



**ANLIK DOĞALGAZ TÜKETİM
VERİLERİNİN COĞRAFİ BİLGİ
SİSTEMLERİ DESTEKLİ İSTATİSTİKSEL
ANALİZİ**

Doktora Tezi

Ahmet DABANLI

Eskişehir 2023

**ANLIK DOĞALGAZ TÜKETİM VERİLERİNİN COĞRAFI BİLGİ
SİSTEMLERİ DESTEKLİ İSTATİSTİKSEL ANALİZİ**

Ahmet DABANLI

Doktora Tezi

Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ABD Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Alper ÇABUK

(İkinci Danışman: Prof. Dr. Alper ÜNAL)

Eskişehir

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Mart 2023

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Ahmet DABANLI'nın ANLIK DOĞALGAZ TÜKETİM VERİLERİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ DESTEKLİ İSTATİSTİKSEL ANALİZİ başlıklı çalışması 28/03/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ABD Anabilim dalında Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

<u>Jüri Üyeleri</u>	<u>Unvan Adı Soyadı</u>	<u>İmza</u>
Üye	: Prof. Dr. Tansu FİLİK	
Üye	: Prof. Dr. Ebru V. ÖCALIR AKÜNAL	
Üye	: Doç. Dr. Tolga PUSATLI	
Üye	: Doç. Dr. Mehmet ÇETİN	
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Muammer TÜN	

Prof. Dr. Semra Kurama
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

28/03./2023

DANIşMAN ONAYI

Danişmanlığını yürüttüğüm Doktora ğrencisi Ahmet DABANLI'nın "ANLIK DOğALGAZ TÜKETİM VERİLERİNİN COğRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ DESTEKLİ İSTATİSTİKSEL ANALİZİ" başlıklı tez çalışmasını tamamlamıştır. Hazırlamış olduğu tez tarafımda incelenmiş ve öğrencinin tez savunma sınavına alınması bilimsel ve etik açıdan uygun görülmüştür.

Tez Danişmanı

Prof. Dr. Alper ÇABUK



ÖZET

ANLIK DOĞALGAZ TÜKETİM VERİLERİNİN COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ DESTEKLİ İSTATİSTİKSEL ANALİZİ

Ahmet DABANLI

Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ABD Anabilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mart 2023

Danışman: Prof. Dr. Alper ÇABUK

(İkinci Danışman: Prof. Dr. Alper ÜNAL)

Bu çalışma Isparta İl merkezindeki 17 adet veri kaydedici ile saatlik olarak toplanmış doğalgaz tüketimlerini etkileyen etmenlerin makine öğrenmesi, regresyon analizi, karar ağacı ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) destekli analizi ve tüketim profillerinin çıkarılması hakkındadır. Isınma amaçlı kullanılan doğalgazda %99 dışarıya bağımlılığın olması ve değişen jeopolitik şartlar sebebiyle enerjinin verimli kullanılması gerekmektedir. Doğalgazın verimli kullanılabilmesi için veriye dayalı yönetim stratejileri geliştirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, tüketimi etkileyen etmenlerin saatlik olarak analizlerinin ve ayrıntılı profillerin çıkarılması çalışmayı önemli kılmaktadır. Tüketim verilerinin daireye ait alan, cephe, kat ve yükseklik bilgilerine göre karar ağaçlarına ayrılmış, her bir daldaki tüketimlerin saatlik meteorolojik parametreler ile çoklu lineer regresyon modellemesi yapılmış ve aralarında anlamlı sonuçlar bulunmuştur. Tüm şehrin tüketiminin modellenmesi için en uygun veri toplayıcı cihaz sayısının hesaplanmasında karar ağacını etkileyen etmenlere göre 3 farklı kurgu çalışılmıştır. Ayrıca cihazların harita üzerinde takılacağı binaların CBS desteği ile geliştirilen D2LogTAY yazılımı ile tespiti yapılmıştır.

Benzer cephe, alan, kat ve yükseklik gibi parametrelere sahip abonelerin, dışa bağımlı olduğumuz ortalama doğalgaz tüketimlerinin, bilgilendirme ve bilinçlendirme amaçlı raporlanması ile, azaltılabilecek doğalgaz tüketim ve sera gazı salınım miktarları 4 farklı duyarlılık kurgusu ile hesaplanmıştır. Kurgularda ayrıntılı veri olan yerlerde %19 ile %32lik, karar ağacı ile hesaplamalarda ise %23lük farklar hesaplanmıştır. Çalışmada, hafta içi tüketimin hafta sonundan ve günlük olarak çarşamba ve perşembe günlerinin fazla olduğu, okul ara tatillerin diğer tatillere göre daha fazla tüketimin olduğu tespit edilmiştir. Meskenlerde saatlik tüketimlerin çoğunlukla benzeştiği ve farklılaşanların tespit edilebildiği görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: CBS, Doğalgaz Tüketimi, Enerji Duyarlılığı, Regresyon ve Karar Ağaçları, Modelleme, Isparta, Ölçüm Cihazı

ABSTRACT

GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS SUPPORTED STATISTICAL ANALYSIS OF INSTANT NATURAL GAS CONSUMPTION DATA

Ahmet DABANLI

Department of Remote Sensing and Geographical Information System

Eskişehir Technical University, Institute of Graduate Programs, March 2023

Supervisor: Prof. Dr. Alper ÇABUK

(Co-Supervisor: Prof. Dr. Alper ÜNAL)

This study is about machine learning, regression analysis, decision tree and Geographic Information Systems (GIS) supported analysis of the factors affecting the natural gas consumption collected on an hourly basis and the creation of consumption profiles with 17 data loggers in Isparta city center. Natural gas, 99% supplied externally, used for heating must be used efficiently due to the changes in geopolitical conditions. Data-based management strategies should be developed to increase efficiency. Hourly analysis of the factors affecting consumption and detailed profiles make the study important. Significant results were found in multiple linear regression model used to analyze meteorological and consumption data which is clustered into groups by decision trees using area, direction, floor and height of flat, between them. Three different scenarios were studied in calculating the most appropriate number of data collector devices to model the whole city. D2LogTAY GIS module developed to analyze and determine buildings where the devices will be installed.

Four sensitivity scenarios studied to reduce the natural gas usage by reporting the average consumption in similar flats (area, direction, floor and height) to increase awareness and decrease greenhouse gas emission amounts. Detailed data supplied %19 to %32 differences and decision tree 23% difference from regular averages in scenarios. Consumption on weekdays is higher than the weekend, Wednesdays and Thursdays higher than others, and the consumption of school breaks is more than other holidays. It has been observed that hourly consumptions in residences are mostly similar and those that differ can be detected.

Keywords: GIS, Natural Gas Consumption, Energy Sensitivity, Regression & Decision Trees, Modelling, Isparta, Measurement Device.

TEŞEKKÜR

Öncelikle güzel yurdumun COVID-19 pandemisi, sel ve deprem afetlerinde bir araya gelen, yardımlaşan, canını, malını ortaya koyan, hayatını kaybeden ve şehit olan tüm vatandaşlarımıza,

Doktora kariyerimin başlaması ve tamamlanana kadar desteğini, yönlendirmesini ve emeğini esirgemeyen tez danışmanım Sn. Prof. Dr. Alper ÇABUK hocama,

Mesleki alandaki yönlendirmeleri ve tezim konusunda destek sağlayan yardımcı tez danışmanım Sn. Prof. Dr. Alper ÜNAL hocama,

Hiçbir zaman desteğini esirgemeyen Sn. Doç. Dr. Tolga PUSATLI hocama, Sn. Prof. Dr. Ebru Vesile ÖCALIR AKÜNAL hocama, Prof. Dr. Tansu FİLİK, Dr. Muammer TÜN, Doç. Dr. Mehmet ÇETİN ve Prof. Dr. Uğur AVDAN hocalarıma,

Öğrencilik hayatımda tanıştığım ve iş hayatıma başlamamdan bugüne maddi manevi hiçbir desteğini esirgemeyen ortaklarım Tuncay ve Alim KÜÇÜKPEHLİVAN'a, çalışma sırasında destek olan Yalçın ÖZTÜRK, Ömer UYSAL, Ceren ÖZCAN TATAR'a ve diğer çalışma arkadaşlarıma,

Veri kaydedici verilerin temini ve denetlenmesinde desteğini esirgemeyen Sn. Salih TÜREDİ bey ve VHS şirketinin diğer yetkililerine,

Isparta'da saha çalışmalarında yardımcı olan arkadaşım Sn. Emre SAĞLAM ve ailesine,

Tez kontrolünde yardımcı olan arkadaşım Recepguli Tecen'e

Beni bugüne getiren annem, babam, ablam Selma KÖSE, kardeşim Oğuzhan DABANLI, sabırları ve desteklerinden dolayı eşim Zeliha ve çocuklarım Yusuf Tuna, İrfan Eymen ve Elif Beren'e.

Ahmet DABANLI

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programıyla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

AHMET DABANLI

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BAŞLIK SAYFASI	I
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	II
ÖZET	III
ABSTRACT.....	IV
TEŞEKKÜR	V
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	VI
İÇİNDEKİLER	VII
TABLOLAR DİZİNİ.....	XIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XVI
GÖRSELLER DİZİNİ	XIX
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	XX
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı	5
1.2. Tezin Kapsamı.....	5
1.3. Hipotez	8
1.4. Araştırma Soruları.....	8
2. KURAMSAL TEMELLER	10
2.1. Doğalgaz Tüketimi ve CBS.....	10
2.2. Doğalgaz Tüketimleri, Veri Kaydedici ve Akıllı Sayaçlar	12
2.2.1. Doğalgaz tüketiminde veri kaydedici kullanımı ve enerji duyarlılığına etkisi.....	12
2.2.2. Doğalgaz, su, elektrik abone tüketimleri.....	14

2.2.3. Farklı coğrafya ve kültürlerde doğalgaz kullanımı.....	16
2.2.4. Doğalgaz kullanımını etkileyen etmenler	16
2.2.5. Hava sıcaklığına bağlı tüketim ve sıcaklık değişimine hassasiyet.....	19
2.3. Açıklayıcı Veri Analizleri	22
2.4. Sınıflandırma ve Karar Ağaçları.....	27
2.4.1. Regresyon ve sınıflandırma	27
2.4.2. Karar ağacı	30
2.4.3. Regresyon ağacı oluşturma.....	32
2.4.4. Çalışmalarda kullanılan algoritmalar ve modeller	33
2.4.5. Regresyon model sonucunun değerlendirmesi	33
2.5. Doğalgaz Kullanımının Çevreye ve Atmosfere Etkisi.....	37
2.6. Doğalgaz Ekonomisi ve Etkisi.....	40
2.7. Doğalgaz Fiyatlarındaki Değişim.....	43
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	45
3.1. Materyal.....	45
3.1.1. Donanım	45
3.1.1.1. <i>Sahada kullanılan donanımlar</i>	45
3.1.1.2. <i>Ofiste kullanılan donanımlar</i>	46
3.1.2. Veriler	46
3.1.2.1. <i>Saatlik veri kaydedici tüketim verileri</i>	46
3.1.2.2. <i>CBS verileri</i>	47
3.1.2.3. <i>Daire karakteristik verileri</i>	48
3.1.2.4. <i>Meteoroloji verileri</i>	48
3.1.2.5. <i>Isparta daire alan bilgileri</i>	50

3.1.3. Yazılımlar.....	51
3.1.3.1. Microsoft Excel.....	51
3.1.3.2. MapInfo Pro CBS.....	52
3.1.3.3. Mapbasic	52
3.1.3.4. DOABİS: Doğalgaz Altyapı Bilgi Sistemi.....	52
3.1.3.5. R.....	53
3.2. Yöntem	53
3.2.1. Saatlik tüketim verileri düzenleme ve denetimler (1A)	54
3.2.2. Daire karakteristik verilerinin oluşturulması (1B)	55
3.2.3. CBS verilerinin toplanması (1C).....	56
3.2.4. Meteoroloji verilerinin düzenlenmesi (1D)	57
3.2.5. Verilerin birleştirilmesi (2A, 2B, 2C).....	59
3.2.6. İstatistiksel parametre hesabı ve profillerin oluşturulması (3A, 3B, 3C)	60
3.2.7. Model ve karar ağacı geliştirilmesi (4A)	65
3.2.8. CBS için analiz yazılımı geliştirilmesi D2LogTAY yazılımı (4B).....	66
3.2.9. Analiz testleri (4C).....	69
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE SONUÇLARI	72
4.1. Araştırma Bulguları.....	72
4.2. CBS analizleri.....	72
4.2.1. CBS analizleri	74
4.2.1.1. Isparta’da sitedeki binalar.....	74
4.2.1.2. Sitedeki taban alanı benzer binalar	74

4.2.1.3. Sitede, Alanı 275-625 m2 Arası ve 1060-1110m yükseklik aralığındaki binalar.....	75
4.2.1.4. Kat sayısına göre binalar.....	76
4.2.1.5. Yüksekliğe göre binalar.....	77
4.2.1.6. Veri kaydedici coğrafi dağılım haritası.....	78
4.2.1.7. Sosyo-ekonomik seviye (SES) haritası.....	78
4.2.2. Veri kaydedici tüketim istatistikleri ve ortalama tüketim grafiği	79
4.2.3. Veri kaydedici verilerdeki düzensizlikler.....	81
4.2.4. Değişken verilere göre tüketim profilleri	84
4.2.4.1. Sıcaklığa göre tüketim profili.....	85
4.2.4.2. Neme göre ortalama tüketim profili.....	85
4.2.4.3. Rüzgâr hızına göre ortalama tüketim profili.....	86
4.2.4.4. Güncel basınca göre ortalama tüketim profili.....	86
4.2.4.5. Günlere göre ortalama tüketim profili.....	86
4.2.4.6. Hafta içi, hafta sonu ve tatil tüketim profili	87
4.2.4.7. Günlere ve sıcaklığa göre ortalama tüketim profili.....	89
4.2.4.8. Abone türü ve sıcaklığa göre ortalama tüketim profili	90
4.2.4.9. Bina türü ve sıcaklığa göre ortalama tüketim profili.....	90
4.2.4.10. Dairelerin aylık ortalama tüketimi.....	91
4.2.5. Kategorik verilere göre tüketim profilleri:	92
4.2.5.1. Kata göre ortalama tüketim profili.....	92
4.2.5.2. Cephelere göre ortalama tüketim profili.....	92
4.2.6. Site/Apartman içi mesken tüketim profili.....	94
4.2.7. Gece, sabah, öğlen, akşam saatlik tüketim profili	94

