T.C.

KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GERÇEK ZAMANLI FİYAT BİLGİSİNE DAYALI TALEP TARAFI KATILIMI YÖNETİM SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ

MUSTAFA YASİN ERTEN

ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Nihat İNANÇ

KIRIKKALE – 2022

MUSTAFA YASİN ERTEN tarafından hazırlanan "GERÇEK ZAMANLI FİYAT BİLGİSİNE DAYALI TALEP TARAFI KATILIMI YÖNETİM SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ" adlı tez çalışması, aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ / OY ÇOKLUĞU ile Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Nihat İNANÇ

Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Kırıkkale Üniversitesi İmza……..

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Başkan :

Anabilim Dalı, Üniversite Adı İmza……..

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Üye :

Kontrol ve Kumanda A.B.D., Kırıkkale Üniversitesi İmza……..

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum .

Üye : Doç. Dr. Süleyman Sungur TEZCAN

Elektrik-Elektronik A.B.D., Gazi Üniversitesi İmza……..

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Üye : Doç. Dr. Fatih KORKMAZ

Elektrik-Elektronik A.B.D., Çankırı Karatekin Üniversitesi İmza……..

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Tez Savunma Tarihi: 02/02/2022

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Doktora Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

…….

Prof. Dr. Recep ÇALIN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK İLKELERE UYGUNLUK BİLDİRİMİ

Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Mustafa Yasin ERTEN
02.02.2022

ÖZET

GERÇEK ZAMANLI FİYAT BİLGİSİNE DAYALI
TALEP TARAFI KATILIMI YÖNETİM SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ

ERTEN, Mustafa Yasin
Kırıkkale Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi
Danışman: Prof. Dr. Nihat İNANÇ
Şubat 2022, 120 Sayfa

Bu tezde, yük tahmin modelleri ve Talep Tarafı Yönetimi (TTY) tabanlı bina enerji yönetim sistemlerinin kapsamlı bir incelemesi yapılmıştır. Geliştirilen derin öğrenme tabanlı yük tahmin modeli, bina yükünün tahmin edilmesi için kullanılmıştır. TTY uygulamaları geliştirmek için Ankara'da bulunan ticari bir binada uygulanmıştır. Derin Öğrenme (DÖ) modelinden elde edilen yük tahmin profili çıktıları, bina enerji performansını iyileştirmek için kural tabanlı kontrolöre bir girdi olarak kullanılmıştır. ANFIS tabanlı Akıllı Denetleyici (ANFIS-AD), ticari binaların talep yanıtı katılımını en üst düzeye çıkarmak için tasarlanmış ve tezde bir vaka çalışmasıyla birlikte tanıtılmıştır. ANFIS-AD'nin amacı; yük atma ve yük alma bölgeleri için dinamik ayar noktaları oluşturmak ve Talep Yanıtı (TY) teşviklerini göz önünde bulundurarak, Enerji Depolama Sistemini (EDS) yönetip binadaki termal konforu etkilemeden enerji tüketimini ve maliyetini azaltmaktır. ANFIS-AD, kural tabanlı kontrolör ve mevcut sistem ile karşılaştırıldığında; ticari binadaki enerji tüketimini sırasıyla %25 ve %34 oranında azaltmış ve işletme maliyetlerini sırasıyla %33 ve %39 oranında düşürmüştür. Tezde önerilen merkezi enerji yönetim sistemi ise enerji sağlayıcı kuruluşlar için dengesizlik enerji maliyetlerini en aza indirmek üzere tasarlanmıştır. Enerji sağlayıcı kuruluşların portföyünde yer alan tüketim birimlerinin, dengeleme birimi olarak çalıştırılması sayesinde tüketimlerin yönetilmesi dengesizlik maliyetinin

yanı sıra aktif enerji maliyetlerini de azaltma fırsatı sunmaktadır. Geliştirilen çözüm sayesinde sadece enerji sağlayıcı kurumların kârlılığı artmakla kalmayıp, ortaya çıkan avantajlar, tüketicilere de indirim şeklinde yansımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Talep Tarafı Yönetimi, Yük Tahmini, Bulanık Mantık, Enerji Yönetim Sistemi, Makine Öğrenmesi, Derin Öğrenme, Akıllı Şebekeler.

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF A DEMAND SIDE MANAGEMENT SYSTEM BASED ON REAL-TIME PRICE INFORMATION

ERTEN, Mustafa Yasin
Kırıkkale University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Electrical and Electronics Engineering, Doctoral Thesis
Supervisor: Prof. Dr. Nihat İnanç
February 2022, 120 pages

This thesis has conducted a thorough review of load forecast models and Demand Side Management (DSM) based building energy management systems. Deep Learning (DL) based load forecasting models are implemented in a commercial building in Ankara, Turkey. The load forecast profile outputs from the DL model are used as an input to the rule-based controller to improve building energy performance. A new algorithm called Adaptive-Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) Intelligent Control (IC) ANFIS-IC is introduced by a case study to maximize the demand response participation of commercial buildings. The goal of ANFIS-IC is to reduce energy consumption and cost without affecting the thermal comfort in the building by generating dynamic set-points for the building zones and controlling the Energy Storage System (ESS) considering Demand Response (DR) incentives. Compared to the rule-based controller and the fixed set-point system, ANFIS-IC reduced energy consumption by 25% and 34% and reduced operating costs by 33% and 39%, respectively. The central energy management system proposed in the thesis is designed to minimize imbalance energy costs for energy providers. The management of consumptions by operating the consumption units in the portfolio of energy providers as balancing units offers the opportunity to reduce the active energy costs as well as the imbalance cost. Thanks to the developed model, not only the profitability of energy

providers increases, but also the advantages are reflected in the form of discounts to consumers.

Keywords: Demand side management, Load Forecasting, Fuzzy Control, Energy Management System, Machine Learning, Deep Learning Smart Grid.

TEŞEKKÜR

Doktora öğrenimimin son aşaması olan bu çalışmanın hazırlanmasında her türlü yardım ve desteğini esirgemeyen, değerli düşünceleri ile beni doğruya yönlendiren danışmanım Prof. Dr. Sayın Nihat İNANÇ'a gönülden teşekkürlerimi arz ederim.

Doktora tez çalışmalarım süresince ilk andan itibaren değerli fikirlerini, yardımlarını, bilgilerini esirgemeyen, örnek aldığım Prof. Dr. Sayın Ertuğrul ÇAM'a ve Prof. Dr. Sayın Tamer EREN'e, tezimin izlenmesi ve değerlendirilmesi süresince desteklerini esirgemeyen hocalarıma teşekkürü borç bilirim.

Doktora çalışma sürecimin başından itibaren desteğini esirgemeyen Dr. Alper TERCİYANLI'ya ve birçok ortak çalışmada bulunduğum ve daha çok çalışmalar başaracağımıza inandığım değerli arkadaşım Hüseyin AYDİLEK'e teşekkür ederim.

Doktora çalışmamın başından sonuna kadar beni gönülden destekleyen değerli eşime ve öğrenimim boyunca büyük fedakârlıklarda bulunan aileme sonsuz şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **vi**

ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **xi**

ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **xii**

KISALTMALAR DİZİNİ ..... **xiii**

1. GİRİŞ **1**

1.1 Türkiye'de Elektrik Piyasası İşleyişi 3
1.2 Talep Tarafı Yönetimi 11
1.3 Literatür Taraması 19
1.4 Tezin Literatüre Katkısı 29

2. MATERYAL ve METOT **31**

2.1 Kullanılan Metotlar 31
2.2 Kullanılan Veriler ve Elde Edilmesi 43

3. ÖNERİLEN MODEL **49**

3.1 Uygulama Detayları 51
3.2 Tahmin Değerlendirme Metrikleri 51
3.3 Algoritma Tasarlanması ve Tarife Modeli 53
3.4 ANFIS / Bulanık Mantık Modeli 58
3.5 Merkezi Enerji Yönetim Sistemi Modeli 61

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA **65**

4.1 Yük Tahmin Modeli Sonuçları 65
4.2 ANFIS Yük Kontrol Modeli Sonuçları 72

4.3 Merkezi Enerji Yönetim Sistemi Sonuçları 77
4.4 Tartışma 79

KAYNAKLAR 81

EKLER 92

EK 1: 2018 Yılı Saatlik Hava Sıcaklığı Verileri (°C) 93

EK 2: 2018 Yılı Saatlik Piyasa Takas Fiyatı Verileri (TL) 105

ÖZGEÇMİŞ 117

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Gün içi tarife ücretler 19
Çizelge 1.2 Derin öğrenme ile binalarda tüketim tahmini çalışmaları 26
Çizelge 2.1 Ortalama PTF verileri (Ocak-Haziran) 45
Çizelge 2.2 Ortalama PTF verileri (Temmuz-Aralık) 46
Çizelge 2.3 Ortalama hava sıcaklığı değerleri 47
Çizelge 3.1 Eş yaşlandırma katsayıları 64
Çizelge 4.1 Algoritmaların farklı gün tipleri için kıyaslanması 69
Çizelge 4.2 Algoritmaların saatlik ölçüm performanslarının kıyaslanması 69
Çizelge 4.3 Gün tipleri için on dakikalık tahmin performansının karşılaştırılması ... 71
Çizelge 4.4 Algoritmaların on dakikalık tahmin performansının karşılaştırılması 72
Çizelge 4.5 Toplam yük tüketimi bulanık mantık kuralları 73
Çizelge 4.6 Termal konfor endeksi bulanık mantık kuralları 74
Çizelge 4.7 Yük atma bulanık mantık kuralları 74
Çizelge 4.8 Kontrol yöntemlerinin yıllık enerji tüketimi ve maliyetlerinin karşılaştırılması 77

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Elektrik Üretim-İletim-Dağıtım Yapısı 4
Şekil 1.2 Elektrik Piyasası ve Paydaşları 4
Şekil 1.3 Örnek PTF hesabı 5
Şekil 1.4 Nisan 2016 Döneminde Piyasa Takas Fiyatının (PTF) Saatlik Gelişimi (TL/MWh) 6
Şekil 1.5 Nisan 2016 Döneminde Gün Öncesi Piyasası (GÖP) İşlem Hacminin Saatlik Gelişimi (TL-MWh) 7
Şekil 1.6 Nisan 2016 Döneminde Sistem Marjinal Fiyatının (SMF) Saatlik Gelişimi (TL/MWh) 8
Şekil 1.7 Nisan 2016 Döneminde Gün İçi Piyasası (GİP) İşlem Hacminin Saatlik Gelişimi (TL-MWh) 8
Şekil 1.8 (a) Fiyat Mekanizma Döngüsü (b) Fiyat Mekanizmaları 9
Şekil 1.9 Talep Tarafı Yönetimi Programları 13
Şekil 2.1 ANFIS Yapısı 32
Şekil 2.2 YSA mimarisi 35
Şekil 2.3 DVM öz nitelik uzayı topolojisi 36
Şekil 2.4 LSTM Blok Mimarisi 38
Şekil 2.5 LSTM Katman Yapısı 40
Şekil 2.6 PSO akış diyagramı 42
Şekil 3.1 Gerçek Zamanlı Fiyat Bilgisine Dayalı Talep Tarafı Katılımı Yönetim Sistemi Mimarisi 50
Şekil 3.2 Enerji depolama sistemi şarj seviyesi kontrolü akış diyagramı 55
Şekil 3.3 Toplam talep yanıtı kapasitesinin belirmesine ait akış diyagramı 57
Şekil 3.4 Batarya yükü belirleme üyelik fonksiyonu 58
Şekil 3.5 Konfor seviyesi belirleme üyelik fonksiyonu 59
Şekil 3.6 Bina elektrik yükü seviyesi belirleme üyelik fonksiyonu 59
Şekil 3.7 Kullanım süresi belirleme üyelik fonksiyonu 60
Şekil 3.8 Çalışma yükü belirleme üyelik fonksiyonu 60
Şekil 3.9 Sıcaklık sapma seviyesi üyelik fonksiyonu 61
Şekil 4.1 (a) Hatalı verilerin tespiti (b) Hatalı verilerin düzeltilmesi (c) Düzeltme miktarı 66
Şekil 4.2 Saatlik enerji tüketimi ve LSTM enerji tüketim tahmini 68
Şekil 4.3 On dakikalık enerji tüketimi ve LSTM enerji tüketim tahmini 70
Şekil 4.4 Simulink ortamında entegre edilen ANFIS-IC denetleyicisi 75
Şekil 4.5 Toplam yük, HVAC yükü ve batarya yükü değişimi 76
Şekil 4.6 Yük atma ve yük alma alanlarının belirlenmesi 76
Şekil 4.7 Çeyrek saatlik yük atma miktarı 78
Şekil 4.8 Enerji Dengesizlik Azaltımı 78

KISALTMALAR DİZİNİ

ANFIS	Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System
ANN	Artificial Neural Network
ASHRAE	The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
BM	Bulanık Mantık
BSD	Batarya Sağlık Durumu
CPP	Critical Peak Pricing
DGP	Dengeleme Güç Piyasası
DL	Deep Learning
DÖ	Derin Öğrenme
DSM	Demand Side Management
DUY	Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliği
DVM	Destek Vektör Makinası
EDM	Enerji Dengesizlik Miktarı
EDS	Enerji Depolama Sistemi
EDT	Enerji Dengesizlik Tutarı
EnYS	Enerji Yönetim Sistemi
EPİAŞ	Enerji Piyasaları İşletme A.Ş.
GÖP	Gün Öncesi Piyasası
GİP	Gün İçi Piyasası
GYSA	Geri Yayılımlı Sinir Ağı
GRU	Gated Recurrent Unit
HVAC	Heating Ventilation and Air Conditioning
KDEYS	Karar Destek ve Enerji Yönetim Sistemi

KGÜ	Kullanım Gününe göre Ücretlendirme
KOKH	Kök Ortalama Karesel Hata
KS	Kullanım Süresi
KTF	Kritik Tepe Fiyatı
LSTM	Long Short Term Memory
MKK	Model Kestirimci Kontrol
MPC	Model Predictive Control
NARNET	Nonlinear Autoregressive Neural Network
OKH	Ortalama Karesel Hata
OMH	Ortalama Mutlak Hata
OMYH	Ortalama Mutlak Yüzde Hata
PSO	Parçacık Sürü Optimizasyonu
PTF	Piyasa Takas Fiyatı
RNN	Recurrent Neural Network
RTP	Real Time Pricing
S2S	Sequence to Sequence
SMF	Sistem Marjinal Fiyatı
ŞD	Şarj Durumu
TED	Termal Enerji Depolama
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim A.Ş
TKE	Termal Konfor Endeksi
ToU	Time of Use
TTY	Talep Tarafı Yönetimi
TY	Talep Yanıtı
YAL	Yük Alma
YAT	Yük Atma
YSA	Yapay Sinir Ağları

1. GİRİŞ

Her geçen gün artan tüketim, belirli zaman aralıklarında tüketim ortalamasının üstünde ilerleyen puant yük, ithal edilen enerji kaynakları sebebiyle artan dışa bağımlılık ve fosil kaynaklardan üretilen enerji sebebiyle karbon salımının artması mevcut elektrik şebekesinin en büyük sorunları arasındadır [1]. Dolayısıyla artan enerji ihtiyacının karşılanması, çevreye olan etkilerinin minimuma indirilmesi ve maliyet optimizasyonu yapan çözümlerin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu ihtiyaçların karşılanması için şebekenin daha dinamik bir yapıda olması ve gerçek zamanlı izleme ve kontrol yapabilen sistemlerin bulunması gerekmektedir.

Yazılım ve haberleşme teknolojilerinin gelişmesiyle beraber geleceğin elektrik şebekesinin verimliliğinin ve sürekliliğinin artırılacağı öngörülmektedir. Bu kapsamda; kontrol, izleme ve koruma başta olmak üzere, şebekedeki birçok işlemin gelişmiş işlemci ve haberleşme yeteneklerine sahip, otonom çalışan sistemlerle ve yararlı yaklaşımlarla gerçekleştirilebilmesi için "Akıllı Şebekeler" kavramı popüler hale gelmiştir [2].

Akıllı şebekeler; ona bağlı olan tüm piyasa katılımcılarının arz ve tüketim davranışlarını izleyebilen ve kontrol edebilen bir enerji yönetim sistemidir. Akıllı şebekeler, bilgi ve iletişim teknolojilerini kullanarak üreticiler ve tüketiciler hakkında bilgi toplar ve bu bilgiyi, tedarik sürekliliği, teknik kalite ve verimliliğin artırılması için kullanır. Akıllı şebekede; üretim, iletim ve dağıtım sistemlerinden alınan ölçümler, bir ya da daha fazla sayıda kontrol merkezinde toplanır ve şebekenin anlık ihtiyacına göre, sistemin otomatik ya da yarı otomatik bir şekilde tepki vermesi sağlanır. Haberleşme yeteneğine sahip ölçüm cihazları ve haberleşme altyapısı, akıllı şebekenin en önemli parçasıdır. Bu nedenle, akıllı şebeke oluşturma hedefine giden yolda en önemli basamaklardan biri, şebekenin sürekli olarak izlenmesi ve elektrik kalitesinin takibinin gerçekleştirilmesidir.

Akıllı Şebekeler konusu içerisinde "Talep Tarafı Yönetimi" (Demand Side Management-DSM) uygulamalarıyla, arz-talep dengesinin sağlanması

amaçlanmaktadır. Teknolojik araçların artması ve kullanım alışkanlıklarının değişmesi, enerji talebini artırmış ve pik zamanlardaki enerji tüketim değerlerini de doğrudan etkilemiştir. Elektrik şebekesindeki enerji kalitesinin ve arz-talep dengesinin sağlanması ile pik zamanların azaltılması için alternatif enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Yeni üretim tesislerinin maliyeti oldukça yüksek olduğundan, "Gelişmiş Ölçüm Altyapısı" kapsamında pik zamanları kontrol etmek için, kullanıcıların sistemde aktif olarak yer aldığı TTY uygulamaları geliştirilmiştir. Talep tarafında kullanılacak tüketimin doğru tahmin edilmesi, puant zamanlarda sınırlanması ve hatta idealde tüm zamanlarda stabil hale getilirmesi ihtiyacı; hizmet sürekliliğinin ve sistem verimliliğinin sağlanması gerekliliğini, lisanssız yenilenebilir enerji kaynaklarının artan şekilde dağıtım sistemine bağlanmasını ve dağıtım sisteminin sürekli olarak izlenmesini ve kontrol edilmesini gerektirmektedir. Bu nedenle uygulanacak olan sistem; arz-talep dengesine odaklanarak, kararsızlıktan kaynaklanan üretici maliyetlerini kısıtlayacaktır. Arz-talep dengesinin sağlanması sonucu gerçekleşen faydalar neticesinde sistemde oluşan dengesizlik maliyeti de sınırlanacaktır. Ayrıca bu problemlerin şebekenin Elektrik Piyasası Dengeleme Ve Uzlaştırma Yönetmeliği'nde [3] tanımlanan Dengesizlik Maliyetine olan etkisi de yüksektir.

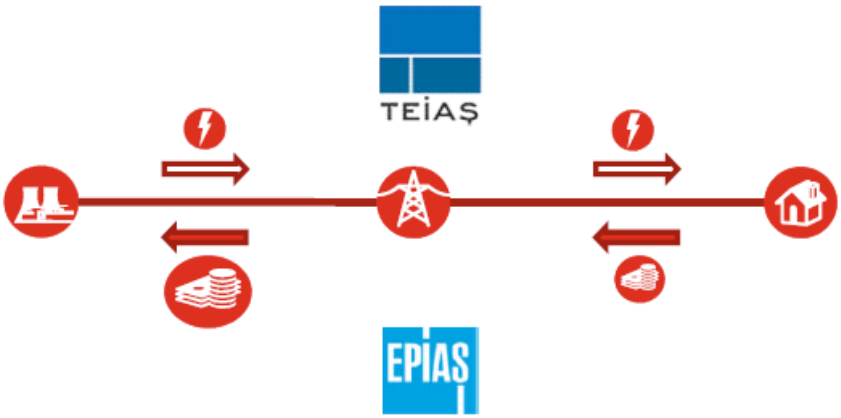
Bilindiği üzere geleneksel elektrik şebekesinde arz-talep ilişkisinin sağlanabilmesi için yapılan işlem, üretim tarafını optimize ederek dengeyi sağlamaktır. Akıllı şebekelerin günümüz elektrik şebekesine entegre olmasıyla birlikte TTY uygulamaları sayesinde, kullanıcı tarafının yük değişimlerine müdahale edilerek arz-talep arasındaki denge sağlanmaktadır. Elektrik piyasasının dengeli işletilmesi ve arz-talep dengesinin sağlanması için, dağıtım şirketlerinin gerçekleştirecekleri tüketim miktarları sisteme girilmektedir ve üreticilerden, tüketim miktarlarının karşılanması talep edilmektedir. Tüketim miktarlarının yüksek olduğu zamanlarda ise oluşan talep fazlalığı dağıtım şirketlerinin satın aldıkları enerji maliyetlerini artırırken, arz-talep dengesinde bozulmalarından ötürü oluşan dengesizlik miktarı ise Elektrik Piyasası Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliği'nde tanımlanan Dengesizlik Maliyetini artırmaktadır. Dolayısıyla talep edilen enerji miktarının puant yük zamanı dışında olması durumunda hem satın alınan enerji maliyeti hem de dengesizlik maliyeti düşmektedir. Puant zamanda enerji talep miktarlarının daha az gerçekleştirilmesi için dağıtım şirketi ve tüketici arasında yapılan ikili anlaşmalar ile tüketicinin konforunu düşürmeden bazı

yüklerin bu zamanların dışında tüketilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda da tüketici bu yüklerin kontrolünün sağlanmasına izin verebilir.

Bu ihtiyaçlar doğrultusunda tez kapsamında tahmin ve kontrol sistemi geliştirilerek; tüketicilerin tüketimlerinin optimize edilerek düşürülmesi, elektrik perakende satış şirketlerinin enerji maliyetlerinin indirilmesi ve sistemin kapasitesinin artırılması hedeflenmektedir. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynaklarının sistem içerisinde daha çok yer alması sayesinde, çevreye verilen karbon salımı düşürülecek ve puant yük zamanlarda, ithal edilen enerji kaynaklarına olan ihtiyacın düşürülmesi ile enerjide dışa bağımlılık azaltılacaktır. Tüm bu faydalar elektrik dağıtım şebekesi üzerinde sistemin güvenilirliğini ve verimliliğini artırarak kullanıcılara sağlanan tedarik sürekliliğini sağlayacaktır.

1.1 Türkiye'de Elektrik Piyasası İşleyişi

Bilindiği üzere elektrik depo edilemez bir yapıya sahiptir. Bunun yanında elektrik üretiminin ve tüketiminin anlık olarak karşılanması gerekliliği, elektriğin sistemde sürekli bulunmasını zorunlu kılmıştır. Bundan dolayı 4628 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu [4] gereğince elektriğin; yeterli, kaliteli (belirli gerilim ve frekans aralığında), sürekli, düşük maliyetli ve çevreyle uyumlu bir şekilde tüketicilerin kullanımına sunulması gerekmektedir. Bu ihtiyaçların yerine getirilebilmesi adına piyasa ve piyasa paydaşlarının belli sorumlulukları yeri getirmesi gerekmektedir. Türkiye'deki Elektrik Üretim-İletim-Dağıtım yapısı ile bu piyasayı işletme ve yönlendirme yetkisine sahip mekanizmaların yer aldığı görsel, Şekil 1.1'de gösterilmektedir. Şekil 1.1'de görüleceği gibi, üretilen elektrik; Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ)'a ait iletim hatları aracılığıyla, enerjinin tüketileceği noktaya, tüketicinin bağlı bulunduğu dağıtım şirketi ekipmanları ile ulaştırılır. Enerji Piyasaları İşletme A.Ş. (EPİAŞ) ise bu piyasadaki alışverişi yöneten ve dengeyi sağlayan mekanizmadır.



Şekil 1.1 Elektrik Üretim-İletim-Dağıtım Yapısı

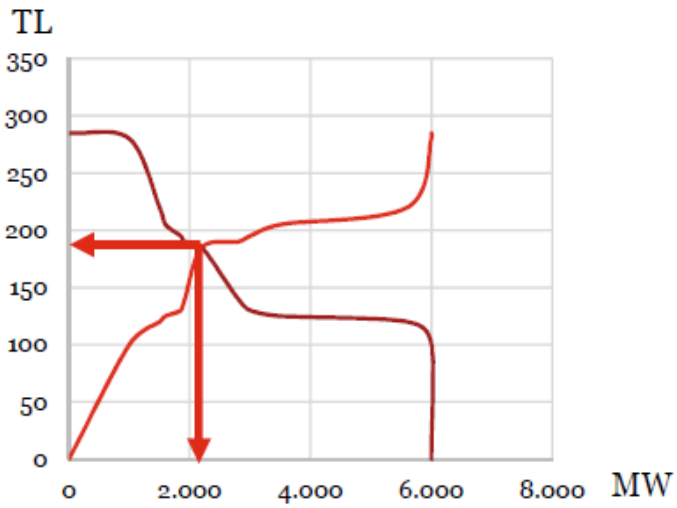
Bu kapsamda; "Piyasa işletim lisansında yer alan enerji piyasalarının; etkin, şeffaf, güvenilir ve enerji piyasasının ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde planlanması, kurulması, geliştirilmesi ve eşit taraflar arasında ayrım gözetmeden güvenilir referans fiyat oluşumunun temin edilmesi ve artan piyasa katılımcı sayısı, ürün çeşitliliği ve işlem hacmiyle likiditenin en üst düzeye ulaştığı, piyasa birleşmeleri yoluyla ticaret yapılmasına imkan tanıyan bir enerji piyasası işletmecisi olması" amacıyla EPİAŞ kurulmuştur [3]. Şekil 1.2'de Türkiye'deki Elektrik piyasası ve paydaşlarını gösteren piramit yer almaktadır. Elektrik piyasası ve paydaşları piramitinde de görüleceği üzere; EPİAŞ EPDK'ye bağlı çalışan, elektrik piyasasının ihtiyaçlarını planlayan ve piyasanın işletilmesini sağlayan bir kurumdur. Ayrıca şekilde piyasanın diğer paydaşları da görülmektedir.



Şekil 1.2 Elektrik Piyasası ve Paydaşları

EPİAŞ, “piyasa katılımcılarına; ikili anlaşmalarına ek olarak bir sonraki gün için enerji alış ve satışı yapma fırsatı tanıyarak, üretim ve/veya tüketim ihtiyaçları ile sözleşmeye bağlanmış yükümlülüklerini gün öncesinde dengeleme olanağını sağlamak, sistem işletmecisine gün öncesinden dengelenmiş bir sistem sağlamak, elektrik enerjisi referans fiyatını belirlemek ve teklif bölgeleri oluşturularak sistem işletmecisine gün öncesinden kısıt yönetimi yapabilme imkanı sağlamak amacıyla Gün Öncesi Piyasası (GÖP)” sistemini oluşturmuştur [5]. Piyasa katılımcılarının katılımlarını gönüllülük esasınca yaptıkları sistemde, fiyat ve miktar setleri girilerek marjinal fiyatlar hesaplanıp takas gerçekleştirilir. Piyasa Takas Fiyatı (PTF), katılımcıların sistemden çekeceği güçleri ve sisteme vereceği güçleri bildirmesinin ardından, en düşük fiyat olacak şekilde sıralanıp eğrilerin oluşturulması sonrasında hesaplanır. Ödeme ve alacaklar PTF üzerinden gerçekleştirilir. Şekil 1.3’te örnek bir PTF hesabı gösterilmektedir. Elektrik arz eden tedarikçi kuruluşlar, arz miktarları ve bu arz miktarı için talep ettikleri ücretleri sisteme girerler. Aynı şekilde elektrik talep eden tüketiciler, talep miktarlarını ve bu talebi ne kadar ücrete alabileceklerini sisteme girerler. Sistem; arz ve talebi sıralayarak, arz ve talebin kesiştikleri yeri PTF olarak ele alır. Örnekte 2200 MW değerinde, arz ve talep dengesi sağlandığında, fiyat 185 TL olarak belirlenmiştir.

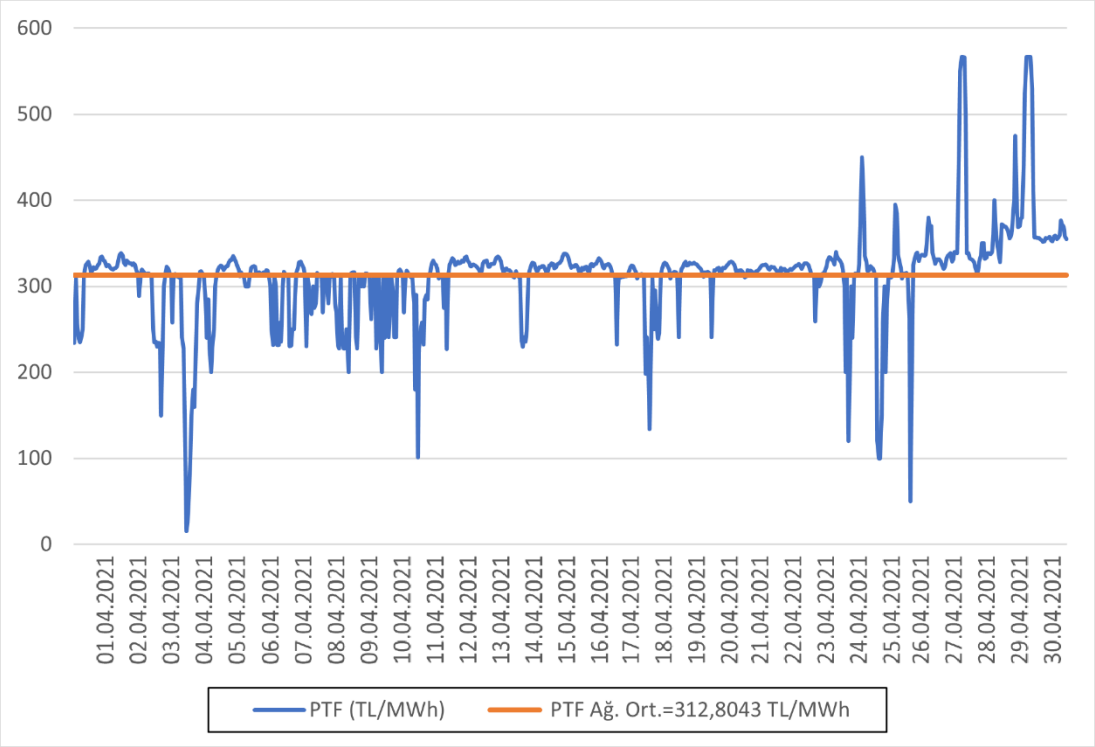
Fiyat (TL)	Arz (MW)	Talep (MW)
0	0	6.000
100	1.000	6.000
120	1.500	5.600
125	1.600	3.500
130	1.850	3.000
140	1.920	2.800
185	2.200	2.200
190	2.800	1.920
195	3.000	1.850
205	3.500	1.600
220	5.600	1.500
280	6.000	1.000
285	6.000	0



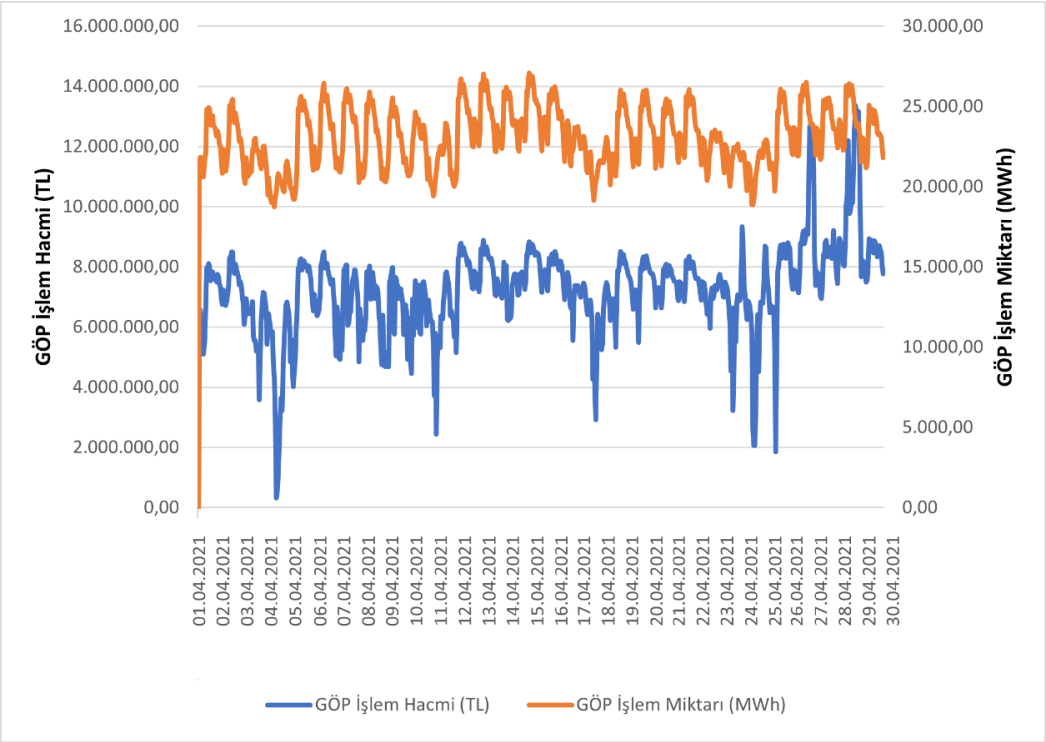
Şekil 1.3 Örnek PTF hesabı

Şekil 1.4'te Nisan 2021 döneminde PTF'nin saatlik gelişimini gösteren grafik bulunmaktadır. Grafik, Nisan ayı boyunca PTF'nin hangi gün hangi mertebede gerçekleştiğini göstermektedir. Ayrıca grafikte Nisan ayının PTF'lerinin ağırlıklı ortalaması ile elde edilen aylık PTF'nin 312.8043 TL/MWh olarak elde edildiği gösterilmektedir.

Şekil 1.5'te Nisan 2021 Döneminde Gün Öncesi Piyasası (GÖP) İşlem Hacminin Saatlik Gelişimini gösteren grafik yer almaktadır. Grafik incelendiğinde; işlem miktarının ortalama 23.100 MWh civarında olduğu, işlem miktarının ise 13.0 MTL civarında olduğu görülmektedir. Bu değerler bize piyasanın büyüklüğü hakkında ciddi bilgiler vermektedir.

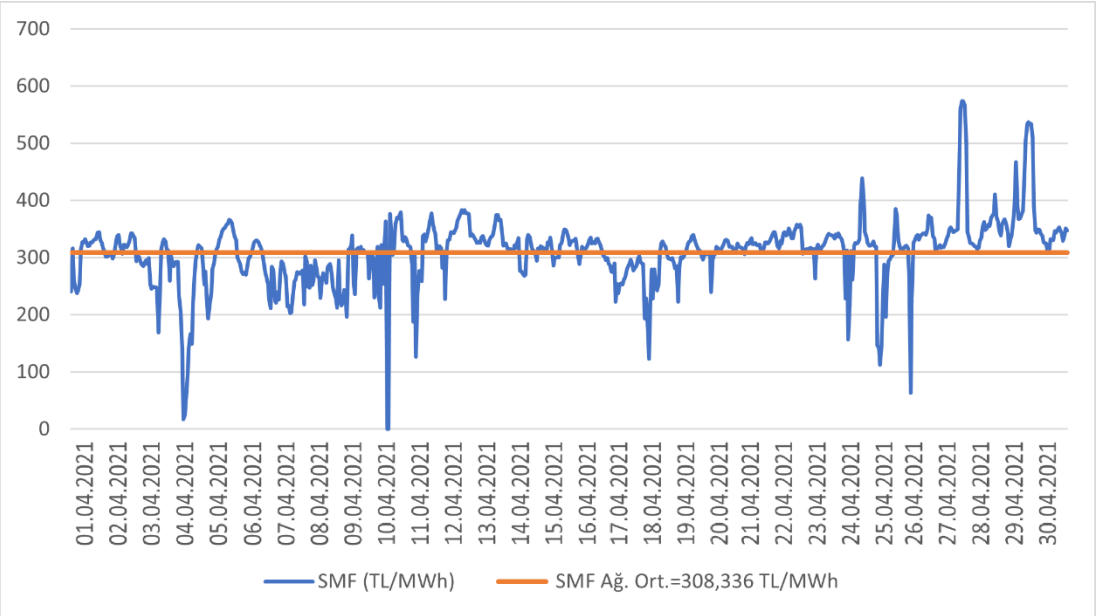


Şekil 1.4 Nisan 2021 Döneminde Piyasa Takas Fiyatının (PTF) Saatlik Gelişimi (TL/MWh)



Şekil 1.5 Nisan 2021 Döneminde Gün Öncesi Piyasası (GÖP) İşlem Hacminin Saatlik Gelişimi (TL-MWh)

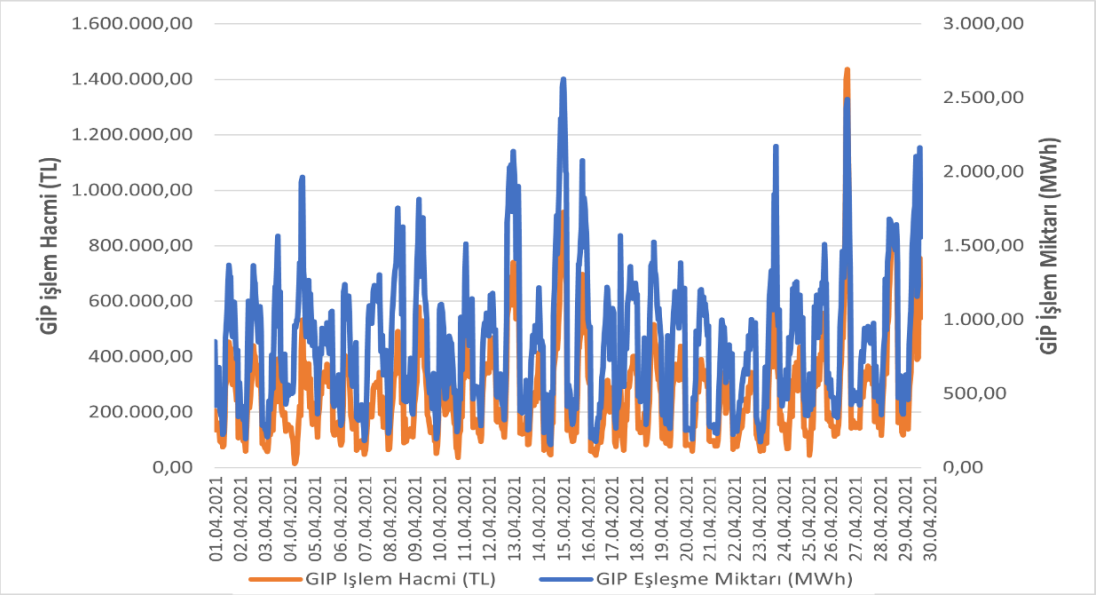
GÖP sistemin henüz yeterince büyük olmaması, kullanıcıların sistemi yeterince etkin kullanmaması ve sistem yapısı gereği oluşan arıza vb. durumların öngörülememesinden ötürü GÖP sistemine girilen tüketim ve üretimler ertesi gün tam anlamıyla karşılanamamaktadır. "Türkiye Elektrik Piyasasının daha şeffaf ve etkin, mali açıdan güçlü, Avrupa Birliği elektrik piyasaları ile entegre bir yapıda olabilmesi için çalışmalar devam etmektedir. Sürekli gelişen ve serbest piyasa amacıyla ilerleyen Türkiye Elektrik Piyasasında, katılımcıların daha dengeli ve etkin rol üstlenmesini sağlamak amacıyla, 1 Temmuz 2015 tarihinde Gün İçi Piyasası (GİP) faaliyete geçirilmiştir" [6]. GİP de, GÖP gibi gönüllülük esasında işlem gören ve miktar-fiyat setlerinin 11:30'a kadar girildiği (yaklaşık 2 saat önce) piyasadır. Burada da saatlik ve esnek teklifler iki yönlü olarak verilir. Tekliflerin eşleşmesinin ardından minimum maliyetli fiyatlar belirlenerek ödeme ve alacaklar bu fiyat üzerinden gerçekleştirilir. Sistem Marjinal Fiyatı (SMF) değeri de PTF değerine benzer şekilde arz ve talep değerleri sıralanır, arz ve talep değeri kesiştiğindeki değer SMF olarak bulunur. Şekil 1.6'da Nisan 2021 döneminde SMF'nin saatlik gelişimini gösteren grafik bulunmaktadır. Grafik, Nisan ayı boyunca SMF'nin hangi gün hangi mertebede gerçekleştiğini göstermektedir. Ayrıca grafikte Nisan ayının SMF'lerinin ağırlıklı ortalamasının 308,336 TL/MWh olarak elde edildiği gösterilmektedir.



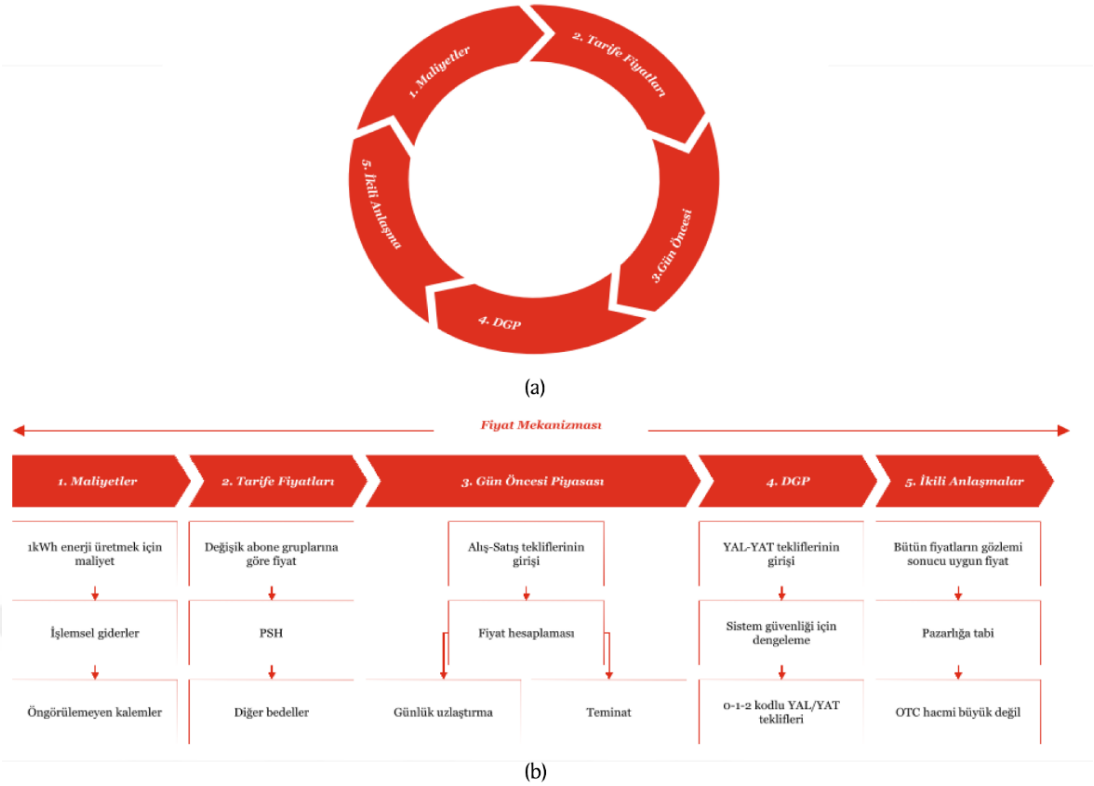
Şekil 1.6 Nisan 2021 Döneminde Sistem Marjinal Fiyatının (SMF) Saatlik Gelişimi (TL/MWh)

Şekil 1.7'de, Nisan 2021 Döneminde Gün Öncesi Piyasası (GİP) İşlem Hacminin Saatlik Gelişimini gösteren grafik yer almaktadır. Grafik incelendiğinde, GİP eşleşen miktarının 1000 MWh civarında olduğu işlem miktarının ise 400.000 TL civarında olduğu görülmektedir.

Bahsedilen piyasada fiyatların nasıl oluştuğunun daha kolay anlaşılabilmesi için aşağıda Şekil 1.8 tasarlanmıştır. Fiyat mekanizması şekli piyasa içerisinde yer alan fiyat ve maliyet kalemlerini açıkça ifade edecek şekilde oluşturulmuştur.



Şekil 1.7 Nisan 2021 Döneminde Gün İçi Piyasası (GİP) İşlem Hacminin Saatlik Gelişimi (TL-MWh)



Şekil 1.8 (a) Fiyat Mekanizma Döngüsü (b) Fiyat Mekanizmaları

Dağıtım ve tedarik şirketleri, kendi bölgelerindeki ölçüm kısıtları nedeniyle ve başka dağıtım şirketlerinin bölgelerinde bulunan veri paylaşımı kısıtları nedeniyle, enerji taleplerini doğru tahmin edememektedir. Ayrıca sistemdeki arızalar ve hava durumu dengesizlikleri de arz tahminlerinin şaşmasına sebep olmaktadır. Bu sebepler de üretim ve tüketim bildirimlerini doğru yapamamalarına ve dengesizliğe düşmelerine sebep olmaktadır. Gerçek zamandan önce girişi yapılan piyasa değerleri ile gerçek zaman okumaları arasında oluşan fark tutarı, Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliği (DUY) gereği Enerji Dengesizlik Miktarı (EDM) olarak kabul edilmektedir.

EDM ve bu miktar tutarınca şirketlerin ceza ödedikleri Enerji Dengesizlik Tutarı (EDT) denklem 1.1 ve denklem 1.2'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$EDM_{f,t,u} = \sum_{b=1}^{k}\left(UEVM_{f,t,b,u} - UEÇM_{f,t,b,u}\right) + UEİAM_{f,t,u} + GİPM_{f,t,u} - \left[\sum_{p=1}^{l} ÖEDM_{p,u}\right] + \left[\sum_{p=1}^{l}\sum_{r=1}^{m} SAM_{t,p,u,r} - \sum_{p=1}^{l}\sum_{r=1}^{n} SSM_{t,p,u,r}\right] + \left[\sum_{d=1}^{h}\sum_{r=1}^{t2} KEYATM_{f,d,u,r} - \sum_{d=1}^{h}\sum_{r=1}^{t1} KEYALM_{f,d,u,r}\right] \quad (1.1)$$

$$EDT_f = \sum_{t=1}^{m}\sum_{u=1}^{n}\left[\left(EDM_{f,t,u}(-)\ x \max\left(SGÖF_{t,u}, SMF_{t,u}\right) x\ (1+k)\right)\right) + \left(EDM_{f,t,u}(+)\ x \min(SGÖF_{t,u}, SMF_{t,u}\ x\ (1-l))\right] \quad (1.2)$$

Bu bilgiler ışığında, GİP'in uygulamaya alınmasıyla beraber; piyasanın şeffaflıktan uzak kalması, sistemin entegrasyon sıkıntıları ve teknik problemler nedenleriyle işlerlik kazanmaması mümkün görülmemektedir. Bu bağlamda, Şirketlerin (Dağıtım ve Perakende Şirketleri) dengesizlik maliyetini yönetmesindeki önemli araçlardan bir tanesi; tüketim birimlerini, Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliği'nin ilgili hükümlerine benzer şekilde dengeleme birimi olarak çalıştırmasıdır. İlave olarak, müşterinin tüketiminin yönetilmesi; dengesizlik maliyeti yanı sıra aktif enerji maliyetinin de idare edilmesi imkanını sağlamakta olup, bu çözüm; enerji sağlayıcıların ve serbest tüketicilerin kârlılığını artıracaktır.

Bu kapsamda tezde; tüketimlerin gerçek zamanlı olarak izlenmesi ile önceden belirlenen tüketici, yük tipi, yük miktarı doğrultusunda, tüketimlerin gün öncesi piyasasında ve dengeleme ve güç piyasasında kontrol edilmesi sayesinde dengesizlik ve aktif enerji maliyetleri toplamının en düşük seviyede tutulması sağlanmıştır.

Bu sayede, bahsi geçen çözüm, enerji sağlayıcılarının tabi olduğu piyasalardaki risklerini yönetmek ve zararlarını azaltmakla beraber, son kullanıcılara tüketimlerini izleyerek enerji verimliliklerini artırmaları, enerji faturalarını azaltmaları ve uzun vadede ilave gelir elde etmeleri imkânını oluşturmuştur.

Tez kapsamında; gerçek zamanlı dengeleme piyasasındaki (yaşanan zaman dilimi) ve fiili tüketimlerdeki değişkenlikler nedeniyle ortaya çıkan enerji maliyetleri en düşük seviyede tutulmuş olup, gerçek zamanlı veriler ile farklı sistemlerden alınan bilgiler

kullanılarak portföy ve potansiyel hedef müşteri kapsamında belirlenen yüklerin kontrol edilmesini sağlayacak bir model geliştirilmiştir.

1.2 Talep Tarafı Yönetimi

Talep Tarafı Yönetimi, uzun vadeli enerji verimliliği programları ve teşvik oranlarından, dağıtık enerji kaynaklarının gerçek zamanlı kontrolüne kadar geniş bir alanı kapsayan politika ve önlemler serisidir [7]. Yeni sistemler kurmadan, yeni yatırımlar yapmadan mevcut enerjinin daha verimli kullanımını amaçlayan, enerji tedarikçi kurumun müşterilerinin talebini izlemesi ve kontrolü üzerine kurulu bir yaklaşımdır.

Talep yönetimi programlarında ortak olan iki temel amaç; tüketimi azaltmak ve yükü kaydırmaktır. Tüketimi azaltmak, tüketicileri bilinçlendirerek veya enerji verimli cihazların kullanımına ağırlık vererek sağlanabilir [8]. Talep yoğunluğunun çok farklı olduğu saat dilimleri ve buna göre uygulanan fiyatlandırmalardan yola çıkılarak, toplam tüketimi değiştirmeden, zaman dilimleri arası eşitliğin maksimize edildiği yük kaydırma yöntemi, günümüzdeki çoğu TTY çalışmasının esas amacıdır.

TTY öncesinde, geleneksel yaklaşım olarak amaç; ne zaman ne kadar enerji talep ediliyorsa onu üretmek, dolayısıyla üretim ve iletim – dağıtım hattı kapasitelerini yüksek tutmaktı. Güncel yaklaşım ise, tüketiciler ile anlaşmalar yaparak, üretim sistemi üzerinde kontrol sağlamaktır [9]. Bu yeni yaklaşımla, arz – talep dengesi optimum noktalara çekilebilmektedir.

Kurulu güç kapasitesinin daima en yüksek talebi karşılayabilmesi gereklidir. Ayrıca öngörülemeyen talep artışı ve üretim çıktısındaki değişkenliklere karşı da yedek kapasiteye ihtiyaç vardır. Diğer yandan bu yönde alınan önlemler, en yüksek talep dönemi dışındaki dönemler için kapasite fazlalığını beraberinde getirecektir. Dolayısıyla bu iki durumu dengeleyecek bir çözüme ihtiyaç vardır.

TTY, güç üretim kapasitesi ile talebi örtüştürmek için iyi bir yoldur. Elektrik tüketen tüm bileşenleri kontrol eder ve çalışma biçimlerini en düşük maliyetle en verimli hale getirir [10]. TTY, kullanıcıları en yüksek talep döneminde daha az güç tüketmeye ya da tüketimlerini diğer dönemlere kaydırmaya teşvik ederek yük eğrisini düzeltmeye çalışır. Bazı durumlarda da eğriyi düzeltmek yerine, söz konusu işletme için

uygunluğu kabul edilmiş tek bir üretim çizelgesi örneğine uymaya çalışılır. İki durumda da, tüketimler üzerinde bir kontrol söz konusudur [9].

