziksel, 5 bin soft ve fan-coil sistemi için 50 bin noktadan oluşan mekanik sistemler otomasyon yönetim sistemi hastane altyapısına tesis edilmiştir. İSOYS bünyesinde 62 adet otomasyon panosu bulunmaktadır. Ayrıca hem İSOYS hem de İSS bünyesi toplamında 47 adet ise protokol çeviri modüllerin tesis edildiği otomasyon panosu bulunmaktadır.



İSOYS; ana sistemi yani hastanenin ısıtma, soğutma, havalandırma ve trijenerasyon sisteminin izleme, kontrol ve yönetimini gerçekleştirecek sistemdir.

Bina 1. bodrum katta yer alan kontrol merkezinde, sistem verilerinin depolandığı 1 adet İSOYS server bilgisayar ve 1 adet İSOYS operatör PC bulunmaktadır.

İLAVE İZLEME YÖNETİM SİSTEMİ

İlave izleme sistemlerinde; muhtelif 15 bin nokta izlenmektedir. Bu ilave sistem noktaları ile birlikte toplam sistem nokta kapasitesi olarak 80.000 nokta izlenmekte ve yönetilmektedir. İİS bünyesinde 102 adet otomasyon panosu ve hem İSOYS hem de İSS bünyesi toplamında 47 adet ise protokol çeviri modüllerin tesis edildiği otomasyon panosu bulunmaktadır.

Bina 1. bodrum katta yer alan kontrol merkezinde, sistem verilerinin depolandığı 1 adet İİS operatör PC bulunmaktadır.

ENERJİ TAKİP SİSTEMİ (ETS)

Tesise ve ihtiyaçlarına özel olarak tasarlanan, İSOYS ve İİS sistemleri kapsamında izleme ve veri toplamalarının yapılmakta olduğu bütün enerji tüketim alan ve noktalarının verilerini alıp, işleyip, irdeleyip ve yorumlayarak, verimlilik esasıyla tüketilen ve üretilen enerjilerin tamamını denetleyen, ölçüm ve performans değerlendirmeleri yapabilen bir “Enerji Takip Sistemi” (ETS) bulunmaktadır.

ETS, tesisteki tüketilen ve üretilen enerjilerin takibi sağlayacak ve böylelikle çeşitli alanlardaki enerji akışının üretim-tüketim değerlendirmesini, verimlilik esasına dayanan bir şekilde yapmaktadır.

Etkin enerji kullanım, ölçüm ve performans değerlendirme kriterlerine göre ETS sistemi şu tanımlı değerlendirme verilerine yönelik veri toplama ve analizleri gerçekleştirmektedir.

- Tahmini etkin kullanım dışı tüketim miktarı (kWh/1-yıl)
- Hedef potansiyel tasarruf miktarı (kWh/1-yıl)
- Etkin tasarruf oranı (%)
- Gerçekleşen etkin kullanım dışı tüketim miktarı (kWh/1-yıl)
- Etkin kullanım uygulama tasarruf miktarı (kWh/1-yıl)
- Etkin kullanım performansı

Genel olarak ETS sistemi şu ana başlıklardaki verileri İSOYS ve İİS tarafından aldığı veriler ışığında takip ve değerlendirme yapmaktadır.

- Soğutma Sistemi Enerji Takipleri
 - Soğutma Sistemi Yaz Döneminde Faal Olan Sistem Bileşenlerine Göre
 - Açık Tip Soğutma Kuleleri Sistemi
 - Açık Tip Kule Sistemi Bünyesindeki Soğutma Grupları Ve Evaporatör-Kondenser Soğutma Pompa Grupları
 - Absorbsiyonlu Soğutma Grupları Ve Evaporatör-Kondenser Soğutma Pompa Grupları
 - Sistem Soğutma Pompa Grupları
 - Soğutma Sistemi Kış Döneminde Faal Olan Sistem Bileşenlerine Göre
 - Kapalı Tip Soğutma Kuleleri Sistemi
 - Kapalı Tip Kule Sistemi Bünyesindeki Soğutma Grupları Ve Evaporatör-Kondenser Soğutma Pompa Grupları
 - Sistem Soğutma Pompa Grupları



- İİS Sistemi Bileşenleri
 - Enerji Analizörleri İzleme Sistemi
 - Aydınlatma Sistemleri Tüketimleri
 - UPS Panoları Tüketimleri
 - MCC Panoları Üzerinden Muhtelif Tüketimler
 - Besleme Panoları Tüketimleri
 - Fan-coil Üniteleri
 - Priz
 - Diğer
 - UPS Sistemi İzlemeleri
 - Jeneratör Sistemi İzlemeleri
- Isıtma Sistemi Enerji Takipleri
 - Isıtma Kazanları Ve Ana Isıtma Kollektör Bileşenleri
 - Sistem Isıtma Pompa Grupları
- İklimlendirme Sistemi Enerji Takipleri
 - Klima Santralleri Tüketimleri
 - Vantilatör Fanları Özgül Fan Gücü Beher Cihaz ve Kümülatif
 - Aspiratör Fanları Özgül Fan Gücü Beher Cihaz ve Kümülatif
 - Isıtma Akan Enerji Tüketimleri
 - Soğutma Akan Enerji Tüketimleri
 - Muhtelif Fanların Tüketimleri (EF vb.)
 - Özgül Fan Gücü Beher Cihaz Ve/Veya Hizmet Bölgesi Kümülatif

Enerji takip sistemi, iklimlendirme sistemlerinde enerjinin etkin kullanımında önem arz eden ve aşağıda bu bildirinin de konusu olan uygulanan etkin yöntemlerin performansını takip ve denetlemek üzere özelleştirilmiştir.