4.2.8. Müstakil apartman tüketim profili.....	96
4.2.9. İşyeri tüketim profilleri.....	97
4.2.10. Günlük ortalama ve saatlik sıcaklık değişim grafiği.....	98
4.2.11. Veri kaydedici tüketim istatistiklerinin analizi	99
4.2.11.1. Ortalama tüketimler.....	99
4.2.11.2. Histogram grafiği.....	99
4.2.11.3. Serpilme grafiği	103
4.2.11.4. Kutu grafikleri	104
4.2.11.5. Kümülatif dağılım fonksiyonu	107
4.2.12. Regresyon analizleri	108
4.2.12.1. Tüm veri kaydedicilere ait saatlik tüketimlerin analizi.....	108
4.2.12.2. Ortalama ± 1 SS içinde kalan verilerin analizi	110
4.2.12.3. Çeyrekler açıklığında kalan verilerin analizi	110
4.2.12.4. Kesişim noktası sıfır analizi.....	111
4.2.12.5. Karar ağacına göre regresyon analizleri	111
4.2.13. Karar ağacına göre regresyon analizleri sonuç değerlendirme	116
4.3. Araştırma Sonuçları (5A, 5B)	117
4.3.1. Saatlik tüketim profillerinin oluşturulması	117
4.3.2. En düşük veri kaydedici miktarı hesabı ve CBS yer seçimi	118
4.3.3. Hava sıcaklığı, yalıtım, cephe, konum, yükseklik ve alan esaslı tüketim analizleri.....	123
4.3.4. Mevsimsel, haftalık ve gece/gündüz tüketim profilleri	124
4.3.5. Enerji duyarlılığını artırmak için tüketici temelli analizlerin yapılması.....	124

4.3.5.1. Alan ortalamasına göre kurgu analizleri.....	124
4.3.5.2. Ortak cepheli dairelere göre kurgu analizleri	127
4.3.6. Sera gazı salımının azaltılması kurgu analizleri.....	129
4.3.6.1. Ortalama alana göre kurgu analizleri	129
4.3.6.2. Model parametrelerine göre kurgu analizleri	131
5. BULGULAR, KISITLAMALAR VE ÖNERİLER	133
5.1. Bulgular.....	134
5.2. Çalışmanın Sağladığı Faydalar.....	134
5.3. Çalışmanın Limitleri.....	136
5.4. İleride Yapılabilecek Çalışmalar	138
5.5. Sonuç	139
KAYNAKÇA.....	141
EKLER	
ÖZGEÇMİŞ	

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.1. 2016-2021 Yılları Arası Türkiye Doğalgaz Abone Sayı ve Tüketimi.....	14
Tablo 2.2. MGM Isparta İli 1929-2021 Arası Genel İstatistik Verileri	20
Tablo 2.3. IPCC Fosil Yakıtlara Ait Geçerli Salınım Etmenleri (tCO ₂ /TJ) [65]	37
Tablo 2.4. 100 m ² Evi Isıtma Maliyetleri ve Doğalgaza Göre % Farkı [4 ve 68].....	42
Tablo 2.5. Dünyada 2011-2021 Yılları Doğalgaz Tüketimleri, BP (2022)	42
Tablo 2.6. LNG, Doğalgaz ve Brent Petrol 2011-2021 Fiyat Değişimi, BP (2022).....	42
Tablo 2.7. Doğalgaz, Kömür, LPG için 2022 Ocak ve Aralık Fiyat Değişimi.....	43
Tablo 2.8. Doğalgaz ve Kömür Tüketim Karşılaştırma Analizi [69]	43
Tablo 2.9. EPIAŞ Exist Günlük Doğalgaz Alım Fiyat Örneği [http-25]	44
Tablo 2.10. EPIAŞ Exist Doğalgaz Fiyat Farkları (2020 Ocak-2022 Haziran).....	44
Tablo 3.1. Doğalgaz Sayaçları Ölçüm Aralığı ve Hassasiyetleri.....	45
Tablo 3.2. Data Kaydedici Tüketim Veri Kolon Adı, Türü ve Açıklamaları	46
Tablo 3.3. Temin Edilen Tüketim Veri Sayı ve Tarih Aralıkları.....	47
Tablo 3.4. CBS Veri Katmanları.....	48
Tablo 3.5 Temin Edilen Veri Kaydedici Cihaz No ve Daire Karakteristik Bilgileri.....	49
Tablo 3.6. MGM'den Alınan Veri Dosyaları ve Boyutları.....	49
Tablo 3.7. Isparta İstasyonuna Ait Örnek Sıcaklık Bilgileri.....	50
Tablo 3.8. Isparta İstasyonuna Ait Örnek Nispi Nem (%) Bilgileri.....	50
Tablo 3.9. Isparta İstasyonuna Ait Örnek Güncel Basınç (hPa) Bilgileri.....	50
Tablo 3.10. Isparta İstasyonuna Ait Örnek Rüzgâr Hızı Bilgileri.....	50
Tablo 3.11. Isparta Merkezdeki Dairelerin Ortalama Alan Bilgileri [http-27]	51
Tablo 3.12. Denetlenmiş Veri Kaydedici Cihaz Daire Tüketimi.....	55
Tablo 3.13. Tüketiciler İçin Sahadan Toplanan ve Hesaplanan Veriler	56
Tablo 3.14 Veri Kaydedici Cihaz No ve Daire Karakteristikleri– Isparta 18 Cihaz.....	58
Tablo 3.15. Isparta İstasyonuna Ait Birleştirilmiş Saatlik Veri Örneği.....	58
Tablo 3.16. Birleştirilmiş Saatlik Cihaz, Veri Kaydedici Tüketim, Meteoroloji, CBS ve Saha Veri Setleri	59

Tablo 3.17. Birleştirilmiş Veriye Eklenmiş İstatistik Kolonları	64
Tablo 4.1. Isparta İline Ait CBS Bina Verileri İstatistikleri	72
Tablo 4.2. Yükseklik Aralıklarına Göre Bina ve Daire Sayıları	73
Tablo 4.3. Bina Taban Alanı Aralıklarına Göre Bina Sayıları.....	73
Tablo 4.4. Sitede, Benzer Alan ve Yükseklikte Daire İstatistikleri	76
Tablo 4.5. Kat Sayısına Göre Binalar	76
Tablo 4.6. Zemin Yüksekliğine Göre Bina Sayıları Dağılımı	77
Tablo 4.7. Cihaz Tüketimlerine Ait Veri İstatistikleri	80
Tablo 4.8. Ortalama Tüketim Değerleri	99
Tablo 4.9. Çarpıklık ve Basıklık Değerleri	102
Tablo 4.10. Çeyrek Açıklığı İçinde Kalan Veri R^2 Değerleri	107
Tablo 4.11. Tüketim Verileri İçin Hesaplanan R^2 Değerleri	109
Tablo 4.12. Ortalama ± 1 SS İçinde Kalan Veriler İçin Hesaplanan R^2 Değerleri	110
Tablo 4.13. ÇA İçindeki Veriler İçin Hesaplanan R^2 Değerleri	111
Tablo 4.14. Sıfır Kesişimle Tüketim Verileri İçin Hesaplanan R^2 Değerleri	111
Tablo 4.15. Tüm Cihazlara Göre Karar Ağacı Yaprak Düğümleri ve R^2 Değerleri....	112
Tablo 4.16. Tüm Cihazlar log(Tüketim) Karar Ağacı R^2 Değerleri	113
Tablo 4.17. Sitedeki Cihazların Tüketime Göre Karar Ağacı R^2 Değerleri.....	113
Tablo 4.18. Sitedeki Cihazlar log(Tüketim) Yaprak Düğümleri ve R^2 Değerleri	114
Tablo 4.19. Karar Ağacı R^2 Değerleri Karşılaştırması	114
Tablo 4.20. Hedef Site Yaprak Düğümler Göre Tüketimi Etmen Katsayıları.....	115
Tablo 4.21. Tüm Veriler Tüketim Karar Ağacı Değişken Önemleri	115
Tablo 4.22. Tüm Veriler log(Tüketim) Karar Ağacı Değişken Önemleri	115
Tablo 4.23. Hedef Sitedeki Tüketim İçin Karar Ağacı Değişken Önemleri	116
Tablo 4.24. Hedef Sitedeki log(Tüketim) İçin Karar Ağacı Değişken Önemleri	116
Tablo 4.25. Hedef Sitedeki log(Tüketim) Ortalama ve Toplamları.....	116
Tablo 4.26. Hedef Sitedeki Gerçek ve Tahmini log(Tüketim) Hata Miktarları.....	117
Tablo 4.27. Hedef Sitedeki Yaprak Düğümlerdeki Chi-Kare ve Kritik Değerler	117
Tablo 4.28. Gerekli Veri Kaydedici Cihaz Sayısı.....	119

Tablo 4.29. 1000 Metrelik Izgaralardaki Kırılım Sayıları	122
Tablo 4.30. D8 ve F9 Izgaralarında Seçilen 8 Farklı Bina Bilgileri	122
Tablo 4.31. Hedef Sitedeki Dairelerin Toplam Tüketimi	125
Tablo 4.32. Hedef Sitedeki Cihazların Aylara Göre Saatlik Ortalama Tüketimi	125
Tablo 4.33. Hedef Sitedeki Tüketimlerin 100m ² Alana Normalize Edilmesi Sonucu Oluşan Farklar	125
Tablo 4.34. 100 m ² Alana Normalize Edilmiş Ortalamadan Fazla Tüketimler	126
Tablo 4.35. Ortalama Alana Göre Hesaplanan Enerji Duyarlılık Kurguları.....	127
Tablo 4.36. Ortak Cepheye Sahip Hedef Sitedeki Daireler	128
Tablo 4.37. Ortak Cepheye Sahip Hedef Sitedeki Dairelerin Kurgu Analizleri.....	128
Tablo 4.38. Model Parametrelerine Göre Hesaplanan Enerji Duyarlılık Kurguları	128
Tablo 4.39. Ortalama Alana Göre Azaltılabilecek CO ₂ Eşdeğer Salımı.....	130
Tablo 4.40. Model Parametrelerine Göre Azaltılabilecek CO ₂ Eşdeğer Salımı	131
Tablo 4.41. Isparta Ortalama Tüketime Göre Gaz ve Salınım Miktarı.....	132

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. GAZBİR Akıllı Şebekeler İletişim Yapısı [8].....	4
Şekil 2.1. Kanada Yıllık Doğalgaz Yük Tüketim Dağılımı [31].....	15
Şekil 2.2. Kanada Elektrik ve Doğalgaz Aylık Tüketim Grafiği [31].....	15
Şekil 2.3. Isparta İli Aylık Sıcaklık (Kırmızı) ve Yağış (Mavi) Grafiği [http-12]	20
Şekil 2.4. 2017-2018 Yılları Isparta Konut Tüketim-Sıcaklık Kıyaslaması [4]	21
Şekil 2.5. Sıradan Bir AVA İşlemine Ait Temel Adımlar [54].....	23
Şekil 2.6. AVA Veri İşlemesiyle Model ve Ürün Geliştirme [http-14].....	24
Şekil 2.7. Kutu Grafiği ve Bıyıklar.....	26
Şekil 2.8. Histogram, ÇA, SS Kutu ve Normal Dağılım Grafiği	26
Şekil 2.9. Histogram Frekans Çarpıklık (Üst) ve Basıklık (Alt) Örnekleri [55]	27
Şekil 2.10. Karar Ağacı, Düğümler/Koşullar ve Sonuç Kümeler (Yapraklar).....	32
Şekil 2.11. 2014-2018 Yılları Arası Konut Abone Sayısı ve Tüketim Değişimi [4]	41
Şekil 2.12. Doğalgaz Ağırlıklı Ortalama Fiyatlarının 2020-2022 Değişim Grafiği	44
Şekil 3.1. uMPM Veri Kaydedici Cihaz Tüketim Endeks Verileri	47
Şekil 3.2. Tez Çalışma Yöntemi ve Araştırma Sorularına (AS) Cevaplar	54
Şekil 3.3. Veri Birleştirme ER Diyagramı.....	60
Şekil 3.4. Lineer Regresyon Örneği	61
Şekil 3.5. Tüm Veri Kaydedicilere Ait Kutu Grafiği Verisi	64
Şekil 4.1. Bina Kat Adetleri Histogram Grafiği	77
Şekil 4.2. Binaların Zemin Yüksekliğine Göre Histogram Grafiği	77
Şekil 4.3. Tüm Veri Kaydedici Cihazları Tüketim Grafiği	80
Şekil 4.4. Temizlenmiş Verilere Göre Hedef Site Tüketimleri	81
Şekil 4.5. Eksik Veri Örneği: Yeni Taşınmış Abone Durumu	81
Şekil 4.6. Okul Tatiline Denk Gelen Sıfır Tüketimli Kayıtlar	82
Şekil 4.7. Ortalama Tüketime Benzeyen Cihaz Verileri	82
Şekil 4.8. Ortalama Tüketimden Farklılaşan Veri Kaydedici Tüketim Verileri	82
Şekil 4.9. Ortalama Tüketime Benzer Tüketimler.....	83

Şekil 4.10. Ortalama Tüketimden Farklılaşan Veriler.....	83
Şekil 4.11. Ortalama Tüketim Altındaki Aboneler.....	84
Şekil 4.12. Ortalama Tüketimin Üstünde Olan Tüm Aboneler.....	84
Şekil 4.13. Sıcaklığa Göre Tüketim Değişimi.....	85
Şekil 4.14. Bağlı Nem Yüzdesine Göre Tüketim Değişimi	85
Şekil 4.15. Rüzgâr Hızına Göre Ortalama Tüketim Değişimi.....	86
Şekil 4.16. Güncel Basınca (hPa) Göre Tüketim Değişimi	86
Şekil 4.17. Haftanın Günlerine Göre Ortalama Tüketim Değişimi (Sıfır Hariç)	87
Şekil 4.18. Haftanın Günlerine Göre m ² Alana Düşen Ortalama Tüketim Değişimi.....	87
Şekil 4.19. Hafta İçi ve Hafta Sonu Günlerine Göre Ortalama Tüketim Değişimi.....	88
Şekil 4.20. Bayram, Okul Tatili ve Diğer Tatillere Göre Tüketim Değişimi	88
Şekil 4.21. Gün ve Sıcaklığa Göre Tüketim Değişimi (Sıcaklık ≤5 °C).....	89
Şekil 4.22. Gün ve Sıcaklığa Göre Tüketim Değişimi (5 °C ≥Sıcaklık ≥15 °C).....	89
Şekil 4.23. Gün ve Sıcaklığa Göre Tüketim Değişimi (Sıcaklık >15 °C)	89
Şekil 4.24. Abone Türü ve Sıcaklığa Göre Tüketimler (Sıcaklık ≤5).....	90
Şekil 4.25. Abone Türü ve Sıcaklığa Göre Tüketimler (Sıcaklık >15).....	90
Şekil 4.26. Bina Türü ve Sıcaklığa Göre Veri Kaydedici Tüketim Grafiği (T<5C)	91
Şekil 4.27. Cihazların Günlük Ortalama Tüketimlerinin Aylara Göre Dağılımı	91
Şekil 4.28. Katlara Göre Veri Kaydedici Tüketim Grafiği.....	92
Şekil 4.29. Daire Cephesine Göre Tüketimler.....	93
Şekil 4.30. Tekil Cephelere Göre m ² 'ye Düşen Ortalama Tüketimler	93
Şekil 4.31. Sitedeki Cihazlarda Tekil Cephelere Göre Ortalama Tüketimler	93
Şekil 4.32. Meskenler İçin Saatlik Ortalama Tüketim Profili	94
Şekil 4.33. Meskenler İçin Aylara Göre Saatlik Tüketim Profili	94
Şekil 4.34. Sitedeki Dairelerin Saatlik Ortalama Tüketim Profili.....	95
Şekil 4.35. Meskenlerin Gece, Sabah, Öğlen ve Akşam Tüketimleri Profili	95
Şekil 4.36. Ortalamadan Farklılaşan Meskenlerin Saatlik Tüketim Profili.....	96
Şekil 4.37. Apartman Türü Aboneler İçin Saatlik Tüketim Profili	96
Şekil 4.38. Apartman Türü Aboneler İçin Aylara Göre Saatlik Tüketim Profili	97