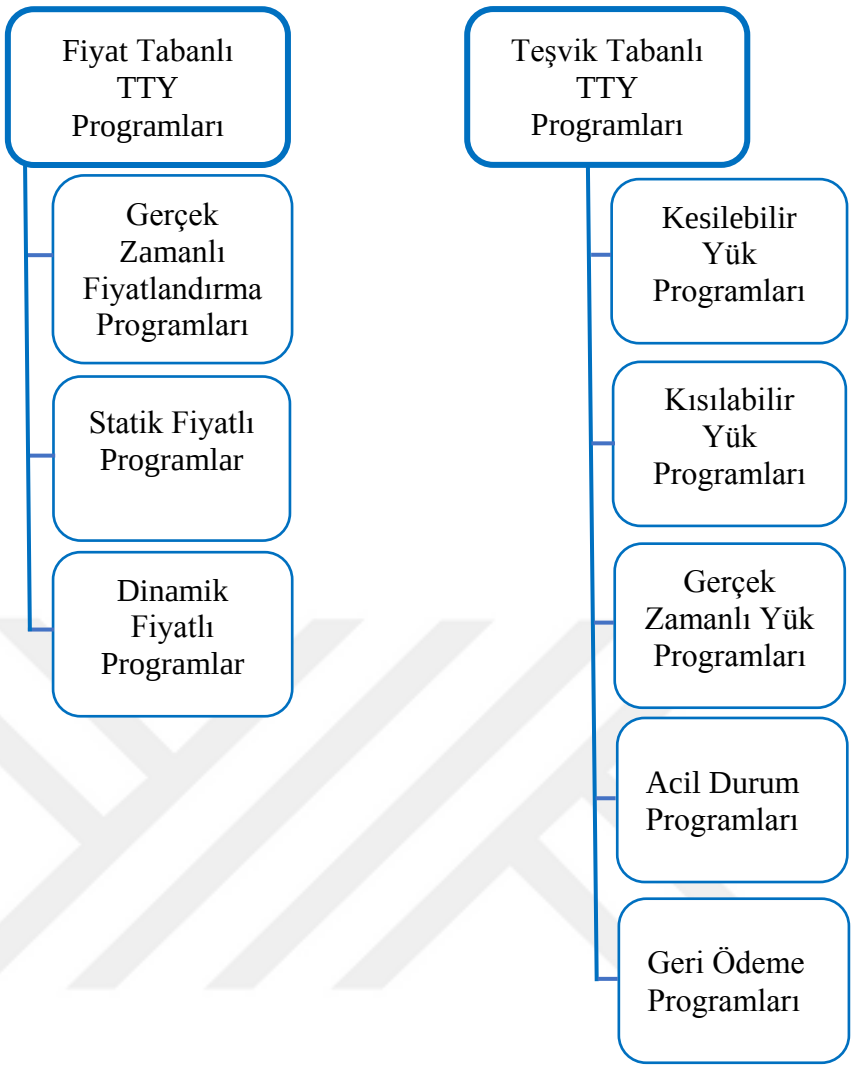
Üreticilerin TTY yapılandırması; kurum özellikleri ve dış çevreye göre oluşturulur. Kurumlar ne kadar ikna ve bilinçlendirme çalışmasında ve teşvik faaliyetinde bulunsa da programın nihai başarısı müşteri kararı ile sağlanır. Başarıya ulaşmak için, TTY'de, üretici ve tüketicilere en yüksek ortak faydayı sağlayacak bir ortaklık kurulmalıdır.

Talep tarafı yönetimi ve talep yanıtı alanlarındaki yoğun araştırmalara rağmen, tüketicilere uygulanabilecek denetim, üretimdeki kontrole nispeten oldukça zayıf kalmaktadır. Bunun sebebi, nihai kararı verip tüketimi gerçekleştirecek olanın müdahale edilemez başka bir irade olmasıdır. Dağıtık enerji üretiminin yaygın kullanımı da merkezi kontrolü gittikçe zorlaştırmaktadır. Çözüm olarak, üretici ile tüketici taraflar arasındaki anlaşmaların gücünü artıracak yönde çalışmalar yapılmaktadır. Bunun için çeşitli tarifeler, fatura indirimleri ve teşvikler planlanmaktadır.

1.2.1 Talep Tarafı Yönetimi Programları

Literatürdeki en yaygın TTY sınıflandırmalarında, çoğunlukla talep tepkisi programları; fiyat tabanlı ve teşvik tabanlı olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır [11,12].

Talep Yanıtı (TY) programlarının ana amacı; en yüksek talebi azaltmak ve talebi arza göre yönetmektir. Talep yanıtı yöntemleri, kullanıcılara hem daha az para harcama hem de daha çevre dostu olma olanağı sağlar. Tüm talep tepkisi uygulamaları; bir yandan politik, diğer yandan teknik kısıtlarla karşı karşıyadırlar. Şekil 1.9, Talep Tarafı Yönetimi programlarının çeşitlerini ve sınıflandırılmasını göstermektedir.



Şekil 1.9 Talep Tarafı Yönetimi Programları

1.2.1.1 Fiyat Tabanlı TY Programları

Fiyat tabanlı TY programları, kullanıcıların en aktif durumda oldukları TTY türüdür. Kullanıcıların tüketimi üzerindeki doğrudan kontrolün yerini, kullanıcıların kendi kendilerini kontrol etmesi yaklaşımına bıraktığı teknikleri içerir. Bu tekniklerde, teşvik ve ceza ödemeleri ile müşteriler otokontrole yönlendirilir. Aynı miktar yük kullanımının maliyeti, farklı saatlerde farklı olabilmektedir.

Bu yöntemlerde elektrik fiyatları, üretim maliyetlerine göre şekillenir. Kullanıcılar kendilerini bu fiyatlara göre ayarlayarak talep tepkilerini oluştururlar. Tamamen gönüllü olarak belirlenen bu cevaplar, birer iç ekonomik karar olarak görülebilir. Dolayısıyla fiyat tabanlı TY programlarından, dolaylı yük kontrolü programları olarak söz etmek yanlış olmaz. Fiyat tabanlı TY programları, farklı yapıdaki tarife

uygulamaları ile çalışır. Bunlar; statik tarifeler, dinamik tarifeler ve gerçek zamanlı tarifeler olarak üç grupta incelenir.

1.2.1.1.1. Gerçek Zamanlı Fiyatlandırma Programları

Literatürde "Real Time Pricing (RTP)" olarak geçen gerçek zamanlı tarifeler, perakende elektrik satışının sıklıkla enerji üretim maliyeti değişikliklerine uyarlanması mantığı ile işlemektedir [7]. Gerçek zamanlı tarifelerin uygulanabilmesi için en önemli koşul, güç şebekelerinde çift yönlü iletişim altyapısının varlığıdır [16]. Kullanıcıların aktif katılım sağlayabileceği böyle bir altyapı ile talep – fiyat uyarlamaları sık sık güncellenebilir ve sistemin mevcut durumu ile güncel fiyatlar müşterilerin bilgisine sunulabilir. Bu yönüyle bakıldığında, gerçek zamanlı tarife uygulamalarının, gün öncesi piyasasının çalışma biçiminden bile daha karmaşık olduğu görülmektedir.

1.2.1.1.2. Statik Fiyatlı Programlar

Statik tarifeler, literatürde "Time of Use (ToU)" ismiyle anılan kullanım zamanına göre fiyatlandırmanın yapıldığı tarifelerdir. Bu tarifelerde günün saatleri iki, üç, bazen de dörde ayrılarak bu saat dilimlerine göre kullanım yoğunluğundan yola çıkılarak farklı birim fiyatlar atanır. Hartway [13], çalışmalarında kullanım zamanına bağlı tarife kullanmanın üretici kurumlar için kârlı olduğunu, ayrıca fiyat opsiyonlarının müşterilere tatmin sağladığını ispatlamıştır. Yang [14] ise, zamana bağlı tarifelerin varlığının TTY için bir teşvik niteliğinde olduğunu söylemiştir. Türkiye'de sanayide zamana bağlı tarifeler kullanıldığından, tez çalışması için uygun yöntemlerden biri de bu tarife türü olacaktır.

1.2.1.1.3. Dinamik Fiyatlı Programlar

Dinamik tarifelerin en yaygını ise "Critical Peak Pricing (CPP)" adlı kritik puant dönemi ücretlendirmedir. Bu tarifeleri, kullanım zamanına bağlı tarifelerin dinamik versiyonu olarak tanıtmak doğru olacaktır. Bu tarife yapısında, saat aralığına göre değişen fiyatlar belirlenirken, esnek yüksek fiyat uygulamaları da belirlenir. Sistem, zorlandığı veya yetersiz kaldığı anda bu birim fiyatlar devreye girer [7]. Kritik fiyat uygulamaları günün belirli saatleri için geçerlidir. Bu yönüyle bu tarife şekli, statik tarifeler ile gerçek zamanlı tarifeler arasında bir geçiş formu olarak görülebilir. Zira kritik dönemlerinde enerji fiyatlarında belirsizlik barındırsalar da, fiyat güncellemeleri gerçek zamanlı tarifelerdeki kadar sık olmadığından, gerçek zamanlı tarifeler kadar da karmaşık bir yapıya sahip değillerdir. Kritik puant ücretlendirmenin amacı, elektrik

üreticilerinin maliyetleri ile perakende piyasasının gelirleri arasında bir denge sağlamaktır [15].

1.2.1.2 Teşvik Tabanlı TY Programları

Teşvik tabanlı TY programları, fiyat tabanlı programların aksine, kontrol ekipmanlarının tüketici tarafına kurulup kontrollerin yapıldığı programlardır. Programa katılan tüketiciler, yüklerinin kontrol edilmesi karşılığında; işletmeci, operatör ya da perakendeci ile teşvik ödemesi almak üzere anlaşma yaparlar. Bu teşvikler; sabit fiyatlı olabilir ya da zamanla değişen fiyatlara paralel olarak değişebilir. Teşvik tabanlı TTY programları beşe ayrılır. Bunlar; kesilebilir yük programları, kısılabilir yük programları, gerçek zamanlı fiyatlandırma, acil durum TY programları ve fiyat teklifi ya da geri ödeme programlarıdır.

1.2.1.2.1. Kesilebilir Yük Programları

Sistemin tepe yük zamanlarında ya da beklenmeyen sistem problemleri esnasında, yük atmaya razı olmuş aboneler üzerinde uygulanan programlardır. Programa katılan tüketiciler, ilgili zamanlarda yaptıkları yük atmalarına veya yük almalarına karşılık teşvikler almaktadırlar.

Bu tarife ile muhatap aboneler, kendi talep durumlarını da göz önünde bulundurarak, kendilerine sunulan yük atma seçeneklerinden en uygununu seçerler ve sistem işletmecisi ile imzaladıkları kontrat şartlarına göre, sistem talebinin yüksek olduğu zamanlarda, yük sınırlayıcı sayaçlar ya da sistem işletmecisi tarafından gönderilen kontrol sinyalleri ile otomatik olarak yük atarlar.

Bu program katılımcıları, genelde tüketimleri yüksek olan abonelerdir. Allegheny Electric Cooperative, Allegheny Power, Arizona Public Service, Exelon (Commonwealth Edison), NYSEG, Exelon ve PSE&G gibi sistem işletmecileri, bu programı aktif olarak ABD'de uygulamışlardır. Örneğin; büyük sanayi fabrikaları ya da büyük ölçekli üretim atölyeleri, bu tür kesintili enerji programlarına katılıp zaman zaman mevcut yüklerini atarak ya da diğer zaman dilimlerine kaydırarak, sistem bütünü için büyük bir rahatlama sağlarlar.

Aslında bu tür programların ortaya çıkmalarındaki amaç; Talep Tarafı Yönetiminden ziyade, sistem güvenliğini sağlayarak, sistemin ayakta durmasını temin etmektir. Çünkü bu programa tabi olan aboneler genelde üretim sektörüdür ve bunların sistemden çektikleri enerjiden vazgeçmeleri ya da tüketimlerini ertelemeleri kendileri

açısından büyük maliyetlere neden olmaktadır. En azından bu maliyetlerin, sistem işletmecisi tarafından bu abonelere, katılımları mukabilinde, teşvik olarak geri verilmesi gerekmektedir.

Programa dâhil olanlar için verilen büyük teşviklerin yanında, sözleşme yapıp yükümlülüklerini yerine getirmeyenler için ise büyük cezalar vardır. Bu yaptırımlar, sistemin bir gereği olarak bulunmaktadır. Çünkü bir taraftan büyük fedakârlıklar yapıp sistemin rahatlaması için programa dâhil olanlar varken, diğer taraftan programın delinmesine müsaade edilmemelidir [7].

1.2.1.2.2. Kısılabilir Yük Programları

Kesintili enerji programlarına alternatif olabilecek bu program; talep tarafındaki abonenin, yük azaltma şeklinde sisteme katkıda bulunmasıdır. ABD'de kısılabilir yük programlarını aktif olarak uygulamış sistem işletmecileri; Allegheny Electric Cooperative, Allegheny Power, Ameren, Arizona Public Service, Cinergy, Exelon (Commonwealth Edison), GPU, Exelon ve PSE&G'dir. Genellikle ticarethaneler bu tür uygulamaya kolaylıkla katılabilir. Çünkü bu programda, katılımcılarından istenen; yüklerini tamamen atmaları değil, mevcut yüklerini azaltmalarıdır. Bu da yapılan küçük bir tasarrufla mümkün olabilir.

Bu programda; katılımcılar abone bazında teker teker programa dâhil olabilecekleri gibi, aynı bölgedeki aboneler kendi aralarında grup da oluşturabilirler. Birçok program, katılımcı aboneleri teker teker kabul etmekte ve teşviklerini de teker teker vermektedir. Buna karşın; bazı programlar, katılımcıların aynı bölge içinde bir grup oluşturmalarını teşvik etmektedir.

Kısılabilir yük programlarının tasarlanmasında; sistem işletmecisinin, programın uygulanacağı zaman dilimlerini iyi ayarlaması gerekmektedir. Bu zaman dilimleri tespit edilirken; sistem kapasitesi ve müşteri davranışları çok iyi modellenmeli ve bu modeller çerçevesinde, fiziksel ve finansal açıdan dengeli bir program tasarımı oluşturulmalıdır.

1.2.1.2.3. Gerçek Zamanlı Yük Programları

Gerçek zamanlı fiyatlandırma; kullanım zamanlı tarife gibi maliyetleri zaman dilimlerine göre yansıtan, fakat daha detaylı zaman dilimleri olan bir programdır. ABD'de sistem işletmecilerinden; Ameren, Cinergy, Exelon (Commonwealth Edison), GPU, NYSEG, Exelon, PEPCO ve PSE&G gerçek zamanlı fiyatlandırmanın

uygulayıcıları arasındadır. Bu programda, genellikle saatlik bazda enerji fiyatları açıklanır. Açıklanan bu fiyatlar, anlık enerji maliyetlerini yansıtmaktadır.

Katılımcılar bu programa dâhil olup olmamakta serbesttirler. Fakat programa katıldıktan sonra, bir yıl gibi bir süre içerisinde program içerisinde bulunmaları zorunludur ve tükettikleri enerji fiyatları programa göre belirlenir. Bazı büyük tüketiciler, bu programı kendi enerji yönetimleri için bir fırsat olarak görürler ve kendi tasarruf programlarını gerçek zamanlı fiyatlandırma programına endekslerler. Bu şekilde, aboneler, kendileri altyapı maliyetlerine katlanmadan bir enerji yönetimi programı uygulamış olurlar.

Saatlik fiyatlar arasındaki büyük farklılıklar, katılımcıların tüketimlerini pahalı saatlerden ucuz saatlere kaydırmalarına ve bu şekilde talep tarafının, sistem için optimum bir davranışa sahip olmasına neden olur. Aboneler açısından düşünüldüğünde; talep esneklikleri ne kadar yüksek ise, taleplerini o kadar ucuz saatlere kaydırabilirler ve o derece enerji maliyetlerinden tasarruf etmiş olurlar. Bu programı uygulamadaki en büyük risk; ucuz saatlerin, günler arasında gün geçtikçe pahalı saatler ile yer değiştirmeleridir. Bu durumda; katılımcı, saatlik fiyatları gün be gün takip etmeli ve tüketimini ona göre ayarlamalıdır.

Gerçek zamanlı fiyatlandırmanın uygulamalarına ve katılımcı yoğunluğuna bakıldığında, bu program türünün ne kadar başarılı olduğu ve katılımcı çektiği anlaşılmaktadır [9].

1.2.1.2.4. Acil Durum Programları

Bu program, sistemde kesinti oluşturacak ya da sistemin tedarik sürecini etkileyecek büyüklükte bir problem ya da durumla karşılaştığında, sistemi korumak için tüketicilerden, onların inisiyatifine bırakmaksızın yüklerini atmalarını sağlamaktadır. Türkiye'de de Dengeleme Güç Piyasasında (DGP) 10 MW üzerinde santraller, acil durumlarda Yük Alma (YAL) ve Yük Atma (YAT) talimatları çerçevesinde işlemler yapmaktadır.

1.2.1.2.5. Geri Ödeme Programları

Bu programda mesken tüketicileri için uygulanan programa paralel olarak, enerji bedeli için sabit bir tarife uygulanır ve aboneler sistem işletmecisinin isteği doğrultusunda, yük atmak için fiyat teklifi verirler. ABD'de fiyat teklifi

uygulamalarını aktif olarak gerçekleştiren sistem işletmecileri; Allegheny Power ve GPU'dur.

Sistem işletmecileri, bu program dâhilinde geri aldıkları enerjiye geri ödeme yaparken sadece zaman dilimlerini değil, ayrıca katılımcıların bulunduğu bölgeleri de göz önüne alırlar. Böylelikle; bölgesel yük atma fiyatları ortaya çıkar ve fiyatlar sadece üretim maliyetlerine bağlı kalmaktan ziyade şebeke sistemi içerisindeki darboğazları da bertaraf etmeye yönelik olur. Bu sayede; darboğazın söz konusu olduğu bölgelerde yük atma, talep tarafı için teşvik edilmiş olur.

TTY'ye acil ihtiyaç duyulmasının nedeni ise diğer ülkelerle hemen hemen aynıdır. Elektriğe olan talep GSMH'den daha hızlı artmaktadır. Yeni teknolojik ürünlerle elektriğin insan hayatındaki kullanım yüzdesi artmaktadır. Gün içi yük eğrilerinde gerek sanayide gerek konut ve işyerlerinde dengesizlikler vardır ve bu eğrilerin tepe noktaları karşılanamayacak derecede yükselebilmektedir.

Yatırım maliyetleri oldukça fazla olan ve ileri teknoloji gerektiren elektrik sektöründeki enerji talebinin önemli bir bölümü, yatırımdan kaçınılarak, Talep Tarafı Yönetimi uygulamaları ile elde edilen kazanımlarla karşılanabilir. Geride kalan dönemlerde yıllık elektrik enerjisi talep artışının ortalama %8 civarında olduğu düşünüldüğünde, yapılacak bu tasarrufların göz ardı edilemeyecek boyutta olacağını söylemek yanlış olmayacaktır.

Amerika genelinde yedek kapasite aralıkları 1993 yılında %21 iken, 1999 yılında %11'e düşmüştür. Bu durum, talep tarafına olan ilgiyi artırmıştır. Bunun yanında; sistem kapasitesiyle birlikte şebeke kısıtları da ele alınmaldır. Özellikle sistem geneli için iletim kapasite kısıtları sonucu artan fiyatlar işletmeci ve perakendeciler için Talep Tarafı Yönetimine ilgiyi artıran faktörlerdir. New England, New York, PJM ve Kaliforniya Eyaletlerinde 2000 yılında yapılan çalışmalar, iletim sistemi darboğazı maliyetlerinin 800 Milyon $'dan fazla olduğunu ortaya koymuştur.

Şebeke üzerinde yapılan diğer bir çalışmada ise; 1999 yılından 2009 yılına kadar şebeke kapasitesinin kurulu güce olan oranının, 201 MW–mil/MW'tan 176 MW–mil/MW'a düşeceği ortaya konulmuştur. 201 MW– mil/MW'lık kapasiteyi koruyabilmek için gerekli olan yatırım 26.600 GW– millik olarak hesaplanmış iken, şu an gelecek on yıl için planlanmış yatırım, 6.200 GW– mil olarak karşımıza çıkmaktadır. Söz konusu bu 26.600 GW–mil yatırımı yapabilmek için ihtiyaç duyulan

finansman, 56 Milyar $ civarında olup; bu değer, mevcut iletim sisteminin varlıklarının öz sermayesine eşittir [13].

1.3 Literatür Taraması

Behl, Smarra ve Mangharam (2016), geliştirdikleri Talep Tarafı Yönetimi (TTY) sistemi ile binanın geçmiş verilerini sınıflandırmış ve ticari binanın Energy Plus yazılımı ile enerji modelini çıkararak en iyi TY stratejisini belirlemişlerdir. Bina sakinlerinin termal konforunu bozmamak için ASHRAE'nin 55. Standartı temel alınmıştır. Bununda yanında dış ortam hava verileri (bağıl nem, rüzgâr karakteristiği, güneş ışıması ve dışarının kuru ve nemli hava termometre sıcaklığı) kullanılarak en iyi TY stratejisi için kontrol algoritması uygulanmıştır. Geliştirilen yöntemin kural tabanlı değil veri güdümlü bir yöntem olması, bina durumu ve dış faktörlerin değişimine uygun kontrol aksiyonu alınmasını sağlamıştır. Bu uygulama, Con Edison tarafından tüketicilerine, TY programına katılımı için aylık 25 $/kW teşvik ve buna ek olarak kıstığı her kWh için 1$ ödeme koşullarıyla uygulanmıştır. Gerçek zamanlı tarife yapısıyla sistemden 45,600$ gelir elde edilmiştir. Sistem, kural tabanlı yöntemlere göre %17 daha iyi performans göstermiştir [17].

Muralitharan, Sakthivel ve Shi (2016) çalışmalarında, maliyet ve gecikme süresi olmak üzere iki parametre ile optimizasyon algoritması çalıştırılmaktadır. Amaç fonksiyonu, minimum maliyet ve minimum gecikme süresi ile çözüm üretmeye çalışmaktadır. Gecikme ile kastedilen husus, komut gönderilen cihazın komutu uygulamaya geçirmesi için geçen süredir. Ev uygulamaları için geliştirilen sistemde cihazlar kalıcı (aydınlatma vb.) ve planlanabilir (çamaşır makinası vb.) olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Gün içi tarifeler ve ücretleri ise Çizelge 1.1'deki gibidir.

Çizelge 1.1 Gün içi tarife ücretler

Saat	Periyot adı	Fiyat
00:00-07:00 & 21:00-24:00	Puant olmayan saatler	0,3 cents
11:00-17:00	Yarı Puant saatler	0,5 cents
07:00-11:00 & 17:00-21:00	Puant saatler	0,7 cents

Geliştirilen algoritma, tüketicilerin tüketim zamanlarını kontrol ederek ödenilen elektrik faturasının önemli ölçüde azaltılabileceğini ve minimum maliyet ile daha fazla enerji tüketebileceğini göstermiştir [18].

Lee, Horesh ve Liberti (2015), ticari binalardaki HVAC sistemleri üzerine TY mekanizması geliştirmiştir. Çalışmada, Nonlinear Autoregressive Neural Network (NARNET) ile binanın termal yapısı modellenmiş ve binadaki HVAC sistemini kontrol etmek için Mixed Integer Nonlinear Programming (MINLP) yöntemi kulanılmıştır. Kontrol mekanizmasının amacı; dinamik TY sinyali ile enerji depolama sistemini, enerji üretim sistemini ve bina sakinlerinin termal konforunu göz önünde bulundurarak, HVAC sisteminin tükettiği enerjiyi minimize etmek ve CHG emisyonunu en aza indirmektir. Geliştirilen bakış açısı ile sadece HVAC sisteminin enerji tüketimi azaltılmamış, aynı zamanda elektrik şebekesinden alınan enerji, enerji depolama sisteminin tükettiği enerji ve mevcut üretim sisteminin ürettiği enerji de optimum maliyetlerle kullanılmıştır. Bunun için Energy Plus programı ile çıkarılan bina modeli ve binanın geçmiş tüketim verileri kullanılarak; gece yük azaltma, talep sınırlama ve önden ısıtma gibi stratejiler geliştirilmiştir. Problemin çözümü ise MINLP yöntemi kullanılarak IBM-ILOG-CPLEX-çözümleyici ile sağlanmıştır [19].

Zang, Wang, Korpas ve Khodayar (2016), çalışmalarında talep yanıtı sistemi için üretim birimleri ve HVAC sisteminin bir arada yer aldığı entegre bir model ile çözüm önermiştir. HVAC kontrolü ve üretim planlama koşullarını dikkate alarak talep yanıtı stratejisi üretmek için üretim kapasitesi, elektrik fiyatı, güç talebi limitleri ve ortam sıcaklığı gibi bilgiler ele alınarak model geliştirilmiştir. Yapılan örnek çalışmada, Amerika'nın orta batı bölümünde yer alan ve yaz sıcaklık koşulları için geliştirilen entegre modelin verimliliği gösterilmiştir. Ayrıca, geliştirilen modelde Parçacık Sürü Optimizasyonu (Partical Swarm Optimization-PSO) çözüm yöntemi olarak kullanılmıştır [20].

Molavi ve Ardehali (2016), TY operasyonlarında, ticari binalarda optimal enerji kullanımı için PSO algoritması tabanlı bir tarife kullanımını önermiştir. Kullanım zamanı programına göre, ücretlendirme günü çeşitli periyodlara ayrılmış ve bu periyotlar için farklı ücretlendirme stratejisi uygulanmıştır. Makale; kullanım zamanı programına göre ücretlendirmeyi, Kullanım Gününe göre Ücretlendirme (KGÜ) olarak evirerek, endüstriyel tüketiciler için haftayı günler için farklı fiyatlandırmaya tabi tutarak geliştirmeyi hedeflemiştir. Bu tarifenin avantajları, ısı pompalarını

kullanan Termal Enerji Depolama (TED) sistemleri gibi, talep tarafı yönetimi teknolojilerini uygulayabilecek sistemlerde daha fazla ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmanın amacı; KGÜ programını, endüstriyel kullanıcılarda bulunan elektrikli ısı pompalarıyla donatılmış TED sistemleri üzerinde uygulamaktır. KGÜ programı, haftayı dört periyoda bölüp; pazartesi gününü açılış iş günü, salı gününden cumartesi gününe kadar olan günleri sıradan iş günü, cumartesi gününü yarı iş günü ve pazar gününü hafta sonu günü olarak belirlemiştir. Geliştirilen yöntem; TED sistemi ekipmanları, kapasite ve işletme maliyetlerini de ele alarak PSO algoritması ile sistemin optimum maliyet çalışmasını sağlar. Geliştirilen sistem, bahsedilen 4 gün tipi için günlerin puant yüklerini sırasıyla % 54, %52, %47 ve %44 oranında azaltmasına yardımcı olmuştur [21].

Ghasemi, Shayeghi, Moradzadeh ve Nooshyar (2016), anlık olarak elektrik fiyat ve talebinin tahmin edildiği hibrit bir algoritma geliştirmiştir. Üç bölümden oluşan tahmin algoritmasının ilk bölümünde, Esnek Dalgacık Paket Dönüşümü ile sinyaller çeşitli frekanslara ayrılmaktadır. İkinci bölümde, fiyat ve yük arasındaki doğrusal ve doğrusal olmayan korelasyonu bulmak için MIMO tabanlı NLSSVM ve ARIMA yöntemleriyle bir model geliştirilmiştir. Son bölümde ise NLSSVM parametrelerini optimize etmek için ABC algoritmasının modifiye edilmiş hali olan TV-SABC algoritması uygulanmıştır. Geliştirilen hibrit algoritmanın, gerçek ve bilinen piyasalarda, anlık olarak tahminleri yüksek hassasiyette yaptığı kanıtlanmıştır [22].

Macedo, Galo, Almeida ve Lima (2015), Yapay Sinir Ağları (YSA) (Artificial Neural Network–ANN) yöntemini kullanarak TTY sistemlerinde güç sistem optimizasyonu yapan bir metot geliştirmiştir. Geliştirilen yöntem, TTY uygulamaları için güç sistem yönetiminin gerçek zamanlı optimizasyonu için yeni bir tekniktir. Çalışmada, dijital sayaçlardan alınan veriler simüle edilerek yük eğrileri oluşturulmuştur. Elde edilen yük eğrileri, YSA ile eğitilmiş ve yeni modeller oluşturularak sınıflandırılmıştır. Yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlar, YSA'nın yük eğrilerinin sınıflandırılması için tatmin edici bir performansının olduğunu göstermiştir [23].

Pedrasa, Spooner ve MacGill (2009) yaptıkları çalışmada, mesken tüketicileri için elektrik enerji servisleri kazanımlarının artırılmasına imkân sağlayan karar destek mekanizmasını tanıtmışlardır [24].

Du ve Lu (2011) yaptıkları çalışmada; hane fiyat ve tüketimlerini, müşteri konforu temelinde tahmin edip termostatik yükleri otomatik çizelgeleyen algoritma geliştirmişlerdir [25].

Molderink, Bakker, Bosman, Hurink ve Smit (2010), kullanıcı konforunu koruyarak evsel yükleri optimal bir şekilde yöneten üç adımlı kontrol yöntemi geliştirmişlerdir. Bu yöntem, aynı zamanda dağıtık üretim, dağıtık depolama ve talep tarafı yük yönetimi arasında işbirliğini sağlamaktadır [26].

Hassen (2010), yerleşik enerji yük merkezleri ile otomatik karar verme teknolojilerini, akıllı şebeke uygulaması için bir araya getirmiştir. Tüm önemli yerleşik yükler, depolama ve üretim bileşenleri ile kullanıcı konforu ve tercihi göz önünde bulundurularak optimum şekilde kontrol edilmiştir [27].

Siano, Graditi, Atrigba ve Piccolo (2013) tarafından, yerleşik yükler için enerjinin verimli kullanılması adına yenilikçi Karar Destek ve Enerji Yönetim Sistemi (KDEYS) geliştirilmiştir. Önerilen KDEYS, uluslararası araştırma projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. KDEYS, enerji kaynaklarının uygunluk bilgilerini, dağıtım sistemi operatöründen gelen bildirimleri ve son kullanıcılardan çeşitli geri bildirimleri giriş olarak kullanır. Komut sinyalleri ise termal ve elektriksel yükleri kumanda eder ve son kullanıcıya bu bilgileri mesaj olarak iletir. KDEYS, müşteri konforunu korurken, enerji maliyetlerini düşürmeye imkân sağlar. Aynı zamanda, dağıtım sistemi kısıtlarından olan tepe yüklerini, yaz dönemlerinde klima kullanımını azaltarak fayda sağlar [28].

Mohsenian-Rad vd. (2010), akıllı şebeke haberleşme altyapısını kullanarak kullanıcıların elektrik maliyetlerini minimize etmeyi amaçlayan otonom talep tarafı enerji yönetim sistemini önermişlerdir. Yapılan çalışmada, yük dengeleme adına her ev için bir eşik değeri belirlenmiştir. Eşik değerini aşan kullanıcıların faturalarına ceza tutarı yansıtılması planlanmıştır. Ayrıca, kullanıcılara ceza tutarı haricinde, eşik değerinin altına inme yaptırımı uygulanarak belirli bir süre bu limitlerde bekleme cezası verilmiştir. Geliştirilen algoritma, tüm kullanıcılar için bekleme zamanlarını ve toplam elektrik faturalarını minimize etmek üzere çalışmaktadır [29].

Macedo, Galo, Almeida ve Lima (2015) yaptıkları çalışmada, TTY programlarının uygulanması, talep tarafının katılımı, akıllı şebeke ve sayaç sistemleri üzerine

incelemeler yapmış; bu konulardaki adaptasyon süreçlerini analiz etmiş ve olası potansiyelleri ortaya koymuşlardır [30].

Lu ve Yao (2007), belirli tüketim kalemlerinin şebeke üzerindeki etkisini dikkate alarak, bunlar üzerine özel çizelgeleme çalışmaları yapmışlardır [31].

Ferreira, Barroso ve Carvalho (2012), çalışma yaptıkları bölgenin elektrik tüketimlerini yıllık, mevsimlik, aylık, haftalık, günlük ve saatlik olarak sınıflandırarak çalışmalarını, tepe yüklerinin kaydırılması üzerine uygulamışlardır. Makale; gelecekteki yük artışını tahmin etmekten çok, talebin artışına sebep olan durumları ve puant zamanlarda yük kaydırmanın sağlayabileceği faydaları tespit etmeyi hedeflemiştir. TTY stratejilerinin etkisini görebilmek adına çalışma, 2000-2024 yılları arasında 25 yıllık bir periyotta simüle edilmiştir [32].

Avcı, Erkoç ve Asfour (2012) çalışmalarında; tüketicinin maliyet tasarrufu ve termal konfor arasındaki tercih dengesini ölçen tolerans endeksini kullanarak HVAC yük kontrol stratejisi geliştirmişlerdir. Önerilen strateji ile tüketicilerin, elektrik maliyeti ve zirvelerde enerji kullanımı azaltılırken genel termal konfor şartlarının da korunabileceği gösterilmiştir [33].

TTY'yi etkili bir şekilde kullanmanın diğer bir yolu da tüketici tarafındaki talebi kontrol etmektir. Tüketici tarafında yük kontrolünün verimli bir şekilde yapılabilmesi için ertesi güne ait 24 saatlik enerji tüketiminin tahmin edilmesi ve yük eğrilerinin çıkarılması gerekmektedir [34]. TTY sistemlerinin operasyonları sırasında özellikle ev ve binalardaki termal yüklerin karakteristikleri operatörler tarafından bilinmemektedir. Bu nedenle, yük kaydırma işlemlerinin yapılabilmesi ve bu işlemlerin optimum koşullarda işletilebilmesi, yapılan tahminlerle doğrudan ilişkilidir. Aynı zamanda TTY programlarında kullanıcıların sözleşmelerinin doğru bir şekilde planlanabilmesi için saatlik yük tahminlerinin yüksek hassasiyette yapılması gerekmektedir. Bu tahminler yüksek hassasiyette yapılırsa yük kaydırma, üretim öteleme vb. işlemler daha etkili bir şekilde yapılabilecektir. Ayrıca bu tahminler sonucunda gerçekleştirilecek olan TTY uygulamalarının, elektrik piyasası için maliyetleri düşürücü etkileri olacak ve yenilenebilir enerji sistemlerinin elektrik şebekesine entegrasyonunu kolaylaştıracaktır [35].

Talep yanıtı uygulamalarında, binalara ait yük tahmini çalışmaları; konut binaları ve ticari binalar olmak üzere iki ana başlık altında incelenmiştir [21,36,37]. Ticari

binalarda yapılan çalışmalar ise kullanıcı ilişkili TTY ve ticari bina kümeleri TTY üzerinde yoğunlaşmaktadır [38,39].

Konut binaları için TTY, son kullanıcıların yüklerini değiştirme teşviki uygulamalarından olan Kullanım Süresi (KS) fiyatlandırmasını baz almaktadır. Konut sakinleri için fiyat sinyaline dayalı olarak ev aletlerinin kontrolü üzerine literatürde sıklıkla çalışmalar yapılmıştır [40]. Ticari binaların daha büyük yüke sahip olmaları sebebiyle, genellikle yük tepe noktaları sorun haline gelmektedir. Bu sebeple Kritik Tepe Fiyatı (KTF) temelli TTY uygulamaları daha fazla kullanılmıştır [41].

Ticari binalarda, özellikle HVAC'ın kısa süreli termal depolama yeteneği sağlama özelliği kullanılarak oluşturulan HVAC tabanlı TTY uygulamalarına literatürde daha sık rastlanmaktadır [33,42,43]. Ticari binalar için yapılan yük tahmini çalışmalarında kullanılan algoritmalar incelendiğinde, bu alanda yapılan ilk çalışmalarda geleneksel istatistiksel yöntemlerin kullanıldığı görülmüştür. Ayrıca istatistiksel zaman serisi modellerinden ARIMA modelinin kullanıldığı [44], mevsimsellik özelliklerini barındıran SARIMA [45] ve Exponatial Smoothing [46] yöntemlerine dayalı çalışmaların yapıldığı görülmektedir. Son yıllarda yapay zekâ algoritmaları arasında yer alan makine öğrenmesi tabanlı algoritmalardan olan Yapay Sinir Ağları (YSA), Destek Vektör Makinası (DVM), Bulanık Mantık (BM) gibi yöntemler kullanılarak yapılan çalışmalar bulunmaktadır [41,47–49]. Ancak, bu yöntemler kullanılarak yapılacak tahminler için geçmiş dönem verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Fakat kayıt altına alınan geçmiş yük verilerinin az olması, çalışma tahminlerinin doğruluğunu önemli miktarda etkilemektedir.

Sinir ağı mimarilerindeki ilerlemeler sonucu Derin Öğrenme – Deep Learning (DL) algoritmalarının geliştirilmesi ile YSA mimarisi, özellikle zaman serilerinin tahminlerinde yetersiz kalmaya başlamıştır. DÖ'nün yinelenen mimarisi sayesinde, daha fazla sayıda gizli katmana sahip olması YSA'ya karşı daha iyi performans sergilemesine neden olmuştur. LSTM mimarisinin geliştirilmesi sayesinde ise gizli katmanda bulunan kapılar, özellikle zaman serisi tahminlerinde üstün performanslı tahminlerin yapılmasını sağlamıştır [50].

DÖ yöntemlerinin yüksek performansı, özellikle zaman serilerinin tahmini uygulamalarında, DÖ'nün sıklıkla kullanılmasını sağlamıştır. Li, Ding, Zhao, Yi ve Zhang (2017) çalışmalarında; aşırı öğrenme makinası tabanlı derin öğrenme

yaklaşımıyla binalardaki enerji tüketimini tahmin etmişlerdir. Elde edilen sonuçlar, çeşitli makine öğrenmesi yöntemleriyle karşılaştırılarak, geliştirilen modelin başarısı ortaya konmuştur [50]. Mocanu, Nguyen, Gibescu ve Kling (2016) Conditional Restricted Boltzmann Machine (CRBM) ve Factored Conditional Restricted Boltzmann Machine (FCRBM) yöntemlerini kullanarak binalar için dakikalık, 15 dakikalık, saatlik ve haftalık tahminler yapmışlardır. FCRBM yöntemi ile yapılan tahminlerin hem CRBM hem de ANN, SVM ve RNN ile yapılan tahminlerden daha iyi sonuçlar verdiği gösterilmiştir [51]. Berriel, Lopes, Rodrigues, Varejao ve Oliviera-Santos (2017), derin tam bağlantılı ağ, evrişimli sinir ağı ve LSTM olmak üzere üç adet derin öğrenme yöntemi kullanarak aylık enerji tüketim tahmini yapan bir sistem geliştirmişlerdir. En iyi sonuçların, LSTM modeli ile elde edilen tahminlerin olduğu belirlenmiştir [52]. Rahman, Srikumar ve Smith (2018) yaptıkları çalışmada, Recurrent Neural Network (RNN) kullanarak Utah'ta bulunan ticari bir bina ve Texas'ta bulunan konut yerleşkeleri için saatlik tahminler yapmışlardır. Elde edilen sonuçlar ile yöntemin yüksek tahmin performansı ortaya konmuştur [53]. Nichiforov, Stamatescu ve Calofir (2018), büyük ticari binaların yük tahminlerini yapmak için derin öğrenme algoritmalarından olan LSTM yöntemini kullanmışlardır. Elde ettikleri sonuçları Zurich ve Chicago'da bulunan referans üniversite binaları ile kıyaslayarak performans göstergelerini sunmuşlardır [54]. Marino, Amarasinghe ve Manic (2016), ev tüketicileri için standart LSTM ve Sequence to Sequence (S2S) LSTM yöntemlerini kullanarak dakikalık ve saatlik tahminler yapmışlardır. Yapılan çalışmada, standart LSTM'nin dakikalık tahminlerde bozulmalar yaşamasına rağmen S2S LSTM'nin iki zaman aralığında da başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür [55]. Sehovac, Nesen ve Grolinger (2019) çalışmalarında, beş dakikalık tüketim verileri bulunan bina için S2S LSTM ve S2S Gated Recurrent Unit (GRU) yöntemlerini kullanarak elektrik tüketimlerini tahmin etmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlar, S2S GRU yönteminin hem S2S LSTM yönteminden hem de S2S RNN'den kısa, orta ve uzun vadeli zaman aralığında daha iyi olduğunu ortaya koymuştur [56].

Kong, Dong, Yia, Hill, Xu ve Zhang (2019), konut kullanıcılarının akıllı sayaçları üzerinden topladığı verileri analiz edip LSTM yöntemiyle kısa vadeli yük tahmini yapmışlardır. 3 aylık zaman diliminde toplanan veriler ile 30 dakikalık yük tahmini yapılmıştır. Elde edilen tahmin sonuçları BPNN, KNN ve ELM yöntemleriyle

karşılaştırılmış ve LSTM ile yapılan tahminlerin daha iyi sonuçlar verdiği gösterilmiştir [57].

Cai, Tao, Zhu ve Deng (2021), geliştirdikleri çok katmanlı LSTM mimarisi ile kısa dönem yük tahmini çalışması yapmışlardır. Geliştirilen yöntem ile LSTM'nin hesaplama mimarisinde yapılan yenilikle, saatlik yük tahmininde daha başarılı sonuçlar elde edilmesi sağlanmıştır. Sonuçlar BP, ELM ve LSTM yöntemleriyle, OMYH metriği baz alınarak kıyaslanmış, geliştirilen yöntemin başarısı ortaya konmuştur [58].

Bendaoud ve Farah (2020), Convolutional Neural Network (CNN) yöntemini kullarak saatlik ve günlük yük tahmini yapmışlardır. Cezayir'de gerçek tüketim verileri kullanılarak yapılan çalışmada, CNN yöntemine, veriler tek boyutlu girdi olarak kullanılmamış, bunun yerine veriler iki boyutlu girdi olarak kullanılmıştır. GBRT, RF ve SVR yöntemleriyle yapılan karşılaştırmalar, geliştirilen yöntemin, başarılı sonuçlar verdiğini göstermiştir [59]. Bahsedilen literatür çalışmalarına ilişkin özet, Çizelge 1.2'de verilmiştir.

Çizelge 1.2 Derin öğrenme ile binalarda tüketim tahmini çalışmaları

Çalışma	Tahmin Yöntemi	Karşılaştırılan Yöntem	Hata Ölçüm Metriği	Tahmin Zaman Aralığı
Li ve ark.[50]	ELM	BPNN, GRBFNN, SVR, MLR	OKH, KOKH	30 dk., 60 dk.
Mocanu ve ark.[51]	CRBM, FCRBM	ANN, SVM, RNN	KOKH	15 dk., 60 dk., Günlük, Haftalık
Berriel ve ark.[52]	LSTM	DFC, CNN	OMH, OMYH, OMdYH	Aylık
Rahman ve ark.[53]	RNN	MLP	OKH	Saatlik
Nichiforov ve ark.[54]	LSTM	LSTM (farklı gizli katman sayısı ile)	OKH, KOKH, OMYH	Saatlik
Marino ve ark.[55]	LSTM S2S	LSTM	KOKH	Saatlik
Sehovac ve ark.[56]	GRU S2S	LSTM S2S, RNN S2S, DNN	OMH, OMYH	5 dk., 30 dk., 12 saat
Kong ve ark.[57]	LSTM	BPNN, KNN, ELM, IS-HF	OMYH	30 dk.
Cai ve ark.[58]	Bi-LSTM	BP, ELM, LSTM	OMYH, CV	Saatlik, Günlük
Bendaoud ve ark.[59]	CNN	GBRT, RF, SVR	OMYH, KOKH	15 dk., Günlük

Yaz dönemi sıcaklık artışı ve kış dönemi sıcaklık düşüşlerinin, yani mevsimsellik özelliklerinin elektrik enerjisi tüketimleriyle doğrudan ilişkili olduğu belirlenmiştir. Bu sebeple hava durumu verileri ve geçmiş tüketim verileri kullanılarak yapılan çalışmalar ön plana çıkmıştır [44], [60]. Aynı zamanda bu tür çalışmalar sonucunda, hava durumu verileriyle yüksek korelasyon gösteren HVAC temelli tahmin algoritmaları geliştirilmiştir [43].

Ticari binalardaki enerji tüketim kırılımları incelendiğinde, yapılan tüketimin %60'ının HVAC tüketimi olduğu hatta sert iklim koşulları olan yerlerde bu oranın daha fazla olduğu gözlenmiştir. Dolayısıyla ticari binalarda enerji azaltma, kırpma ya da öteleme işlemleri için en doğru yöntemlerden biri de en yüksek paya sahip olan HVAC tüketimi üzerinde operasyonlar yapmaktan geçmektedir. Geleneksel ve hantal yapıya sahip olan bu sistemlerde, dinamik ve hızlı tepki verebilen bir mekanizma yaratmak oldukça güçtür. HVAC, içerisinde çok fazla ekipman barındırması ve kullanıldığı sisteme bağlı olarak değişiklik göstermesi nedeniyle, oldukça kompleks bir yapıya sahiptir. Bu kompleks yapının barındırdığı alt sistemlerin her birinin farklı bir uzmanlık alanı olması (mekanik, fizik vb.) ve parametre karmaşası gerektirmesi de ayrı bir problemdir. Ayrıca bu parametreler HVAC sisteminin yapısına ve markasına göre bile farklılık göstermektedir. Bu parametreler veri föylerinden alınabilir ya da tahmin edilebilir. Fakat tüm bu işlemlerin; marka, model, parametre ya da koşuldan bağımsız olarak, kolay entegre edilebilen ve basit şekilde yapılması gerekmektedir. Bu nedenle HVAC sisteminin yapısından bağımsız olarak iç ortamın set değerinin ayarlanabilmesi, bu tip karmaşıklıkların önüne geçmektedir [35,61].

Ticari binalarda bulunan HVAC sisteminin kontrolü, geleneksel olarak klasik açma / kapama veya PID kontrolörler aracılığıyla yapılmaktadır. Bu sistemlerde; daha gelişmiş kontrolörlerin kullanılmamasından ötürü enerji sarfiyatı, işletme maliyeti, termal konforsuzluk ve ekipmanların yanlış kullanımından ötürü performans kaybı arttığından, işletmeler için ekonomik kayıplara sebep olmaktadır. Oysaki yapılan çalışmalar; HVAC sistemlerinde Model Kestirimci Kontrol (MKK) denetleyicilerinin kullanılmasıyla enerji kayıplarının azaltılabileceğini ve cihaz performanslarının yükseltilmesine bağlı olarak enerji maliyetlerinde %50'ye varan düşüş sağlanabileceğini göstermiştir [62,63]. Literatürde; ön soğutma – ısıtma, gece için azaltma ayarı, uygun başlat-durdur süresi yöntemleri gibi işletme maliyetlerini düşürücü etkiye sahip kural tabanlı deetleyiciler tasarlanmıştır. Kolay uygulanabilir

olması ve işletme kolaylığı gibi avantajlarından ötürü tercih edilen bu yöntemin, gelecekte oluşabilecek sorunları öngörememesi ve buna bağlı olarak aksiyon alamaması gibi dezavantajları bulunmaktadır [64].

Bu alanda çalışan birçok araştırmacı HVAC sistemlerinin kontrol edilebilmesi için farklı yaklaşımlar geliştirmiş ve farklı modeller kullanmıştır. Geliştirilen yaklaşımlarda, HVAC'ın mevsimsellik özelliklerinden yararlanılmak istenmesinden ötürü, ısıtma ve soğutma dönemleri için farklı modeller kullanılmıştır [65]. Bulanık mantık temelli modeller ve istatistiksel modeller sıklıkla kullanılmış olsa da yüksek doğrulukla çalışan modeller, HVAC sisteminin doğrusal olmayan yapısı gereği YSA tabanlı modeller olmuştur [66].

Bazı gelişmiş HVAC sistemlerinde; operatör bilgisini kullanan ve HVAC'ın uygun başlatma / durdurma süresi, gece için azaltma ayarı, ön soğutma ve enerji gibi işletme maliyetlerini azaltmak için uygulanan kural tabanlı denetim denetleyicileri [67] kullanılmıştır. Uygulanması kolay ve hiçbir model ve tasarım çabası gerektirmeyen yapıya sahip kural tabanlı denetleyiciler, doğru uygulandığında önemli tasarruflar sağlayabilir. Fakat bu sistemler işletilirken; operatör, termal konforu koruyarak enerji tüketimini azaltma hedeflerine ulaşmak için enerji yönetim sistemini sürekli olarak izlemeli ve HVAC sisteminin çalışmasını buna bağlı olarak ayarlamalıdır. Kural tabanlı denetleyiciler, genellikle geleceği öngöremezler. Eylemin seyrine uygun şekilde karar vermekten daha ziyade sistemin mevcut durumuna göre çalışırlar. Dolayısıyla HVAC sistemlerinin kontrolünü, gelecekteki bir zaman aralığında hava parametrelerindeki değişiklikleri otomatik olarak dikkate alabilen ve HVAC sistemlerinin uygun ayarlarını kontrol edebilen, MKK gibi akıllı denetleyiciler ile yapmak daha faydalıdır [68]. Fakat doğrusal olmayan MKK ile ilgili sorun; denetleyici çıktısının sürekli güncellenmesinden dolayı optimizasyon çözümünün hızlı hareket etme kabiliyetinin kritik olduğu sistemlerde, yakınsama işleminin uzun sürebileceği endişesidir.

Bu tezde geliştirilen ANFIS tabanlı Akıllı Denetleyici (ANFIS-AD), verileri sürekli izleyen ve kaydeden mekanizma sayesinde binanın elektrik yükü tüketimini optimize eder. Ayrıca ANFIS-AD, LSTM'nin yüksek tahmin verimliliği sayesinde elde edilen yük tahminleriyle pik yükü dengeleyerek optimum enerji maliyetleri sunar. Piyasa Takas Fiyatı'nı (PTF) dikkate alarak enerji kullanımını optimum seviyede tutmak ve enerji maliyetlerini en aza indirmek için termal enerji depolama sistemini ve Enerji

Depolama Sistemini (EDS) kullanır. ANFIS tabanlı Akıllı Denetleyicinin amacı; ticari binalarda HVAC sisteminin işletme maliyetlerini azaltmaktır. ANFIS-AD, puant yük olmayan saatlerde bina içinde enerjiyi depolamak için farklı ayar noktaları oluşturuken, en yüksek fiyatlı saatlerde HVAC tüketimini en aza indirmek için yerel seviye kontrolörlerinin ayar noktalarını oluşturur. Ayrıca, LSTM yük tahmini ile en çok ve en az enerji tüketiminin yapıldığı bölgeleri gösteren yük eğrileri oluşturulur. ANFIS-AD; en yüksek tüketimi, yoğun olmayan saatlere aktarmak için yük eğrilerini kullanarak EDS'yi kontrol eder.

1.4 Tezin Literatüre Katkısı

Tez kapsamında geliştirilecek sistemin öne çıkan literatüre katkıları şu şekilde sıralanabilir:

- Tüketim birimlerinden elde edilen verileri, makine öğrenmesi ve derin öğrenme yöntemleri ile tahmin edip kontrolünün yapıldığı öncü Talep Tarafı Yönetimi tezi olmuştur. Literatürde genellikle makine öğrenmesi yöntemleri kullanılırken, tezde derin öğrenme yöntemi kullanılarak tahmin yapılmış ve makine öğrenmesi yöntemlerinden elde edilen sonuçlar ile kıyaslanmıştır.
- Uygulanan optimizasyon algoritmasının dengesizlik piyasası verilerini kullanarak Talep Tarafı Yönetimi uygulamaları için özel bir amaç fonksiyonu kullanmasından ötürü bu alanda ilk çalışma olma özelliğini taşımaktadır.
- Hem enerji sağlayıcıları hem de tüketim birimleri için enerji ve maliyet optimizasyonu yapan model sunulmuştur. Bu anlamda sektördeki tüm birimler için fayda üreten, literatürdeki ilk çalışmadır.
- Gerçek zamanlı verileri kullanarak dengesizlik piyasasına katkı sunan, ilk çalışma olmuştur.