- Klima santrallerini tasarım debisine göre çalıştırma,
- Soğutma kuleleri sıralı çalıştırma,
- Soğutma grubu optimum su giriş sıcaklığına göre soğuk su üretimi,
- Soğutma grubu talebe göre debi kontrolü,
- Soğutma grubu verime göre sıralı çalıştırma,
- Fan coil akıllı termostat ile kontrolünün otomatik çalıştırma sürekliliği,
- Talebe göre ısı transferi (Isıtma),
- Parabolik pompa kontrolü (Isıtma ve Soğutma),
- Akıllı vanalar ile klima santrali enerji optimizasyonu (Isıtma ve Soğutma).

Etkin enerji için kullanılan yöntemler



Şekil-1

Tesisteki mekanik sistemdeki ekipmanların, otomasyon yönetim sistemiyle birlikte amacına uygun ve enerji etkin olarak çalıştırılmasını sağlamak için yukarıdaki yöntemler belirlenmiştir. Bu yöntemlerin uygulanabilmesi için tasarım gerekleri, ekipman yetenekleri ve birlikte çalışma prensipleri irdelenmiş, uygulama tasarımı gözden geçirilmiştir. Bu yöntemlerle, belirlenen etkin enerji yöntemlerini uygulamak ve tasarruf elde etmek amaçlanmıştır.

Her bir yöntemin enerji tasarruf potansiyeli sistem tasarım uygulaması yapılmadan önce hesaplanmış ve hedef olarak belirlenmiştir. Bu hesaplamada toplam potansiyel için, ekipmanların standart kullanılması durumunda tüketilecekleri toplam enerji dikkat alınmıştır. Standart kullanım koşulları ; Test, ayar, dengeleme sonrasındaki, ekipmanların sistemin birlikte çalışma prensiplerine tam olarak karşılımadan çalıştırılması olarak kabul edilmiştir.

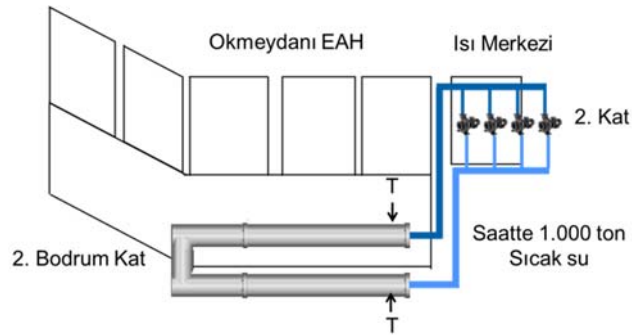
Sistemin standart kullanım koşulları çerçevesinde devreye alınma aşamasında, bu koşulun sistemdeki enerji tüketimleri izlenmiştir. Etkin enerji metodları devreye alınmadan önce gerçekleşen enerji tüketim verileri toplanmıştır. Tesis işletmesinde geleneksel işletme davranışının etkisi gözlemlenmiştir.

Sistemde etkin enerji yöntemlerini kullandıktan sonra analiz edilen ve hedeflenen enerji tasarruf miktarları da gözlemlenecektir.

Potansiyel Enerji tasarrufu yapabileceğimiz alanlar ve tasarruf miktarları

NO	POTANSİYEL ADI	POTANSİYEL TASARRUF MİKTARI (kWh/1yıl)
1	Transfer Pompaları Delta T değişken debi kontrolü Kazan Dairesi Isı Merkezinden 2. Bodrum Kat Isıtma Kollektörüne Suyun Transferi	394.000
2	Isıtma Sirkülasyon Devreleri Parabolik Delta P Kontrolü	60.000
3	Klima Santralleri-AHU Sirkülasyon Devresi Batarya Minimum Delta T Kontrolü – Tasarım Sıcaklık Farkına Göre	15.000
4	Soğutma Kule Fanları Sıralı Çalıştırma	400.000
5	Chiller Kondenser Giriş Sıcaklığının Yaş Termometre Sıcaklığına Göre Ayarlanması	770.000
6	Chiller Evaporatör Delta T Sabit Çalıştırılma , Değişken Debi	500.000
7	Soğutma Grubu Kısmi Soğutma Yüklü Ekipman Performansına Göre Sıralı Çalıştırma	88.000
8	Soğutma Sirkülasyon Devreleri Parabolik Delta P Kontrolü	200.000
9	AHU Sirkülasyon Devresi Batarya Min Delta T Kontrolü	70.000
10	Klima Santralleri Debi Ölçümü ve Tasarım Debisine Göre Çalıştırma	2.300.000
11	FCU Akıllı Termostat ile Kontrol Sistemi	1.358.284
TOPLAM POTANSİYEL TASARRUF MİKTARI - kWh		6.155.284

1-TALEBE GÖRE ISI TRANFERİ



Isı merkezi ana binadan ayrı bir yapıdır. Ana binanın 2. Kat seviyesinde bulunan ısı merkezinde 6 adet kazan bulunmaktadır. Her bir kazana 4 MW gücündedir. Toplamda 24 MW ısıtma gücü vardır. Üretilen sıcak su, her biri 45 kW elektrik gücündeki 3 asıl 1 yedek pompa ile ana bina 2. Bodrumdaki ısıtma hattına transfer edilmektedir. Her bir pompa Frekans sürücülüdür.

