



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÜRETEN TÜKETİCİLİ KONUTLAR VE OFİSLER İÇİN
MİNİMUM
İŞLETME MALİYETİ SAĞLAYAN YAZILIM GELİŞTİRİLMESİ**

FURKAN ÜNGÖREN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. NEDİM TUTKUN**

DÜZCE, 2018

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÜRETEN TÜKETİCİLİ KONUTLAR VE OFİSLER İÇİN
MİNİMUM
İŞLETME MALİYETİ SAĞLAYAN YAZILIM GELİŞTİRİLMESİ

Furkan ÜNGÖREN tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Nedim TUTKUN

Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Nedim TUTKUN

Düzce Üniversitesi

Doç. Dr. Numan ÇELEBİ

Sakarya Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Selman KULAÇ

Düzce Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 14/09/2018

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

14 Eylül 2018

Furkan ÜNGÖREN

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimimde, yer aldığım projelerde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Prof. Dr. Nedim TUTKUN'a en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca hiç bir zaman yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen annem Fatma Üngören'e, babam Sezai Üngören'e ve kardeşim Yasin Üngören'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Arkadaşım Beyza Atlıhan'a yüksek lisans eğitimimde ve iş hayatımda verdiği manevi desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Arkadaşım Bişar Alpağut'a yüksek lisans eğitimimde verdiği desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Bu tez çalışması, Düzce Üniversitesi BAP-2017.06.03.534 numaralı Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiştir

14 Eylül 2018

Furkan ÜNGÖREN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ŞEKİL LİSTESİ	vii
KISALTMALAR.....	viii
SİMGELER	ix
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. TARİHÇE.....	1
1.2. DÜNYADA VE TÜRKİYEDE HİBRİT SİSTEMLER	2
1.2.1. Dünyada Rüzgar – Güneş Enerji Sistemleri.....	2
1.2.2. Türkiye’de Rüzgar – Güneş Enerji Sistemleri	5
2. GENEL KISIMLAR.....	8
2.1. KARIŞIK TAMSAYILI LİNEER PROGRAMLAMA.....	8
2.2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	12
2.3. ÖZGÜN DEĞER.....	16
2.4. KAPSAM	17
2.5. YÖNTEM	18
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	25
3.1. SADECE ŞEBEKE HATTININ KULLANILMASI DURUMU	27
3.2. RÜZGAR – GÜNEŞ HİBRİT SİSTEMİ KULLANILMASI DURUMU	27
3.3. GELİŞTİRİLEN YAZILIM İLE MİNİMUM İŞLETME MALİYETİ	30

3.3.1. Saatlik Ortalama Veriler İle Yük Dağıtımı	31
3.3.2. Aylık Ortalama Veriler İle Yük Yönetimi	34
3.3.3. Yıllık Ortalama Veriler İle Yük Yönetimi	35
3.3.4. Gün Bazında Maliyet Analizi	35
3.3.5. Karışık Tamsayı Doğrusal Programlama Performans İncelemesi	36
3.3.6. Yüklerin Analizi	37
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	39
5. KAYNAKLAR	40
6. EKLER	41
6.1. EK 1: PROJE EKLAN GÖRÜNTÜLERİ	41
6.2. EK 2: PROJE ANASAYFA KODLARI	46
6.3. EK 3: YAZILIMDA KULLANILAN METEOROLOJİK VERİLER	55
6.4. EK 4: BİLDİRİM SERVİSİ KODLARI	56
6.5. EK 5: KARIŞIK TAM SAYILI LİNEER PROGRAMLAMA ÖRNEĞİ	59
ÖZGEÇMİŞ	60

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Heron'un ilk rüzgar ile çalışan aleti [1].	2
Şekil 1.2. Güneş enerjisi kurulu gücünün kıtalara göre dağılımı.....	3
Şekil 1.3. Ülkelere göre rüzgâr enerjisi kurulu gücü.	4
Şekil 1.4. Türkiye'nin kurulu güçleri dağılımı.	5
Şekil 1.5. İşletmedeki rüzgar enerji santralleri [2].....	6
Şekil 2.1. Türkiye'nin solar gücü potansiyeli.	10
Şekil 2.2. IoT teknolojisinin enerji ve hayatımızdaki yeri.....	12
Şekil 2.3. Hibrit rüzgar-güneş sistemi.	13
Şekil 2.4. Yazılım mimarisi.	14
Şekil 2.5. Güneş paneli şasesi.	15
Şekil 2.6. Güneş panelleri için taşıma kapasite oranları.	16
Şekil 2.7. Tipik bir şebekeden bağımsız rüzgâr-güneş (fotovoltaik)-batarya sistemi. ...	19
Şekil 2.8. Servis mimarisi.	21
Şekil 2.9. Rüzgar türbini üretilecek tahmini güç değerleri.	22
Şekil 2.10. Rüzgar türbini devir ve güç eğrileri.....	23
Şekil 2.11. Solar sistemin üretilecek tahmini güç değerleri.	23
Şekil 3.1. Saatlik rüzgar hızları tablosu.	25
Şekil 3.2. Yük profili dağılımı.	26
Şekil 3.3. Güneş panelinin gün içerisindeki güç grafiği.	26
Şekil 3.4. Ticarethane aboneleri elektrik tarifiesi.	27
Şekil 3.5. Üretilen elektrik enerjisi toplamı.	28
Şekil 3.6. Talep edilen enerji ve üretilen enerji farkı.....	29
Şekil 3.7. Rüzgar – güneş hibrit sistemi batarya şarj durumu.	29
Şekil 3.8. Rüzgar – Güneş hibrit sistemi kurulum maliyeti.....	30
Şekil 3.9. Anlık verilerin olduğu ana ekran.	31
Şekil 3.10. Yük planlaması.	32
Şekil 3.11. Yük modeli.	33
Şekil 3.12. Ağustos ayı ortalama ışıınım miktarı.....	34
Şekil 3-13. Ağustos ayı ortalama rüzgar hızı.....	34
Şekil 3.14. Yıllık ortalama ışıınım miktarı.	35
Şekil 3.15. Rüzgar- güneş hibrit sistemi günlük ortalama maliyet değişimi.	36
Şekil 3.16. Plansız yük dağıtımı.	37
Şekil 3.17. Planlı yük dağıtımı.....	37
Şekil 3.18. Tost makinesinin çalışma saatlerinin planlı ve plansız durumu.	38
Şekil 3.19. İki gözlü ocağın çalışma saatlerinin planlı ve plansız durumu.....	38

KISALTMALAR

AA	Alternatif Akım
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AH	Amper Saat
DA	Doğru Akım
EPDK	Enerji Piyasaları Denetleme Kurulu
ETKB	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
GES	Güneş Enerji Santrali
IEA	International Energy Agency
IoT	Internet of Things
KTLP	Karışık Tamsayılı Lineer Programlama
MILP	Mix Integer Lineer Programming
MW	Megawatt
OECD	Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü

SİMGELER

P
W

Güç
Güç



ÖZET

ÜRETEN TÜKETİCİLİ KONUTLAR VE OFİSLER İÇİN MİNİMUM İŞLETME MALİYETİ SAĞLAYAN YAZILIM GELİŞTİRİLMESİ

Furkan ÜNGÖREN

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Nedim TUTKUN

Eylül 2018, 59 sayfa

Bu tez çalışmasında küçük ölçekli rüzgar-güneş hibrit sistemin günlük enerji maliyetlerinin düşürülmesine yönelik yazılım esaslı bir simülasyon çalışması yapılmıştır. Üreten tüketicili konutlar için hibrit bir sistemde enerji maliyetini azaltmanın en etkili yollarından biri her bir zaman diliminde üretilen ve depo edilen güç ile tüketilen gücün dengesinin sağlanmasıdır. Bu dengenin sağlanması tipik bir optimizasyon problemi olup bu problemin çözümü kısa sürede çözüm sağlayabilen ayrık optimizasyon yöntemlerinden biri ile yapılabilir. Literatürde sınırlı sayıda yöntem bu amaç için kullanılırken yeni geliştirilen algoritma ve yazılım ile problemin çözümü için bu proje çalışmasında kullanılmıştır. Böylece yazılım ile günlük enerji maliyeti mümkün olan en küçük değere indirilmeye çalışılmıştır. Optimizasyon sürecinde belli sayıda rüzgar türbini, fotovoltaik panel, batarya ve muhtelif sayıda yükler kullanılacaktır. Sistemin kurulduğu lokasyonda rüzgar hızı ve ışıınım değerleri meteorolojik veriler yardımıyla saatlik bazda günlük olarak belirlenir. Yazılımda yer alacak takvim üzerinde her 1 saatlik üretilecek güç değeri yazılım ekranında gösterilecektir. Yazılım ile elde edilecek verilere geçmişe dönük olarak program üzerinden ulaşılabilir ve elde edilen veriler arka planda işleme alınarak tahmin işlemleri gerçekleştirilir. Dolayısı ile her bir saat diliminde mevcut sistemde ne kadarlık güç üretileceği bilindiği için güç dengesinin sağlanması için ne kadarlık bir yükün beslenebileceği tespit edilir. Olası istenmeyen durumlarda tüketicilere bilgilendirme yapılarak aksiyon almaları sağlanır. Burada güç dengesinin sağlanmasında uygun yük planlaması ve batarya grubunun şarj durumu önemli bir etkidir. Gün içerisinde optimal yük dağılımı yapmak için bir sonraki günün saatlik dilimlerde rüzgar hızı ve ışıınım değerlerinin iyi bir şekilde tahmin edilmesi gerekir. Bu çalışmada rüzgar hızı ve ışıınım miktarı değerlerini kullanarak, bir sonraki günün saatlik bazda üreteceği enerji tahmin edilip tipik bir konutun enerji ihtiyacının minimum maliyetle karşılanması hedeflenmektedir.

Anahtar sözcükler: Endüstri 4.0, Karışık tamsayılı lineer programlama, Minimum enerji maliyeti, Nesnelerin İnterneti, Rüzgar-güneş sistemleri.

ABSTRACT

SOFTWARE DEVELOPMENT WHICH PROVIDES MINIMUM BUSINESS COST FOR OFFICES AND RESIDENCES WITH PRODUCER CONSUMERS

Furkan ÜNGÖREN

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Computer
Engineering

Master's Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Nedim TUTKUN

September 2018, 59 pages

Our thesis proposal is a software based simulation that focuses on lowering the daily energy costs of nano scale photovoltaic-wind hybrid systems. One of the most effective ways of lowering the costs of a producer-consumer building is to balance the amount of the energy that is consumed and produced by this building continuously. Which is a typical optimization problem and can be solved by a discrete optimization techniques easily. A new algorithm will be developed for thesis. This technique will be used in this software project. By doing so we will try to minimize the cost of daily energy. Through the optimization process different kinds of wind turbines, solar panels, batteries and loads will be used. The values that determines the energy production such as wind speed or solar radiation levels could be accessed via meteorological values that are posted by meteorology centers daily for each hour, by using this value we can calculate the estimated amount of the energy that will be produced by our system so we can determine the amount of the load we can supply with that energy. The power value to be generated every 1 hour on the calendar to be included in the program will be displayed on the software screen. Consumers are informed when unexpected values are saved. In order to balance the production and consumption it is important to load planning and the state of the battery charge state. In order to have an optimal load distribution thought to day it is very important to estimate the wind speed and solar radiation levels for the day, to overcome this problem support vector machines and a similar estimation algorithm are being used. Lastly the goal of this project is to estimate the next days wind speed and solar radiation levels in a hourly basis.

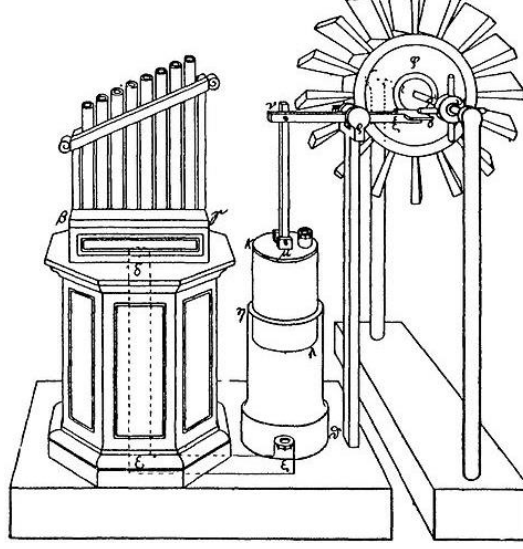
Keywords: Industry 4.0, Internet of things, Minimum cost of energy, Mixed integer linear programming, Wind-solar hybrid system

1. GİRİŞ

1.1. TARİHÇE

İnsanlar yaşamlarını sürdürebilmek için enerjiye ihtiyaç duyarlar ve bu ihtiyaçlarını giderebilmek için de çeşitli yollara başvurmuşlardır. Yıllar geçtikçe gelişen teknoloji ve değişen yaşam koşulları ile beraber artan enerji ihtiyacı ise insanlara sürekli olarak yeni yöntemler üretme zorunluluğu getirmiştir. Bu enerji talebi karşısında insanlar ucuz ve üretimi kolay olduğu için fosil kaynaklara yönelmişlerdir. Bugün dünyada yaklaşık 8 milyar insan yaşamaktadır ve tükettiğimiz enerjinin büyük bir bölümü fosil yakıtlar olan kömür, petrol ve doğalgazdan gelmektedir. Fakat bu fosil yakıtların yanması atmosferi oldukça fazla bir şekilde kirletmektedir. Çevreye ve insan sağlığına zararlı durumu ortadan kaldırmak için yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelinmiştir. Atmosferi kirletmeden enerji ihtiyacının karşılandığı yöntemlerden ikisi rüzgar türbinleri ve güneş panelleri ile elektrik enerjisi üretimidir. Güneşin 1 saat boyunca dünyamıza gönderdiği güneş ışını bizim 1 yıllık enerji ihtiyacımızı karşılayacak kadar yüksek kapasiteye sahiptir. Güneş panelleri yarı iletken malzemelerden üretilirler. 17. yüzyılda, güneşin odun yakmada kullanıldığı, 18. yüzyılda ise güneş ışınlarının kimyasal tepkimelerde ve güneş ocaklarında kullanıldığı görülür. 19. yüzyıl başlarından itibaren ise güneş enerjisi uygulamaları artmıştır. Dünyada 1973 yılında yaşanan petrol krizi ile beraber fosil yakıtlar dışında bir enerji kaynağına yönelik geniş kapsamlı araştırma ve geliştirme projeleri başlatılmıştır. Güneş panellerinin elektrik enerjisi üretiminde kullanılmasına yönelik çalışmalar ise 1954 yılının ilk çeyreğinde başlamıştır. Bir yandan mevcutta kullanılan güneş panellerinin verimliliğini artırma çabaları diğer yandan ise daha az iletken maddeye ihtiyaç duyulacak şekilde güneş panellerinden elektrik enerjisini üretmenin maliyetini düşürmek üzerine çalışmalar yapılmıştır. Rüzgar enerjisinden yararlanma tarihi de çok eski yıllara dayanmaktadır. Rüzgar enerjisinden en eski yararlanma türleri yel değirmenleri ve yelkenli gemilerdir. Yelkenli gemilerde rüzgarın kinetik enerjisi gemileri hareket ettirmek için kullanılmış, yel değirmenlerinde ise buğday gibi tahılların öğütülmesinde kullanılmıştır. İnsanlar yelkenli gemileri hareket ettirmek ve gemileri yürütmek için 1500 yıldan beri rüzgârın gücünden faydalandığı

bilenmektedir. Yel değirmeninin ortaya çıkması ise çok daha sonra olmuştur. İlk kez Yunan mühendis Heron'un milattan sonra 1. yüzyıl başlarında rüzgar enerjisinin kullanımı tanımlamış ve tarif etmiştir, daha sonra bu sistem İran'da geliştirilerek yel değirmenleri ortaya çıkmıştır. Heron'un ilk rüzgar ile çalışan aleti Şekil 1.1'de gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Heron'un ilk rüzgar ile çalışan aleti [1].

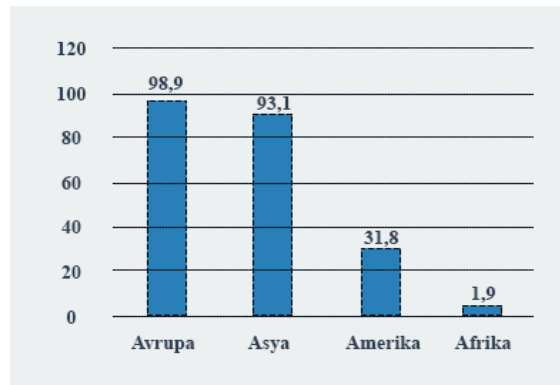
Günümüzde rüzgar enerjisi genellikle elektrik enerjisi üretiminde ve yelkenli gemileri yürütmekte kullanılmaktadır. Rüzgar enerjisinden elektrik üretimi ile ilgili ilk çalışmayı 1887 Haziran ayında İskoç akademisyen Profesör James Blyth yapmıştır. James Blyth, rüzgar gücü ile çalışan bir pil şarj cihazı yaparak patentini almıştır. Daha sonrasında bu gelişmeden faydalanılarak ABD (Amerika Birleşik Devletleri)'de rüzgar güç makinesi kullanılarak elektrik üretimi gerçekleştirilmiştir. Yıllar boyunca yapılan çalışmalar sonraki yıllardaki gelişmelere de ışık tutmuştur. 1890'larda Danimarkalı bilim adamı ve mucit Poul la Cour elektrik üretmek için rüzgâr türbinlerini inşa etmiştir. Günümüzde teknolojik gelişmelere paralel olarak 1.6 MW gücünde yatay eksenli rüzgar türbinleri kullanılmaktadır.

1.2. DÜNYADA VE TÜRKİYEDE HİBRİT SİSTEMLER

1.2.1. Dünyada Rüzgar – Güneş Enerji Sistemleri

Güneş enerjisi yeryüzünde en yaygın bulunan yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Bu enerji çeşidinden elektrik ve ısı elde etmek için faydalanılır. Diğer taraftan fotovoltaik

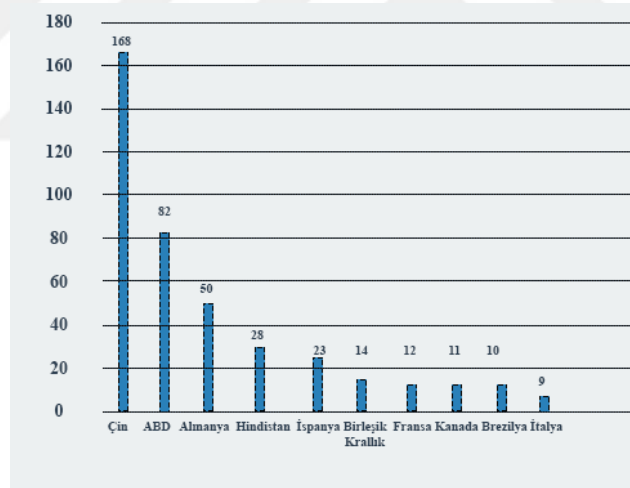
panel kullanımı fosil yakıt tüketmekten daha maliyetli olduğu için yeryüzüne gelen güneş enerjisinin yalnızca yüzde 0,04'ü insanlar tarafından kullanılmaktadır. Ancak son dönemde gerçekleştirilen güneş enerjisi üretim ve batarya teknolojilerindeki geliştirmeler ile fotovoltaik sistem kurulum maliyetinin düşmesi bu alandaki yatırımların sayısını artırmaktadır. 2017 yılında güneş enerjisinde bir önceki yıla göre 178 GW değerinde bir kapasite artışı ile beraber dünya çapında toplam kurulu güç 2195 GW olmuştur. Güneş enerjisine yatırım miktarı bir önceki yıla göre yüzde 2,11 artışla 279 milyar 800 milyon seviyesine ulaştı. Bu yatırımlarla 2017'de dünya genelinde yenilenebilir enerji sektöründe istihdam, 10 milyon 300 bin kişiye ulaşmıştır. Dünya üzerinde toplam güneş enerjisi kurulu güç miktarı Avrupa kıtasında iken, onu Asya ve Kuzey Amerika kıtaları takip etmektedir. Kurulu güç miktarı bu şekilde sıralanırken fotovoltaik sistem kapasiteleri ülke bazında Çin, Almanya, Japonya, ABD ve İtalya şeklinde sıralanmaktadır. Kişi başına düşen sistem kapasitesi ise Almanya da en çok miktardadır. Bu alanda Almanya'yı Çin, Japonya ve izlemektedir. Güneş enerjisinden yararlanma potansiyeli bakımından ilk sıralarda bulunan Çin, ABD ve Almanya'yı Türkiye takip etmektedir. Çin güneşten enerji üretme ve bundan yararlanma açısından oldukça önemli bir noktadadır. Ancak hala fosil yakıtlara olan bağımlılığı ülkenin %100 yenilenebilir enerji kullanma amacını engellemektedir. 2017 yılı verilerine göre kapasite artış sıralamalarını incelediğimizde ilk sırada Fas yer almaktadır. Şekil 1.2'de solar kurulu gücünün kıtalara göre dağılımı verilmiştir.



Şekil 1.2. Güneş enerjisi kurulu gücünün kıtalara göre dağılımı.

Rüzgar enerjisi ise yenilenebilir enerji uygulanabilirliği açısından en fazla uygulama alanına sahip enerji çeşididir. Rüzgar enerjisi uygulanabilirlik açısından en iyi olmasının yanı sıra elektrik enerjisi elde etmede önemli bir yöntemdir ve elektrik talebini karşılamada her geçen gün daha etkili olan bir seviyeye sahip olmaktadır. 2015 yılında

Danimarka'nın toplam enerji üretiminin neredeyse yarısı rüzgar enerjisi tarafından karşılanmıştır. Almanya'nın bazı bölgelerinde bu oran yüzde 60 değerine çıkmaktadır. Uruguay, Portekiz, İrlanda ve İspanya'da ise yüzde 15 civarlarındadır. Diğer taraftan dünyanın en büyük rüzgar enerjisi üreticilerinden biri olan ve bu enerjiyi dış piyasalara satan ABD'de ülke içerisinde rüzgar enerjisinden üretilen elektriğin oranı yüzde 4,5'te kalırken, Çin'de ise bu oran yüzde 3,2 civarlarındadır. Ülkeler yıllar itibarıyla elektrik üretiminde rüzgar enerjisi kullanım oranlarını giderek artırmaktadır. International Energy Agency(IEA) verilerine göre 2050 yılına gelindiğinde dünya üzerinde kullanılan elektriğin yüzde 18'lik kısmının rüzgar enerjisi tarafından sağlanacağı tahmin edilmektedir. Rüzgar enerjisi kapasitesi bakımından Çin ilk sırada yer alırken onu sırasıyla ABD, Almanya, Hindistan, İspanya ve Birleşik Krallık takip etmektedir. 2016 yılı kapasite artışı bakımından ise yine Çin yaklaşık 23 GW ile geçtiğimiz yıl en fazla gelişim gerçekleştiren ülke olarak bu alanda da liderliği almıştır. Görüldüğü üzere küresel rüzgar enerjisi sektöründe Şekil 1.3'ten de görülebileceği üzere Çin hem kapasite hem de kapasite artışı bakımından başı çekmektedir.