2. MATERYAL ve METOT

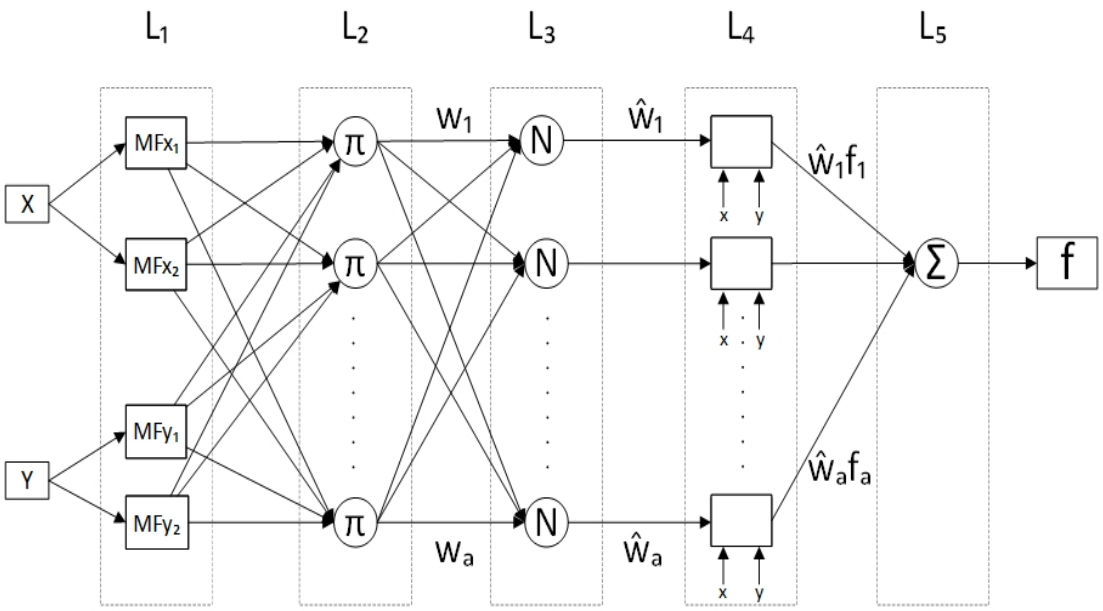
2.1. Kullanılan Metotlar

Bu çalışmada, bina enerji yönetim sistemi için Bulanık Mantık Temelli ANFIS yöntemi kullanılmıştır. Bunun yanı sıra, ticari binaların enerji tüketimlerinin tahminlerine yönelik makine öğrenmesi yöntemlerinden Yapay Sinir Ağları (YSA) ve Destek Vektör Makinası (DVM), derin öğrenme yöntemlerinden LSTM kullanılmıştır. Merkezi enerji yönetim sisteminin optimum maliyetli çalışması için Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) yöntemi kullanılarak, hangi tüketicilerin ne kadar yük alması ve ne kadar yük atması gerektiği belirlenmiştir.

2.1.1. ANFIS

ANFIS tek çıktılı doğrusal olmayan fonksiyonların modellenmesinde ve zaman serilerinin tahmininde kullanılır [69]. ANFIS, temel olarak; Bulanık Çıkarım Sisteminin, adaptif ağlara uyarlanmış halidir. Melez öğrenme algoritması ile çalışan ANFIS, bulanık eğer-ise kuralları ile insan bilgisini yansıtan, girdi çıktı yapısını ortaya koymaktadır. Girdi ve çıktıya dayanan bir veri setinin bulunduğu durumlarda ANFIS yöntemi uygulanabilmektedir. Model, seçilen üyelik fonksiyonunun tipine ve adedine bağlı olarak kurulur ve melez öğrenme algoritması kullanılarak eğitilmektedir [70]. ANFIS, hem bulanık mantık sisteminin hem de sinir ağı topolojisinin kullanımına izin veren bir ağdır [71]. Bunun yanında bahsedilen sistemlerin avantajlarını bünyesinde bulundurması sayesinde daha iyi sonuçlar verebilen bir modeldir.

ANFIS yapısı bakımından, bulanık çıkarım sistemindeki giriş çıkış bilgi çiftlerinden ve eğer-ise kurallarından oluşur. Yapay sinir ağı öğrenme algoritmaları kullanılarak sistem eğitim yapılır. Şekil 2.1'de, ANFIS yapısını daha sade bir şekilde gösterebilmek için iki girişli (x ve y) ve tek çıkışlı (f) bir ANFIS yapısı tanıtılmıştır [71,72].



Şekil 2.1 ANFIS Yapısı

$$Kural\ 1: Eğer\ (x\ is\ MFx_1, y\ is\ MFy_1, then\ f_1 = a_1x + b_1y + c_1)$$

$$Kural\ 2: Eğer\ (x\ is\ MFx_2, y\ is\ MFY_2, then\ f_2 = a_2x + b_2y + c_2)$$

Burada MFx_{i} ve MFy_{i}; x ve y üyelik fonksiyonları için tanımlanmış bulanık kümeler; c_1 ve c_2 ise sabit parametrelere karşılık gelmektedir. Böylelikle her bir kural için bir çıktı değeri elde edilir [69]. Şekil 2.1'de görüldüğü gibi ANFIS modeli çok girişli fakat tek çıkışlı bir modeldir. Çok çıkışlı bir ANFIS modeli oluşturabilmesi için birkaç ANFIS modelinin bir araya getirilerek entegre edilmesi gerekmektedir. ANFIS yapısında bulunan katmanlar ise aşağıda açıklanmıştır:

Katman 1:

Bu katmanda yer alan her bir i düğümü, çıkışı aşağıdaki gibi tanımlanan, adaptif bir düğümdür.

$$O_i^1 = \mu MFx_i(x), \qquad i = 1,2,3,\dots\dots,n \tag{2.1}$$

Denklem 2.1'de x, düğümün girişini, MFx_i ise ilgili düğüme ait bulanık kümeye karşılık gelmektedir. MFx_i için ilgili üyelik fonksiyonları, uygun bir biçimde parametrelendirilmiş herhangi bir üyelik fonksiyonu olabilir.

Katman-2:

Denklem 2.2'de, katmandaki her bir düğüm, kendisine gelen sinyallerin çarpımını çıkış olarak üreten, Π ile çarpılmış sabit bir düğümdür.

$$O_i^2 = w_i = \mu MFx_i(x)\ \Pi\ \mu MFy_i(y)\ \ i = i = 1,2,3, \dots \dots, n \tag{2.2}$$

Her bir düğümün çıkışı, her bir kural için gerçekleşme derecesini gösterir.

Katman-3:

3. katmanda yer alan her bir düğüm, sabit bir düğümdür. Denklem 2.3'te gösterildiği gibi; katmandaki i. düğüm, i. kuralın gerçekleme derecesinin, bütün kuralların gerçekleme dereceleri toplamına oranını hesaplar [29].

$$O_i^3 = \hat{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2 +, \dots . . + w_n}\ i = 1,2,3, \dots \dots, n \tag{2.3}$$

Bu katmanda yer alan düğümlerin çıkışları, hesaplanışlarına uygun olarak, normalize edilmiş gerçekleme dereceleri olarak adlandırılırlar [29].

Katman-4:

Bu katmana ait her i düğümü, fonksiyonu aşağıdaki gibi olan, adaptif bir düğümdür [27].

$$O_i^4 = \hat{w}_i f_i = \hat{w}_i(a_i x + b_i y + c_i) \quad i = 1,2,3, \dots \dots, n \tag{2.4}$$

Denklem 2.4'te $\hat{w}_i$ ortalaması, katman 3'ün çıkışı, $\{a_i, b_i, c_i\}$ ise bu katmanda bulunan düğümlerin parametrelerinden oluşan, parametre kümesidir. Bu katmanın parametreleri, sonuç ya da çıkış parametreleri olarak ifade edilmektedir.

Katman-5:

Denklem 2.5'te gösterildiği üzere, son katmanda Σ ile etiketlenmiş olan ve toplam çıkışı hesaplamak üzere, kendisine gelen sinyallerin tümünü toplayan, sabit, tek bir düğüm yer alır [29].

$$O_i^5 = overall\ output = \sum_i \hat{w}_i f_i \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i} \quad (2.5)$$

2.1.2. Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları, insan bilişsel sisteminin öğrenme süreçleri ve beynin nörolojik işlevleri üzerine modellenerek oluşturulmuş bir hesaplama tekniğidir. YSA; yapısı gereği, ağırlıklı bağlantılar arasında etkileşimde bulunan, birçok hesaplama ağından oluşan dağıtık bilgi işlem mekanizmasıdır. Sinir ağları, insan beyninin mimarisinden feyz alınarak tasarlanmıştır. Bu nedenle sinir ağlarının, kompleks bilgi kümelerini öğrenme ve öğrenilen bilgileri özümseme yeteneği bulunmaktadır. Doğrusal olmayan yapısı ve kalıplara uyarlanma özellikleri ile birlikte, özellikle tahmin çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır [73].

YSA, geri çağırma mimarilerine göre ileri beslemeli ve geri beslemeli; öğrenme yöntemlerine göre ise denetimli ve denetimsiz olarak birkaç kategoride sınıflandırılabilir. Tahmin modelleri için en sık kullanılan sinir ağı tekniklerinden olan Geri Yayılımlı Sinir Ağı (GYSA), denetimli bir öğrenme yöntemine ve ileri beslemeli geri çağırma mimarisine sahiptir.

Sinir ağlarının en ilgi çekici yönü, girdiler ve çıktı arasında geniş işlevsel ilişkiler yaklaşımında bulunan esnekliği ve kabiliyetidir. Karmaşık sinir ağı yapısı, rasgele seçilmiş fonksiyonlara yüksek kestirimli olarak yakınlaşabilir. Sinir ağlarının cazip özelliklerinden biri; eksik, gürültülü ve bulanık verilerde bile çalışma ve tahmin yapabilme yetenekleridir. Bunun yanında, girdiler ve çıktı arasında herhangi bir işlevsel biçim dayatmazlar. Bu nedenle, özellikle girdiler ve çıktı arasında işlevsel bir form olmadığı durumlarda sinir ağlarının kullanımı tercih edilmektedir [74].

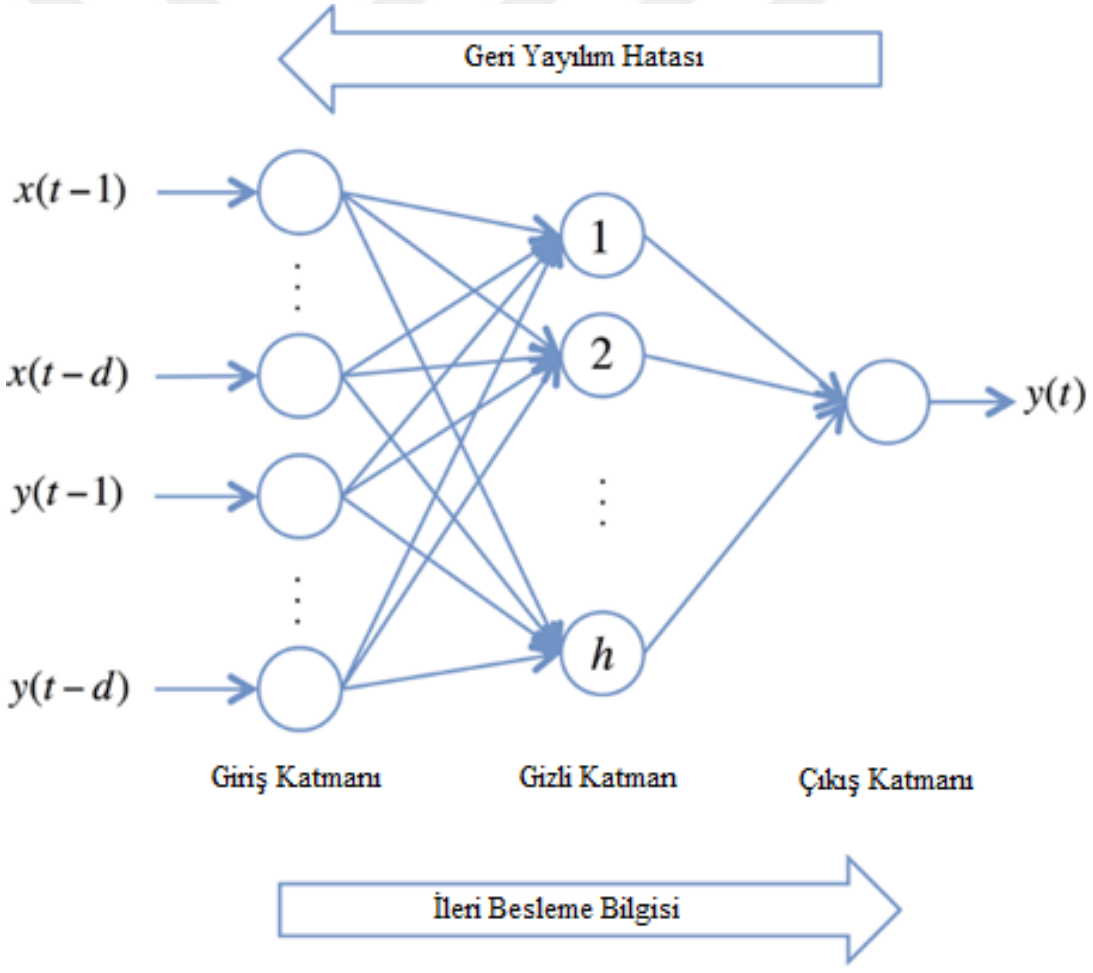
Sinir ağları modellerinin başarısı; düğüm (nöron) sayısı, katman sayısı, düğümlerde kullanılan doğrusal olmayan fonksiyon çeşidi, öğrenme algoritması tipi, girdinin ve katmanların başlangıç ağırlıkları ve modelin tanımladığı dönem sayısı gibi doğru seçilmiş parametrelere bağlıdır.

YSA modelinin başarısı; düğüm ve katman sayısı, girdi ve katmanların başlangıç ağırlıkları, düğümlerde kullanılan doğrusal olmayan fonksiyon tipi, öğrenme algoritma tercihi ve modelin tanımladığı devir (epok) sayısı gibi parametrelerle doğrudan ilişkilidir. YSA yönteminde veriler, eğitim ve test kümeleri olmak üzere iki örnek veri setine ayrılır. Sinir ağı, eğitim süresi boyunca, çıktı ve girdi kriterleri

arasındaki ilişkiyi öğrenir ve test süresince bu ilişkiyi, modelin performansını değerlendirmek üzere kullanır [75].

Temel olarak, NN mimarisi Şekil 2.2'de gösterildiği gibi giriş katmanı, gizli katman ve çıkış katmanı olmak üzere üç katmandan oluşur. X ile temsil edilen giriş katmanında bulunan girdiler, gizli katmadan bulunan ve W ile temsil edilen ağırlıklarla çarpılarak Y ile temsil edilen çıktı katmanına iletilir [76]. Denklem 2.6'da ise doğrusal genişlemeye sahip katmanı olmayan, tek çıkışlı bir sinir ağı gösterilmiştir.

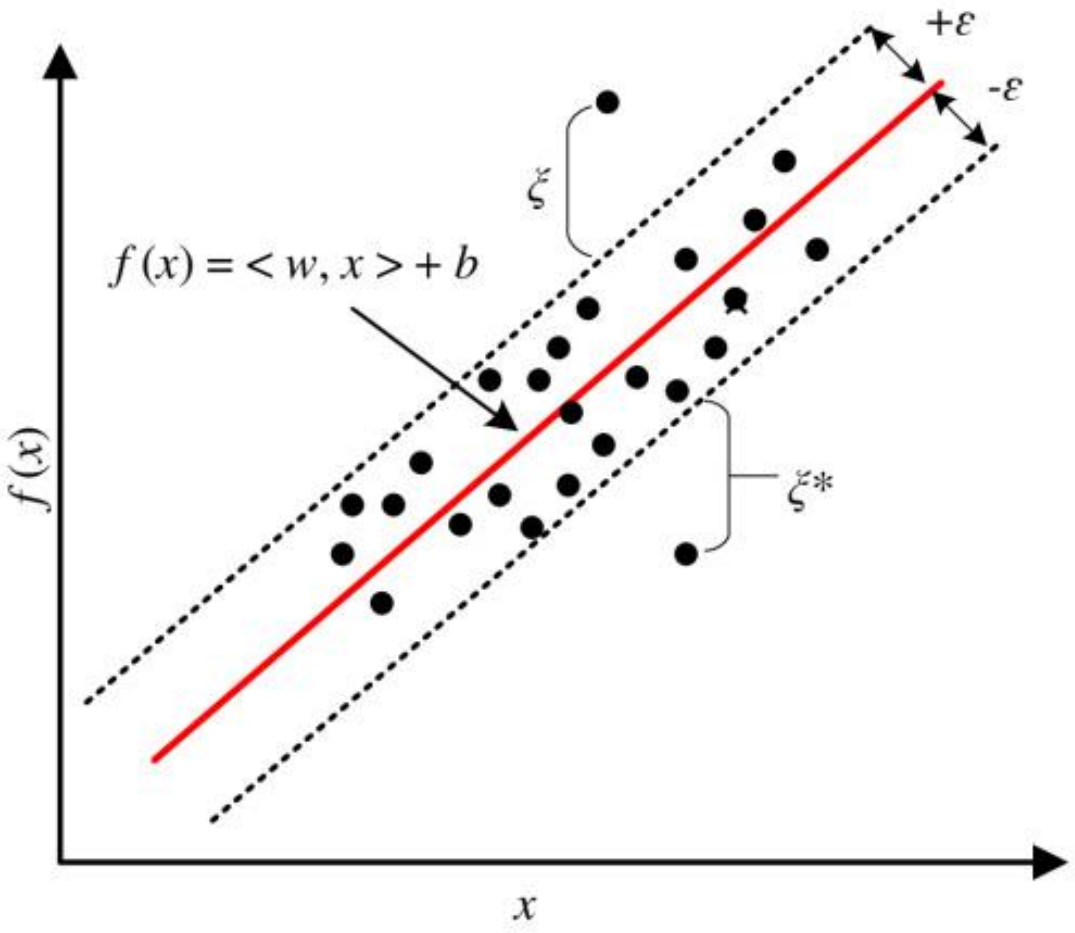
$$Y_m = \sum_{i=1}^{Ni} W_2(i) F \sum_{j=1}^{Nj} W_1(i,j) X_0^m(j) + B_i \tag{2.6}$$



Şekil 2.2 YSA mimarisi [74]

2.1.3. Destek Vektör Makinesi

Veri madenciliği algoritmaları arasında yer alan Destek Vektör Makinesi (DVM), Vapnik [77] tarafından, istatistiksel öğrenme teorisi temelli olarak üretilmiştir. DVM; bir dizi eğitim verisinden girdi-çıktı eşleme işlevleri üreten istatistiksel yöntemler ile makine öğrenmesi yöntemlerinin birleşimi sonucu ortaya çıkan, denetimli bir öğrenme yöntemidir. Veri sınıflandırma ve regresyon alanlarında sıklıkla kullanılan yöntemde temel fikir, destek vektörleri arasındaki mesafenin maksimize edilebileceği bir optimizasyon yapmaktır. DVM topolojisine ilişkin yapı Şekil 2.3'te gösterilmiştir [78].



Şekil 2.3. DVM öz nitelik uzayı topolojisi [80]

Şekil 2.3'te verilen kesikli çizgilerin arasındaki mesafe denklem 2.7 ve denklem 2.8'da verilmiştir.

$$minimize\ \frac{1}{2}\left|\left|\omega\right|\right|^2 \tag{2.7}$$

$$\begin{cases} y_i - \omega' X_i - b \leq \varepsilon \\ \omega' X_i + b - y_i \leq \varepsilon \end{cases} \tag{2.8}$$

Bu, uygulanabilir dış bükey programlama içindir. Problem, her zaman böyle olmadığı için, $\boldsymbol{\xi}_i$ ve $\boldsymbol{\xi}_i^*$ gevşek değişkenleri tanıtılabilir ve ardından denklem 2.9 ve denklem 2.10'daki gibi optimizasyon problemine ulaşılabilir [79]:

$$minimize\ \frac{1}{2}\left|\left|\omega\right|\right|^2 + C\sum_{i=1}^{l}(\xi_i + \xi_i^*) \tag{2.9}$$

$$\begin{cases} y_i - \omega' X_i - b \leq \varepsilon + \xi \\ \omega' X_i + b - y_i \leq \varepsilon + \xi_i \\ \xi_i\ ve\ \xi_i^* \end{cases} \tag{2.10}$$

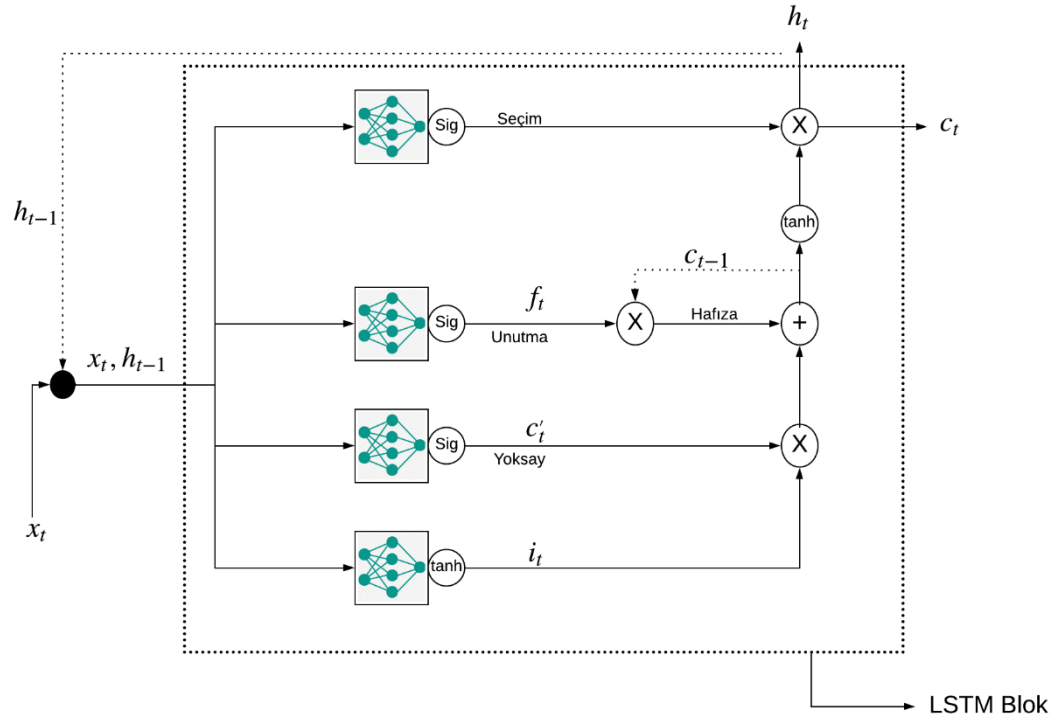
Burada C, ampirik hata ile düzenlileştirme terimi [15] arasındaki dengeyi belirleyen düzenlileştirilmiş sabittir. $\boldsymbol{\xi}_i$ üst eğitim hatası, $\boldsymbol{\xi}_i^*$ ise alt eğitim hatasıdır. Ayrıca, çoğu durumda, doğrusal bölme çizgisi veya hiper düzlem, eğitim verilerinde farklı karma özelliklere sahip noktalar olarak bulunamaz. Bu nedenle, bazı durumlarda, verilerin doğrusal olarak ayrılabilmesi ve verilerin şeklinin değiştirilebilmesi için bir dönüştürme işlevine ihtiyaç vardır [80].

2.1.4. LSTM

Yinelenen Sinir Ağları'nda (YiSA) "Recurrent Neural Networks" (RNN); girdi olarak sisteme verilen bilgiler, önceki çıktı değerini baz alarak tekrarlı olarak incelenir. Ardışıklık temelli bir yaklaşım olması nedeniyle temel sinir ağlarından bu yönüyle ayrılır [81]. Long Short Term Memory (LSTM), RNN modellerinin gizli katmanlarındaki ağırlıkların, yeterince hızlı değişmemesi sonucu ortaya çıkan kaybolan gradyan (vanishing gradient) problemi sebebiyle, Hochreiter ve Schmidhuber tarafından öne sürülen bir algoritmadır. Bir başka deyişle LSTM yöntemi; RNN yönteminin, uzun dönemde öğrenebildiği ilişkileri kısa dönemde öğrenilmesi kabiliyetinin kazandırılması ile ortaya çıkan özelleşmiş bir versiyonudur [82].

LSTM, hafıza hücresi adı verilen özel bir nöron yapısına sahiptir. Bellek hücrelerinin belli bir zaman boyunca bilgi saklama özelliği vardır. Bu hücreler; giriş, çıkış ve unutma kapısı olarak 3 geçitten oluşmaktadır. LSTM blokları; sabit hata döngüsü, çıkış aktivasyon fonksiyonu ve gözetleme bağlantılarına sahiptir. Bloğun çıktısı, tekrar tekrar bloğun girişine ve tüm kapılarına bağlanır. Gözetleme bağlantıları ve unutma kapısı ilk geliştirilen mimaride bulunmamaktadır. LSTM blok mimarisine ait şema Şekil 2.4'te gösterilmektedir.

LSTM mimarisinde bulunan ve geçit olarak isimlendirilen yapı, hücre durumunda bilgi ekleme ve çıkarma gibi bir özelliğe sahiptir. Yani geçitler, istenilen bilginin iletilmesini sağlayan bir araçtır. Geçitler, sigmoid katmanından oluşmaktadırlar. Sigmoid katmanı, bileşenlerin geçip geçmemesine karar veren bir katmandır. Bu katman, giriş verilerini 0 ile 1 arasında normalize eden ve bu sayede verileri anlamlandırarak tut (1) ya da unut (0) olarak kategorize eden bir katmandır. LSTM'nin işlem mekanizmasının görevi; son LSTM ünitesinden gelen hafızaları (C_{t-1} ve h_{t-1}) ve ilgili zaman dilimine ait bilgileri şimdiki zamana aktarmaktır. Burada önemli olan nokta ise, aktarılan bu bilgilerin güncel olmasıdır. Sigmoid katmanı ise hangi bilgilerin güncelleneceğine karar verir [57].



Şekil 2.4 LSTM Blok Mimarisi

Aşağıda kullanılan formüllerde; f_t Unutma Kapısını, x_t Giriş Vektörünü, σ Sigmoid Fonksiyonunu, W_t Ağırlıkları, h_t Çıkış Vektörünü, C_t Hücre Durum Vektörünü, i_t Giriş Kapısı Vektörünü, ϕ Aktivasyon Fonksiyonunu, o_t Çıkış Kapısı Vektörünü ifade etmektedir.

Denklem 2.11 matematiksel olarak tanımlandığında, *t* zamanına ait bir x_t girdisi giriş olarak alınmaktadır. Bu girdiden yararlanılarak bilginin hesaplanması gerekmektedir.

$$f_t = \sigma(W_t x_t + U_t h_{t-1}) \tag{2.11}$$

Denklem 2.12'de belirtilen ϕ, çoğunlukla tanh fonksiyonundan seçilmektedir. Tanh fonksiyonu, eklenecek bilgiler için bir vektör oluşturmaya yarar. Fakat burada önemli nokta, hangi bilgilerin model için kullanıma değer olduğunu anlamaktır.

$$C_t = \phi(W_t x_t + U_t h_{t-1}) \tag{2.12}$$

Denklem 2.13; önemsiz olan bilgileri unutup, yararlı olan bilgileri sakladıktan sonra yenilenmiş bir bellek hücresini ifade etmektedir.

$$i_t = \sigma(W_s x_t + U_s h_{t-1}) \tag{2.13}$$

Denklem 2.14'te $\circ$ işareti, her iki taraftaki bileşenin içindeki öğenin teker teker çarpılması anlamına gelmektedir. Son olarak, çıkıştaki bilginin ne olacağına karar verilmesi gerekmektedir.

$$C_t = f_t \circ c_{t-1} \circ i_t \circ C_t \tag{2.14}$$

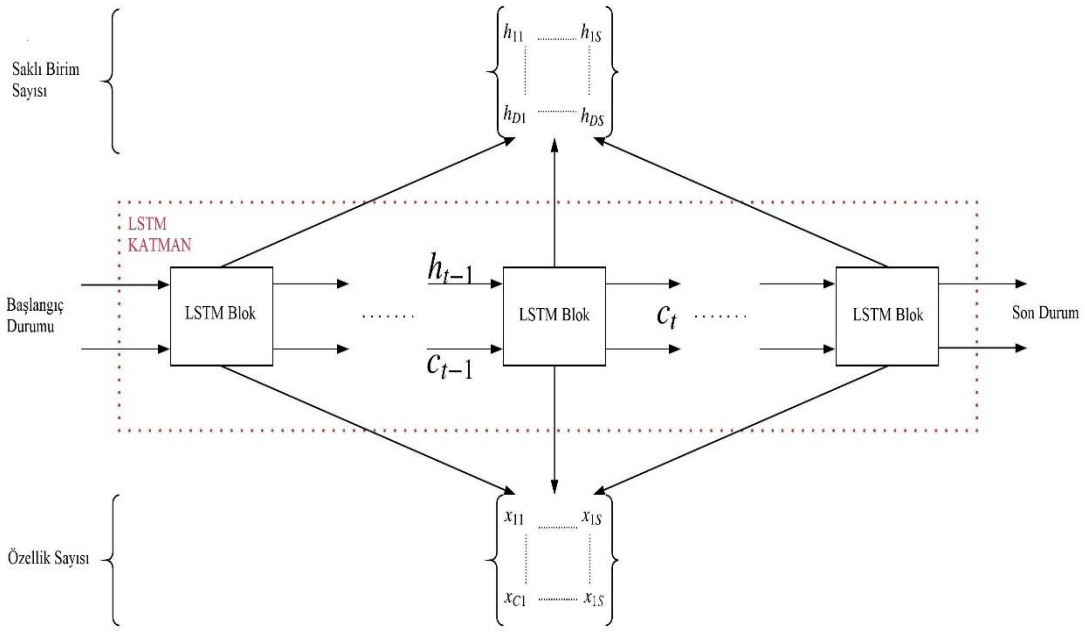
Denklem 2.15 ve denklem 2.16 da hücreler; depolama, okuma, yazma ve silme işlemini geçitler yardımıyla gerçekleştirmektedir. Geçitler, aktivasyon fonksiyonuna ve bir ağ yapısına sahiptir. Nöronlardaki gibi gelen bilginin ağırlığını dikkate alarak, geçmesine veya durmasına yardımcı olur. LSTM'nin, problem üzerindeki etkilerine göre farklı modelleri bulunmaktadır. Bu modeller, geçitlerin girdilerinin farklı yerden alınması veya çıktılarının farklı yerlere gönderilmesi ile sağlanmaktadır [55].

$$o_t = \sigma\left(W_f x_t + U_f h_{t-1}\right) \tag{2.15}$$

$$h_t = o_t \circ \phi(C_t) \tag{2.16}$$

Arka arkaya gelen LSTM bloklarının, peşi sıra bir araya gelerek birbirini besleyen bir yapı oluşturması sonucu, LSTM katman yapısı oluşmuştur. Şekil 2.5'teki mimaride görüleceği üzere; bir önceki LSTM blokun h_{t-1} çıkış vektörü ve c_{t-1} durum vektörü, bir sonraki LSTM blokun girdisi olarak kullanılmaktadır. Benzer mimaride olan RNN'de, eğitme işleminin Zaman İçerisinde Geri Yayılım "Back Propagation Trough Time" (BPTT) ile yapılması sebebiyle patlayan gradyan (exploding gradient) problemi meydana gelmektedir.

LSTM blokta yer alan gizli katmandaki geri bildirim veren yapıların ve LSTM blokları içerisine eklenen ilave unutma kapılarının sayesinde bu problemin üstesinden gelinmiştir. Gizli katman sayısının belirlenmesi, problemin yapısına göre en optimum sonucu bulmaya yardımcı olmaktadır.



Şekil 2.5 LSTM Katman Yapısı

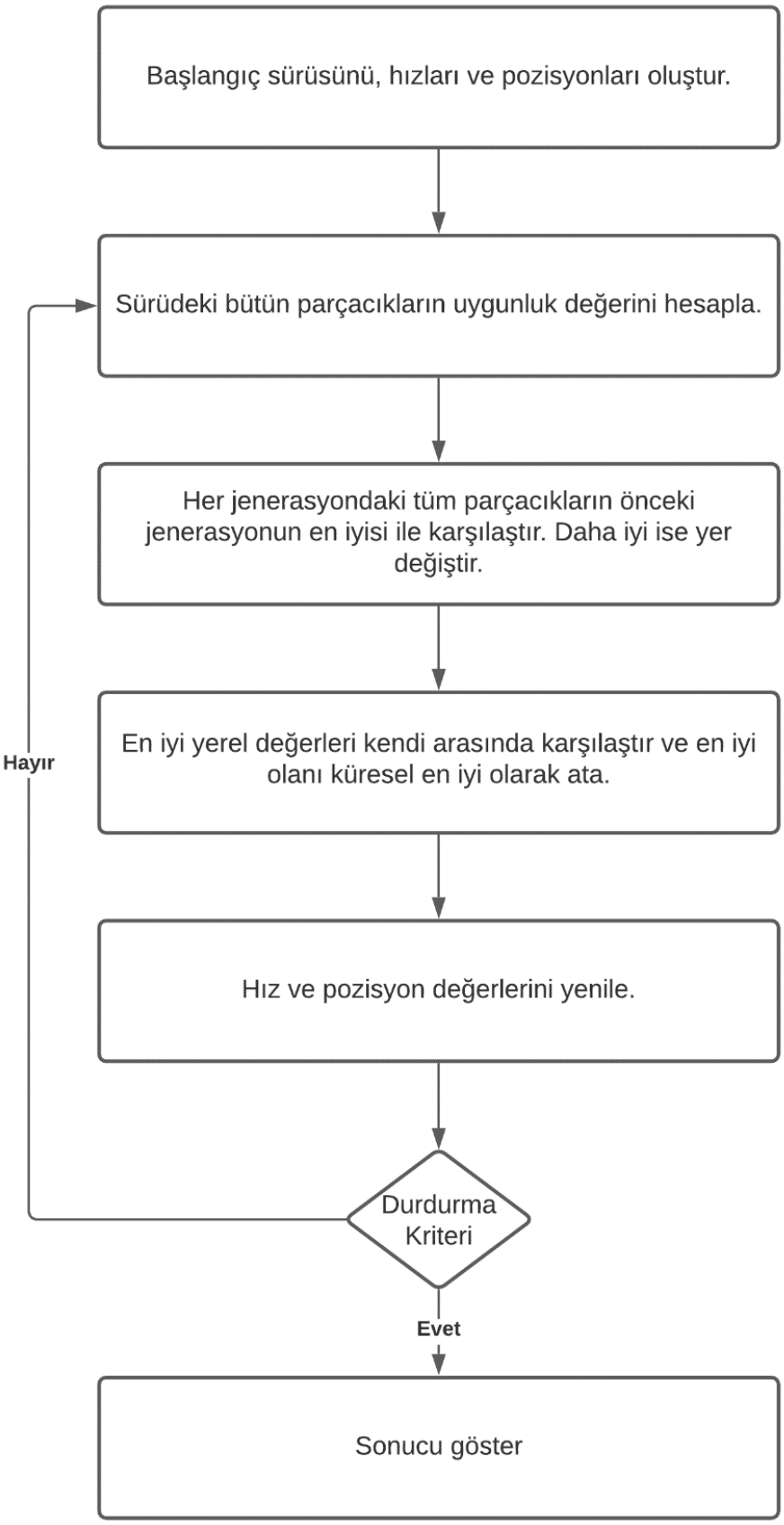
2.1.5. Parçacık Sürü Optimizasyonu

Evrimsel algoritmalar arasında yer alan parçacık sürü optimizasyonu yöntemi, 1995 yılında Kennedy ve Eberhart tarafından geliştirilmiş olan, sürü hareketine dayanan bir optimizasyon algoritmasıdır. Sürü zekasıyla hareket eden canlıların, yiyecek bulma ve güvenliklerini sağlama konusunda sergiledikleri hareketleri, matematiksel model haline getirilmiştir. Sürü halinde hareket eden her bir birey; parçacık parçacıkların bulunduğu popülasyon ise; sürü olarak isimlendirilmiştir. Bireylerin çözüme yakınlık durumu, uygunluk fonksiyonu ile kontrol edilir. Fonksiyon, problemin çözüme yakınlığını ölçmek amacıyla kullanılır. PSO'ya ait matematiksel model, denklem 2.17'de verilmiştir [83].

$$v_i^1 = v_i + c_1 * rand_1 * (pbest - x) + c_2 * rand_2 * (gbest - x) \quad (2.17)$$

$pbest$; parçacığın çözümü arama süresi boyunca x çözüme en yakın olduğu durum ile ifade edilirken, $gbest$ ise tüm sürünün tüm arama süresi boyunca çözüme en yakın olduğu durumu ifade etmektedir. Denklem 2.18'de; x parçacık değerini, $rand_1$ ve $rand_2$ denklem çözümü için üretilen rasgele değerleri, v_i parçacık değişim hızını ve c_1, c_2 ise sabit ölçeklendirme faktörünü ifade etmektedir. PSO algoritmasının akış diyagramı Şekil 2.6'da verilmiştir.

Algoritma başlangıç pozisyonları ve hızları, rasgele seçilen sürü ile başlatılır. Tüm parçacıkların uygunluk değerleri hesaplanarak, yerel optimum değer olan $pbest$ değeri bulunur. Eldeki jenerasyonda bulunan en iyiler seçilerek, global en iyi değer olan $gbest$ değeri hesaplanır. Parçacıkların hızları ve pozisyonları yenilenerek, algoritma durdurma kriteri ya da önceden belirlenmiş döngü sayısı kadar tekrar edilir.



Şekil 2.6 PSO akış diyagramı [83]

2.2.Kullanılan Veriler ve Elde Edilmesi

LSTM yöntemiyle enerji tahmini yapmak için Ankara'da bulunan ticari binadan, enerji analizörleri aracılığıyla 1 Ocak 2018 ile 31 Aralık 2018 tarihleri arasında, 1 yıl süreyle 10 dakikalık ve 60 dakikalık enerji ölçüm verileri toplanmıştır. Bu süre zarfında 17520 adet ölçüm toplanarak bir araya getirilmiştir.

Ankara'da bulunan ticari binada kullanılan enerji analizörleri, verileri modemler aracığıyla 1 dakikalık, 10 dakikalık ve 60 dakikalık sıklıkta veri tabanına aktarmaktadır. 1 dakikalık sıklıkta alınan ölçüm verilerinde, nadiren de olsa (enerji kesilmeleri, haberleşme hataları, sorgu sıklık problemleri gibi) eksikliklere rastlanmaktadır. Daha doğru ve hassas bir ölçüm yapılabilmesi için bu problemlerin daha az yaşandığı zaman aralığı olan 10 dakikalık veriler kullanılarak tahminler yapılmıştır. 10 dakikalık veriler içerisinde de %0,98 oranında zaman etiketi bulunan, fakat verisi veri tabanında yer almayan satırlar bulunmaktadır. Bu problemin üstesinden gelmek için; problemin olduğu zamanın, bir önceki ve bir sonraki zaman etiketine sahip veri ile benzer günde (bir önceki aynı gün) aynı zaman aralığında yer alan verilerin ortalaması alınarak bu satırlar doldurulmuştur. Benzer şekilde, bir ölçüm noktasındaki cihazda yaşanılan ölçüm problemleri nedeniyle oluşan veri anormallikleri, alt ve üst katmanda bulunan cihazlar ve veri ön işlemesinde kullanılan filtre ile çapraz kontrol yapılıp tespit edilerek giderilmektedir. Türkiye'de hali hazırda saatlik dönemlerde uzlaştırma yapılmaktadır. Fakat Avrupa Birliği'nde (AB) bulunan bazı ülkelerde (Hollanda, Belçika gibi) 15 dakikalık uzlaştırma dönemleri olması ve EPİAŞ'ın 15 dakikalık uzlaştırma dönemlerinde üretim-tüketim uzlaştırma yapma hedefi nedeniyle, geliştirilen TTY sisteminin gelecekteki regülasyonlara ayak uydurması için 10 dakikalık zaman diliminde tahminler yapılarak TTY işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Bina enerji tahmini yapmak için aşağıdaki veriler kullanılmıştır.

- Bina Ana Giriş Ölçüm Noktası: Tüm binanın aktif güç tüketim verileri 10 dakikalık zaman aralığında toplanarak zaman etiketi verilmiştir.
- HVAC Alt Ölçüm Noktası 0: Binanın giriş katının HVAC tüketimleri 10 dakikalık zaman aralığında toplanarak zaman etiketi verilmiştir.

- HVAC Alt Ölçüm Noktası 1: Binanın birinci katının HVAC tüketimleri 10 dakikalık zaman aralığında toplanarak zaman etiketi verilmiştir.
- HVAC Alt Ölçüm Noktası 2: Binanın ikinci katının HVAC tüketimleri 10 dakikalık zaman aralığında toplanarak zaman etiketi verilmiştir.
- HVAC Alt Ölçüm Noktası 3: Binanın üçüncü katının HVAC tüketimleri 10 dakikalık zaman aralığında toplanarak zaman etiketi verilmiştir.
- Kat Alt Ölçüm Noktası 0 (Zemin): Binanın zemin katının aydınlatma ve priz tüketimlerini içermektedir. Priz tüketimleri çoğunlukla bilgisayarların enerji tüketimlerinden oluşmaktadır. Veriler 10 dakikalık zaman aralığında toplanarak zaman etiketi verilmiştir.
- Kat Alt Ölçüm Noktası 1: Binanın 1. katının aydınlatma ve priz tüketimlerini içermektedir. Priz tüketimleri çoğunlukla bilgisayarların enerji tüketimlerinden oluşmaktadır. Veriler 10 dakikalık zaman aralığında toplanarak zaman etiketi verilmiştir.
- Kat Alt Ölçüm Noktası 2: Binanın 2. katının aydınlatma ve priz tüketimlerini içermektedir. Priz tüketimleri çoğunlukla bilgisayarların enerji tüketimlerinden oluşmaktadır. Veriler 10 dakikalık zaman aralığında toplanarak zaman etiketi verilmiştir.
- Kat Alt Ölçüm Noktası 3: Binanın 3. katının aydınlatma ve priz tüketimlerini içermektedir. Priz tüketimleri çoğunlukla buzdolabı, bulaşık makinası ve benmari gibi mutfak aletlerinin enerji tüketimlerinden oluşmaktadır. Veriler 10 dakikalık zaman aralığında toplanarak zaman etiketi verilmiştir.
- Asansör Ölçüm Noktası: Binada yer alan asansöre ilişkin enerji tüketim verileri 10 dakikalık zaman aralığında toplanarak zaman etiketi verilmiştir.
- İç Hava Sıcaklığı: Binada yer alan HVAC sistemi ile RS-485 aracılığıyla Modbus bağlantı yapılarak elde edilen odalara ilişkin iç hava sıcaklık değerleri 10 dakikalık zaman aralığında toplanarak zaman etiketi verilmiştir.
- Dış Hava Sıcaklığı: T.C Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğünden Ankara iline ait dış hava sıcaklık verileri saatlik olarak yer almaktadır.
- PTF ve SMF değerleri: EPİAŞ şeffaflık platformundan PTF ve SMF değerleri saatlik olarak yer almaktadır.

PTF ve dış ortam hava sıcaklığına ait ortalama değerler Çizelge 2.1, Çizelge 2.2 ve Çizelge 2.3'te verilmiştir. Detaylı veri çizelgeleri ise EK-1'de yer almaktadır.

Çizelge 2.1. Ortalama PTF verileri (Ocak-Haziran 2018)

	Ocak		Şubat		Mart		Nisan		Mayıs		Haziran	
	TL/ MWh	USD/ MWh	TL/ MWh	USD/ MWh	TL/ MWh	USD/ MWh	TL/ MWh	USD/ MWh	TL/ MWh	USD /MWh	TL/ MWh	USD/ MWh
1	161,0	42,7	184,1	49,0	189,6	49,9	120,6	30,5	172,0	42,6	178,0	39,7
2	175,9	46,6	174,9	46,6	163,6	43,0	196,4	49,7	188,5	46,7	174,8	38,1
3	173,5	46,1	175,8	46,9	150,9	39,7	206,2	52,1	183,7	44,6	183,7	40,0
4	175,3	46,6	148,0	39,5	114,1	30,0	197,9	49,8	172,8	41,2	183,6	40,0
5	169,4	45,1	192,1	51,3	169,7	44,6	191,8	47,9	175,0	41,1	189,0	40,8
6	170,6	45,5	196,1	52,1	141,0	36,9	203,4	50,5	172,9	40,6	184,8	40,1
7	163,8	43,7	177,6	47,0	144,2	37,9	198,7	49,0	174,8	41,1	194,2	42,1
8	181,8	48,5	172,6	45,8	152,2	40,1	169,0	41,7	177,9	41,8	186,9	41,1
9	183,6	49,0	178,9	47,0	158,8	41,7	192,9	47,6	174,0	40,6	193,9	43,1
10	186,7	49,7	178,4	46,8	164,6	43,1	202,3	49,9	174,8	40,8	173,9	38,6
11	182,8	48,3	140,6	36,9	153,0	40,1	198,4	48,7	178,3	41,8	181,5	40,3
12	191,0	50,4	176,3	46,2	170,6	44,7	185,8	44,8	162,1	38,1	185,2	41,0
13	186,3	49,5	194,6	51,1	151,3	39,6	196,7	47,6	133,0	31,2	201,5	44,3
14	178,6	47,5	163,5	43,1	160,0	41,5	186,2	45,7	177,2	41,6	178,2	38,3
15	193,3	51,4	156,4	41,2	167,2	43,3	171,2	42,0	175,2	40,6	150,0	32,3
16	194,3	51,7	161,5	42,8	155,3	39,9	194,1	47,6	180,4	41,0	173,8	37,4
17	190,0	49,8	168,7	44,9	120,1	30,8	207,9	50,8	181,4	40,7	175,6	37,8
18	191,6	50,2	167,5	44,6	83,7	21,4	210,5	51,4	195,9	44,1	191,3	41,2
19	192,9	50,8	175,0	46,6	150,1	38,5	201,3	49,2	188,1	42,1	192,2	40,8
20	183,2	48,5	185,0	49,3	157,4	40,0	192,5	47,8	181,3	40,6	190,4	40,0
21	176,5	46,7	179,8	47,7	160,4	40,8	179,0	44,4	185,0	41,4	203,0	42,8
22	192,9	51,1	188,3	49,8	162,4	41,3	193,1	47,9	184,6	40,5	205,8	43,3
23	189,4	49,7	184,0	48,4	165,3	42,3	194,9	48,3	197,6	43,2	184,7	39,2
24	176,5	46,6	190,8	50,4	180,1	45,5	210,7	52,2	199,0	41,1	179,4	38,1
25	177,0	47,1	166,5	44,0	166,1	41,9	211,9	51,9	196,5	41,8	182,8	38,8
26	192,6	51,5	174,6	46,2	166,6	42,1	211,2	51,8	190,1	40,3	186,1	40,1
27	182,9	48,9	185,1	49,0	170,5	42,9	206,3	50,7	133,0	28,2	192,8	41,2
28	180,4	48,3	185,0	48,9	188,5	47,4	188,7	46,6	191,7	40,6	186,7	40,3
29	194,1	51,9			178,0	44,6	179,1	44,2	191,2	41,6	188,5	40,9
30	192,4	51,0			182,1	45,6	208,3	51,4	187,1	40,7	196,3	43,0
31	188,6	49,9			178,1	45,1			187,6	41,9		
Ay Ort.	182,9	48,5	175,8	46,5	158,6	40,8	193,6	47,8	179,4	40,8	185,6	40,2

Çizelge 2.2. Ortalama PTF verileri (Temmuz-Aralık 2018)

	Temmuz		Ağustos		Eylül		Ekim		Kasım		Aralık	
	TL/ MWh	USD/ MWh	TL/ MWh	USD/ MWh	TL/ MWh	USD/ MWh	TL/ MWh	USD/ MWh	TL/ MWh	USD/ MWh	TL/ MWh	USD/ MWh
1,0	192,5	42,2	258,2	52,7	327,7	50,0	331,9	55,4	308,0	56,0	294,4	57,1
2,0	196,5	43,1	277,5	56,4	313,2	47,8	325,7	54,6	299,8	53,8	280,6	54,4
3,0	198,5	43,0	276,2	54,7	339,6	51,8	343,3	57,1	291,3	53,3	280,9	54,5
4,0	195,9	42,1	266,1	52,4	352,8	53,3	330,2	54,8	271,1	49,6	288,7	55,6
5,0	209,0	44,5	263,8	52,0	349,8	52,4	307,9	50,3	298,1	54,6	280,4	53,2
6,0	207,2	44,6	281,5	55,4	350,6	52,5	302,4	49,1	293,9	54,0	258,0	48,0
7,0	198,2	43,1	283,8	55,1	353,4	53,7	293,1	47,6	292,2	54,7	257,9	48,1
8,0	202,3	44,0	277,7	52,8	343,0	53,0	319,6	51,9	297,7	55,6	283,5	53,2
9,0	215,1	46,8	275,3	52,1	306,2	47,3	323,3	52,6	293,0	54,2	249,5	46,8
10,0	215,5	47,6	272,7	50,5	333,4	51,5	317,8	52,0	293,7	53,6	248,8	46,7
11,0	217,6	46,2	297,9	50,2	336,8	52,2	324,0	53,2	294,9	53,8	274,5	52,0
12,0	204,7	43,1	291,7	49,1	322,3	49,9	329,2	55,0	294,2	53,7	279,3	52,2
13,0	201,3	41,8	326,8	55,0	329,5	51,5	301,5	51,1	291,8	53,3	274,2	51,1
14,0	201,6	41,6	328,9	47,8	335,6	52,8	308,6	52,3	294,4	53,8	257,0	47,9
15,0	198,6	41,0	322,1	49,2	330,9	54,6	305,7	51,8	298,4	54,6	256,2	47,7
16,0	212,8	44,0	328,6	53,6	302,1	49,8	326,4	56,2	293,2	54,1	240,3	44,7
17,0	217,8	45,0	329,4	56,8	315,0	51,9	321,3	55,6	296,3	55,5	251,5	46,8
18,0	216,6	44,8	314,2	52,4	319,2	51,0	330,2	58,1	276,3	51,7	254,7	47,4
19,0	212,9	44,4	291,0	48,5	328,4	51,6	339,3	61,1	276,4	51,7	257,4	48,1
20,0	212,5	44,1	295,7	49,3	328,7	52,1	328,9	58,6	298,9	56,2	246,8	46,3
21,0	205,2	42,8	283,1	47,2	332,9	53,1	302,4	53,9	296,7	55,7	271,2	51,6
22,0	195,2	40,7	285,7	47,7	337,7	53,9	318,2	56,7	295,0	55,1	261,7	49,6
23,0	217,0	45,2	283,8	47,3	315,4	50,3	328,3	58,1	282,2	53,2	228,7	43,4
24,0	212,7	44,7	286,6	47,8	337,0	53,8	329,0	57,0	282,4	53,5	243,4	46,2
25,0	208,5	43,6	301,3	50,3	314,3	50,5	305,3	53,4	280,3	53,1	210,4	39,7
26,0	219,6	45,2	312,6	52,1	302,3	49,4	312,4	55,0	282,9	53,6	238,9	45,0
27,0	222,3	46,1	325,5	54,3	304,1	49,7	301,3	53,6	293,4	55,9	267,8	50,7
28,0	205,7	42,3	328,6	53,1	329,8	54,3	279,7	49,8	290,3	55,4	250,0	47,3
29,0	199,2	41,0	340,3	54,7	324,4	54,2	301,3	53,6	294,7	56,2	249,1	47,3
30,0	215,3	44,3	324,7	50,7	302,1	50,4	313,6	55,8	285,0	55,2	212,3	40,3
31,0	224,4	45,9	335,1	52,3			333,7	60,5			246,4	46,8
Ay Ort.	208,1	43,8	298,9	51,7	327,3	51,7	317,3	54,4	291,2	54,2	257,9	48,7

Çizelge 2.3. 2018 yılı ortalama hava sıcaklığı değerleri

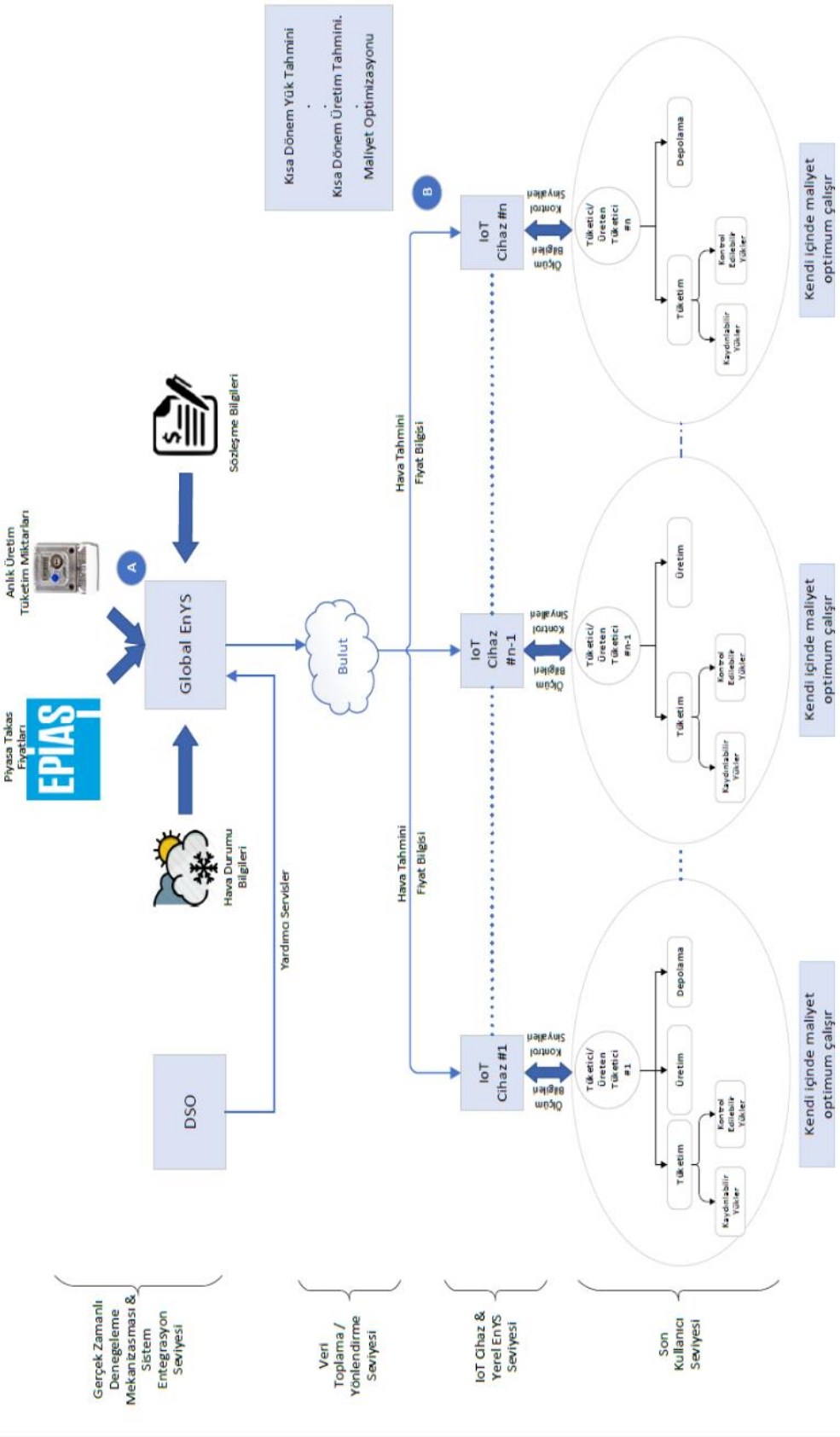
,	Aylar											
Gün	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1	2,81	4,65	0,09	14,73	21,26	18,66	23,51	24,97	26,72	19,16	13,56	5,61
2	3,95	5,05	4,32	9,28	18,65	20,17	25,17	23,50	26,29	16,58	13,48	5,98
3	6,22	7,64	10,29	7,52	19,23	20,06	25,44	23,93	25,13	17,97	11,81	5,39
4	5,38	9,11	7,53	10,26	21,70	21,10	24,43	23,97	26,08	16,48	13,06	7,02
5	6,07	7,91	8,76	13,46	19,20	18,70	23,04	24,32	25,94	14,25	12,57	8,68
6	4,80	6,68	8,91	15,92	14,94	19,40	23,40	25,27	21,15	13,39	11,01	5,48
7	3,10	8,34	12,05	17,99	16,49	20,10	24,51	23,78	18,53	13,57	8,98	2,91
8	1,93	8,28	10,20	15,79	14,86	21,70	26,71	23,84	19,80	16,48	9,08	1,08
9	2,59	7,63	8,74	14,66	13,21	23,53	25,26	23,22	20,40	18,65	10,36	2,45
10	3,45	6,90	8,19	15,43	15,19	23,52	27,03	23,06	19,02	16,09	10,80	7,68
11	4,26	9,41	8,67	16,71	15,19	23,39	28,51	21,79	17,99	16,12	9,22	3,90
12	6,62	6,32	10,48	16,87	13,06	21,87	27,29	22,46	20,35	17,64	9,29	1,86
13	6,76	4,17	10,80	17,16	14,18	22,83	26,55	22,69	20,89	17,03	8,04	-0,92
14	2,96	4,28	8,74	17,04	16,80	24,83	23,37	22,88	18,58	17,53	4,57	0,75
15	0,51	3,93	8,05	15,08	18,33	21,40	23,16	24,59	17,63	18,08	3,38	3,93
16	1,41	7,60	7,85	13,48	20,60	18,97	22,37	26,40	18,82	19,28	4,67	5,51
17	5,07	6,40	12,32	15,73	22,18	18,40	22,70	28,30	19,01	19,04	4,58	6,35
18	3,78	4,54	14,39	18,71	19,99	20,06	22,38	26,62	18,19	17,81	7,77	7,10
19	0,32	5,19	14,38	17,03	20,83	20,49	21,15	24,54	18,42	17,70	10,98	7,01
20	1,58	6,85	12,55	9,38	17,25	20,11	22,72	23,49	19,31	17,43	11,82	5,29
21	6,47	7,01	11,13	8,71	17,25	20,45	24,31	25,53	19,82	11,89	11,32	5,84
22	6,38	7,60	12,39	11,86	18,22	19,55	24,21	25,88	20,66	12,55	9,80	5,65
23	2,69	8,24	16,90	15,93	20,65	20,50	25,25	24,85	20,57	14,61	7,65	3,44
24	-0,71	8,09	9,23	16,85	19,38	21,65	24,28	26,28	21,80	13,37	3,88	4,52
25	-1,92	4,12	9,39	18,26	18,62	22,39	23,50	28,11	18,74	6,68	2,38	3,38
26	-1,04	4,78	11,26	19,53	17,70	23,12	22,80	29,31	11,23	6,28	6,42	-2,58
27	0,33	6,63	13,30	20,04	20,06	24,48	23,88	28,17	13,54	7,68	11,78	-4,04
28	0,99	6,10	14,27	19,23	19,03	26,32	23,17	28,66	16,50	9,79	11,80	-1,69
29	2,38		7,19	18,83	18,14	22,48	25,15	27,43	19,72	11,47	8,78	-3,89
30	3,31		8,43	20,08	18,29	22,18	27,32	25,06	19,00	12,23	6,37	-2,03
31	3,59		10,58		17,74		25,31	26,28		12,36		-0,80

3. ÖNERİLEN MODEL

Bu tez çalışmasında; son kullanıcı seviyesinde yer alan tüketiciler için kısa dönem yük tahmini yapılmıştır. Elde edilen üretim ve tüketim verileri neticesinde; hali hazırda elde bulunan yük eğrileri, hava durumu verileri ve PTF bilgileri kullanılarak, tüketiciler için optimum maliyetli çalışma koşullarını sağlayan bir sistem geliştirilmiştir. Aynı zamanda bu birimler; mevcut yük durumlarını, yük alma ve yük atma kapasitelerini, ilgili enerji tedarik sağlayıcıları ile de anlık olarak paylaşabilmektedirler.