Uygulanan yöntem

Transfer pompaları delta T'ye göre değişken debi ayarı yapılarak kontrol edilmiştir. Ana bina 2. Bodrum katta bulunan ısıtma kollektörüne giren su sıcaklığı ve dönüş kollektöründe toplanan ısı merkezine geri dönen su sıcaklıkları ölçülmüştür. Otomasyon sistemine alınan bilgi, sistemin haberleşme hattını kullanarak ısı merkezindeki pompa kontrol paneline aktarılmıştır. Pompa kontrol paneli, ölçüm sıcaklık farkını sabit tutmak için, pompa frekans sürücülerinin oransal olarak yönetilmektedir. Böylelikle ana binadaki ısıtma talebine göre, sıcak su binaya gönderilmektedir. Aşağıdaki değerler tesisteki kullanılan cihazların standart kullanımındaki yıllık kWh tüketimi ve yapılan

analizler sonucunda bu değerden elde edilecek potansiyel tasarruf miktarı ve yüzdesel oranı gösterilmiştir.

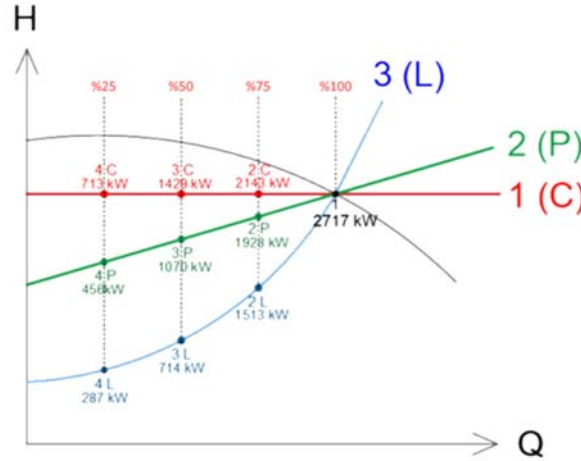
Standart Kullanım (kWh/yıl)	Potansiyel Tasarruf (kWh/yıl)	Tasarruf Oranı (kWh/yıl)
712.800	394.000	55,27%

2- Isıtma Hattı Parabolik Pompa Kontrolü

Ana bina 2. Bodrumdaki ısıtma merkezinde sistem gidiş ve dönüş hattındaki 94 adet pompa mevcuttur. Her bir pompanın kendine ait frekans konvertörü mevcuttur.

Uygulanan yöntem.

Isıtma hattında bulunan pompalar parabolik olarak kontrol edilmiştir. Bu pompalar grup şeklinde çalışmaktadır. Herbir grubun kendine ait pompa kontrol paneli mevcuttur. Tasarlanan devredeki pompa gruplarında hat üzerinde fark basınç ölçümü yapıp, her bir panonun bilgisi kendine ait olan pompa kontrol paneline gelmektedir. Bu bilgiler, tasarlanan otomasyon sistemine taşınıp, kullanarak pompaların etkin bir şekilde kullanımı sağlanmıştır. Pompa kapasitelerinin çalışma yüzdelerine göre verimlilik değerleride değişmektedir. Yapılan çalışmada bu yüzdeler oranlarda kullanılarak kontrol sağlanmıştır.



Aşağıdaki değerler tesisteki kullanılan cihazların standart kullanımındaki yıllık kWh tüketimi ve yapılan analizler sonucunda bu değerden elde edilecek potansiyel tasarruf miktarı ve yüzdesel oranı gösterilmiştir.

Standart Kullanım (kWh/yıl)	Potansiyel Tasarruf (kWh/yıl)	Tasarruf Oranı (kWh/yıl)
278.725	60.000	21,53%

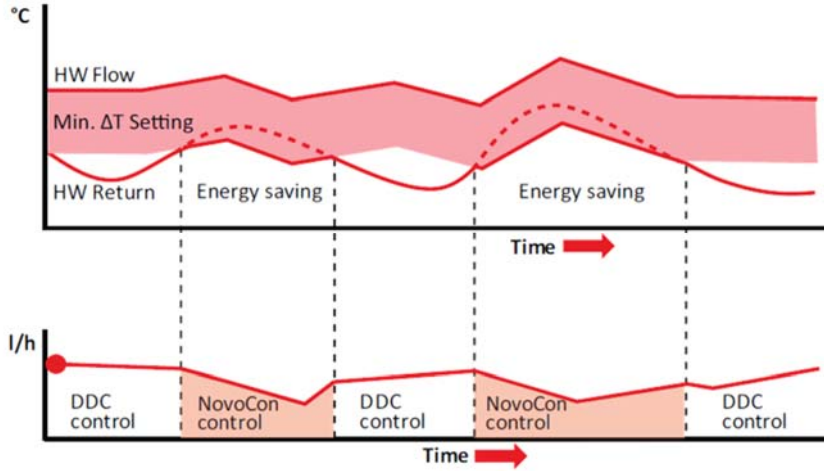
3-Isıtma tarafı akıllı vana ile Klima Santralleri enerji optimizasyonu

Tesiste ana yerleşim dağılımı olarak 11. Kat, 6.kat ve Bodrum 2 katlarında toplamda 117 adet Klima santrali mevcuttur. Klima santralleri ısıtma ve soğutma serpantin hatlarının dönüş bölümlerinde akıllı vana motorları mevcuttur. Akıllı motorlar kullanılan balans ve kontrol vanaları anlık debiyi yüksek doğrulukta bilmektedir. Dijital motora vereceğiniz kumanda sinyalini 1/1000 kontrol oranında vanaya aktarabilmektedir. Bu özellik kontrol hassasiyetini arttırmakta ve hataları en aza indirmektedir.