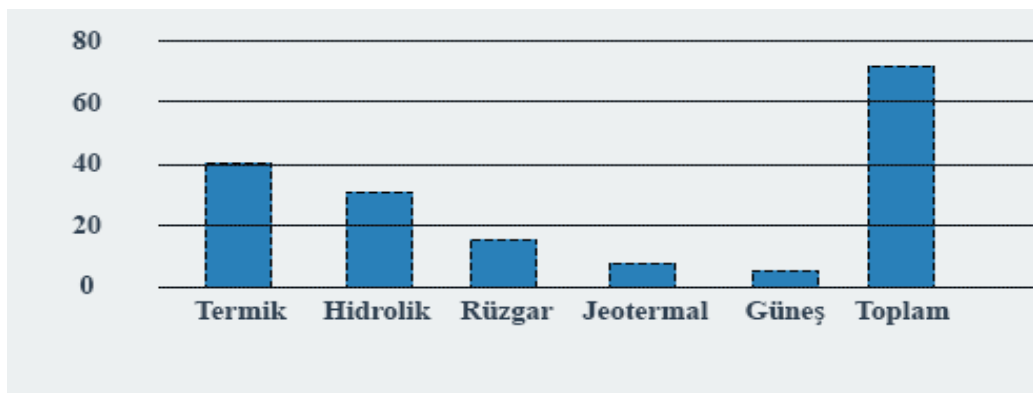


Şekil 1.3. Ülkelere göre rüzgâr enerjisi kurulu gücü.

Bu rakamlarla beraber özellikle rüzgar ve güneş gibi modern yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretim noktasında artık daha fazla tercih edildikleri görülmektedir. Dünya piyasaları hidrolik yerine rüzgar ve güneş enerjisi sistemlerinden faydalanarak elektrik üretme yönünde hamleler yapmaktadır. Bu da göstermektedir ki ilerleyen dönemlerde bu alanlardaki maliyetler hızlı bir biçimde düşürülecek ve modern yenilenebilir kaynaklar olarak tanımlanan rüzgar ve güneş enerjisi ile elektrik üretimi daha da yaygınlaştırılacaktır.

1.2.2. Türkiye’de Rüzgar – Güneş Enerji Sistemleri

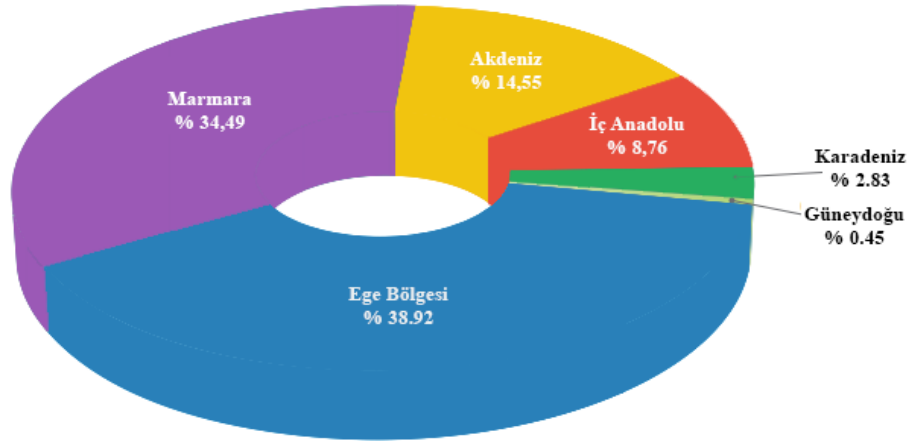
Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. GEPA’ya göre, yıllık toplam güneşlenme süresi 2.741 saat, yıllık toplam gelen güneş enerjisi 1.527 kWh/m² olduğu tespit edilmiştir. Ülkemizde 2017 yılı sonu itibari ile toplam kurulu güneş kolektör alanı yaklaşık 20.000.000 m² değerine ulaştığı ve 823.000 Ton Eşdeğer Petrol (TEP) ısı enerjisi ürettiği belirlenmiştir. Şekil 1.4’ten de anlaşılabacağı üzere Türkiye’de mevcut durumda güneş enerjisinden elektrik üretimi toplam üretimin yüzde 5 ini karşılamaktadır. İlerleyen yıllardaki hedeflerimiz de bu mevcut durumu korumaktır. Bu doğrultuda Güneş enerjisine yapılan yatırımlar yıllar geçtikçe artmaktadır. Ülkemizde 2017 yılı itibari ile toplam Güneş Enerji Santrali (GES) kurulu güç miktarı 732 MW civarında iken yapılan tahminlere göre 2019 yılı sonunda 11 GW civarında olması beklenmektedir. Türkiye’de 2010 yılı öncesine kadar güneş enerjisi genellikle binaların çatılarında termal güneş sistemleri adı altında su ısıtma amacıyla kullanılırken, 2010 yılından itibaren güneş paneli sistemlerinde bir büyüme trendi gözlemlenmiş ve güneş enerjisinden elektrik üretimi noktasında çalışmalar hız kazanmıştır. Ulusal yenilenebilir enerji eylem planı çerçevesinde 2023 yılı için ısıtma ve soğutma ihtiyacının en az yüzde 15’inin yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması amacı doğrultusunda güneş enerjisinin daha etkin, verimli, teknolojik ve yenilikçi bir biçimde kullanılması gerekmektedir. Bu açıdan Türkiye coğrafi konumunun avantajlarını en iyi biçimde kullanmak ve en kısa zamanda güneş enerjisi kullanımını yaygınlaştırmak zorundadır.



Şekil 1.4. Türkiye’nin kurulu güçleri dağılımı.

Ülkemizin büyüme planına göre 2023 yılına gelindiğinde elektrik talebinin tamamını sadece güneş enerjisinden karşılanabilecektir. Ancak mevcut imkan ve maliyetlerin bu öngörünün gerçekleşmesine olanak sağlamayacağı açıktır. Enerji ve Tabii Kaynaklar

Bakanlığı (ETKB) tarafından yapılan tahminler 2019 yılı için güneş enerjisinde 3 bin MW değerinde elektrik üretimi gerçekleştirilmesi ve bu rakamın 2023 yılında 5 bin MW değerine ulaştırılması yönündedir. Türkiye’de güneş enerjisi potansiyeli bakımından Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Akdeniz Bölgesi ilk sıralarda yer almaktadır. Diğer taraftan ülkenin en az güneş alan bölgelerimiz yağışların fazla olduğu Marmara ve Doğu Karadeniz bölgelerimizdir. Türkiye güneş potansiyeli bakımından son derece elverişli bir konumda bulunsa da güneş enerjisinden faydalanma noktasında birtakım zorluklarla karşı karşıya kalmaktadır. Türkiye üç tarafı denizlerle çevrili bir ülke olması nedeniyle rüzgar enerjisi potansiyeli bakımından oldukça önemli bir konumdadır. Türkiye’nin hesaplanan rüzgar enerjisi potansiyeli 88 bin MW civarındadır ve bu potansiyelin büyük çoğunluğu Ege, Doğu Akdeniz ve Marmara bölgelerinde bulunmaktadır. Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) ülkelerinin geneline bakıldığında en yüksek rüzgar enerjisi potansiyeline sahip olan ülke Türkiye’dir. Teknik potansiyel bakımından Türkiye; Almanya’nın yaklaşık 7 ve İspanya’nın ise 2 katı daha fazla potansiyele sahiptir. Ancak toplam kurulu güç kapasiteleri açısından Türkiye bu ülkelerin çok gerisindedir. Örneğin Almanya, Türkiye’den yaklaşık 8,5 kat daha fazla toplam kurulu güce sahiptir. Potansiyelin yüksek olmasının yanında bir ülkede rüzgarın hızının fazla olması da rüzgar enerjisinden faydalanma noktasında önemlidir.



Şekil 1.5. İşletmedeki rüzgar enerji santralleri [2].

Türkiye’de rüzgar hızı ortalama 7,5 m/s olarak hesaplanmaktadır. Bu özelliği ile Türkiye yine birçok ülkeye göre rüzgar enerjisi üretiminde önemli bir avantaja sahiptir. Türkiye’nin 2006 yılında sahip olduğu 59 MW değerinde rüzgar enerjisi kurulu güç kapasitesi 2016 yılsonu itibarıyla 6 bin 81 MW seviyelerine gelmiştir. Bu rakamın 2002 yılında 18,9 MW olduğu ve 14 yıl içerisinde rüzgar enerjisinde hızlı bir ilerleme

gösterildiği hesaba katılarak 2023 yılı için hedeflenen rüzgar enerjisi toplam kurulu güç kapasitesinin (20 bin MW) gerçekleştirilebileceği söylenebilir.



2. GENEL KISIMLAR

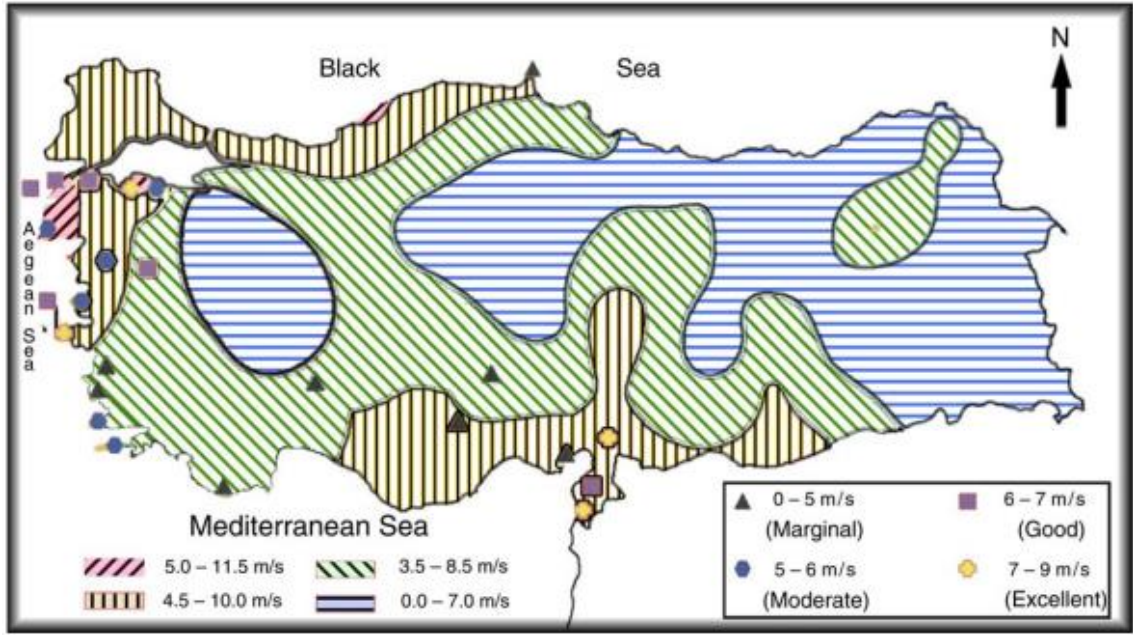
2.1. KARIŞIK TAMSAYILI LİNEER PROGRAMLAMA

Matematik programlama modelleri çeşitli kriterlere göre sınıflandırılabilir. Matematik programlar fonksiyonlarının tipine göre, birinci dereceden fonksiyonlardan oluşuyorsa lineer (doğrusal) programlama, diğer durumlarda ise lineer olmayan (doğrusal olmayan) programlama şeklinde sınıflandırılırlar. Karar değişkenlerinin tipine göre, sadece tam sayılı değişkenlerden oluşan problemlere tam sayılı programlama adı verilir. Hem sürekli hem de tam sayılı değişken içeren modeller ise karışık tam sayılı programlama adını alırlar. Birden fazla amaç fonksiyonuyla başa çıkmak için geliştirilen ve çok kriterli karar verme aracı olan hedef programlama, birbirleriyle çelişebilen amaçları hep birlikte göz önüne almakta ve amaçlardan sapmaları minimize ederek çözüme ulaşmaktadır. Doğrusal programlama problemlerinde sık sık çözümün tamsayı olması gereken durumlar ile karşılaşılır. Örneğin ele alınan problem masa, sandalye, otomobil vb. üretimlerinin uygun değer düzeyini bulmak ise bu durumda 1,72 masa, 5,6 sandalye veya 103,6 otomobil gibi çözümler anlamlı olmayacaktır. Bazı durumlarda bu değerleri en yakın tamsayıya yuvarlamak düşünülse de çözümü optimalden uzaklaştırabilir. Hatta uygun olmayan çözümler verebilir. Daha önce yapılan bir çalışma da, elektrik üretim maliyetinin minimize edilmesi, CO_2 salınımının minimize edilmesi, fosil yakıt kullanan santrallerin kullanımının minimize edilmesi ve sosyal kabulün maksimizasyonu amaçlarını eş zamanlı olarak optimize etmek için çok amaçlı bir karışık tam sayılı programlama modeli önerilmiştir. Önerilen bu model, Türkiye’de 2012 ve 2023 yılları arasında oluşacak talebi karşılamak için kaynak bazında tespit edilen 18 santral tipinde üretilmesi gereken elektrik enerjisinin miktarının belirlenmesi amacıyla minimum sapma yöntemi kullanılarak çözülmüştür. Yapılan çalışma sonucunda, 12 yıllık projeksiyonda yenilenebilir enerji kaynaklarının ilgili santrallerin işletmeye alınmasının mümkün olduğu yıldan itibaren tercih edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Günümüzde konutların ve ofislerin sayısının artması elektrik enerjisine duyulan ihtiyacı da arttırmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde önemli miktarda insan yerel şebeke hattına ya doğrudan bağlantı kuramamaktadır ya da elektrik enerjisine hiç ulaşamamaktadır. Bu

sebeple insanların duyduğu enerji ihtiyacını gidermek ve zor da olsa ulaşılan elektrik enerjisinin daha verimli kullanılabilmesi ve depolanabilmesi için birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda farklı yöntemler kullanılsa da ortak amaç yenilenebilir enerji maliyetlerini daha makul fiyatlara çekmektir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmeden önce insanlar elektrik ihtiyaçlarını fosil kaynaklı yakıtlardan karşılamaktaydılar Yapılan çalışmalar da bu doğrultuda olmaktadır ancak fosil kaynaklı olarak bilinen geleneksel enerji kaynaklarının yakın bir gelecekte tükeneceği bilinmektedir. Bunun yanı sıra bu tür kaynakların tüketimi ile zehirli gaz salınımı, asit yağmurları, ozon tabakasının zarar görmesi gibi çevresel sorunlar ortaya çıkmaktadır. Yenilenebilir enerjinin kullanımının yaygınlaşması, enerji ihtiyacının çevresel sorunlara yol açmadan sürdürülebilir bir şekilde üretimini sağlayacaktır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemlileri rüzgar ve güneş enerjisidir. 2050 yılı itibarıyla dünyadaki elektrik enerjisi üretiminin %11'inin fotovoltaik sistemler ile karşılanacağı öngörülmektedir [3]. Rüzgâr ve fotovoltaik enerji uygulamaları konusunda giderek artan birçok çalışmanın yapıldığı görülmektedir. Bu kapsamda, Bhattacharya Bangladeş'teki bir köyün enerji ihtiyacını karşılayacak şebekeden bağımsız sistem tasarımını ele almış ve en iyi hibrit sistem kombinasyonunu elde eden bir yazılım geliştirmiştir [4]. Bu çalışmada geliştirilen yazılım tek amaçlı bir optimizasyon ile sadece sistem bileşenlerinin sayısını en az kurulum maliyeti verecek şekilde belirlemiştir. Maliyet hesabı yapılırken bu alandaki çalışmalardan farklı olarak çok geniş kapsamda tekno-ekonomik bir analiz çıkartılmıştır. Kullanılacak elektrik enerjisi ihtiyacı belirlenirken tek bir noktadan ihtiyaç duyulacak elektrik enerjisini tahmin etmek yerine farklı senaryolar belirlenerek geliştirilen yazılıma girdi olarak verilmiştir. Bangladeş'teki bu çalışmada elde edilen sonuçlar arasında rüzgar-güneş hibrit sistemlerinden elde edilen elektrik enerjisinin maliyetini düşürmek amacıyla dizel yakıt kullanılabileceği de dile getirilmiştir. Nijerya'da ise Adaramola fotovoltaik-dizel jeneratör-akülerden oluşan hibrit bir sistemin sayı ve anma gücü bakımından farklı kombinasyonlarını kullanarak kırsal ve yarı kırsal alanlarda sadece dizel jeneratör ile yapılan enerji üretiminin birim maliyetini uygun kombinasyon ile 1,428 TL/kWh değerinden 1,19 TL/kWh değerine düşürmüştür [5]. Saatlik bazda 0,864 TL/kWh değerinde bir tasarruf küçük bir tutar gibi görünse de 20-25 yıllık sistem ömrü için kayda değer bir miktar oluşturur. Bir başka çalışma ise Hindistan'ın uzak bölgelerinde kurulan bir hibrit sistemde tekno-ekonomik alanda optimizasyon çalışmasıdır [6]. Yenilenebilir enerji alanında gerçekleştirilen çalışmalarda tahmin algoritmaları da çok fazla kullanılmıştır. Örneğin Jianwu Zeng ve Wei Qiao

tarafından yapılan çalışmada destek vektör makineleri kullanılarak kısa süreli güneş enerjisinden üretilecek elektrik enerjisinin tahmini yapılmıştır. Modelin girişi 2 boyutlu formdadır ve nem, rüzgar ve ışıınım miktarına bağlıdır. Modelin çıktısı ise üretilcek olan tahmini elektrik enerjisidir [7].



Şekil 2.1. Türkiye'nin solar gücü potansiyeli.

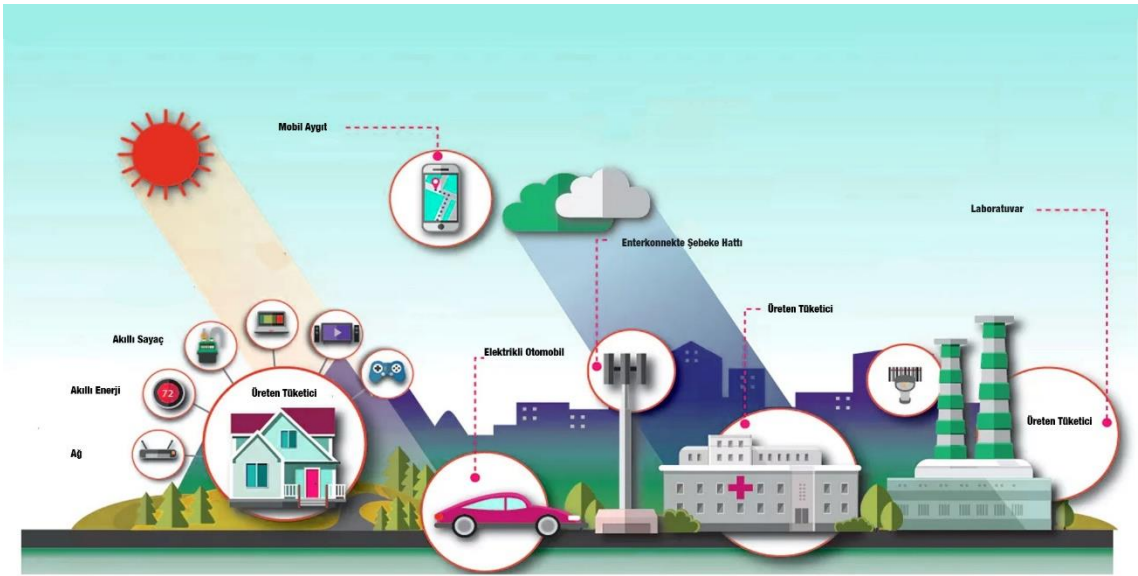
Bu tez çalışmasında, üreten tüketiciler ve ofisler için bakım-onarım, işletme, yatırım ve elektrik enerjisi maliyetinin azaltılması amaçlanmaktadır. Bu maliyetin azaltılması geliştirilen yazılım ile mümkün olacaktır. Geliştirilecek program ile rüzgar hızı ve ışıınım miktarları verileri kullanılarak bir sonraki gün üretilcek güç 24 saatlik zaman dilimleri için hesaplanacaktır ve mevcut yüklerin belirlenen taahhüt süreleri boyunca çalışması mümkün olacaktır yine yazılım sayesinde üreten tüketicilerin kurulu olan nano ölçekli rüzgar-güneş hibrit sistemleri ile ürettikleri enerjiden kazanç sağlaması da mümkün hale gelecektir. Düzce ili karedeniz kıyısı bölgesindeki ofisin ışıınım miktarı oranı Türkiye standartlarında seyretmektedir. Şekil 2.1'den de görüleceği üzere Türkiye solar gücü potansiyeli açısından oldukça iyi bir durumdadır. Tüketiciler sistemin ürettiği enerji miktarına ve çalışma alanının ışıınım seviyesi ve sensörlerden okunan değerlere anlık olarak erişim sağlayıp aksiyon alabileceklerdir. Ulusal ve uluslararası alanda enerjinin maliyetini düşürme çalışmaları sürekli olarak depolama birimi sayısı temel alınarak yapılmıştır [8]. Bunun örneği olan bir çalışmada bulanık mantık kullanılarak sistemin enerji yönetimi üzerine çalışma yapılmıştır. Sistemde yer alan 48 V - 100 Ah bataryalar üzerinde kontrol stratejileri uygulanarak üzerinde kapasite ve şarj-deşarj testleri

gerçekleştirilmiştir [9] . Bu tez proje çalışmasını literatürde yer alan benzer çalışmalardan ayıran en önemli noktalardan birisi üretilen enerjinin en uygun şekilde yeni geliştirilen algoritma ile dağıtılacak olması sebebiyle enerji maliyetinin düşürülecek olması ve gün boyunca elektrik enerjisi dağıtımının sürekliliğinin sağlanacak olmasıdır. Tez çalışmasını önceki çalışmalardan farklı kılan bir diğer nokta ise elde edilen verilerin anlık üretim işlemi sırasında kullanılacak olmasıdır. Karışık tam sayılı doğrusal programlama yönteminin optimizasyon işlemindeki başarısı kurulan bir nano ölçekli rüzgar-güneş hibrit sisteminin enerji yönetiminde maksimum enerji üretiminin sağlanması ve batarya sayısının belirlenmesi işlemlerinde de görülmüştür. Sonuç olarak, çalışmanın yerel ve genel anlamda mevcut çalışmalardan farklı bir çalışma olacağı ve yaygınlaşması durumunda uzun yıllar ekonomiye ucuz elektrik sağlayacağından katma değerinin oldukça yüksek olacağı aşikârdır. Ayrıca tez çalışması başarı ile uygulandığında yenilenebilir enerji kaynaklarından en önemlileri olan rüzgar ve güneş enerjisine olan ilgi artacaktır ve üreten tüketiciler tarafından zamanla benimsenerek ülke ekonomisine gözle görülür bir katkı sağlayacaktır.