Merkezi Enerji Yönetim Sistemi (EnYS) adı verien mekanizma ise; beyanda bulunduğu üretim ve tüketim tahminleri hedeflerine bağlı kalmak ve enerji dengesizlik maliyetlerini en aza indirmek için portföyünde yer alan tüketiciler ve üreticilerin anlık enerji tüketim ve üretim miktarlarını değerlendirerek, portföyü maliyet ve enerji açısından optimum koşullarda tutmaktadır.

Gerçek Zamanlı Fiyat Bilgisine Dayalı Talep Tarafı Katılımı Yönetim Sistemi olarak adlandırılan bu modele ait topoloji Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1 Gerçek Zamanlı Fiyat Bilgisine Dayalı Talep Tarafı Katılımı Yönetim Sistemi Mimarisi

3.1. Uygulama Detayları

Tahmin uygulamaları yapılırken MATLAB ortamı kullanılarak, YSA, DVM ve LSTM yöntemleri uygulanmıştır. LSTM yöntemi uygulanırken 3 katman ve 50 gizli nöron kullanılmıştır. 50 adet nöron kullanılmasının sebebi ise yapılan simülasyon çalışmalarında, bu sayıda nöron kullanımı ile en yüksek tahmin performansına sahip olunmasıdır.

LSTM tahmin çalışmalarında, optimizasyon algoritması olarak, ADAM optimizasyon algoritması kullanılmıştır. Ayrıca çalışmada, aşırı uyum gösterme (overfitting) probleminin önüne geçmek için öğrenme oranı 0.0001 olarak seçilmiştir.

Klasik sinir ağları problemlerinde eğitim ve test verileri, genellikle sırasıyla %70-%30 oranında seçilerek kullanılmaktadır. Bu çalışmada da YSA yöntemi ile yapılan tahminlerde, eğitim ve test verileri %70-%30 olarak kullanılmıştır. Yeni nesil DÖ algoritmalarında ise daha fazla veriye sahip olunması ve bu algoritmalar ile daha iyi sonuçlar elde edilmesi sebebiyle, daha yüksek oranlarda eğitim veri setleri kullanılmaktadır. Hatta bazı araştırmacılar çalışmalarında; veri, eğitim ve test veri oranını %98-%2-%2 olarak kullanmışlardır [84]. Tez çalışmasında, bu oranlar %80-%10-%10 olarak seçilmiştir.

3.2. Tahmin Değerlendirme Metrikleri

Geliştirilen tahmin modelinde, tahmin mekanizmasının başarı oranının belirlenmesi oldukça önemlidir. Literatürde özellikle makine öğrenmesi algoritmalarının tahmin başarısını ölçmek için; Ortalama Mutlak Hata (OMH), Ortalama Mutlak Yüzde Hata (OMYH), Ortalama Karesel Hata (OKH) ve Kök Ortalama Karesel Hata (KOKH) gibi metrikler kullanılmaktadır. Bu metriklerden elde edilen sonuçlar sayesinde modelin gerçek değeri ile tahmini değeri karşılaştırılır ve elde edilen bu bilgilere göre başarı değeri bulunmuş olur [73].

Ortalama Karesel Hata, makina öğrenmesi gibi algoritmaların uygulandığı modellerin performansını ölçmek için kullanılır. Tahminlerin gerçek değere ne kadar yakın olduğunu göstermek için kullanılır. Metrik, her zaman pozitif değerli sonuçlar üretmektedir ve OKH değeri sıfıra yakın olan modellerin başarısı daha yüksektir. Denklem 3.1'de OKH metriğinin formülü verilmiştir [85].

$$OKH = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(y_i - f(x_i)\right)^2 \quad (3.1)$$

Bu denklemde $f(x_i)$; modeli i.'inci değerindeki tahminini; y_i, modelin i.'inci değerindeki gerçek değerini temsil eder.

Kök Ortalama Karesel Hata, bir modelin gerçek değeri ile tahmin edilen değeri arasındaki farkı ifade eden yöntemdir. Tahmin ile gerçek değerler arasında hesaplanan hataların standart sapmasını ifade eder. KOKH, tahmin verileri ile gerçek değerler arasındaki korealasyonu ifade eden bir çizgi oluşturur ve bu çizgi etrafında o verilerin gerçek değere ne kadar yakın olduğunu ifade eder. KOKH değeri 0 ile ∞ arasında değişkenlik göstermektedir. KOKH değerinin sıfır olması, tahmin edilen değerin gerçek değerle aynı olduğunu gösterir. Bu değer sıfırdan uzaklaştıkça, tahmin değerlerinde yapılan hatanın arttığı anlaşılmaktadır. RMSE metriğinin formülü aşağıda verilmiştir [59].

$$KOKH = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}{e_i}^2} \quad (3.2)$$

Denklemden de anlaşılabileceği gibi; modele giriş olarak verilen girdilerin ayrı ayrı kareleri alınarak toplanır. Toplamın karekökü alınarak, KOKH değeri hesaplanabilir. KOKH, aynı zamanda kök içinde OKH değerine eşittir.

Ortalama Mutlak Hata, iki sürekli değişken arasındaki farkı belirlemede kullanılan bir yöntemdir. OMH; giriş verilerini en iyi ifade eden bir çizgi çekerek, gerçek veriler ile bu değerler arasında yatay ve dikey mesafeleri hesaplayarak hatayı ölçümler. OMH, değerinin kolay yorumlanabilir olması nedeniyle, zaman serilerinde ve regresyon problemlerinde sıklıkla kullanılmaktadır. OMH değeri, 0 ile ∞ arasında değişkenlik göstermektedir. Sıfıra yakın OMH değerine sahip modeller, daha iyi bir tahmin başarısı gösterir. Ancak iyi sonuçlar elde etmek için negatif değişkenler tercih edilmektedir. OMH metriğine ait formül, denklem 3.3'te gösterilmiştir [61].

$$OMH = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|e_i| \quad (3.3)$$

Ortalama Mutlak Yüzde Hata, zaman serileri modellerinin tahminlerinde ve regresyon modellerinde sıklıkla tercih edilmektedir. Kullanılan gerçek değer içinde sıfır değeri varsa, OMYH yöntemi kullanılamaz. Genellikle doğruluğu yüzde olarak ifade edilmektedir ve denklem 3.4'teki formül ile tanımlanır:

$$OMYH = \frac{100}{n}\sum_{i}^{n}\frac{|e_i|}{|A_i|} \tag{3.4}$$

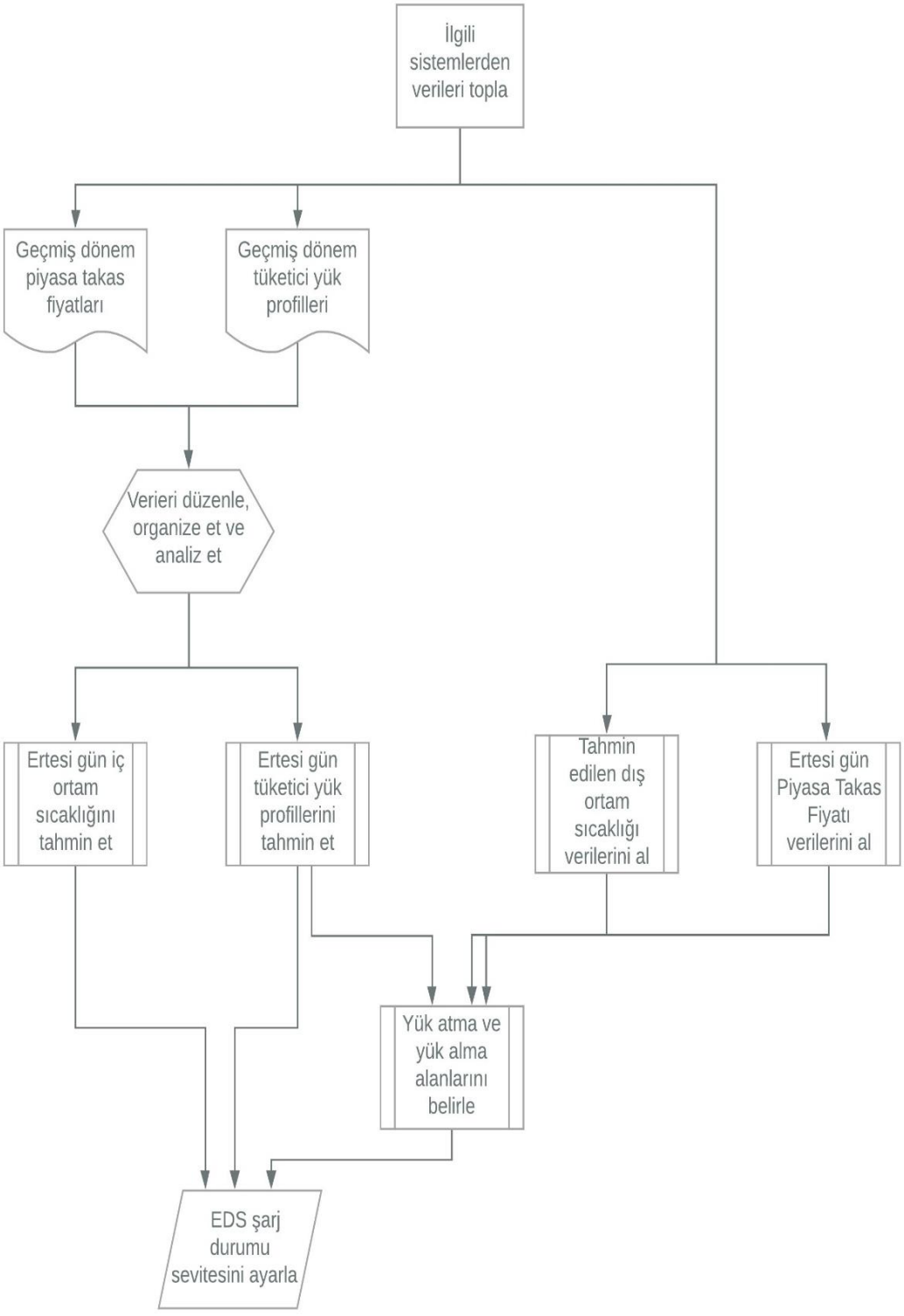
Bu denklemde e_i, tahmin edilen değer ile gerçek değer ile arasındaki farkı ifade etmektedir. A_i gerçek değere, n ise işlem sayısına karşılık gelmektedir [86].

3.3. Algoritma Tasarlanması ve Tarife Modeli

TY kapasitesinin artırılması için Şarj Durumu (SD) (State of Charge – SoC) seviyesinin önceden belirlenmesi esneklik sağlamaktadır. Tek başına HVAC sistemi üzerinden yük al – yük at komutlarının verilmesi hem sistemi verimsizleştirmekte hem de var olan kapasitenin ortaya çıkmasını engellemektedir. Şekil 3.2; Enerji Depolama Sisteminde (EDS), SD seviyesinin ayarlanmasına ait algoritmayı göstermektedir.

Enerji Depolama Sisteminin şarj durumunu planlamak için bir sonraki gün yük talebinin tahmin edilmesi gerekmektedir. Bu amaç doğrultusunda, veri tabanından, geçmiş yük talep verileri ve geçmiş iç sıcaklık verileri elde edilmiştir. Yüksek hassasiyetli tahmin verilerinin elde edilebilmesi için verilerin uygun zaman aralıklarına göre ve doğru bir şekilde etiketlenerek düzenlenmesi gerekmektedir. Veri ön işleme süreçlerinin ardından, gelişmiş filtreler kullanılarak, anormal veriler tespit edilmiştir. Geçmiş veri seti düzenlenip, analiz edildikten sonra, derin öğrenme teknikleri kullanılarak, ertesi gün on dakikalık (10 dakika) müşteri yük profilleri ve iç sıcaklık (İS) verileri elde edilebilir. Elde edilen yük profilleri ve iç sıcaklık verileri ile ertesi güne ait meteoroloji genel müdürlüğünden temin edilen hava durumu verileri ve EPİAŞ şeffaflık platformundan alınan PTF verileri kullanılarak, ertesi gün için HVAC sisteminde yük alma ya da yük atma işlemleri yapılabilecek alanlar hem yük seviyesi hem de PTF göz önünde bulundurularak tespit edilir. Bu alanların tespiti, HVAC sisteminin önceden ısıtma veya soğutma yapması için önemlidir. HVAC sisteminin çalışma planı oluşturulduktan sonra, EDS sisteminin şarj seviyesinin belirlenmesi, yüksek fiyat seviyelerinde talep yanıtı programına katılmak üzere ayarlanmaktadır. Bu

sistem hem HVAC sistemini rahatlatmak hem de daha yüksek seviyede TY'de bulunmak için ayarlanmaktadır. Şarj seviyesi; EDS'nin veri föyleri incelenerek, batarya ömrünün azalmasının önüne geçmek için SD %50'nin altına düşürülmeyecek seviyelerde tutulmaktadır. Bunun yanında, Batarya Sağlık Durumu (BSD) (State of Heath-SoH) verileri anlık olarak takip edilmektedir. BSD'nin %30'un altına inmemesi için yük atma SD seviyesi kritik seviyelere yaklaştıkça, yük atma/alma işlemlerinden kaçınılmıştır. İlgili sistemi anlatan enerji depolama sistemi şarj seviyesi kontrolü akış diyagramı Şekil 3.2'de gösterilmektedir.

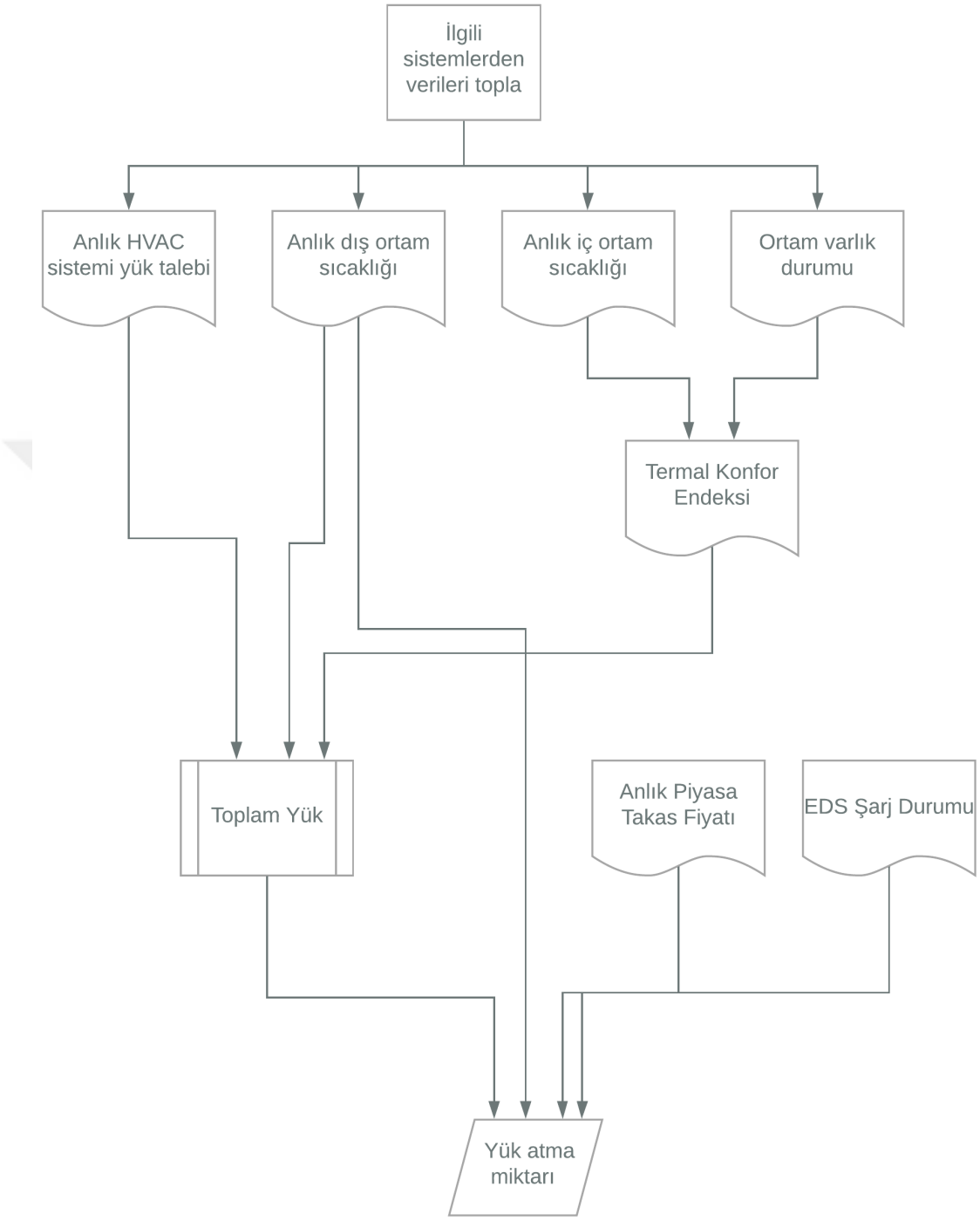


Şekil 3.2 Enerji depolama sistemi şarj seviyesi kontrolü akış diyagramı

TY kapasitesinin artırılmasına yönelik, Bulanık Mantık (BM) tabanlı çeşitli çalışmalar bulunmaktadır [49,65,87,88]. Fakat sadece BM temeline dayanan algoritmalar ile yapılan TY uygulamalarında; BM algoritmalarının geleceği ön görememesi sebebiyle, TY işlemleri sadece içinde bulunulan zaman koşulları göz önünde bulundurularak yapılmaktadır. Bu dezavantajın önüne geçmek için geliştirilen iki aşamalı algoritma yapısı sayesinde, DÖ algoritmalarının yüksek tahmin yetenekleri ile BM algoritmalarının hızlı ve sade yapısı bir araya getirilerek, gelişmiş bir çerçeve ortaya konmuştur. Şekil 3.3'te, içerisinde bulunulan zaman içinde ticari binada TY kapasitesini ortaya koyan çerçeveye ait veri akış diyagramı gösterilmektedir.

Şekilde görüldüğü üzere, öncelikle ilgili yerlerden/bölümlerden; anlık HVAC yük talebi, dış ortam sıcaklığı, iç ortam sıcaklığı ve ortamda/odada bulunan varlık durumu bilgileri alınmaktadır. Ardından binada alanlara ayrılan bölümlerden hem iç ortam sıcaklığı hem de varlık durumu bilgileri alınarak, Termal Konfor Endeksi (TKE) hesaplanmaktadır. Ardından TKİ, dış ortam sıcaklığı ve HVAC yük talep bilgileri alınarak HVAC sisteminden ne kadar yük atılabileceği belirlenmektedir. Bu bilgiye PTF, EDS ve SD bilgileri eklenerek, binanın o ana ait toplam TY kapasitesi hesaplanmaktadır.

Türkiye'de saatlik uzlaştırma yapıldığı için on dakikalık periyotlarda yapılan tahminler neticesinde TY programlarından maksimum düzeyde yararlanmak adına geliştirilen algoritma, aynı saat diliminde altı defa işlem yapabilme kolaylığı ve esnekliği sağlamıştır. HVAC sistemi ile önceden soğutma-ısıtma yapılabilmesi ve EDS'nin uygun seviyede şarj ve deşarj edilebilmesi sayesinde ise TY kapasitesinden gün içerisinde uzun süreler boyunca yüksek seviyede yararlanılabilmektedir. Bu kapasite sayesinde, TY kapasitesinin süresi uzatılarak teşvik sağlanılabileceği gibi, PTF'nin olağan dışı yüksek olduğu zamanlarda, daha yüksek kâr marjları yakalanabilmektedir. Geliştirilen algoritma ile hem daha ucuz saatlerde enerji tüketilerek kâr elde edilebilmekte hem de TY programlarına katılıp teşvik alınarak ilave avantajlar sağlanabilmektedir.



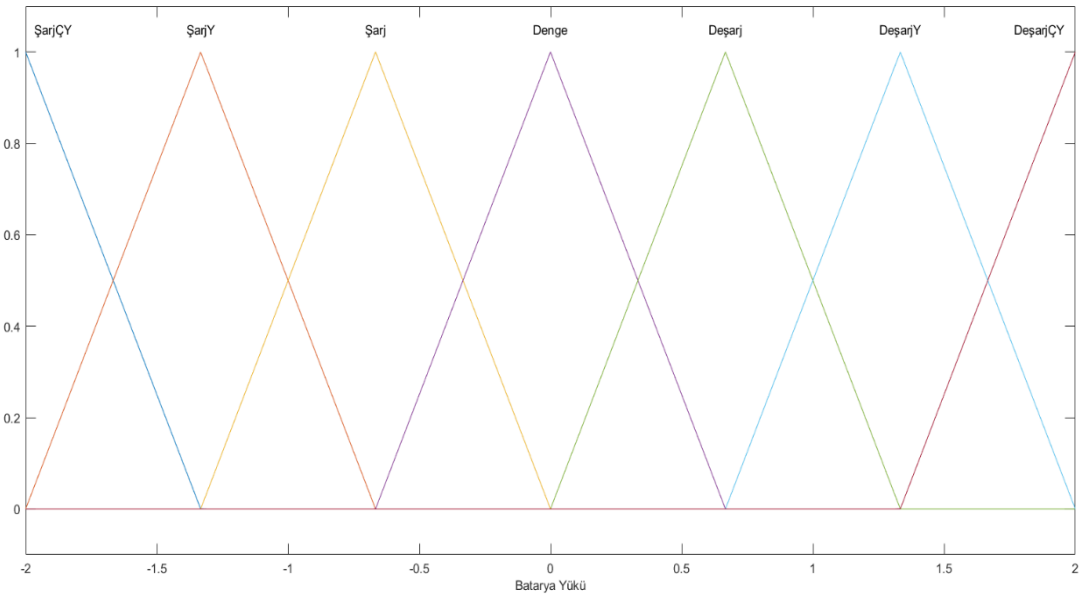
Şekil 3.3 Toplam talep yanıtı kapasitesinin belirmesine ait akış diyagramı

3.4. ANFIS / Bulanık Mantık Modeli

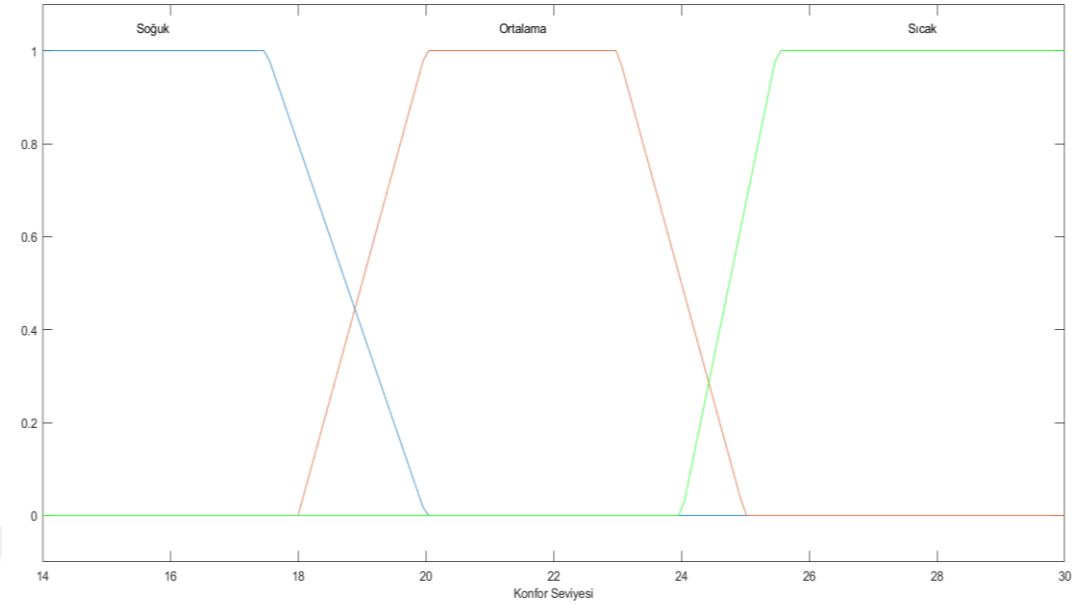
Bulanık mantık modelinin başarısı, konulan kuralların geliştirilen sistem ile ne kadar uyumlu olduğuyla ilişkilidir. Bulanık kural motoru; sistem girişlerinin bir araya getirilerek, kuralların oluşturulduğu bölümdür. Bu bölümde, oluşturulan kurallar ve bu kuralların girişler ile ilişkisi anlatılacaktır.

Batarya yükünün üyelik fonksiyonu 7 farklı seviyede haritalanmıştır: Şarj Çok Yüksek, Şarj Yüksek, Şarj, Denge, Deşarj, Deşarj Yüksek, Deşarj Çok Yüksek. Bu seviyeler, 2kW olan batarya anlık yük kapasitesine göre haritalanmıştır. Her üyelik fonksiyonunun seviyeleri, Şekil 3.4'te gösterilmiştir. Burada bir üyelik fonksiyonu, birden fazla üyelik yüzdesine sahip sayısal bir değer ile eşlenebilir. Örneğin, 0.5 değeri hem denge hem de şarj ile ifade edilmiştir.

Konfor seviyesi; Soğuk, Ortalama ve Sıcak olarak 3 farklı seviyeye sahiptir. Bu seviyeler, ASHRAE standardı 55'e [89] göre belirlenmiştir. Her üyelik fonksiyonuna ait seviyeler, Şekil 3.5'te gösterilmiştir.

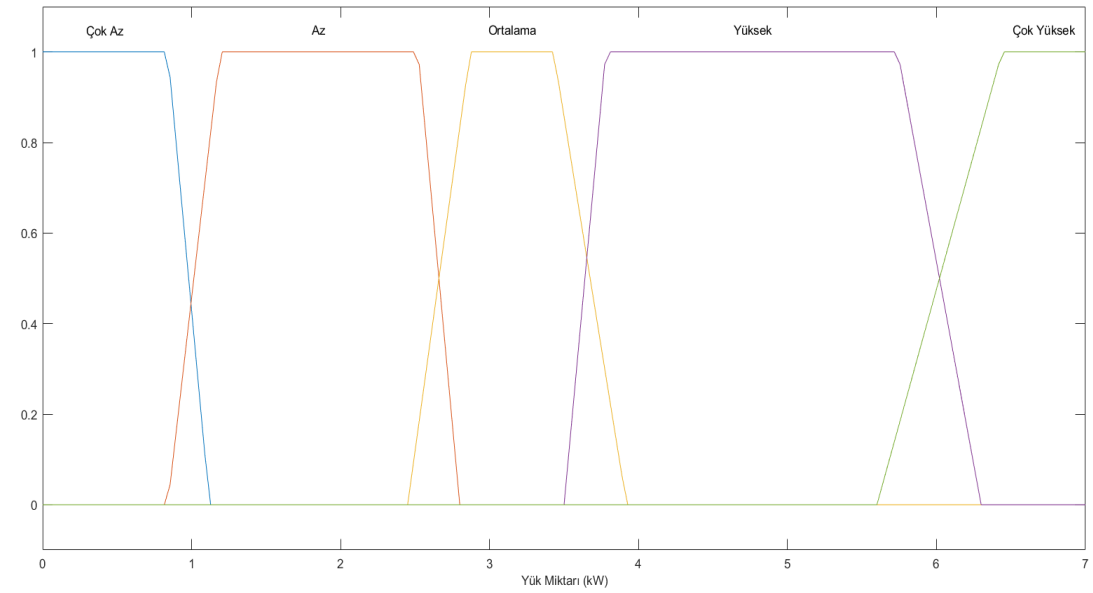


Şekil 3.4 Batarya yükü belirleme üyelik fonksiyonu

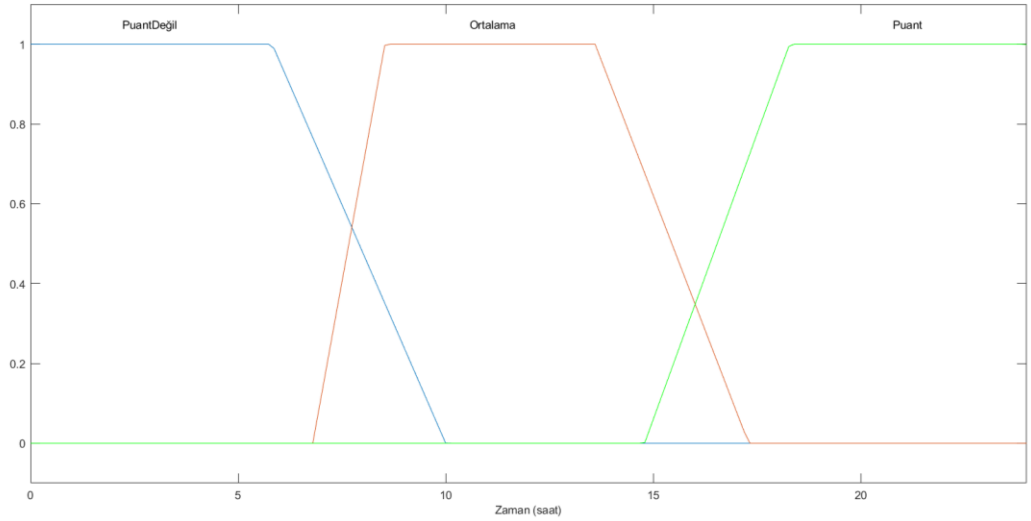


Şekil 3.5 Konfor seviyesi belirleme üyelik fonksiyonu

Yük seviyesi; Çok Az, Az, Ortalama, Yüksek ve Çok Yüksek olarak etiketlenmiş, 5 farklı seviyeye sahiptir. Bu seviyeler, bina toplam yük tüketimine göre haritalanmıştır. Her üyelik fonksiyonunun seviyeleri Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



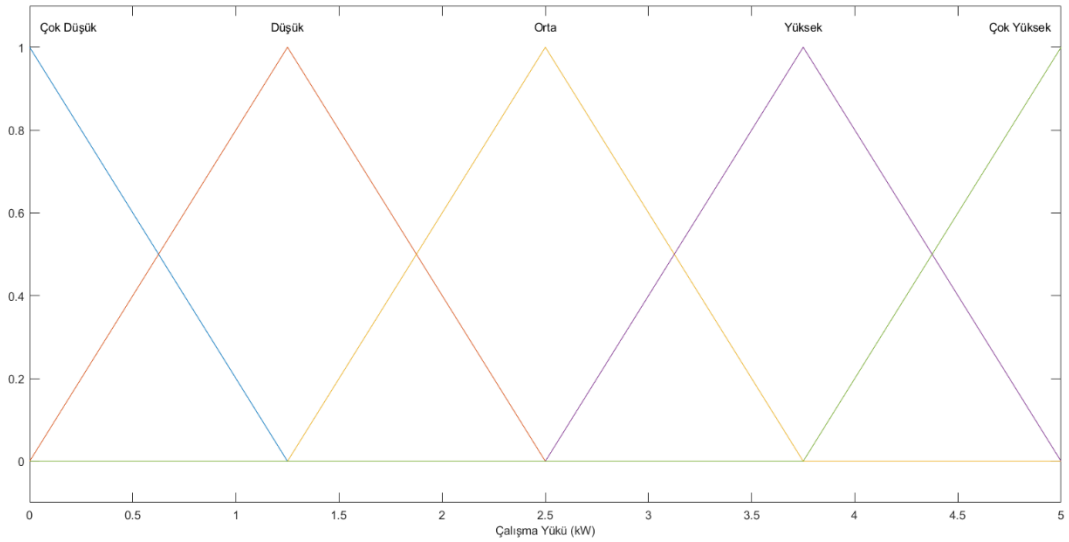
Şekil 3.6 Bina elektrik yükü seviyesi belirleme üyelik fonksiyonu



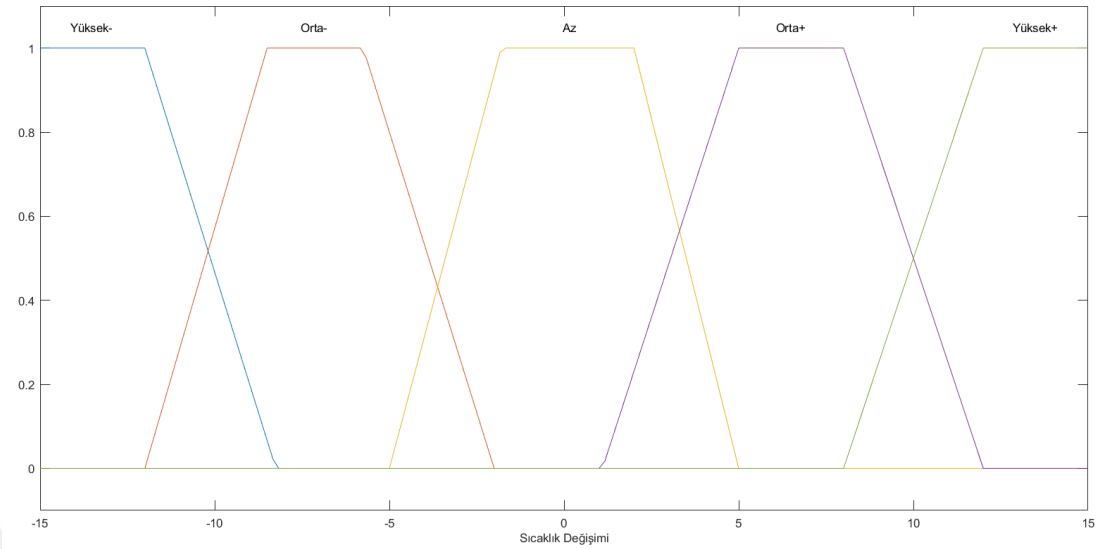
Şekil 3.7 Kullanım süresi belirleme üyelik fonksiyonu

Kullanım Süresi; Puant Değil, Ortalama ve Puant olarak etiketlenmiş 3 farklı seviyeye sahiptir. Bu seviyeler, EPİAŞ şeffaflık platformundan alınan verilere göre haritalanmıştır. Her üyelik fonksiyonunun seviyeleri Şekil 3.7'de gösterilmiştir.

Çalışma yükü seviyesi; Çok Düşük, Düşük, Orta, Yüksek ve Çok Yüksek olarak etiketlenmiş, 5 farklı seviyeye sahiptir. Bu seviyeler, bina yükü tüketimine göre (batarya yükü olmadan) haritalanmıştır. Her üyelik fonksiyonunun seviyeleri Şekil 3.8'de gösterilmiştir.



Şekil 3.8 Çalışma yükü belirleme üyelik fonksiyonu



Şekil 3.9 Sıcaklık sapma seviyesi üyelik fonksiyonu

Sıcaklık sapma seviyesi; Yüksek-, Orta- Az, Orta+, Yüksek + olarak etiketlenen, 5 farklı seviyeye sahiptir. Bu seviyeler, Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden [MGM] alınan dış sıcaklık verilerine ve iç ortam sıcaklık verileri arasındaki farka göre haritalanmıştır. Her üyelik fonksiyonunun seviyeleri, Şekil 3.9'da gösterilmiştir.

3.5. Merkezi Enerji Yönetim Sistemi Modeli

Merkezi enerji yönetim modeli hem tüketiciler hem de üreticiler üzerinde çalıştırılmak üzere oluşturulmuştur. Yapılan tahminler sonucunda, alınan veriler kullanılarak, 15 dakikalık periyotlarda model çalışmaktadır. Modelden elde edilen çıktılara göre yük alma ve yük atma komutları verilip komutların kontrolü yapılacağından, modelin çalışma süresi 10 dakikanın altında olmalıdır. Bu nedenle matematiksel model, sezgisel yöntemlerden PSO algoritması ile çalıştırılmıştır. PSO algoritmasında durdurma kriteri, 400 tekrarlama adımı olarak belirlenmiştir. Modelin amacı, öncelikle ilgili kamu kuruluşlarına bildirilen enerji üretim ve tüketim miktarlarının karşılanmasını sağlamaktır. Üretim ve tüketim yönünde oluşan enerji açıkları ise portföyde yer alan üretici ve tüketicilere verilen yük atma/alma talimatları sayesinde giderilmeye çalışılmaktadır. Portföyde yer alan gruplarla yapılan anlaşma gereği, bazı tüketicilere daha fazla yük alma/atma talimatlarının verilmesinin önüne geçmek için ceza skoru modeli ve eş yaşlandırma modeli geliştirilmiştir.

Enerji tüketim miktarlarının dengelenmesi amacıyla, tüketiciler için geliştirilen enerji dengeleme modeli denklem 3.5'te ve denklem 3.6'da tanıtılmaktadır.

$$\mathrm{NCD_{a,t,q}} = \left| \left(\sum_{a \in HSO} \sum_{t} \sum_{q=2}^{4} \frac{ASO_{a,t,q}}{4} + NCD_{a,t,q-1} \right) - \left(\sum_{a \in QHC} \sum_{t} \sum_{q=2}^{4} AQ_h C_{a,t,q} \right) \right| \tag{3.5}$$

$$NCD_{a,t,q-1} = \left\{ \left(\sum_{a \in HSO} \sum_{t} \frac{ASO_a}{4} \right) - \left(\sum_{a \in QHC} \sum_{t} AQ_h C_a \right) \right\} \tag{3.6}$$

Burada; $\mathrm{NCD_{a,t,q}}$ ilgili zaman aralığındaki net tüketim talebini, $ASO_{a,t,q}$ kabul edilen saatlik satış teklif miktarını, $NCD_{a,t,q-1}$ net tüketim talebi miktarını, $AQ_h C_{a,t,q}$ kabul edilen çeyrek saatlik tüketim miktarını, HSO saatlik satış teklifini, QHC q zaman aralığındaki çeyrek saatlik tüketim miktarını göstermektedir.

Tüketim modeli için maliyeti minimize etmek amacıyla denklem 3.7'de geliştirilen model tanıtılmaktadır.

$$\min \left\{ \left(\sum_{a \in QHC} \sum_{t} \sum_{a} \frac{CQ_h C_{a,t} * AQ_h C_{a,t,q} \pm LCB_{a,t,q} * CLCB_{a,t}}{CQ_h C_a \pm CLCB_a} \right) \right\} \tag{3.7}$$

Burada; $CQ_h C_{a,t}$ çeyrek saatlik tüketim maliyetini, $LCB_{a,t,q}$ kabul edilen yük tüketim denge miktarını, $CLCB_{a,t}$ tüketim denge yük maliyetini göstermektedir.

Enerji üretim miktarlarının dengelenmesi amacıyla, üreticiler için geliştirilen enerji dengeleme modeli, denklem 3.8'de ve denklem 3.9'da tanıtılmaktadır.

$$\mathrm{NPD_{a,t,q}} = \left| \left(\sum_{a \in ABB} \sum_{t} \sum_{q=2}^{4} \frac{ABB_{a,t,q}}{4} + NPD_{a,t,q-1} \right) - \left(\sum_{a \in QHP} \sum_{t} \sum_{q=2}^{4} AQ_h P_{a,t,q} \right) \right| \tag{3.8}$$

$$NPD_{a,t,q-1} = \left\{ \left(\sum_{a \in ABB} \sum_{t} \frac{ABB_a}{4} \right) - \left(\sum_{a \in QHP} \sum_{t} AQ_h P_a \right) \right\} \tag{3.9}$$

Burada; $\mathrm{NPD}_{\mathrm{a,t,q}}$ ilgili zaman aralığındaki net üretim talebini, $ABB_{a,t,q}$ kabul edilen saatlik satış teklif miktarını, $NPD_{a,t,q-1}$ net üretim talep miktarını, $AQ_h C_{a,t,q}$ kabul edilen çeyrek saatlik üretim miktarını, HSO saatlik satış teklifini, QHP q zaman aralığındaki çeyrek saatlik üretim miktarını göstermektedir.

Tüketim modeli için maliyeti minimize etmek amacıyla, denklem 3.10'da geliştirilen model tanıtılmaktadır.

$$\min \left\{ \left(\sum_{a \in QHP} \sum_{t} \sum_{a} \frac{CQ_h P_{a,t} * AQ_h P_{a,t,q} \pm LPB_{a,t,q} * CLPB_{a,t}}{CQ_h P_a \pm CLPB_a} \right) \right\} \tag{3.10}$$

Burada; $CQ_h P_{a,t}$ çeyrek saatlik üretim maliyetini, $LPB_{a,t,q}$ kabul edilen yük üretim denge miktarını, $CLPB_{a,t}$ üretim denge yük maliyetini göstermektedir.

Üretici ve tüketicilerin yük atma/yük alma taleplerini karşılayamama durumunda, üretici ve tüketicilere ceza skoru eklenmektedir. Tüketiciler için geliştirilen ceza skoru matematiksel modeli denklem 3.11'de, üreticiler için geliştirilen ceza skoru matematiksel modeli ise denklem 3.12'de gösterilmiştir.

$$PSC_{\mathrm{a,t,q}} = \left\{ \left| \sum_{a \in HSO} \sum_{t} \sum_{q} CQ_h C_a - \sum_{a \in HSO} \sum_{t} MCP_t \right| + \sum_{a \in HSO} \sum_{t} \sum_{q} RQ_h C_a \right\} xUPC \tag{3.11}$$

$$PSP_{\mathrm{a,t,q}} = \left\{ \left| \sum_{a \in HBB} \sum_{t} \sum_{q} CQ_h P_a - \sum_{a \in HBB} \sum_{t} MCP_t \right| + \sum_{a \in HBB} \sum_{t} \sum_{q} RQ_h P_a \right\} xUPC \tag{3.12}$$

Burada; CQ_hC_a çeyrek saatlik tüketim maliyetini, MCP_t saatlik piyasa takas fiyatını, RQ_hC_a reddedilen çeyrek saatlik tüketim miktarını, CQ_hP_a çeyrek saatlik üretim maliyetini, RQ_hP_a reddedilen çeyrek saatlik üretim miktarını ve UPC dengesizlik ceza katsayısını ifade etmektedir.

Geliştirilen model kapsamında, sürekli aynı tüketici ve üreticilerden yük atma ya da yük alma talebinde bulunmanın önüne geçmek için eş yaşlandırma katsayısı belirlenmiştir. Eş yaşlandırma ceza katsayılarına ilişkin veriler, Çizelge 3.1'de gösterilmektedir. Buna göre; kalan kontrat kontrol süresi anlaşma süresinin %75'inin üzerindeyse eş yaşlandırma ceza katsayısı PTF fiyatının %2 üzeri olarak, %50 ile %75 arasında ise PTF fiyatının %5 üzeri olarak, %25 ile %50 arasında ise PTF fiyatının %10 üzeri olarak ve %5 ile %25 arasında ise PTF fiyatının %20 üzeri olarak uygulanmaktadır.