Terminal ünite (ısı aktarıcı) öncesi ve sonrasına eklenecek iki sıcaklık hissedicisi motora bağlandığında akan enerjiyi hesaplayabilmektedir.

Bu özellikler ile beraber terminal üniteyi zondaki gereksinime göre kapasite kontrolü yaparak çalıştırılıyor. Terminal ünite çıkış su sıcaklığını tasarım sıcaklığını sağlayacak şekilde yönetiyoruz.

Üfleme ve/veya dönüş sıcaklık kontrolünden çıkan döngü batarya çıkış su sıcaklığını tasarım sıcaklığına getirmek üzere çalışıp, sürekli kısma giderek enerji verimliliği sağlamayı hedefliyoruz.



Aşağıdaki değerler tesisteki kullanılan cihazların standart kullanımındaki yıllık kWh tüketimi ve yapılan analizler sonucunda bu değerden elde edilecek potansiyel tasarruf miktarı ve yüzdesel oranı gösterilmiştir.

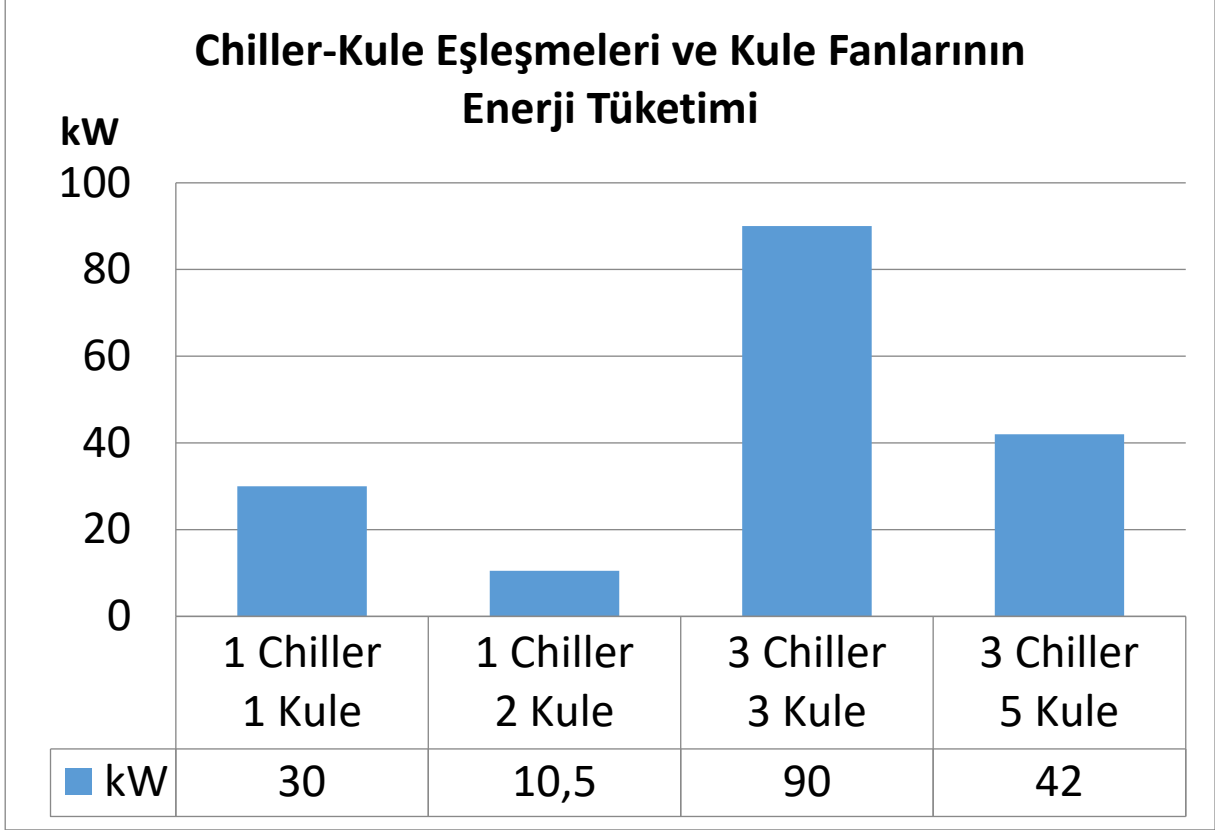
Standart Kullanım (kWh/yıl)	Potansiyel Tasarruf (kWh/yıl)	Tasarruf Oranı (kWh/yıl)
217.406	15.000	6,90%

4-Soğutma Kuleleri Sıralı Çalıştırma

Ana binanın yanında bulunan teknik merkez 3. katında 5 adet Kapalı Soğutma Kulesi, 5 adet Açık Soğutma Kulesi mevcuttur. Soğutma kulleri kontrol panosu aynı katta bulunan elektrik odasındadır. Kule hatlarının çıkışlarında her biri için ayrı sıcak ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümler kule panolarında toplanmıştır. Bu bölümdeki bilgiler kule panosundan entegrasyon ile alınmıştır. Soğutma Kuleleri kademeli olarak devreye girecek şekilde otomasyon senaryosu belirlenmiştir. ABS çalışırken Açık Kuleler de aynı zamanda çalıştırılmaktadır. Devrede olan Chiller Gruplarına göre devreye kuleler devreye girmektedir. Soğutma Kulelerinin fanları kule çıkış sıcaklığına göre devrini ayarlamaktadır. Kule kontrol sistemi, çalışan makina sayısına göre ihtiyaç duyulacak miktardaki kondenser soğutma suyunu; toplam verim esasına göre ve yaş termometre sıcaklığına göre değişken sıcaklıkta üretmek üzere çalıştırılmaktadır.