Günümüzün gözde teknolojilerinden biri olan Internet of Things (IoT) pek çok cihazın birbirleri ile iletişim haline gelerek veri paylaşımında bulunmasının en güzel örnekleri arasında yer almaktadır. Hayatımızda bazı cihazların giderek akıllı bir hale gelmesi ile birlikte nesnelerin interneti kavramı da insan hayatını pozitif yönlü etkilemeye devam etmektedir. Bu tez çalışmasında ise yükler birbirleri ile sensörler ile ve sunucu ile haberleşen bir şekilde çalışacaktır.

Tez çalışması için kurulan simule laboratuvar ortamında kullanılan yüklerin birbirleriyle ve sunucu ile tam koordineli bir şekilde çalışması için IoT teknolojisi kullanılmaktadır. Bu teknoloji sayesinde, anlık veri akışına ve anlık üretilen/kullanılan enerji değerlerine erişmek mümkündür. Birbirleriyle haberleşerek etkileşim halinde olan yükler laboratuvar içerisinde tam performanslı olarak çalışabilmektedir. Ayrıca bulut teknolojisi ile birleştirilen nesnelerin interneti teknolojisi ile laboratuvar içerisindeki cihazları uzaktan kontrol etmek de mümkündür. IoT teknolojisi ile geliştirilen sistemleri çalıştırmak, izlemek ve kontrol etmek için uzaktan erişim yeterlidir. Laboratuvar içerisinde fiziksel bir müdahaleye gerek duyulmaz. Cihazların haberleşmesi ile birlikte tüm cihazların ayrıntılı bir raporuna erişmek mümkündür. Hangi yük ne kadar çalışmış, ne kadar tüketim yapmış, günün hangi anında ne kadar güç tüketmiş vs. gibi verilere çok kolay bir şekilde erişilebilmektedir.

Teknoloji, insan hayatının her geçen gün biraz daha fazla vazgeçilmezi olmakla birlikte insan hayatını kolaylaştırmayı da sağlamaktadır. Teknoloji alanındaki gelişmeler sadece insan hayatı için tüm dünya ve çevre içinde çok önemli bir noktaya gelmiştir. Dünya nüfusu 8 milyarın üzerine çıkmışken bu sayı her yeni gün biraz daha artmaya devam ediyor. İşte IoT teknolojisi yönetim alanında da kullanılabilecek bir uygulamanın ilk adımı niteliğini taşımaktadır. Tez kapsamında üzerinde durulan konular olan yenilenebilir enerji ve IoT teknolojileri sağladıkları kazançların yanı sıra çevremize de inkâr edilemeyecek güzellikler katmaktadırlar. IoT teknolojisinin günlük hayatımızda nerelerde ve hangi araçlar ile kullanıldığı Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



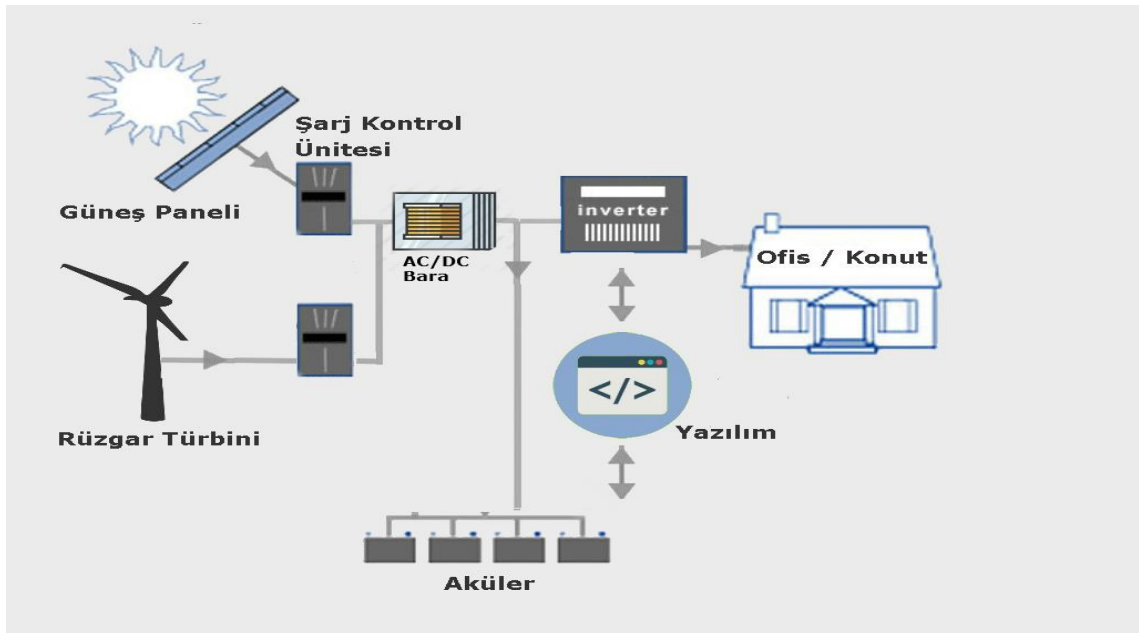
Şekil 2.2. IoT teknolojisinin enerji ve hayatımızdaki yeri.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının çevre temizliğine kattıkları göz önünde iken IoT teknolojisi de hava kirliliğinden katı atık depolama sistemlerine kadar tüm dünyanın belli bir düzen içerisinde hareket etmesini sağlamak amacıyla birçok alanda kullanılmaktadır [10]. Bu sistem sayesinde sensör tabana sahip olan cihazlar geliştirilmiştir. Kanalizasyon, katı atık merkezleri ya da ormanlık bölgelerde bir sensör kolaylıkla veri toplayarak tehlikenin ne boyutta olduğu hakkında analizler yaparak çeşitli verilere ulaşılmasını sağlamaktadır. Tez çalışmasında ise IoT'den yararlanılarak veri elde edilmiştir.

2.2. MATERYAL VE YÖNTEM

Fotovoltaik paneller ve rüzgâr türbinleri gün içerisinde ısınım seviyesi ve rüzgâr hızı yeterli seviyeye ulaştığında elektrik üretmeye başlarlar. Saatlik zaman dilimlerinde ısınım

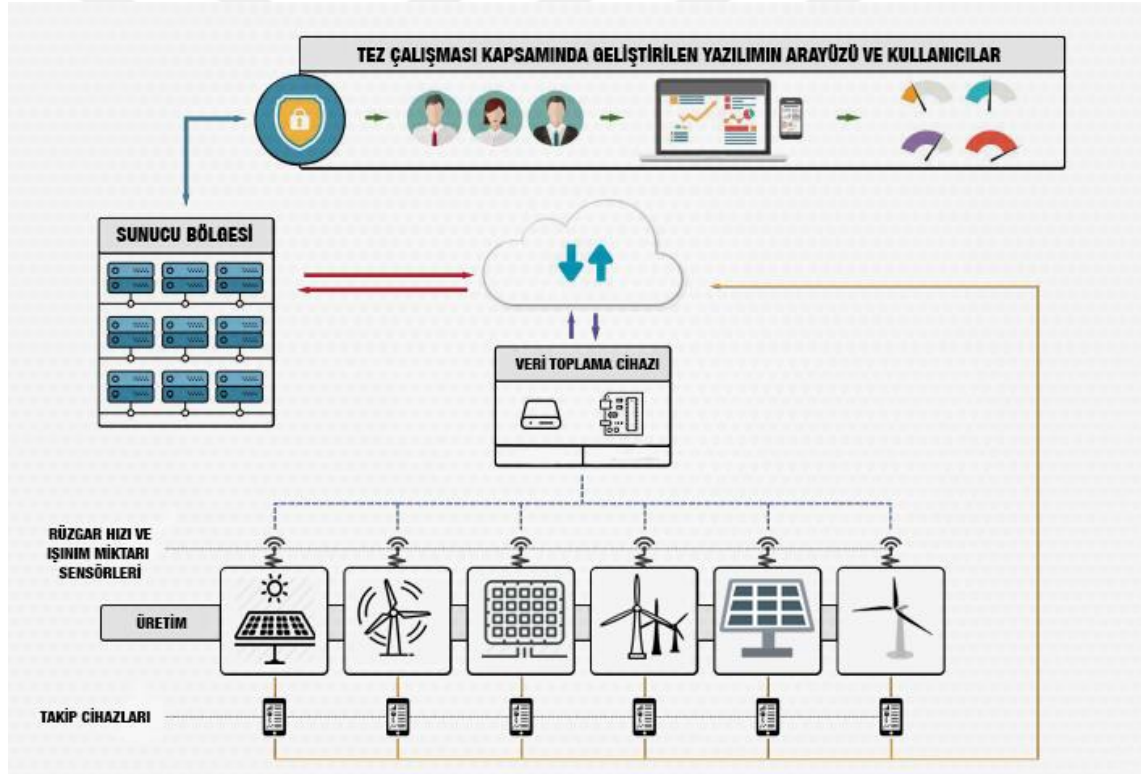
ve sıcaklık zamana göre değişiklik gösterdiğinden fotovoltaik modüllerin enerji üretim miktarı büyük oranda modüllerdeki ışı nım seviyesine, sıcaklığa ve radyasyon miktarına bağlıdır. Benzer şekilde, rüzgar türbinleri de rüzgar hızı 3 m/s hıza ulaştığında enerji üretimine başlar ve 25 m/s üzerine çıktığında enerji üretimi durur. Herhangi bir zaman diliminde üretilen enerji ihtiyaç duyulan enerjiden fazla ise bu fazlalık önce aküleri şarj etmek için kullanılır. Aküler tamamen şarj olduktan sonra eğer fazlalık bir enerji olması durumunda bu enerji şebekeye bağlı sistemlerde şebekeye; şebekeye bağlı olmayan sistemlerde ise elektrikli su ısıtma sistemine veya benzeri sisteme aktarılır. Sistemde Doğru Akım (DA) ve Alternatif Akım (AA) olmak üzere iki tür bara bulunur. Fotovoltaik panellerden DA enerjisi AA-DA çevirici yardımıyla akülere kontrollü bir şekilde şarj edilir. Rüzgâr türbinlerinden gelen AA enerjisi ise yine AA-DA çevirici ile uygun gerilim değerine dönüştürülerek şarj edilir. Akülerde depo edilen DA enerjisi DA-AA çevirici yardımıyla AA enerjisine dönüştürülerek AA barasına aktarılır. Bu haliyle bakıldığında DA yükleri akü grubunun gerilim seviyesinde DA barasından, AA yükleri ise şebeke gerilim ve frekans değerinde AA barasından beslenir. Sistemin doğru bir şekilde çalışabilmesi için akülerin şarj ve deşarjı batarya yönetim sistemi ile kontrol edilmektedir. Tez çalışması için hazırlanan simule hibrit rüzgar-güneş sisteminin modeli Şekil 2.3'te gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Hibrit rüzgar-güneş sistemi.

Üretilecek enerji miktarının tahmininde kullanılacak olan sensörlerden gelen veriler anlık olarak 3 boyutlu yazılım ekranında tüketicilere gösterilecektir ve gelen sensör değerleri

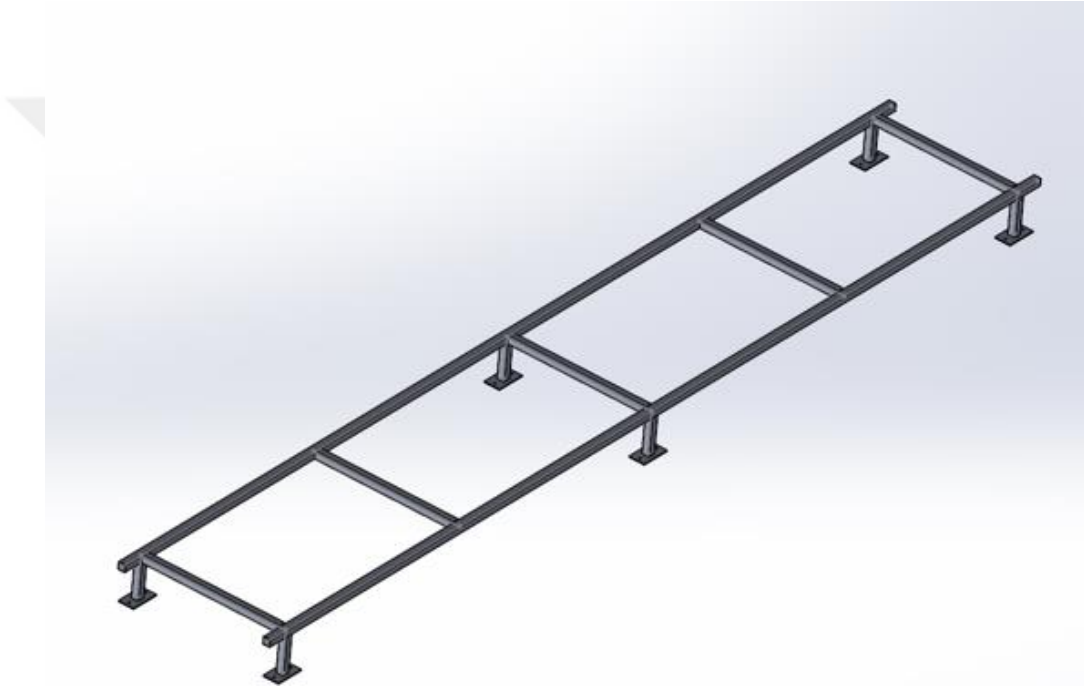
tüketicilerin tanımladığı değerlerin altında ya da üstünde olursa tüketiciler geliştirilen bildirim uygulaması sayesinde mail ve sms yolu ile bilgilendirilecek ve aksiyon almaları sağlanacaktır. Tez çalışmasında karışık tam sayılı lineer programlama ile yapılması planlanan yük dağıtımının gerçekleştirilmesi için simülasyon ortamından verilerin doğru bir şekilde alınması son derece önemlidir. Tez çalışmasında insanların ve üreten tüketicili ofislerin nesnelerin interneti ve hizmetlerin internetinden fayda sağlayarak birbirleriyle iletişim kurmasını sağlanmıştır. IoT teknolojisi ile gelen bu özellik sayesinde üreten tüketicili ofis içerisindeki yükler birbirleriyle, sensörler ile ve sunucu ile etkileşim halindedir. Bu iletişimde bir hata olduğu zaman direkt olarak bildirim sistemi sayesinde bilgi verilmekte olup ivedilikle sisteme müdahale etmek mümkündür. Olağan dışı durumlarda bu etkileşim sayesinde yük dağıtım planlaması yeniden yapılabilmektedir. Tez çalışması için geliştirilen yazılımın çalışma mimarisi Şekil 2.4'te yer almaktadır.



Şekil 2.4. Yazılım mimarisi.

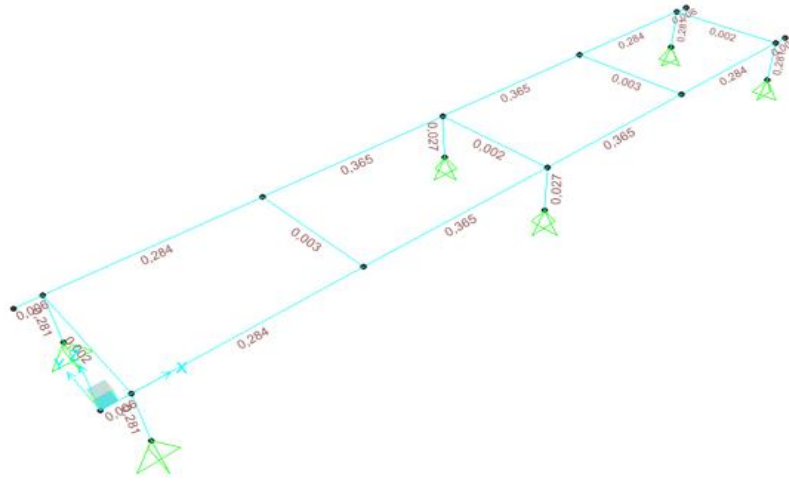
Tez çalışması için kurulan simule sistemde yer alan fotovoltaik paneller ve rüzgar türbinleri üzerinden ve sistemde yer alan sensörlerden elde edilen bilgiler sunucu tarafında çalışan yazılım ile işle tabi tutulup güç optimizasyonunda kullanılacak arayüze aktarılır ve üreten tüketicili konutlarda anlık enerji takibi ve yönetimi gerçekleştirilir. Güneş panelleri ise eni 1 metre boyu ise 1,7 metre olan üniteler halindedir. Kendileri için

oluşturulmuş çatının üstünde mütemadi devam çelik kiriş üzerine oturmaktadır. Bu çelik çatı aşıklarına bağlanmaktadır. Kendi içinde rijit kaynaklı olan bu yapı çatı aşıklarına mekanik ve mafsallı mesnet oluşturacak şekilde bağlanmaktadır. Şekil 2.5'te gösterilen şase çatıya montaj halindedir. 1 güneş paneli ünitesinin ağırlığı ise 20 kg'dır. Bu şase için 2. önemli kritik yük rüzgar emme yüküdür. Panelin üstünün ve altının açık olması durumu dikkate alınırsa emme yükü olarak 110 kg/m^2 alınacaktır. Bu yük paneli yüzeyinden dışarı doğru olacaktır. Sürekli profile etkiyen rüzgar yükü $w = 0,5 \times 110 = 55 \text{ kg/m} = 0,55 \text{ kg/cm}$ 'dir. Bu çelik şase ile ilgili çizim aşağıda gösterilmiştir. Kullanılan kutu profil kesiti 50x50x2 milimetredir. Çelik kalitesi St37'dir.



Şekil 2.5. Güneş paneli şasesi.

Rüzgar – güneş hibrit sisteminde yer alacak güneş panelleri şasesinin kesit tesir diyagramları hesabı da yapılmıştır. Çubuk elemanlar için taşıma kapasite oranları ASD ye göre aşağıda gösterilmiştir. Şasenin taşıma kapasite oranları hesaplandığında her bir bölüm için güneş panellerinin ağırlığı 0,365 değerine eşit veya küçük çıkmaktadır. En büyük yük kapasite oranı olan 0,365 değeri 1 in altında olduğu için hesabı yapılan ünite güvenlidir. Taşıma kapasitesi oranları Şekil 2.6'da detaylı olarak verilmiştir.



bulunmuş olur ve mevcut yük profili veya yükler dikkate alınarak güç ünitelerinin planlaması yapılır. Yapılan bu planlama doğrultusunda belirlenen saatlerde/günlerde ihtiyaç dışı olarak algılanan yüklere elektrik iletimi yapılmaz. Gündüz saatlerinde ampulün bağlı olduğu yüke elektrik akışının olmayacak olması örnek olarak gösterilebilir. Üreten tüketicili ofiste yer alan fotovoltaik panel ve rüzgar türbinlerinden elde edilen verilere gün içerisinde anlık olarak erişilebileceği için sisteme tam bir hâkimlik söz konusu olacaktır. Bu şekilde, yukarıda da belirtildiği gibi kurulum ve üretim maliyetleri azalacaktır. Böylece bu tez çalışmasının hem ülke ekonomisine hem de bireysel ekonomiye katkısı olacaktır.

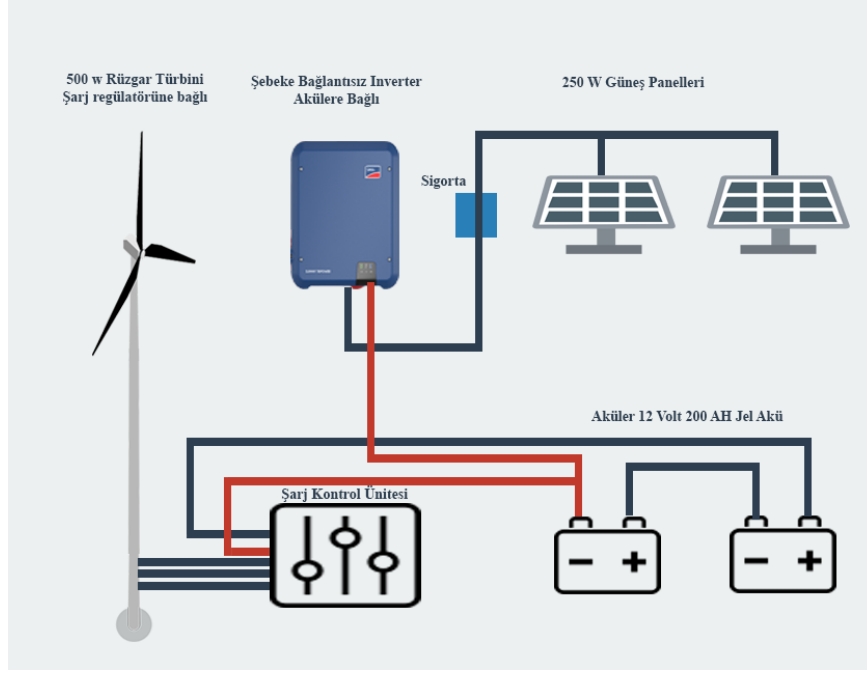
2.4. KAPSAM

Küresel enerji arzı, iletimi takibi, dağıtımı ve tüketimi yenilenebilir enerji kaynaklarının geleneksel enerji kaynaklarıyla yer değiştirmesi gibi büyük bir değişimin eşiğindedir. İklim değişikliği konusundaki sosyal farkındalık ve çevresel kaygılar, fosil yakıtlara ve dolayısıyla yabancı ekonomilere olan bağımlılık bu küresel devrimin gerçekleşmesini sağlayan sebeplerden sadece birkaçıdır. Dünyanın birçok yerinde elektrik üretimi için bolca bulunan güneş enerjisi çevreye de birçok olumlu katkı sunmaktadır. Geç bir başlangıç yapmasına rağmen, Türk Fotovoltaik piyasası bölgedeki en yüksek güneş ışıınım değeri, gelişmekte olan ekonomisi, güçlü işgücü, maliyetlerdeki düşüşler ve kamuoyunun bu teknolojiye artan ilgileriyle beraber büyüyen ve hâlihazırda büyük ölçütlere sahip bir Pazar olarak kabul edilebilir. Örneğin Türkiye’de yılda ortalama 2640 saat güneş görülüyorken Güneş enerjisinden dünyada en fazla faydalanan ülke olan Almanya’da ise güneşlenme süresi yılda ortalama 1600 saattir. Ülkemizde potansiyel olduğu yapılan araştırmalardan da bilinmektedir. Bu potansiyeli değerlendirmek için her yıl artan sayıda farklı yaklaşımları esas alan proje çalışmaları yapılmaktadır. Ancak yapılan bu tür çalışmaların yenilenebilir enerji üretiminin ve kullanımının toplum katmanlarında üreten tüketici uygulaması bazında yeterince gelişme göstermediği görülmektedir. Bu eksikliği gidermek amacıyla pazarın yaklaşık %70’ini oluşturan son tüketici ve küçük konutların enerji ihtiyacını minimum kurulum, üretim ve işletme maliyeti ile karşılayan fotovoltaik-rüzgar hibrit sistemini üreten tüketici konseptine uygun olarak tasarlayıp kullanıma sunmaktır. Tez çalışması kapsamında geliştirilmiş olan yazılım sayesinde olumsuz durumlarda aksiyon olarak ve sensörlerden gelen verileri anlık olarak takip ederek enerji maliyetini düşürmek mümkündür. Böylece yenilenebilir enerji

sistemlerinin kullanımının ülke geneline yayılması mümkün olacaktır. 20-25 yıllık sistem, ömrü boyunca ülke ekonomisine katkı sağlamanın yanında, ihtiyaç duyulan enerjiyi daha çevreci bir yolla yani atmosfere daha az karbon salacak şekilde karşılamaktadır [12].