Şekil 4.39. 51 Numaralı Cihaza Ait Dükkân Türü Saatlik Tüketim Profili	97
Şekil 4.40. 58 Numaralı Cihaza Ait İşyeri İçin Saatlik Tüketim Profili	98
Şekil 4.41. Cihaz 51 ve 58 Aylık Tüketim Profili	98
Şekil 4.42. Aylara Göre İşyeri Saatlik Tüketim Verisi.....	98
Şekil 4.43. Isparta Saatlik ve Günlük Ortalama Sıcaklık Değişimleri	99
Şekil 4.44. Tüm Cihazlara Ait Histogram Grafikleri: Üstte Tüketim, Ortada log(Tüketim) ve Altta Metrekareye Düşen Tüketim	100
Şekil 4.45. Sitedeki Cihazlara Ait Histogram Grafikleri: Üstte Tüketim, Ortada log(Tüketim) ve Altta Metrekareye Düşen Tüketim	101
Şekil 4.46. Tüm Cihazlara Ait log(Tüketim) Histogram Grafikleri	103
Şekil 4.47. Tüketime Sıcaklık, Basınç, Nem ve Rüzgâra Göre Serpilme Grafiği	104
Şekil 4.48. Tüm Veri Kaydedicilere Ait Kutu Grafiği Verisi	104
Şekil 4.49. ÇA İçinde Kalan Verilerin Kutu Grafiği.....	105
Şekil 4.50. ÇA İçinde Kalan Verilerin log(Tüketim) Kutu Grafiği.....	105
Şekil 4.51. Sitedeki Cihazlara Ait Tüketim Kutu Grafiği	106
Şekil 4.52. Sitedeki ÇA İçinde Kalan Verilere Ait Tüketim Kutu Grafiği	106
Şekil 4.53. Sitedeki ÇA İçinde Kalan log(Tüketim) Kutu Grafiği.....	106
Şekil 4.54. Tüm Cihazlara Ait CDF Tüketim Grafiği	107
Şekil 4.55. 41, 46 ve 55 Numaralı Cihazlar Hariç CDF Grafiği	108
Şekil 4.56. Saatlik Sıcaklık ve Tüketim Verileri Anova Analizi Sonucu.....	109
Şekil 4.57. Saatlik Sıcaklık, Rüzgâr Hızı, Alan ve Kat ve Saatlik Tüketim Verileri Anova Analizi Sonucu	110
Şekil 4.58. Tüm Verilerdeki Tüketim Değerine Göre Karar Ağaçları	112
Şekil 4.59. Tüm Cihazlar log(Tüketim) Değerine Göre Karar Ağaçları	112
Şekil 4.60. Tüm Verilerdeki log(Tüketim) Değerine Göre Karar Ağaçları	113
Şekil 4.61. Hedef Sitedeki Cihazların log(Tüketim) Değerine Göre Karar Ağaçları...	114

GÖRSELLER DİZİNİ

Sayfa

Görsel 1.1 Isparta İlinin Türkiye’deki Konumu.....	6
Görsel 1.2 Isparta İl Merkezi Topografik Yapısı ve Mahalleleri.....	7
Görsel 1.3 Çalışma Alanındaki Veri Kaydedici Cihazlarının Konumları.....	7
Görsel 1.4 Hedef Site Ortamındaki Veri Kaydedici Cihazlarının Konumları	8
Görsel 2.1. 2018 Yılı İllerin Türkiye Tüketim Hassasiyeti Haritası [4]	21
Görsel 3.1. Sahadan Cephe, Kat, Yalıtım Bilgileri Toplanması	56
Görsel 3.2. Cihaz40 Tüketimlerine Ait Kolon İstatistikleri.....	63
Görsel 3.3. Tüketim Veri Seti İlk 6 Satır Bilgileri ve Kolon İstatistikleri.....	63
Görsel 3.4. D2LogTAY Programı Arayüzü Düğmeleri.....	67
Görsel 3.5. SES, Yükseklik, Alan Kriterlerine Göre Izgara Esaslı Kırılım Haritası	67
Görsel 3.6. D2LogTAY Programı Veri Tabloları Seçim Formu	68
Görsel 3.7. D2LogTAY Programı Regresyon Değişkenleri Seçim Formu	68
Görsel 3.8. Karar Ağacı Oluşturma ve Regresyon Analizler Formları.....	68
Görsel 3.9. CBS Destekli Veri Kaydedici Cihaz Yer Seçimi Formu.....	69
Görsel 3.10. R Programı ve Veri Klasörü Ayarlar Formu	69
Görsel 4.1 Isparta’da Sitelerin Yerleri	74
Görsel 4.2 Isparta’da Sitedeki 275- 625m ² Arası Oturum Alanındaki Binalar.....	75
Görsel 4.3 Sitede, 1060-1110 m Yükseklik ve 275-625 m ² Alana Sahip Binalar	75
Görsel 4.4. Isparta 1000 metrelik Izgaralara Göre Farklı Karar Ağacı Kırılımları.....	78
Görsel 4.5. Isparta Merkez Sosyo-Ekonomik Seviyeye Göre Renkli Haritası	79
Görsel 4.6. 1 Kilometre Mesafeli Veri Kaydedici Cihaz Coğrafi Dağılımı Haritası... ..	120
Görsel 4.7. 500 Metre Mesafeli Veri Kaydedici Cihaz Coğrafi Dağılımı Haritası.....	120
Görsel 4.8. Yükseklik, Site, Alan, SES Sınıfına Göre Oluşan Kırılımlar.....	121
Görsel 4.9. Veri Kaydedici Cihaz Takılacak Binaların Yerleri	121

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AB	: Avrupa Birliği
ABO	: Arıza Bakım Onarım
ABYS	: Abone Baktım Yönetim Sistemi
AMR	: Otomatik Sayaç Okuma (<i>Automated Meter Reading</i>)
ANN	: Yapay Sinir Ağları (<i>Artificial Neural Network</i>)
AOF	: Ağırlıklı Ortalama Fiyat
AVA	: Açıklayıcı Veri Analizleri
AWS	: Amazon Web Servisleri
CAP	: Tüketici Edinim Meyli (<i>Customer Acquisition Propensity</i>)
CART	: Sınıflandırma ve Regresyon Ağaçları (<i>Classification and Regression Tree</i>)
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CDA	: Doğrulayıcı Veri Analizi (<i>Confirmatory Data Analysis</i>)
CH ₄	: Metan
CO	: Karbon monoksit
CO ₂	: Karbon dioksit
CORINAIR	: AB hava salınım kayıt yazılımı (<i>CORe INventory AIR emissions</i>)
ÇA	: Çeyrekler Açıklığı (IQR)
ÇM	: Çağrı Merkezi
DDL	: Sayısal Veri Kaydedici (<i>Digital Data Logger</i>)
DOE	: Amerikan Enerji Bakanlığı (<i>Department Of Energy</i>)
ECM	: Enerji Koruma Önlemleri (<i>Energy Conservation Measures</i>)
EDA	: Açıklayıcı Veri Analizi (<i>Explanatory Data Analysis</i>)
EKF	: Genişletilmiş Kalman Filtresi
EPA	: Amerika Çevre Koruma Ajansı
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
EPİAŞ	: Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi
GAZBİR	: Doğalgaz Dağıtım Şirketleri Birliği
GAZMER	: Doğalgaz Araştırmaları Merkezi
GEF/GİF/GÖF	: Gün Ertesi /İçi/Öncesi Fiyat
GRF	: Günlük Gaz Referans Fiyatı
IPCC	: Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli

IQR	: Çeyrekler Açıklığı (ÇA / <i>IQR</i>)
KVKK	: Kişisel Verilerin Korunması Kanunu
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MWS	: Çoklu Hava İstasyonu
N ₂ O	: Diazot Monoksit
NO ₂	: Azot Dioksit
OECD	: Petrol İhraç Eden Ülkeler Birliği
OSOS	: Otomatik Sayaç Okuma Sistemi
R	: R Programla Dili
R ²	: Regresyon modelindeki belirleme katsayısı.
SCADA	: Merkezi Denetleme ve Veri Toplama Sistemi (<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>)
SES	: Sosyo Ekonomik Statü
Sm ³	: Standart Metreküp Doğalgaz Ölçüsü
SNAP	: Selected Nomenclature for Air Pollution
SO ₂	: Kükürt Dioksit
SRTM	: Shuttle Radar Topography Mission
SS	: Standard Sapma
SVR	: Destek Vektör Regresyonu (<i>Support Vector Regression</i>)
TOROSGAZ	: Isparta/Burdur Toroslar Doğalgaz Dağıtım Şirketi
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
uMPM	: Veri kaydedici Cihaz Markası
UN	: Birleşmiş Milletler
USEPA	: ABD Çevre Koruma Ajansı
USGS	: ABD Jeolojik Etütler Dairesi (<i>United States Geological Survey</i>)
YSA	: Yapay Sinir Ağları
σ	: Sigma, Standart Sapma
σ^2	: Varyans
μ	: Aritmetik Ortalama

1. GİRİŞ

Birleşmiş Milletler (BM), 2002 iklim değişikliği çerçevesi kapsamında, şehir nüfusunun artması, fosil yakıt kullanan araç sayısının artması, ayrıca odun ve kömüre dayalı ısınma sebebiyle hava kirliliği insan sağlığını tehdit eder hale gelmesiyle, enerji kaynağı olarak doğalgaz kullanımına geçiş sürecini hızlandırmıştır. BM, çevreyi kirleten yakıtların azaltılması için, Avrupa Birliği (AB) ve Petrol İhraç Eden Ülkelerin (*Organization of the Petroleum Exporting Countries* - OECD) tedbirler aldığını raporlamıştır [1].

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK), 2019 yılı raporlarına göre, Türkiye meskenlerde ısınma amaçlı kullanılan doğalgazda %99,4 oranında dışa bağımlıdır ve meskenlerde ısınma amaçlı olarak toplam doğalgaz tüketiminin %45,7'si kullanılmaktadır [2]. Meskenlerde alternatif ısınma kaynağı olan kömüründe ithal edilen miktarın oranı, Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu (TKİ), 2021 sektör raporuna göre %62,3 yer tutmaktadır [3]. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2021 yılı raporunda, doğalgazın günümüzde konutlarda ana ısınma kaynağı haline geldiği ve 2000 yılı sonrası itibarıyla il ve ilçe merkezlerinde yaşayan nüfusunun %93'ünün doğalgaz ile ısınmakta olduğu belirtilmiştir [http-1]. Bu bilgiler ışığında, ısınma kaynağı olarak yurtdışına bağımlı olduğumuz doğalgazın hayatımızda önemini giderek artırmakta olduğu söylenilebilir.

Doğalgaz Dağıtım Şirketleri Birliği'nin (GAZBİR) 2019 sonu itibarıyla yayınladığı doğalgaz sektör raporunda, Türkiye'deki 81 il ve 550 yerleşim yerinde, 16,5 milyon abone sayısı, 45 milyar m³ toplam gaz tüketimi ve 147.500 km dağıtım şebeke uzunluğuna ulaşıldığı ve böylece nüfusun %80'ine doğalgaz ulaştırıldığı belirtilmiştir [4]. Raporda ayrıca doğalgazın servis edilebildiği birçok yerde doğalgaz erişimi olduğu halde doğalgaz kullanmayan hanelerin olduğu da belirtilmiştir. GAZBİR 2021 sonu itibarıyla 81 il 644 yerleşim yerine, 167.752 km dağıtım şebekesi uzunluğuna, 58,8 milyar m³ tüketime ulaşıldığını [5] ve 2022 Ağustos ayı itibarıyla ise 19,1 milyon abone sayısına ulaşıldığı belirtilmiştir [6]. Doğalgazın yaygınlaştığı yerleşimlerde hem abone sayıları hem de doğalgaz tüketimi her geçen gün artmaktadır.

Resmi Gazete'de (2017) yayınlanan Organize Toptan Doğal Gaz Satış Piyasası Yönetmeliği [http-2], ithal bir enerji kaynağı olan doğalgazın, arzının düzenli ve dengeli olarak sağlanabilmesi için doğalgaz dağıtım şirketlerinin sonraki gün tahmini

tüketimlerini, saatlik olarak hesaplayıp, doğalgaz piyasa işletmecisi olan Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi (EPIAŞ)'a bildirmesi ve belirlenen Günlük Referans Fiyatı (GRF) üzerinden doğalgazı temin etmesi gerekmekte olduğu bildirilmiştir. Bildirilenden daha fazla tüketim gerçekleştiğinde, doğalgaz dağıtım şirketlerinin gün içi fiyatlamaları (GİF) ile daha yüksek ödeme yapmaları gerekmektedir. Daha az tüketim yapıldığında ise cezalı fiyat üzerinden ödeme yapılması gerekmektedir [http-3]. Bu nedenlerle tüketimlerin doğru tahmin edilebilmesi önem arz etmektedir.

Meskenlerde doğalgaz tüketimini etkileyen birçok etmen bulunmaktadır. Günlük ve saatlik sıcaklık değişimleri, abone sayılarındaki değişimler, ısı yalıtımı uygulaması gibi parametreler toplam tüketim değerlerini değiştirmektedir. Ayrıca hava sıcaklığının ortalamanın çok altına düştüğü zamanlarda şebekede aşırı tüketimden kaynaklı basınç düşüşüne sebep olmakta ve bazı yüksek veya uzak bölgelere gaz iletilememesi, olumsuz basınç oluşması gibi istenmeyen durumlar oluşturabilmektedir.

EPDK Yönetmeliği'nin (2013) İkinci Bölüm 40. Maddesinde sayacın dağıtım şirketine ait olduğu ve müşteriden sayaç için hiçbir bedel alınamayacağını belirtilmiştir. Abone sayaçlarının ön ödemeli bir sayaç veya daha hassas ölçümlü cihazlarla değiştirilmesine, müşterinin istemesi ve fark ücretini ödemesi şartıyla izin vermiştir [http-4]. Sayısal/akıllı sayaç kullanım/değişim maliyeti dağıtım şirketine bırakılması, akıllı sayaçların maliyetinin mekanik sayaca göre daha yüksek olması gibi nedenler ile eski sayaç kullanımı devam edilmektedir.