Çizelge 3.1 Eş yaşlandırma katsayıları

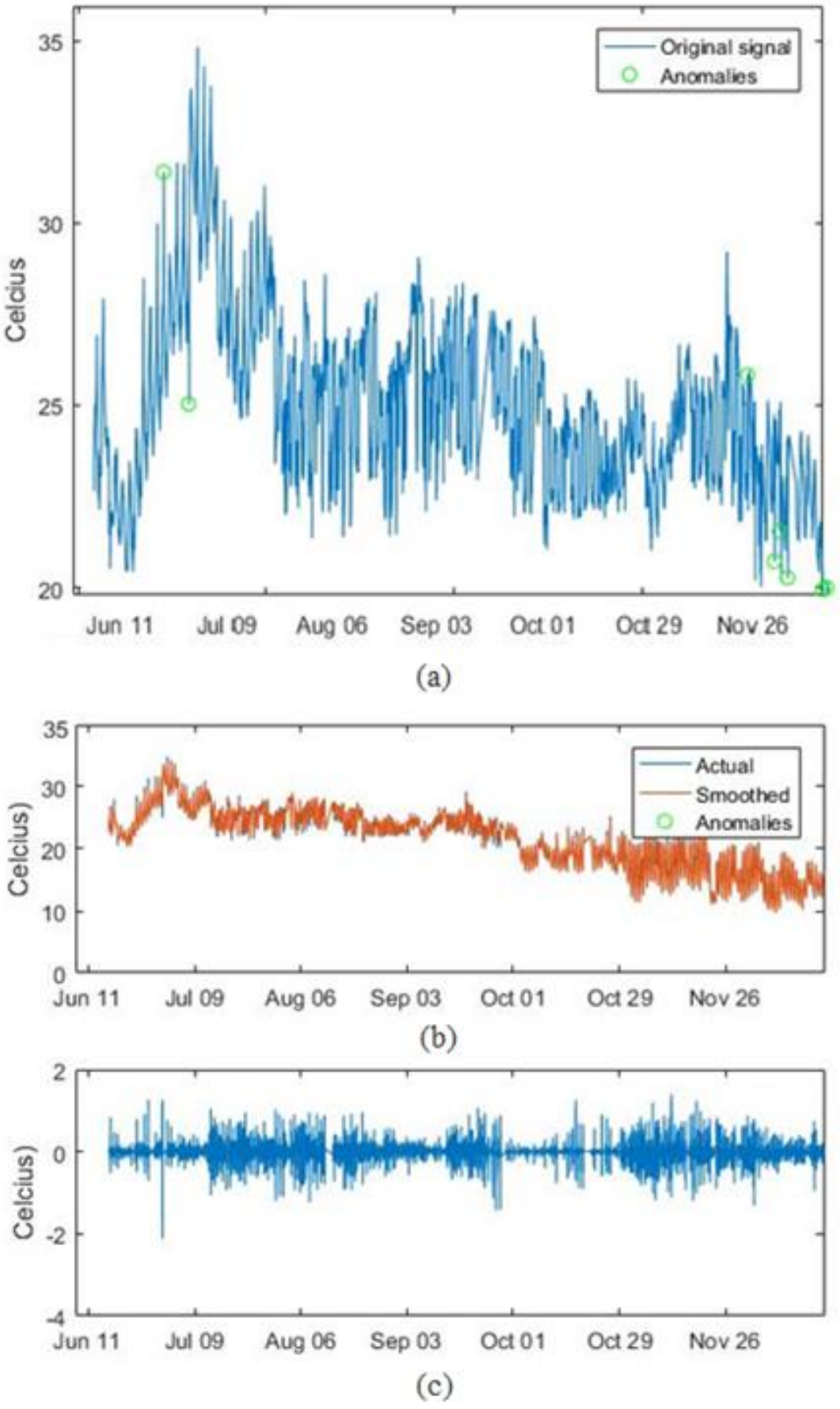
Kalan Kontrat Kontrol Süresi	Ağırlıklandırılmış Piyasa Takas Fiyatı
%75	PTF + %2
%50	PTF + %5
%25	PTF + %10
%5	PTF + %20

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Ticari binalarda elektrik yükünün tahmin edilmesi; hava sıcaklığı, bina yapısı, yük ayrıştırma, binadaki kişi sayısı ve binada bulunan kişilerin davranışı gibi birçok faktörden etkilenir [22]. Problemi etkileyen faktörler ele alındığında; problemin, doğrusal olmayan bir özelliğe sahip olduğu tespit edilmiştir. LSTM modeli ile gerçekçi ve doğru bir model geliştirmek için 2018 yılı Ocak-Aralık döneminde (1 yıl için); elektrik yükü verileri, iç ve dış sıcaklık, binadaki kişi sayısı ve oda doluluk oranı verileri toplanmıştır. Güvenilir tahmin sonuçları elde etmek için veriler, 10 dakika ve 60 dakika olmak üzere iki farklı zaman etiketiyle sınıflandırılmıştır. Elektrik yükleri; HVAC tüketimleri, her katın priz ve aydınlatma tüketimleri, asansör tüketimleri ve mutfakta kullanılan elektrikli tüketim cihazları olarak alt kategorilere ayrılmıştır. Alt tüketim gruplarının ayrılması ve farklı senaryoların geliştirilmesi, tahminlerin daha doğru ve net yapılmasını sağlamıştır. Bu bölümde, bina yük tüketimi için farklı zaman dilimlerinde elde edilen tahmin sonuçları sunulmaktadır. Ayrıca geliştirilen sistemden elde edilen, bina enerji yönetimi performans sonuçları verilmiştir.

4.1 Yük Tahmin Modeli Sonuçları

Makine öğrenmesi ve derin öğrenme gibi yapay zekâ yöntemleriyle yapılacak çalışmalarda, en önemli aşamalardan biri veri temizliği aşamasıdır. Çünkü veri içerisinde yer alan hatalı veriler, tahmin performansını olumsuz etkileyecektir. Hatalı veriler öncelikle filtre kullanılarak tespit edilmiş ve ardından mod medyan algoritması ile düzeltilmiştir. Şekil 4.1'de, filtre ve algoritmaların uygulanması sonucu tespit edilen hatalı değerler gösterilmiştir.



Şekil 4.1 (a) Hatalı verilerin tespiti (b) Hatalı verilerin düzeltilmesi (c) Düzeltme miktarı

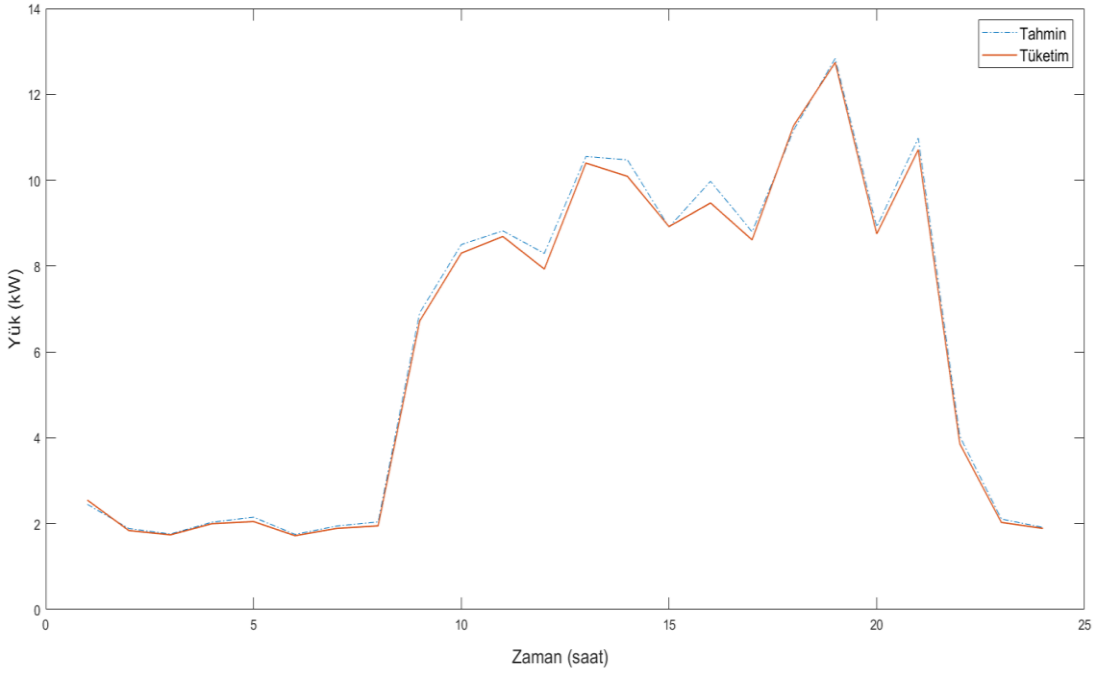
YSA yönteminde nöron sayının artırılması, LSTM yönteminde ise gizli katman ve nöron sayısının artırılması, genellikle tahmin performansını bir dereceye kadar iyileştirir. Ancak bazı durumlarda karmaşıklığa neden olduğu için modelin çalışmasını zorlaştırmaktadır. Örneğin, nöron sayısı 10, 25, 50, 75 ve 100 olarak gizli katman sayısı ise 2 ve 3 olarak test test edilmiştir. Modeller üzerinde yapılan testler sonucu optimum nöron sayısı 50 olarak ve gizli katman sayısı 3 olarak belirlenmiştir. Modellerin başarısını test etmek için bir önceki bölümde denklemleri verilen OKH, KOKH, OMH ve OMYH metrikleri kullanılmıştır. Çalışmada, saatlik ve 10 dakikalık olmak üzere, iki farklı tahmin yapılmıştır. Ayrıca tahminler; farklı tüketim kalıpları nedeniyle, farklı gün tipleri için iş günü, mesai dışı gün ve tatil olarak gruplandırılmıştır. Çalışma günleri, Pazartesi'den Cuma'ya kadar olan günleri içerir. Çalışma günlerinde binada tüm personelin bulunması nedeniyle yük tüketimi yüksektir. Ayrıca bir kısım personel mesai saatlerinden sonra fazla mesai yapabilir. Çalışma dışı gün, genellikle Cumartesi günlerini içerir. İş gününden farklı olarak, binada sadece o gün için belirli bir işi olan yani fazla mesai yapan veya malzeme teslim eden personel bulunur. Çalışma saatleri, iş günü kadar uzun değildir. Tüketim miktarı ne çalışma gününden fazla ne de tatil günlerinden azdır. Tatil günleri, yasal çalışma izninin olmadığı günleri içerir. Genellikle Pazar günleri olmakla birlikte, resmî tatilleri de kapsamaktadır. Binanın baz yüküne sahip olduğu günler olarak tanımlanabilir.

4.1.1 Saatlik LSTM Tahmin Modeli Sonuçları

Saatlik tahmin modelinde; bina enerji tüketimleri, iç ortam sıcaklığı, dış ortam sıcaklığı, çalışma günü, çalışma dışı gün, tatil bilgisi, aydınlatma gereksinimi ve çalışma süresi parametreleri kullanılarak 17520 adet veri eğitilmiştir. Tahmin sonuçları; iş günü, hafta sonu ve tatil olmak üzere, üç ana başlık altında değerlendirilmektedir. Ayrıca, LSTM yönteminin tahmin performansı, YSA ve DVM yöntemleri ile karşılaştırılmıştır.

Şekil 4.2, Ankara'daki ticari binanın saatlik güç tüketimi ve saatlik LSTM güç tahmini sonuçlarını göstermektedir. Düz kırmızı çizgi; saatlik tüketilen güç miktarını temsil ederken, kesikli mavi çizgi; LSTM modelinin saatlik güç tüketim tahminlerini temsil eder. Şekil 4.2'de gösterildiği üzere geliştirilen model, elektrik tüketimindeki gerçek eğilimi takip edebilmektedir.

Çizelge 4.1, algoritmaların; çalışma günleri, çalışma dışı günler ve tatil günleri için tahmin sonuçlarının, saatlik zaman çözünürlüğünde dört farklı metrik ile karşılaştırmasını göstermektedir. En başarılı performansa sahip tahminin, tatil günleri için yapıldığı ve en az başarılı tahmin performansının, çalışma dışı günler için yapıldığı gösterilmiştir. Bina enerji tüketiminin; tatil günlerinde baz yüke sahip olması, binadaki personel sayısının az olması ve yük değişimi miktarının sınırlı olması nedeniyle, tahmin performansının yüksek olduğu izlenmiştir. Ancak mesai dışı günlerde, çalışma saatlerinin uzun ve değişken olmasıyla beraber binadaki personel sayısının değişkenliği, tahmin performansını olumsuz anlamda önemli ölçüde etkilemiştir. Bunun yanında tatil günleri dışında LSTM yöntemi, diğer yöntemlere göre daha başarılı tahmin performansı göstermiştir. Tatil günlerinde yük değişiminin sınırlı kalması nedeniyle; YSA ve DVM yöntemleri, LSTM yöntemine göre daha başarılı performans sergilemiştir. YSA ve DVM arasında farklı metriklere göre başarı performansı az miktarda değişkenlik gösterse de benzer performans sergilemişlerdir.



Şekil 4.2. Saatlik enerji tüketimi ve saatlik LSTM enerji tüketim tahmini

Çizelge 4.1. Algoritmaların farklı gün tipleri için kıyaslanması

	Çalışma günleri		Çalışma dışı günler		Tatil günleri	
	KOKH	OMYH	KOKH	OMYH	KOKH	OMYH
YSA	0.4988	6.5937	1.0636	9.1724	0.1947	3.3611
DVM	0.4722	6.3771	1.0185	8.7915	0.1978	3.3249
LSTM	0.4319	5.8153	0.9363	8.0241	0.2073	3.4252

Çizelge 4.2'de; YSA, DVM ve LSTM yöntemlerinin saatlik çözünürlük için performansları OKH, KOKH, OMH ve OMYH ile karşılaştırılarak özetlenmektedir. Çizelge incelendiğinde, LSTM; bir senaryo dışında, her durumda diğer yöntemlerden daha iyi performans göstermiştir. Diğer tüm senaryolarda LSTM'nin binanın saatlik enerji tüketimi tahminlerinde YSA ve DVM'den çok daha başarılı sonuçlar göstermesi dikkat çekicidir. YSA ve SVM, yalnızca Çizelge 4.1'deki tatil günlerinde LSTM'den daha iyi performans göstermiştir. Bu noktada LSTM'nin, özellikle enerji değişiminin yoğun olduğu durumlarda, daha iyi performans gösterdiği dikkat çekmektedir. Bilhassa değişken yüklerin olduğu ve yük değişiminin yüksek frekansta değiştiği uygulamalarda LSTM'nin kullanılması önerilebilir.

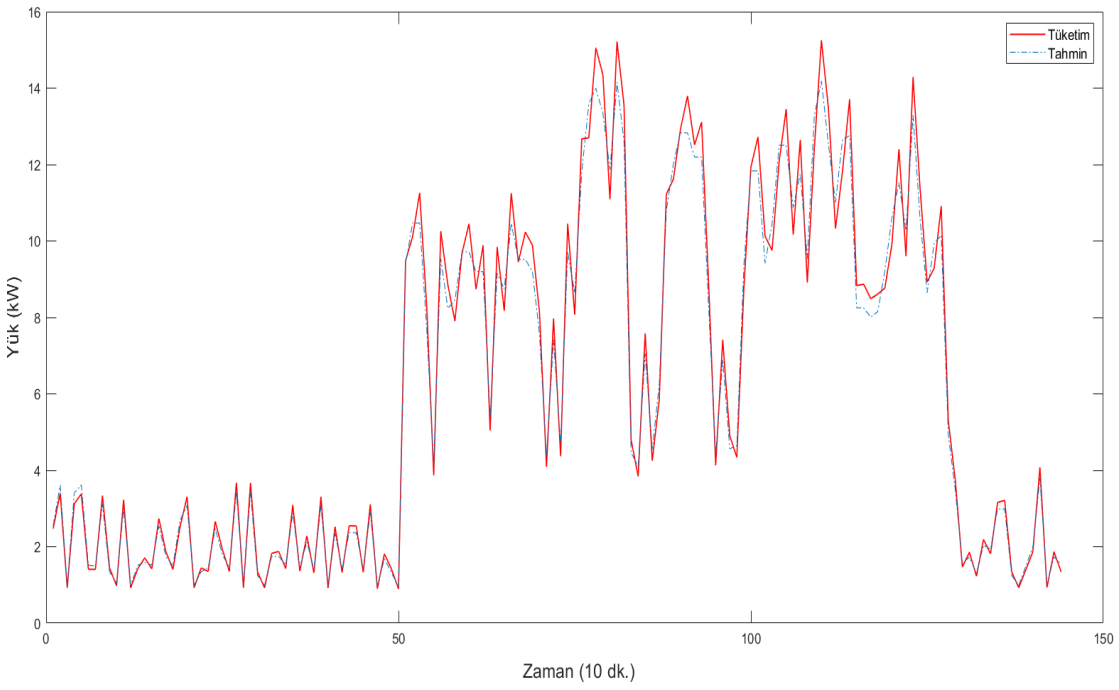
Çizelge 4.2. Algoritmaların saatlik ölçüm performanslarının kıyaslanması

	OKH	KOKH	OMH	OMYH %
YSA	0.3310	0.5753	0.4941	6.4736
DVM	0.3034	0.5508	0.4722	6.1927
LSTM	0.2646	0.5143	0.4413	5.7894

4.1.2. On Dakikalık LSTM Tahmin Modeli Sonuçları

10 dakikalık tahmin modelinde, 1 saatlik tahmin modeliyle aynı veri grupları kullanılırken, model, 51840 adet veri kullanılarak eğitilmiştir. Tahmin sonuçları; çalışma günü, çalışma dışı günler ve tatil günleri olmak üzere üç ana başlık altında değerlendirilmektedir. Ayrıca LSTM yöntemi tahmin performansı; YSA ve DVM yöntemleri ile karşılaştırılmıştır. Yakın gelecekte Türkiye 15 dakikalık uzlaştırma dönemine geçiş planladığından, 10 dakikalık zaman çözünürlüğünde yapılan tahminler, TTY uygulamaları için daha fazla önem arz edecektir. Bu sebeple; geliştirilen model ile geçilmesi planlanan uzlaştırma dönemine de ayak uydurabilmesi için, 10 dakikalık zaman çözünürlüğünde de tahmin yapılması kararlaştırılmıştır.

Şekil 4.3, Ankara'daki ticari binanın, on dakikalık güç tüketimi ve saatlik LSTM güç tahmini sonuçlarını göstermektedir. Düz kırmızı çizgi; on dakikalık tüketilen güç miktarını temsil ederken, kesikli mavi çizgi; LSTM modelinin on dakikalık güç tüketim tahminlerini temsil eder. Şekil 4.3'te gösterildiği gibi, geliştirilen model elektrik tüketimindeki gerçek eğilimi takip edebilmektedir.



Şekil 4.3. On dakikalık enerji tüketimi ve LSTM enerji tüketim tahmini

Çizelge 4.3; algoritmaların çalışma günleri, çalışma dışı günler ve tatil günleri için tahmin sonuçlarının on dakikalık zaman çözünürlüğünde dört farklı metrik ile karşılaştırmasını göstermektedir. Saatlik tahmin modeline benzer şekilde, en başarılı performansa sahip tahminin tatil günleri için yapıldığı ve en az başarılı tahmin performansının çalışma dışı günler için yapıldığı gösterilmiştir. Bina enerji tüketiminin, çoğunlukla tatil günlerinde baz yükte olması ve binadaki personel sayısının az olması nedeniyle yük değişiminin sınırlı olması, tahmin performansının yüksek olmasını sağlamıştır. Fakat çalışma dışı günlerde, çalışma saatlerinin uzun ve değişken olması, tahmin performansını olumsuz anlamda etkilemiştir.

Bunun yanında tüm gün tipleri için LSTM yöntemi, diğer yöntemlere göre daha başarılı tahmin performansı göstermiştir. Saatlik tahmin modelinde; tatil günlerinde YSA ve DVM yöntemleri LSTM yöntemine göre daha başarılı performans sergilemiş olmasına rağmen, on dakikalık tahmin modelinde; yük değişimlerinin daha ani olması durumu, LSTM yönteminin daha başarılı performans göstermesine sebep olmuştur. YSA ve DVM arasında farklı metriklere göre başarı performansı az miktarda değişkenlik gösterse de benzer performans sergiledikleri görülmektedir.

Çizelge 4.3. Gün tipleri için on dakikalık tahmin performansının karşılaştırılması

	Çalışma günleri		Çalışma dışı günler		Tatil günleri	
	RMSE	MAPE	RMSE	MAPE	RMSE	MAPE
YSA	0.7821	8.8962	0.9448	10.6600	0.5129	6.0174
DVM	0.7512	8.5854	0.9129	10.2697	0.4782	5.7163
LSTM	0.6891	7.8947	0.8216	9.2771	0.4960	5.8916

Çizelge 4.4’te; YSA, DVM ve LSTM yöntemlerinin on dakikalık çözünürlük için performansları OKH, KOKH, OMH ve OMYH ile karşılaştırılarak özetlenmektedir. Metrikler, LSTM'nin, YSA ve DVM'ye kıyasla en kesin tahmin performansına sahip olduğunu göstermektedir. DVM'nin yalnızca tatil durumunda LSTM'den daha iyi performans gösterdiğini, ANN'nin hiçbir senaryoda LSTM'den daha iyi performans göstermediğini belirtmekte fayda vardır. Bu senaryo; tüm simülasyon sonuçları arasında DVM'nin, LSTM'den daha iyi performans gösterdiği tek durumdur. Sonuçlar

incelendiğinde; verilerdeki değişim orantısal olarak daha yüksek olduğunda, LSTM'nin daha iyi performans gösterdiği gözlemlenmiştir. Bu nedenle, LSTM, kısa süreli çözünürlükte YSA ve DVM gibi diğer yöntemlerden daha iyi performans göstermiştir.

Ayrıca tatillerde tüketim değişkenliği çok düşük olduğundan ve bina neredeyse sadece baz yükte çalıştığından tahmin doğruluğu oldukça yüksektir. Bu kapsamda hafta sonu yapılan tüketim tahminleri, hafta içi yapılan tüketim tahminlerinden daha iyi sonuçlar vermiştir. Çalışma günü için tüketim tahminlerinin doğruluğunu etkileyen faktörler; kullanıcıların klima sıcaklıklarındaki değişiklikler, artan aydınlatma ve depoya giriş ve çıkış zamanlarının tahmin edilememesi nedeniyle makine tüketim değerleri olarak gösterilebilir. Ancak, tahminlerin doğruluğunun en düşük olduğu dönem, çalışma dışı günlerdir. Mesai sürelerinin değişkenliği, farklı birimlerden personellerin çalışması ve kullanıcı davranışı belirsizliği, çalışma dışı günlerin tahmin performansını önemli ölçüde düşürmektedir.

Çizelge 4.4. Algoritmaların on dakikalık tahmin performansının karşılaştırılması

	OKH	KOKH	OMH	OMYH %
ANN	0.6023	0.7761	0.6319	8.7991
SVM	0.5591	0.7476	0.6078	8.4851
LSTM	0.4707	0.6860	0.5585	7.8060

4.2. ANFIS Yük Kontrol Modeli Sonuçları

Tahminler sonucunda elde edilen bina yük profilinden yola çıkılarak geliştirilen ANFIS tabanlı IC yaklaşımı, enerji tasarrufu ile kullanıcı konforunu dengeleyecek şekilde tasarlanmıştır. Tasarlanan sistem, bulanık mantık kurallarını çalıştırarak yük atma miktarını ayarlamayı amaçlamaktadır. Bu sistemin bir diğer amacı ise; enerji tüketimini azaltmak ve termal konforu etkilemeden, en uygun iç ortam sıcaklığını sağlamaktır. Bu hedeflere ulaşmak için 210 kural tanımlanmıştır. Bölüm 2'de gösterildiği gibi, bulanık mantık, dört aşamalı bir yapıda olayları kontrol eder. Kural tabanlı aşama; girişleri ve çıkışları temsil ederek, giriş sinyallerine göre çıkışlara nasıl tepki verileceğini açıklar. ANFIS sistemi ile geliştirilen model; iç ortam sıcaklığı, dış ortam sıcaklığı ve PTF'yi ele alıp, bina enerji tüketimini dengeleyerek enerji tasarrufu

sağlamaktadır. Bu amaçla yük atma miktarını belirlemek için bu sistem tarafından kuralların çağrılması gerekir. Bununla birlikte sistem, maksimum talep tepkisi teşviki amacıyla optimal yük atma miktarını hesaplamak için bir talep tarafı yönetim aracısı olarak çalışır. Bu işlemler; Çizelge 4.5, Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7'de verilen bulanık mantık kuralları ile gerçekleştirilir. D Düşük, O Orta, Y Yüksek, So Soğuk, Sı Sıcak, I Ilık, A Az, Ort Ortalama, F Fazla, Y Yeterli, Yz Yetersiz, U Ucuz, De Değer ve P Pahalı, anlamına gelir. Bu yapı aşağıdaki gibi sıralanan kuralları içerir.

Çizelge 4.5, Toplam Yük Tüketimi için Bulanık kurallar kümesini gösterir. Örneğin; HVAC tüketimi düşük, iç sıcaklık soğuk, dış sıcaklık soğuk ve yük orta ise toplam yük tüketimi ortalamadır. Çizelge 4.6, Termal Konfor İndeksi (TKİ) için bulanık kuralları göstermektedir. TKİ doğrudan iç ortam sıcaklığı ve yükle ilişkilidir, bu nedenle iç ortam sıcaklığı soğuk ve yük ortalama ise TKİ yetersizdir. Çizelge 4.7, Yük Atma algoritması için bulanık kuralları gösterir. Örneğin, toplam yük yüksek, TKİ yeterli ve PTF değer ise yük atma miktarı yüksek olur.

Çizelge 4.5. Toplam yük tüketimi bulanık mantık kuralları

Kural Sayısı	HVAC Tüketimi	İç ortam sıcaklığı	Dış ortam sıcaklığı	Yük Miktarı
1	D	So	So	A
2	D	So	So	Ort
.	O	I	I	F
.	O	I	I	A
80	Y	Sı	Sı	Ort
81	Y	Sı	Sı	F

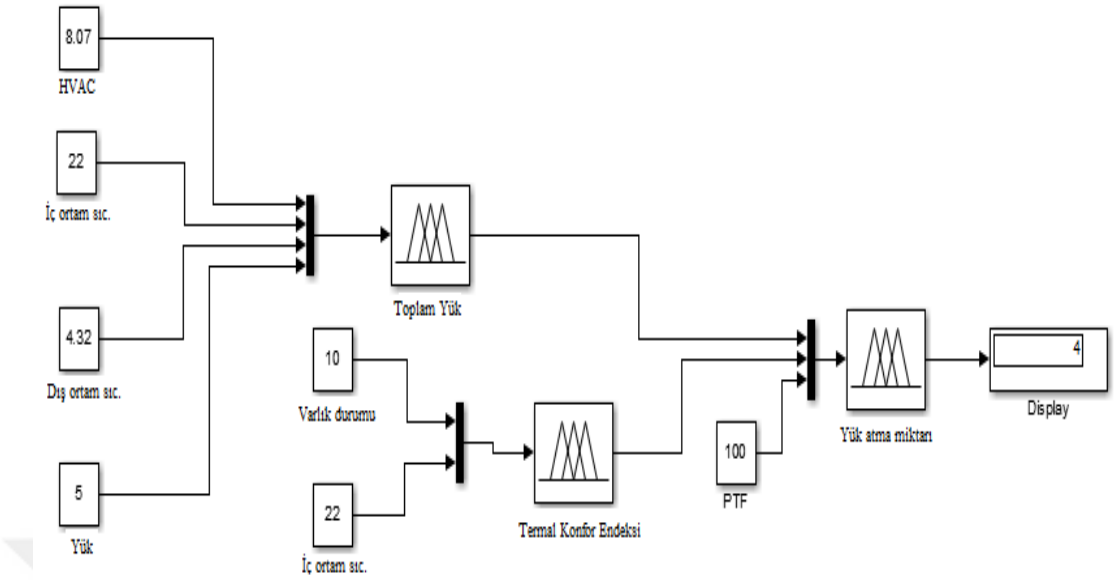
Çizelge 4.6. Termal konfor endeksi bulanık mantık kuralları

Kural Sayısı	İç ortam sıcaklığı	Yük Miktarı
1	So	A
2	So	Ort
.	I	F
.	I	A
8	Sı	Ort
9	Sı	F

Geliştirilen kontrolör, 3. bölümde açıklanan iki aşamalı ardışık kontrol yapısına sahiptir. ANFIS sistemi çok girişli ve tek çıkışlı bir model olduğundan, iki sistemin birbiriyle entegre olması gerekmektedir. ANFIS-AD denetleyicisini oluşturmak için iki ANFIS modeli MATLAB-Simulink ortamında bir araya getirilmiştir. Şekil 4.4, geliştirilen ANFIS modellerinin entegre edilerek, ANFIS-AD sisteminin geliştirilmesi için kullanılan Simulink sistemini göstermektedir.

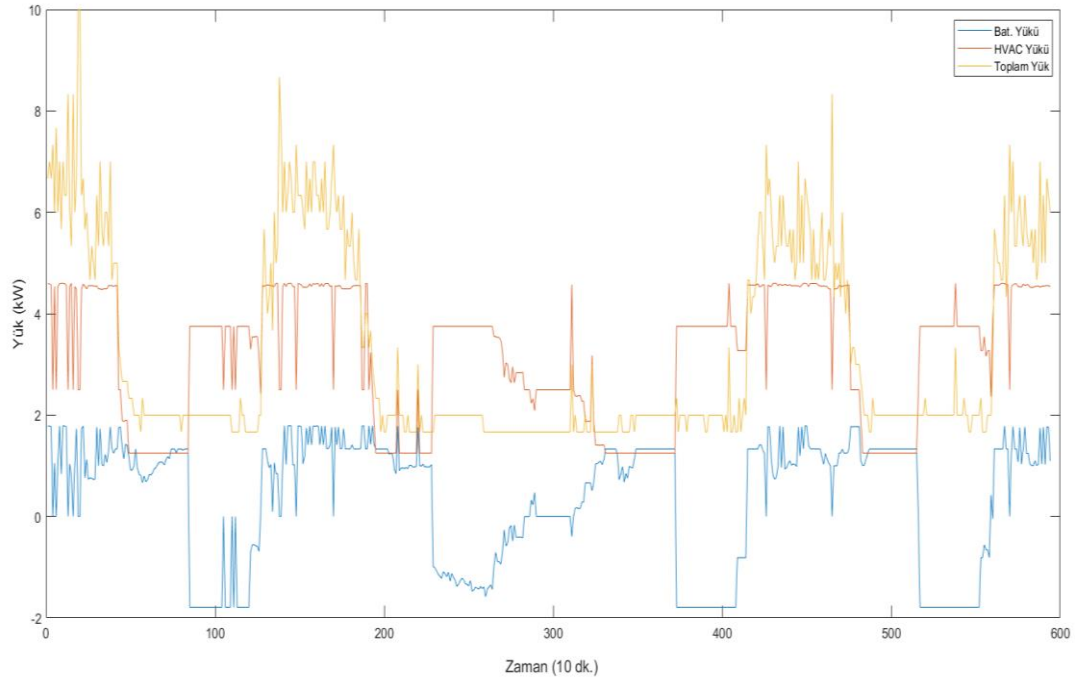
Çizelge 4.7. Yük atma bulanık mantık kuralları

Kural Sayısı	Toplam Yük Miktarı	TKİ	PTF
1	A	Y	U
2	Ort	Yz	D
.	F	Yz	P
.	A	Y	U
17	Ort	Y	D
18	F	Yz	P

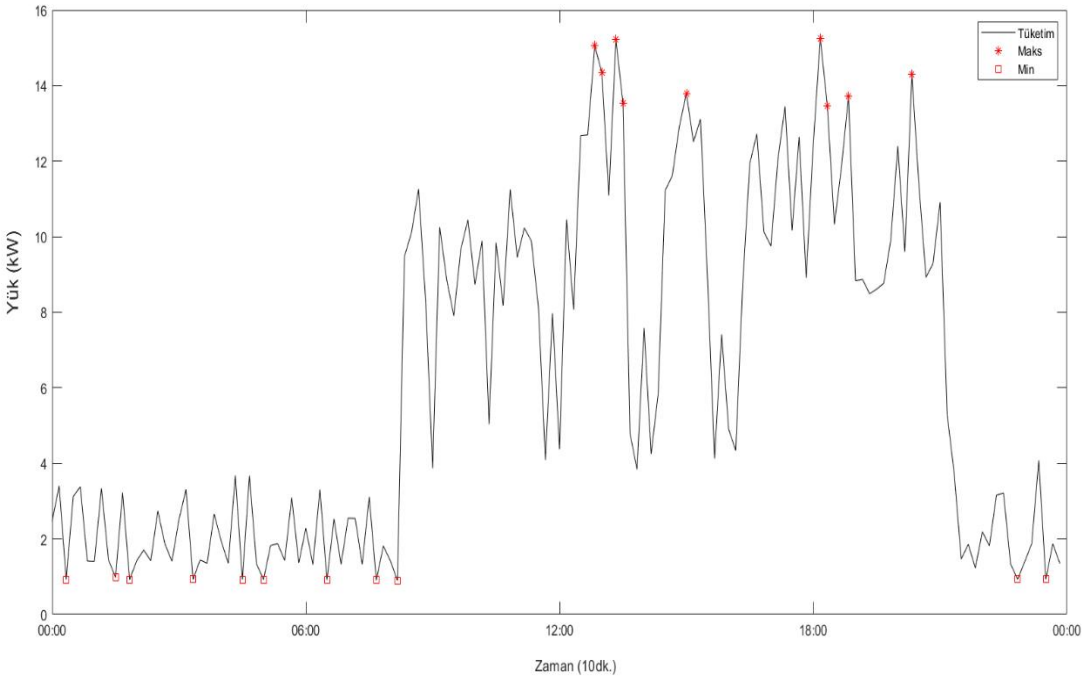


Şekil 4.4 Simulink ortamında entegre edilen ANFIS-AD denetleyicisi

ANFIS-AD tarafından kontrol edilen Toplam Yük, HVAC Yükü ve Batarya Yükünün enerji tüketimleri Şekil 4.5'te gösterilmiştir. Şekil 4.5, 10 dakikalık zaman aralığında; batarya yükü, HVAC yükü ve Toplam Yüke ait yük değişimlerini göstermektedir. Bu grafik, özellikle hem çalışma günlerini hem de çalışma dışı günleri ve tatil günlerini içerdiği için seçilmiştir. Turuncu çizgi; bina tarafından tüketilen toplam yükü gösterirken, kırmızı çizgi; binanın HVAC dışı tükettiği gücü (batarya yükü, HVAC dışı yükleri) ifade eder ve mavi çizgi; batarya tarafından sistemden sağlanan veya sistemden çekilen gücü gösterir. Şekil 4.5'te görüleceği gibi fiyat düşük olduğunda ve sisteme ihtiyaç duyulmadığında, enerji depolama sistemi kendini şarj eder ve sistemi desteklemek için kendini hazır tutar. Fiyatın yüksek ve sistemin batarya gücüne ihtiyacı olduğu durumda, TY tarifesini maksimum seviyede desteklemek amacıyla enerji depolama sistemi kullanılır. Şekil 4.6 ise yük alma ve yük atma bölgelerinin belirlenmesi için gün öncesinde tüketimin maksimum ve minimum olduğu bölgelerin belirlenmesi amacıyla geliştirilmiş modelin çıktısını göstermektedir. Tüketimin düşük olduğu zamanlarda batarya şarj edilir ve bu saatlerde tüketim şebekeden karşılanır. Tüketimin fazla olduğu saatlerde ise batarya mümkün olan maksimum dolulukta bu zamanlara hazırlanır ve tüketim bataryalardan karşılanarak daha düz bir tüketim eğrisi oluşturulmaya çalıştırılmıştır.



Şekil 4.5. Toplam yük, HVAC yükü ve batarya yükü değişimi



Şekil 4.6. Yük atma ve yük alma alanlarının belirlenmesi

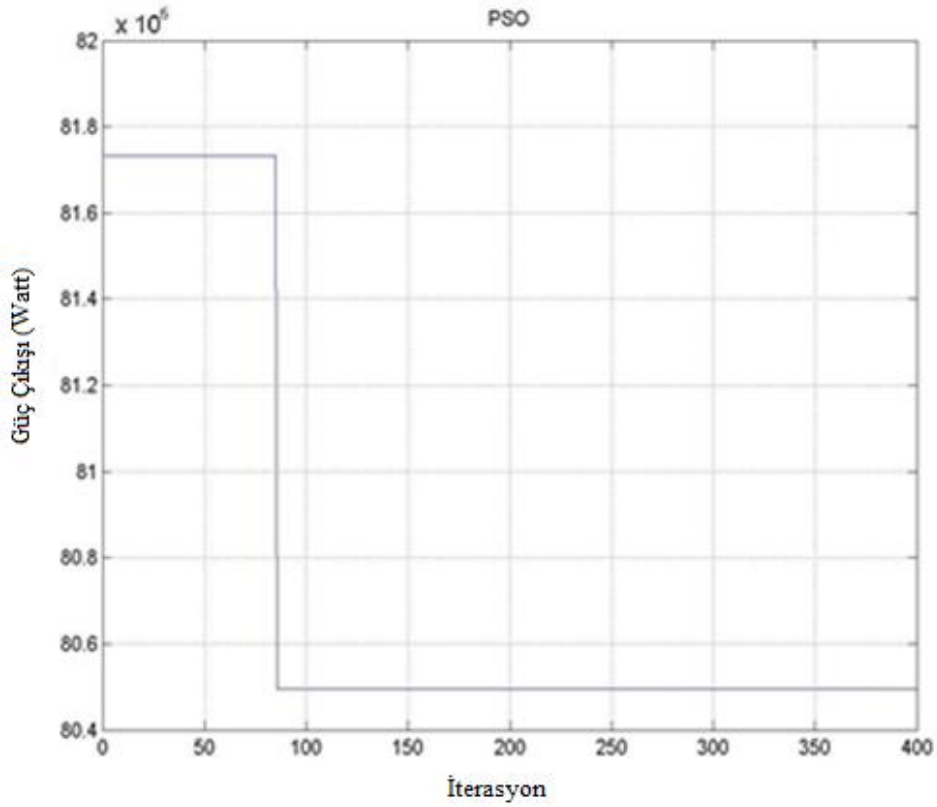
Geliştirilen stratejinin işlevselliği; bağıl enerji kullanımı (kWh) ve maliyet ($) açısından değerlendirilir. DÖ+kural tabanlı algoritmanın yeteneği; kural tabanlı algoritma ve bu amaçla aynı koşullar için mevcut sistem (sabit ayar noktası sistemi) ile karşılaştırılmıştır. Çizelge 4.8, farklı kontrol stratejileri uygulanan binanın bir yıllık enerji tüketimini (kWh) ve maliyetini ($) göstermektedir. Geliştirilen DÖ+kural tabanlı denetleyicinin, sadece kural tabanlı denetleyiciye göre enerji azaltım potansiyeli 18448,48 kWh iken, mevcut sisteme göre enerji azaltımı potansiyeli 24775,14 kWh'ye eşittir. Bu çizelgeye göre; geliştirilen sistemin mevcut sisteme ve kural tabanlı sisteme göre yıllık enerji tasarrufu sırasıyla yaklaşık %25,34 ve %34,03'tür. Bir yıllık süre içinde yapılan simülasyon çalışmaları; geliştirilen denetleyicinin, kural tabanlı sistem ve mevcut sisteme göre TTY sistemi katkısıyla birlikte, sırasıyla 2005,85 $ ve 2375,07 $ maliyet azaltımı sağladığı gösterilmiştir. Benzer şekilde, geliştirilen sistemin, kural tabanlı sisteme ve mevcut sisteme göre yıllık maliyet tasarrufu oranları sırasıyla %33,04 ve %39,11'dir.

Çizelge 4.8. Kontrol yöntemlerinin yıllık enerji tüketimi ve maliyetlerinin karşılaştırılması

Kontrol Yöntemi	Tüketim (kWh)	Maliyet ($)
Mevcut Sistem	72803,82	6072,80
Kural Tabanlı	54355,33	4066,95
DÖ+Kural Tabanlı	48028,68	36971,73

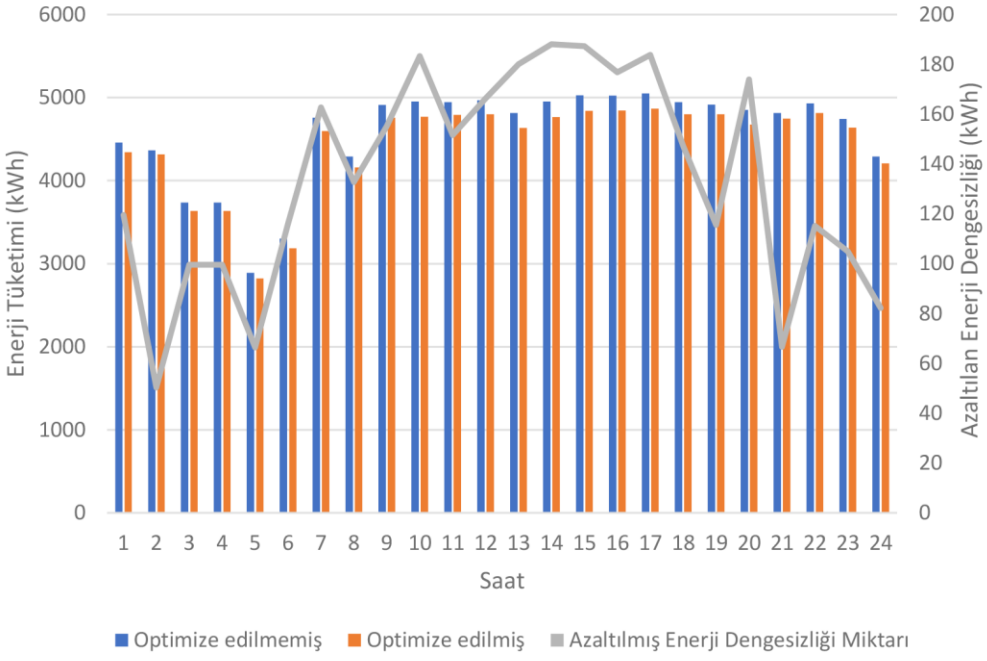
4.3 Merkezi Enerji Yönetim Sistemi Sonuçları

Merkezi enerji yönetim sistemi; son kullanıcılara enerji tedarikinde bulunan kurumlar için portföyünde bulunan üretici ve tüketicilerin yük alma ve yük atma zaman ve miktarlarının belirlenmesi amacıyla tasarlanmış bir modeldir. Bu model kapsamında, çeyrek saatlik bir zamanda, portföyünde bulunan tüketicilere verilmiş yük atma miktarı Şekil 4.7'de gösterilmiştir. 400 iterasyonda gerçekleşen yük atma miktarının belirlendiği bu durumda; yaklaşık 8170 kW olarak başlanan yük atma miktarı, 90. iterasyonda portföydeki kullanıcıların durumu ve yük açığı miktarları neticesinde, 8050 kW yük atma talimatı verilmesi yönünde çıktı üretilerek tamamlanmıştır.



Şekil 4.7 Çeyrek saatlik yük atma miktarı

Yapılan operasyonlar neticesinde; gün bazında oluşan enerji tüketimi, optimizasyon ile düzenlenen enerji tüketimi ve azaltılan enerji dengesizliği grafiği Şekil 4.8'de gösterilmektedir.



Şekil 4.8 Enerji Dengesizlik Azaltımı

Yapılan simülasyon çalışmaları çerçevesinde, bir yıllık süre içerisinde; portföyünde 40.085,5 MWh enerji kapasitesine sahip bir kurumun, düzenlenmiş enerji dengesizlik miktarı 919,8 MWh olarak hesaplanmıştır. Yapılan enerji dengesizlik düzenlenmesi sonucu kâr ise 568418,9 TL veya 67669 $ olarak hesaplanmıştır.

4.4. Tartışma

Bu çalışmanın amaçlarından biri; bina enerji yönetimi performansını artırmak için kısa vadeli yük tahmini kullanarak, ticari binaların talep yanıt katılımını en üst düzeye çıkarmaktır. Bina enerji yönetimi; binadaki ısıl konforu etkilemeden enerji tüketimini ve maliyetini düşürmeyi amaçlar. Bu amaca uygun olarak ANFIS-AD; EDS ve HVAC kullanarak, hem bina enerji tüketimini en aza indirir hem de talep yanıt teşviklerinden yararlanır.

ANFIS-AD; TY mekanizmalarına katılımı sayesinde bina enerji tüketimini %25,34 azaltırken, bina enerji maliyetini bina enerji tüketimindeki azalma oranından %34,03 daha fazla azaltmıştır. Tahminler kullanılmadan, sadece kural tabanlı kontrolör kullanılsaydı; enerji tüketimindeki düşüş %33,04 ile, bina enerji maliyetindeki düşüş ise %39,11 ile sınırlı olurdu. Sonuçlar; başarılı denetleyicilerin, kural tabanlı denetleyiciler ve derin öğrenme algoritmaları ile entegrasyon geliştirilebileceğini ortaya koymaktadır.

Çalışmada geliştirilen merkezi enerji yönetim sistemi ile tüketim birimlerinin yük tipi/yük miktarı doğrultusunda tüketimlerinin gün öncesi piyasasında ve dengeleme ve güç piyasasında kontrol edilmesi sayesinde, dengesizlik ve aktif enerji maliyetleri toplamının en düşük seviyede tutulması sağlanmıştır. Tez kapsamında, gerçek zamanlı dengeleme piyasasındaki ve fiili tüketimlerdeki değişkenlikler nedeniyle ortaya çıkan enerji maliyetleri en düşük seviyede tutulmuş olup, dengesizlik enerji maliyeti 67669 $ azaltılmıştır.

TTY, Türkiye'de düşük güç tüketimine sahip kullanıcılar arasında henüz yaygın değildir. Fakat, bu tür uygulamalar sayesinde TTY modelinin potansiyelinin fark edilmesi ile uygulama alanı genişleyecektir. Yeni geliştirilen TY mekanizmaları; son kullanıcıların enerjiyi düşük maliyetlerle kullanmasını sağlamakla kalmayacak, aynı zamanda perakende şirketlerinin yoğun saatlerde yüksek maliyetli enerji tüketimini de

azaltacaktır. Ülke genelinde, yoğun saatlerde fosil yakıtlardan elde edilen enerji miktarının azalması sonucunda, daha temiz ve sürdürülebilir enerji kullanımının önünü açacağı düşünülmektedir.

Talep katılımının elektrik piyasası üzerindeki etkisi hem müşteri hem de enerji sağlayıcısı açısından ekonomik faydalar oluşturmasıdır. Bunun yanında hem şebeke güvenilirliğinin artmasına destek olur hem de uzun vadede, pik tüketimlerin azaltılması yoluyla yeni üretim tesisi yatırımları ve şebeke yenileme yatırımları maliyetlerinin azaltılmasına yardımcı olur.

Gelecekteki çalışmalarda, derin öğrenme algoritmalarında optimum gizli katman sayısını belirlemek için çeşitli optimizasyon algoritmalarının kullanılabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, kural tabanlı kontrolörlerle ultra kısa vadeli yük tahmini çalışmaları uygulanabilir. Bunun yanında tahminler üzerinde farklı kontrolörler kullanılarak, binanın enerji performansının artırılmasına yönelik uygulamalar entegre edilebilir. Bununla birlikte dağıtık üretimlerin TTY hizmetleriyle entegtasyonunun sağlanması planlanmaktadır. Yeni geliştirilecek TTY modelleri sayesinde daha farklı ve yüksek potansiyellerin ortaya çıkması olasıdır.

KAYNAKLAR

[1] M. A. Zehir, “Akıllı şebekelerde gelişmiş yerel talep yönetimi,” pp. 14–18, 2010.

[2] H. T. Haider, O. H. See, and W. Elmenreich, “Residential demand response scheme based on adaptive consumption level pricing,” *Energy*, vol. 113, 2016, doi: 10.1016/j.energy.2016.07.052.

[3] Turkey MENR, "Energy Efficiency Improvement Program Action Plan", Ministry of Energy and Natural Resources, October, 2018.

[4] Elektrik Piyasası Kanunu. T.C. Resmi Gazete (28603, 30 Mart 2013).

[5] Elektrik Piyasası Dengeleme Ve Uzlaştırma Yönetmeliği, T.C. Resmi Gazete (31027, 2 Şubat 2020).

[6] Enerji Piyasaları İşletme A.Ş. (EPİAŞ) (2016). https://www.epias.com.tr/gun-ici-piyasasi/giris/ Erişim Tarihi: 18.09.2018.

[7] I. Lampropoulos, W. L. Kling, P. F. Ribeiro, and J. van den Berg, “History of demand side management and classification of demand response control schemes,” *2013 IEEE Power Energy Soc. Gen. Meet.*, pp. 1–5, 2013, doi: 10.1109/PESMG.2013.6672715.

[8] A. H. Mohsenian-Rad, V. W. S. Wong, J. Jatskevich, R. Schober, and A. Leon-Garcia, “Autonomous demand-side management based on game-theoretic energy consumption scheduling for the future smart grid,” *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 1, no. 3, pp. 320–331, 2010, doi: 10.1109/TSG.2010.2089069.

[9] L. Gelazanskas and K. A. A. Gamage, “Demand side management in smart grid: A review and proposals for future direction,” *Sustain. Cities Soc.*, vol. 11, pp.

22–30, 2014, doi: 10.1016/j.scs.2013.11.001.

[10] S. Gottwalt, W. Ketter, C. Block, J. Collins, and C. Weinhardt, “Demand side management-A simulation of household behavior under variable prices,” *Energy Policy*, vol. 39, no. 12, pp. 8163–8174, 2011, doi: 10.1016/j.enpol.2011.10.016.

[11] M. M. Eissa, “Demand side management program evaluation based on industrial and commercial field data,” *Energy Policy*, vol. 39, no. 10, pp. 5961–5969, 2011, doi: 10.1016/j.enpol.2011.06.057.

[12] Y. W. Law, T. Alpcan, V. C. S. Lee, A. Lo, S. Marusic, and M. Palaniswami, “Demand response architectures and load management algorithms for energy-efficient power grids: A survey,” *Proc. - 2012 7th Int. Conf. Knowledge, Inf. Creat. Support Syst. KICSS 2012*, pp. 134–141, 2012, doi: 10.1109/KICSS.2012.45.

[13] R. Hartway, S. Price, and C. K. Woo, “Smart meter, customer choice and profitable time-of-use rate option,” *Energy*, vol. 24, no. 10, pp. 895–903, 1999, doi: 10.1016/S0360-5442(99)00040-7.

[14] P. Yang, G. Tang, and A. Nehorai, “Optimal time-of-use electricity pricing using game theory,” *ICASSP, IEEE Int. Conf. Acoust. Speech Signal Process. - Proc.*, pp. 3081–3084, 2012, doi: 10.1109/ICASSP.2012.6288566.

[15] Z. Wang and F. Li, “Critical peak pricing tariff design for mass consumers in Great Britain,” *IEEE Power Energy Soc. Gen. Meet.*, vol. D, no. October 2010, pp. 1–6, 2011, doi: 10.1109/PES.2011.6039603.

[16] C. Chen, S. Kishore, and L. V Snyder, “2011 - An innovative RTP-based residential power scheduling scheme for smart grids,” pp. 5956–5959, 2011.

[17] M. Behl, F. Smarra, and R. Mangharam, “DR-Advisor: A data-driven demand response recommender system,” *Appl. Energy*, vol. 170, no. January, pp. 30–46, 2016, doi: 10.1016/j.apenergy.2016.02.090.

[18] K. Muralitharan, R. Sakthivel, and Y. Shi, “Multiobjective optimization

technique for demand side management with load balancing approach in smart grid," *Neurocomputing*, vol. 177, pp. 110–119, 2016, doi: 10.1016/j.neucom.2015.11.015.

[19] Y. M. Lee, R. Horesh, and L. Liberti, "Optimal HVAC control as demand response with on-site energy storage and generation system," *Energy Procedia*, vol. 78, pp. 2106–2111, 2015, doi: 10.1016/j.egypro.2015.11.253.

[20] C. Zhang, Q. Wang, J. Wang, M. Korpås, and M. E. Khodayar, "Strategy-making for a proactive distribution company in the real-time market with demand response," *Appl. Energy*, vol. 181, pp. 540–548, 2016, doi: 10.1016/j.apenergy.2016.08.058.

[21] H. Molavi and M. M. Ardehali, "Utility demand response operation considering day-of-use tariff and optimal operation of thermal energy storage system for an industrial building based on particle swarm optimization algorithm," *Energy Build.*, vol. 127, pp. 920–929, 2016, doi: 10.1016/j.enbuild.2016.06.056.

[22] A. Ghasemi, H. Shayeghi, M. Moradzadeh, and M. Nooshyar, "A novel hybrid algorithm for electricity price and load forecasting in smart grids with demand-side management Sub-Business Entities Commercial users," *Appl. Energy*, vol. 177, pp. 40–59, 2016, doi: 10.1016/j.apenergy.2016.05.083.

[23] M. N. Q. Macedo, J. J. M. Galo, L. A. L. De Almeida, and A. C. De C. Lima, "Demand side management using artificial neural networks in a smart grid environment," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 41, pp. 128–133, 2015, doi: 10.1016/j.rser.2014.08.035.

[24] M. A. Pedrasa, T. D. Spooner, and I. MacGill, "Scheduling of Demand Side Resources Using Binary Particle Swarm Optimization," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 24, no. 3, pp. 1173–1181, 2009, doi: 10.1109/TPWRS.2009.2021219.

[25] P. Du and N. Lu, "Appliance commitment for household load scheduling," *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 2, no. 2, pp. 411–419, 2011, doi: 10.1109/TSG.2011.2140344.

[26] A. Molderink, V. Bakker, M. G. C. Bosman, J. L. Hurink, and G. J. M. Smit, "Management and control of domestic smart grid technology," *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 1, no. 2, pp. 109–119, 2010, doi: 10.1109/TSG.2010.2055904.