Soğutma Kuleleri girişlerinde bulunan motorlu vanalar, öncelikli olarak her bir soğutma grubunun debisini karşılayacak şekilde devreye alınmaktadır. İkinci olarak kule dönüş kollektörü sıcaklığı sonucuna göre devreye alınmaktadır. Örneğin 2 Soğutma grubu için, 1 Soğutma Kulesi devrede olduğu halde çok sıcak günlerde kule dönüş suyu sıcaklığında ölçülen sıcaklık istenen değerden yüksekse diğer kuleler istenen sıcaklık yakalanana kadar sırasıyla devreye girmektedir.

Aktif olan Chiller sayısına göre devreye girecek kule miktarı ve buna eşdeğer olan tüketim miktarları aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

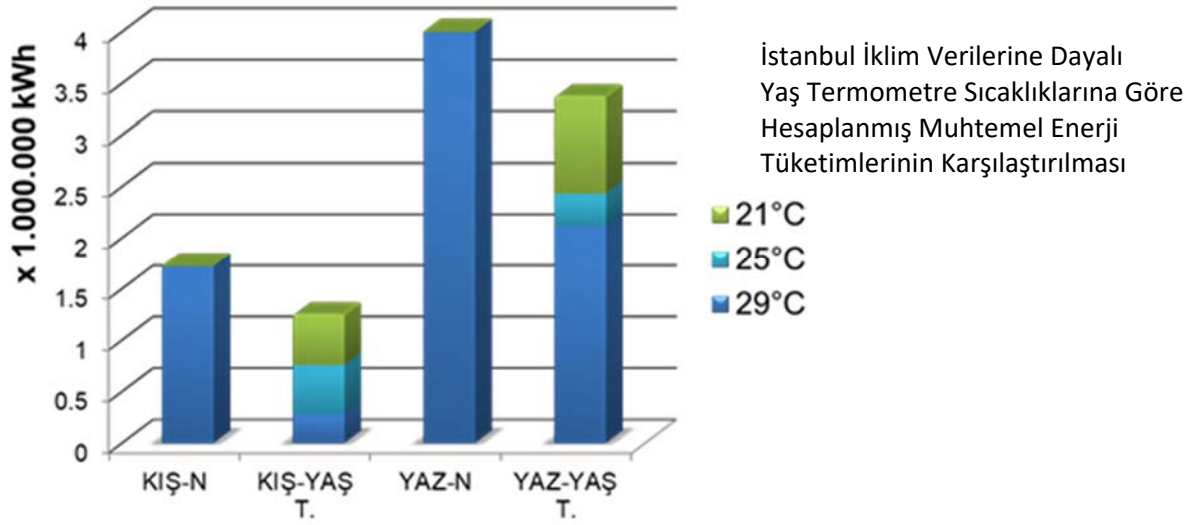


Aşağıdaki değerler tesisteki kullanılan cihazların standart kullanımındaki yıllık kWh tüketimi ve yapılan analizler sonucunda bu değerden elde edilecek potansiyel tasarruf miktarı ve yüzdesel oranı gösterilmiştir.

Standart Kullanım (kWh/yıl)	Potansiyel Tasarruf (kWh/yıl)	Tasarruf Oranı (kWh/yıl)
783.900	400.000	51,03%

5- Soğutma Grubu Optimum Su Giriş Sıcaklığı

Sistemin ihtiyacı olan soğuk 6°C suyu üretmek için evaporatör tarafında 12°C gelen sudan ısı çekerek üretimini sağlayan ünitelerdir. Sistem tasarımı kondenser giriş sıcaklığı 29 °C olarak tasarlanmıştır. Soğutma makinalarının verimi düşük giriş su sıcaklıklarında artmaktadır. Makinaların bu özelliği kullanılarak sistem toplam veriminin artırılması hedeflenmiştir. Soğutma kuleleri çıkış sıcaklığı ayar değeri anlık yaş termometre sıcaklığına göre belirlenecektir.



Aşağıdaki değerler tesisteki kullanılan cihazların standart kullanımındaki yıllık kWh tüketimi ve yapılan analizler sonucunda bu değerden elde edilecek potansiyel tasarruf miktarı ve yüzdesel oranı gösterilmiştir.

Standart Kullanım (kWh/yıl)	Potansiyel Tasarruf (kWh/yıl)	Tasarruf Oranı (kWh/yıl)
5.738.166	770.000	13,41%

6-Soğutma Grubu talebe göre debi kontrolü

Cihazların dizayn koşulları %100 Kapasitede 6°C Delta T, 110,5lt/sn ve 84,1kPA Delta P değerlerine göre dizayn edilmiştir. Değişken debi uygulanmak istenmesi halinde emniyet sınırları içerisinde limitlenmesi gerekmektedir. Örnekleme gerekirse değişken debi alt sınırı %100 kapasitede 8°C Delta T, 82,5lt/sn ve 41,8kPA her şartta alt limit olmalıdır.