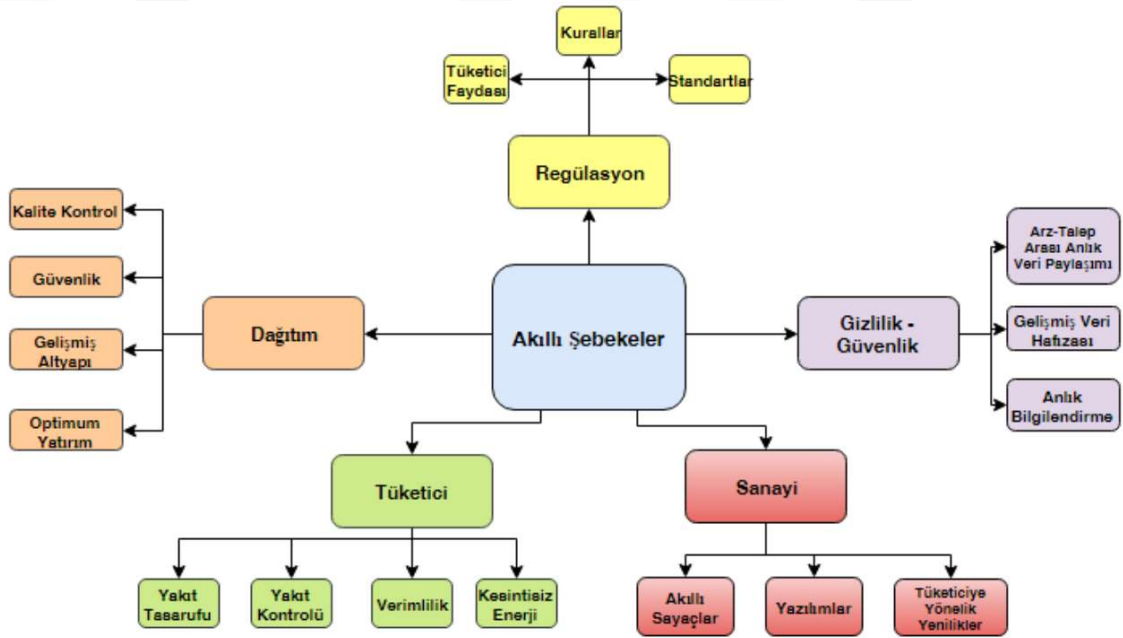
Hava sıcaklıkları hızlı düşüşlerinde veya doğalgaza zam gelmesi gibi nedenler ile doğalgaz arzında sorun yaşanmaması için çeşitli kanun ve yönetmelikler çıkarılmıştır. Resmî Gazete-13/2/2013 tarih ve 28558 numaralı Ek Fıkra'ya göre "döviz ve doğalgaz fiyatlarında dalgalanmalardan dolayı dağıtım şirketi, ön ödemeli sayaç kullanan müşterilere, benzer müşterilerin son iki yılın aynı çeyrek dönemlerine rastlayan doğalgaz kullanım miktarlarının ortalamasını esas alarak, bir ay içerisinde, en fazla ortalama iki aylık doğalgaz tüketim miktarı kadar doğalgaz satışı yapabilir" şeklinde maddesi düzenlemiştir [http-4]. Buradaki "benzer müşteri" tabirindeki belirsizlik müşteri ve dağıtım şirketlerinin lehine veya aleyhine durumlar oluşturabilir. Benzer müşteri aynı il/ilçe/mahalle de olan abone veya abone türü, alanı benzer olan ildeki tüm müşteriler şeklinde de anlaşılabilir.

Resmî Gazete’de (2002), Türkiye’de doğalgaz dağıtım şebekesi yapımı ve işletmesi lisans alan şirketlerce yapılmaktadır ve kayıtların Coğrafi Bilgi Sisteminde (CBS) tutulması gerekmekte olduğu yayınlanmıştır [7]. EPDK (2002), 24925 Sayı ve 03.11.2002 tarihli Yönetmelik Madde 64’e göre doğalgaz dağıtım şirketlerini, “yapılan tüm yatırımlar, şebeke ve abone bilgileri doğalgaz alt yapı bilgi sisteminde haritalı olarak (CBS ortamında) tutmak zorundadır” şeklinde görevlendirmiştir [http-5]. Abonelerin abonelik bilgileri, doğalgaz tüketimleri, fatura, sayaç değişim gibi bilgileri ise abone bilgi sisteminde tutulmaktadır.

Anlık ölçüm için cihaz geliştiren VHS Elektronik firması (2022) veri kaydedici ürün web sayfasında, “ölçüm altyapısı ile genellikle konut ve ticari abonelerin tüketimleri anlık izlenememekte ve yalnızca ayda bir defa okuma veri alınmaktadır” şeklinde bilgi vermektedir [http-6]. Aboneler tüketim değerlerinin ölçümü aylık olarak toplandığından ve mekanik sayaç kullanıldığından, okuma aralığı altında (günlük, saatlik, vb.) abone tüketim profilleri de bulunmamıştır. Bundan dolayı abone türüne göre sıcaklığa bağlı saatlik veya günlük profil verisi oluşturulamamaktadır. Sistemin iyileştirilmesi için aboneleri temsil edecek doğru tüketim profil bilgilerine ihtiyaç vardır. Bu profilleri çeşitlendirebilmek ve doğru şekilde ölçebilmek için dünyada akıllı sayaç teknolojileri olarak adlandırılan otomatik sayaç okuma (*automated meter reading- AMR*) ve sayısal veri toplayıcı (*digital data logger - DDL*) sistemleri giderek yaygınlaşmaktadır. Literatüre bakıldığında (bölüm 2.2) dünyada birçok doğalgaz şirketinin veri analizleri için akıllı sayaç/ veri kaydedici kullanımlarını test etmekte olduğu görülmüştür. Veri kaydedici, verileri zaman içinde ve/veya konumla ilgili olarak yerleşik bir cihaz veya algılayıcı aracılığıyla kaydeden elektronik bir cihaz olarak tanımlanmıştır.

GAZBİR (2017), akıllı şebekeler raporu hazırlamış, altyapı şebeke yönetimlerinde, dünyada CBS ve akıllı şebeke teknolojilerine kullanımına yönelmekte olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, “Akıllı şebeke mekânsal ve zamansal olarak düzenli ölçülebilen, sensorlar ile uzaktan izlenebilen ve motorlu veya elektronik devreler ile uzaktan denetlenebilen, alışılmış yönetim yöntemlerin yanında, büyük verilerin analiz edilmesini sağlayan sistemler ile daha verimli, denetimli ve etkin mekanizmalar içeren sistemleri gerektirmektedir” şeklinde raporlamıştır. Türkiye’de şebeke yönetimi için birçok akıllı teknolojiler kullanılmaktadır. Sisteme giren, düzenleyici ve istasyonlardan çıkan toplam gaz miktarı, ısısı ve basıncı gibi bilgiler anlık ölçülmektedir. Oysa abone tüketim ölçümü

aylık okumalar şeklindedir. Kurumlardaki diğer sistemlerle tümleşik olacak şekilde günlük/saatlik hatta anlık olarak ayrıntılı veri toplama ihtiyacı birçok karar verme noktasında ihtiyaç duyulmaya başlamıştır. Bu alanda dünyada birçok gelişmiş şehirlerde abone bazında kullanılmaya başlanılan meskenlerde akıllı sayaç veya veri toplama çalışmaları Türkiye’de çok az miktardadır. GAZBİR’in raporunda düşük enerji verimliliği, arz güvenliği ve kalitesinin artırılması için akıllı şebeke altyapısı (Şekil 1.1) önerilmiştir. Akıllı sayaçlar ise sadece sanayi türü müşteriler için önerilmiştir [8]. Her tür işyeri için doğalgaz tüketimi değişebildiği gibi konut aboneleri içinde değişik profiller oluşmaktadır. Bu profillemeleri oluşturabilmek ve kullanabilmek için akıllı sayaçların kullanılması gerekmektedir.



Şekil 1.1. GAZBİR Akıllı Şebekeler İletişim Yapısı [8]

Doğalgaz şebeke tasarımı sırasında abone türü, olası abone sayısı, bölgesel sıcaklık gibi parametreler kullanılmaktadır. Olası aboneler için ortalama bir tüketim değeri alınmaktadır. Binalardaki yalıtım, yapım şekli, kotu, daire cephesi birçok etmen tüketimi etkilemektedir.

Bu tezde doğalgaz abonelerin veri kaydedici cihaz ile toplanan saatlik tüketim verilerinden ayrıntılı profillerinin oluşturulması, CBS sistemleri ile analiz edilmesi, çevre ve enerji duyarlılığı analizleri çalışmaları yapılmıştır. Çalışmanın birinci bölümünde,

tezin amacı, kapsamı, hipotez ve araştırma soruları verilmiştir. İkinci bölümde, kuramsal temeller ve literatür taraması verilmiştir. Üçüncü bölümde ise materyal (doğalgaz tüketim verileri, CBS verileri, meteoroloji verileri) ve yöntemler verilmiştir. Dördüncü bölümde, örnek çalışma alanı Isparta için tüketim, CBS ve meteoroloji veriler ile regresyon analizleri yapılmış, karar ağacı kümeleri oluşturulmuş, kullanıcı profilleri çıkarılmıştır. Ayrıca araştırma sorularına cevaplar verilmiştir. Son bölümde elde edilen bulgular ve faydaları ile kısıtlamalar kapsamında ileride yapılabilecek çalışma önerilerine yer verilmiştir.

1.1. Tezin Amacı

Doğalgaz dağıtım sistemlerinde mevcutta kullanılmakta olan CBS altyapısına veri kaydedici cihazlarından gelen tüketim verileri ile karşılaştırıp daire türleri ve konumlarına göre profillemenin yapılması ve bu profiller üzerinden incelemeler ve iyileştirilmeler yapılabilmesi tezin ana amacıdır. Farklı alan, konum, cephe gibi özelliklere sahip mesken sayaçlarının veri kaydedici cihaz ile saatlik olarak toplanan doğalgaz tüketim verilerinin denetim ve analizlerinin yapılabilmesi, tüketim profillerinin oluşturulması, meteorolojik değişkenler ve daire (abone) karakteristiklerine göre doğalgaz tüketiminin değişiminin incelenerek, sera gazı salınımı azaltılması ve döviz çıkısına sebep olan doğalgaz tüketiminin azaltılması için öneriler geliştirilmiştir.

Sayaç okumalarının sahadan aylık olarak tek bir tüketim değeri yerine belli noktalarda veri kaydedici ile yapılmasının getirdiği faydalarından, akıllı cihaz kullanılmayan yerlerde veri kaydedici cihazlarının ne sıklık ile yerleştirilmesi gerektiğinin belirlenip, en az yatırımla en uygun faydanın sağlanması için tez kapsamında CBS kullanımına ilişkin yöntemlerin ortaya konulması hedeflenmiştir.

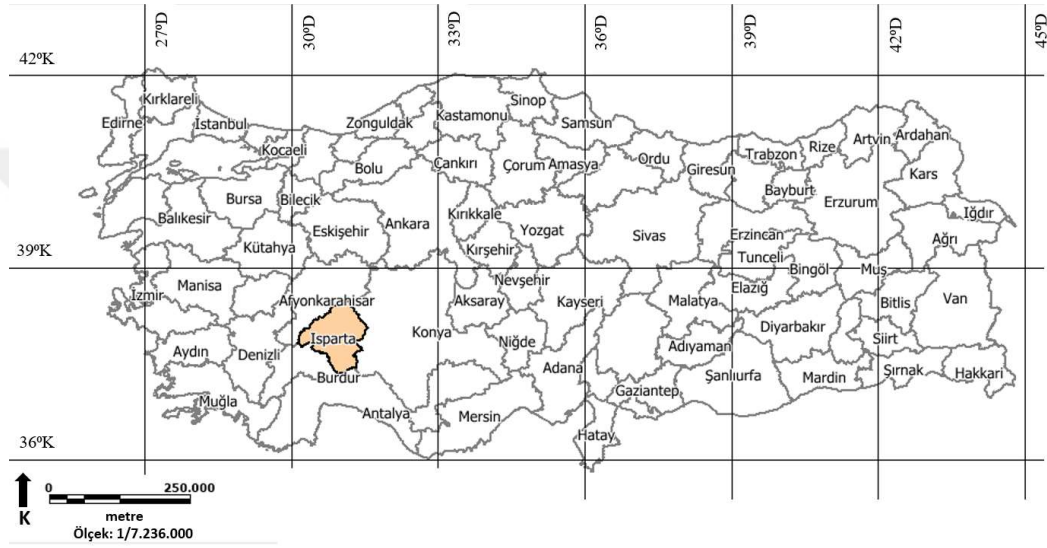
1.2. Tezin Kapsamı

Bu çalışmada, ilk aşamada Çorum iline ait ayrıntıları belli olmayan 4 adet veri kaydedici tüketim verilerine ulaşılabilmektedir. Bu nedenle ek veri araştırması yapılmıştır. Isparta'da 18 adet cihazın 2020 yılına ait saatlik tüketim verisi ve daire alan, kat vb. bilgilere de ulaşılmıştır. Bu nedenle çalışmada Isparta merkeze ait veriler kullanılmıştır.

Isparta il merkezinde doğalgaz dağıtımı, TOROSGAZ şirketinde yapılmaktadır. Tezin kapsamı, Isparta il merkezinde farklı yükseklik ve konumda yer alan ve farklı

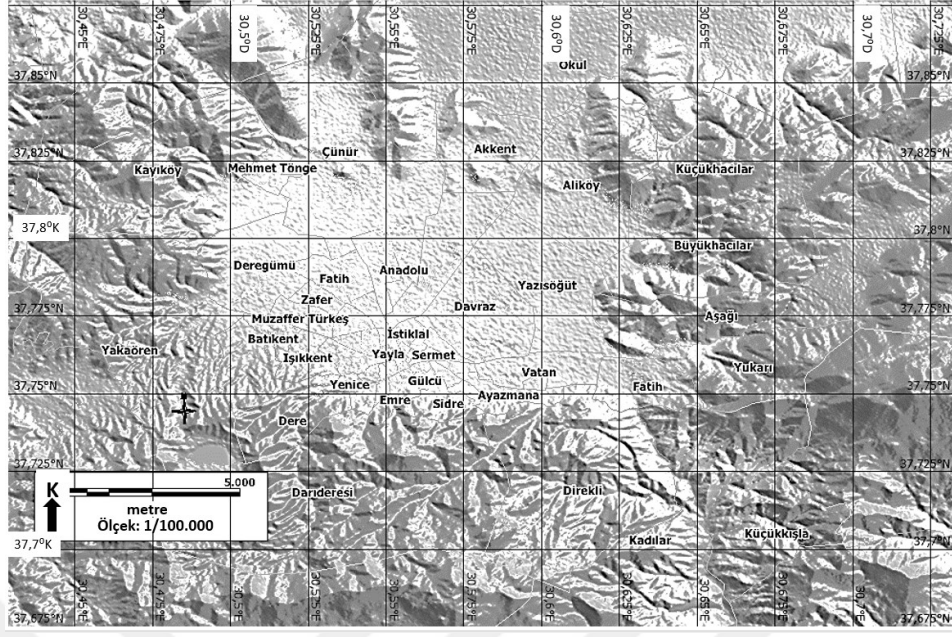
cephelere sahip doğalgaz abonelerinin CBS verileri, veri kaydedici ile elde edilen saatlik tüketim miktarları, bağımsız bölüm alan, cephe, kat, yalıtım bilgisi ve meteorolojik bilgilerinin arasındaki tüketim ilişkilerinin incelenmesi, tüketimi etkileyen etmenlerin tespiti, model geliştirilmesi ve enerji duyarlılığını artırıcı analizlerin yapılmasıdır.