[27] H. Hassen, "Implementation of energy hub management system for residential sector," pp. 391–396, 2010, [Online]. Available: http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=5622073.

[28] P. Siano, G. Graditi, M. Atrigna, and A. Piccolo, "Designing and testing decision support and energy management systems for smart homes," *J. Ambient Intell. Humaniz. Comput.*, vol. 4, no. 6, pp. 651–661, 2013, doi: 10.1007/s12652-013-0176-9.

[29] G. Graditi, M. Atrigna, A. Piccolo, and P. Siano, "Energy management system for smart homes: Testing methodology and test-case generation," *2013 Int. Conf. Clean Electr. Power*, pp. 766–771, 2013, doi: 10.1109/ICCEP.2013.6586945.

[30] M. N. Q. Macedo, J. J. M. Galo, L. A. L. Almeida, and A. C. C. Lima, "Typification of load curves for DSM in Brazil for a smart grid environment," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 67, pp. 216–221, 2015, doi: 10.1016/j.ijepes.2014.11.029.

[31] H. R. Lu and L. Yao, "On-line load optimization for two way load management system," *Conf. Proc. - IEEE Int. Conf. Syst. Man Cybern.*, vol. 4, pp. 3250–3255, 2007, doi: 10.1109/ICSMC.2006.384619.

[32] R. S. Ferreira, L. A. Barroso, and M. M. Carvalho, "Demand response models with correlated price data: A robust optimization approach," *Appl. Energy*, vol. 96, pp. 133–149, 2012, doi: 10.1016/j.apenergy.2012.01.016.

[33] M. Avci, M. Erkoc, and S. S. Asfour, "Residential HVAC load control strategy in real-time electricity pricing environment," *2012 IEEE Energytech, Energytech 2012*, no. May, 2012, doi: 10.1109/EnergyTech.2012.6304636.

[34] T. Fujiwara and Y. Ueda, "Load forecasting method for Commercial facilities by determination of working time and considering weather information," *7th*

Int. IEEE Conf. Renew. Energy Res. Appl. ICRERA 2018, vol. 5, pp. 336–341, 2018, doi: 10.1109/ICRERA.2018.8567019.

[35] M. Razmara, G. R. Bharati, D. Hanover, M. Shahbakhti, S. Paudyal, and R. D. Robinett, "Building-to-grid predictive power flow control for demand response and demand flexibility programs," *Appl. Energy*, 2017, doi: 10.1016/j.apenergy.2017.06.040.

[36] G. R. Aghajani, H. A. Shayanfar, and H. Shayeghi, "Demand side management in a smart micro-grid in the presence of renewable generation and demand response," *Energy*, 2017, doi: 10.1016/j.energy.2017.03.051.

[37] Q. Hu, X. Fang, F. Li, X. Xu, C. F. Chen, and H. Hu, "An approach to assess the responsive residential demand to financial incentives," *IEEE Power Energy Soc. Gen. Meet.*, vol. 2015-Septe, pp. 1–5, 2015, doi: 10.1109/PESGM.2015.7286623.

[38] S. Bruno, G. Dellino, M. La Scala, and C. Meloni, "A Microforecasting Module for Energy Consumption in Smart Grids," *Proc. - 2018 IEEE Int. Conf. Environ. Electr. Eng. 2018 IEEE Ind. Commer. Power Syst. Eur. EEEIC/I CPS Eur. 2018*, 2018, doi: 10.1109/EEEIC.2018.8494345.

[39] S. Goy and D. Finn, "Estimating demand response potential in building clusters," *Energy Procedia*, vol. 78, pp. 3391–3396, 2015, doi: 10.1016/j.egypro.2015.11.756.

[40] W. Li, L. Yang, Y. Ji, and P. Xu, "Estimating demand response potential under coupled thermal inertia of building and air-conditioning system," *Energy Build.*, vol. 182, pp. 19–29, 2019, doi: 10.1016/j.enbuild.2018.10.022.

[41] A. R. Khan, A. Mahmood, A. Safdar, Z. A. Khan, and N. A. Khan, "Load forecasting, dynamic pricing and DSM in smart grid: A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 54. 2016, doi: 10.1016/j.rser.2015.10.117.

[42] A. N. Al-enezi, "Demand Side Management (DSM) For Efficient Use of

Energy in the Residential Sector in Kuwait : Analysis of Options and Priorities," no. October, 2010.

[43] J. Schachter and P. Mancarella, "A short-term load forecasting model for demand response applications," *Int. Conf. Eur. Energy Mark. EEM*, pp. 1–5, 2014, doi: 10.1109/EEM.2014.6861220.

[44] G. E. Nasr, E. A. Badr, M. R. Younes, and M.- Min, "Neural Networks in Forecasting Electrical Energy Consumption," *Network*, pp. 489–492, 2001.

[45] P. Saatwong and S. Suwankawin, "Short-term electricity load forecasting for Building Energy Management System," *2016 13th Int. Conf. Electr. Eng. Comput. Telecommun. Inf. Technol. ECTI-CON 2016*, 2016, doi: 10.1109/ECTICon.2016.7561477.

[46] D. P. Patel and J. Dangra, "Short Term Load Forecasting by Using Time Series Analysis through Smoothing Techniques," vol. 2, no. 9, pp. 1110–1114, 2013.

[47] A. Garulli, S. Paoletti, and A. Vicino, "Models and Techniques for Electric Load Forecasting in the Presence of Demand Response," *IEEE Trans. Control Syst. Technol.*, vol. 23, no. 3, pp. 1087–1097, 2015, doi: 10.1109/TCST.2014.2361807.

[48] H. R. Khosravani, M. D. M. Castilla, M. Berenguel, A. E. Ruano, and P. M. Ferreira, "A comparison of energy consumption prediction models based on neural networks of a bioclimatic building," *Energies*, vol. 9, no. 1, pp. 1–24, 2016, doi: 10.3390/en9010057.

[49] Pereira, R., Fagundes, A., Melício, R., Mendes, V. M. F., Figueiredo, J., Martins, J., & Quadrado, J. C. (2016). A fuzzy clustering approach to a demand response model. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, *81*, 184-192.

[50] C. Li, Z. Ding, D. Zhao, J. Yi, and G. Zhang, "Building energy consumption prediction: An extreme deep learning approach," *Energies*, vol. 10, no. 10, pp. 1–20, 2017, doi: 10.3390/en10101525.

[51] E. Mocanu, P. H. Nguyen, M. Gibescu, and W. L. Kling, “Deep learning for estimating building energy consumption,” *Sustain. Energy, Grids Networks*, vol. 6, pp. 91–99, 2016, doi: 10.1016/j.segan.2016.02.005.

[52] R. F. Berriel, A. T. Lopes, A. Rodrigues, F. M. Varejao, and T. Oliveira-Santos, “Monthly energy consumption forecast: A deep learning approach,” *Proc. Int. Jt. Conf. Neural Networks*, vol. 2017-May, pp. 4283–4290, 2017, doi: 10.1109/IJCNN.2017.7966398.

[53] A. Rahman, V. Srikumar, and A. D. Smith, “Predicting electricity consumption for commercial and residential buildings using deep recurrent neural networks,” *Appl. Energy*, vol. 212, no. December 2017, pp. 372–385, 2018, doi: 10.1016/j.apenergy.2017.12.051.

[54] C. Nichiforov, G. Stamatescu, I. Stamatescu, V. Calofir, I. Fagarasan, and S. S. Iliescu, “Deep learning techniques for load forecasting in large commercial buildings,” *2018 22nd Int. Conf. Syst. Theory, Control Comput. ICSTCC 2018 - Proc.*, pp. 492–497, 2018, doi: 10.1109/ICSTCC.2018.8540768.

[55] D. L. Marino, K. Amarasinghe, and M. Manic, “Building energy load forecasting using Deep Neural Networks,” *IECON Proc. (Industrial Electron. Conf.*, pp. 7046–7051, 2016, doi: 10.1109/IECON.2016.7793413.

[56] L. Sehovac, C. Nesen, and K. Grolinger, “Forecasting building energy consumption with deep learning: A sequence to sequence approach,” *Proc. - 2019 IEEE Int. Congr. Internet Things, ICIOT 2019 - Part 2019 IEEE World Congr. Serv.*, pp. 108–116, 2019, doi: 10.1109/ICIOT.2019.00029.

[57] W. Kong, Z. Y. Dong, Y. Jia, D. J. Hill, Y. Xu, and Y. Zhang, “Short-Term Residential Load Forecasting Based on LSTM Recurrent Neural Network,” *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 10, no. 1, pp. 841–851, 2019, doi: 10.1109/TSG.2017.2753802.

[58] Cai, Q., Yan, B., Su, B., Liu, S., Xiang, M., Wen, Y., Cheng Y., and Feng, N. (2020). Short- term load forecasting method based on deep neural network with

sample weights. *International Transactions on Electrical Energy Systems*, *30*(5), e12340.

[59] N. M. M. Bendaoud and N. Farah, "Using deep learning for short-term load forecasting," *Neural Comput. Appl.*, vol. 32, no. 18, pp. 15029–15041, 2020, doi: 10.1007/s00521-020-04856-0.

[60] M. J. Ismail, R. Ibrahim, and I. Ismail, "Adaptive neural network prediction model for energy consumption," *ICCRD2011 - 2011 3rd Int. Conf. Comput. Res. Dev.*, vol. 4, pp. 109–113, 2011, doi: 10.1109/ICCRD.2011.5763864.

[61] C. Fan, F. Xiao, and Y. Zhao, "A short-term building cooling load prediction method using deep learning algorithms," *Appl. Energy*, vol. 195, pp. 222–233, 2017, doi: 10.1016/j.apenergy.2017.03.064.

[62] K. G. Di Santo, S. G. Di Santo, R. M. Monaro, and M. A. Saidel, "Active demand side management for households in smart grids using optimization and artificial intelligence," *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, vol. 115, no. April 2017, pp. 152–161, 2018, doi: 10.1016/j.measurement.2017.10.010.

[63] O. Ameri Sianaki, M. A. S. Masoum, and V. Potdar, "A decision support algorithm for assessing the engagement of a demand response program in the industrial sector of the smart grid," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 115, no. September 2016, pp. 123–137, 2018, doi: 10.1016/j.cie.2017.10.016.

[64] M. Batić, N. Tomašević, G. Beccuti, T. Demiray, and S. Vraneš, "Combined energy hub optimisation and demand side management for buildings," *Energy Build.*, vol. 127, pp. 229–241, 2016, doi: 10.1016/j.enbuild.2016.05.087.

[65] K. H. Chua, Y. S. Lim, and S. Morris, "A novel fuzzy control algorithm for reducing the peak demands using energy storage system," *Energy*, vol. 122, pp. 265–273, 2017, doi: 10.1016/j.energy.2017.01.063.

[66] A. Keshtkar and S. Arzanpour, "A fuzzy logic system for demand-side load management in residential buildings," 2014, doi: 10.1109/CCECE.2014.6900956.

[67] Z. Afroz, G. M. Shafiullah, T. Urmee, and G. Higgins, “Modeling techniques used in building HVAC control systems: A review,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 83, no. February, pp. 64–84, 2018, doi: 10.1016/j.rser.2017.10.044.

[68] A. Afram, F. Janabi-Sharifi, A. S. Fung, and K. Raahemifar, “Artificial neural network (ANN) based model predictive control (MPC) and optimization of HVAC systems: A state of the art review and case study of a residential HVAC system,” *Energy Build.*, vol. 141, pp. 96–113, 2017, doi: 10.1016/j.enbuild.2017.02.012.

[69] H. M. I. Pousinho, V. M. F. Mendes, and J. P. S. Catalão, “Application of adaptive neuro-fuzzy inference for wind power short-term forecasting,” *IEEJ Trans. Electr. Electron. Eng.*, vol. 6, no. 6, pp. 571–576, 2011, doi: 10.1002/tee.20697.

[70] K. Kampouropoulos, F. Andrade, A. Garcia, and L. Romeral, “A combined methodology of adaptive neuro-fuzzy inference system and genetic algorithm for short-term energy forecasting,” *Adv. Electr. Comput. Eng.*, vol. 14, no. 1, pp. 9–14, 2014, doi: 10.4316/AECE.2014.01002.

[71] Guzel, M, Kok, I, Akay, D, Ozdemir, S. ANFIS and Deep Learning based missing sensor data prediction in IoT. *Concurrency Computat Pract Exper*. 2020; 32:e5400. https://doi.org/10.1002/cpe.5400.

[72] A. Haghighat Mesbahi, D. Semnani, and S. Nouri Khorasani, “Performance prediction of a specific wear rate in epoxy nanocomposites with various composition content of polytetrafluoroethylen (PTFE), graphite, short carbon fibers (CF) and nano-TiO2 using adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS),” *Compos. Part B Eng.*, vol. 43, no. 2, pp. 549–558, 2012, doi: 10.1016/j.compositesb.2011.11.026.

[73] H. M. H. Owda, B. Omoniwa, A. R. Shahid, and S. Ziauddin, “Using Artificial Neural Network Techniques for Prediction of Electric Energy Consumption,” 2014.

[74] S. Salahat, “Short-Term Forecasting of Electricity Consumption in Palestine Using Artificial Neural Networks,” *Int. J. Artif. Intell. Appl.*, vol. 8, no. 2, pp. 11–21, 2017, doi: 10.5121/ijaia.2017.8202.

[75] F. Rodrigues, C. Cardeira, and J. M. F. Calado, “The daily and hourly energy consumption and load forecasting using artificial neural network method: A case study using a set of 93 households in Portugal,” *Energy Procedia*, vol. 62, pp. 220–229, 2014, doi: 10.1016/j.egypro.2014.12.383.

[76] R. Mena, F. Rodríguez, M. Castilla, and M. R. Arahal, “A prediction model based on neural networks for the energy consumption of a bioclimatic building,” *Energy Build.*, vol. 82, pp. 142–155, 2014, doi: 10.1016/j.enbuild.2014.06.052.

[77] N. H. Farhat, “Photonit neural networks and learning mathines the role of electron-trapping materials,” *IEEE Expert. Syst. their Appl.*, vol. 7, no. 5, pp. 63–72, 1992, doi: 10.1109/64.163674.

[78] A. Shiri, M. Afshar, A. Rahimi-Kian, and B. Maham, “Electricity price forecasting using Support Vector Machines by considering oil and natural gas price impacts,” *Int. Conf. Smart Energy Grid Eng. SEGE 2015*, pp. 2–6, 2015, doi: 10.1109/SEGE.2015.7324591.

[79] Y. Fu, Z. Li, H. Zhang, and P. Xu, “Using Support Vector Machine to Predict Next Day Electricity Load of Public Buildings with Sub-metering Devices,” *Procedia Eng.*, vol. 121, pp. 1016–1022, 2015, doi: 10.1016/j.proeng.2015.09.097.

[80] E. Vinagre, T. Pinto, S. Ramos, Z. Vale, and J. M. Corchado, “Electrical Energy Consumption Forecast Using Support Vector Machines,” *Proc. - Int. Work. Database Expert Syst. Appl. DEXA*, pp. 171–175, 2017, doi: 10.1109/DEXA.2016.046.

[81] A. Utku and M. A. Akcayol, “Deep Learning based prediction model for the next purchase,” *Adv. Electr. Comput. Eng.*, vol. 20, no. 2, pp. 35–44, 2020, doi: 10.4316/AECE.2020.02005.

[82] S. Hochreiter and J. Schmidhuber, “Long Short-Term Memory,” *Neural Comput.*, vol. 9, no. 8, pp. 1735–1780, Nov. 1997, doi: 10.1162/neco.1997.9.8.1735.

[83] M. Y. Özsağlam and M. Çunkaş, “Particle Swarm Optimization Algorithm for Solving Optımızation Problems,” *Politek. Derg.*, vol. 11, no. 4, pp. 299–305, 2008.

[84] P. Chaweewat and J. G. Singh, “An electricity price interval forecasting by using residual neural network,” *Int. Trans. Electr. Energy Syst.*, vol. 30, no. 9, pp. 1–15, 2020, doi: 10.1002/2050-7038.12506.

[85] Ş. Birim and A. Tümtürk, “Modeling and Forecasting Turkey’s Electricity Consumption by using Artificial Neural Network,” *Am. Sci. Res. J. Eng. Technol. Sci.*, vol. 25, no. 1, pp. 192–208, 2016.

[86] G. Oğcu, O. F. Demirel, and S. Zaim, “Forecasting Electricity Consumption with Neural Networks and Support Vector Regression,” *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 58, pp. 1576–1585, 2012, doi: 10.1016/j.sbspro.2012.09.1144.

[87] R. Pereira, A. Fagundes, R. Melício, V. M. F. Mendes, J. Figueiredo, and J. C. Quadrado, “Fuzzy Subtractive Clustering Technique Applied to Demand Response in a Smart Grid Scope,” *Procedia Technol.*, vol. 17, pp. 478–486, 2014, doi: 10.1016/j.protcy.2014.10.256.

[88] P. S. Devi, R. V. Santhi, and D. V. Pushpalatha, “Introducing LQR-fuzzy technique with dynamic demand response control loop to load frequency control model,” *IFAC-PapersOnLine*, vol. 49, no. 1, pp. 567–572, 2016, doi: 10.1016/j.ifacol.2016.03.115.

[89] ANSI/ASHRAE (2017) Standard 55: 2017, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. ASHRAE, Atlanta.

EKLER

EK 1: 2018 Yılı Saatlik Hava Sıcaklığı Verileri (°C)

2018 yılı Ocak ayı saatlik hava sıcaklığı verileri (°C)

Ocak		Gün																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Saat	0	2,0	2,2	2,0	5,9	3,5	4,6	0,6	0,8	1,9	3,1	1,7	5,3	5,7	4,3	1,0	-0,8	2,9	6,4	0,1	-3,0	1,7	7,3	4,6	0,0	-3,0	-3,6	-1,2	-0,2	1,3	0,6	0,9
	1	1,6	1,2	1,9	5,7	3,7	4,2	0,4	0,4	1,6	3,1	1,3	5,4	5,9	3,6	0,8	-0,6	3,0	6,5	-0,1	-3,2	2,7	6,5	4,3	0,0	-3,0	-3,6	-1,2	0,1	1,1	0,0	0,3
	2	1,3	0,7	2,0	6,2	3,9	3,4	0,0	-0,7	1,3	3,2	1,8	5,3	5,8	3,3	0,4	-0,7	2,9	6,0	-0,2	-3,2	3,6	6,8	3,5	-0,1	-3,0	-3,7	-1,3	-0,1	1,0	-0,6	-0,4
	3	0,7	0,3	1,9	6,2	3,6	2,1	-0,3	-0,5	1,1	3,1	1,4	5,0	5,6	3,4	0,0	-0,5	3,2	4,5	-0,4	-3,4	4,1	6,8	3,3	-0,1	-3,0	-3,8	-1,2	-0,4	0,9	-0,4	-1,1
	4	0,0	0,4	1,6	5,5	3,2	1,9	-0,8	-0,7	0,5	2,8	1,1	5,2	5,4	3,3	0,0	-0,8	3,0	5,1	-0,6	-3,9	4,0	6,8	3,1	-0,1	-3,0	-3,8	-1,2	-0,8	0,7	-1,3	-1,1
	5	-0,1	-0,3	2,1	5,1	3,2	1,3	-0,8	-0,7	0,5	2,7	1,2	5,2	5,2	3,1	0,0	-0,9	2,7	5,2	-0,6	-3,6	4,3	6,6	3,1	-0,3	-3,2	-3,4	-1,1	-0,8	0,8	-1,5	-1,0
	6	0,1	0,4	2,2	5,3	3,9	1,7	-0,6	-0,6	0,9	2,7	1,1	5,3	5,2	2,9	0,2	-0,7	2,6	6,1	-0,5	-3,0	4,5	6,7	3,5	-0,5	-3,0	-2,8	-1,1	-0,5	0,6	-0,7	0,2
	7	1,3	2,7	3,6	5,8	5,6	4,1	1,3	0,5	1,1	2,9	1,4	5,8	6,7	2,4	0,6	-0,1	3,1	5,8	-0,1	-1,4	5,6	7,6	3,8	-0,8	-2,0	-1,6	-1,0	0,2	1,0	2,0	2,7
	8	2,7	5,3	5,7	6,4	7,8	5,9	4,1	1,4	1,3	3,5	3,1	6,5	6,6	2,2	0,6	0,7	4,6	7,3	0,1	0,8	6,5	8,2	3,9	-1,2	-0,6	0,0	-0,5	0,7	1,4	2,4	4,9
	9	3,4	6,6	8,6	6,5	8,2	7,3	6,6	2,8	2,2	3,8	4,0	7,4	7,8	3,1	1,0	2,0	5,7	6,9	0,0	2,9	7,2	6,9	4,0	-1,1	-0,7	0,6	0,1	1,4	1,9	4,5	5,7
	10	3,9	7,7	9,3	7,2	7,7	8,3	7,4	3,1	3,0	4,8	4,8	8,0	8,3	4,3	1,4	2,2	5,5	6,1	0,6	3,9	7,5	5,7	4,0	-0,7	0,7	1,9	1,4	1,6	3,1	5,1	6,5
	11	4,0	8,2	9,8	7,5	8,6	8,8	8,5	3,7	3,9	5,3	6,5	8,9	8,6	4,5	1,2	2,5	6,7	3,7	0,8	5,6	8,3	6,1	3,3	0,4	1,1	1,7	1,7	1,9	4,2	6,6	7,9
	12	4,9	9,1	10,8	8,1	8,9	9,1	7,9	5,0	5,0	5,6	7,1	7,8	9,1	4,7	1,2	2,9	6,7	4,1	2,5	6,3	8,8	5,6	3,6	0,8	0,8	1,0	2,4	2,1	4,6	7,3	8,7
	13	4,9	9,4	10,8	6,1	9,8	9,2	8,1	5,6	5,0	5,3	7,4	8,0	9,3	4,0	1,2	2,4	6,7	2,3	2,8	7,2	9,6	6,8	3,4	0,6	-0,1	0,4	2,5	2,3	4,7	7,9	9,3
	14	4,5	7,8	10,1	5,9	8,4	8,4	7,4	5,1	4,6	5,0	7,1	8,0	8,6	3,5	1,1	2,6	6,8	2,7	2,4	6,5	8,9	7,1	3,1	0,3	-0,3	0,1	2,3	2,3	5,2	8,0	9,0
	15	4,1	7,3	10,1	5,6	8,4	7,3	5,6	3,2	3,8	4,4	6,7	7,3	8,2	3,3	0,9	2,6	6,2	2,5	2,1	6,0	8,2	8,2	2,6	-0,3	-1,2	0,0	1,8	2,0	4,8	7,5	8,2
	16	3,8	5,5	10,0	5,1	7,0	6,7	4,3	3,1	3,4	3,3	6,0	7,2	7,7	3,1	0,7	2,7	6,2	2,0	1,5	4,9	7,4	7,4	1,9	-0,6	-1,8	0,0	1,6	1,6	3,9	6,8	7,1
	17	3,6	4,6	8,4	4,4	7,1	5,8	3,4	2,9	3,2	3,0	6,1	7,0	6,8	2,5	0,5	2,7	6,2	1,5	1,1	4,9	7,5	7,2	1,7	-1,0	-2,1	-0,1	1,4	1,5	3,2	5,8	6,2
	18	3,8	4,4	6,7	4,5	6,8	4,2	3,1	2,5	3,3	2,9	5,8	7,0	6,5	1,9	0,5	2,6	6,1	1,6	1,0	4,2	8,2	5,9	1,2	-1,2	-2,4	-0,2	1,1	1,3	3,1	4,6	4,8
	19	3,6	3,2	6,3	3,7	6,0	3,5	2,2	2,0	3,0	2,9	5,5	7,0	6,4	2,0	0,3	2,2	6,3	1,5	0,2	2,9	7,9	5,1	1,0	-1,6	-2,8	-0,5	1,0	1,5	3,0	3,8	3,6
	20	3,6	2,4	6,8	3,4	5,4	2,4	2,0	1,9	2,9	2,8	5,6	6,8	6,2	2,0	0,1	2,5	6,2	1,6	-0,1	2,0	7,6	4,5	0,7	-1,9	-2,8	-0,7	0,4	1,7	2,3	3,6	2,4
	21	3,3	1,9	6,7	2,7	5,2	2,0	1,8	1,8	2,9	2,5	5,1	6,7	6,1	1,5	0,1	2,7	6,2	1,0	-0,8	1,7	7,2	4,3	0,4	-2,1	-3,5	-0,8	0,0	1,5	1,9	2,8	0,8
	22	3,3	1,9	6,0	2,9	4,9	2,0	1,0	1,9	2,8	2,2	5,1	6,5	5,8	1,1	-0,6	2,8	6,0	0,2	-1,8	1,5	7,1	4,4	0,4	-2,9	-3,5	-1,0	0,1	1,4	1,6	2,3	0,4
	23	3,1	1,8	5,9	3,3	4,9	1,0	1,2	1,9	2,9	1,9	5,3	6,3	4,7	1,1	-1,0	2,9	6,1	0,0	-2,4	1,4	6,9	4,5	0,2	-2,7	-3,6	-1,1	0,0	1,4	0,9	2,3	0,2

2018 yılı Şubat ayı saatlik hava sıcaklığı verileri (°C):

Şubat		Gün																											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Saat	0	0,0	0,9	5,4	5,1	9,9	4,2	4,5	7,0	8,9	3,6	6,1	6,0	2,7	1,0	1,0	5,1	3,3	2,9	0,2	2,7	6,0	4,9	5,3	5,1	7,4	0,7	5,0	5,3
	1	-0,7	0,2	5,4	5,0	8,9	3,9	4,7	6,9	8,1	3,8	5,7	6,3	2,1	-0,3	0,8	5,0	2,8	2,1	-0,3	2,3	5,8	4,9	5,4	4,9	3,5	0,5	2,8	5,2
	2	-1,0	0,0	5,8	4,8	8,3	4,2	4,7	6,8	7,1	3,8	5,8	6,1	2,8	-0,5	0,7	5,1	2,2	1,0	-0,7	1,3	5,7	4,1	5,6	4,0	3,2	0,8	2,6	5,3
	3	-1,8	-0,6	5,4	5,0	8,3	4,0	4,7	6,4	6,4	3,9	5,0	5,6	2,5	-0,2	0,9	4,6	1,9	0,1	-1,0	0,8	4,9	3,5	5,5	3,7	3,6	1,6	2,8	4,5
	4	-2,1	-0,6	5,5	5,1	8,2	3,4	4,0	5,4	5,8	4,0	4,4	5,3	2,4	-0,4	0,7	4,3	1,4	-0,2	-0,8	1,4	4,7	3,0	5,6	3,1	4,2	1,6	2,8	4,0
	5	-2,7	-0,7	5,5	5,1	8,3	3,1	3,5	5,1	5,1	4,5	4,0	5,4	2,5	-0,7	1,0	4,1	1,3	-0,5	-1,0	0,3	4,9	2,9	5,0	3,2	4,4	1,9	2,6	3,7
	6	-0,6	0,0	4,9	5,5	8,7	4,2	4,7	6,4	4,8	4,9	5,4	6,3	3,0	1,6	1,6	4,9	3,7	2,4	0,7	1,4	5,7	5,9	6,0	4,2	4,9	2,6	3,6	5,0
	7	1,2	1,8	6,4	6,5	8,4	6,7	6,8	6,5	7,2	5,7	9,1	6,6	5,4	4,7	2,3	6,9	6,0	4,8	3,7	4,8	6,8	7,6	7,7	5,9	5,0	3,4	5,7	7,0
	8	4,2	4,7	8,1	7,7	8,1	9,3	9,2	6,6	8,4	7,6	10,7	6,7	5,1	7,6	3,1	9,1	8,9	5,9	5,5	7,8	7,5	8,5	9,5	8,0	4,1	4,8	6,7	8,8
	9	7,2	6,9	9,0	9,4	8,5	8,8	10,0	8,6	9,6	8,9	13,3	7,0	5,7	9,2	4,3	10,9	11,6	7,7	7,6	9,3	8,4	10,3	10,9	10,3	3,3	5,4	7,7	9,6
	10	8,4	8,4	9,7	10,7	8,8	9,6	11,3	9,8	9,9	10,2	14,8	7,6	5,8	10,2	4,3	10,9	13,2	7,7	10,1	10,2	9,0	10,4	12,7	11,7	4,2	6,7	9,5	10,8
	11	10,3	9,5	10,3	11,7	9,0	10,0	12,0	10,5	11,0	10,9	15,1	8,2	7,0	11,5	5,9	12,4	13,3	8,1	11,8	11,9	9,1	11,4	13,4	11,8	5,3	7,4	9,3	11,3
	12	11,1	9,4	11,8	11,8	9,5	10,9	13,4	11,2	11,3	10,8	13,3	10,0	7,2	11,1	7,2	12,5	12,6	8,5	11,8	11,7	9,4	13,2	12,2	11,8	6,4	7,6	9,3	11,2
	13	11,7	10,0	11,6	12,1	9,5	10,7	13,8	12,7	11,6	9,9	12,7	9,0	7,2	10,2	7,6	13,0	13,1	9,6	11,8	11,3	8,8	13,0	12,0	13,0	6,1	7,7	10,0	10,8
	14	11,6	9,9	11,2	12,3	9,1	11,1	13,5	11,6	11,8	9,6	13,5	9,7	6,7	8,7	7,1	12,3	11,9	9,5	11,2	11,1	9,6	12,4	11,0	13,7	6,4	7,4	10,8	11,3
	15	10,6	9,5	10,1	11,8	8,8	10,3	12,8	9,9	10,5	9,1	13,0	8,2	6,8	7,5	6,1	11,4	9,7	8,8	10,5	10,6	9,0	12,0	9,6	12,2	5,8	7,4	10,4	9,9
	16	9,4	8,9	9,6	11,7	8,6	8,9	11,9	8,8	10,0	7,9	11,8	7,2	5,6	3,5	5,2	10,2	7,8	7,8	9,2	9,9	8,5	7,9	8,6	11,1	5,0	6,9	9,8	5,3
	17	8,3	8,0	9,1	12,1	8,0	7,9	9,5	9,1	8,9	7,4	11,5	6,6	4,8	3,1	4,9	8,1	6,4	6,6	7,5	9,2	7,3	7,5	9,2	10,3	4,1	6,0	9,1	4,2
	18	7,5	7,4	8,5	11,9	7,2	6,1	8,4	9,0	7,1	7,2	10,7	5,7	4,2	3,4	4,7	6,9	5,7	6,1	7,3	8,7	7,1	7,3	8,0	7,7	3,7	5,2	7,7	4,1
	19	7,4	6,4	7,2	11,3	6,4	5,3	8,0	8,2	5,0	6,7	9,1	5,3	3,7	3,0	4,9	6,2	4,4	4,3	5,8	8,2	6,6	7,0	7,6	8,2	3,1	5,3	7,4	4,0
	20	5,2	5,8	6,9	11,0	5,6	4,4	7,4	8,0	4,2	6,3	9,1	4,0	2,9	2,9	4,9	5,3	4,0	2,6	4,3	7,7	6,1	6,9	7,3	8,0	2,5	5,3	6,7	2,1
	21	3,2	4,9	5,7	11,0	4,7	4,4	7,4	7,6	3,5	6,1	8,7	3,3	1,6	2,4	4,8	5,1	3,2	1,8	3,6	7,4	6,4	6,6	7,0	7,1	1,3	5,4	5,8	1,2
	22	2,2	5,2	5,2	10,1	4,6	4,4	7,1	7,5	3,3	6,4	6,9	2,8	1,2	1,9	5,0	4,1	2,7	0,7	3,1	7,3	5,8	6,0	6,5	6,9	0,8	5,9	5,3	0,7
	23	1,1	5,3	5,1	9,9	4,4	4,5	6,9	9,2	3,7	6,3	6,2	2,7	1,1	1,2	5,4	4,0	2,5	0,6	2,6	7,0	5,1	5,3	6,1	8,3	0,5	7,3	5,7	1,0

2018 yılı Mart ayı saatlik hava sıcaklığı verileri (°C):

Mart		Gün																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Saat	0	0,5	-2,1	5,3	8,4	6,1	8,0	5,6	12,7	6,7	4,2	5,4	4,8	7,1	6,5	6,4	5,6	8,6	10,2	13,9	9,6	7,7	8,4	13,5	10,5	6,4	8,7	11,5	9,3	8,6	5,7	4,8
	1	0,1	-2,6	7,3	8,4	5,6	8,1	5,3	12,1	6,0	3,6	4,8	4,0	6,1	6,8	6,1	4,9	8,4	9,7	13,1	9,7	7,4	8,5	15,6	10,6	6,0	8,1	11,8	8,8	8,6	5,4	4,1
	2	-0,5	-2,7	5,9	7,7	5,5	7,9	5,5	12,0	6,2	2,9	4,0	3,8	6,0	6,6	6,4	4,6	8,3	8,8	12,1	9,6	5,8	8,3	16,5	11,1	5,9	8,2	11,0	7,6	8,0	4,8	3,2
	3	-1,1	-2,1	6,0	7,8	5,9	7,5	5,5	12,0	6,2	2,5	4,0	2,8	5,9	6,4	5,9	4,1	7,7	8,6	11,2	10,2	4,9	8,4	16,6	10,2	5,2	7,5	9,9	6,7	7,8	5,6	2,5
	4	-1,5	-2,1	6,2	7,6	5,2	7,7	5,8	11,5	6,5	2,1	3,9	2,4	5,6	5,8	6,1	4,0	7,7	8,3	9,9	9,9	4,2	7,7	17,2	9,5	5,4	6,6	9,6	5,9	7,8	5,8	2,1
	5	-1,8	-2,0	6,9	8,0	5,0	7,5	6,8	11,6	6,3	2,6	4,0	4,1	6,4	6,1	6,2	4,1	7,7	8,6	10,6	11,5	7,0	7,9	17,0	9,5	6,3	7,6	9,9	6,6	7,9	6,1	5,5
	6	-0,9	-1,0	7,8	8,0	6,4	8,0	7,8	12,3	6,7	5,6	5,7	7,8	9,4	7,3	7,1	5,1	9,2	10,5	13,6	13,1	9,4	8,0	16,9	10,2	7,6	9,9	11,0	10,2	8,1	6,9	8,2
	7	-0,7	1,0	8,9	8,3	7,2	8,9	9,9	12,7	8,3	7,5	8,3	9,9	11,0	8,5	8,0	7,1	10,8	12,5	15,7	13,7	12,1	8,5	17,4	8,9	8,2	10,6	12,8	13,4	8,9	7,5	10,7
	8	0,0	3,4	10,5	8,5	8,9	9,4	12,4	12,8	9,6	8,4	9,9	12,7	13,1	10,0	9,1	7,3	12,1	14,3	16,2	15,5	11,7	8,3	19,4	7,4	8,9	11,7	13,6	15,3	8,9	8,1	11,0
	9	0,4	4,6	13,0	8,9	10,2	11,0	13,5	12,1	11,4	9,7	11,2	14,6	14,3	10,7	9,5	8,8	13,8	17,0	16,7	17,2	13,7	12,2	20,3	8,9	9,9	11,7	14,5	17,0	8,5	8,9	13,1
	10	1,1	6,7	13,6	9,2	10,9	13,2	14,5	13,4	10,1	10,8	12,2	15,2	16,0	11,1	9,6	9,1	14,8	17,9	17,6	16,5	14,2	13,9	22,4	10,0	11,1	12,1	15,1	18,9	8,1	10,1	14,1
	11	1,6	7,8	14,4	10,1	12,3	14,3	16,0	12,2	10,5	11,7	12,6	16,7	16,6	9,5	11,2	9,7	15,6	19,2	18,5	16,2	16,9	15,4	22,1	11,1	12,2	12,7	15,4	20,5	6,9	11,0	14,8
	12	1,4	9,2	14,0	6,6	12,2	10,1	16,3	9,2	12,1	12,8	13,1	16,7	14,1	11,0	11,3	10,2	15,4	19,3	18,4	16,8	16,4	16,8	21,4	11,2	12,0	13,0	16,1	20,2	6,5	11,5	16,4
	13	2,0	11,0	14,0	6,6	12,5	11,1	16,5	9,6	12,8	13,0	13,3	17,4	15,3	13,0	11,1	11,1	16,4	19,5	18,7	16,8	16,4	17,6	20,8	11,8	12,5	13,5	16,9	20,4	6,5	12,3	16,6
	14	2,2	10,9	14,3	6,8	12,3	11,6	17,2	11,3	12,9	13,5	13,1	17,6	15,6	11,7	11,1	10,3	16,7	19,4	18,2	16,4	16,3	17,5	20,3	10,8	13,0	14,1	17,1	20,4	6,8	11,7	16,2
	15	1,8	10,4	14,4	7,5	12,2	11,0	16,6	8,9	12,5	12,7	13,3	17,1	14,5	11,0	10,3	11,2	16,4	19,1	18,1	14,6	16,2	16,8	17,6	11,2	12,9	14,4	17,1	19,2	6,8	11,8	16,5
	16	1,0	7,8	13,5	7,2	11,3	10,3	16,0	7,4	10,9	12,2	13,0	16,1	13,7	10,3	10,0	9,8	15,9	18,2	17,2	11,9	15,4	16,1	16,8	10,6	12,5	13,5	16,2	18,3	6,7	11,3	15,5
	17	0,4	7,2	12,6	6,8	9,6	8,8	15,1	7,6	9,8	11,4	12,0	13,8	13,5	9,9	7,9	9,4	14,0	17,0	16,4	12,2	13,4	16,0	15,6	8,4	11,3	12,0	15,6	17,6	6,1	10,7	14,0
	18	0,1	7,7	12,1	6,5	9,0	8,1	14,5	7,6	9,2	10,5	10,4	12,2	11,1	9,7	7,5	8,5	13,3	14,8	14,3	11,9	12,0	15,3	13,9	6,6	10,8	11,2	15,2	16,9	6,4	9,9	13,5
	19	0,3	6,8	11,7	6,6	8,5	6,9	14,2	7,4	8,2	9,6	9,2	10,0	11,7	8,4	7,2	8,7	12,9	13,5	12,5	11,1	10,4	14,4	13,9	7,2	10,4	13,2	14,0	15,7	6,2	9,1	12,4
	20	-0,4	6,6	9,4	6,5	9,0	6,6	14,2	7,2	7,9	8,5	7,7	9,5	9,7	8,3	7,3	8,6	11,8	14,5	11,3	10,2	9,1	13,2	13,6	6,7	9,7	12,7	13,0	15,6	6,0	8,2	11,1
	21	-1,2	6,0	8,6	6,3	8,4	6,2	13,9	7,3	7,3	7,8	6,1	8,1	8,5	7,7	6,5	8,6	13,5	15,0	10,6	9,3	9,6	12,7	13,4	6,1	9,3	14,0	11,6	15,3	5,6	7,5	9,9
	22	-0,9	5,6	8,3	6,2	8,3	6,0	13,2	7,1	6,3	6,8	5,7	7,4	7,1	6,7	5,7	8,9	13,2	14,8	10,1	8,7	8,5	12,6	12,2	6,3	9,2	12,1	10,5	13,3	5,6	6,7	9,1
	23	-1,8	5,5	8,3	6,1	7,8	5,7	12,8	6,7	5,4	6,2	5,2	6,8	6,8	6,7	5,6	8,6	11,4	14,6	10,1	8,5	8,4	12,9	11,2	6,7	8,6	11,2	9,8	9,3	5,3	5,7	8,5

2018 yılı Nisan ayı saatlik hava sıcaklığı verileri (°C):

Nisan		Gün																												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Saat	0	7,9	13,9	2,3	3,3	5,7	9,0	11,7	14,2	10,7	10,7	10,9	12,5	11,0	12,2	13,0	10,8	8,7	12,9	14,2	11,3	6,1	6,2	8,1	10,3	11,6	13,0	14,0	14,3	13,3	13,1
	1	7,3	13,5	2,0	2,5	5,4	8,4	11,4	13,6	10,6	9,6	10,3	12,5	10,5	11,4	12,0	10,3	7,7	12,3	13,6	10,8	6,0	4,9	6,9	9,8	10,4	12,5	13,5	12,0	12,3	12,7
	2	6,7	12,9	1,4	2,2	5,1	7,9	11,1	13,0	9,4	9,2	9,4	12,3	9,7	10,7	11,0	8,9	6,9	10,8	12,3	9,2	5,3	4,5	6,5	8,7	9,3	12,1	13,0	11,1	11,4	12,2
	3	5,8	11,6	0,8	2,2	4,0	7,8	11,0	12,4	8,4	8,8	9,3	12,0	8,7	9,7	9,5	8,0	6,6	10,3	12,0	8,0	5,1	4,3	5,9	7,0	8,8	12,0	12,6	10,9	10,9	11,8
	4	5,7	10,9	1,2	1,7	3,6	7,4	11,2	12,0	9,2	8,6	9,1	12,1	8,9	10,3	8,9	7,4	5,9	9,7	11,6	7,6	4,8	3,7	7,6	9,1	10,3	12,9	13,2	12,7	12,8	14,2
	5	9,5	12,4	3,6	5,6	7,7	10,6	14,5	12,8	12,1	10,0	12,6	12,5	12,2	13,3	8,7	6,8	4,9	9,5	11,0	6,5	4,3	2,8	11,0	12,0	13,5	16,4	14,7	15,8	15,7	17,2
	6	11,9	8,1	6,8	8,6	10,5	14,7	17,7	15,5	15,0	11,0	13,9	14,3	15,1	17,6	8,9	8,2	5,3	10,0	11,1	8,2	5,3	4,4	14,4	15,3	17,1	18,8	17,2	19,9	18,7	20,1
	7	14,6	6,0	9,2	11,0	13,5	17,4	20,2	18,6	18,1	13,5	17,4	17,9	18,1	19,7	12,2	12,5	9,7	12,7	14,1	10,4	7,8	6,9	16,2	17,9	20,5	22,8	21,8	21,6	21,1	21,8
	8	16,1	6,9	10,3	11,7	15,5	19,8	21,6	20,1	19,4	15,9	21,4	20,0	19,7	21,1	15,5	12,7	14,5	16,7	17,1	13,3	10,2	8,0	18,6	20,8	22,9	24,1	24,7	23,4	21,2	24,3
	9	17,0	8,2	9,4	13,3	17,7	21,2	23,0	20,9	19,6	18,4	21,9	22,9	20,8	23,0	15,5	13,7	17,6	19,4	20,8	15,1	11,8	10,1	19,9	21,9	24,2	24,7	25,7	23,4	23,5	24,7
	10	19,1	10,0	10,8	14,3	18,2	22,6	23,0	20,3	20,8	20,1	22,1	22,7	21,7	23,2	17,7	16,3	17,9	21,2	22,0	13,1	10,3	11,3	21,2	23,2	23,8	24,4	26,6	25,0	24,5	26,0
	11	20,2	10,8	11,8	15,5	19,7	22,3	24,1	22,1	19,8	22,1	23,0	23,7	22,8	24,4	17,9	16,9	19,7	24,0	21,7	11,5	10,6	13,9	22,2	23,4	24,3	25,4	26,7	24,8	24,7	26,9
	12	19,7	11,1	12,2	16,1	20,3	22,6	23,6	21,8	20,2	22,5	23,3	21,5	23,3	23,7	19,2	18,2	21,0	25,3	22,1	11,0	10,6	15,0	22,7	24,0	24,4	25,9	27,3	25,4	25,6	27,4
	13	21,1	11,1	12,6	16,5	21,4	22,9	23,7	21,4	20,6	22,4	22,8	23,1	23,7	23,0	20,7	18,8	22,7	26,3	23,6	11,2	11,1	16,0	22,6	24,0	25,5	26,4	26,9	25,4	25,7	27,5
	14	20,9	11,6	12,4	16,8	21,2	22,5	23,6	19,7	18,8	21,9	22,4	22,2	23,5	22,5	21,5	19,2	23,6	26,1	23,1	10,6	11,8	17,8	22,8	23,8	25,1	25,2	25,0	25,1	25,5	27,2
	15	20,6	11,4	12,5	17,0	21,0	22,3	22,5	18,6	16,8	21,8	20,7	19,9	23,8	17,9	21,0	20,0	23,3	26,4	23,4	8,7	11,9	18,6	23,1	23,5	24,6	24,9	24,1	24,3	24,6	26,3
	16	19,2	10,2	11,5	16,1	19,9	21,2	22,1	16,2	15,4	18,5	20,2	18,9	22,2	19,2	21,0	19,6	23,7	26,3	23,0	9,5	11,9	19,0	21,6	21,8	23,6	24,0	22,6	23,1	23,3	24,7
	17	17,9	9,3	10,8	14,6	18,3	18,5	20,0	13,1	14,0	17,3	18,9	18,3	21,1	18,9	20,8	19,3	23,4	26,0	21,8	10,4	12,1	19,2	20,4	20,1	22,0	22,6	22,2	22,2	21,3	22,3
	18	17,4	7,7	9,9	13,4	16,3	16,3	19,0	13,5	13,1	17,6	17,6	17,7	19,1	17,4	19,1	17,5	22,2	24,8	19,8	10,3	11,2	18,5	19,9	17,8	19,5	20,8	21,1	20,5	19,1	19,2
	19	16,1	7,0	9,2	11,8	14,6	15,0	17,7	12,9	12,8	16,5	16,9	16,0	17,3	16,3	17,8	15,5	19,2	22,6	18,1	9,3	10,7	17,3	17,5	16,1	17,2	18,5	20,0	18,3	17,4	18,9
	20	15,3	5,7	7,1	9,8	12,5	13,7	14,8	12,6	12,6	15,2	15,7	14,3	16,5	14,9	15,6	14,0	18,5	21,7	16,3	8,5	9,6	16,2	15,6	14,7	16,9	16,7	19,2	16,4	15,9	16,9
	21	14,2	5,3	4,9	8,5	10,9	13,0	15,0	11,4	12,5	14,2	14,6	13,6	15,4	13,6	14,2	12,9	17,0	18,3	15,1	7,4	8,0	14,3	13,7	13,9	14,9	15,5	18,1	16,4	15,6	16,2
	22	14,9	3,9	4,1	7,0	10,2	12,6	14,8	11,0	11,3	12,7	13,8	12,5	14,1	13,0	12,3	11,0	14,7	17,2	14,0	7,0	6,9	12,5	12,4	13,0	14,2	15,0	15,8	14,9	14,3	15,5
	23	14,5	3,1	3,7	6,7	9,8	12,3	14,4	11,2	10,7	11,7	12,9	11,4	12,6	12,0	11,7	9,7	14,0	15,9	12,7	6,1	6,7	11,2	11,5	12,2	13,6	14,1	15,0	14,5	13,6	14,8

2018 yılı Mayıs ayı saatlik hava sıcaklığı verileri (°C):

Mayıs		Gün																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Saat	0	14,0	15,7	13,0	14,4	17,7	14,6	13,1	12,9	12,8	12,2	12,1	12,5	10,2	10,8	10,9	13,4	17,2	16,6	16,2	16,0	11,8	14,0	14,3	15,2	14,8	15,5	13,0	17,1	13,1	14,9	13,0
	1	13,8	14,5	12,0	14,0	16,8	14,4	12,5	12,3	12,1	11,8	12,0	11,9	9,8	10,1	10,6	12,9	16,2	16,3	15,9	15,5	11,6	13,9	12,9	13,9	13,8	15,3	13,1	16,9	13,0	14,9	12,4
	2	13,4	14,2	11,1	13,5	15,8	14,7	11,8	11,8	12,5	11,5	11,1	11,9	9,8	9,7	10,2	12,0	15,2	15,7	15,7	14,4	11,3	13,1	12,3	13,9	12,6	15,2	13,2	16,5	12,5	15,0	12,1
	3	13,1	13,1	10,6	13,3	15,3	13,8	11,7	11,1	12,1	11,7	10,5	12,0	9,6	9,2	10,0	11,4	14,4	15,2	14,9	14,3	11,1	13,9	11,8	13,4	12,0	14,8	13,2	16,3	12,8	14,6	12,1
	4	14,9	14,8	12,8	13,8	16,5	14,1	13,0	11,6	11,9	12,6	12,3	10,9	9,7	11,7	13,1	14,6	17,0	16,4	15,7	15,0	12,7	13,9	14,6	16,4	13,9	15,0	14,6	18,2	14,1	15,8	14,0
	5	18,3	15,8	15,4	18,1	19,6	16,1	14,9	13,0	11,7	13,2	13,6	11,5	10,1	14,5	14,6	18,3	19,8	17,5	16,9	17,0	15,3	15,5	18,7	19,3	15,5	14,3	17,6	21,7	17,5	16,4	16,0
	6	20,5	19,7	18,7	22,1	22,8	17,6	15,8	14,0	12,3	14,1	14,9	12,0	11,7	16,4	16,8	20,4	23,1	19,5	20,3	18,7	18,4	19,3	21,8	22,4	15,7	16,4	20,2	24,0	19,8	17,3	16,9
	7	23,8	21,3	20,6	25,3	22,9	18,4	16,6	14,7	13,2	15,2	15,4	12,3	14,4	17,7	18,0	21,6	24,6	20,5	22,1	20,9	18,9	18,1	22,7	24,3	19,3	19,2	22,9	24,0	20,5	18,5	19,5
	8	24,4	23,2	21,2	25,9	25,9	19,0	17,7	16,0	14,4	16,9	17,6	12,8	15,7	18,3	20,1	22,6	26,2	22,2	21,5	22,0	21,2	17,7	23,5	25,7	18,4	22,3	22,6	25,6	22,1	21,5	20,4
	9	25,7	24,6	22,6	27,3	26,8	20,9	19,3	15,8	14,9	18,1	18,8	14,3	16,4	18,8	20,9	24,1	26,4	23,4	23,7	23,5	22,7	19,1	25,6	25,6	23,6	24,3	26,1	26,8	23,1	20,3	22,8
	10	27,2	25,3	23,4	28,6	22,6	21,1	19,6	16,5	16,0	16,9	19,5	16,3	16,4	20,9	22,2	25,0	26,7	23,3	25,2	24,9	22,5	20,8	26,1	26,5	23,5	21,9	24,7	26,2	24,0	21,1	20,2
	11	28,0	25,7	24,9	28,3	19,5	12,2	20,6	18,0	15,5	15,9	17,9	16,4	16,6	21,2	22,7	25,6	27,0	23,1	26,0	25,8	22,1	21,7	26,7	27,3	24,6	24,9	23,6	22,8	24,5	21,9	20,6
	12	26,3	21,0	25,7	28,1	21,1	13,8	21,7	19,1	12,3	18,1	17,9	14,7	17,3	21,0	23,6	27,3	26,6	24,8	26,0	25,6	22,6	24,4	26,9	27,1	24,8	25,0	25,9	20,3	25,9	22,9	21,9
	13	26,7	19,0	25,5	27,4	23,0	14,0	21,8	18,9	12,8	19,4	18,8	15,3	18,8	22,2	24,3	27,3	27,7	25,9	26,7	19,6	22,2	25,1	28,2	26,4	25,7	25,1	25,7	23,9	23,7	23,6	22,2
	14	27,0	20,4	25,7	28,7	21,0	13,1	21,6	19,2	13,0	18,9	19,6	14,9	18,2	22,5	25,0	27,1	27,3	25,5	27,4	16,5	22,5	25,5	26,4	23,5	24,7	21,8	26,2	24,0	21,8	23,1	21,9
	15	25,9	19,7	25,3	27,8	19,4	13,7	21,0	18,8	14,0	18,8	19,5	14,9	19,1	22,2	24,9	26,1	27,2	25,3	26,4	15,2	18,7	25,8	25,7	17,5	25,2	18,6	25,8	15,8	17,4	22,5	20,8
	16	24,6	19,9	24,0	25,7	18,2	13,8	19,8	13,7	14,3	17,8	16,2	14,8	18,2	21,5	23,8	24,2	26,2	24,6	24,3	14,6	17,4	19,2	24,6	14,9	19,4	18,4	22,9	15,7	16,4	21,2	20,2
	17	23,9	19,1	22,7	23,4	17,4	13,9	18,7	14,5	13,9	15,8	14,2	14,3	17,3	20,5	22,8	23,2	25,3	19,4	22,4	14,4	17,8	18,9	22,7	15,2	18,1	16,1	21,9	16,1	16,4	20,2	19,2
	18	22,6	18,7	20,2	21,6	17,0	13,2	15,2	14,6	13,8	14,5	14,3	13,6	16,3	19,3	21,0	21,5	22,5	18,9	20,7	14,4	16,7	18,0	21,0	15,9	17,5	13,9	20,1	15,3	16,3	19,2	18,4
	19	21,8	17,9	20,4	20,4	16,9	13,4	13,9	14,4	13,2	14,7	13,7	12,9	15,2	18,5	19,6	20,3	21,1	18,8	20,4	13,7	16,2	16,6	20,3	16,3	17,5	13,7	18,9	14,1	16,8	17,3	17,4
	20	20,6	17,3	18,4	18,9	17,0	13,2	13,8	14,1	12,7	14,6	14,0	11,6	13,9	15,9	17,6	19,7	19,9	18,6	19,3	13,8	15,8	16,0	18,2	17,2	17,0	13,6	18,3	14,4	16,7	15,8	16,7
	21	18,6	16,3	16,7	16,8	16,7	13,4	14,2	14,2	12,8	14,5	13,7	11,0	13,4	14,8	16,0	19,5	19,2	16,3	19,2	13,1	15,4	16,1	17,4	16,7	17,1	13,1	17,5	14,2	16,7	14,6	16,1
	22	17,5	15,7	15,8	18,5	15,8	13,1	13,7	13,9	12,4	13,9	13,5	10,5	11,5	13,6	16,1	18,2	18,5	16,3	16,1	12,8	15,0	15,9	16,9	15,2	16,3	13,1	17,9	13,6	15,2	13,4	15,7
	23	17,6	14,7	14,9	18,9	15,2	13,1	13,7	13,6	12,4	13,4	13,5	10,2	10,8	12,0	15,0	18,0	17,0	15,7	16,9	12,2	14,2	14,8	16,2	15,3	15,8	13,2	15,5	13,2	15,1	13,0	15,3