2.5. YÖNTEM

Düzce ili ve çevresi için modellenen güneş-rüzgar akü sistemi Şekil 2.7’de verilmiştir. Bu ilde tespit edilen konumda bir konutun enerji ihtiyacını karşılayacak kadar elektrik şebekeden bağımsız bir hibrit sistemle üretilmiştir. Şebekeye bağlı olmadan gün içerisinde üretilen enerjinin fazlası depolanarak akşam kullanılacak şekilde optimize edilmesi geliştirilen yazılım sayesinde gerçekleştirilmiştir. Tez çalışmasında geliştirilen yazılım sayesinde donanımsal envanterlere veri gönderilerek depolanan enerjinin kullanıma uygun olarak akışı sağlanmıştır. Böylelikle konutun elektrik ihtiyacının tamamı şebekeden bağımsız bir şekilde karşılanması hedeflenmiştir. Gün içerisinde güneş paneli ve rüzgardan elde edilen elektrik enerjisi konut içerisindeki hatlarda akış sağlayarak, kablo üzerinde meydana gelen kayıplar önlenmeye çalışılmıştır. Fotovoltaik paneller ve rüzgâr türbinleri gün içinde ısınım seviyesi ve rüzgâr hızı yeterli seviyeye ulaştığında güç üretmeye başlarlar. Saatlik zaman dilimlerinde ısınım ve sıcaklık zamana göre değişiklik gösterdiğinden fotovoltaik panellerin güç üretim miktarı büyük oranda panelin üzerine gelen ısınım seviyesine ve çevre sıcaklığına bağlıdır. Benzer şekilde, rüzgâr türbinleri de güç üretimine rüzgar hızı 3 m/s hıza ulaştığında başlar ve 25 m/s üzerine çıktığında güç üretimi durur. Bu noktada istenmeyen değerlere ulaşıldığında geliştirilen bildirim sistemi sayesinde bilgilendirme işlemi yapılmaktadır. Bilgilendirme işlemi Windows servisleri sayesinde anlık olarak gerçekleştirilir. Sistemin doğru bir şekilde çalışabilmesi için akülerin şarj ve deşarjı bir akü yönetim sistemi ile kontrol edilebilir. Daha sonra Doğru Akım (DA) gücü olarak üretilen güç invertör veya evirici yardımıyla Alternatif Akım (AA) gücüne dönüştürülüp ve bu şekilde AA yükler beslenmiştir [13].



Şekil 2.7. Tipik bir şebekeden bağımsız rüzgâr-güneş (fotovoltaik)-batarya sistemi.

Önerilen sistemde maliyetin en küçük olması için üretilen ve tüketilen güç arasındaki farkın mümkün olduğu kadar azaltılması gerekir. Bu durumda fark güç Denklem 2.1 ile ifade edilebilir.

$$\Delta P(k) = P_G(k) - P_d(k) \quad (2.1)$$

Burada k 1'den 25'e kadar olan ardışık tamsayılar, $P_g(k)$ ve $P_d(k)$ k . saatlik zaman diliminde sırasıyla üretilen ve tüketilen güçlerdir.

$$W = \Delta t \sum_{1}^{24} N_w P_w(k) + N_p P_p(k) \quad (2.2)$$

$$W = \Delta t \sum_{1}^{24} P(k) \quad (2.3)$$

Burada Δt , $P_w(k)$, $P_p(k)$, N_p ve N_w sırası ile zaman aralığı, k . saatlik zaman diliminde rüzgâr türbini paneller tarafından üretilen güçler, rüzgâr türbini sayısı ve fotovoltaik panel sayısıdır. Her bir saatlik zaman diliminde üretim ve tüketim arasındaki dengeyi sağlamak yani sıfır yapmak gerekir. Ancak bu bazen oldukça zordur ve bu nedenle bir günlük zaman içinde bunun sıfır yapılması en doğru yaklaşımdır. Bu durumda ΔP değerinin saatlik değişimine bakıldığında bazı zamanlarda pozitif bazı zamanlarda ise negatif olduğu görülür. ΔP 'nin pozitif ve negatif değerleri sırasıyla güç üretim fazlalığı ve güç üretim eksikliği göstermektedir.

$$\Delta W = W - W = \Delta t \sum_{1}^{24} \Delta P(k) \quad (2.4)$$

Denklem 2.4 rüzgâr-fotovoltaik-akü hibrit sistemi için gerekli olan akü depolama kapasitesini saptamak için kullanılabilir. Ortalama bir gün içindeki enerji değişimine ait

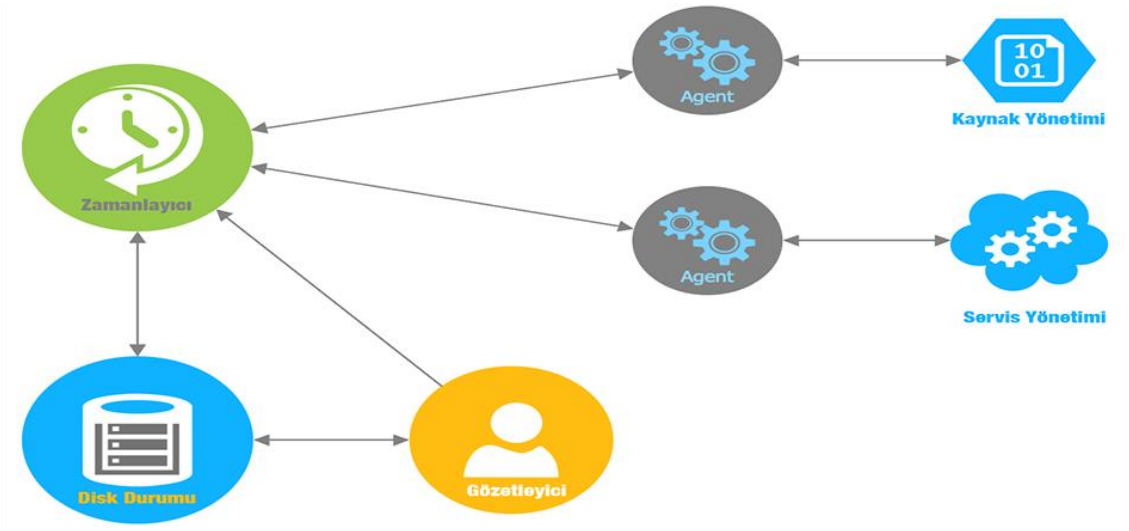
pozitif ve negatif tepe değerleri arasındaki fark, akülerin miktarını belirlenmesi için yapılacak hesaplamada kullanılabilir. Jel aküler 1.500 çevrimlik bir ömre sahiptir ve bu çevrimin iyi bir şekilde kullanılabilmesi için %80'den fazla şarj ya da deşarj olmamaları gerekir. Bu noktadan hareketle, depolama kapasitesi için ihtiyaç duyulan akü sayısı aşağıdaki ifade ile hesaplanabilir. Verilen yük için ihtiyaç duyulan kapalı hibrit sistemde bulunması gereken fotovoltaiik panel ve rüzgâr türbini sayısını belirlemek için aşağıdaki adımlar kullanılabilir.

1. Ticari olarak satışta bulunan 1, 3, 5 ve 10 KW'lık rüzgâr türbini, 0,25 KW'lık fotovoltaiik panel ve 200 Ah'lık jel akülerin birim fiyatları ve ortalama ömürleri belirlenir.
2. Eğer rüzgâr türbini gücü tek bir fotovoltaiik panel güç değerinden fazla ise sistem dengeye ulaşınca kadar fotovoltaiik panel sayısı artırılır.
3. Her kombinasyon için yıllık maliyet hesaplanır ve en düşük maliyeti veren kombinasyon bulunur.

Bu adımlar dikkate alınarak Düzce ilinin Karadeniz kıyı bölgesindeki yerleşim yerinde bir konutun gerekli enerji ihtiyacını karşılamak için kullanılacak en uygun rüzgâr-fotovoltaiik-akü bileşenlerden oluşan kombinasyonu seçilmiştir. Tahmini güç hesabında kullanılan rüzgâr hızı ve güneşlenme oranı verileri günün her bir saatinin yıllık ortalaması şeklinde elde edilmiştir. Saatlik ortalama rüzgâr hızı ve güneşlenme oranı verileri 2015, 2016, 2017 yıllarına ait olmak üzere yerel meteoroloji istasyonundan elde edilmiş olup belirtilen konuma adapte edilmiştir. Yetersiz rüzgâr ve güneş enerjisi olması durumunda herhangi bir yedek jeneratör kullanılmamıştır.

Tez çalışması için kurulan laboratuvar ortamından alınan verilerin yazılıma aktarılmasında ise Endüstri 4.0 prensipleri tamamiyle uygulanmıştır. Tez projesi için geliştirilen bir cihaz ile sensor verileri dijital sinyaller sayesinde okunmuştur. Okunan sensor değerleri anlık olarak yazılıma aktarılmıştır. Elde edilen verilerin işlenip anlamlı hale getirilebilmesi adına yazılımdan ayrı, ancak yazılıma entegre çalışan windows servisleri geliştirilmiştir. Windows servisleri sunucunun açılmasıyla birlikte kendini otomatik olarak başlatan, herhangi bir arayüzü veya görsel çıktısı olmadan işletim sisteminin arka planında çalışan, kullanıcıyla sürekli etkileşim halinde bulunan çalıştırılabilir nesnelerdir. Windows servislerinin mimarisi Şekil 2.8'de verilmiştir. Geliştirilen bu servisler tez kapsamında ele alınan yük yönetiminde çok önemli görevler üstlenmektedirler. Sistem olaylarının ve hatalarının kayıtlarının tutulmasında, yük

yönetiminin gerçekleştirilmesinde, performans ölçümlerinde, veri analizlerinde, kaynakların ve network (ağ) erişimlerinin izlenmesi gibi pek çok konuda etkin rol oynamaktadırlar.



Şekil 2.8. Servis mimarisi.

Karışık tamsayılı doğrusal programlama tekniği ile çalıştırılacak yük modeli oluşturulabilir. Bir rüzgar türbininin üreteceği güç aşağıdaki formül ile bulunur. Formülün tüm bileşenleri aşağıda verilmiştir. Değişkenlerin temsil ettiği değerler aşağıda anlatılmıştır.

$$P = 1/2 * \rho V^3 * C_p * A \quad (2.5)$$

P: Rüzgar türbininin üreteceği gücü gösterir. Birimi Watt'tır.

Sabit: Sabit bir sayı olarak eşitliğin sağ tarafındaki ilk terimdir. Değeri 0,5'dir.

Hava Yoğunluğu: Uluslararası Standart Atmosfer koşullarında (deniz seviyesinde, +15°C sıcaklıkta ve 1013,25 MB basınçta) havanın yoğunluğu 1,225 kg/m³ 'tür.

Rüzgar Hızı: Rüzgar türbininin kurulacağı yerdeki ortalama rüzgar hızının küpünü temsil etmektedir. Yani rüzgarın hızı üretilen güce 3. dereceden üssü kadar katkı sağlamaktadır. Normalde kullanılan hızın birimi m/saniye'dir. Ama biz 3. kuvvetini alarak işleme dahil ediyoruz.

Power Coefficient: Formülümüzdeki bir diğer sabittir. Rüzgar türbin veriminin yüzdelik ifadesidir. Güç faktörü olarak formülümüze katkı sağlamaktadır. Maksimum değeri yaklaşık olarak 0,5926'dır. Bu değer Betz limiti adını alır. Yani bir rüzgar türbininin maksimum %59,26 verimlilikle çalışacağı anlamına gelir.

Swept Area: Rüzgar türbininin kanatlarının süpürdüğü alanı ifade etmektedir. Birimi

metrekaredir. Rüzgar türbinlerinin karakteristiklerinde direk verilebilir veya Rotor Diameter şeklinde ifade edilen rotor yarıçapından hesaplanabilir.

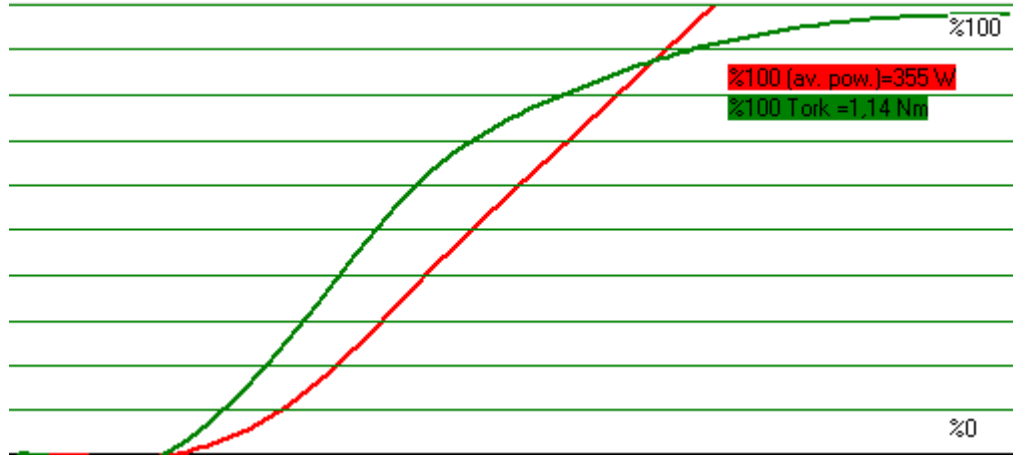
Tez çalışması için oluşturulan simülasyon sistemine 17072 numaralı meteoroloji istasyonundan ve geliştirilen yazılım ile hava tahmin raporu uygulamalarından 2010 yılından itibaren olmak üzere 3 er saat aralıklı rüzgar hızı, rüzgar yönü, ani rüzgar hızı ve hava durumu verileri alınarak yerel veri tabanına kaydedilmiştir. Kaydedilen bu 3'er saatlik veriler tez çalışması için geliştirilen ve tez ekinde yer alan yazılım programı sayesinde her 24 sat için 1'er saatlik aralıklara genişletilerek günün her zaman diliminde üretilecek tahmini güç miktarı hesaplanmıştır. 2010 yılından itibaren genişletilen verilere her gün yeni veriler eklenmektedir. Takvim yılının her günü ve her günün içindeki saat dilimleri önceki yıllardaki ve günlerdeki veriler ile karşılaştırılarak gelecek gün için bir tahmin yapılmaktadır. Elde edilen bu tahminler ile rüzgar türbini üretilecek güç hesabı formülü kullanılarak üretilecek tahmini güç hesaplanır. Meteorolojiden ve sensörlerden alınan veriler geliştirilen yazılımda Denklem 2.5 ile işleme alınmıştır. Üretilecek tahmini güç bu şekilde hazırlanmıştır. Yazılım üzerinden oluşturulan örnek bir güç tablosu aşağıda Şekil 2.9 da verilmiştir.

31.08.2017 Rüzgar Türbini 1 Üretilecek Tahmini Güç Değerleri					
Saat	Rüzgar Yönü	Hız	Durum	Tahmini Güç	
00:00	BGB	1,9	Yağmur	0	
01:00	Doğu	3,7	Yağmur	0,02	
02:00	Doğu	3,7	Yağmur	0,02	
03:00	Doğu	3,7	Yağmur	0,02	
04:00	Batı	5,6	Yağmur	0,07	
05:00	Batı	5,6	Yağmur	0,07	
06:00	Batı	5,6	Yağmur	0,07	
07:00	GGD	5,6	Yağmur	0,07	
08:00	GG	5,6	Yağmur	0,07	
09:00	Güney	5,7	Yağmur	0,08	
10:00	Güney	11		0,54	
11:00	Calm	13		0,9	
12:00	Doğu	5,6		0,07	
13:00	DGD	0	Yağmur	0	
14:00	Güney	1,9		0	

Şekil 2.9. Rüzgar türbini üretilecek tahmini güç değerleri.

Şekil 2.9'dan görüldüğü üzere rüzgar türbinleri 3 m/s hıza ulaşmadan elektrik enerjisi üretmemektedirler. İlgili gün rüzgar türbini 24 saat boyunca 3,96 KW elektrik enerjisi

üretmiştir. Verilen zaman aralıklarında rüzgar türbininin devir ve güç eğrileri ise aşağıda Şekil 2.10'da yer almaktadır.



Şekil 2.10. Rüzgar türbini devir ve güç eğrileri.

Aynı şekilde güneş panellerinden elde edilen elektrik enerjisine göz atacak olursak sistemde yer alan 2 adet 250 W güneş panelinden Düzce Karadeniz kıyısı bölgesinde ve 31 Ağustos 2017 tarihinde gün boyunca toplam 2,39 KW elektrik enerjisi elde edilmiştir. Elektrik enerjisinin 24 saatlik zaman diliminde 1 er saatlik zaman dilimlerine dağıtılmış verileri Şekil 2. 11'de yer almaktadır.

31.08.2017 Solar Sistem Üretilcek Tahmini Güç Değerleri					
Saat	Durum	Nem	Sıcaklık	Tahmini Güç	
00:00	Bulutlu	77	16	0	
01:00	Bulutlu	68	16	0	
02:00	Bulutlu	51	15	0	
03:00	Az Bulutlu	64	14	0	
04:00	Az Bulutlu	57	16	0	
05:00	Az Bulutlu	50	17	0	
06:00	Az Bulutlu	52	18	0	
07:00	Az Bulutlu	61	17	0,008	
08:00	Az Bulutlu	61	17	0,032	
09:00	Az Bulutlu	53	22	0,084	
10:00	Az Bulutlu	78	20	0,152	
11:00	Az Bulutlu	93	20	0,186	
12:00	Az Bulutlu	98	24	0,366	
13:00	Az Bulutlu	85	27	0,872	
14:00	Az Bulutlu	79	27	0,866	

Şekil 2.11. Solar sistemin üretilecek tahmini güç değerleri.

Üreten tüketicili ofisimizde yer alan yüklerin çalışması rüzgar-güneş hibrit sistemi kurulmuştur. Üreten tüketicili ofiste yer alan yükler aşağıdadır.

- 4 Adet LED armatür (4 x 0,036 KW)
- TV (0,125 KW)
- 2 Gözlü elektrikli ocak (0,55 KW)
- 2 Adet bilgisayar (0,09 KW x 2)
- 2 Adet çalışma lambası (2 x 0,018 KW)
- Mini buzdolabı (0,3 KW)
- Tost makinesi (1 KW)
- Su ısıtıcı (1,6 KW)

Yüklerin sağlıklı bir şekilde çalışabilmesi için 1 saatlik zaman dilimlerinde ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi yüklerin yanında verilmiştir. Üreten tüketicili ofisimizde optimizasyon çalışması yapmak için öncelikle yüklerin hangi saatler arasında çalışacağını belirlemek gerekir. Aşağıdaki şekilde yazılım tarafından hesaplanan, yüklerin 24 saat içinde her 1 saatlik zaman diliminde harcadıkları elektrik enerjisi verisi gösterilmiştir. Üreten tüketicili ofiste tüm yükler 24 saat içerisinde ortalama toplam 9 KW elektrik enerjisi harcamaktadır. Bu da aylık 270 KW enerjiye denk gelmektedir.