Isparta'nın Türkiye'deki yeri **Görsel 1.1**'de verilmiştir. Isparta ili merkezi topografik yapısı ve mahallelerin konumları **Görsel 1.2**'de verilmiştir.



Görsel 1.1 Isparta İlinin Türkiye'deki Konumu

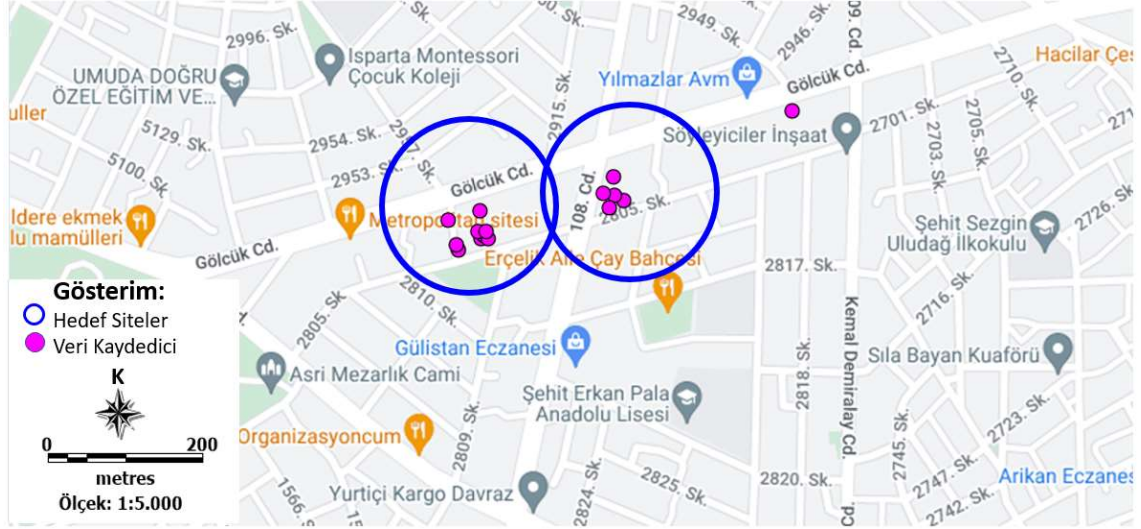
Tez kapsamında, günlük, saatlik tüketim verileri, sıcaklık verileri ile karşılaştırılarak, bölge, konum ve cephe bazında analizleri yapılmıştır. Dağıtım bölgesindeki sayaç adresleri, cephe ve yüksekliğe bağlı alanlarda abonelerin CBS tabanlı olarak incelenmesi yapılmıştır. Tüketimler saatlik, günlük, aylık dönemler halinde incelenmiş ve profilleri çıkarılmıştır. Daireler bazında bina, kat ve cephelerine göre analizleri yapılmıştır. Çalışma alanındaki abone lokasyonları **Görsel 1.3**'de verilmiştir. Çalışmanın ayrıntılandırıldığı hedef site içerisinde bulunan cihazlar ise **Görsel 1.4**'de verilmiştir.



Görsel 1.2 Isparta İl Merkezi Topografik Yapısı ve Mahalleleri



Görsel 1.3 Çalışma Alanındaki Veri Kaydedici Cihazlarının Konumları



Görsel 1.4 Hedef Site Ortamındaki Veri Kaydedici Cihazlarının Konumları

1.3. Hipotez

Bu çalışmada farklı dairelerin doğalgaz tüketiminin saatlik tüketim ölçümlerinin (saat, gün, ay, yıl bazında), meteorolojiden temin edilen saatlik ölçümler (sıcaklık, nem, güncel basınç, rüzgâr hızı), daireye ait öznitelik bilgileri (daire türü, sayaç türü, abone alanı, yalıtım bilgisi, site içerisinde olması, kat, yükseklik, cephe bilgileri) birlikte incelenerek aralarındaki ilişkilerin incelenmesi sonucunda, bu tezin hipotezi aşağıda verilmiştir.

- Veri kaydedici kullanımıyla doğalgaz aboneleri enerji duyarlılığının artırılması mümkündür.

Literatürde birçok benzer çalışma bulunmasına rağmen saatlik doğalgaz tüketimi ve meteoroloji verileri üzerinden CBS destekli karar ağaçları ile modelleme yapılarak benzer bir çalışmaya rastlanılmaması bu tezin özgün kılmaştır.

1.4. Araştırma Soruları

CBS'nin sağladığı analiz yetenekleri, daireye ait ayrıntı bilgiler ve veri kaydedici tüketim verileri incelenmesi kapsamında bu tezin araştırma soruları aşağıdaki verilmiştir.

- Saatlik doğalgaz tüketim verileri ile kullanıcı profilleri oluşturulabilir mi (AS1)?
- Şehrin doğalgaz tüketim bilgilerini daha iyi şekilde analiz edebilme için gerekli veri kaydedici miktarı, AS1 sonuçlarına göre CBS ile hesaplanabilir mi (AS2)?

- Hava sıcaklığı, yalıtım, cephe, coğrafi konum, yükseklik, daire alanına göre doğalgaz tüketim analizleri çıkarılabilir mi (AS3)?
- Hafta içi/sonu, gece, gündüz doğalgaz tüketim profilleri çıkarılabilir mi (AS4)?
- Enerji duyarlılığını artırmak için doğalgaz tüketicisi temelli analizler yapılabilir ve yurtdışı döviz çıkışı azaltılabilir mi (AS5)?
- Doğalgaz tüketimi azaltılarak sera gazı salınımı azaltılabilir mi (AS6)?
- Mahalle bazında sosyo-ekonomik gelir düzeyi ve doğalgaz tüketimlerini nasıl etkilediği analiz edilebilir mi (AS7)?
- Doğalgaz etüt değerleri ile gerçek tüketim değerleri arasındaki benzeşmeler ve sapmalar hesaplanabilir mi (AS8)?
- Doğalgaz tüketimi ile hava kalitesi değişimleri izlenebilir mi (AS9)?
- Aynı binadaki merkezi sistemli ısıtılan dairelerin tüketim ve ödeme dengesi için bina ve cephe temelli ödeme yüzdeleri için analizleri çıkarılarak ödeme adaleti sağlanabilir mi (AS10)?

2. KURAMSAL TEMELLER

Literatürde konutlarda doğalgaz tüketiminin incelenmesi, tüketim tahmini yapılması, veri kaydedici veya akıllı sayaç ile tüketimlerin ölçülmesi, doğalgaz tüketim profilleri, tüketimi etkileyen etmenler, doğalgaz tüketiminin CBS ile analizi, karar ağaçları, açıklayıcı veri analizi, sınıflandırma gibi birçok konuda çalışmalar bulunmaktadır. Bu kapsamda literatüre bağlı olarak elde edilmiş tez çalışmasının kuramsal temelleri bu başlık altında verilmiştir.

2.1. Doğalgaz Tüketimi ve CBS

Doğalgaz dağıtım şirketlerinde bir akıllı altyapı bilgi sistemi kurulması ve verilerin güncel tutulması EPDK tarafından 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ile 4646 sayılı Doğal Gaz Piyasası Kanununa dayanılarak, 03.11.2002 tarih ve 24925 numaralı Yönetmelik ile zorunlu kılınmıştır. Bu Yönetmeliğin 64. Maddesinde “Doğalgaz alt yapı bilgi sistemi” tanımı yapılmış ve “dağıtım şebekesi ile ilgili her türlü bilginin, bir bilgisayar programı yardımıyla, bilgisayar ortamına kayıt edilmesiyle oluşturulan ve istenildiğinde bu bilgiler ile ilgili her türlü sorgulamanın tek tek veya birlikte yapılabilirdiği sistemdir” şeklinde tanımlanmış ve doğalgaz alt yapı bilgi sisteminde dağıtım şebekesi ile ilgili bilgiler değiştikçe ve yenilendikçe güncellenerek en az üç ayda bir yedeklemesi yapılır ve saklanır şeklinde uygulamanın yapılmasını istemiştir [7].

Çabuk (2011)’a göre kullanılması kaçınılmaz bir sistem haline gelmiş olan coğrafi bilgilerin tutulması, güncellenmesi ve oluşturulması için donanım, yazılım ve sistem bütünü olarak geleneksel CBS tanımı, günümüzde her türlü coğrafi verinin kurum/kuruluşların demirbaşındaki tüm veriler ile bütünleşik olarak, günlük işlemlerin her türlü karar destek sisteminde katkı sağlayan hem mantıksal hem coğrafi ilişkiler ile analiz ve sorgulamaların yapıldığı sistemler olarak ifade edilebilir. Özellikle planlama çalışmaları için CBS, daha standart, doğru sonuca ulaşmayı sağlamakta ve hızlı şekilde mekânsal analizlerin ve haritaların üretilmesine ve çıkarılmasına olanak vermektedir. Ayrıca, CBS maliyet etkin ve hata payı düşük düzeye ulaşılmasını sağlaması nedeniyle zamandan ve işgücünden tasarruf sağlamaktadır [9].

Mishra (2009), CBS’nin çok güçlü bir teknoloji olarak ortaya çıktığını belirtmiştir [10]. Smith (2007), ise, kullanıcıların verilerini ve yöntemlerini harita/katman analizi gibi coğrafi analiz biçimlerini destekleyen yollarla bütünleştirmelerine olanak tanıdığı

belirtilmiştir [11]. Tatar (2021), CBS’nde kullanılan temel işlevlerin veri, sorgulama, mekânsal analiz ve kurgu analiz işlemleri şeklinde 4 ana başlıkta toplanabileceğini belirtmiştir. CBS’nin günümüzde özellikle planlama alanında, karar verme süreçlerinde, çevre koruma ve birçok mühendislik alanında kullanıldığını belirtmiştir [12]. Eyyupoğlu (2015), CBS’ne dayalı mekânsal analizlerin ülkemizde yöntemsel olarak kullanımının, 2000’li yılların ortasından başlayarak ağırlıklı olarak coğrafya bilim dalından olan akademisyen veya araştırmacılarca çalıştığını belirtmiştir. Yöntemsel olarak verilerin dağılımı, tematik haritalamalar veya CBS’nin çok genel olarak uygulamalarının kriminoloji ve suç coğrafyası, intihar, epidemiyoloji ve demografi alanlarında yapılan çalışmalarda kullanıldığını örnek göstermiştir. Mekânsal istatistikte ise verilerin temel yöntemlerle birlikte kullanılması konusunda hala yetersiz konumda olduğunu ileri sürmüştür [13].

Doğalgaz dağıtım ağının CBS’de sayısal olarak haritalanması, iş ve bakım planlanmasında, kayıtların kolay alınmasında, yeni projeler için saha araştırmalarının maliyet hariç tutulmasında ve malzeme yönetiminin iyileştirilmesinde yardımcı olabildiği, analitik araçlar ve mekânsal veri tabanının entegrasyonunun doğalgaz dağıtım şebekesinin daha ekonomik ve verimli bir şekilde planlanmasına olanak sağlayacağı Iqbal (2005) tarafında bildirilmiştir [14]. İslam ve ark. (2015), gaz dağıtım şebekesi için CBS sisteminin geliştirilmesi, boru hattı ağının mekânsal dağılımının sağladığı, her şebeke varlığının mekânsal konumuna yardımcı olduğunu belirtmiştir [15].

Natadarma (2012), doğalgaz dağıtım şebeke verilerinin düzgün, hassas ve ayrıntılı tutulması, daha iyi yönetsel kararlar verilmesi ve denetlenmesi için gerekli olduğu belirtmiştir [16]. Butera (2003), CBS sisteminin kullanıldığı yerlerde yöneticiler herhangi bir şebeke varlığı için tamirat veya yenileme kararının verilmesine ihtiyaç duyduğunu [17], Ferrero ve Shahidepour (2005), ise yatırımın geri dönüşü için varlık yönetimi üzerinden daha iyi satın alım, işletme takvimi, bakım planlama yapılabildiğini belirtmişlerdir [18].

Fazal (2008), CBS’nin kurumsal yönetimi destekleme olasılığı sunmaya başladığı ve ilgili varlık, nitelik ve müşteri veri tabanlarına bağlı olarak ağın mekânsal olarak doğru ve grafiksel bir temsilini sunması için bir platform olduğunu belirtmiştir [19]. Chutkay (2009) ise, CBS ile gaz istasyonlarda boyut, basınç ve gaz giriş miktarı gibi mevcut kapasitenin daha iyi kullanılmasını sağlayan varlık bilgisinin korunmasına yardımcı

olunduğu, böylece pahalı yeni bir inşaata başlamadan önce, mevcut boru hattı altyapısının kullanılmasını mümkün kılındığı belirtmiştir [http-7].

CBS, hem yönetici seviyesinde mekânsal destekli karar vermede, hem mühendislik/planlama/uzmanlık seviyesinde analizce ve modellemeler için, hem de temel kullanıcı seviyesinde veri girişi, görselleştirilmesi ve depolanması için kullanılması elzem olan bir sistemdir. CBS, yazılı, grafik, tablosal olarak açıklanamayan bilgileri görsel olarak, yakınlık ilişkisi ile ortaya koyabilen belki de tek sistemdir. Bu nedenlerle doğalgaz şebeke varlıklarının yeri, diğer demirbaşlar ile bağlantısallığı, kaynak ve tüketim noktası ile ilişkisi en iyi şekilde tutulmasını CBS sağlayabilir denilebilir.

2.2. Doğalgaz Tüketimleri, Veri Kaydedici ve Akıllı Sayaçlar

2.2.1. Doğalgaz tüketiminde veri kaydedici kullanımı ve enerji duyarlılığına etkisi

Veri kaydedici cihaz, verileri zaman bilgisi ile kaydeden elektronik cihazlardır. Genellikle küçük, pil ile çalışan taşınabilir, içinde mikroişlemci, veri depolama belleği ve algılayıcı ile donatılmış cihazlardır. Doğalgaz sektöründe veri kaydedici ile ölçümler 1990'ların başlarında başlanılmıştır. Meyers ve ark. (1993) iki doğalgaz sahasına depolama sistemi olarak veri kaydedici kurduklarını ve günlük verileri incelediklerini, veri kaydedicilerin bilgileri saklamakta başarılı olduklarını yazmışlardır. İki günlük aralıklar ile toplanan verilerin, üç saniyelik aralıklı ölçümler yaptığını, toplanan parametrelerin/verilerin histogram grafikleri ile birbirleri arasındaki ilişkinin incelendiğini belirtmiştir [20].