2018 yılı Haziran ayı saatlik hava sıcaklığı verileri (°C):

Haziran		Gün																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Saat	0	14,9	14,2	14,7	15,2	14,5	15,5	14,9	14,6	17,3	18,5	18,4	16,4	15,6	17,8	16,5	15,5	14,1	17,8	16,1	16,3	17,7	15,9	15,4	16,4	17,7	17,7	17,9	20,1	19,9	18,9
	1	14,5	13,0	13,7	14,6	13,8	15,3	13,9	13,7	17,2	18,2	17,5	15,8	14,9	17,5	16,4	14,7	13,8	17,4	15,5	16,5	17,0	15,6	15,2	15,8	17,5	17,1	17,3	20,4	19,1	16,9
	2	14,4	13,1	13,2	13,9	12,9	15,1	13,4	13,0	16,5	16,9	18,1	14,8	14,2	16,5	16,6	14,7	13,5	17,0	15,0	16,7	16,3	15,7	15,1	15,2	17,1	16,6	16,8	19,8	18,6	16,3
	3	14,1	12,6	13,1	14,2	13,4	15,3	13,6	13,3	16,1	17,0	17,6	14,8	14,5	16,7	17,1	13,9	13,3	16,5	14,5	16,9	16,2	16,2	14,7	15,2	17,1	16,7	16,7	19,4	18,5	16,6
	4	17,8	14,6	16,3	16,8	17,1	15,4	17,0	16,1	19,1	19,8	20,3	17,5	17,8	19,7	17,1	17,8	14,8	16,1	16,4	17,1	19,7	18,1	16,0	18,2	19,2	20,6	20,0	21,1	19,2	17,7
	5	17,5	18,1	19,1	20,1	17,8	17,4	20,0	17,4	21,3	23,3	22,0	19,9	19,3	23,4	17,9	19,1	16,6	17,9	19,7	17,8	21,3	18,3	17,3	19,6	20,5	22,5	22,5	25,4	19,9	18,5
	6	19,3	20,5	19,5	21,6	19,5	18,4	22,0	20,0	23,2	26,7	23,8	21,3	21,3	24,8	20,2	21,8	18,2	19,3	22,5	18,1	22,7	19,6	18,6	20,8	22,6	22,8	22,5	25,9	21,5	19,6
	7	19,3	21,9	21,3	22,4	20,5	19,6	23,6	21,9	23,4	28,0	25,7	23,0	23,2	24,8	20,9	23,5	18,7	20,0	23,4	19,7	24,6	20,7	19,5	24,4	23,5	25,2	24,0	27,5	22,7	22,4
	8	19,6	24,0	21,3	22,9	22,3	21,5	23,9	24,5	24,6	29,9	26,5	24,1	25,2	26,3	23,3	24,0	20,0	20,7	23,4	23,1	26,6	22,5	22,0	24,3	25,4	25,1	25,6	30,3	23,5	22,7
	9	21,7	23,7	21,8	23,9	23,1	22,3	25,1	25,9	25,5	31,2	28,1	24,9	27,0	28,4	25,3	26,8	19,8	21,6	24,2	24,6	26,3	23,2	23,1	26,1	27,4	25,8	27,0	31,8	25,1	24,0
	10	23,0	26,0	24,2	25,2	25,0	24,2	26,3	27,3	26,8	31,1	29,0	26,9	26,3	31,0	26,3	27,6	21,2	22,1	24,2	25,7	26,1	24,6	24,4	26,1	27,6	27,5	28,9	31,7	24,8	26,0
	11	24,8	24,9	24,1	26,0	26,0	24,8	27,1	26,8	27,3	32,1	29,3	26,7	27,9	30,7	27,7	27,6	18,9	22,7	25,4	25,2	28,8	26,0	24,6	27,4	28,9	27,6	31,0	30,7	25,6	26,2
	12	24,5	25,1	26,5	26,2	26,6	23,0	27,6	27,6	28,3	32,8	29,6	27,1	29,6	31,2	27,9	18,6	19,9	22,9	23,3	21,3	26,4	26,0	25,4	26,9	28,6	28,1	30,2	31,3	26,0	26,1
	13	23,3	25,2	25,8	26,3	25,1	23,6	28,3	27,8	29,6	28,2	29,6	27,1	29,4	31,0	29,4	22,9	21,5	23,3	23,2	21,5	26,9	22,4	26,4	27,3	29,9	29,4	31,5	31,6	26,3	26,1
	14	21,5	26,3	26,0	27,0	24,1	22,6	27,4	27,7	29,7	21,9	27,3	27,4	29,8	30,5	28,8	22,3	21,7	24,3	25,2	22,1	18,8	19,5	26,0	27,2	29,0	29,7	31,0	31,4	26,5	26,6
	15	20,4	25,3	25,8	26,9	18,1	22,2	24,7	27,7	29,8	25,0	26,5	27,1	29,0	30,9	27,7	18,3	21,9	21,9	26,4	22,8	17,0	22,2	26,1	24,9	26,3	29,4	31,3	31,2	25,5	27,0
	16	19,6	23,9	24,4	25,8	19,3	22,4	20,8	26,4	28,8	25,1	25,7	26,1	28,5	30,0	25,8	18,9	21,2	23,4	24,7	22,6	17,5	22,7	24,3	24,5	25,4	27,2	27,4	30,1	25,3	25,9
	17	19,1	22,4	23,1	24,4	16,3	21,0	16,0	25,4	27,6	24,6	24,6	25,1	26,5	28,2	20,0	16,7	20,2	22,6	22,2	21,8	17,5	22,1	22,5	22,4	24,7	25,2	27,0	29,0	24,7	25,0
	18	18,5	21,2	20,7	23,3	15,5	20,6	16,0	23,6	26,3	22,8	23,4	23,5	25,6	27,5	20,7	15,3	19,7	21,4	20,8	21,0	17,7	19,5	21,1	20,4	19,4	22,2	26,5	27,5	23,8	24,1
	19	17,2	20,0	19,2	20,5	16,3	19,4	16,3	21,8	23,8	17,3	22,4	22,5	23,6	25,1	17,9	15,0	19,1	19,9	17,4	19,6	18,2	15,9	19,9	20,0	17,8	20,9	24,9	25,3	22,2	23,2
	20	16,4	19,0	18,3	18,8	15,7	17,2	16,8	20,7	22,1	17,9	21,0	21,1	22,0	23,1	17,4	15,3	18,8	19,1	16,9	19,2	17,8	15,8	19,6	19,8	17,2	20,1	22,9	24,1	21,1	21,9
	21	15,9	17,3	17,4	18,3	15,6	17,1	17,4	20,7	21,0	18,8	19,6	18,7	19,4	22,1	17,6	15,9	18,6	18,5	16,9	18,0	17,0	16,1	19,0	19,4	17,9	19,9	22,5	23,1	20,4	21,1
	22	15,5	16,3	16,2	16,6	15,0	16,3	15,5	18,8	20,1	18,5	18,3	17,1	19,0	22,1	17,7	14,7	18,3	17,7	17,4	17,4	16,7	15,6	18,3	19,0	18,5	19,1	21,7	22,0	20,0	20,5
	23	15,0	15,4	15,8	15,5	15,2	15,5	14,9	18,2	19,2	18,8	17,1	16,0	18,2	16,7	17,3	14,3	17,9	17,3	17,0	17,6	16,0	15,0	17,6	18,2	18,2	18,5	20,4	21,0	19,3	19,1

2018 yılı Temmuz ayı saatlik hava sıcaklığı verileri (°C):

Temmuz		Gün																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Saat	0	18,7	19,3	20,6	20,0	17,0	17,6	18,5	20,2	21,9	18,8	22,4	23,0	20,3	21,8	18,0	18,3	18,6	18,8	17,2	17,6	19,2	20,0	18,9	21,8	18,8	20,5	18,7	20,7	19,2	21,1	23,7
	1	18,1	18,4	19,8	18,8	16,0	17,1	18,2	20,1	21,0	17,9	21,4	22,5	19,7	20,6	17,2	18,0	16,4	17,1	16,9	17,4	18,9	19,3	18,2	21,2	19,0	20,6	18,1	20,1	18,9	20,5	22,9
	2	17,0	18,2	19,1	17,8	15,2	16,7	17,6	19,8	20,4	18,1	20,8	22,2	19,3	19,2	16,9	17,0	15,9	16,5	16,3	16,1	18,6	18,7	17,9	20,5	17,4	19,9	17,8	19,7	18,1	19,9	22,0
	3	16,6	18,1	18,9	17,4	14,6	16,3	16,7	19,7	19,6	18,0	20,5	22,5	18,8	19,2	16,6	16,2	15,0	15,9	16,2	15,9	18,6	17,7	17,1	20,1	17,2	20,0	17,8	19,2	17,7	19,6	21,5
	4	19,2	21,1	20,6	20,0	18,5	19,5	19,9	21,9	21,9	21,1	22,7	23,4	20,5	20,6	20,0	19,0	18,3	18,8	17,2	17,3	20,3	19,9	20,6	21,8	17,5	20,1	18,3	19,3	20,5	21,9	23,2
	5	20,7	23,2	22,9	23,7	22,4	20,7	22,0	24,5	23,1	23,2	24,9	24,4	24,8	24,0	21,2	20,7	18,7	22,4	18,3	19,4	22,7	22,6	23,3	25,4	19,2	21,1	20,3	19,8	22,2	24,6	25,9
	6	21,4	25,3	24,3	24,8	24,0	21,7	23,4	25,9	26,4	25,3	27,1	27,3	26,3	25,0	24,3	23,1	19,7	25,5	19,4	21,1	23,8	25,1	23,6	26,9	20,8	23,1	21,0	20,2	24,1	25,7	27,6
	7	22,8	27,0	25,9	26,4	25,3	23,3	25,1	29,1	27,6	27,7	30,0	29,4	28,5	26,1	24,9	23,8	21,3	27,3	20,9	21,7	26,9	25,6	25,1	26,0	24,7	25,4	24,2	20,3	25,5	26,9	28,7
	8	24,2	26,2	27,7	27,3	25,2	23,5	26,5	28,8	28,5	27,9	31,7	30,5	28,7	27,9	26,2	24,0	25,2	26,6	22,7	23,5	25,9	25,9	25,5	27,9	25,3	26,3	24,0	22,4	26,5	27,8	29,9
	9	26,1	28,6	28,2	28,1	26,8	26,2	26,8	29,2	31,0	30,9	32,2	31,9	30,7	27,8	26,3	24,9	24,4	28,4	23,7	24,4	28,5	25,6	27,2	29,3	25,3	27,9	26,5	23,5	26,6	29,4	33,4
	10	26,7	28,8	28,4	29,1	28,9	25,4	27,4	31,0	31,0	31,0	33,7	32,8	30,8	27,7	27,7	26,1	26,1	29,4	24,9	26,3	26,6	28,7	28,1	29,4	26,8	27,9	27,8	26,5	28,1	31,8	33,5
	11	26,8	29,0	30,3	31,3	27,8	27,6	29,9	31,5	31,1	33,0	33,6	33,7	31,6	28,2	27,1	27,2	26,5	29,0	26,3	26,6	27,6	28,4	28,7	30,6	26,9	29,1	29,7	28,3	29,4	32,1	34,4
	12	28,1	29,5	30,8	30,6	28,5	28,6	29,0	30,7	33,1	33,0	35,1	34,5	32,6	28,6	27,7	26,7	27,1	29,4	26,6	28,2	29,1	29,6	29,5	30,8	27,5	29,9	29,8	29,0	30,1	32,8	33,6
	13	28,7	32,3	31,6	30,3	28,4	30,0	30,2	32,3	33,2	33,9	36,1	33,3	32,1	26,0	28,2	26,3	28,4	29,3	27,1	27,7	26,6	29,5	30,5	21,7	28,2	30,2	30,1	25,7	30,4	33,1	30,2
	14	28,7	31,3	31,2	30,2	29,1	30,3	29,9	32,5	28,0	33,3	35,5	31,4	32,3	21,7	27,6	26,8	28,0	29,1	26,0	28,2	28,9	29,3	30,5	24,4	28,6	29,1	30,6	27,0	31,0	33,2	24,4
	15	29,1	29,8	31,5	29,2	28,4	28,7	29,5	32,3	26,6	33,8	34,3	31,1	32,4	24,6	28,0	27,2	28,2	23,5	24,2	27,5	28,4	28,7	30,5	25,2	27,9	21,9	27,6	28,1	31,0	32,9	28,1
	16	28,4	29,3	30,7	27,8	27,3	27,7	29,7	31,7	26,3	33,5	33,2	29,4	30,7	24,5	26,8	25,5	27,4	20,8	23,4	26,4	28,2	27,4	29,9	24,6	26,9	20,3	26,9	27,7	29,8	32,2	27,0
	17	27,3	27,6	28,3	26,3	25,6	26,3	28,1	30,6	25,1	31,7	31,8	28,3	29,3	23,6	25,1	23,7	26,5	20,2	22,7	25,9	27,5	25,7	28,7	24,7	26,2	20,1	25,7	25,7	28,7	30,7	20,0
	18	26,1	26,5	26,4	24,5	23,9	25,0	26,8	27,8	23,6	29,7	28,7	26,6	27,7	22,3	23,2	22,6	25,9	19,2	21,1	25,1	25,6	24,8	28,0	24,0	25,4	19,6	24,8	24,0	27,8	28,6	18,7
	19	24,6	24,7	24,6	22,9	22,2	23,6	25,4	25,9	22,4	27,9	27,6	25,3	25,9	21,4	21,9	21,5	24,8	18,5	20,6	23,4	24,1	23,8	26,0	23,4	24,7	19,2	23,9	23,4	25,7	27,3	19,2
	20	22,9	23,8	23,8	22,0	20,5	22,8	24,0	24,8	22,3	26,6	26,3	24,2	24,4	20,5	21,4	20,9	22,7	18,4	20,1	22,3	23,3	22,7	25,3	22,4	23,8	18,9	23,2	22,6	24,7	26,5	19,2
	21	21,6	22,9	22,7	20,7	19,9	21,9	22,2	24,3	21,6	25,7	26,1	23,4	23,6	20,1	20,6	19,7	21,4	18,1	18,9	21,9	22,2	21,9	24,6	20,8	22,8	18,3	22,9	22,0	23,6	26,4	19,9
	22	20,5	21,9	21,5	19,2	18,9	21,1	21,2	23,7	20,7	23,7	24,7	22,6	23,5	20,2	19,8	19,1	19,7	17,4	18,6	21,3	21,2	20,6	24,5	20,0	22,2	18,8	22,5	21,0	22,3	25,7	20,1
	23	20,0	21,3	20,7	17,9	18,6	19,9	20,3	22,8	19,8	22,9	23,9	21,3	22,7	19,3	19,2	18,5	18,6	17,6	18,4	20,1	20,8	19,6	23,8	19,8	21,0	18,9	21,0	19,9	21,7	24,9	20,4

2018 yılı Ağustos ayı saatlik hava sıcaklığı verileri (°C):

Ağustos		Gün																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Saat	0	19,9	20,5	20,2	19,6	19,8	20,0	20,5	20,5	18,2	18,9	16,0	16,9	18,3	16,7	18,4	20,1	21,6	24,3	19,8	18,1	19,4	21,5	19,4	19,9	21,9	23,0	23,4	22,1	24,7	22,3	19,7
	1	19,1	19,7	19,8	18,3	19,0	19,3	20,5	19,9	17,3	18,0	15,4	16,0	17,5	15,7	17,5	19,4	21,0	23,2	19,0	17,3	18,8	21,0	19,0	19,6	21,7	22,4	22,8	22,0	24,2	20,9	19,5
	2	18,8	19,5	19,9	17,7	18,8	18,8	19,9	18,9	16,5	17,0	14,5	15,1	16,9	14,9	16,7	18,9	20,6	22,6	18,0	16,8	18,3	20,2	17,5	18,4	21,0	22,1	22,3	22,5	23,1	20,8	19,1
	3	18,8	18,6	19,4	17,0	18,2	18,3	19,2	18,6	16,7	16,2	13,2	14,7	16,3	14,3	15,9	18,8	20,1	20,0	17,4	16,2	17,9	19,3	17,1	17,9	20,6	21,2	21,8	23,1	21,8	20,1	18,8
	4	19,7	20,7	19,9	18,7	19,7	20,9	19,7	18,8	18,7	18,5	16,5	16,5	17,8	16,4	18,4	20,3	21,6	22,1	19,0	17,2	19,1	20,2	18,0	19,0	21,3	22,4	22,1	22,2	21,7	20,1	18,9
	5	21,4	24,3	21,0	21,5	19,9	22,5	21,1	19,6	21,9	21,9	18,7	19,3	19,4	19,6	21,4	23,1	25,1	24,3	21,5	20,6	22,3	23,5	21,9	22,8	24,3	25,7	24,4	26,2	24,7	21,9	22,5
	6	23,8	26,2	22,5	23,1	21,5	25,3	22,2	22,0	23,8	23,1	19,6	21,3	22,5	21,4	23,9	25,3	27,9	26,7	25,0	22,7	24,7	25,2	24,2	24,9	27,0	28,9	27,4	27,6	28,4	24,3	25,7
	7	25,2	27,3	24,0	24,9	24,2	27,3	23,9	26,8	26,2	24,5	21,4	23,5	22,6	23,3	24,7	27,6	30,5	29,5	27,1	24,9	26,7	27,9	26,7	27,4	27,1	31,4	29,2	29,4	29,4	26,2	27,6
	8	27,8	27,8	27,5	25,9	27,1	27,5	25,0	26,7	26,3	26,8	22,3	24,2	24,6	25,5	26,7	29,0	31,5	30,2	28,2	27,2	27,9	28,6	27,3	29,1	32,0	34,4	32,3	32,3	30,9	27,5	28,1
	9	29,3	30,2	27,3	27,5	27,9	28,0	25,6	27,3	26,0	26,4	24,2	25,2	26,3	26,7	27,7	28,7	31,8	31,2	29,3	27,0	28,1	29,6	27,8	30,4	33,4	34,4	33,4	33,4	30,3	28,8	30,5
	10	28,8	30,2	27,7	28,3	28,9	30,2	28,2	28,6	26,6	27,8	25,2	26,2	26,8	27,4	30,1	31,5	33,3	31,7	29,9	26,9	29,4	29,8	30,4	30,0	34,4	34,9	33,9	32,8	31,6	28,8	30,0
	11	31,0	32,1	27,1	28,1	28,2	30,0	28,6	30,0	27,6	27,9	27,2	27,1	27,4	28,4	30,6	31,1	33,7	33,0	30,4	28,3	29,5	30,5	30,8	31,7	33,9	34,9	33,7	33,3	33,2	31,9	31,7
	12	30,0	29,9	28,5	29,2	29,2	29,8	29,8	30,0	28,6	28,4	27,7	28,5	28,5	28,8	31,0	31,9	34,2	31,6	30,0	29,0	30,8	32,0	31,4	32,1	35,2	35,0	34,8	33,6	33,0	31,0	31,9
	13	30,0	30,6	29,8	28,7	29,6	31,4	30,0	30,5	28,6	28,4	27,8	28,2	28,6	29,2	31,4	32,6	34,4	31,9	29,2	29,8	31,2	31,1	31,1	32,5	33,8	35,7	34,6	34,3	33,1	31,2	32,4
	14	30,9	21,9	28,5	28,4	29,7	29,7	29,9	29,5	28,3	28,2	28,6	28,7	28,1	28,8	31,6	32,3	34,5	30,8	28,9	28,7	31,7	31,3	31,0	33,1	34,2	35,4	34,4	34,1	33,2	28,9	31,9
	15	30,0	21,6	29,5	28,4	28,7	29,4	28,8	29,3	27,8	27,1	27,8	28,5	27,3	28,9	31,3	32,4	34,2	29,9	28,8	28,8	31,6	31,2	31,0	32,5	34,0	34,1	34,0	33,9	32,4	27,6	31,9
	16	29,1	20,7	25,9	27,4	28,3	29,0	26,4	25,6	26,0	26,7	26,7	26,9	26,4	27,9	30,0	31,2	32,6	28,6	27,2	27,6	30,2	29,5	29,2	31,4	32,7	33,6	32,7	32,5	30,3	27,2	30,1
	17	26,8	20,7	24,1	26,2	26,8	27,7	25,8	23,9	24,5	25,8	25,4	25,4	25,2	26,8	28,0	29,3	30,3	27,2	26,7	25,3	28,3	28,3	27,8	28,7	30,9	31,3	30,9	30,7	26,3	26,1	28,0
	18	25,0	20,3	23,4	24,8	25,9	26,2	21,7	23,1	23,3	24,4	23,8	23,8	23,4	25,6	25,6	28,4	28,7	26,2	25,1	24,0	26,9	26,3	25,3	26,8	27,8	29,4	30,0	29,7	24,7	25,5	28,2
	19	24,2	19,9	23,0	24,3	24,6	24,8	19,5	22,4	22,2	22,4	22,3	22,4	22,9	22,8	24,7	27,0	27,6	25,0	23,6	24,0	25,7	25,1	23,6	26,4	27,5	28,7	27,0	27,7	25,6	24,4	27,0
	20	23,5	20,1	22,3	23,0	23,0	23,9	20,7	21,6	21,5	20,6	21,2	21,5	21,7	21,4	22,2	25,4	26,8	23,7	23,0	21,9	24,6	23,8	22,8	26,1	26,1	27,7	23,9	26,9	24,8	23,1	25,7
	21	22,7	20,1	21,8	22,2	21,9	23,1	21,3	20,2	20,8	19,5	20,0	20,3	19,9	20,1	21,3	24,2	26,5	22,6	21,7	21,1	23,7	23,2	21,2	24,1	25,5	26,8	22,3	26,5	24,4	21,8	24,8
	22	22,4	20,6	21,0	21,4	21,9	22,0	21,4	19,3	20,2	18,1	19,2	19,9	18,7	19,7	20,5	22,6	25,7	21,7	20,8	20,4	23,5	21,4	20,7	23,2	24,6	25,8	22,4	25,9	23,8	21,2	23,6
	23	21,1	20,4	20,3	20,6	20,9	21,4	20,9	19,0	19,7	16,9	18,2	18,9	17,5	18,9	20,5	22,6	24,9	20,8	19,4	19,9	22,3	20,7	21,2	22,7	23,8	24,2	22,4	25,2	22,6	19,9	23,0

2018 yılı Eylül ayı saatlik hava sıcaklığı verileri (°C):

Eylül		Gün																												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Saat	0	22,3	21,6	21,1	20,4	21,0	21,2	15,8	15,2	15,9	16,5	14,1	13,2	18,9	15,9	14,8	15,1	14,0	14,9	13,6	13,1	15,0	14,7	13,7	15,4	15,3	13,0	10,2	9,4	14,5	15,0
	1	21,7	21,0	19,8	19,8	20,3	21,3	15,8	14,5	15,3	15,5	13,9	12,8	18,3	16,0	14,8	14,0	13,9	14,0	12,9	11,8	13,9	13,9	13,2	14,3	15,1	12,7	10,3	9,1	14,1	14,4
	2	20,6	20,7	19,3	19,3	19,6	20,8	15,0	13,7	14,9	15,2	12,6	12,1	17,6	15,0	14,9	12,9	13,2	13,8	12,3	10,9	13,7	13,1	12,7	13,6	14,8	12,5	10,3	9,2	14,0	13,9
	3	20,1	19,7	18,4	18,6	18,9	20,6	14,6	13,7	14,3	14,4	12,4	11,4	17,6	14,6	14,9	11,6	12,9	13,6	11,7	10,5	12,9	12,4	11,3	12,5	13,8	12,2	10,4	8,7	13,1	12,7
	4	20,0	19,8	18,7	18,8	18,7	19,9	14,4	13,3	13,9	14,1	12,2	11,5	17,5	14,5	14,8	10,9	12,5	13,0	11,1	10,1	12,6	11,6	10,7	12,6	13,4	11,7	10,5	8,1	12,9	12,4
	5	23,5	23,2	21,8	22,7	22,7	20,4	15,8	16,7	16,3	17,6	14,3	15,0	18,1	15,7	15,0	14,5	16,2	15,9	14,2	13,8	15,6	16,1	14,9	16,5	17,0	11,2	11,0	11,9	16,2	14,3
	6	25,9	25,4	24,6	24,5	24,7	20,3	16,7	18,1	20,4	19,7	16,1	18,0	20,1	17,1	15,6	17,3	18,2	19,3	16,1	17,9	17,5	20,0	17,5	19,5	19,2	10,5	12,4	14,1	19,8	18,2
	7	27,0	26,4	26,4	26,2	25,4	20,4	18,1	19,4	22,3	18,9	19,0	21,5	21,8	18,2	16,6	17,9	20,8	19,9	18,3	21,0	20,2	22,1	21,5	24,0	21,3	10,7	13,5	15,9	21,5	20,7
	8	29,4	27,9	27,4	28,5	27,2	22,6	19,8	21,7	23,4	21,4	19,4	22,3	21,4	19,7	17,5	20,0	22,5	20,1	21,0	23,0	22,9	23,2	23,3	25,4	23,5	10,7	14,0	16,6	24,2	21,6
	9	30,7	28,1	28,6	29,9	28,9	23,1	20,8	22,9	24,2	21,2	20,0	25,0	26,4	20,8	17,4	22,5	24,5	21,3	23,2	25,2	23,8	25,0	24,7	27,7	25,1	11,1	15,3	17,5	24,3	23,4
	10	29,8	31,0	28,8	32,0	30,1	24,2	22,1	23,8	25,2	22,4	21,5	24,2	27,6	22,6	18,1	24,2	23,4	21,2	25,1	25,1	24,3	26,1	26,3	28,4	25,4	11,1	16,6	20,8	24,8	23,8
	11	31,5	31,7	30,8	32,6	32,3	24,7	21,6	25,3	25,2	22,7	22,4	26,0	29,1	23,0	20,2	24,8	23,3	21,9	25,7	26,0	24,8	27,3	27,1	29,3	25,3	12,0	17,9	19,9	26,5	25,1
	12	31,9	32,0	29,4	32,4	31,1	23,4	23,3	25,0	24,8	24,8	23,5	26,7	27,7	23,4	21,6	23,9	23,9	22,3	26,0	27,0	25,9	27,5	28,3	30,4	26,2	11,8	18,4	21,8	27,5	25,5
	13	31,6	32,7	30,0	32,5	31,1	24,2	22,9	25,8	26,1	24,2	23,5	26,7	24,5	23,6	21,5	26,7	23,5	23,2	25,3	27,2	26,6	28,0	28,8	30,8	25,5	11,9	18,6	22,4	27,3	25,6
	14	31,9	32,6	31,4	32,7	31,9	24,9	22,9	25,6	26,1	23,3	24,4	26,4	23,9	23,5	21,6	24,5	23,2	22,8	24,7	26,6	26,7	28,0	28,7	30,4	24,1	11,8	18,4	22,5	27,3	25,6
	15	31,0	31,6	29,9	32,0	31,8	23,9	20,6	24,9	24,6	21,9	23,4	25,8	24,3	22,5	21,2	23,9	22,3	22,0	23,7	25,5	26,2	27,9	28,3	29,8	22,0	11,2	17,4	21,8	26,2	24,5
	16	30,2	30,0	28,9	30,6	30,5	22,5	20,7	23,8	23,3	21,2	21,5	24,3	21,1	21,0	20,7	22,9	21,3	20,6	21,9	23,5	23,4	25,1	25,0	26,8	19,8	10,9	15,5	20,7	23,8	22,4
	17	28,8	28,7	27,4	28,3	29,3	21,2	19,8	21,3	21,4	19,6	20,1	22,9	20,0	19,6	19,8	20,5	20,7	19,4	20,1	21,3	21,2	24,6	24,1	23,7	17,7	10,5	14,2	19,9	18,9	16,3
	18	29,1	27,3	26,0	26,2	28,1	19,9	19,5	20,5	20,3	18,9	18,8	22,2	19,4	18,7	19,2	19,1	19,7	18,3	18,7	20,3	20,6	22,9	21,6	21,1	16,1	10,5	13,7	19,2	16,7	15,6
	19	27,3	26,1	25,5	25,4	26,5	19,1	18,4	19,5	19,2	18,1	17,6	21,1	18,8	17,5	18,0	18,5	18,5	17,2	17,3	17,9	19,3	20,2	19,7	20,6	14,9	10,3	12,7	18,6	16,5	16,7
	20	26,0	25,0	23,2	24,9	25,8	18,1	17,6	18,4	18,7	17,2	16,9	20,5	18,1	16,7	17,1	17,5	17,9	16,0	15,5	17,5	18,1	18,6	19,2	19,8	14,4	10,3	12,1	18,4	16,1	15,9
	21	25,0	23,7	22,5	23,4	23,2	17,2	17,3	17,8	18,7	16,5	15,7	20,0	17,3	15,7	16,3	16,8	17,2	16,0	15,3	16,8	17,6	16,9	18,6	18,1	13,9	10,2	11,0	17,8	16,4	17,1
	22	23,7	22,8	22,1	22,7	21,9	17,0	16,0	17,4	17,8	15,8	14,7	19,5	16,0	15,4	15,9	16,4	16,7	15,3	14,5	16,1	16,8	16,3	17,6	17,0	13,0	10,3	10,8	16,6	15,7	17,2
	23	22,3	22,0	21,0	21,6	21,6	16,6	15,1	16,9	17,3	15,3	13,7	19,3	15,8	15,3	15,5	15,2	15,9	14,6	13,8	15,4	16,0	14,4	16,9	15,5	13,0	10,3	9,7	15,2	14,9	18,1

2018 yılı Ekim ayı saatlik hava sıcaklığı verileri (°C):

Ekim		Gün																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Saat	0	18,8	15,1	12,0	14,2	9,8	9,2	8,7	8,7	13,9	13,3	12,7	12,9	15,3	12,6	14,7	14,3	15,6	15,0	13,6	15,3	12,1	9,3	11,2	10,2	8,9	3,7	3,0	3,8	5,5	6,7	7,3
	1	18,7	13,8	11,6	13,2	9,3	8,1	8,1	7,9	13,7	12,5	11,9	12,8	15,6	12,5	13,9	14,0	15,2	14,5	13,0	14,8	12,1	8,7	10,6	10,5	8,7	3,4	2,2	3,8	5,4	5,6	6,4
	2	18,7	13,6	11,3	12,7	8,2	8,1	7,2	7,3	13,3	11,8	11,0	13,0	15,4	12,7	13,1	13,8	14,7	13,2	12,7	14,6	11,8	8,3	10,7	10,7	8,4	3,3	2,2	3,1	4,4	5,0	6,3
	3	18,2	13,2	10,6	12,5	7,5	7,2	7,1	6,9	13,4	11,0	11,0	12,3	14,6	12,8	12,5	13,7	14,7	13,0	12,1	13,7	11,8	7,9	11,2	10,8	8,1	3,6	1,9	3,0	4,1	4,3	5,9
	4	16,1	12,7	10,1	12,5	7,5	7,0	6,4	6,4	12,5	10,3	11,0	12,1	14,2	13,1	11,8	13,9	14,6	12,9	11,7	13,2	11,4	7,0	10,6	11,2	8,2	3,4	1,2	2,6	4,2	4,0	5,6
	5	14,6	14,8	12,6	14,3	10,3	9,7	9,1	9,4	13,9	10,8	12,3	13,0	14,2	14,0	13,1	13,5	14,8	13,2	12,0	13,1	11,5	7,1	11,2	11,3	7,9	4,2	2,2	2,8	4,5	4,7	5,6
	6	16,6	16,4	15,6	15,8	13,3	12,3	10,7	12,3	16,5	14,7	15,9	16,5	15,5	16,5	16,6	14,7	17,3	15,3	13,6	15,9	12,0	9,6	12,9	11,7	7,1	4,2	5,8	6,8	7,5	8,2	9,9
	7	17,9	16,4	18,2	17,8	16,5	14,4	13,5	16,1	20,6	18,1	17,1	18,0	17,0	18,7	18,8	17,7	20,7	18,6	16,7	18,4	12,1	11,9	15,8	12,6	7,1	6,1	7,9	9,1	10,6	11,8	12,4
	8	20,2	17,5	20,7	20,0	18,0	16,4	16,3	20,0	23,4	19,5	18,5	18,6	17,7	20,6	20,1	18,4	21,8	20,8	20,0	20,0	11,5	14,2	17,9	14,8	6,4	6,2	9,8	11,0	13,3	14,6	15,5
	9	20,8	17,9	21,8	20,5	19,5	17,9	17,6	22,3	24,7	18,9	17,5	20,7	18,8	21,6	21,6	22,8	24,1	22,9	22,0	20,7	11,5	15,2	19,0	15,4	6,5	7,2	11,1	14,7	16,4	18,3	17,1
	10	20,8	19,6	23,8	22,0	19,3	18,7	18,1	23,6	24,7	19,4	20,3	21,8	20,0	22,0	23,2	24,9	24,3	23,5	23,3	22,4	11,5	17,0	18,7	17,3	7,0	8,2	12,4	15,9	18,6	19,3	17,9
	11	22,7	20,0	24,6	23,0	19,6	18,7	19,2	24,1	26,2	20,8	21,1	22,6	20,7	22,5	23,6	26,2	23,6	23,8	23,8	22,7	12,5	17,3	18,4	19,1	6,6	8,9	13,4	16,7	19,3	20,4	20,1
	12	23,5	20,9	25,0	22,9	20,3	19,6	20,3	24,4	25,7	21,3	22,3	23,0	22,3	23,2	24,2	25,9	24,5	24,0	23,2	22,3	13,0	16,7	19,2	19,8	6,9	9,7	13,5	17,5	20,9	21,4	21,0
	13	24,0	21,3	24,5	21,5	20,1	19,9	20,3	24,8	22,6	21,4	21,2	23,0	22,4	23,6	24,9	25,9	24,3	24,2	22,6	22,9	12,6	17,5	19,5	19,8	7,3	10,3	13,9	18,0	21,6	22,4	21,8
	14	24,4	21,1	24,4	20,7	19,8	19,9	20,9	24,7	24,2	20,5	21,1	22,3	21,8	22,9	23,5	25,2	23,9	20,5	23,6	22,7	12,5	17,0	19,3	13,1	7,2	10,0	13,5	18,5	20,3	21,3	20,4
	15	23,0	20,6	23,7	18,9	18,3	18,2	20,3	23,5	22,6	19,1	19,9	21,0	21,0	21,6	22,3	23,6	22,1	20,0	21,8	21,1	12,6	16,1	18,0	13,3	6,6	9,1	12,3	14,7	17,1	17,4	17,3
	16	21,0	19,1	22,1	17,5	16,7	16,2	17,1	21,3	19,8	18,4	18,5	19,7	20,4	19,8	20,6	22,1	21,1	19,3	20,0	19,4	12,7	15,2	16,4	13,2	6,3	8,3	10,9	12,1	14,5	14,7	15,0
	17	19,4	18,3	21,0	16,6	15,7	14,3	15,4	18,3	19,6	17,7	17,6	18,8	16,9	18,2	19,6	21,4	19,9	18,7	19,9	17,9	12,8	13,9	15,6	13,3	6,0	7,7	10,0	11,1	12,9	13,6	13,3
	18	19,3	16,7	19,1	15,3	14,7	12,6	13,8	16,8	18,6	16,3	16,0	18,4	15,5	17,4	18,7	19,9	18,3	18,1	18,3	17,5	12,8	13,3	14,5	13,7	5,4	7,3	8,7	9,9	11,0	12,6	11,7
	19	17,2	15,8	17,3	14,3	12,9	11,9	13,0	15,2	17,3	15,3	15,1	17,9	15,0	15,5	16,8	18,2	17,3	16,5	17,1	14,7	12,3	12,6	13,5	12,6	5,3	6,6	7,3	9,0	10,0	11,6	10,7
	20	16,5	14,0	16,6	14,3	12,5	11,6	12,0	16,0	16,4	14,6	14,5	17,2	14,6	15,2	15,9	19,1	16,6	15,8	15,8	14,5	11,6	11,5	12,3	12,4	5,2	6,2	6,4	8,5	9,5	10,3	9,8
	21	15,7	13,6	15,6	12,8	11,6	10,5	10,9	15,6	15,5	13,7	13,8	16,3	13,6	14,7	15,1	18,9	16,2	15,4	15,6	13,8	10,7	11,4	12,1	12,3	4,7	5,2	5,1	8,2	8,4	9,3	9,1
	22	16,0	12,9	14,9	11,7	10,7	9,9	10,1	15,2	14,7	13,4	13,4	16,0	13,3	14,9	14,7	17,9	15,9	14,3	16,5	14,0	10,2	11,4	11,3	12,2	4,5	4,5	5,1	7,5	7,6	8,4	8,6
	23	15,7	12,7	14,2	10,5	9,9	9,1	9,5	14,7	13,7	13,3	13,1	15,5	12,8	14,2	14,7	16,7	15,4	13,9	16,0	12,7	9,8	11,1	10,7	9,6	4,0	3,5	4,6	6,6	7,7	7,7	8,0

2018 yılı Kasım ayı saatlik hava sıcaklığı verileri (°C):

Kasım		Gün																												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Saat	0	7,2	7,6	9,3	9,4	9,6	7,0	6,3	4,0	7,5	9,4	5,4	4,6	7,3	3,3	0,2	2,8	2,0	5,7	7,0	9,7	9,1	9,2	8,4	3,1	-0,9	0,0	9,6	11,8	9,0	6,9
	1	7,4	7,4	8,6	8,9	8,6	7,0	5,7	3,8	7,7	9,2	4,6	4,4	6,7	2,6	-0,5	2,1	1,2	5,6	6,5	9,1	9,1	8,4	8,2	2,3	-1,3	-0,2	9,5	11,7	8,2	6,7
	2	6,2	7,1	8,2	8,3	8,7	6,4	5,6	3,5	7,1	9,3	4,1	3,8	6,4	1,5	-1,2	2,4	0,0	5,3	6,1	8,7	9,0	7,5	8,4	1,6	-1,7	-0,4	9,8	11,9	8,3	5,8
	3	6,2	6,4	6,8	8,5	8,7	6,0	5,3	2,7	7,4	8,9	3,5	3,0	6,3	2,8	-1,6	2,8	-0,1	5,5	5,5	8,4	8,3	7,0	7,7	1,1	-1,8	-0,8	9,2	11,6	8,1	5,7
	4	6,2	6,1	6,1	8,2	8,6	5,0	4,2	3,0	6,4	8,4	3,0	2,8	6,2	1,2	-1,6	2,8	-0,4	5,3	5,4	7,7	8,3	7,0	7,3	0,7	-2,0	-0,6	9,0	11,3	7,9	5,6
	5	6,1	5,8	6,8	8,1	8,4	4,6	4,1	2,5	6,6	8,3	3,1	2,7	6,5	1,8	-2,2	2,5	0,0	5,4	5,1	7,6	8,3	7,0	7,4	0,5	-0,9	-1,2	9,7	11,5	7,6	5,6
	6	10,0	9,9	9,5	10,8	11,9	8,8	7,3	5,6	7,8	11,4	6,2	6,2	8,5	3,5	0,9	3,1	0,7	6,1	6,0	8,8	8,9	7,8	7,7	2,8	0,3	0,0	10,5	11,4	7,9	5,8
	7	13,2	12,7	12,5	13,8	13,4	12,0	10,1	8,8	9,5	12,1	8,5	8,7	10,9	4,9	3,5	5,1	2,2	6,7	7,8	11,9	11,2	9,6	8,2	4,9	1,3	2,8	11,0	12,4	8,6	6,5
	8	16,3	15,8	14,7	15,7	14,9	14,3	12,4	11,7	10,9	13,8	11,7	11,1	12,0	4,8	4,1	5,2	4,7	8,1	11,1	13,4	12,4	11,2	9,6	6,7	4,0	5,6	11,4	13,1	9,5	7,0
	9	18,8	19,1	15,9	17,4	16,9	15,2	13,0	12,8	11,7	15,0	15,1	13,3	11,1	7,7	5,8	6,2	5,7	9,5	12,6	14,9	13,0	12,7	9,6	7,1	5,1	8,2	12,1	13,3	9,8	7,3
	10	20,1	20,2	16,9	18,6	17,7	16,4	12,7	13,2	12,9	15,7	16,1	15,2	11,1	8,1	5,9	6,1	6,8	10,0	14,3	15,1	14,1	12,7	9,6	8,3	5,8	9,7	12,3	13,2	10,5	7,2
	11	22,5	21,8	16,7	19,9	18,4	17,5	14,2	14,6	15,3	15,9	16,4	14,8	12,3	8,4	6,6	6,3	7,2	10,9	15,5	16,0	14,8	13,2	9,2	8,2	6,7	10,6	13,4	13,4	10,6	7,3
	12	23,1	22,5	17,1	19,3	18,5	18,0	14,9	14,9	14,7	15,0	16,4	15,5	12,1	8,3	6,9	6,3	7,5	10,4	16,2	16,0	14,4	13,6	9,2	8,4	7,3	10,5	14,2	13,6	10,5	7,3
	13	22,9	22,5	16,3	19,0	18,9	17,5	14,6	15,9	13,5	15,3	16,5	15,1	12,0	9,0	6,8	6,9	7,7	10,7	16,1	15,5	14,9	13,7	9,5	8,0	7,8	11,5	14,2	13,5	10,6	7,7
	14	21,1	21,5	15,4	17,8	17,9	16,2	13,8	14,2	13,1	14,3	15,4	14,1	11,2	8,9	6,6	6,2	7,4	10,2	15,5	15,0	14,4	13,3	9,1	7,1	7,0	10,6	13,9	13,5	10,6	7,4
	15	19,3	17,9	14,8	16,7	16,5	15,0	12,5	13,2	12,5	12,6	13,6	13,0	9,8	7,4	6,0	6,2	7,0	9,3	14,2	14,4	12,8	11,9	8,2	5,9	5,9	10,0	13,6	12,8	10,0	7,1
	16	16,7	16,4	13,2	14,4	15,4	13,5	11,1	11,4	11,9	11,2	11,6	12,1	8,8	5,8	5,6	5,9	6,9	8,7	13,5	13,4	11,8	10,7	7,5	4,6	3,8	10,1	13,1	12,8	9,7	7,2
	17	14,7	14,3	12,4	14,3	12,1	11,9	9,4	10,7	11,4	10,2	10,6	11,6	7,4	4,9	4,7	5,7	6,8	9,0	13,1	12,6	11,8	10,6	7,3	4,1	3,3	9,7	12,7	12,7	8,2	7,1
	18	13,8	12,9	11,1	12,6	10,9	10,6	8,4	10,3	11,0	9,0	8,9	10,2	6,3	4,2	4,7	5,9	6,4	8,5	12,9	12,8	11,1	9,3	7,0	3,5	2,3	9,6	12,4	10,7	7,8	7,0
	19	12,2	12,3	10,3	11,1	10,6	9,0	7,1	9,6	10,3	8,5	7,5	8,4	5,8	4,1	4,6	5,5	6,3	7,3	13,2	12,4	11,1	8,0	6,4	2,0	1,8	9,9	12,6	10,0	7,6	5,4
	20	12,2	11,8	10,4	10,9	9,8	9,1	6,7	8,6	10,1	7,6	6,9	7,8	3,8	2,8	4,8	5,0	6,0	7,2	12,3	10,9	11,4	7,8	5,5	1,6	1,2	9,7	12,4	9,5	7,8	5,1
	21	10,4	11,1	10,0	11,1	9,5	8,5	6,0	8,3	10,0	6,9	5,7	8,2	3,5	2,4	3,8	4,2	6,1	7,2	12,4	10,4	11,5	7,3	4,7	1,1	1,1	9,9	12,3	9,4	7,7	4,9
	22	9,9	10,5	10,2	9,4	8,0	7,6	5,5	7,2	9,8	5,9	5,4	8,2	3,6	0,9	3,3	3,6	6,1	6,9	11,0	9,7	10,2	7,4	4,2	0,0	0,9	9,6	12,1	9,1	7,4	4,7
	23	8,9	9,9	10,2	9,3	7,7	7,1	4,5	7,3	9,6	5,4	5,1	8,1	3,3	0,3	3,3	3,2	5,7	7,0	10,2	9,2	9,7	8,2	3,8	-0,4	0,1	9,3	11,7	9,1	6,9	4,6

2018 yılı Aralık ayı saatlik hava sıcaklığı verileri (°C):

Aralık		Gün																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Saat	0	4,5	5,6	1,8	4,4	6,3	7,6	3,3	-1,2	-1,2	2,6	7,1	2,2	-1,2	-0,9	1,9	3,8	3,1	5,6	7,2	4,7	4,7	4,7	2,1	3,5	5,1	-1,7	-7,4	-2,5	-7,3	-2,9	-1,2
	1	4,5	5,4	1,7	3,9	6,3	7,9	3,5	-1,2	-1,2	4,1	7,0	1,5	-1,7	-1,0	1,9	3,8	3,0	5,6	7,3	4,6	4,8	4,5	1,6	3,2	5,2	-2,0	-8,2	-2,4	-7,5	-3,3	-1,2
	2	4,5	5,3	1,3	3,7	6,2	7,9	3,4	-1,7	-1,5	5,2	6,6	1,1	-2,3	-1,0	1,8	4,0	3,5	5,5	7,8	4,6	4,3	4,5	1,0	3,0	4,7	-2,3	-8,5	-2,2	-7,8	-3,6	-1,3
	3	4,4	4,7	1,8	3,8	6,3	7,5	3,3	-1,9	-1,1	5,6	5,8	1,5	-2,6	-1,0	1,8	4,2	3,8	5,2	7,7	4,2	4,3	4,5	0,5	2,2	4,4	-2,4	-8,9	-2,1	-8,0	-4,0	-1,2
	4	4,5	4,7	1,8	3,6	6,4	7,0	3,4	-2,8	-0,9	5,3	6,1	1,3	-3,2	-0,9	1,9	4,3	4,0	4,5	7,7	4,4	4,6	4,0	0,7	1,9	5,5	-2,3	-9,6	-2,1	-8,4	-4,1	-1,2
	5	4,6	4,3	2,2	3,5	6,5	6,8	3,0	-2,9	-0,8	5,3	5,8	1,4	-3,7	-0,8	2,0	4,2	4,1	4,2	7,8	4,6	5,0	4,1	0,4	1,7	6,4	-2,4	-9,9	-1,9	-9,1	-4,3	-1,2
	6	4,7	4,0	2,7	4,4	6,7	6,9	3,1	-2,3	-0,1	5,1	5,0	1,2	-3,1	-0,5	2,1	5,1	4,7	5,1	7,7	4,5	5,1	3,7	1,1	2,1	6,6	-2,3	-9,5	-1,6	-8,6	-3,6	-1,2
	7	5,0	6,0	3,8	6,9	8,0	6,9	3,4	0,7	1,6	5,8	4,2	1,1	-2,2	0,2	2,8	5,6	5,6	4,8	7,7	4,5	5,8	6,5	2,5	2,6	7,2	-0,6	-6,4	-0,8	-6,4	-2,9	-0,9
	8	5,4	8,8	5,4	9,6	8,9	7,0	4,0	2,3	2,8	6,8	3,0	3,2	-1,8	1,0	3,8	6,5	7,0	5,8	7,3	4,6	6,2	7,2	3,5	3,1	7,5	0,1	-4,0	0,0	-4,5	-2,5	-0,5
	9	6,2	9,4	7,1	9,4	10,6	6,9	4,6	3,6	4,2	7,7	3,0	3,4	-1,0	1,8	3,8	8,0	9,4	7,8	7,5	5,1	6,7	7,2	4,5	4,4	7,5	0,4	-2,6	0,6	-1,5	-1,6	-0,1
	10	6,2	9,6	9,8	10,3	12,5	6,4	4,2	4,3	5,3	9,5	3,8	2,7	0,0	1,4	4,8	8,6	10,3	9,9	8,1	5,6	7,1	7,7	5,2	4,8	6,5	-0,1	-0,9	1,7	-1,3	-0,4	-0,2
	11	6,5	8,9	9,3	10,2	11,6	6,1	4,3	4,7	6,2	10,3	4,2	4,3	0,0	1,4	6,1	8,6	9,4	10,1	8,8	6,6	7,4	8,6	5,1	5,4	5,8	0,4	-0,1	1,4	-0,6	-0,1	0,0
	12	6,7	9,3	9,2	10,0	12,0	5,8	5,3	5,4	6,9	10,7	4,2	3,9	0,9	1,5	6,5	9,0	8,5	10,3	8,1	7,1	7,5	8,5	5,6	6,3	5,4	0,2	0,3	0,6	-0,5	-0,5	0,2
	13	7,1	9,6	9,3	9,1	11,7	4,9	4,9	5,4	6,8	10,3	3,7	3,9	0,7	1,4	6,4	8,8	8,0	10,1	8,4	7,0	7,4	8,5	5,4	7,4	4,1	-0,5	-0,1	0,7	-0,6	-0,3	0,5
	14	6,7	8,7	8,8	8,9	10,3	4,0	3,9	4,5	5,9	10,0	3,9	3,6	0,1	1,4	5,7	7,8	7,6	9,5	8,2	6,7	7,1	8,1	4,7	7,3	2,3	-1,6	-1,3	0,5	-0,9	-0,7	0,0
	15	6,1	8,0	8,2	8,5	10,2	3,1	2,8	3,6	4,4	9,0	3,5	3,2	0,0	1,3	5,5	6,7	7,4	8,5	7,7	6,4	6,8	7,1	4,6	6,6	0,5	-2,7	-2,2	0,0	-1,2	-1,6	-0,1
	16	6,2	7,0	7,7	8,5	9,5	3,3	2,2	2,9	3,7	9,3	3,2	2,8	0,0	1,3	5,4	5,8	7,2	7,8	6,9	6,3	6,6	6,3	4,7	6,0	0,5	-3,4	-2,1	-0,2	-1,5	-1,7	-0,4
	17	6,2	5,8	6,9	8,1	9,3	3,6	2,2	2,7	3,2	9,1	3,0	3,0	-0,1	1,4	4,7	5,1	7,2	7,6	6,2	6,3	6,6	5,8	4,5	5,8	0,2	-3,7	-2,1	-0,9	-2,1	-1,7	-0,5
	18	6,2	4,8	5,7	7,7	9,1	4,0	2,2	1,6	2,7	9,9	2,6	0,4	-0,2	1,3	4,6	4,2	7,3	7,8	5,6	5,3	5,8	5,8	4,6	5,9	0,2	-4,4	-2,3	-2,5	-2,4	-1,6	-0,7
	19	6,1	3,6	5,6	7,8	8,5	4,0	1,8	0,5	2,5	9,7	2,2	0,2	-0,3	1,5	4,6	4,5	6,9	6,8	5,6	5,1	5,6	4,6	4,2	5,6	-0,2	-4,7	-2,1	-3,6	-2,3	-1,6	-1,2
	20	5,6	2,9	5,1	7,6	8,4	3,7	0,8	-0,2	2,7	9,0	1,7	0,1	0,5	1,5	4,3	4,0	6,4	7,1	5,0	4,7	5,6	4,0	4,3	5,3	-0,5	-5,5	-2,1	-4,8	-2,5	-1,5	-1,3
	21	5,5	2,9	4,8	6,5	8,1	3,1	-0,2	-0,3	2,2	7,9	1,3	0,0	-0,2	1,8	4,0	3,8	6,3	6,9	4,6	4,6	5,2	3,6	4,0	4,9	-0,9	-6,6	-2,3	-5,6	-2,8	-1,5	-1,7
	22	5,6	2,3	4,8	6,1	7,7	3,7	0,4	-0,9	2,1	7,7	1,3	-0,3	-0,3	1,8	4,0	2,9	6,1	7,0	4,7	4,7	5,1	3,4	4,0	4,6	-1,3	-6,9	-2,3	-6,2	-2,8	-1,4	-1,8
	23	5,7	1,8	4,6	6,0	7,3	3,4	0,0	-0,9	2,4	8,3	1,4	-1,1	-0,4	2,0	3,8	2,9	5,7	7,0	4,7	4,7	4,9	2,6	3,7	4,9	-1,6	-7,0	-2,4	-6,7	-2,8	-1,4	-2,0