Yani pompanın minimum çalışma debisi evaporatörde 41,8kPA Delta P değerinin sağlandığı değer olmalıdır. İkinci referans ise evaporatör giriş-çıkış sıcaklık farkı değerinin 6°C Delta T sağlanması olmalıdır. Chiller %100 kapasitede çalışırken 6°C Delta T sağlamak için pompa hızını yükselterek evaporatörde 84,1kPA Delta P sağlayacak kadar debiyi sirküle edecektir. Chiller yük boşaltmaya başladığında su debisi sabit kalması durumunda Delta T değeri yavaş yavaş 6°C nin altına düşecektir ve bu noktada pompa 6°C Delta T değerini sağlamak için hızını ve debiyi düşürerek Delta T yi daima 6°C de tutmaya çalışacaktır. Bu regülasyon minimum debi değeri olan 82,5lt/sn debi ve 41,8kPA Delta P değerine gelene kadar devam edecektir ve bunun altında bir değere düşürülmeyecektir ve bu noktadan sonra Delta T değerinin kaçta düşüşüne de bakılmamalıdır.

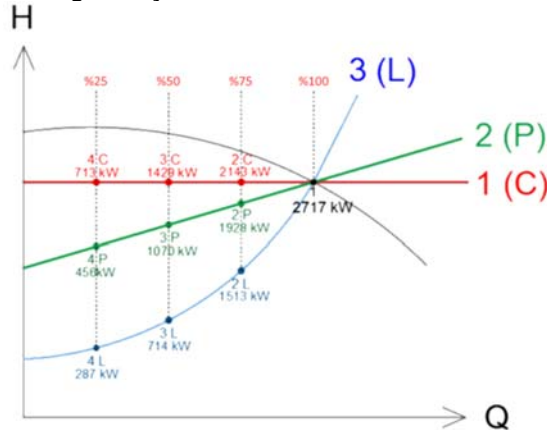
Full Load	Capacity (kW)	Percent Load (%)	Evap Flow (l/s)	Evap LWT (°C)	Cond Flow (l/s)	Cond EWT (°C)	Efficiency (COP)
506,85	2780	100.0	110.45	6.00	129.67	29.00	5,4849
419,24	2502	90.00	99.41	6.00	116.70	29.00	5,9679
367,41	2224	80.00	88.36	6.00	103.73	29.00	6,0532
328,48	1946	70.00	77.31	6.00	90.76	29.00	5,9242
286,84	1668	60.00	66.27	6.00	77.80	29.00	5,8151
256,26	1390	50.00	55.22	6.00	64.83	29.00	5,4241
223,45	1112	40.00	44.18	6.00	51.86	29.00	4,9765
180,27	834	30.00	33.14	6.00	51.86	29.00	4,6263
135,00	556	20.00	33.14	6.00	51.86	29.00	4,1184
81,04	278	10.00	33.14	6.00	51.86	29.00	3,4304

Aşağıdaki değerler tesisteki kullanılan cihazların standart kullanımındaki yıllık kWh tüketimi ve yapılan analizler sonucunda bu değerden elde edilecek potansiyel tasarruf miktarı ve yüzdesel oranı gösterilmiştir.

Standart Kullanım (kWh/yıl)	Potansiyel Tasarruf (kWh/yıl)	Tasarruf Oranı (kWh/yıl)
976.800	500.000	51,18%

7-Soğutma Hattı Parabolik Pompa Kontrolü

Ana bina 2. Bodrumdaki soğutma merkezinde bulunan, sistem gidiş ve dönüş hattındaki pompalar parabolik olarak kontrol edilmiştir. Bu pompalar grup şeklinde çalışmaktadır. Herbir grubun kendine ait panosu mevcuttur. Tasarlanan devredeki pompa gruplarında hat üzerinde fark basınç ölçümü yapıp, herbir panonun bilgisi kendine ait olan panosuna gelmektedir. Bu bilgiler, tasarlanan otomasyon sistemine taşınıp, kullanarak pompaların etkin bir şekilde kullanımı sağlanmıştır. Pompa kapasitelerinin çalışma yüzdelerine göre verimlilik değerleride değişmektedir. Yapılan çalışmada bu yüzdelik oranlarda kullanılarak kontrol sağlanmıştır.



Aşağıdaki değerler tesisteki kullanılan cihazların standart kullanımındaki yıllık kWh tüketimi ve yapılan analizler sonucunda bu değerden elde edilecek potansiyel tasarruf miktarı ve yüzdesel oranı gösterilmiştir.

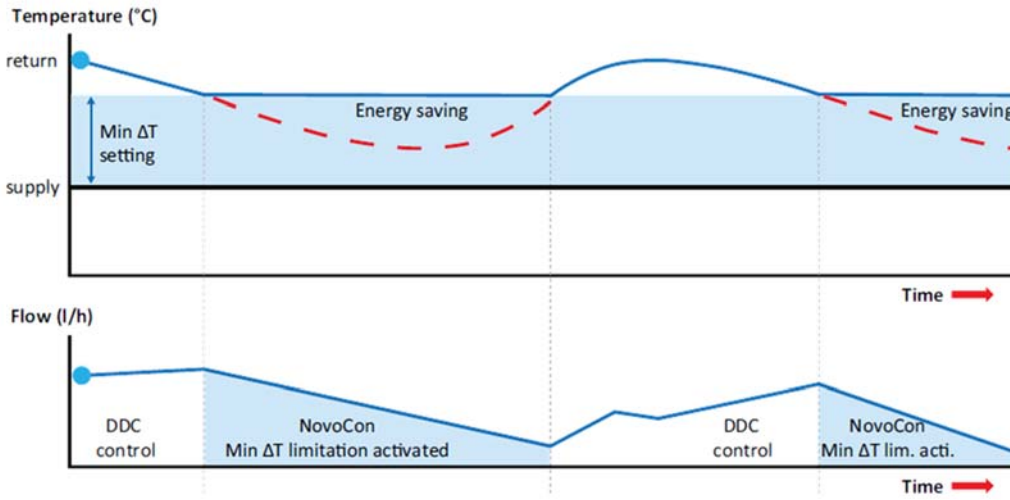
Standart Kullanım (kWh/yıl)	Potansiyel Tasarruf (kWh/yıl)	Tasarruf Oranı (kWh/yıl)
1.089.754	200.000	18,35%