Chou ve ark. (2015), dört farklı ülkede yaptıkları bir çalışma sonucunda, politika üretmeye ve yatırımcıların kullanması için yerel verilerin önem teşkil ettiği, akıllı sayaçların enerji duyarlılığı ve sürdürülebilir kalkınma için önemli olduğu sonucuna varıldığını bildirmiştir [21]. Fumo ve ark. (2015), konut alanlarındaki tüketicilerin verilerine ilişkin regresyon analizleri yapılması ile gelecekte enerji tahmini için gerekli verinin akıllı sayaçlardan geleceği ve kullanışlı bir mühendislik yazılımlarının geliştireceğine inanıldığını, hatta her bir ev için tüketimin tek tek modelleneceğini savunmuştur [22]. İngiltere'de, *SmartMeterImpProgram* (SMIP) ile her eve 2020 yılına kadar akıllı gaz ve elektrik sayacı takılmasını ve bu sayede %5 ila %15 arası bir enerji tasarrufu sağlanması hedeflemiştir [http-8].

Sovacoola (2017), akıllı sayaç ve fakirlik, marjinal kırsal kesim, güvenlik açıkları gibi sosyal konuların kesişimi incelenmiş ve politika önerileri getirmiştir [23].

Yılmaz (2014), doğalgaz dağıtım şirketlerinin akıllı sayaç okumaları ile ilgili beklentileri incelediği çalışmasında gelişen piyasa şartları ve düzenlemelerin doğalgaz dağıtım şirketlerini verilerini uzaktan takip ve gerektiğinde müdahale eden sistemlere itmekte olduğu belirtmiştir. Yük yönetimi (tahmin, dengeleme, ölçüm) ana başlık olmak kaydıyla; sayaçların okunması, tüketim trendlerin takibi, faturalama, gerektiğinde gaz kesme gibi başlıklarda merkezileşmeye ve otomatikleşmeye ihtiyaç duyulmakta olduğunu belirterek, piyasanın AMR teknolojisi, haberleşme altyapısı, hukuki ve üçüncü parti hizmetleri ilgili beklentileri şeklinde 4 boyutta incelenebilir olduğu belirtmiştir [24].

Sun (2015), akıllı şebeke sisteminin en önemli ayağı akıllı sayaç olduğunu, enerji akışı dışında, enerji tüketimi, şebeke durumu, ayrıca ev aletlerinin denetiminde kullanılabilir olduğu belirtilmiştir. Elektrik, ısı ve gaz sayaçları incelenmiş, sayaç gelişimi, kullanımı, maliyeti ile enerji tasarrufu, çevrenin korunması, büyümenin devamı ve bilgi teknolojilerin gelişmesi ile akıllı sayaçların geliştiği vurgulanmıştır. Sayaçlar genelde tek yönlü iletişim kurduğu, en büyük engelin sayacın maliyeti olduğu belirtilmiştir. Küresel olarak en önemli konunun ise çevresel sorunlar ve öncelikle iklim değişikliği, yerel çevre kirliliği gelişmekte olan ülkeler için ayrıca önemli olduğuna değinilmiştir. Etkili politikalar sayesinde pazarlama üstünlüğü sağlanabileceği iletilmiştir [25]. Wang (2018) ise, perakende pazarında, yük tahmininde, olağandışılık bulunması, tüketicilerin gruplanması, talep karşılama, derleme ve büyük veri analizleri çalışmalarının akıllı sayaçlar sayesinde yapıldığı belirtilmiştir [26].

Akses (2022), uMPM veri kaydedici cihazın G4'ten G40'a boyutuna kadar körüklü doğalgaz sayaçlarından saatlik tüketim verilerini kaydedebilen bir cihaz olduğu ve uMPM sayesinde, körüklü doğalgaz sayaçlarından alınan tüketim miktar ve alarm durumlarının saatlik, günlük kayıtları tutulabildiği, ayrıca sayaca ait geçmişte oluşan tüm durumlara rahatlıkla erişilebildiği belirtilmiştir. Ayrıca uMPM ile istenilen tarih ve saate göre faturalama yapma imkânı, gerçek balans değerini hesaplama ve izleme imkânı vardır. Kayıp ve kaçak analizi, sayaç hilelerinin tespitine imkân vermekte olduğu belirtilmiştir [http-9].

Veri kaydedici cihazları tek bir cihaza ait tüketim verilerini kaydetmektedir. Doğalgaz dağıtım bölge istasyonlarında, dağıtım şebekesine verilen gazın miktarı, basıncı

ve gaz sıcaklığı bilgileri SCADA sistemleri ile ölçülmektedir. Bölgesel analizler için SCADA verileri kullanılmaktadır. Daire esaslı analizler için mekanik tüketim sayaçlarında veri kaydedici cihaz kullanılması veya mekanik sayacın akıllı sayaç ile değiştirilmesi gerekir.

2.2.2. Doğalgaz, su, elektrik abone tüketimleri

Enerjiatlası (2022) web sayfasında yayınlanan abone sayısı ve konutlarda kullanılan ortalama doğalgaz tüketim istatistik verisi **Tablo 2.1**' de verilmiştir [http-10]. Buna göre 2016-2021 yılları arasında yıllık tüketim 908 ile 994 m³ arasında gerçekleşmiştir. Isparta'da abone sayısı EPDK (2022) eylül raporuna yılı sektör raporuna göre 95.406 bine ulaşmış [27], abone başına tüketim ise GAZBİR (2021) raporuna göre 1.500 m³ olarak verilmiştir [5].

Tablo 2.1. 2016-2021 Yılları Arası Türkiye Doğalgaz Abone Sayı ve Tüketimi

Yıl	Abone Sayısı	Abone Başına Tüketim (*)
2016	12.495.259	928 m ³
2017	13.571.092	994 m ³
2018	14.752.452	976 m ³
2019	15.861.360	908 m ³
2020	16.841.755	927 m ³
2021	17.885.750	933 m ³

(*): Bu tezde değerler standart metreküp (Sm³) ölçüm birimi yerine m³ birimi olarak verilmiştir.

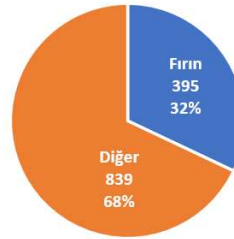
Londra'da 5 bin evde “Londra Düşük Karbon (*Low Carbon London*)” isimli SMIP (2020) projesi kapsamında bir deneme çalışması yapılmış, akıllı sayaç ile kullanım zamanları, tarife ve anket verisi toplanmış ve elektrik şebekesinde düşük karbon teknolojileri incelenmiştir [http-8].

Fagiani ve ark. (2015), Tahran'da yapılan çalışmada hem türdeş(gaz), hem de çok türlü (su, gaz, elektrik ve ısı) tüketim bilgilerine göre, kısa ve uzun dönemli tüketim tahminleri yapıldığı ve sadece gaz tüketimi verisi yerine, çok türlü veri kullanımının üstün yönlerinin fazla olduğu ortaya konulmuştur [28].

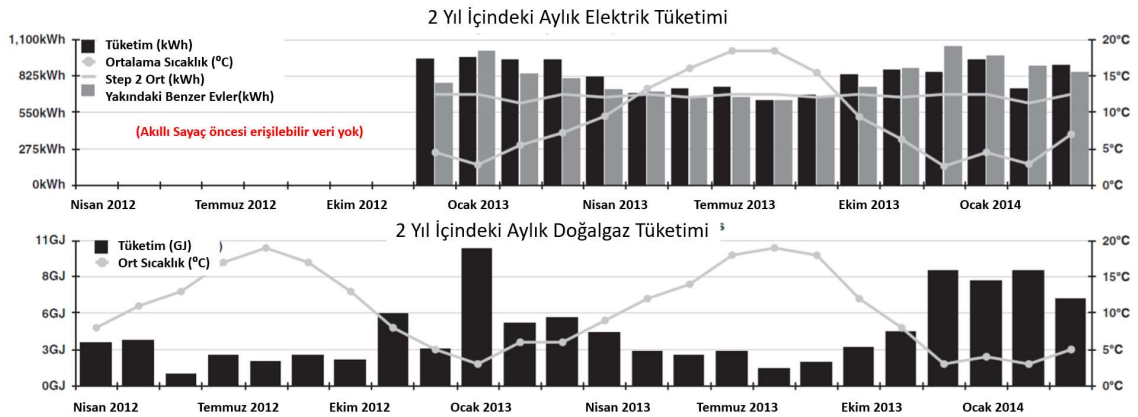
Fagiani ve ark. (2014), akıllı şebeke uygulamaları ile ilgili çoğu çalışmanın elektrik sektöründe yapıldığından, su ve gaz kurguları için 2009 ile 2014 arasına kadar yük tahmini ve kayıp kaçak tespit uygulamalarına odaklandığı, bunların ticari olarak ilgi gördüğü ve bu konuda geniş bir veri tabanı oluşturulduğu belirtilmiştir. Üst düzey bir veri tabanı toplanması, zeki hesaplama teknikleri ile su ve gaz tüketim verilerin toplandığının,

bazı verilerde hatalar olduğu, bazılarının ise erişilebilir olmadığı vurgulanmıştır. Düşük enerjili kablosuz cihaz kullanımı ile büyük verilerin toplanabileceği, uygun ve kullanıma açık verilerin oluşabileceğini, böylece yeni fikirler ve araştırmaların yapılabileceğine vurgu yapmıştır. Bir dakikaya kadar inen okumaların, düşük enerjili sayaçlar ile kaydedilmesi ile ve bu verilere ulaşım imkanının artması ile hesaplanan zeki çözümlerin daha uygulanabilir olduğu belirtilmiştir [29]. Tahran’da doğalgaz ve su için 24 saatlik tahminleme için en iyi sonuçların alındığı, sadece sıcaklık ve hava koşulları dışında çok türlü veri kullanımının incelendiği, aylık gaz tüketimlerinin incelendiği belirtilmiştir [30].

Makonin (2016), Kanada’da bir evde yapılan çalışmada elektrik, su ve gaz tüketimleri iki yıllık loglanmış “*The Almanac of Minutely Power dataset Version 2*” (AMPds2) verisi kullanıldığı belirtilmiştir. **Şekil 2.1**’de ise doğalgaz tüketiminin dağılımı gösterilmiştir. **Şekil 2.2**’de 2012-2014 yılları arasındaki elektrik ve gaz için sıcaklık ve tüketim değişim verileri gösterilmiş, akıllı sayaç öncesinde veri bulunmayan zamanlar olduğu gösterilmiştir [31]. Doğalgaz dağılımının sıcaklıkla ters ilişkisi ölçümlenirken, sıcaklığın düştüğü aylarda elektrik tüketiminin de arttığı görülmektedir.



Şekil 2.1. Kanada Yıllık Doğalgaz Yük Tüketim Dağılımı [31].



Şekil 2.2. Kanada Elektrik ve Doğalgaz Aylık Tüketim Grafiği [31]

2.2.3. Farklı coğrafya ve kültürlerde doğalgaz kullanımı

Akıllı sayaçların kullanımı ile ilgili Tayvan, Kore, Endonezya ve Vietnam da örnek çalışmalar yapılarak bu 4 ülkeden elde edilen verilerin analizi edilmesi sonucunda, müşterilerin algısı, beklentisi ve niyetinin akıllı sayaç kullanım olasılığı için analiz edildiğini ve bölgesel farkların anlanmasının politikacı ve yatırımcılar için yardımcı olacağına inanıldığı belirtilmiştir. Çalışma sonucunda akıllı sayaç edinme ve müşteri eğilimleri incelenmiş ve tüketici edinim eğilimi (*CAP*) göstergesi çıkarılmıştır. Kullanışlılık, kullanım kolaylığı, kullanım riskleri ile ilgili algılar test edilmiş, Tayvanlıların akıllı sayacın özel yaşam güvenliği için bir sorun teşkil etmediği belirtilmiş, Vietnamlılar ise riskli bulmadığı raporlanmıştır [21].

Aubel ve Poll (2019), Hollanda'daki akıllı ölçüm altyapısının işlevselliği, gerçekleştirilmesi, gizlilik ve güvenlik endişelerine yanıt olarak yapılan değişiklikleri açıklamıştır. Akıllı sayaç kullanım mantığı tartışmaları ile yerel enerji topluluğu pilot çalışmaları çalışmalarına göre akıllı ölçüm bilgilerinin kullanımındaki devam eden gelişmeleri göz önünde bulundurularak, Hollanda akıllı sayaç tasarımı olası güvenlik ve gizlilik sorunları oluşturmakta olduğu sonucuna varılmıştır [32].

Türkiye’de Güğül (2016) Ankara’da [33], Haşlak (2019) Bayburt’ta [34], Sarı (2011) ve Özçomak (2016) İzmir’de [35] [36], Baykara ve ark. (2016), Markakis (2012), ve Öksüz (2016) İstanbul’da [37], [38], [39], Ünal (2007) ve Özcan (2016) İzmit’te [40], [41], Ocak (2005) Erzurum’da [42], Yazıcı ve ark. (2012) Denizli’de [43], Gülcü (2010) Isparta’da [44] illerinde doğalgaz tüketimi, ısınma ve araç kaynaklı hava kirliliği ile ilgili bir çok çalışma yapılmıştır.

2.2.4. Doğalgaz kullanımını etkileyen etmenler

Pang (2012), doğalgazın meskenlerde birincil kullanımı alanının ısıtma olduğu ve bu nedenle tahmin modelleri oluştururken sıcaklığın kritik bir etmen olduğu belirtilmiştir [45]. Fagiani (2015), Tahran’da yapılan bir çalışmada doğalgaz tüketiminin sıcaklık ile ilişkili olduğunu yazmıştır [28] . Atmaca (2016), binalardaki yapı elemanlarının iletim, taşınım, havalandırma gibi yollarda gerçekleşen ısı kaybı toplamı için belirlenen parametreler ve ısı kaybı hesabında duvar, kapı, pencere, tavan, taban döşeme, yapı elemanlarının yüzey alanı ve kalınlığı olarak listelemiştir [46].