EK 2: 2018 Yılı Saatlik Piyasa Takas Fiyatı Verileri (TL)

2018 yılı Ocak ayı saatlik piyasa takas fiyatı verileri (TL):

Ocak		Gün																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Saat	0	208	197	195	179	190	174	201	174	190	197	184	176	191	180	193	189	186	179	185	187	190	185	197	174	182	195	184	210	185	189	197
	1	205	175	179	165	119	170	181	170	177	185	172	180	183	180	193	179	181	179	183	181	190	185	175	168	150	159	184	185	169	187	185
	2	165	109	142	190	119	164	119	135	172	136	165	184	178	160	125	169	185	160	173	185	125	184	150	160	150	150	169	150	150	170	171
	3	155	160	130	170	119	142	167	135	146	150	151	150	160	185	125	170	155	119	160	160	150	160	160	160	150	150	150	150	150	150	160
	4	113	155	130	135	119	135	159	135	140	150	147	120	150	160	125	160	155	160	164	179	150	160	150	150	126	150	150	150	145	150	119
	5	105	175	160	135	119	143	140	159	145	150	150	150	150	160	160	164	160	185	173	185	150	180	168	150	150	150	150	140	150	169	160
	6	85	182	155	135	119	164	166	170	185	187	150	179	175	174	196	182	197	188	188	160	185	150	182	125	150	150	169	150	169	175	187
	7	120	182	179	190	149	164	164	200	185	175	150	190	190	174	201	188	190	195	190	160	190	185	197	179	159	179	170	150	174	215	215
	8	153	152	197	179	190	159	135	185	204	202	186	202	200	155	202	205	206	216	215	179	190	200	197	175	150	216	179	170	215	216	215
	9	193	206	200	202	204	175	159	204	207	207	203	206	203	185	210	209	211	217	218	199	150	219	215	194	215	219	190	182	217	215	215
	10	204	206	185	203	203	185	160	205	207	207	202	206	203	185	212	210	210	216	218	216	179	220	215	198	215	220	202	207	219	215	215
	11	170	203	200	202	202	200	160	205	207	206	201	207	202	201	214	211	209	216	217	216	190	220	216	195	215	221	216	180	220	215	202
	12	145	160	142	179	172	185	170	195	201	200	175	201	202	195	209	205	202	195	192	216	190	216	195	179	182	217	206	180	217	175	175
	13	170	183	160	190	167	184	135	200	202	201	185	200	201	180	210	207	203	197	185	212	204	217	199	184	190	215	200	208	218	195	184
	14	170	183	182	190	198	198	140	201	202	202	190	204	198	150	210	208	204	200	205	195	190	218	216	215	215	218	195	205	219	215	185
	15	170	160	185	190	198	195	174	201	200	202	190	206	189	135	210	207	203	200	215	190	194	217	209	195	205	218	190	180	219	200	185
	16	185	195	190	190	200	175	180	201	200	202	200	206	187	174	210	208	202	215	215	179	184	216	205	198	195	218	184	183	218	215	195
	17	160	183	182	185	198	160	170	201	180	200	191	205	170	185	211	206	190	195	192	125	163	216	185	154	179	215	184	180	217	150	190
	18	200	205	200	179	198	170	183	201	180	201	201	206	198	202	212	207	194	200	192	179	190	200	190	195	182	215	193	208	217	190	215
	19	204	182	182	168	185	175	190	179	179	199	206	208	198	203	207	205	185	195	187	173	190	150	200	190	186	207	193	200	215	215	215
	20	185	141	182	200	179	198	170	179	179	185	204	208	175	203	204	203	187	195	192	187	190	210	197	187	182	189	184	191	199	215	190
	21	145	183	160	179	179	179	170	170	170	180	201	204	191	200	201	200	186	187	197	189	190	150	190	174	189	186	184	205	187	215	178
	22	143	174	179	163	179	161	174	181	179	185	200	202	190	188	200	189	184	200	187	185	152	189	187	179	180	186	184	185	190	189	189
	23	113	170	167	109	163	141	163	179	170	172	185	185	183	174	196	180	175	192	185	160	162	183	150	160	150	179	179	181	180	178	184

2018 yılı Şubat ayı saatlik piyasa takas fiyatı verileri (TL):

Şubat		Gün																											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Saat	0	217	205	202	206	185	192	200	179	197	217	168	208	198	185	150	205	194	204	210	185	185	175	187	215	180	215	195	215
	1	203	166	180	130	179	177	177	176	197	210	168	178	195	172	70	139	182	185	144	172	174	176	178	192	168	165	172	200
	2	175	125	140	88	179	180	150	161	130	197	124	129	197	119	196	100	164	149	122	170	100	169	173	173	128	107	146	159
	3	178	130	160	99	162	162	162	152	130	196	124	129	177	119	178	153	150	145	122	172	143	156	173	152	141	130	150	135
	4	132	130	160	125	169	157	150	130	130	152	125	125	124	100	196	135	155	121	135	172	160	159	173	169	120	129	154	125
	5	169	130	150	125	179	162	130	153	167	145	115	129	152	100	196	135	149	121	152	172	173	169	173	169	126	147	172	130
	6	175	175	173	145	185	169	150	175	182	172	129	173	185	170	30	160	165	132	202	184	177	178	180	185	133	130	173	166
	7	216	192	150	130	169	185	195	178	185	175	119	178	215	178	159	160	139	153	175	172	189	188	177	184	119	175	175	169
	8	216	175	150	130	175	182	200	175	185	172	30	175	217	205	169	160	158	179	168	200	189	188	193	125	125	175	185	175
	9	218	215	210	125	217	216	216	205	215	185	30	215	217	210	183	175	182	211	216	216	216	215	215	215	175	196	205	193
	10	217	205	216	201	216	216	216	205	203	190	119	205	217	180	173	169	182	180	215	216	216	216	215	215	170	190	189	189
	11	217	205	216	206	216	216	215	205	185	202	119	208	216	173	170	169	195	175	205	216	215	216	215	216	187	200	205	189
	12	170	174	215	125	177	182	175	163	160	205	90	169	205	125	170	158	164	160	180	180	175	175	175	216	139	175	189	170
	13	175	130	205	125	205	205	175	153	129	185	124	169	205	150	173	130	159	180	171	183	180	183	167	215	190	187	190	189
	14	175	175	164	99	216	215	175	161	178	170	125	175	205	159	173	175	164	180	184	190	185	188	175	215	190	204	204	215
	15	170	175	150	30	216	215	170	161	190	157	149	178	204	167	170	175	159	180	184	183	190	203	205	193	183	205	199	216
	16	215	215	130	65	217	217	195	173	205	170	125	205	205	180	173	169	165	125	205	189	209	216	215	199	175	205	205	217
	17	184	180	125	130	217	216	169	175	204	149	125	205	202	170	158	175	159	130	184	189	189	215	199	184	188	185	189	216
	18	184	200	210	215	216	217	169	175	204	177	210	206	200	167	165	193	183	205	184	189	175	215	170	203	190	175	191	215
	19	175	175	215	218	176	215	167	182	202	185	215	178	200	163	159	175	183	203	168	169	174	200	167	215	215	175	204	200
	20	190	216	216	217	184	216	190	202	196	205	215	178	206	200	170	170	202	182	172	189	200	205	173	185	215	205	200	200
	21	149	179	215	217	184	215	180	200	161	167	215	167	193	185	163	160	165	175	169	187	169	175	175	188	191	175	199	189
	22	169	190	169	216	190	190	173	175	178	170	215	180	170	179	120	170	165	179	168	175	167	169	174	185	205	170	184	196
	23	130	137	99	185	182	190	162	130	180	129	196	170	169	169	90	165	164	165	168	170	167	169	170	170	146	170	168	173

2018 yılı Mart ayı saatlik piyasa takas fiyatı verileri (TL):

Mart		Gün																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Saat	0	185	185	205	146	168	168	190	169	169	174	169	179	169	162	165	163	161	205	111	172	180	168	171	210	214	180	169	189	183	209	215
	1	165	170	120	120	150	130	119	159	125	169	165	169	162	162	164	161	128	200	50	169	154	177	180	169	170	179	169	189	180	190	183
	2	180	130	100	146	120	121	50	120	117	125	149	169	136	148	148	125	125	80	100	148	125	149	149	169	149	169	148	169	129	180	163
	3	163	130	100	70	61	50	95	120	113	149	137	125	125	125	148	148	80	190	66	100	129	159	125	163	134	148	125	169	163	180	163
	4	154	119	100	65	125	50	60	60	100	139	154	125	119	125	148	125	75	130	80	90	125	149	125	163	119	124	125	169	163	163	163
	5	165	110	100	30	168	50	50	119	125	133	160	125	125	148	156	125	77	119	125	115	143	149	130	166	160	117	125	185	163	163	163
	6	193	160	146	70	170	152	128	169	170	169	205	169	166	179	170	165	164	190	165	160	196	159	164	179	170	148	169	185	165	182	173
	7	185	175	119	1	170	164	125	125	169	169	119	169	150	179	172	169	86	10	200	125	168	151	169	179	124	148	149	204	95	162	165
	8	190	215	171	0	198	172	205	125	175	170	135	200	169	180	205	196	180	5	199	149	196	180	180	187	170	215	180	214	211	205	185
	9	216	216	120	1	215	175	190	199	189	189	163	217	170	192	205	215	175	1	205	169	214	181	215	215	175	216	205	214	216	215	200
	10	216	211	168	1	205	170	170	185	170	195	117	215	125	165	191	183	157	0	200	169	175	175	195	216	171	214	180	214	198	213	194
	11	216	203	168	30	216	175	170	170	170	195	94	215	156	165	180	165	125	0	190	195	149	175	180	216	170	181	180	214	198	215	185
	12	213	169	120	165	175	149	125	125	170	180	125	170	141	143	175	170	133	0	124	125	150	130	149	195	148	122	125	205	173	168	170
	13	215	150	168	175	198	170	128	169	149	182	160	165	164	125	165	133	157	0	125	125	150	170	124	180	170	124	159	214	183	100	180
	14	216	178	168	125	215	175	168	175	179	170	170	170	178	160	178	175	119	0	130	169	175	179	164	149	162	140	184	205	183	194	180
	15	215	175	168	169	210	172	168	149	195	169	125	170	149	149	170	168	70	0	143	169	150	180	164	125	125	170	168	205	183	197	165
	16	216	192	168	175	205	184	190	170	195	169	175	175	175	170	178	143	30	0	180	191	168	180	149	149	154	177	180	205	185	215	173
	17	203	175	185	185	175	170	168	169	169	125	125	169	160	169	170	124	41	0	180	169	148	156	153	149	205	180	180	180	183	180	175
	18	185	168	168	175	150	164	158	160	149	169	135	170	125	163	150	119	125	4	154	162	130	130	140	175	182	178	175	145	180	160	193
	19	175	155	186	205	120	125	168	174	160	175	185	169	175	180	170	125	200	180	200	199	159	149	175	216	215	180	190	180	185	180	216
	20	173	168	188	205	199	160	175	150	194	172	203	170	178	181	189	200	200	200	190	185	189	185	215	180	215	180	213	185	198	194	199
	21	173	130	172	185	175	164	170	170	170	172	195	185	170	169	170	170	165	196	185	190	180	180	205	195	190	184	205	180	198	185	185
	22	170	125	158	169	165	125	165	160	165	165	156	162	125	160	164	135	80	149	151	175	149	160	187	198	149	164	200	170	180	163	160
	23	170	119	158	125	120	50	125	160	125	125	153	143	119	141	80	125	30	149	151	158	148	129	160	179	149	158	190	135	178	160	125

2018 yılı Nisan ayı saatlik piyasa takas fiyatı verileri (TL):

Nisan		Gün																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Saat	0	169	120	217	215	215	215	217	190	167	196	190	189	211	216	178	140	218	218	216	214	171	190	191	205	217	212	212	210	218	216
	1	169	153	217	198	196	195	215	187	168	190	189	180	200	190	150	163	215	215	198	204	150	150	185	190	212	210	200	190	216	202
	2	163	159	216	198	190	195	197	180	151	190	184	150	203	180	195	178	215	215	209	209	185	200	151	190	209	208	183	165	209	182
	3	169	91	208	185	170	195	190	187	147	189	170	150	180	179	179	140	199	215	194	209	150	194	181	185	185	185	170	165	156	183
	4	145	159	199	173	171	195	197	150	165	189	165	150	163	179	150	150	188	210	190	206	150	151	151	181	185	185	165	165	150	151
	5	160	160	191	188	190	210	197	163	170	189	189	150	180	179	150	140	187	198	184	184	150	208	171	185	190	185	171	165	162	184
	6	169	184	215	198	196	216	210	168	184	190	190	189	180	180	179	179	184	189	183	183	150	208	140	190	209	184	183	140	195	183
	7	78	184	185	162	155	207	197	150	178	215	190	185	190	190	181	179	184	189	183	185	170	209	208	217	216	209	217	184	99	216
	8	66	218	216	212	207	216	216	150	216	219	216	217	217	213	180	151	178	187	151	184	161	150	171	220	221	220	221	216	142	219
	9	54	222	218	216	216	218	217	150	218	220	218	218	210	214	180	150	210	214	194	208	140	140	210	220	221	220	224	216	150	221
	10	30	220	216	210	192	216	216	150	217	218	216	210	200	178	142	215	217	219	216	217	209	193	205	220	220	222	223	217	151	221
	11	58	220	216	205	190	210	216	150	219	217	216	204	214	202	150	217	219	219	218	218	209	150	196	220	220	222	223	217	209	222
	12	55	217	180	125	155	188	189	150	215	190	190	184	180	185	150	216	218	220	217	218	205	174	182	217	216	218	219	195	150	218
	13	64	218	180	185	125	163	190	150	205	193	200	184	171	210	206	190	217	219	216	217	215	171	190	219	218	218	218	216	180	220
	14	50	220	210	190	190	192	190	150	216	200	215	190	200	175	150	190	208	215	197	190	150	150	202	220	219	221	223	216	150	222
	15	34	219	215	190	185	200	156	150	210	200	216	189	211	150	179	200	204	215	199	153	194	196	210	219	219	221	223	195	150	221
	16	69	221	210	216	190	210	150	150	190	196	216	190	210	170	150	217	216	211	210	202	185	185	217	221	220	221	224	175	183	222
	17	125	221	209	217	200	200	150	180	190	192	203	180	200	150	176	217	210	210	200	200	151	200	217	220	220	220	221	162	190	221
	18	180	221	217	217	215	190	197	163	190	192	211	180	200	178	150	218	214	215	209	200	170	216	218	220	220	220	219	164	198	220
	19	216	222	218	219	218	216	218	216	210	217	216	198	210	217	181	215	216	210	202	182	150	216	219	221	221	221	219	215	215	220
	20	204	222	219	220	221	220	221	216	217	221	217	216	217	214	150	217	216	215	194	150	215	218	221	221	219	221	220	215	217	220
	21	195	220	217	219	220	219	220	216	216	221	213	210	214	192	214	214	218	217	215	179	217	221	220	221	220	221	219	208	216	217
	22	165	215	190	201	212	210	215	190	184	206	180	198	180	178	214	217	220	217	217	209	216	223	216	219	210	217	190	170	208	209
	23	110	208	170	190	185	188	186	150	184	206	150	150	180	150	198	216	220	218	217	196	217	222	209	216	180	190	165	150	184	190

2018 yılı Mayıs ayı saatlik piyasa takas fiyatı verileri (TL):

Mayıs		Gün																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Saat	0	183	179	184	179	151	206	182	193	170	179	150	190	120	140	195	177	177	180	180	207	175	186	210	210	211	205	217	180	189	204	200
	1	208	179	183	150	184	206	150	150	171	145	177	148	120	140	185	167	200	165	200	210	187	189	212	211	211	205	217	180	200	180	180
	2	150	150	150	150	150	155	150	150	147	160	150	148	120	140	140	177	200	180	192	210	190	197	198	212	211	209	216	180	205	180	180
	3	183	150	150	150	150	150	150	150	145	145	150	148	120	140	140	210	180	190	194	210	180	189	215	192	189	180	205	180	189	180	196
	4	150	163	150	150	150	155	152	150	145	149	165	148	120	140	140	177	120	192	200	210	143	189	190	191	192	208	97	190	168	180	100
	5	171	165	155	171	187	195	196	150	150	179	195	148	120	96	177	115	165	180	180	210	96	161	170	153	180	190	71	99	188	147	125
	6	99	145	133	127	120	155	127	132	150	179	190	130	98	99	100	132	125	125	140	165	50	100	115	125	125	99	7	30	150	115	125
	7	129	180	177	189	150	132	160	178	150	169	208	177	50	169	196	133	165	192	180	105	170	145	160	180	192	171	8	177	192	180	190
	8	180	182	200	200	202	150	199	195	188	179	199	190	120	216	204	188	167	214	175	105	188	170	190	215	210	192	6	189	199	180	210
	9	195	190	206	189	190	150	183	200	188	192	210	177	120	216	192	182	192	215	190	74	208	189	195	217	205	195	4	216	199	188	205
	10	184	180	192	202	200	150	180	197	192	189	209	177	120	215	192	177	190	202	195	140	214	189	191	217	215	180	1	216	195	209	200
	11	179	206	190	198	179	150	179	200	195	191	204	177	120	216	189	150	180	199	210	140	198	170	215	216	215	180	16	216	192	182	197
	12	150	206	177	150	190	150	179	206	179	145	177	169	120	179	143	130	163	182	190	161	190	170	211	216	180	160	30	210	180	190	205
	13	150	206	215	150	205	150	184	206	180	179	150	190	120	192	179	188	183	165	198	180	210	192	215	217	180	191	156	216	192	210	215
	14	179	215	216	198	200	183	202	206	188	171	210	175	120	212	179	205	190	210	206	180	214	205	215	217	215	200	192	217	205	197	200
	15	180	215	216	201	179	150	190	202	188	179	191	158	120	202	219	205	200	216	202	190	215	205	205	217	209	195	192	217	199	190	210
	16	179	206	215	202	195	193	206	206	190	189	199	148	140	216	220	212	195	215	186	210	216	210	205	216	215	192	124	217	200	195	210
	17	179	215	201	183	180	202	190	202	190	190	158	148	145	216	179	209	195	216	190	208	215	210	215	217	200	210	180	217	199	188	210
	18	200	210	200	156	150	195	190	155	193	186	150	148	144	203	179	210	195	216	209	210	214	205	211	217	211	210	215	217	192	195	191
	19	179	206	195	155	190	206	155	155	188	189	177	148	215	195	179	215	200	215	210	214	190	205	216	215	200	195	216	215	199	210	190
	20	179	215	206	189	192	218	183	197	179	179	189	177	216	195	189	195	195	202	165	210	198	189	192	180	180	210	210	192	189	195	185
	21	208	215	192	189	205	216	183	189	184	179	174	177	216	202	205	195	200	215	190	202	215	198	215	191	215	209	216	215	199	210	200
	22	180	179	155	165	150	178	170	150	178	178	150	148	158	171	143	190	190	215	191	210	192	189	190	180	180	198	205	211	189	199	190
	23	150	165	150	155	150	155	155	150	148	178	150	148	130	144	140	190	188	199	141	192	171	179	190	153	175	180	192	205	180	188	190

2018 yılı Haziran ayı saatlik piyasa takas fiyatı verileri (TL):

Haziran		Gün																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Saat	0	180	215	217	215	211	189	184	194	184	214	208	216	191	200	218	200	184	200	195	193	189	192	195	225	198	193	212	198	203	222
	1	200	194	216	191	190	195	194	212	195	200	180	209	195	200	215	203	183	179	214	189	189	186	195	224	163	195	190	198	200	195
	2	180	194	216	176	163	195	170	215	161	160	161	160	210	200	135	160	174	149	145	181	164	177	141	161	141	177	140	200	160	182
	3	124	160	215	124	193	140	200	198	140	140	178	148	210	175	144	146	145	160	175	175	163	167	162	194	141	155	124	146	141	175
	4	204	124	216	110	210	148	170	180	214	175	135	148	141	150	190	160	160	168	196	181	206	206	225	184	162	200	169	178	141	175
	5	125	194	186	50	174	130	170	177	214	214	149	146	180	175	181	125	142	147	149	206	177	208	163	184	139	173	182	194	160	141
	6	99	99	99	30	120	119	170	150	149	142	135	139	148	142	148	99	100	144	145	163	164	164	147	143	148	183	150	150	148	175
	7	99	99	34	159	170	191	208	191	163	1	172	190	166	147	149	125	148	182	146	162	197	164	163	117	196	186	200	99	209	197
	8	160	124	99	215	215	199	217	140	216	160	200	199	215	147	148	160	211	214	198	211	211	224	225	172	202	169	215	141	209	215
	9	216	194	160	211	184	194	216	194	215	209	214	208	217	175	142	214	215	218	205	209	226	221	227	184	192	225	222	215	219	200
	10	216	194	160	196	196	199	217	180	200	141	190	174	218	191	99	214	141	217	202	206	226	224	210	184	180	220	226	200	219	209
	11	217	187	159	216	206	215	217	200	214	214	200	200	218	215	30	177	127	217	212	226	228	225	226	135	196	225	215	215	220	214
	12	170	160	159	206	140	165	195	161	180	124	140	124	217	175	27	214	145	208	181	206	209	196	196	135	140	169	194	140	141	146
	13	160	187	160	215	159	170	200	140	214	148	180	190	218	180	30	214	190	216	207	209	227	196	200	174	196	178	205	180	140	205
	14	215	187	215	217	206	198	215	204	210	148	215	216	218	150	124	150	200	218	226	209	228	226	163	194	222	210	225	198	214	197
	15	216	187	160	218	200	195	215	210	195	160	210	216	219	175	124	49	211	218	225	206	228	227	140	174	220	202	216	198	213	140
	16	216	187	215	218	216	216	209	210	192	214	199	217	219	147	140	160	212	217	226	206	228	228	163	140	224	196	216	216	222	202
	17	205	187	216	218	215	210	200	194	199	178	205	216	218	181	174	161	141	216	212	198	226	228	163	175	219	196	202	202	220	215
	18	180	199	218	216	204	195	190	177	214	215	194	210	216	175	160	216	163	205	192	173	208	224	202	194	164	140	202	198	197	214
	19	141	216	219	216	196	193	170	210	210	216	180	199	215	215	215	217	174	179	175	162	184	205	202	214	196	140	182	190	169	214
	20	215	198	218	205	196	199	193	191	200	215	192	199	194	209	219	219	216	202	205	199	211	227	220	227	200	169	215	219	220	227
	21	217	215	219	205	200	217	194	199	217	216	199	216	203	216	219	219	216	202	209	198	215	227	162	227	202	196	203	226	220	228
	22	178	148	217	200	193	191	175	180	215	209	180	164	194	175	185	185	215	175	198	163	197	224	185	183	172	196	172	200	198	224
	23	140	148	217	180	180	170	170	180	140	160	140	141	196	163	185	185	200	140	175	140	173	172	160	162	172	172	150	181	141	200

2018 yılı Temmuz ayı saatlik piyasa takas fiyatı verileri (TL):

Temmuz		Gün																															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Saat	0	214	215	203	189	187	198	202	200	219	203	212	196	205	210	220	219	205	205	205	205	209	247	240	206	210	208	209	205	205	205	205
	1	192	200	193	189	196	196	202	199	218	199	198	195	192	195	219	210	195	199	205	205	206	229	210	206	207	208	209	205	203	205	205
	2	178	186	203	192	200	189	141	205	215	194	196	189	192	199	190	176	199	199	209	210	210	200	205	198	197	193	192	197	193	200	221
	3	226	199	195	174	192	184	180	205	179	199	194	197	182	174	170	174	197	199	200	197	198	124	124	197	182	189	185	182	198	185	203
	4	226	170	141	184	200	184	219	225	205	199	196	194	197	180	220	195	203	202	205	207	240	227	220	197	195	195	202	210	229	200	223
	5	210	140	165	175	184	150	185	205	182	199	182	190	150	174	219	194	193	199	200	197	209	205	198	197	185	193	196	209	219	198	196
	6	144	148	147	149	153	174	147	149	145	199	182	182	152	174	124	174	181	182	179	182	124	124	178	189	197	192	185	124	124	170	124
	7	170	130	195	198	199	197	196	160	195	200	199	191	189	204	170	215	199	199	193	193	207	124	198	199	197	197	195	209	190	209	209
	8	208	200	203	219	219	219	195	219	227	225	216	192	208	208	124	199	210	210	208	209	208	209	210	205	218	219	220	211	195	199	240
	9	140	220	219	219	225	226	215	185	229	226	230	230	218	219	170	224	225	223	218	223	210	210	244	230	220	246	245	221	203	220	247
	10	140	224	220	219	225	225	203	185	227	227	230	219	218	219	203	219	224	240	218	223	210	205	246	230	210	230	246	216	195	215	249
	11	210	225	224	220	225	227	208	200	228	230	246	219	219	219	192	235	245	238	237	235	240	192	245	239	225	230	247	216	209	238	251
	12	202	170	203	140	219	205	200	195	220	224	225	200	190	185	190	202	202	209	209	202	210	199	202	202	202	202	210	212	196	203	210	247
	13	202	202	220	199	219	205	212	200	226	228	245	217	188	210	216	219	234	219	218	202	245	199	210	209	210	220	209	220	209	219	250
	14	186	224	227	220	227	229	216	218	231	233	248	230	218	216	216	246	245	245	240	245	210	169	245	239	229	248	250	216	209	248	254
	15	161	220	226	220	227	230	203	179	230	232	247	220	219	204	202	246	245	247	237	239	205	170	240	239	229	247	247	213	145	249	253
	16	186	220	226	225	228	230	203	219	230	231	249	224	220	195	203	246	245	248	239	239	192	209	245	239	230	247	249	216	185	251	253
	17	164	226	219	219	225	228	202	226	229	228	247	218	219	204	219	239	245	245	224	216	170	209	246	217	229	247	247	209	209	248	248
	18	215	215	198	199	222	225	203	219	225	219	222	200	216	205	170	220	229	219	209	210	170	164	238	205	204	230	245	205	195	229	230
	19	226	192	175	198	219	219	210	224	222	219	218	200	205	200	208	212	224	219	210	208	209	210	217	205	204	219	244	202	203	214	218
	20	228	215	198	202	219	219	215	228	225	225	217	209	217	219	241	220	234	225	220	226	225	246	224	217	210	240	246	221	230	228	230
	21	230	226	202	199	219	219	219	228	228	225	219	219	226	219	245	224	225	219	219	218	223	246	220	230	210	247	230	221	230	228	230
	22	220	190	185	176	199	199	195	172	216	210	204	191	200	216	218	200	218	209	208	208	200	170	204	208	209	215	215	209	202	202	203
	23	140	158	178	176	187	196	186	210	210	200	198	190	192	192	218	199	204	202	202	199	198	200	200	200	197	200	210	202	195	200	196

2018 yılı Ağustos ayı saatlik piyasa takas fiyatı verileri (TL):

Ağustos		Gün																															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Saat	0	220	296	261	262	287	259	284	261	269	281	299	324	333	335	333	332	333	334	335	331	337	335	334	322	331	332	332	330	352	351	338
	1	220	297	258	260	287	245	287	287	263	252	297	321	295	332	331	331	331	332	332	330	334	333	332	292	315	330	330	330	330	340	327
	2	210	250	249	250	199	180	259	259	225	251	296	300	272	331	295	330	300	250	330	275	300	169	240	330	230	292	230	330	265	300	340
	3	207	175	247	241	253	244	259	259	225	200	295	172	170	284	174	331	331	332	331	334	300	230	174	230	230	299	331	322	317	313	265
	4	202	200	249	245	275	225	250	244	174	171	225	320	220	300	280	300	330	331	332	331	200	332	230	330	331	333	330	322	327	254	230
	5	195	210	250	223	259	199	244	230	199	200	248	270	220	290	275	295	315	331	323	172	330	330	166	283	330	331	230	299	305	352	324
	6	185	280	249	245	259	245	244	255	287	255	250	220	305	230	214	225	265	250	123	138	330	146	110	121	153	174	174	230	230	174	230
	7	208	295	260	250	259	269	287	260	258	245	297	241	332	331	333	330	294	265	125	108	331	132	126	119	230	174	331	330	327	324	322
	8	299	301	287	220	196	299	296	297	296	300	301	241	343	336	339	337	336	333	299	240	155	171	330	172	332	331	342	335	356	330	356
	9	300	302	295	279	171	306	299	297	298	301	307	241	352	341	344	341	341	334	233	333	312	331	332	167	333	332	348	338	357	340	359
	10	301	300	287	287	287	310	299	297	298	299	309	220	355	341	346	340	341	334	173	331	173	330	334	310	162	230	348	338	356	327	360
	11	302	300	299	290	250	315	307	300	299	300	311	250	361	343	345	340	342	334	240	330	156	315	332	330	270	315	349	341	359	340	363
	12	297	290	264	200	240	309	299	292	290	287	309	293	355	339	341	336	337	331	240	300	160	310	333	330	300	330	345	337	356	315	359
	13	304	301	275	287	199	314	307	298	298	284	311	321	360	342	345	337	336	332	332	300	231	292	320	270	331	331	346	340	359	327	358
	14	310	306	300	279	287	319	314	304	303	301	311	323	369	347	349	341	346	334	333	300	312	167	240	230	315	332	349	343	363	352	366
	15	309	305	302	270	297	318	311	303	303	303	310	325	368	347	349	340	345	253	332	331	331	290	300	320	331	330	349	342	363	329	367
	16	310	304	303	285	287	319	306	302	304	304	310	328	368	349	350	340	346	315	333	332	331	331	305	335	334	335	351	343	363	340	366
	17	303	295	297	279	281	312	298	290	298	298	308	329	362	344	346	338	342	315	333	334	333	332	331	337	336	337	348	340	361	352	362
	18	298	290	293	296	298	307	287	250	296	294	312	326	355	342	343	339	340	333	292	335	330	331	331	338	339	339	345	338	356	351	357
	19	265	295	289	296	300	303	283	287	292	287	312	326	350	340	341	339	339	337	330	336	333	334	335	342	340	339	342	335	354	340	353
	20	265	295	289	298	305	306	283	290	290	295	314	330	355	342	344	340	342	338	336	336	335	338	338	345	344	342	342	338	356	355	354
	21	269	290	297	298	306	304	295	287	297	301	312	330	352	340	342	339	340	340	336	337	336	337	337	344	343	341	344	340	357	353	355
	22	215	264	265	285	276	286	257	261	286	287	305	325	349	336	339	335	334	333	332	330	174	310	270	340	338	337	340	332	353	324	325
	23	200	218	264	260	274	260	256	254	258	249	300	324	342	333	334	332	299	218	277	271	330	331	330	338	335	335	336	317	348	310	307

2018 yılı Eylül ayı saatlik piyasa takas fiyatı verileri (TL):

Eylül		Gün																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Saat	0	324	350	352	354	357	354	355	354	352	315	330	351	319	320	352	352	350	316	322	314	351	350	351	345	354	351	270	300	330	354
	1	295	322	319	353	355	353	353	353	340	315	319	319	319	321	353	327	325	295	305	270	302	324	324	270	351	270	270	270	325	352
	2	300	320	300	353	353	351	353	320	275	251	320	317	320	300	321	230	295	306	305	314	268	324	300	325	265	250	300	265	250	269
	3	302	320	298	351	325	320	350	317	230	315	305	230	230	300	316	325	230	250	305	250	268	300	324	250	268	268	250	265	321	226
	4	300	328	230	330	350	340	338	330	330	285	305	290	285	285	316	317	230	306	284	303	293	313	351	250	280	269	248	250	293	351
	5	351	352	310	318	317	315	317	316	352	285	314	319	350	300	316	312	230	251	305	303	293	303	325	284	301	290	250	290	293	351
	6	174	174	174	200	200	229	229	229	174	201	294	225	174	225	174	174	174	225	225	225	250	250	253	295	254	226	174	314	250	250
	7	174	174	352	317	275	315	320	316	174	315	230	230	290	317	291	174	325	250	305	304	303	268	225	300	174	319	306	325	250	174
	8	352	200	359	360	361	360	362	353	351	358	354	320	355	352	352	174	355	353	353	356	356	354	290	357	330	351	305	352	353	174
	9	354	230	363	366	366	364	367	358	352	363	358	353	352	355	354	351	355	352	356	357	359	358	254	361	352	343	335	355	355	310
	10	356	300	363	368	368	365	367	359	315	363	359	352	354	355	354	352	350	333	355	357	358	359	305	361	344	321	321	356	354	319
	11	354	349	366	371	371	369	370	361	230	362	360	351	354	357	354	350	335	352	355	355	357	359	250	361	344	305	335	359	355	350
	12	352	316	363	369	368	365	364	358	230	359	356	317	335	340	333	300	230	316	329	329	325	353	226	357	270	159	248	352	321	225
	13	354	345	366	371	371	368	364	361	340	361	360	351	353	351	352	230	325	351	355	353	345	356	300	361	315	270	315	351	352	306
	14	356	351	370	375	374	373	373	362	351	365	363	355	356	359	352	319	354	357	360	360	363	358	351	365	353	325	353	361	353	225
	15	355	328	370	375	374	373	374	362	353	366	363	355	357	360	354	325	357	358	361	362	365	358	350	365	353	352	353	363	353	300
	16	357	352	370	375	376	373	375	362	354	367	363	358	358	361	354	351	360	359	363	363	367	358	352	367	354	353	355	365	354	337
	17	354	352	367	372	373	369	372	360	353	364	361	357	358	360	353	351	359	359	362	362	366	359	355	367	353	354	356	365	353	353
	18	356	353	363	369	366	364	368	359	352	359	357	352	356	358	351	351	357	354	358	357	361	358	356	364	335	335	354	362	336	352
	19	353	351	360	367	363	362	366	357	330	358	354	335	355	356	333	351	353	347	355	354	359	360	359	364	322	321	321	362	352	355
	20	356	354	360	366	361	361	367	358	352	357	355	354	357	358	351	352	352	333	355	355	359	361	357	360	335	352	353	359	351	355
	21	357	354	361	366	361	362	364	356	352	355	352	347	354	356	333	353	345	335	352	354	355	357	355	357	353	335	355	356	354	355
	22	353	345	359	362	358	357	360	350	200	347	334	303	350	355	313	299	316	305	304	315	351	354	341	351	316	308	306	314	310	310
	23	324	296	356	358	354	354	356	319	306	316	316	293	315	353	313	230	299	300	251	313	313	312	315	350	268	226	265	305	268	298

2018 yılı Ekim ayı saatlik piyasa takas fiyatı verileri (TL):

Ekim		Gün																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Saat	0	313	323	323	323	326	308	325	310	353	324	289	323	335	326	270	351	313	280	327	317	352	310	316	316	352	323	323	296	353	296	353
	1	313	309	340	344	306	308	319	297	325	295	289	321	295	339	282	352	313	280	314	317	339	295	310	315	314	290	290	296	290	290	314
	2	225	290	325	352	174	290	286	250	295	295	269	351	245	352	318	319	174	280	292	280	174	172	284	279	174	174	269	295	245	224	340
	3	271	174	306	306	280	174	319	250	249	174	269	307	174	304	245	265	280	280	280	280	280	280	174	279	279	174	191	50	177	264	280
	4	253	174	290	290	259	250	319	250	250	215	245	174	259	345	140	265	280	174	304	294	295	229	174	174	174	174	174	281	30	103	174
	5	271	290	309	290	290	308	319	280	278	274	269	280	280	352	153	265	295	280	310	294	298	284	275	279	174	275	269	336	130	264	285
	6	271	290	323	295	280	250	325	278	295	278	310	335	280	245	245	332	302	351	352	294	315	305	304	314	200	315	269	315	150	309	309
	7	325	312	337	306	299	174	50	250	304	309	318	315	174	125	303	312	302	302	314	280	174	150	316	316	279	275	174	50	264	316	349
	8	360	356	359	357	353	311	250	355	352	354	353	354	345	174	355	355	351	356	358	353	174	355	356	357	314	356	323	50	335	359	357
	9	365	357	361	357	352	323	351	357	353	354	356	357	345	351	355	353	339	359	362	353	295	359	360	360	341	358	341	351	356	357	355
	10	360	355	358	354	352	323	166	355	351	354	355	357	345	332	344	342	339	358	361	334	317	358	358	357	352	356	298	264	356	353	352
	11	359	355	356	352	352	323	296	356	352	354	356	357	340	325	343	352	352	358	360	356	344	356	357	358	351	354	353	306	355	351	353
	12	354	343	352	332	216	280	172	352	318	352	353	340	280	160	312	319	280	355	354	354	318	352	353	351	280	275	295	150	318	190	315
	13	357	353	357	336	280	352	296	354	353	353	355	352	313	353	352	352	353	359	356	355	329	355	357	354	336	323	313	327	352	351	352
	14	361	357	361	354	354	352	250	358	355	356	358	358	340	353	357	354	357	363	363	358	318	359	361	357	352	356	352	264	354	352	355
	15	362	359	362	356	355	352	323	360	356	357	359	358	340	319	358	355	359	364	365	358	280	360	361	357	354	357	353	352	356	353	357
	16	365	362	364	357	356	352	329	361	358	359	360	360	350	350	360	357	358	365	366	357	352	361	363	359	355	359	354	353	358	356	357
	17	365	360	364	354	352	323	339	359	353	357	356	356	325	319	357	298	352	364	362	355	352	358	361	359	352	359	353	354	357	355	359
	18	360	356	356	325	313	316	332	352	318	325	325	325	316	329	321	313	318	362	361	354	327	355	359	356	353	358	353	354	359	356	360
	19	362	355	356	290	313	332	349	338	318	325	325	325	322	356	321	318	351	358	358	353	353	345	356	353	336	355	352	357	358	356	358
	20	361	354	359	345	332	323	351	338	350	332	353	352	323	355	320	353	353	358	355	352	352	353	359	354	336	356	336	357	357	357	357
	21	359	357	356	335	325	316	351	334	335	346	352	350	323	353	322	352	352	356	354	352	351	352	357	353	340	354	313	355	355	354	356
	22	351	351	342	308	286	309	308	280	295	296	307	304	296	305	307	307	318	352	310	304	289	320	356	323	313	313	294	306	353	351	352
	23	322	323	323	306	286	309	308	297	293	290	295	288	289	284	296	293	318	312	306	290	280	314	353	316	315	309	289	294	313	309	309

2018 yılı Kasım ayı saatlik piyasa takas fiyatı verileri (TL):

Kasım		Gün																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Saat	0	314	312	293	294	304	275	290	301	294	295	303	302	299	299	299	299	301	301	301	301	294	292	300	285	296	300	301	298	297	297
	1	290	275	275	290	291	275	275	300	300	301	302	301	299	299	299	290	300	300	300	301	294	290	275	274	295	300	300	291	301	284
	2	321	275	284	292	291	275	273	272	272	301	290	301	285	288	300	300	300	300	255	289	299	297	275	285	299	301	301	263	300	174
	3	320	275	238	285	269	241	269	248	290	272	267	301	288	171	268	255	272	255	161	279	265	265	235	148	274	286	291	170	263	174
	4	150	171	275	260	202	269	168	276	169	226	285	172	194	249	240	126	217	178	55	226	200	235	100	50	273	50	220	159	172	160
	5	265	275	275	260	269	275	285	290	285	272	294	231	272	288	269	280	289	273	100	286	265	280	260	260	255	191	265	291	260	254
	6	321	315	290	272	304	275	301	300	272	272	300	272	285	300	290	290	287	255	255	286	285	287	275	285	300	280	299	302	301	281
	7	314	315	293	171	310	273	301	300	290	227	300	302	272	300	300	300	300	162	287	302	301	302	287	286	236	302	294	283	302	300
	8	327	321	311	167	315	313	304	306	306	304	264	308	304	306	308	306	306	132	303	307	307	310	304	303	236	305	303	304	308	306
	9	329	320	313	310	316	314	305	307	306	305	300	309	305	308	309	309	306	300	306	310	310	313	306	304	255	307	306	308	311	311
	10	327	318	312	250	313	313	304	305	305	305	273	308	302	306	308	308	306	273	306	310	310	312	305	304	159	308	305	309	311	312
	11	326	318	311	260	312	312	304	304	304	305	264	308	301	304	308	308	306	272	304	309	309	311	307	306	295	308	308	311	313	314
	12	322	300	284	262	291	310	301	301	300	303	267	304	299	302	304	304	304	300	302	305	305	307	300	305	255	303	304	307	309	309
	13	325	313	311	262	310	312	304	303	302	304	300	306	301	303	305	305	306	302	304	307	306	308	301	306	300	304	306	309	310	308
	14	328	320	310	250	312	314	307	306	307	304	300	307	303	305	307	309	306	302	306	310	310	310	307	307	300	305	307	312	312	312
	15	328	320	311	294	313	315	307	306	308	305	302	308	304	305	308	309	305	302	308	310	310	309	307	306	300	307	307	312	312	312
	16	329	321	300	262	314	316	309	308	309	306	306	310	304	307	309	310	305	305	311	311	312	310	307	308	302	307	307	313	313	313
	17	327	319	220	250	312	314	309	309	310	306	306	312	304	307	310	311	303	307	314	312	314	311	307	310	304	307	307	315	313	313
	18	329	317	285	311	313	312	307	309	309	311	313	312	302	306	309	311	306	309	314	312	314	308	304	312	304	303	304	313	309	310
	19	323	312	311	312	311	301	302	307	307	310	313	307	300	304	306	308	303	309	312	309	310	303	273	309	304	255	300	306	306	305
	20	304	315	310	313	312	301	307	308	305	308	311	304	299	305	305	307	303	307	311	307	308	302	300	308	304	300	263	306	302	304
	21	295	307	311	313	310	291	304	306	305	306	309	302	304	303	305	306	301	305	309	305	305	301	301	307	303	301	284	305	302	303
	22	295	284	293	292	285	282	295	294	299	302	306	294	295	300	300	300	299	301	305	300	302	279	272	305	298	281	280	294	283	293
	23	285	275	274	273	275	275	282	280	280	301	304	281	281	300	295	285	280	280	303	281	286	240	265	303	278	280	280	288	263	292

2018 yılı Aralık ayı saatlik piyasa takas fiyatı verileri (TL):

Aralık		Gün																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Saat	0	295	300	296	300	300	280	280	282	283	260	249	288	286	286	286	286	270	287	286	275	283	285	286	258	151	285	267	202	283	275	275
	1	295	296	300	295	295	176	226	282	281	224	229	286	277	260	260	285	135	285	225	149	285	285	223	222	80	150	275	190	275	174	222
	2	270	280	184	274	270	172	141	281	171	190	144	248	200	190	199	285	135	174	110	100	174	280	120	134	49	30	174	170	174	57	100
	3	254	218	174	264	270	156	96	280	225	270	248	260	220	102	174	220	173	174	173	30	174	174	120	163	29	50	173	174	174	175	110
	4	226	218	160	190	190	127	100	225	225	62	160	174	174	174	174	5	6	174	125	30	174	174	173	163	29	30	150	161	174	171	100
	5	264	266	174	200	250	189	150	280	224	108	250	215	248	174	115	1	6	174	173	150	174	174	174	163	50	160	174	174	174	171	102
	6	295	292	264	286	286	225	280	282	225	65	285	249	260	174	174	174	283	174	174	225	284	225	174	174	174	174	238	174	174	174	251
	7	218	226	296	301	286	281	280	284	180	200	286	284	270	174	200	200	291	287	286	285	287	280	174	285	260	220	286	174	200	175	286
	8	305	233	305	309	305	288	287	285	123	285	292	289	290	289	286	30	293	290	289	289	292	287	174	290	286	288	290	289	287	174	292
	9	310	300	309	309	308	292	288	291	225	291	297	293	295	294	290	285	298	294	294	294	296	291	222	296	288	293	295	294	292	171	294
	10	312	296	309	309	308	292	289	292	174	291	298	294	294	294	290	283	299	292	295	296	296	291	153	295	288	292	296	293	291	230	296
	11	313	264	311	309	308	294	293	293	280	292	299	297	296	296	290	283	298	294	296	297	297	292	286	294	288	292	297	293	291	165	297
	12	310	218	307	305	304	289	288	291	280	289	295	293	292	292	288	283	296	290	293	295	293	289	271	290	286	289	293	289	290	237	294
	13	310	296	309	306	304	291	289	290	281	289	297	294	293	291	287	286	296	290	294	296	293	289	170	291	287	290	294	289	289	174	295
	14	309	301	311	309	304	292	293	290	281	290	299	296	296	295	287	286	298	290	295	298	297	289	199	292	288	291	296	292	288	238	297
	15	308	301	311	309	304	292	294	288	282	290	299	296	297	295	288	287	299	290	295	298	297	288	285	291	288	292	296	293	287	285	297
	16	310	302	313	310	303	293	294	290	282	292	301	299	298	296	288	288	300	289	296	297	299	287	286	292	288	292	298	293	287	238	297
	17	313	305	315	309	301	293	296	293	285	293	302	299	298	296	290	291	301	291	295	297	299	289	291	292	288	293	300	293	288	237	297
	18	314	307	311	305	300	290	292	294	289	292	301	297	295	293	291	292	300	287	292	294	296	290	293	288	287	292	298	291	289	287	293
	19	311	307	306	302	174	285	287	290	288	288	297	294	291	290	290	291	296	262	289	291	292	288	292	285	238	289	294	289	287	288	288
	20	310	306	304	300	299	286	287	286	285	286	295	294	289	289	288	290	294	289	286	290	289	287	292	238	280	289	291	287	288	286	286
	21	308	305	302	299	303	285	289	288	284	284	292	291	289	288	289	289	293	286	286	290	288	286	290	238	260	288	290	287	287	286	286
	22	305	300	290	264	281	272	285	282	281	269	288	288	265	285	264	286	289	172	268	285	275	213	281	164	153	280	286	271	174	256	217
	23	303	298	281	263	174	252	283	265	256	269	285	286	270	250	260	261	288	179	260	273	275	148	259	144	136	285	279	237	136	171	141

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mustafa Yasin ERTEN

Doğum Tarihi : 03.04.1988

Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu :

Lisans : Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği 2011

Yüksek Lisans : Kırıkkale Üniversitesi Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği 2015

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl/Yıllar:

Etkin Enerji	Proje Yöneticisi	2011 Temmuz-2013 Ocak
Endoks Enerji	Proje Yöneticisi	2013 Ocak-2013Aralık
Kırıkkale Üniversitesi	Araştırma Görevlisi	2013-Halen

Yayınları (SCI) :

Akkas OP, Erten, M, Cam E, and İnanç, N (2017) Optimal Site Selection for a Solar Power Plant in the Central Anatolian Region of Turkey, International Journal of Photoenergy Vol 13, DOI: 10.1155/2017/7452715

Yayınları (Diğer) :

Erten, M. Y. & İnanç, N. (2021). Machine Learning Based Short Term Load Estimation in Commercial Buildings . International Scientific and Vocational Studies Journal , 5 (2) , 171-181 . DOI: 10.47897/bilmes.1033438

Manuel, N., İnanç, N., & Erten, M. (2021). Control of mobile robot formations using A-star algorithm and artificial potential fields. Journal of Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology, 12(2), 57-67. doi:https://doi.org/10.14203/j.mev.2021.v12.57-67

Yalçınkaya, F, Aydilek, H, Erten M, İnanç, N. (2020). IoT based Smart Home Testbed using MQTT Communication Protocol. International Journal of Engineering Research and Development, 12 (1) , 317-324 . DOI: 10.29137/umagd.654056

Erten, M, Aydilek, H, Çam, E, İnanç, N. (2018). Comparing Tıme Series Forecasting Methods to Estimate Wind Speed in Kırıkkale Region. Technological Applied Sciences, 13 (2), 98-107.

ERTEN, M, NUR YILMAZ, G. (2017). 2B Video ve Derinlik Haritası Temelli 3B Videolarda Yapısal Karmaşıklık Tabanlı Video Kalite Değerlendirmesi. International Journal of Engineering Research and Development, 10 (1) , 118-125 . DOI: 10.29137/umagd.356397

ARSLAN Ö, ARIKAN Y, ERTEN, M, ÇAM E. (2014). Kırıkkale Üniversitesi'ne Kurulacak Olan Rüzgar Türbini İçin Enerji ve Maliyet Analizinin Yapılması. International Journal of Engineering Research and Development, 10 (2).

Yayınları (Diğer) :

Erten Mustafa Yasin, Aydilek Hüseyin, İnanç Nihat (2018). Kısıtlı Cihazlar Üzerinde Nesnelerin İnterneti Haberleşme Protokolleri için Karşılaştırmalı Çalışma. II. International Scientific and Vocational Studies Congress (BILMES 2018)

Erten Mustafa Yasin, Aydilek Hüseyin, İnanç Nihat (2018). IOT Tabanlı Haberleşme Verimli Yerel Ulaşım Sistemi Geliştirilmesi. II. International Scientific and Vocational Studies Congress (BILMES 2018)

Sezgin Sinem, Aydilek Hüseyin, Erten Mustafa Yasin, Çam Ertuğrul (2017). Rüzgâr Yönü ve Şiddeti Hesaplanarak Rüzgâr Türbinleri için Otomatik Güvenli Uyarı Sisteminin Geliştirilmesi I. International Scientific and Vocational Studies Congress (BILMES 2017)

Aydilek Hüseyin, Erten Mustafa Yasin, Çam Ertuğrul, İnanç Nihat (2017). Comparing Time Series Forecasting Methods to Estimate Wind Speed in Kırıkkale Region. I. International Scientific and Vocational Studies Congress (BILMES 2017)

Aydilek Hüseyin, Erten Mustafa Yasin, İnanç Nihat (2017). Image Processing based Weather Prediction and Outdooractivity Decision Framework with Support Vector Machines. International Conference on Advanced Technology Sciences (ICAT'17)

Erten Mustafa Yasin, Aydilek Hüseyin, İnanç Nihat (2017). Wind Generation Estimation based on Weather Forecasting in Kırıkkale Turkey. International Conference on Advanced Technology Sciences (ICAT'17)

Erten Mustafa Yasin, Aydilek Hüseyin, İnanç Nihat (2017). Risk Assessment for Wind Turbines Based on Wind Speed Forecasting. CBU International Conference, 243-243.

Projeler:

114E551 nolu 'Çoklu Ortam Uygulamaları İçin Yeni Bir 3 Boyutlu Video Kalite Deneyim Tahmin (3BVİKDİT) Modeli' TUBITAK projesi 2015-2016.

Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP)- “Rüzgar Türbini için Gerçek Zamanlı İzleme ve Güvenlik Sistemi Geliştirilmesi”, Yürütücü: Prof. Dr. Nihat İNANÇ, Yardımcı Araştırmacı, 2017, Kırıkkale.