9-Isıtma tarafı akıllı vana ile Klima Santralleri enerji optimizasyonu

Tesiste ana yerleşim dağılımı olarak 11. Kat, 6.kat ve Bodrum 2 katlarında toplamda 117 adet Klima santrali mevcuttur. Klima santralleri ısıtma ve soğutma serpantin hatlarının dönüş bölümlerinde akıllı vana motorları mevcuttur.

Akıllı motorlar kullanılan balans ve kontrol vanaları anlık debiyi yüksek doğrulukta bilmektedir. Dijital motora vereceğiniz kumanda sinyalini 1/1000 kontrol oranında vanaya aktarabilmektedir. Bu özellik kontrol hassasiyetini arttırmakta ve hataları en aza indirmektedir. Terminal ünite (ısı aktarıcı) öncesi ve sonrasına eklenecek iki sıcaklık hissedicisi motora bağlandığında akan enerjiyi hesaplayabilmektedir. Bu özellikler ile beraber terminal üniteyi zondaki gereksinime göre kapasite kontrolü yaparak çalıştırılıyor. Terminal ünite çıkış su sıcaklığını tasarım sıcaklığını sağlayacak şekilde yönetiyoruz.

Üfleme ve/veya dönüş sıcaklık kontrolünden çıkan döngü batarya çıkış su sıcaklığını tasarım sıcaklığına getirmek üzere çalışıp, sürekli kısma giderek enerji verimliliği sağlamayı hedefliyoruz.



Aşağıdaki değerler tesisteki kullanılan cihazların standart kullanımındaki yıllık kWh tüketimi ve yapılan analizler sonucunda bu değerden elde edilecek potansiyel tasarruf miktarı ve yüzdesel oranı gösterilmiştir.

Standart Kullanım (kWh/yıl)	Potansiyel Tasarruf (kWh/yıl)	Tasarruf Oranı (kWh/yıl)
850.008	70.000	8,24%

10-Klima Santralleri Tasarım Debisine Göre Çalıştırma

Klima santralleri üzerindeki aspiratör ve vantratörler cihazları frekans konvertörüdür. Bu cihazların üzerinden ölçüm yapabilmek için fark basınç transmitleri eklenmiştir. Bütün klima santralleri için fan debileri ölçülerek tasarım set değerine set edilmiştir. Tasarım debisinde gerçekleşen basma yüksekliğine göre çalıştırılmıştır. Cihazların kendine ait olan frekans konvertörünü spesifik değerlerde ayarlanabilir ve farklı durumlara karşı otomatik frekans değişimi yapılabilir halde ayarlanmıştır.

GERÇEK ÜNİTE/TEST KABİNİ MEKANİK DEĞERLERİ					KASA/ÇERÇEVE			SFP	
Gövde Mukavemeti	Gövde Hava Kaçağı	Filtre Baypas Kaçağı	Isı Transfer Değeri	Isıl Köprüleme Değeri	Panel Kalınlık			Kategori	(kW/(m ³ /s))
D1	L1	F9	T2	TB2	60 mm			SFP1	<0.5
					Cihaz Spesifik Fan Gücü (kw/(m ³ /s))	3,67		SFP2	0.5-0.75
					Cihaz Spesifik Fan Gücü toplamı fan elektrik gücü ve temiz filtre değeri göre hesaplanmıştır.			SFP3	0.75-1.25
					Fan var ise seçimi yapıp hava koşullarına göre yapılmıştır.			SFP4	1.25-2.0
					HAVADA YAYILAN SES GÜCÜ SEVİYESİ				
125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz	8 KHz	A	SFP6	3.0-4.5
76	73	62	63	58	54	42	69	SFP7	>4.5
					Panel Kalınlık	60 mm			
					İzolasyon	60 mm Rock wool 70 kg/m ³			
					İç Saç	Galvaniz - 1 mm			
					Taban Saç	Stainless Steel 304 - 1.0 mm			
					Diş Saç	Painted Galvanized SM - 0.9 mm			
					Kaide	BASE 120 MM			
					Profile	PROFIL - THERMAL BREAK 60 - Etkesali			

Aşağıdaki değerler tesisteki kullanılan cihazların standart kullanımındaki yıllık kWh tüketimi ve yapılan analizler sonucunda bu değerden elde edilecek potansiyel tasarruf miktarı ve yüzdesel oranı gösterilmiştir.