Haşlak (2019), “Bayburt İli Şehir Merkezinde Doğalgaz Kullanımını Etkileyen Sosyo-Ekonomik Etmenlerin Analizi” isimli yüksek lisans çalışmasında şehir merkezinde yaşayan kişilerin doğalgaz kullanım durumları ve bu durumu etkileyen sosyo-ekonomik etmenlerin analizini amaçlamıştır. Çalışmada, 450 kişiye yapılan anketlerden 400 tanesi değerlendirmeye alınmıştır. Çalışma kapsamında, doğalgaz kullanım durumu bağımlı değişken, hane halklarının doğalgaz kullanımını etkileyen sosyo-ekonomik etmenler (cinsiyet, medeni durum, yaşanılan mahalle, eşlerin çalışma durumu, aile reisinin eğitim durumu, ailenin aylık ortalama geliri, aile genişliği, aile reisinin mesleği, mülkiyet durumu, evin niteliği, evin metrekaresi, bina yaşı) ise bağımsız değişkenler olarak ele alınmıştır. Yapılan model denemeleri sonucunda cinsiyet, medeni durum ve mülkiyet durumunun istatistiki bakımdan anlamlı olmadıkları tespit edilmiştir. Yaşanılan mahalle, eşlerin çalışma durumu, aile reisinin eğitim durumu, ailenin aylık ortalama geliri, aile genişliği, aile reisinin mesleği, evin niteliği, evin metrekaresi ve bina yaşı istatistiki bakımdan anlamlı oldukları tespit edilmiştir [34].

Güçül (2016), “Ankara’da müstakil bir konutun nihai enerji tüketimini en aza indirebilmenin yollarının araştırılması ve tekno-ekonomik değerlendirilmesi” konulu doktora çalışmasında konut sektöründe tüketilen enerji toplam enerji tüketiminin içinde yaklaşık %30’a yakın bir paya sahip olduğunu belirtmiştir. ESP-r bina enerji simülasyon yazılımı kullanılarak, konutun ısıtma amaçlı saatlik enerji talep modeli oluşturulmuş. Ayrıca ısıtma talebi modeli için konutun mimari çizimi, inşası sırasında kullanılan malzemeler ve ısı kazançları hakkında bilgiler toplanmıştır. Bölgeye ait iklim verileri meteoroloji istasyonlarından temin edilmiş, bir yıllık saatlik elektrik ve günlük doğalgaz tüketimi verileri, ısıtma talep tahmini ile ısıtma amaçlı doğalgaz ölçüm verileri karşılaştırılmıştır. Konutun ısıtma talebini azaltılması için konutun fiziksel yapısında pencere camı, dış duvar ve çatı yalıtımı gibi iyileştirmeler ve fotovoltaik panel, güneş enerjili su ısıtma, ısı pompası gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasını öngören kurgular modele uygulanmıştır. Kurguların hem enerji tasarrufu hem de CO₂ salımı azalması açısından tercih edilebilir olduğunu belirtmiştir. Ankara’da 2005’ten sonra inşa edilmiş olan ve modellenen konutun enerji sınıfındaki müstakil konutlara kurguları uygulandığında, yılda 12 milyon m³ doğalgaz eşdeğeri enerji tasarrufunun elde edileceği sonucuna varılmıştır [33].

Gülcü (2010), Isparta ilinde yaşayan ailelerin doğalgaz kullanımı tercihlerini etkileyen başlıca sosyo-ekonomik etmenlerin analizi için Logit modelini kullanmış ve ailelerle yapılan anketlerden elde edilen veriler kullanılarak modelleme yapmıştır. Çalışmada doğalgaz ile ısınan ailelerin, kömür ile ısınan ailelere göre yıllık ısınma harcamalarında %23,83 tasarruf ettikleri belirlenmiştir. Araştırma ayrıca, gelir seviyesi arttıkça doğalgaz kullanımı yaygınlaştığı, ailelerin oturdukları evlerin bina yaşı, oturma alanı ve müstakil ya da apartman olması ile doğalgaz kullanımı arasında olumsuz yönlü ilişki olduğunu ortaya çıkardığı bildirilmiştir [44].

Namazkan ve ark. (2020), 2017 ve 2018'de Hollanda hanelerinin gerçek gaz tüketimini anlamak için bir karar ağacı modeli geliştirilerek yapılan bir çalışma ile, bina özelliklerinin, sosyo-demografik etmenlerin, psikolojik etmenlerin ve hane halkı davranışlarının 4 etmen olarak incelemiş; 601 haneden toplanan veriler ile hane halkı gaz tüketiminin bina özellikleri, sosyo-demografik özellikler ve psikolojik etmenlerle ilişkili olduğunu, hanelerdeki enerjiyle ilgili davranışların ise gaz tüketimiyle de benzersiz bir şekilde ilişkili olmadığını ortaya koymuştur. Özel olarak, konut büyüklüğü, bina yaşı ve ikamet türü (bina özellikleri), hane geliri ve istihdam durumu (sosyo-demografik) ve en önemlisi kişisel değerler, hedonik (haz ile ilgili) değerler, çevresel öz kimlik, enerji sağlayıcısının algılanan kurumsal çevresel sorumluluğu ve sosyal normların (psikolojik etmenler) toplam gerçek hane gaz tüketimini etkilemekte olduğu belirtilmiştir. Sonuç olarak, hane halkı gaz tüketiminin benzersiz bir şekilde binaların ve sosyo-demografik özelliklerin ve psikolojik etmenlerle ilişkili olduğunu gösterdiği, bu nedenle, gaz kullanımının kapsamlı bir şekilde anlaşılabilmesi için bina özelliklerini, sosyo-demografik değişkenleri ve psikolojik etmenleri göz önünde bulundurmanın öneminden bahsederek, evde gaz kullanımında benzersiz bir varyansı öngörüldüğü belirtilmiştir [47].

Sun ve Long (2019), bölgesel ısıtma ilgili yapılan inceleme makalesinde, bölgesel enerji modelinin konut, sanayi bölgesi ve kentsel alandaki başarıları özetlenmiştir. Enerji interneti ve büyük veri teknolojisi uygulamaları ile bölge enerji modellemesinin gelişimi analiz edilmiştir. Bölge enerji modellemesi araştırmalarına artan ilgiyle birlikte, yukarıdan aşağıya ve aşağıdan yukarıya modellerden, bölge enerjisinin daha sistematik ve kapsamlı analizini sağlayan bir hibrit enerji modeli geliştirildiği belirtilmiş ve bu modelin analizleri daha pratik hale geleceği savunulmuştur. Modelleme kullanılarak yapılan planlama ile inşaatın daha iyi yönlendireceği ve dolayısıyla gelecekte insanların

yaşamlarını iyileştireceği öngörülmüştür. Yazıda, yurtiçi ve yurtdışı, yapılan ve gelecekteki bölge enerji modellemesi üzerine yapılan çalışmalar farklı alanlara göre incelenmiştir [48].

Pang (2012), doğalgaz kuruluşları, müşterilerinin gaz talebini daha doğru bir şekilde tahmin etmesi gerektiği ve mevcut yöntem yerine farklı modellerin denenmesi için yapılan bir çalışmada, GasDay diye isimlendirilen bir modele girdi sayısını artırarak tahminin doğruluğunu artırmayı amaçlamıştır. Yeni hava durumu girdisinin önemi, istatistiksel hipotez testi, tahmin performans testi ve olağandışı gün değerlendirmesi ile test edilmiş, hava durumu araçlarının bazı kombinasyonları ile tahminin doğruluğunun arttığı gösterilmiştir. Isıtma Derecesi Günü (HDD) terimini daha küçük parçalara ayırmak ve bu küçük etmenlere dayanarak tahmin oluşturmak için bir yöntem geliştirilmiş ve Çoklu Hava İstasyonu (*multi weather station*- MWS) modeli olarak adlandırılmıştır. MWS modelinin mevcut yönteme göre daha iyi sonuçlar verdiğini iddia edilmiştir [45].

Koyun ve Koç (2017), binanın mimari özelliğinin ısı kaybını etkileyen önemli bir değişken olduğunu ileri sürmüştür. Ancak genel olarak binalarda ısı kaybı %40 dış duvar, %30 pencereler, %7 çatı, %6 bodrum döşemesinden olduğunun kabul edildiğini belirtmiştir [49]. Fagiani ve ark. (2015), genetik programlama ile doğalgaz tüketimlerinin analiz edildiği çalışmalarında, tüketimin sıcaklık ile ilişkili olduğunu belirtilmiştir [28].

2.2.5. Hava sıcaklığına bağlı tüketim ve sıcaklık değişimine hassasiyet

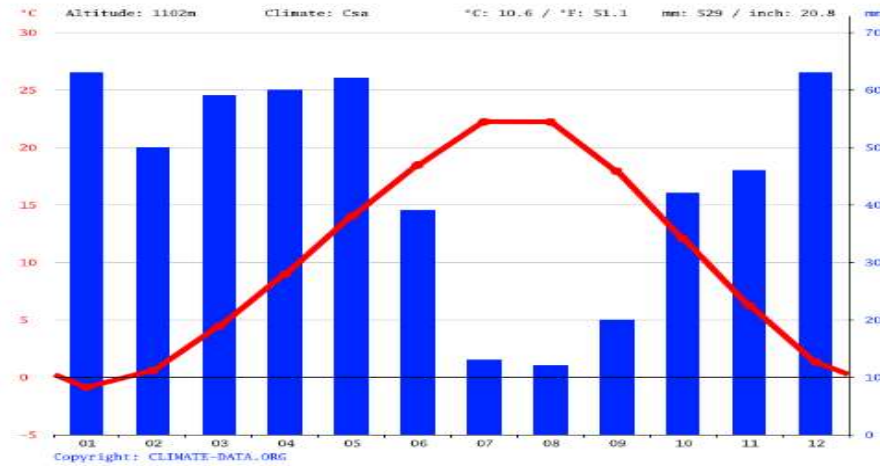
Ünal (2007), yapılan çalışmalarda ısınma gerektirmeyen ortam sıcaklığının yerleşim bölgelerine göre değişiklik gösterdiği, Amerika’da bu değerin 18.3 °C (65 °F) olarak kabul edildiği, ancak bu değerin Türkiye koşulları için uygun olmadığı ve Türkiye’deki resmî kurumlar ve merkezi sistemle ısınan binalar için genellikle 19 °C olduğundan, ısınma gerektirmeyen sıcaklık değeri Türkiye için 19 °C olarak kabul edildiğini belirtmiştir [40]. Türk Standartları Enstitüsü, TSE-825’e göre ısıtma gerektirmeyen sıcaklık Türkiye için 19 °C olarak alındığı belirtilmiştir [50].

Tez kapsamında çalışılan Isparta iline ait MGM (2022)’den alınan ortalama sıcaklık ve güneşlenme süre bilgileri **Tablo 2.2**’de verilmiştir [http-11]. Climate Data (2022), sitesinden temin edilen aylık ortalama sıcaklık grafiği ise **Şekil 2.3**’de verilmiştir [http-12]. Bu verilere göre Ocak, Şubat, Mart, Kasım ve Aralık Ayları ortalama sıcaklıkları 10

derecenin altında olduğu ve ortalama sıcaklığın Temmuz ve Ağustos dışında 20 derece altında olduğu görülmüştür.

Tablo 2.2. MGM Isparta İli 1929-2021 Arası Genel İstatistik Verileri

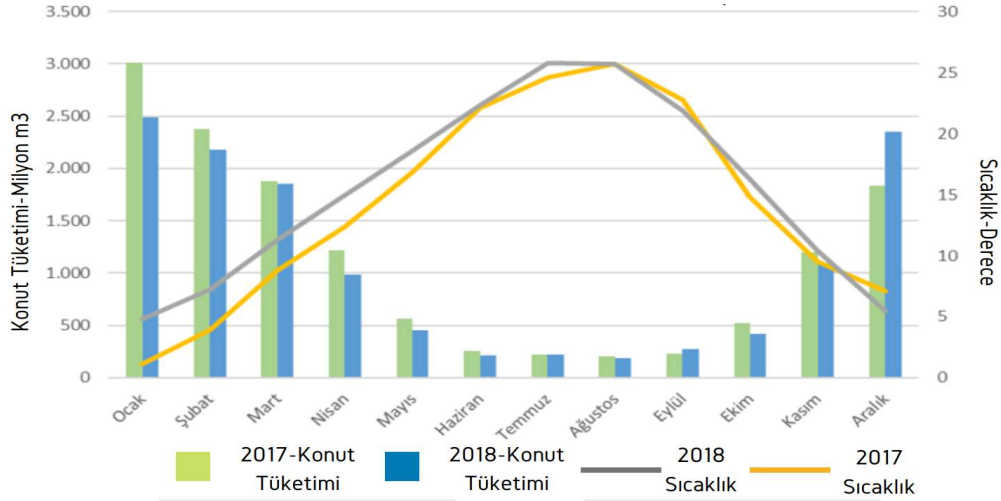
Aylar	Ortalama Sıcaklık (°C)	Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)
Ocak	1,8	6,2	-1,9	3,7
Şubat	3	7,8	-1,2	4,7
Mart	6	11,6	0,9	5,6
Nisan	10,7	16,7	4,8	6,6
Mayıs	15,5	21,9	8,6	8,2
Haziran	19,9	26,6	12,3	10,1
Temmuz	23,4	30,4	15,4	11,1
Ağustos	23,3	30,6	15,2	10,5
Eylül	18,9	26,5	11	9,3
Ekim	13,4	20,6	6,8	6,8
Kasım	7,9	14	2,7	5,2
Aralık	3,6	8,2	-0,2	3,3



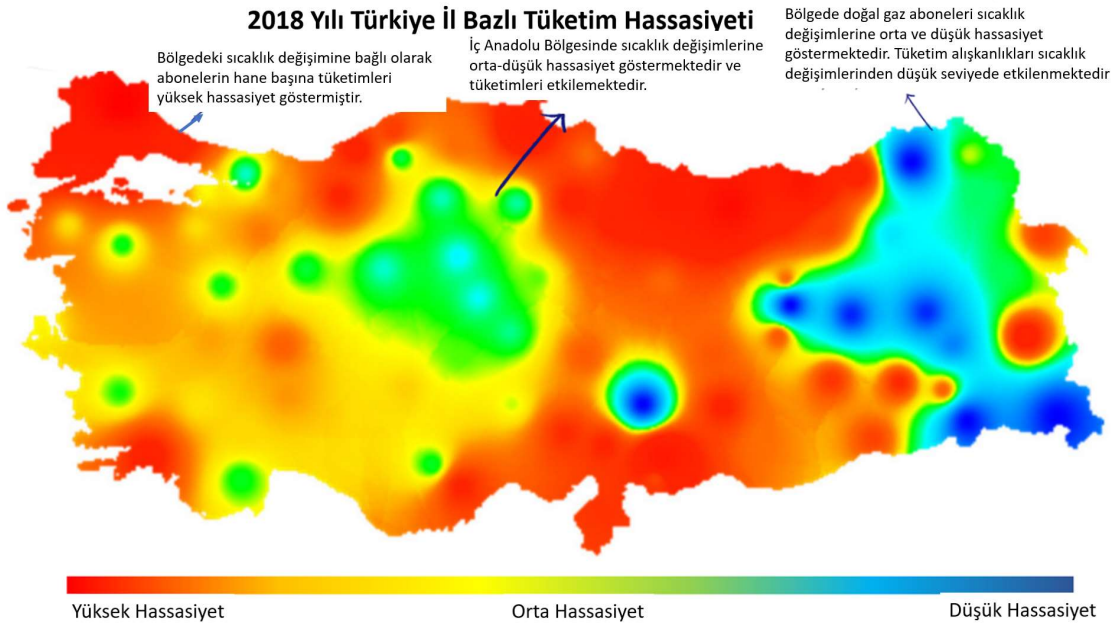
Şekil 2.3. Isparta İli Aylık Sıcaklık (Kırmızı) ve Yağış (Mavi) Grafiği [http-12]

GAZBİR'in (2019), yayınladığı doğalgaz sektör raporunda 2017 ve 2018 yıllarına ait aylık sıcaklık ve doğalgaz tüketimleri **Şekil 2.4**'de verilmiştir. Sıcaklık ve konut temelli doğalgaz tüketiminin ters orantılı olduğu gösterilmiştir. 2017 yılının 2018'e göre daha soğuk olduğu, tüketimin 2018'den daha yüksek olduğu görülmektedir. Sıcaklık değişimlerine göre tüketim hassasiyetinin (**Görsel 2.1**) incelendiği GAZBİR (2019) raporunda sıcak bölgelerde yaşayanların havanın soğumasına daha hassas olduğu, soğuk

bölgede yaşayanların ise düşük-orta hassasiyette olduğu belirtilmiştir [4]. Isparta yüksek-orta hassasiyete sahiptir.