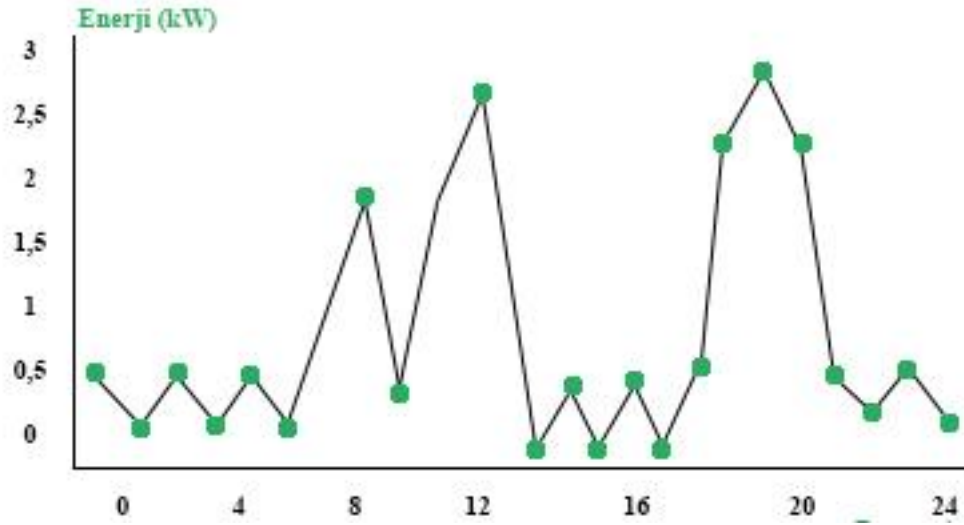
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Düzce ili Karadeniz kıyısı bölgesinde bulunan üreten tüketicili bir konutun ihtiyacı olan elektrik enerjisini yazılım ile destekleyerek yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgar enerjisi ve güneş enerjisi ile elde edebilmesi için çalışmalar yapılmıştır. Rüzgar - güneş hibrit sisteminin ilk yatırım, kurulum ve bakım maliyetlerini en düşük seviyeye indirmek için yapılan bu çalışmalar farklı senaryolar ile test edilmiştir. 17072 Meteoroloji istasyonundan ve simulasyon ortamındaki sensörlerden alınan rüzgar hızı, ışıınım miktarı, hava yağış durumu ve Şekil 3.1 'de belirtilen meteorolojik veriler kullanılarak 2015, 2016 ve 2017 yılına ait veriler saatlik bazda genişletilerek 26680 adet veri elde edilmiştir. Aşağıda Düzce ili Kardeniz kıyısı için saatlik bazda genişletilmiş bir veri kümesi verilmiştir.

	il	Tarih	Hız
1	Düzce	2016-01-01 00:00:00	5.6
2	Düzce	2016-01-01 01:00:00	13
3	Düzce	2016-01-01 02:00:00	7.4
4	Düzce	2016-01-01 03:00:00	7.4
5	Düzce	2016-01-01 04:00:00	9.3
6	Düzce	2016-01-01 05:00:00	9.3
7	Düzce	2016-01-01 06:00:00	9.3
8	Düzce	2016-01-01 07:00:00	5.6
9	Düzce	2016-01-01 08:00:00	5.6
10	Düzce	2016-01-01 09:00:00	3.7
11	Düzce	2016-01-01 10:00:00	3.7
12	Düzce	2016-01-01 11:00:00	11.1
13	Düzce	2016-01-01 12:00:00	18.5
14	Düzce	2016-01-01 13:00:00	9.3
15	Düzce	2016-01-01 14:00:00	16.7
16	Düzce	2016-01-01 15:00:00	14.8
17	Düzce	2016-01-01 16:00:00	11.1
18	Düzce	2016-01-01 17:00:00	7.4
19	Düzce	2016-01-01 18:00:00	13
20	Düzce	2016-01-01 19:00:00	18.5
21	Düzce	2016-01-01 20:00:00	13
22	Düzce	2016-01-01 21:00:00	14.8
23	Düzce	2016-01-01 22:00:00	16.7
24	Düzce	2016-01-01 23:00:00	20.4

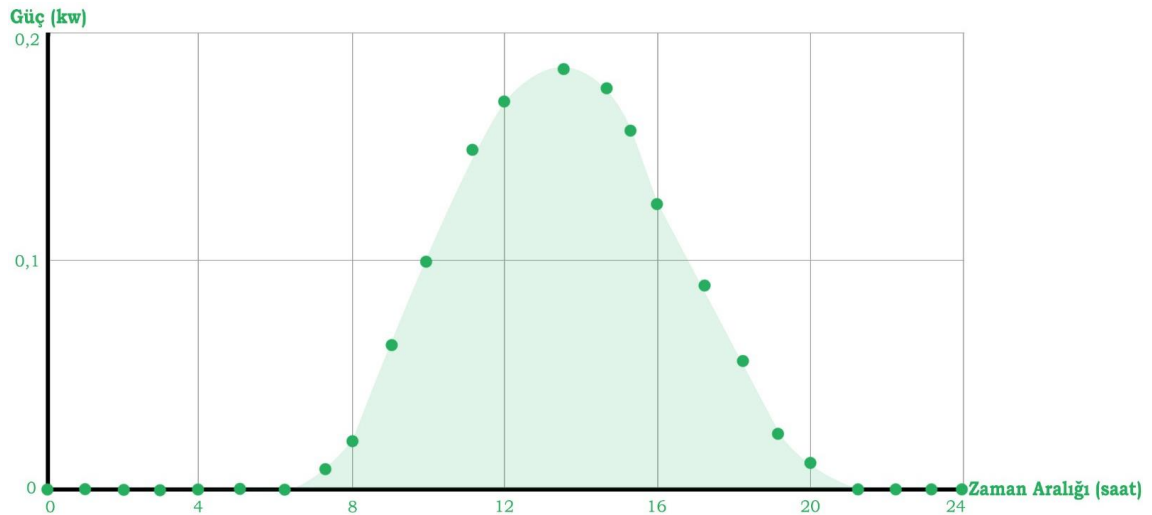
Şekil 3.1. Saatlik rüzgar hızları tablosu.

Güncel zamana ait meteorolojik veriler geliştirilen bir windows servis ile düzenli olarak internet sitesinden yerel veritabanına kaydedilmektedir. Şekil 3.2’de bir ofisin gün içerisindeki yük profilinin dağılımı verilmiştir.



Şekil 3.2. Yük profili dağılımı.

Tez çalışmasındaki amaç karışık tamsayıli lineer programlama tekniği ile desteklenen yazılım ile beraber standart bir ofisin gün içerisinde duyduğu elektrik enerjisi ihtiyacını, üretilecek elektrik enerjisinin yeterli olmayacağı durumlarda yük kaydırma işlemi gerçekleştirerek karşılamaktır. Bu bölümde simülasyon ortamları hazırlanarak yazılımdan elde edilen sonuçlar incelenmiştir. Ayrıca yazılım desteği olmadan oluşan durum ile karşılaştırma yapılarak sonuçlar ele alınmıştır. Üreten tüketicili ofiste kullanılacak yerli güneş panelleri $1,47 \text{ m}^2$ alana sahiptir. Güneş panellerinin gün içerisindeki güç değişimi aşağıda Şekil 3.3’te verilmiştir.



Şekil 3.3. Güneş panelinin gün içerisindeki güç grafiği.

3.1. SADECE ŞEBEKE HATTININ KULLANILMASI DURUMU

Yazılım desteği olmadan kullanılan rüzgar güneş hibrit sisteminde elektriksel yükler günlük standart kullanım alışkanlıkları baz alınarak dağıtılmış ve bu veriler doğrultusunda maliyet hesabı yapılmıştır. Kolayca tahmin edileceği gibi rüzgâr hızı ve ışınlam miktarı küçük zaman dilimlerinde değişebilen değerler olduğundan rüzgar güneş hibrit sisteminden elde edilen elektrik enerjisi de anlık olarak değişmektedir. Bu anlık değişkenliğin işletme ve bakım maliyetlerini artırmaması için önlemler alınabilir. Bu tez önerisinde önerilen ve tezin özgün değerini de oluşturan yöntem elektrik enerjisinin üretiminin maksimum olduğu dönemlerde yüksek elektrik enerjisi isteyen yüklerin ve maksimum sayıda yükün çalıştırılmasıdır. Bir diğer özgün değer ise bir sonraki gün için de tahminde bulunulup yük dağıtımının ve yük kaydırma işleminin bir gün önceden belirlenebilmesidir. Yüklerin en uygun şekilde dağıtılmasında karışık tamsayılı doğrusal programlama tekniğinden faydalanılmıştır. Plansız yük dağıtımı ile yazılım destekli yük dağıtımı uygulanmış sistem incelendiğinde negatif enerji farkının yazılım destekli senaryoda daha az olduğu görülmektedir. Ticarethaneler için iki tip ücretlendirme tarifi vardır. Tarifeler ve ücretleri Şekil 3.4’te yer almaktadır. Tek zamanlı abone kapsamında yer alan ofiste kullanılan yüklerin 30 günlük zaman dilimi içerisinde işletmeye elektrik enerjisi maliyeti yaklaşık olarak günlük 3,9 TL aylık ise 118 TL civarındadır.

Ticarethane Tarifi	Gündüz (06:00 - 17:00)	Puant (17:00 - 22:00)	Gece (22:00 - 06:00)
Tek Zamanlı	0,4642 TL		
Üç Zamanlı	0,4622 TL	0,7065 TL	0,2883 TL

Şekil 3.4. Ticarethane aboneleri elektrik tarifi.

3.2. RÜZGAR – GÜNEŞ HİBRİT SİSTEMİ KULLANILMASI DURUMU

Üreten tüketicili bir konutta yer alan yükler günlük standart kullanım alışkanlıkları baz alınarak dağıtılmış ve yıllık maliyetler hesaplanmıştır. Rüzgar hızı ve ışınlam miktarı anlık olarak değişebildiğinden dolayı yüklerin çalışmasını bu değişikliklere uyarlamak elektrik enerjisi maliyetini azaltacaktır. Bu bölümde yük kaydırma işlemi yapılmadan maliyetler hesaplanmıştır. Üreten tüketicili ofisin elektrik ihtiyacında kullanılmak üzere 2 adet 250 W güneş paneli, 1 adet 500 W 1,2 m çapında rüzgar türbini, 2 adet 12 V 100 Ah solar jel akü, 1 adet akıllı invertör, 1 adet akıllı sayaç ve diğer gerekli malzemeler kullanılmıştır.

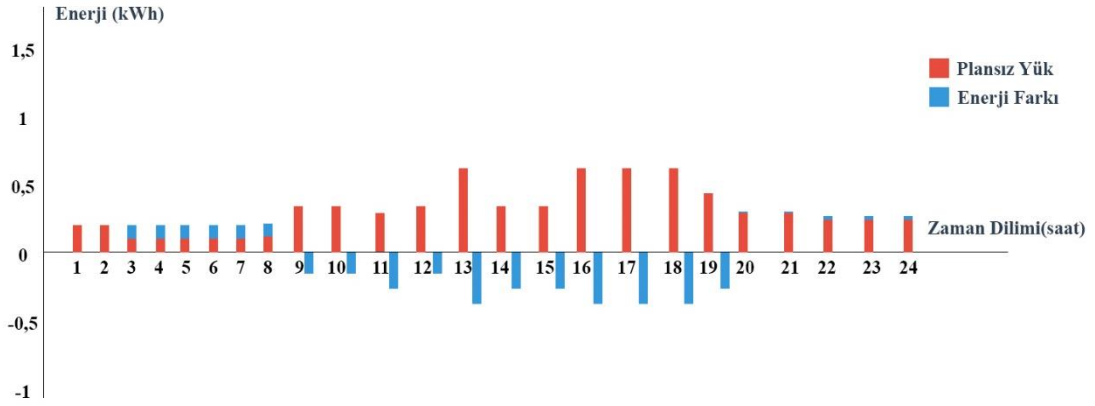
Kurulan rüzgar-güneş hibrit sisteminin Düzce Karadeniz kıyısı bölgesinde 31 Ağustos 2017 tarihinde günlük ürettiği elektrik enerjisi yaklaşık 6,4 KW değerindedir. Rüzgar ve Güneş enerji sistemleri içerisinde dağılımı Şekil 3.5’de verilmiştir.

31.08.2017 Tarihinde Üretilen Elektrik Enerjisi Toplamı	
Sistem	Üretilen Güç
Solar	2,39
Rüzgar	3,96

Şekil 3.5. Üretilen elektrik enerjisi toplamı.

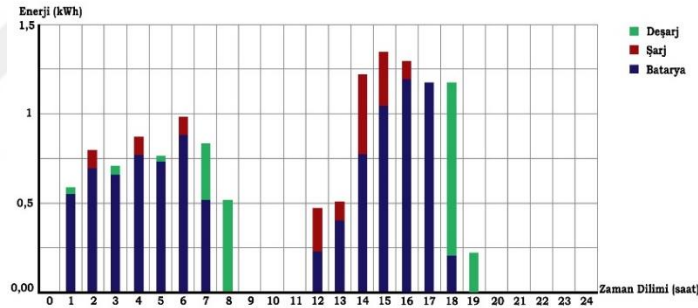
Bu senaryoda elektrik ihtiyacı rüzgar-güneş hibrit sisteminden karşılanmaktadır. Üretilen elektrik enerjisinin yeterli olmadığı durumlarda enterkonnekte şebeke hattı kullanılmaktadır. Şebeke bağlantılı sistemlerde elde edilen elektrik enerjisi direkt olarak kamunun enterkonnekte şebeke hattına aktarılır. Üretilen fazla elektriği (örneğin tüketim-kullanım fazlasını) şebekeye satış imkanı mevcuttur. Bu alanda devletimiz tarafından güncel koşullara bağlı olarak kendine özgü farklı kanun, yönetmelik, alım garantisi süreleri ve tarifeler geliştirilmektedir. Örneğin olumlu teknolojik gelişmeler ile artan üretim kapasitesi, ticari koşullar vb. hususlara bağlı olarak ilk yatırım maliyetlerinde bir süreden bu yana düşüş olduğu görülmektedir. Üretilen güç tahminleri Şekil 2.9 ve Şekil 2.11 de gösterilmiştir. Üretilen ve tüketilen enerji arasındaki fark pozitif ise üretim fazlalığı, negatif ise enerji ihtiyacı olduğu anlamına gelmektedir [12]. Kolayca tahmin edileceği üzere öğlen saatlerinde solar sistem maksimum seviyede enerji üreteceğinden enerji açığı değeri günün diğer saatlerine göre daha az olacaktır. Bu amaç doğrultusunda, yazılım sayesinde enerji fazlalığı azaltılarak günün diğer saatlerinde de eşit miktarda kullanma amacı ile yük kaydırma işlemi yapılmaktadır. Aşağıda plansız yük dağıtımı yapılmış sistemde talep edilen ve üretilen enerji farkının saatlik zaman dilimlerinde gösterimi verilmiştir. Yatay eksenin altında kalan kutucuklar negatif enerji farkını temsil etmektedir. Enerji farkının negatif olduğu zaman dilimleri 9. zaman dilimi ile 19. zaman dilimleri arasındır. Enerji farkının pozitif olduğu zaman dilimleri ise 3. zaman dilimi ile 8. zaman dilimi arası ve 20. zaman dilimi ile 24. zaman dilimleri arasındır. Diğer zaman dilimleri arasında üretilen enerji tüketilen enerjiyi karşılamaktadır. Karışık tamsayı

doğrusal programlama ile desteklenen yazılıma göre bu sistemin en büyük farkı enerji farkının negatif olduğu zaman dilimlerinin çok fazla olmasıdır. Pozitif ve negatif enerji farklarının gün içerisinde aldığı değerlere bir örnek Şekil 3.6’da verilmiştir.



Şekil 3.6. Talep edilen enerji ve üretilen enerji farkı.

Aşağıda rüzgar – güneş hibrit sisteminin bataryalarının şarj ve deşarj süreleri verilmiştir. Günlük dağılımı Şekil 3.7’de verilmiştir.



Şekil 3.7. Rüzgar – güneş hibrit sistemi batarya şarj durumu.

Ofisteki yüklerin çalışabilmesi için ihtiyaç duyulan günlük 8 kw elektrik enerjisinin 6,4 kw’lık bölümü rüzgar güneş hibrit sisteminden karşılanmaktadır. Arada bulunan 1,6 kw’lık enerji açığı ise enterkonnekte şebeke hattından çekilerek ay sonunda faturalandırılmaktadır. Bu durumda günlük kullanılan 1,6 KW enerji aylık 18 KW değerine denk gelmektedir. 18 KW elektrik enerjisinin dağıtım şirketi tarafından faturalandırılan ücreti ise 21 Türk Lirasıdır. Sonuç olarak rüzgar – güneş hibrit sistemi kullanılırsa aylık elektrik faturası 21 Türk Lirasına düşmekte ve yıllık yaklaşık 1.164 TL tasarruf edilmektedir. Rüzgar – Güneş - hibrit sistemi kendi kurulum maliyetini 5 yılda amorti etmektedir. Rüzgar – güneş hibrit sisteminin kurulum maliyet kalemleri Şekil 3.8’den incelenilebilir. Tüm sistemin maliyeti 5.800 Türk Lirasıdır.

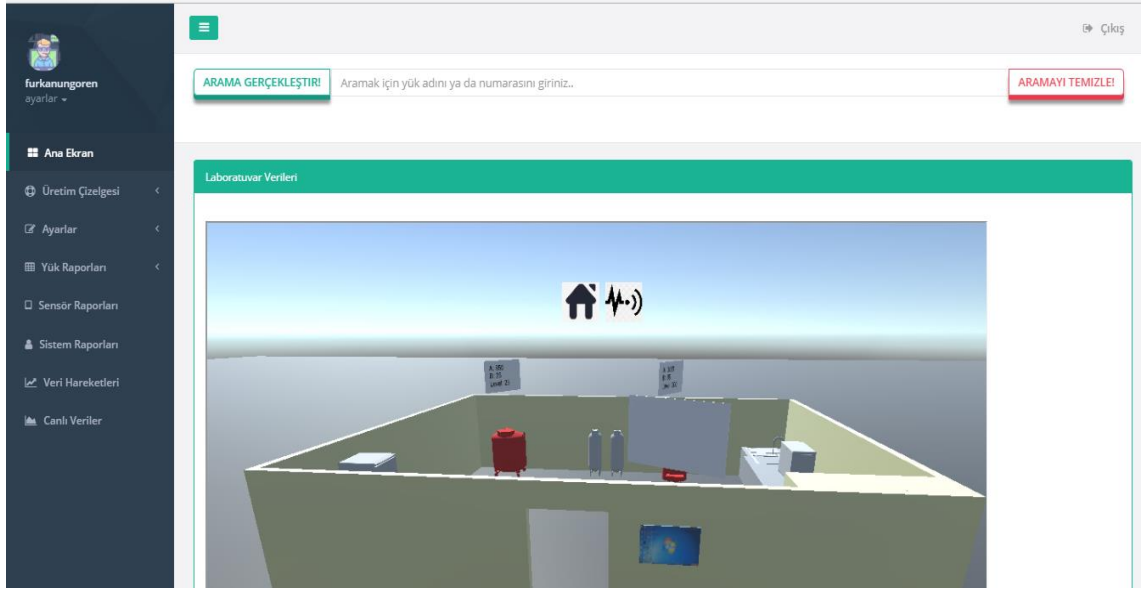
Maliyetler				
Envanter	Adet	Fiyat	Toplam	
Solar jel akü	1	1000 ₺	1000 ₺	
250 W güneş paneli	2	500 ₺	1000 ₺	
Rüzgar türbini	1	1500 ₺	1500 ₺	
Inverter	1	1500 ₺	1500 ₺	
Diğer	1	800 ₺	800 ₺	

Şekil 3.8. Rüzgar – Güneş hibrit sistemi kurulum maliyeti.

Bu tez çalışmasının amacı geliştirilen yazılım ile işletmeye olan elektrik enerjisini minimum düzeye indirmektir. Rüzgar – güneş hibrit sisteminden elde edilen elektrik enerjisi yazılım programı tarafından takip ve kontrol edilerek enerji maliyeti azaltılmaya çalışılmaktadır.

3.3. GELİŞTİRİLEN YAZILIM İLE MİNİMUM İŞLETME MALİYETİ

Yazılım desteği olmadan kullanılan rüzgar güneş hibrit sisteminde elektriksel yükler günlük standart kullanım alışkanlıkları baz alınarak dağıtılmış ve bu veriler doğrultusunda maliyet hesabı yapılmıştı. Kolayca tahmin edileceği gibi rüzgâr hızı ve ışınlam miktarı küçük zaman dilimlerinde değişebilen değerler olduğundan rüzgar güneş hibrit sisteminden elde edilen elektrik enerjisi de anlık olarak değişmektedir. Bu anlık değişkenliğin işletme ve bakım maliyetlerini artırmaması için önlemler alınabilir. Bu tez önerisinde önerilen ve tezin özgün değerini de oluşturan yöntem elektrik enerjisinin üretiminin maksimum olduğu dönemlerde yüksek elektrik enerjisi isteyen yüklerin ve maksimum sayıda yükün çalıştırılmasıdır. Bir diğer özgün değer ise bir sonraki gün için de tahminde bulunulup yük dağıtımının ve yük kaydırma işleminin bir gün önceden belirlenebilmesidir. Yüklerin en uygun şekilde dağıtılmasında karışık tamsayılı doğrusal programlama tekniğinden faydalanılmıştır. Plansız yük dağıtımı ile yazılım destekli yük dağıtımı uygulanmış sistem incelendiğinde negatif enerji farkının yazılım destekli senaryoda daha az olduğu görülmektedir. Sistemde üretilcek elektrik enerjisi ve sensörlerden alınan değerler yazılımda Şekil 3.9’da olduğu gibi gösterilmektedir.



Şekil 3.9. Anlık verilerin olduğu ana ekran.

3.3.1. Saatlik Ortalama Veriler İle Yük Dağıtımı

Tez çalışmasında geliştirilen programın test aşamasında, Düzce bölgesinde yer alan bir üreten tüketicili ofisin tez çalışması kapsamında sahip olduğu rüzgar - güneş hibrit sistemi üzerinden ertesi gün çalıştırılacak yükleri belirlenmiştir. Ofiste yer alan her bir yük için matrisler oluşturulmuştur. Özgün değer ve yöntem başlıklarında da bahsedildiği üzere yüklerin belirlenmesi için tahmini güç üretimi gibi verilerden yararlanılmıştır. Bu tez çalışmasında yenilenebilir enerji sistemlerinden rüzgar ve güneş enerji sistemleri bir arada kullanılarak yük yönetimine karar vermek ve elektrik enerjisi üretim maliyetlerini en aza indirmek, optimize etmek ve depolama birimden maksimum seviyede yararlanılarak enerji sistemi maliyetinin düşürülmesi amaçlandı. Amacı gerçekleştirmek için bir program geliştirildi ve geliştirilen yazılım programında Karışık Tamsayılı Lineer Programlama (KTLP) tekniğinden faydalanıldı. Yazılım içerisinde yük yönetimi yapılırken yükler ve yüklerin dağıtılması karışık tam sayılı lineer programlama formülasyonunda işleminden geçirilmiştir. KTLP tekniği sayesinde planlama işlemi yazılım programına yaptırıldığından planlama mühendisinin de iş yükü azalmıştır. Tez çalışmasının sonucunu önceki senaryo ile karşılaştırsak kurulan rüzgar – güneş hibrit sistemi sayesinde ofisin enerji maliyetinin yıllık 1.164 TL bir düşüş yaşayacağı görülmüştü. Bu tez çalışmasının özgün değeri ve çıkış noktası, belirlenen bir yer için geçmişe yönelik rüzgâr hızı ve ışıınım miktarları verileri kullanılarak bir sonraki günün saat bazında yıllık ortalamasının projeye özel geliştirilecek yazılım ile en az hata verecek şekilde tahmin edilmesi idi. Geliştirilen yazılım sayesinde ofiste yer alan yükler bir plan

çerçevesinde çalışması gereken saatlere sahip olmaktadırlar. KTLP tekniği kullanılarak yapılan planlama sonucunda üreten tüketicili ofisin elektrik enerjisi ihtiyacında bir azalma ve dolayısıyla enerji maliyetinde de bir düşüş olduğu görülmüştür. Geliştirilen program sayesinde bir sonraki güne ait rüzgar-güneş hibrit sisteminde üretilecek elektrik enerjisi miktarı tahmin edilebiliyor. Bu tahminin yapılabilmesi yük yönetimi konusunda kilit rol oynamaktadır. Bir sonraki gün üretilecek olan elektrik enerjisi miktarı belli olduğu için çalıştırılacak olan yüklerin ihtiyaç duydukları elektrik enerjisinin rüzgar – güneş hibrit sisteminden mi yoksa kamunun enterkonnekte şebeke hattından mı karşılanacağı belirleniyor. Sisteme tarafından oluşturulan çalışma modeli sayesinde belirlenen anahtarlar role yardımıyla açılıyor, ihtiyaç duyulmayan yüklerin bağlı olduğu anahtarlar ise role yardımıyla kapatılıyor. Böylece rüzgar – güneş hibrit sisteminin yeteli olmayacağı durumlarda ihtiyaç duyulmayan yüklere elektrik akışı engellenerek depolama biriminden maksimum seviyede yararlanılabilmektedir. Şekil 3.10’da yazılım arka planında oluşturulan planlamaya ait simule bir planlama örneği verilmiştir.