Standart Kullanım (kWh/yıl)	Potansiyel Tasarruf (kWh/yıl)	Tasarruf Oranı (kWh/yıl)
15.972.940	2.300.000	14,4%

11-FCU Akıllı Termostat ile Kontrolü

Ana bina içerisinde 2742 adet Fan coil bulunmaktadır. Bu sistemde gizli ve kaset tipi olmak üzere iki tip fancoil mevcuttur. Gizli tipler 10. 9. 8. 7. Katlarda bulunan hasta yatak odalarında bulunmaktadır. Kaset tipi ise binanın diğer katlarında, koridor ve odalarda bulunmaktadır. Sistem çözümünde gizli ve kaset tipi için farklı yöntemlerle çözümler bulunmuştur. Gizli tip çözümü termostat ile sağlanıp, bu termostatlar arasında haberleşme hattıyla sistem networküne aktarılmıştır. Kaset tipleri ise, bu tipe özel çalışma senaryolarına göre çalışabileceği özel kart tasarımı yapılmıştır. Bu kart drenaj pompasının belirlenen senaryoya göre çalışmasını, air swinglerin kontrollerinin sağlanması, fan devirlerinin ayarlanması gibi farklı özellikleri tek merkezden yapılabilmesi sağlıyor. Bu çözümde de gizli tiplerde de olduğu gibi haberleşme hattıyla tüm sistem, bina networküne aktarılmıştır.

Bu altyapıyı kullanarak yaptığımız çözüm, fancoil ünitelerinin kullanım dışında unutulmuş açık kalmamasını, mesai saati içinde gereğinden yüksek devirde çalıştırılmasını engellemektedir. Ayrıca yaptığımız 2 derecelik marjinlerle enerji tüketiminde tasarruf sağlıyoruz.

Aşağıdaki bu yaptığımız çözümlerin, yaptığımız analizler sonucunda hedeflenen ve beklenen enerji tasarruf miktarları yazılmıştır;

- 1- Fan coil ünitelerinin kullanım dışında unutulmuş açık kalmasıyla oluşan kayıp enerji;
Yıllık enerji kaybı = 242.263 kWh
- 2- Fan coil ünitelerin mesai saati içinde gereğinden yüksek devirde çalıştırılmasından oluşan kayıp enerji;
Yıllık enerji kaybı = 566.185 kWh
- 3- Fan coil ünitelerin mesai saati içinde 2°C düşük veya yüksek ayar değerine ayarlanması durumunda oluşan kayıp enerji;
Yıllık enerji kaybı = 1.099.672 kWh

SONUÇ

Hastane uygulamasında, çalışma senaryolarının birbirleri arasındaki koordinasyonu sağlanarak ve kullanılan ekipmanların kendi disipliniyle tasarıma göre devreye alınmadan önce ve devreye alındıktan sonra harcaması öngörülen enerji tüketimleri detaylı analiz edilmiştir. Bu trijenerasyon



sisteminde bulunan Soğutma Grupları, Absorpsiyonlu Soğutma Grupları, Açık ve Kapalı Tip Soğutma Kuleleri, Klima Santralleri, Isıtma ve Soğutma Sirkülasyon Pompaları, Fan-Coil Sistemleri ana başlıkları ele alınarak bu hastanede mevcut kurulu gücün talep edilen ihtiyaca göre senaryoların optimizasyonu yapılarak çalıştırılması halinde mevcut durumla karşılaştırılarak Otomasyon Sisteminin bütün sisteme entegrasyonu ile elde edilebilecek enerji tasarruf potansiyeli açığa çıkarılmıştır. Yapılan çalışmalarla, enerji etkin kullanım yöntemleri belirleyerek ve bunları uygulayarak sistemin daha verimli, ihtiyaca göre çalışması sağlanabilir. Yukarıda belirtilen, çözüm ve yöntemlerle hastane genelinde;

KAZANÇLAR TOPLAMI

ISITMA	= 469.000	kW
SOĞUTMA	= 2.028.000	kW
HAVALANDIRMA	= 3.658.284	kW

Toplam Tasarruf Edilen Enerji	= 6.155.284	kW

Toplamda tasarruf edilen enerji öngörülmüştür. Bu değerler gerçek verilerle desteklenmek üzere hala izlenmektedir.

ÖZGEÇMİŞ

Ozan Serhat YÜCE

1981 yılı Sivas doğumludur. 2004 yılında Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği bölümünü bitirmiş ve sonrasında 2008 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Yüksek Mühendisliği Yüksek Lisansını, 2018 yılında ise İstanbul Medeniyet Üniversitesi İşletme Anabilim Dalı İşletme Yüksek Lisansını tamamlamıştır. 2004 mezuniyeti ile başladığı mühendislik hayatında muhtelif sektörlerde; endüstriyel otomasyon, robotik, imalat otomasyonları ve benzeri alanlarda çalıştıktan sonra; 2011 yılı itibarıyla On Otomasyon Sistemleri'nde görev almaya başlamıştır. Halen On Otomasyon Sistemleri bünyesinde çalışma hayatına devam etmektedir.

Artuğ FENERCİOĞLU

1972 yılı Isparta doğumludur. 1990 Ankara Fen Lisesi ardından İTÜ Makine Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Sistem Dinamiği ve Kontrol Dalından 1994 yılında mezun olmuştur. 1995 yılında Otomatik kontrol sistemleri tasarım, satış ve kurulumu yapan bir firmada çalışmaya başlamıştır. 2006 yılında yine aynı alanda çalışmak üzere kurulan, kurucu ortağı olduğu On Otomasyon Sistemlerinde halen çalışmaktadır. On Otomasyon, 2012 yılında kontrol paneli üretmek üzere üretime başlamıştır. Çalışma alanında edindiği bilgi, birikimi ve tecrübeyi yeni ürünler üretmeye aktararak faaliyetine devam etmektedir.