Yükler	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Led Armatür	0.04							0.04						0.04	0.04			0.04		0.04	0.04			
Led Armatür	0.04							0.04						0.04	0.04			0.04		0.04	0.04			
Led Armatür		0.04							0.04			0.04	0.04			0.04	0.04		0.04					
Led Armatür		0.04							0.04			0.04	0.04			0.04	0.04		0.04					
TV								0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01						
2 Gözlü Ocak												0.55						0.55						
Bilgisayar									0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
Bilgisayar									0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
Masa Lambası																						0.02	0.02	0.02
Masa Lambası																						0.02	0.02	0.02
Tost Makinesi								0.5																
Mini Buzdolabı	0	0	0.01	0.01	0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

Şekil 3.10. Yük planlaması.

Şekil 3-10 üzerinden örnek verecek olursak LED armatürlerin ve masa lambalarının bağlı olduğu anahtarlar gündüz saatlerinde kapalıdır. Yazılım programı sayesinde yapılan planlama sonucu ofisin günlük enerji ihtiyacı 6,482 KW olarak belirlenmiştir. Belirlenen rakamdan üreten da anlaşılacağı üzere tüketicili ofiste günlük bazda boşa harcanan 1,52 kw elektrik enerjisi israfının önüne geçilmiştir. Ayrıca rüzgar – güneş hibrit sisteminin verimliliği artmıştır. Verimlilik artışı elektrik faturasına aylık yaklaşık 20 TL kazanç olarak yansımıştır. Yazılım desteği olmadan gerçekleştirilen ve kullanılan rüzgar – güneş hibrit sistemi kendisini 60 ayda amorti ediyordu. Yazılım desteği ile yük yönetim modellemesi yapılan hibrit sistemin amorti süresinin 49 ay olduğu görülmektedir. KTLP yönteminden faydalanılarak gerçekleştirilen yazılım sistemi sayesinde ilk yatırım maliyeti 11 ay daha erken amorti edilmektedir. İleriki zamanlarda yazılım programına uzaktan kontrol sistemi entegre edildiği zaman amortisman süresinin daha da azalacağı

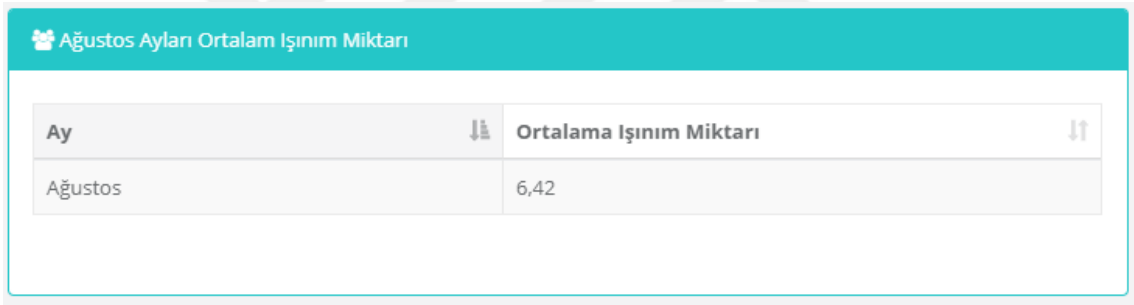
ön görülmektedir. Önümüzdeki gün için tüm yüklerin çalışma saatleri belirlenecektir. Her yükün sağlıklı çalışması için gerekli olan elektrik enerjisi ihtiyacı bellidir. Yük modelleme işlemi için karışık tam sayılı lineer programlama tekniği kullanılmıştır. Üreten tüketicili ofisteki yükler önümüzdeki günün her 1 er saatlik dilimleri için çalışır ya da çalışmaz değerine sahiptir bu 0 veya 1 ya da tez için geliştirilen yazılımda kullanıldığı gibi true ya da false olarak tanımlanabilir. Sonuç olarak bir yük ya çalışır ya da çalışmaz. Yüklerin ihtiyacı olan elektrik enerjisi değerleri karışık tam sayılı lineer programlama tekniği yazılıma aktarılmıştır. Yazılım programı içerisinde de bu belirlenen yük ihtiyaçları formülasyonda yerine koyularak yük dağıtım işlemi gerçekleştirilmektedir. Formülasyonda 0 değerini alan yüklerin çalışmaması sağlanır iken 1 değerine ulaşan yükler vakitleri geldiğinde çalıştırılacaktır. Tez çalışması için geliştirilen yazılımda Microsoft firmasının Microsoft Solver Foundation referansı projeye eklenerek matematiksel simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Karışık tamsayıli lineer programlamanın yazılıma uygulanması için bir örnek ekler bölümünde verilmiştir. Verilen örnekte karar modeli oluşturmak için neler yapılacağı yer almaktadır. Öncelikle main metodunun içine Microsoft Solver Foundation referansımız ile bir çözücü eklenmiştir. Ardından her bir saat için gerekli olan yük ihtiyacı ve her bir saat için üretilmesi tahmin edilen elektrik enerjisi miktarı program koduna yazılmıştır. Ardından her bir saat için ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi ihtiyaçları çözücüye eklenerek yüklerin çalıştırılıp çalıştırılmama kararları alınmıştır. Ardından girilen parametreler ile yük modeli çözülmüştür. Alınan sonuçlar konsol ekranına Şekil 3.11’de yer aldığı şekilde gösterilmiştir. Tez projesi gerçekleştirilmesinde ise geliştirilen donanım ekipmanına seçili yükler yük numaraları ile beraber gönderilmektedir.

```
Optimal
Yük 0   selected.
Yük 1   selected.
Yük 2   selected.
Yük 3   selected.
Yük 4   selected.
Yük 5   selected.
Yük 6   selected.
Yük 7   not selected.
Yük 8   selected.
Yük 9   selected.
Yük 10  selected.
Yük 11  selected.
Yük 12  selected.
Üretilmesi tahmin edilen elektrik enerjisi: $6,3 kw.
İhtiyaç duyulan elektrik enerjisi: $6 kw.
```

Şekil 3.11. Yük modeli.

3.3.2. Aylık Ortalama Veriler İle Yük Yönetimi

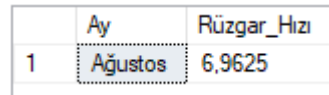
Tez projesi için geliştirilen yazılımda kullanılmak üzere meteoroloji web sitesinden, meteoroloji ölçüm noktalarından ve üreten tüketicili ofis çevresine konulan sensörlerden geçmiş döneme ait ışıınım miktarları, rüzgar hızı ve bazı hava durumu verileri elde edilmişti. Bölüm 3.3.1. de verilen senaryoda geçmiş döneme ait verilerde yer alan veriler saatlik bazda genişletilmiş ve ertesi gün için önceki günlerde aynı zaman dilimlerine karşılık gelen veriler ile ortalama alma işlemi gerçekleştirilerek güç tahmini yapılmıştı. Bu başlık altında ise veriler günlük ortalamalar hesaplanarak işleme alındı. Yerel veritabanında kayıtlı olan 2015, 2016 ve 2017 yıllarına ait olan meteorolojik veriler her ay için 1 rüzgar hızı ve 1 ışıınım miktarı ortalaması olmak üzere $12 \times 3 \times 2$ toplam 72 adet veriye indirgenerek işlemler gerçekleştirildi. Elde edilen veriler, 24 saatlik zaman dilimleri için belirli katsayılar ile her 1 saatlik zaman dilimine atanarak ertesi gün hibrit sistemin üreteceği toplam elektrik enerjisi gücü hesaplandı. Ağustos ayı ortalama ışıınım miktarı Şekil 3.12’de verilmiştir.



Ay	Ortalama Işıınım Miktarı
Ağustos	6,42

Şekil 3.12. Ağustos ayı ortalama ışıınım miktarı.

Ağustos ayları ortalama rüzgar hızı verisi ise Şekil 3.13’te verilmiştir.



Ay	Rüzgar_Hızı
Ağustos	6,9625

Şekil 3-13. Ağustos ayı ortalama rüzgar hızı.

Eldeki bu veriler ışığında hesaplanan 31 Ağustos 2017 tarihine ait tahmini güç miktarı solar sistem için 2,36 KW, rüzgar türbini için ise 2,59 KW olarak hesaplanmaktadır. Hibrit sistemin üreteceği güç miktarı ise toplam 4,95 olarak tahmin edilmektedir ancak 31 Ağustosta üretilen toplam güç miktarı yaklaşık 6,4 KW idi. Aylık ortalama veriler baz alınarak işlem yapıldığında % 29 oranında hata yapılmıştır. Bu sonuç tez için geliştirilen yazılımın tahmin sisteminin doğruluğunu göstermektedir.

3.3.3. Yıllık Ortalama Veriler İle Yük Yönetimi

Bölüm 3.3.1 de saatlik baz da işlem yapılarak bir sonuç, Bölüm 3.3.2 de ise aylık ortalama veriler baz alınarak bir sonuç elde edilmişti ve tez projesinde kullanılan yöntemin daha doğru olduğu tespit edilmişti. Şimdi ki senaryoda ise yıllık rüzgar hızı ve ışıınım miktarları baz alınarak 31 ağustos 2017 tarihi için tahmin güç hesabı yapılacaktır. 2015, 2016 ve 2017 yıllarına ait yerel veritabanında yer alan veriler yıllık ortalamalar baz alınarak işleme alındığında 31 Ağustos tarihi için ön görülen ışıınım miktarı Şekil 3.14'te yer almaktadır.

Yıllık Ortalama Işıınım Miktarı	
Ay	Ortalama Işıınım Miktarı
Ağustos	4,40

Şekil 3.14. Yıllık ortalama ışıınım miktarı.

31 Ağustos 2017 tarihi için ön görülen rüzgar hızı ise yıllık ortalamalar baz alındığında 2,9 m/s olarak hesaplanmaktadır. Elde edilen veriler ışığında 31 Ağustos 2017 tarihi için solar sistemden elde edilecek toplam elektrik enerjisi yaklaşık 1,68 KW, rüzgar türbininden elde edilecek elektrik enerjisi ise yaklaşık 1,2 KW olarak hesaplanmıştır. Hibrit sistemin toplam üreteceği tahmini elektrik enerjisi ise 2,88 KW olarak hesaplanmıştır. Yapılan tahmin işleminde yüzde 122 lik bir hata yapılmıştır.

3.3.4. Gün Bazında Maliyet Analizi

Yenilenebilir enerji sistemlerinden faydalanmak istendiğinde en önemli soru işaretlerinden birisi sistemlerin devreye alma, işletme ve bakım maliyetlerinin ne olacağıdır. Elektrik enerjisi üretiminde yenilenebilir enerji sistemlerinin tercih edilmesi maliyetlerin ve amortisman süresinin düşük olmasına bağlıdır. Yerli güneş panelleri büyük oranda 20 yıl garanti altında olduklarından ve sistemlerin 25 yıla kadar %80 performans ile çalışacağı düşünüldüğünde işletme maliyetlerinin önemi daha da artmaktadır. Yazılım desteği olmadan sadece rüzgar - güneş hibrit sistemi kullanılması durumunda oluşan günlük ortalama maliyet grafiği Şekil 3.15'te verilmiştir.



Şekil 3.15. Rüzgar- güneş hibrit sistemi günlük ortalama maliyet değişimi.

3.3.5. Karışık Tamsayılı Doğrusal Programlama Performans İncelemesi

Bu çalışmada yük dağıtımı ve yük kaydırma işlemleri karışık tamsayılı doğrusal programlama tekniğinden faydalanan yazılım ile gerçekleştirilmiştir. Hesaplamalar saatlik, aylık ve yıllık ortalama veriler baz alınarak yapılmıştır. Saatlik ortalamalar baz alınarak yapılan hesaplamalar en doğru sonucu vermiştir. Elde edilen sonuçları incelediğimizde saatlik ortalama veriler ile yapılan hesaplama sonucu gerçek veriler ile karşılaştırıldığında pozitif enerji farkı elde edilmektedir. Ancak çalışma farklı senaryolarda gerçekleştirildiğinde pozitif enerji farkı zamanla azalarak negatif enerji farkına dönüşmektedir. Örneğin Aylık ortalama veriler baz alınarak yük dağıtımı ve yük kaydırma işlemleri gerçekleştirildiğinde %29 luk bir hata oranı elde edilmektedir. Oluşan hata oranı sistemin işletme ve bakım maliyetlerini arttırmakta ve en uygun kazanç elde edilememektedir. Ortalama veri aralığı genişletildiğinde hata oranı daha da artmaktadır. Tez çalışması için gerçekleştirilen 3. Senaryoda yıllık ortalama veriler baz alınarak işlemler yapılmıştır ve % 129 oranında bir hata ile tahmin işlemi gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak karışık tam sayılı doğrusal programlama tekniği ile gerçekleştirilen tahmin işleminde kullanılan verilerin zaman aralığı daraldıkça yapılan tahminler daha sağlıklı olmakta ve işletme ve bakım maliyetleri azalmaktadır. Böylelikle yenilenebilir enerji kaynaklarından maksimum seviyede kar elde edilmektedir. Görüldüğü üzere tez çalışması başarı ile uygulandığında yenilenebilir enerji kaynaklarından en önemlileri olan rüzgar ve güneş enerjisine olan ilgi artacaktır ve üreten tüketiciler tarafından zamanla benimsenerek ülke ekonomisine gözle görülür bir katkı sağlayacaktır. Aşağıda planlı ve plansız yük dağıtımının gerçekleştirilmesine ait örnekler aşağıdadır.

Yükler	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Led Armatür	0.04									0.04				0.04	0.04	0.04		0.04		0.04	0.04			
Led Armatür	0.04									0.04				0.04	0.04	0.04		0.04		0.04	0.04			
Led Armatür		0.04							0.04			0.04	0.04			0.04	0.04		0.04					
Led Armatür		0.04							0.04			0.04	0.04			0.04	0.04		0.04					
TV								0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01						
2 Gözlü Ocak													0.55				0.55	0.55						
Bilgisayar									0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
Bilgisayar									0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
Masa Lambası																						0.02	0.02	0.02
Masa Lambası																						0.02	0.02	0.02
Tost Makinesi										0.5														
Mini Buzdolabı	0	0	0.01	0.01	0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

Şekil 3.16. Plansız yük dağıtımı.

Yükler	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Led Armatür	0.04							0.04						0.04	0.04			0.04		0.04	0.04			
Led Armatür	0.04							0.04						0.04	0.04			0.04		0.04	0.04			
Led Armatür		0.04						0.04				0.04	0.04			0.04	0.04		0.04					
Led Armatür		0.04						0.04				0.04	0.04			0.04	0.04		0.04					
TV								0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01						
2 Gözlü Ocak												0.55						0.55						
Bilgisayar								0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
Bilgisayar								0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
Masa Lambası																						0.02	0.02	0.02
Masa Lambası																						0.02	0.02	0.02
Tost Makinesi								0.5																
Mini Buzdolabı	0	0	0.01	0.01	0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

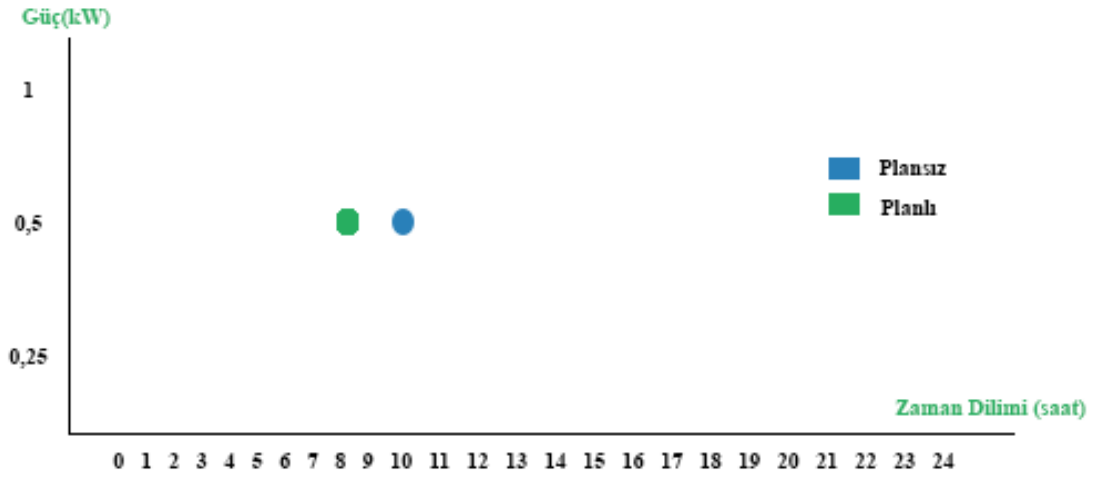
Şekil 3.17. Planlı yük dağıtımı.

Planlı ve plansız yük dağıtımı gerçekleştirildiğinde yazılım destekli yük dağıtımının daha verimli olduğu ve negatif enerji farkının daha az olduğu görülmüştür. Şekil 3.16 ve Şekil 3.17 karşılaştırılırsa görülecektir ki bazı yüklerin yerleri değiştirilmemiştir. Yük kaydırma işlemi yapılmayan yükler kontrolsüz yüklerdir. Buzdolabı, bilgisayar ve TV kontrolsüz yüklerdir. Kontrolsüz yükler en uygun yük dağılımını bulurken dikkate alınmazlar.

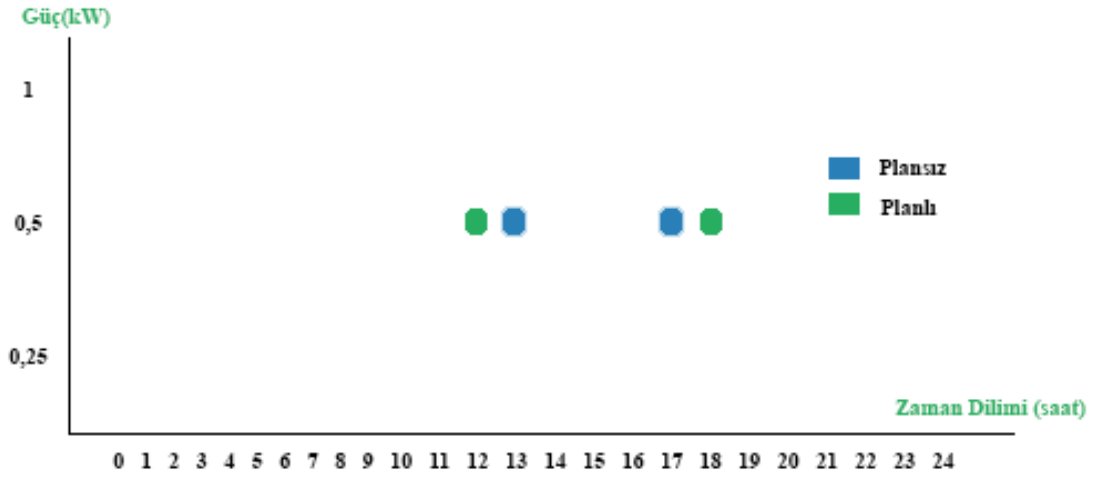
3.3.6. Yüklerin Analizi

Planlı ve plansız yük dağıtımı durumlarında yüklerden bazılarının çalışma saatlerinde nasıl bir değişiklik olduğunu görmek için yüklerden bazıları seçilmiştir. 2 gözlü ocak incelendiğinde plansız yük dağıtımı işlemi sırasında 2 gözlü elektrikli ocağın 13. 17. ve 18. zaman dilimlerinde çalıştığı görülmektedir. Ocak, planlı yük dağıtımında ise 12. ve 17. zaman dilimlerinde çalışmaktadır. Aynı şekilde tost makinesi ele alındığında tost makinesinin plansız yük dağıtımı sırasında 10. zaman diliminde çalıştığı görülmektedir. Planlı yük dağıtımında tost makinesi ise 8. zaman diliminde çalışmaktadır. Karışık

tamsayıli lineer programlama tekniği ile yapılan yk dağıtımı işlemi sırasında planlı olarak. zaman diliminde çalışmasının en uygun olacağı belirlenmiştir. şekil 3.18 ve şekil 3.19’da bu yüklerin gün içerisinde çalışma saatlerinin planlı ve plansız olarak belirlenmesine ait grafikler verilmiştir.



şekil 3.18. Tost makinesinin çalışma saatlerinin planlı ve plansız durumu.



şekil 3.19. İki gzli ocağın çalışma saatlerinin planlı ve plansız durumu.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Önerilen karışık tam sayılı lineer programlama tekniği, Düzce ilinde yer alan şebeke bağımsız bir üreten tüketicili konut için uygulanmıştır. Yük ihtiyacı, Türkiye'nin Kuzeybatı bölgesindeki tipik bir üreten tüketicili konut için saatlik ortalama enerji ihtiyacı baz alınarak belirlenmiştir. Meteoroloji istasyonlarında genellikle, güneş radyasyonu günlük ortalama olarak kaydedilir, bu nedenle Düzce'de daha önce kullanılan ölçüm sistemine dayalı olarak saatlik güneş ışımasını bulmak için ortalama tahmini saatlik eğri kullanılmıştır. Meteoroloji istasyonundan 2015, 2016 ve 2017 yıllarındaki yıllık rüzgar hızı ve güneş ışığı verileri alınıp her gün için 24 adet zaman dilimine dağıtılarak sistemin tahmini girdi değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen bu veriler yazılımda işlenerek üreten tüketicili ofiste ki yüklere dağıtılmıştır. Yazılım sayesinde gün boyunca üretilen ve tüketilen enerji miktarı dengelenerek rüzgar güneş hibrit sisteminin işletme maliyeti düşürülmüştür.

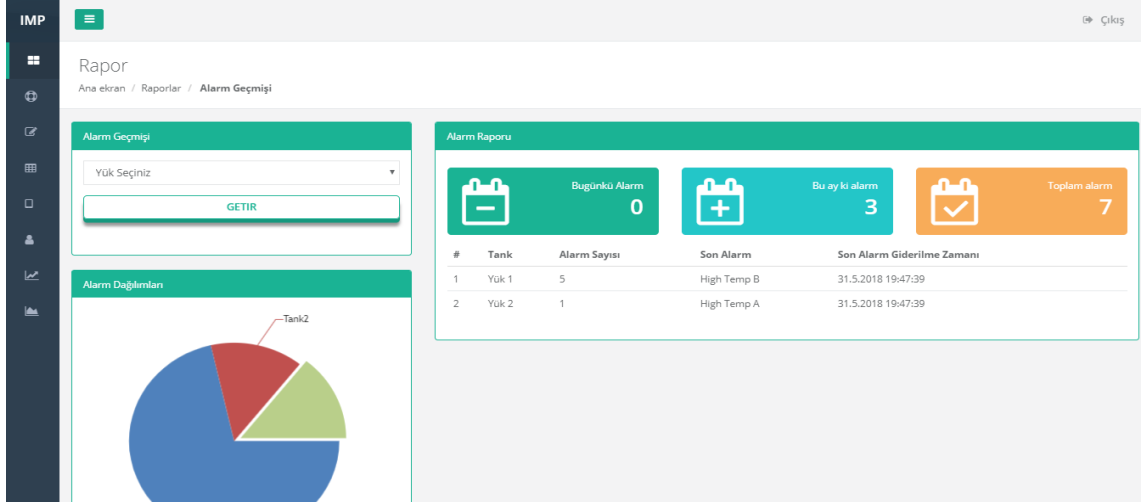
Sonuç olarak karışık tam sayılı lineer programlama tekniği ve günlük enerji akışının kontrol altına alınması enerji maliyetinde gözle görülür bir azalma sağlamaktadır. Bu yaklaşımın yüklerin çalışmalarının ihtiyaç karşılanmadığı durumlarda günün ileriki saatlerine ötelenmesi için iyi bir çözüm olduğu görülmüştür. Yüklerin kaydırılması işlemi yenilenebilir enerji maliyetlerini şebeke fiyatları ile rekabet edilebilir seviyeye getirmektedir. Yapılan çalışma ile batarya ve rüzgar-güneş hibrit sistem maliyeti neredeyse yarıya inmiştir. Daha iyi sonuçlar alınabilmesi için üreten tüketicili konuttaki yükleri uzaktan izlemenin yanı sıra onları uzaktan kontrol etmek gerekmektedir. İnternetin hizmetleri ve fiziksel sistemlerden oluşan Endüstri 4.0 yaklaşımı uzaktan kontrol çalışmalarında çok verimli sonuçlar verecektir. Çalışmanın devamında geliştirilen yazılıma Endüstri 4.0 yaklaşımları daha fazla uygulanıp verimliliğin ve karın artması için çalışma yapılacaktır.

5. KAYNAKLAR

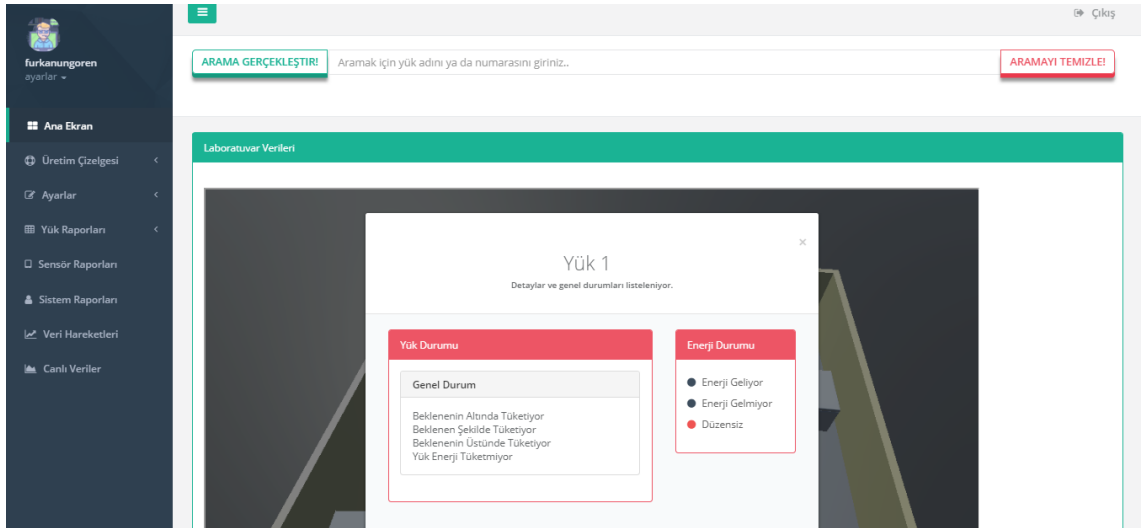
- [1] Anonim. (2011, 25 Ağustos). *Rüzgar Enerjisi* [Online]. Erişim: www.elektrikport.com
- [2] Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği. (16 Temmuz 2018). *Türkiye rüzgar enerjisi istatistik raporu* [Online].Erişim: www.tureb.com.tr
- [3] Anonymous, “A Global Report on Photovoltaic and Wind Energy,” International Science Panel on Renewable Energies, Paris, France, 2009.
- [4] G. Bekelea and G. Boneya, “Design of a photovoltaic-wind hybrid power generation system for Ethiopian remote area,” *Energy Procedia*, vol. 14, pp. 1760-1765, 2012.
- [5] S. C. Bhattacharyya, “Mini-grid based electrification in Bangladesh: Technical configuration,” *Renewable Energy*, vol. 75, pp. 745-761, 2015.
- [6] G. Rohani and M. Nour, “Techno-economic analysis of stand-alone hybrid renewable power system for Ras Musherib in United Arab Emirates,” *Energy*, vol. 64, pp. 828-841, 2014.
- [7] J. Zeng and W. Qiao,” Short-term solar power prediction using a support vector machine”, *Renewable Energy*, vol. 52, pp. 118-127, 2013.
- [8] A. Ozgöçmen, “Electricity generation using solar cells,” M.S. thesis, Institute of Science and Technology, Gazi University, Ankara, Turkey 2007.
- [9] A. Giorgio and F. Liberati, “Near real time load shifting control for residential electricity prosumers under designed and market indexed pricing models,” *Applied Energy*, vol. 128, pp. 119-132, 2014.
- [10] BP, “BP statistical review of world energy”, British Petroleum, September 2016.
- [11] E. Özcan, ”Elektrik üretim planlamasında çok amaçlı optimizasyon yaklaşımı: Türkiye örneği,” Doktora tezi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2013.
- [12] N. Tutkun, F. Ungoren and B. Alpagut, “Improved load shifting and valley filling strategies in demand side management in a nano scale off grid wind-PV system in remote areas,” *International Conference on Networking, Sensing and Control*, Calabria, 2017, pp 13-18.

6. EKLER

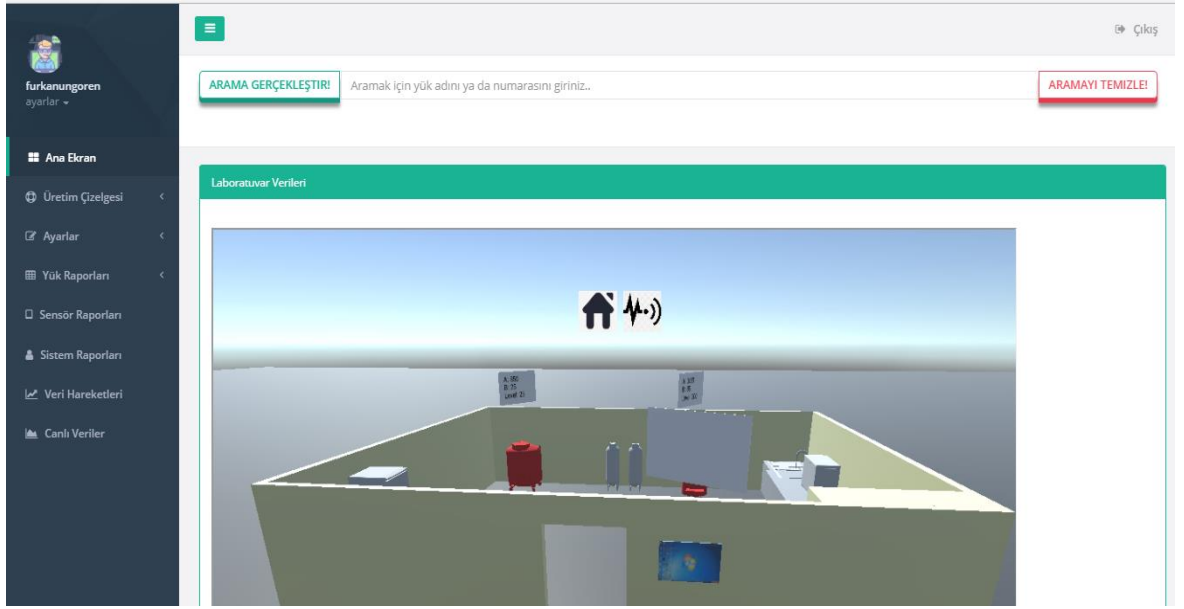
6.1. EK 1: PROJE EKRAN GÖRÜNTÜLERİ



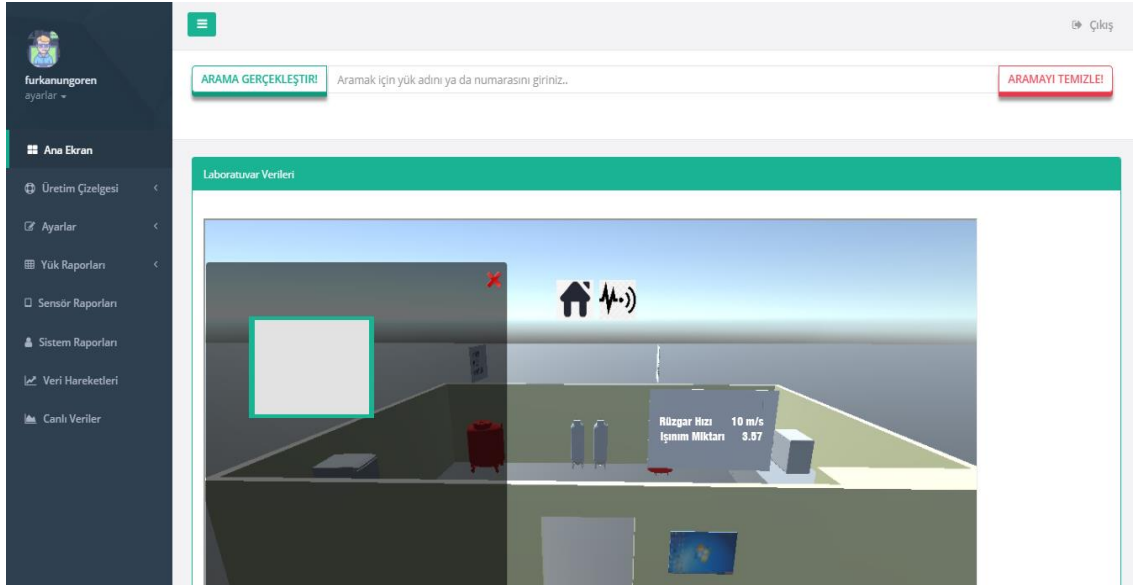
Şekil 6.1. Alarm rapor ekranı.



Şekil 6.2. Yük detay penceresi.



Şekil 6.3. Anlık verilerin olduğu ana ekran.



Şekil 6.4. Ana ekran sensör değerleri.

Anasayfa / furkanugoren / Profil

Profil Güncelle

İsim

Furkan

Soyisim

Üngören

Email

furkan@ikilimuhendislikk.com

Şifre

Şifre

Kayıdet

Son Aktivitelerim

Show 25 entriesSearch:

CopyCSVExcelPrint

Showing 1 to 25 of 247 entries

Kullanıcı	Operasyon	Metod	Tarih
furkanugoren	LiveManager	GetDetails	5.4.2018 22:33:57
furkanugoren	LiveManager	GetDetails	5.4.2018 22:25:26
furkanugoren	LiveManager	GetDetails	5.4.2018 22:25:14
furkanugoren	LiveManager	GetDetails	5.4.2018 22:25:05
furkanugoren	LiveManager	GetDetails	5.4.2018 22:24:39
furkanugoren	LiveManager	GetDetails	5.4.2018 22:24:28
furkanugoren	LiveManager	GetDetails	5.4.2018 22:23:33
furkanugoren	LiveManager	GetDetails	5.4.2018 22:23:00
furkanugoren	LiveManager	GetDetails	5.4.2018 22:14:09
furkanugoren	LiveManager	GetDetails	5.4.2018 22:13:30



furkanungoren

ayarlar

Ana Ekran

Üretim Çizelgesi

Ayarlar

Yük Raporları

Sensör Raporları

Sistem Raporları

Veri Hareketleri

Canlı Veriler

Rapor

Dashboard / Sensör Verileri / Sensör verileri

Grafik ve Tablo

Rüzgar Hızı

İşinim Miktarı

Başlangıç bilgileri.

7.6.2018

12:53

Bişiş bilgileri.

7.6.2018

23:59

GETİR

Sensörlerin Ortalama Değerleri

Sensör	Min Değer	Max. Değer	Ortalama Değer
Rüzgar Hızı	50	250	100
İşinim Miktarı	50	251	190

Sensör	Min Değer	Max. Değer	Ortalama Değer
--------	-----------	------------	----------------



furkanungoren
ayarlar

Ana Ekran

Üretim Çizelgesi

Ayarlar

Yük Raporları

Sensör Raporları

Sistem Raporları

Veri Hareketleri

Canlı Veriler

Ayarlar

Anasayfa / Ayarlar / Veri Ayarları

Takip edilen veriler listeleniyor.

Show 25 entries Search: Copy CSV Excel PDF Print

Showing 1 to 10 of 10 entries

Oda	Yük	Veri	Min	Max	#
Room1	Yük 1	A	10	250	
Room1	Yük 1	B	11	251	
Room1	Yük	Level	10	250	
Room1	Yük	A	15	250	
Room1	Tank2	B	10	250	
Room1	Tank2	Level	29	229	
Room1	Yük	B	28	250	
Room1	Yük	A	25	250	
Room1	Yük	A	32	250	

Yük Ekle

Grup Seçiniz

Veri Adı

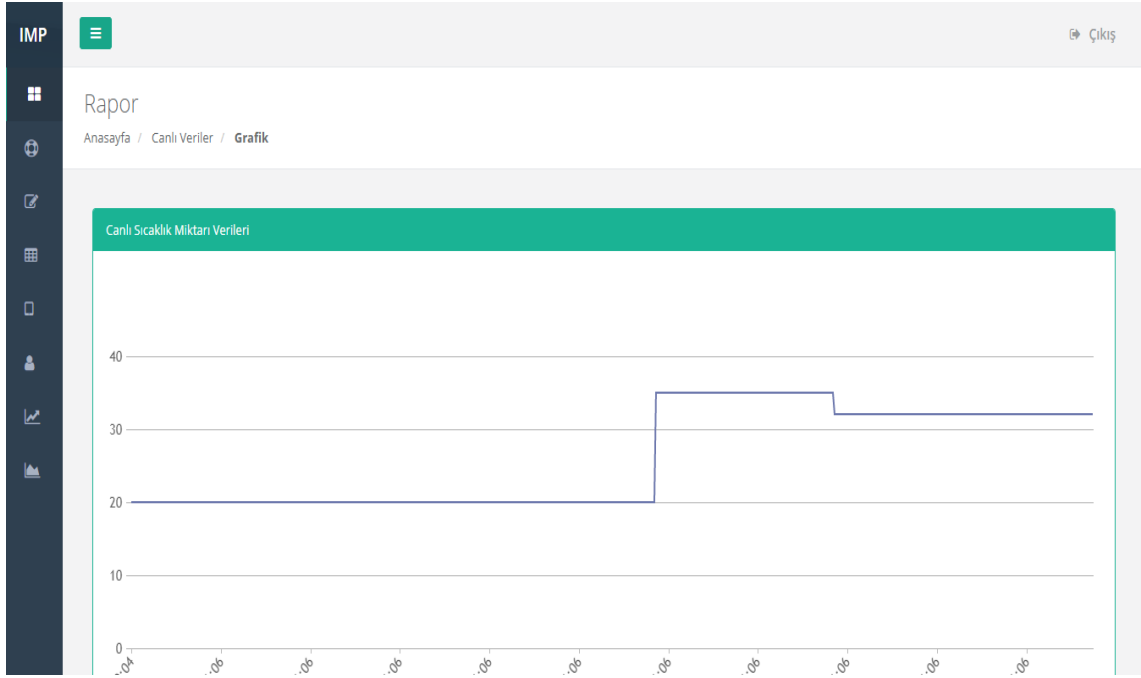
Veri Min. Value

Veri Max. Value

Veri Birimi

Kaydet

Şekil 6.7. Veri ayarları ekranı.



Şekil 6.8. Canlı sıcaklık bilgileri ekranı.

IMP

Geçmiş

Anasayfa / Raporlar / Kullanıcıların İşlemleri

Sistemiindeki tüm kullanıcıların yaptıkları işlemler listeleniyor.

Show 25 entries

Search:

Copy CSV Excel Print

Showing 1 to 25 of 66 entries

Kullanıcı	İşlem Kategorisi	Detay	Tarih	Tip	Hata
bisarpagut	Rapor İşlemleri	Kullanıcı işlem geçmişi sayfası açıldı.	26.6.2018 14:48	INFO	
bisarpagut	Rapor İşlemi	Yükleri listeledi	21.6.2018 14:55	INFO	
bisarpagut	Kullanıcı İşlemi	Kullanıcı sisteme giriş yaptı	21.6.2018 14:55	INFO	
bisarpagut	Kullanıcı İşlemi	Kullanıcı sisteme giriş yaptı	21.6.2018 14:51	INFO	
bisarpagut	Kullanıcı İşlemi	Kullanıcı sisteme giriş yaptı	21.6.2018 11:09	INFO	
bisarpagut	Kullanıcı İşlemi	Kullanıcı sisteme giriş yaptı	21.6.2018 10:26	INFO	
bisarpagut	Kullanıcı İşlemi	Kullanıcı sisteme giriş yaptı	21.6.2018 10:25	INFO	
furkanungoren	Kullanıcı İşlemi	Kullanıcı sisteme giriş yaptı	21.6.2018 10:22	INFO	
furkanungoren	Kullanıcı İşlemi	Kullanıcı sisteme giriş yaptı	21.6.2018 10:18	INFO	
furkanungoren	Kullanıcı İşlemi	Kullanıcı sisteme giriş yaptı	18.6.2018 15:36	INFO	

Şekil 6.9. Kullanıcı işlem geçmişi sayfası.

6.2. EK 2: PROJE ANASAYFA KODLARI

```
using IMP.DB.Entities.ComplexTypes;
using IMP.DB.Entities.Concrete;
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;

namespace IMP.DB.Business.Abstract
{
    public interface IDataValuesService
    {
        List<DataLiveValuesLast10> GetLast10();
        List<DATA_VALUES> GetAll();
    }

    public interface ISensorService
    {
        SENSOR Add(SENSOR SENSOR);
        SENSOR Update(SENSOR SENSOR);
        List<SENSOR> GetAll();
    }

    public interface ISensorValuesService
    {
        List<SENSOR_VALUES> GetAll();
    }

    public interface IStateService
    {
        List<STATE> GetAll();
        STATE Add(STATE state);
        STATE Update(STATE state);
    }

    public interface IStateValuesService
    {
        List<STATE_VALUES> GetAll();
        STATE_VALUES Add(STATE_VALUES stateValues);
        STATE_VALUES Update(STATE_VALUES stateValues);
        List<StatesValues> GetAllValues();
        List<StatesValues> GetDataValues(int id);
        List<StatesValuesGrouped> GetAllGruppdedValues();
    }
}

using IMP.Core.CrossCuttingConcerns.Validation.FluentValidation;
using IMP.DB.Business.Abstract;
using IMP.DB.Business.ValidationRules.FluentValidation;
using IMP.DB.DataAccess.Abstract;
using IMP.DB.Entities.Concrete;
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using IMP.Core.Aspects.PostSharp;
```

```

using IMP.Core.DataAccess;
using IMP.Core.Aspects.PostSharp.ValidationAspects;
using IMP.Core.Aspects.PostSharp.TransactionAspects;
using IMP.Core.Aspects.PostSharp.CacheAspects;
using IMP.Core.CrossCuttingConcerns.Caching.Microsoft;
using IMP.Core.CrossCuttingConcerns.Logging.Log4Net.Loggers;
using IMP.Core.Aspects.PostSharp.LogAspects;
using IMP.Core.Aspects.PostSharp.PerformanceAspects;
using System.Threading;
using IMP.Core.Aspects.PostSharp.AuthorizationAspects;
using AutoMapper;
using PostSharp.Aspects.Dependencies;
using IMP.DB.Entities.ComplexTypes;
using IMP.DB.DataAccess.Concrete.EntityFramework;

namespace IMP.DB.Business.Concrete.Managers
{
    public class DataValuesManager : IDataValuesService
    {
        private readonly IMapper _mapper;
        private readonly IQueryableRepository<DATA_VALUES> _queryable;
        private IDataValuesDal _dataValuesDal;
        public DataValuesManager(IMapper mapper,
            IQueryableRepository<DATA_VALUES> queryable, IDataValuesDal dataValuesDal)
        {
            _mapper = mapper;
            _queryable = queryable;
            _dataValuesDal = dataValuesDal;
        }
        [CacheAspect(typeof(MemoryCacheManager), 60)]
        [PerformanceCounterAspect(3)]
        public List<DataLiveValuesLast10> GetLast10()
        {
            return _dataValuesDal.GetDataValuesLast10();
        }
        public List<DATA_VALUES> GetAll()
        {
            return _mapper.Map<List<DATA_VALUES>>(_dataValuesDal.GetList());
        }
    }
}

using IMP.Core.CrossCuttingConcerns.Validation.FluentValidation;
using IMP.DB.Business.Abstract;
using IMP.DB.Business.ValidationRules.FluentValidation;
using IMP.DB.DataAccess.Abstract;
using IMP.DB.Entities.Concrete;
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using IMP.Core.Aspects.PostSharp;
using IMP.Core.DataAccess;
using IMP.Core.Aspects.PostSharp.ValidationAspects;
using IMP.Core.Aspects.PostSharp.TransactionAspects;
using IMP.Core.Aspects.PostSharp.CacheAspects;
using IMP.Core.CrossCuttingConcerns.Caching.Microsoft;
using IMP.Core.CrossCuttingConcerns.Logging.Log4Net.Loggers;
using IMP.Core.Aspects.PostSharp.LogAspects;
using IMP.Core.Aspects.PostSharp.PerformanceAspects;

```

```

using System.Threading;
using IMP.Core.Aspects.PostSharp.AuthorizationAspects;
using AutoMapper;
using PostSharp.Aspects.Dependencies;
using IMP.DB.Entities.ComplexTypes;
using IMP.DB.DataAccess.Concrete.EntityFramework;

namespace IMP.DB.Business.Concrete.Managers
{
    public class LiveManager : ILiveService
    {
        private ILiveDal _liveDal;
        private readonly IMapper _mapper;
        private readonly IQueryableRepository<LAB> _queryable;

        public LiveManager(ILiveDal liveDal, IQueryableRepository<LAB> queryable,
IMapper mapper)
        {
            _liveDal = liveDal;
            _queryable = queryable;
            _mapper = mapper;
        }

        [CacheAspect(typeof(MemoryCacheManager))]
        [PerformanceCounterAspect(2)]
        public List<LAB> GetAll()
        {
            var live = _mapper.Map<List<LAB>>(_liveDal.GetList());
            return live;
        }

        [CacheAspect(typeof(MemoryCacheManager))]
        [PerformanceCounterAspect(2)]
        public List<LiveScreen> GetDetails()
        {
            return _liveDal.GetliveScreenDetails();
        }

        [CacheAspect(typeof(MemoryCacheManager))]
        [PerformanceCounterAspect(2)]
        public List<DataValues> GetDataValues()
        {
            return _liveDal.GetDataValues();
        }
    }
}

using IMP.Core.CrossCuttingConcerns.Validation.FluentValidation;
using IMP.DB.Business.Abstract;
using IMP.DB.Business.ValidationRules.FluentValidation;
using IMP.DB.DataAccess.Abstract;
using IMP.DB.Entities.Concrete;
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using IMP.Core.Aspects.PostSharp;
using IMP.Core.DataAccess;
using IMP.Core.Aspects.PostSharp.ValidationAspects;
using IMP.Core.Aspects.PostSharp.TransactionAspects;
using IMP.Core.Aspects.PostSharp.CacheAspects;

```

```

using IMP.Core.CrossCuttingConcerns.Caching.Microsoft;
using IMP.Core.CrossCuttingConcerns.Logging.Log4Net.Loggers;
using IMP.Core.Aspects.PostSharp.LogAspects;
using IMP.Core.Aspects.PostSharp.PerformanceAspects;
using System.Threading;
using IMP.Core.Aspects.PostSharp.AuthorizationAspects;
using AutoMapper;
using PostSharp.Aspects.Dependencies;
using IMP.DB.Entities.ComplexTypes;
using IMP.DB.DataAccess.Concrete.EntityFramework;

namespace IMP.DB.Business.Concrete.Managers
{
    public class SensorManager : ISensorService
    {
        private readonly IMapper _mapper;
        private readonly IQueryableRepository<SENSOR> _queryable;
        private ISensorDal _sensorDal;
        public SensorManager(ISensorDal sensorDal, IQueryableRepository<SENSOR>
queryable, IMapper mapper)
        {
            _sensorDal = sensorDal;
            _mapper = mapper;
            _queryable = queryable;
        }
        [FluentValidationAspect(typeof(AddPatientValidator))]
        [CacheRemoveAspects(typeof(MemoryCacheManager))]
        public SENSOR Add(SENSOR sensor)
        {
            return _sensorDal.Add(sensor);
        }
        [FluentValidationAspect(typeof(UpdatePatientValidator))]
        [CacheRemoveAspects(typeof(MemoryCacheManager))]
        public SENSOR Update(SENSOR sensor)
        {
            return _sensorDal.Update(sensor);
        }
        [CacheAspect(typeof(MemoryCacheManager), 60)]
        [PerformanceCounterAspect(3)]
        public List<SENSOR> GetAll()
        {
            return _sensorDal.GetList().ToList();
        }
    }
}
using IMP.Core.CrossCuttingConcerns.Validation.FluentValidation;
using IMP.DB.Business.Abstract;
using IMP.DB.Business.ValidationRules.FluentValidation;
using IMP.DB.DataAccess.Abstract;
using IMP.DB.Entities.Concrete;
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using IMP.Core.Aspects.PostSharp;
using IMP.Core.DataAccess;
using IMP.Core.Aspects.PostSharp.ValidationAspects;
using IMP.Core.Aspects.PostSharp.TransactionAspects;
using IMP.Core.Aspects.PostSharp.CacheAspects;
using IMP.Core.CrossCuttingConcerns.Caching.Microsoft;

```

```

using IMP.Core.CrossCuttingConcerns.Logging.Log4Net.Loggers;
using IMP.Core.Aspects.PostSharp.LogAspects;
using IMP.Core.Aspects.PostSharp.PerformanceAspects;
using System.Threading;
using IMP.Core.Aspects.PostSharp.AuthorizationAspects;
using AutoMapper;
using PostSharp.Aspects.Dependencies;
using IMP.DB.Entities.ComplexTypes;
using IMP.DB.DataAccess.Concrete.EntityFramework;

namespace IMP.DB.Business.Concrete.Managers
{
    public class SensorValuesManager : ISensorValuesService
    {
        private readonly IMapper _mapper;
        private readonly IQueryableRepository<SENSOR_VALUES> _queryable;
        private ISensorValuesDal _sensorValuesDal;

        public SensorValuesManager(ISensorValuesDal sensorValuesDal,
            IQueryableRepository<SENSOR_VALUES> queryable, IMapper mapper)
        {
            _sensorValuesDal = sensorValuesDal;
            _mapper = mapper;
            _queryable = queryable;
        }

        [CacheAspect(typeof(MemoryCacheManager), 60)]
        [PerformanceCounterAspect(3)]
        public List<SENSOR_VALUES> GetAll()
        {
            return _sensorValuesDal.GetList().ToList();
        }
    }
}

[Authorize]
public class HomeController : BaseController
{
    IMPDBContext _context = new IMPDBContext();
    private ILogService _logService;
    private ILiveService _liveService;
    private IUserService _userService;
    private IRoleService _roleService;
    private readonly IFailureService _failureService;
    private readonly IFailureValuesService _failuValuesService;
    private readonly IStateService _stateService;
    private readonly IStateValuesService _statesValuesService;
    private IMachineService _machineService;
    private readonly ISensorValuesService _sensorValuesService;
    // GET: Home
    public HomeController(ISensorValuesService sensorValuesService, IStateService
stateService, IStateValuesService statesValuesService, IFailureValuesService
failuValuesService, IFailureService failureService, IMachineService
machineService, IUserService userService, ILogService logService, ILiveService
liveService)
    {
        _logService = logService;
        _liveService = liveService;
        _userService = userService;
        _machineService = machineService;
        _failureService = failureService;
        _failuValuesService = failuValuesService;
        _stateService = stateService;
    }
}

```

```

        _statesValuesService = statesValuesService;
        _sensorValuesService = sensorValuesService;
    }
    public ActionResult Index()
    {

        return View();
    }

    public ActionResult SearchRaf(int id)
    {
        var queues = _context.P_CASSETTES.Where(x => x.P_SHELF_ID ==
id).ToList();
        ViewBag.Sira = id.ToString();
        ViewBag.SearchRaf = queues;
        return PartialView("_searchQueue", queues);
    }

    public ActionResult DashboardN()
    {
        var list = _liveService.GetDetails();

        var groupedList = list
.GroupBy(u => u.LoadName)
.Select(grp => grp.ToList())
.ToList();

        var model = new LiveScreenViewModel
        {
            LiveScreenDetails = groupedList
        };
        return View(model);
    }
    public ActionResult GetLiveValue()
    {
        LiveValuesRepositoryLastValue _liveValuesRepository = new
LiveValuesRepositoryLastValue();

        var _ValuesMessages = _liveValuesRepository.GetLastValues().Take(10);

        return PartialView("_liveValueLastValue", _ValuesMessages);
    }

    #region Sensor
    public ActionResult Sensors()
    {

        return View();
    }
    public ActionResult Camera()
    {

        return View();
    }
    public ActionResult GetMessage()
    {
        SensorMessagesRepository _rep = new SensorMessagesRepository();

```

```

        var listw = _rep.GetAllMessages();

        return PartialView("_listSensorValue", listw);

    }
    #endregion

@using IMP.DB.DataAccess.Concrete.EntityFramework;
@using System.Collections;
@{
    IMPDBContext _context = new IMPDBContext();
}

@{
    ViewBag.Title = "Dashboard";
    Layout = "~/Views/Shared/_LayoutPage.cshtml";
}

@section scriptsHead{
    <link class="jsbin"
href="http://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jqueryui/1/themes/base/jquery-ui.css"
rel="stylesheet" type="text/css" />
    <script class="jsbin"
src="http://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/1/jquery.js"></script>
    <script class="jsbin"
src="http://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jqueryui/1.8.5/jquery-ui.js"></script>

    <link rel="shortcut icon" href="~/TemplateData/favicon.ico">
    <script src="~/TemplateData/UnityProgress.js"></script>
    <script src="~/Build/UnityLoader.js"></script>
    <script>
        setTimeout(focusText, 30000);
        function focusText() {
            var x = document.getElementById("myframe");
            var text = x.contentWindow.search;

        }
    </script>
}

<div class="row wrapper border-bottom white-bg page-heading">
    <div class="col-lg-12">
        <br />
        <div class="input-group m-b">
            <span class="input-group-btn">
                <button type="button" id="btnSearch" class="btn btn-outline btn
btn-primary dim" data-toggle="modal" data-target="#modalSearch">Arama
Gerçekleştir!</button>
            </span>
            <input type="text" id="txtSearch" contenteditable="true"
placeholder="Aramak için hasta TC kimlik numarasını ya da adını giriniz.."
class="form-control">
            <span class="input-group-btn">
                <button type="button" id="Clear" class="btn btn-outline btn btn-
danger dim">Aramayı Temizle!</button>
            </span>
        </div>
    </div>
</div>
<div class="wrapper wrapper-content animated fadeIn">
    <div class="row">

```

```

<div class="col-lg-12">
  <div class="panel panel-primary">
    <div class="panel-heading">
      Laboratuvar Verileri
    </div>
    <br />
    <div class="panel-body">
      <div class="3DContent">
        <iframe src="http://demo.ikilimuhendislik.com/index.html"
id="myframe" style="width: 1024px; height: 740px" scrolling="no"> </iframe>
      </div>
    </div>
  </div>
</div>

```

```

</div>
</div>
</div>
<div class="modal inmodal" id="modalSearch" tabindex="-1" role="dialog" aria-
hidden="true" data-backdrop="static">
  <div class="modal-dialog">
    <div class="modal-content animated bounceInRight">
      <div class="modal-header">

        <i class="fa fa-laptop modal-icon"></i>
        <h4 class="modal-title">Arama Sonucu</h4>
        <small class="font-bold">Kayıt satırına tıkladığınızda yükün
geçmiş tarihlerde sistem üzerinden aldığı enerji miktarını
görebilirsiniz.</small>
      </div>
      <div class="modal-body">

```

```

<div id="resultTable">

```

```

</div>

```

```

</div>
<div class="modal-footer">
  <button type="button" id="Close" class="btn btn-white" data-
dismiss="modal">Aramayı Kapat</button>
</div>
</div>
</div>
</div>

```

```

@section scriptsPage{

```

```

<script>
  var timer;
  timer = setInterval(isClicked, 1000);
  function isClicked() {

```

```

        var tNo = window.loadno;
        if (tNo != undefined && tNo != null && tNo != "" & tNo != 0) {
            window.loadno = undefined;
            var id = parseInt(tNo);
            getAlarmStates(id);
        }
    }
    function getAlarmStates(id) {
        var loadId = parseInt(id);
        $.ajax({
            type: 'post',
            url: '/Home/_getAlarm/' + loadId,
            success: function (data) {
                if (data.LOAD_ID != 0) {
                    GetPopup(id);
                }
            },
            error: function () {
                alert("Hata");
            }
        });
    };
    function GetPopup(id) {
        var loadId = parseInt(id);
        var tbl = $('#alarmTable');
        $.ajax({
            type: "post",
            url: '/Home/OpenModal/' + loadId,
            success: function (datas) {
                tbl.empty().append(datas);
                $("#alarmModal").modal("show");
            },
            error: function () {
                alert("Hata");
            },
            beforeSend: function () {
            },
            complete: function () {
            }
        });
    };
</script>
}
<div class="modal inmodal" id="alarmModal" tabindex="-1" role="dialog" aria-
hidden="true">
    <div class="modal-dialog">
        <div id="alarmTable">
        </div>
    </div>
</div>
</div>

```

6.3. EK 3: YAZILIMDA KULLANILAN METEOROLOJİK VERİLER

Results Messages															
	Id	Istasyon	Tarih	Saat	Sicaklik	QgNoktası	NemOranı	Basınc	GorusUzakligı	RuzgarYonu	RuzgarHızı	AnıRuzgarHızı	Yagıs	Etkinlikler	Durum
1	1	17072	2010-01-01 03:00:00	2:00 AM	20	3	22	1005	12	Güney	11,1	-999			Çok Bulutlu
2	2	17072	2010-01-01 09:00:00	8:00 AM	18	0	18	1001	12	Güney	9,3	-999			Az Bulutlu
3	3	17072	2010-01-01 15:00:00	2:00 PM	24	2	14	997	15	Calm	0	-999			Çok Bulutlu
4	4	17072	2010-01-01 21:00:00	8:00 PM	21	2	17	997	12	Batı	9,3	-999			Açık
5	5	17072	2010-01-02 03:00:00	2:00 AM	20	3	22	999	12	GB	11,1	-999			Parçalı Bulutlu
6	6	17072	2010-01-02 09:00:00	8:00 AM	18	2	23	996	12	GGB	9,3	-999			Parçalı Bulutlu
7	7	17072	2010-01-02 15:00:00	2:00 PM	12	5	56	998	10	GGB	16,7	-999		Yağmur	Hafif Sağanak Yağmur
8	8	17072	2010-01-02 21:00:00	8:00 PM	10	7	71	1001	8	GB	7,4	-999		Yağmur	Hafif Sağanak Yağmur
9	9	17072	2010-01-03 03:00:00	2:00 AM	8	7	92	1006	8	Batı	7,4	-999		Yağmur	Hafif Sağanak Yağmur
10	1	17072	2010-01-03 09:00:00	8:00 AM	6	5	97	1007	7		1,9	-999		Yağmur	Hafif Yağmur
11	1	17072	2010-01-03 15:00:00	2:00 PM	6	6	95	1007	40	KD	5,6	-999		Yağmur	Hafif Yağmur
12	1	17072	2010-01-03 21:00:00	8:00 PM	6	5	92	1008	10	KKB	7,4	-999		Yağmur	Hafif Yağmur
13	1	17072	2010-01-04 03:00:00	2:00 AM	4	3	85	1010	9	BKB	16,7	-999		Yağmur	Hafif Yağmur
14	1	17072	2010-01-04 09:00:00	8:00 AM	4	0	67	1016	12	BKB	24,1	-999		Yağmur	Hafif Yağmur
15	1	17072	2010-01-04 15:00:00	2:00 PM	1	0	85	1021	6	BGB	9,3	-999		Kar	Hafif Sağanak Kar
16	1	17072	2010-01-04 21:00:00	8:00 PM	2	0	83	1025	12	BKB	9,3	-999		Kar	Hafif Sağanak Kar
17	1	17072	2010-01-05 03:00:00	2:00 AM	2	-2	66	1026	8		3,7	-999		Kar	Hafif Sağanak Kar
18	1	17072	2010-01-05 09:00:00	8:00 AM	1	-4	65	1026	12	Güney	11,1	-999			Az Bulutlu
19	1	17072	2010-01-05 15:00:00	2:00 PM	5	-4	38	1023	12	KKB	3,7	-999			

Şekil 6.10. Yazılımda kullanılan meteorolojik veri türleri.

	Tarih	Sure
1	2016-01-01 00:00:...	1,3
2	2016-01-02 00:00:...	1,3
3	2016-01-03 00:00:...	1,7
4	2016-01-04 00:00:...	1,7
5	2016-01-05 00:00:...	0,1
6	2016-01-06 00:00:...	0,1
7	2016-01-07 00:00:...	0,1
8	2016-01-08 00:00:...	1,2
9	2016-01-09 00:00:...	1,2
10	2016-01-10 00:00:...	5,1
11	2016-01-11 00:00:...	3,4
12	2016-01-12 00:00:...	4,2
13	2016-01-13 00:00:...	3,1
14	2016-01-14 00:00:...	3,1
15	2016-01-15 00:00:...	3,1
16	2016-01-16 00:00:...	0,6
17	2016-01-17 00:00:...	0,1
18	2016-01-18 00:00:...	4,4
19	2016-01-19 00:00:...	4,4
20	2016-01-20 00:00:...	4,4
21	2016-01-21 00:00:...	4,4
22	2016-01-22 00:00:...	4,4
23	2016-01-23 00:00:...	4,4
24	2016-01-24 00:00:...	4,4
25	2016-01-25 00:00:...	4,4
26	2016-01-26 00:00:...	0,2

Şekil 6.11. Günlük güneşlenme süreleri.

6.4. EK 4: BİLDİRİM SERVİSİ KODLARI

```
public partial class Service1 : ServiceBase
{
    private System.Timers.Timer timer;
    public Service1()
    {
        InitializeComponent();
    }
    protected override void OnStart(string[] args)
    {
        this.timer = new System.Timers.Timer(100000D);
        this.timer.AutoReset = true;
        this.timer.Elapsed += new
System.Timers.ElapsedEventHandler(this.sendNotification);
        this.timer.Start();
        Console.WriteLine("Bildirim servisi çalışıyor.");
    }
    protected override void OnStop()
    {
        this.timer.Stop();
        this.timer = null;
        Console.WriteLine("Bildirim servisi kapatıldı.");
    }
    private void sendNotification(object sender,
System.Timers.ElapsedEventArgs e)
    {
        try
        {
            u6872686_IMPDBEntities _context = new u6872686_IMPDBEntities();
            List<MailModel> MailMessage = new List<MailModel>();
            var mailUserList = _context.UserRoles.Where(x => x.RoleId ==
1).GroupBy(id => id.UserId)
                .Select(grp => grp.FirstOrDefault())
                .ToList();
            var smsUserList = _context.UserRoles.Where(x => x.RoleId ==
1).GroupBy(id => id.UserId)
                .Select(grp => grp.FirstOrDefault())
                .ToList();
            var sensorList = _context.SENSOR.ToList();
            var dataList = _context.DATA.ToList();
            var failureList = _context.FAILURE.ToList();
            #region Sensör bildirimleri
            foreach (var sensor in sensorList)
            {
                var sensorValuesList = _context.SENSOR_VALUES.Where(x =>
x.IsControl == false && x.SENSOR_ID == sensor.ID).ToList();
                foreach (var item in sensorValuesList)
                {
                    item.IsControl = true;

                    if (item.VALUE < item.SENSOR.MIN_VALUE || item.VALUE >
item.SENSOR.MAX_VALUE)
                    {
                        if (item.SENSOR.IsSendMail == false)
                        {
                            MailModel msg = new MailModel()
                            {
```

```

        Subject = item.SENSOR.NAME + " sensöründen
istenmeyen değer okundu.",
        Body = item.SENSOR.NAME + " sensörünün olması
gereken minimum değeri :" + item.SENSOR.MIN_VALUE.ToString() +
", maksimum değeri :" + item.SENSOR.MAX_VALUE.ToString() + " iken. Şu an okunan
değeri :" + item.VALUE.ToString() +
        ". Aksiyon alınması gerekiyor." +
Environment.NewLine,

    };
    MailMessage.Add(msg);
    item.IsSendMail = true;
    item.IsSendSms = true;
    item.SENSOR.IsSendMail = true;

}
else
{
    item.IsSendMail = false;
    item.IsSendSms = false;
}
}
else
{
    item.SENSOR.IsSendMail = false;
}
_context.SaveChanges();
}
}

#endregion

#region Alarm Bildirimleri

foreach (var failure in failureList)
{
    var failureValuesList = _context.FAILURE_VALUES.Where(x =>
x.FAILURE_ID == failure.ID).OrderByDescending(X=>X.ID).Take(1).ToList();
    foreach (var item in failureValuesList)
    {
        item.IsControl = true;

        if (item.END_DATE == null)
        {
            if (item.FAILURE.IsSendMail == false)
            {
                string paramName = item.PARAM.Name;
                MailModel msg = new MailModel()
                {
                    Subject = paramName + "," + item.FAILURE.NAME
+ " tipinde alarm veriyor.",
                    Body = paramName + "," + item.FAILURE.NAME +
" tipinde alarm veriyor. Alarm detayları aşağıdadır." +
Environment.NewLine + " Alarm başlangıç
zamanı : " + item.START_DATE

                };
                MailMessage.Add(msg);
            }
        }
    }
}

```

```

        item.IsSendMail = true;
        item.IsSendSms = true;
        item.FAILURE.IsSendMail = true;

    }
    else
    {
        item.IsSendMail = false;
        item.IsSendSms = false;
    }
}
else
{
    item.FAILURE.IsSendMail = false;
}

}
_context.SaveChanges();
}
}
#endregion
#region Bildirim Gönderimleri
foreach (var item in mailUserList)
{
    var user = _context.User.Where(x => x.Id ==
item.UserId).FirstOrDefault();
    foreach (var message in MailMessage)
    {
        SendMail(user.Email, null, null, message.Subject,
message.Body, null);
        Console.WriteLine(user.Email + ". Konu :" + message.Subject +
". Mesaj :" + message.Body);
    }
}
foreach (var item in smsUserList)
{
    var user = _context.User.Where(x => x.Id ==
item.UserId).FirstOrDefault();
    foreach (var message in MailMessage)
    {
    }
}
}
#endregion

}
catch (Exception)
{
}
}

```

6.5. EK 5: KARIŞIK TAM SAYILI LİNEER PROGRAMLAMA ÖRNEĞİ

```
SimplexSolver solver = new SimplexSolver();
    double[] saatlikYukIhtiyaci = new double[] { 0.1, 0.9, 0.6, 0.4, 0.4,
0.6, 0.8, 0.7, 0.1, 0.5, 0.6, 0.4, 0.9 };
    double[] uretilecekTahminiEnerji = new double[] { 1, 1, 0, 0.8, 0, 1,
0, 8, 1, 0, 0.1, 1, 0.1 };
    double gunlukToplamIhtiyac = 6.4;
    int[] calistirilacakYukler = new int[13];
    int load;
    solver.AddRow("load", out load);
    solver.AddGoal(load, 0, false);
    int consuming;
    solver.AddRow("consuming", out consuming);
    solver.SetBounds(consuming, 0, gunlukToplamIhtiyac);
    for (int i = 0; i < 13; i++)
    {
        solver.AddVariable(string.Format("load{0}", i),
            out calistirilacakYukler[i]);
        solver.SetBounds(calistirilacakYukler[i], 0, 1);
        solver.SetIntegrality(calistirilacakYukler[i], true);
        solver.SetCoefficient(load, calistirilacakYukler[i],
            saatlikYukIhtiyaci[i]);
        solver.SetCoefficient(consuming, calistirilacakYukler[i],
            uretilecekTahminiEnerji[i]);
    }
    SimplexSolverParams param = new SimplexSolverParams();
    param.MixedIntegerGenerateCuts = true;
    solver.Solve(param);
    Console.WriteLine(solver.MipResult);
    for (int i = 0; i < 13; i++)
    {
        Console.WriteLine("Yük {0} {1} selected.", i,
            solver.GetValue(calistirilacakYukler[i]) == 1 ?
"" : " not ");
    }
    Console.WriteLine("Üretilmesi tahmin edilen elektrik enerjisi: ${0}
kw.",
        (double)solver.GetValue(load).ToDouble());
    Console.WriteLine("İhtiyaç duyulan elektrik enerjisi: ${0} kw.",
        solver.GetValue(consuming).ToDouble());

    Console.Read();
```

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Furkan ÜNGÖREN
Doğum Tarihi ve Yeri : 16.07.1991 / Karabük
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : furkanungoren@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Bilgisayar Müh.	Düzce Üniversitesi	2018
Lisans	Bilgisayar Müh.	Düzce Üniversitesi	2015
Lise	Fen Bilimleri	75. Yıl Karabük Anadolu Lisesi	2009