Şekil 2.4. 2017-2018 Yılları Isparta Konut Tüketim-Sıcaklık Kıyaslaması [4]



Görsel 2.1. 2018 Yılı İllerin Türkiye Tüketim Hassasiyeti Haritası [4]

GAZBİR'in 2019 yılı raporuna göre, Isparta'nın 2019'da km^2 başına düşen abone sayısı 8 iken, 2022 yılı abone sayısı 95.406, Isparta alanı 8.626 km^2 ye bölündüğünde km^2 ye abone sayısı %37.5 büyüyerek, 11.06 abone/km^2 'ye yükselmiştir.

2.3. Açıklayıcı Veri Analizleri

Doğalgaz tüketim verilerini daha iyi inceleyebilmek, hataları, eksikleri ve aykırı değerleri bulmak için verilerin görselleştirilmesi önemlidir. Elde edilen verilerin açıklanabilmesi için açıklayıcı veri analizleri (AVA) (*Exploratory Data Analysis* -EDA) olarak geçen terime, verilerin açıklanabilmesi için görselleştirilmesi de denilebilir. Wendy ve arkadaşları, John W. Tukey'in açıklayıcı veri analizi konusunda ilk istatistikçilerden birisi olduğunu, AVA'nın ayrıntılı açıklayıcı bir tanımını yaptığı ve bir araştırmacının önceden tasarlanmış herhangi bir fikri olmadan, veriyi keşfetmesi ve gözlemlemesi konusunda, çalışılan verinin konuşması felsefesine AVA ismi verdiğini belirtmiştir [51].

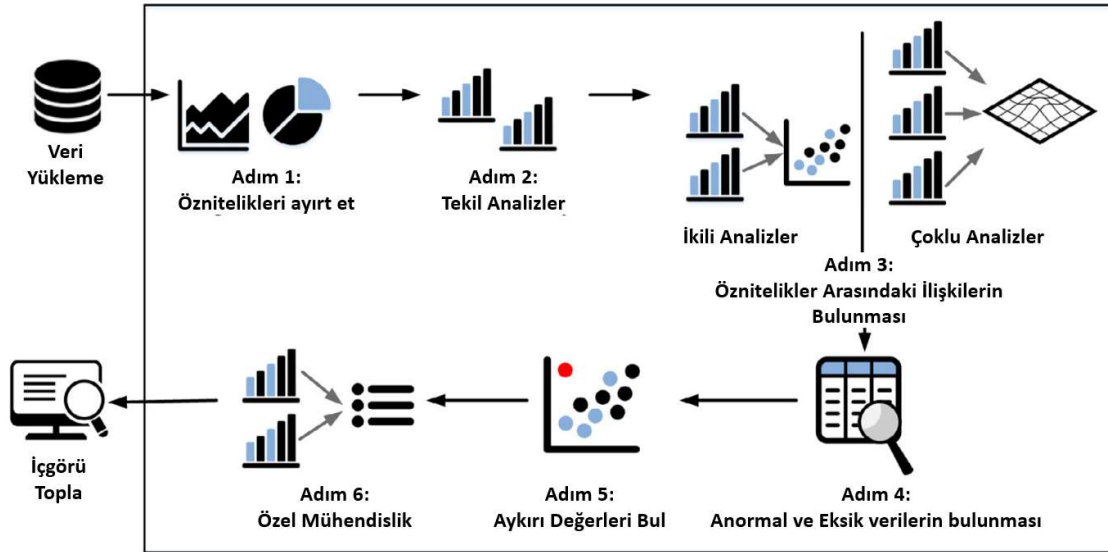
Tukey (1977) "*Exploratory Data Analysis*" isimli kitabında, açıklayıcı veri analizinin tüm hikâyeyi anlatamayacağını, ama başka hiçbir şeyin de temel taşı olarak hizmet edemeyeceğini söylemiş ve AVA'nın öneminden bahsetmiştir. AVA'yı Tukey bir nevi dedektiflik çalışması veya başka ifadelerle "sayısal, sayım ile ilgili veya grafiksel" dedektiflik çalışması şeklinde açıklamıştır [52]. Tukey (1980), makalesinde hem doğrulayıcı hem de keşfedici analizlere ihtiyaç duyduğumuzu, bilim ve mühendislikte fikirlerin, şimşek çakmalarından çok, önceki keşiflerden geldiğini yazmıştır. Önemli sorular, doğrulayıcı analiz için en dikkatli planlamayı gerektirebildiği ve geniş genel sorgulamaların da önemli olduğunu belirtmiştir. Asıl olanın ve cevaptan daha çok soruyu bulmak olduğunu ifade etmiştir. Keşfedici veri analizi bir teknikler demeti değil, bir tutum, bir esneklik ve gösterime güven olduğunu ve bu şekilde öğretilmesi gerektiğini açıklamıştır. Doğrulayıcı veri analizinin öğretilmesi ve bilgisayara geçirilmesinin daha kolay olduğu, doğrulayıcı ve keşfedici analizlerin ikisini de öğretilmesi gerektiğini, bilim ve mühendislik hakkında daha geniş düşünmek gerektiğini belirtmiştir [53].

Bois (2022)'e göre, değişkenler arasındaki ilişkileri görebilmek için ilk yapılacak çalışmalar veri grafikleri ve basit istatistik değerlerinin hesaplanmasıdır. Kullanılan grafik tekniklerden bazıları histogram dağılımı, serpilme (*scatter-plot*), kutu (*box-plot*), kümülatif dağılım gibi grafiklerdir. Bois, verilerin elde edilmesinden sonra nihai hedefi,

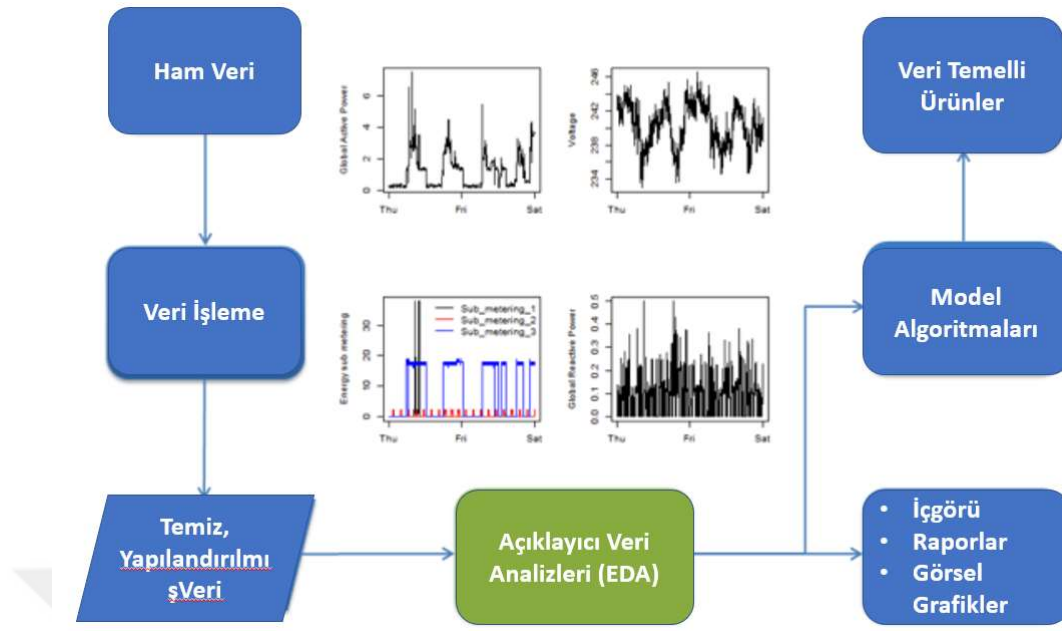
verileri açık, kısa ve öz şekilde açıklayarak sonuçlandırmak olduğunu yazmıştır. Veri analizi sürecinin son adımın önemli olduğu ve istatistiksel çıkarım ilkelerine dayandığını belirtmiştir [http-13].

Ghosh ve ark (2018), AVA için tavsiye ettikleri işlemler **Şekil 2.5**'de verilmiştir. Bir modelleme yapmadan önce veri ve veri içindeki ilişki ve aykırılıkların bulunması için sırasıyla veri içindeki öznitelik kolonlarının tespiti, tekli, ikili ve çoklu kolonlar üzerinde analizler yapılarak ilişkilerin görüntülenmesi, eksik, olağan dışı ve aykırı verilerin tespiti sonrasında özelleştirilmiş disipline ait analizlerin yapılması ve sonucunda verinin sağladığı içgörülerin çıkarılması adımları önerilmiştir [54].

Shukka Methods (2012) sitesinde, AVA ile verinin karakteristiği, veri içinde anlamlı paternler, mümkün olan modelleme stratejileri, stratejilerin simülasyonu ve sonuçların görselleştirilmesi şeklinde gerçekleştirileceğini ve **Şekil 2.6**'deki iş akışına göre AVA sonucunda içgörü, rapor, grafik, model ve veri tabanlı ürünler geliştirilebileceğini belirtmiştir [http-14].



Şekil 2.5. Sıradan Bir AVA İşlemine Ait Temel Adımlar [54]



Şekil 2.6. AVA Veri İşlemesiyle Model ve Ürün Geliştirme [http-14].

Temel istatistik kavramları:

Miran (2021) “*Temel İstatistik*” kitabında kavramları aşağıdaki gibi vermiştir [55].

Aritmetik Ortalama (AO): Ölçümlerin toplamının ölçüm sayısına bölünmesidir.

Ağırlıklı Aritmetik Ortalama: Ölçümlerin ağırlıkla çarpımlarının toplamının, ölçümlerin toplamına bölünmesidir.

Histogram: Frekans tablosunun sütun grafik şeklindeki gösterimi.

Çarpıklık: Simetrik frekans dağılımından ayrılma durumunu verir.

Basıklık: Ölçümlerin çok dağınık (basık) veya toplandığı (zirve) durumunu verir.

Serpilme Grafiği: Matematikte X-Y grafiği şekline ölçümlerin çizilmesidir.

Varyans: Ölçümlerin aritmetik ortalamadan farklarının karelerinin ortalamasıdır (2.1)

$$\sigma^2 = \frac{\sum (X - \mu)^2}{N} \quad (2.1)$$

formülde:

σ^2 : Varyans

X: ölçüm

μ : Aritmetik Ortalama (AO)

N: Ölçüm Sayısı

Standart Sapma (SS): Varyansın karekökü standart sapmadır, formülü (2.2) de verilmiştir. Simetrik dağılımlarda, verinin %60-80'i $AO \pm 1*SS$, %95'i $AO \pm 2*SS$, %99 u ise $AO \pm 3*SS$ aralığındadır.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X-\mu)^2}{N}} \quad (2.2)$$

Çeyrekler Açıklığı (ÇA) veya Dörtte Birlikler: Ölçüm değerlerinden her bir dörtte birlik kısımdaki, ζ_3 ile ζ_1 çeyrekleri arasında kalan sayıca ölçümlerin %50'lik kısmıdır. Küçükten büyüğe sıralanmış verinin %25'lik parçalarına denk gelen verilerdir. ζ_1 ilk çeyrek %25, ζ_2 ikinci çeyrek %50, ζ_3 üçüncü çeyrek %75'e gelen değerdir. Dörtte birliklerin hesaplanmasında kullanılan formüller (2.3)'te verilmiştir.

$$\begin{aligned} \zeta_1 &= X_{\frac{N+1}{4}} \\ \zeta_2 &= X_{2*\frac{N+1}{4}} \\ \zeta_3 &= X_{3*\frac{N+1}{4}} \\ \zeta A &= \zeta_3 - \zeta_1 \end{aligned} \quad (2.3)$$

formülde:

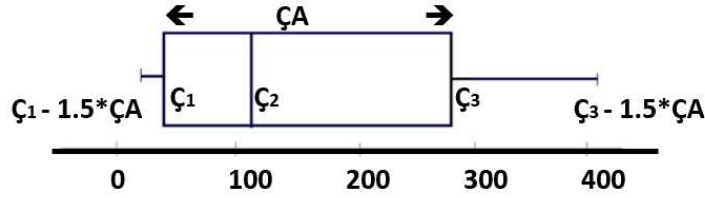
$\zeta_1, \zeta_2, \zeta_3$: 1, 2 ve 3. Çeyrek

ÇA: Çeyrekler Açıklığı

Çeyrekler açıklığı (İngilizcesi *Inter Quartile Range* -IQR) sıralanmış veriler içinde aşırı küçük veya aşırı büyük uçsal değerlerden (yani aykırı değerlerden) etkilenmez. Özel bir istatistiksel terimle “Çeyrekler Açıklığı (ÇA)” güçlü bir yayılma ölçüsüdür. Eğer alışlagelen yayılma ölçüsü olarak genellikle kullanılan varyans veya Standart Sapma (SS veya σ) için mevcut olduğu bilinenden üstün yönler (ilk akla gelen; çarpıklık) pratik bir sorun yaratıyorsa (örneğin veri dizisi içinde çok aşırı bir veya birkaç aykırı değer varsa) ÇA, varyans veya standart sapmaya da tercih edilir.

Kutu ve Bıyıklar Grafiği: John Tukey tarafından kutu-ve-bıyıklar grafiği (*box and whisker plot*) şeklinde isimlendirmiştir. Dörtte birliklerin ζ_1 ile ζ_3 arasına bir kutu çizildikten sonra kutu dışındaki kısma $1.5*ÇA$ uzaklığındaki değerlerin çizgi ile gösterildiği şekilde oluşturulur, örnek içim **Şekil 2.7**'deki gibi bir grafikdir. Verinin yayılımı, toplanma merkezi ve simetrisi hakkında kolayca bilgi sahibi olunur. ζ_2 değeri

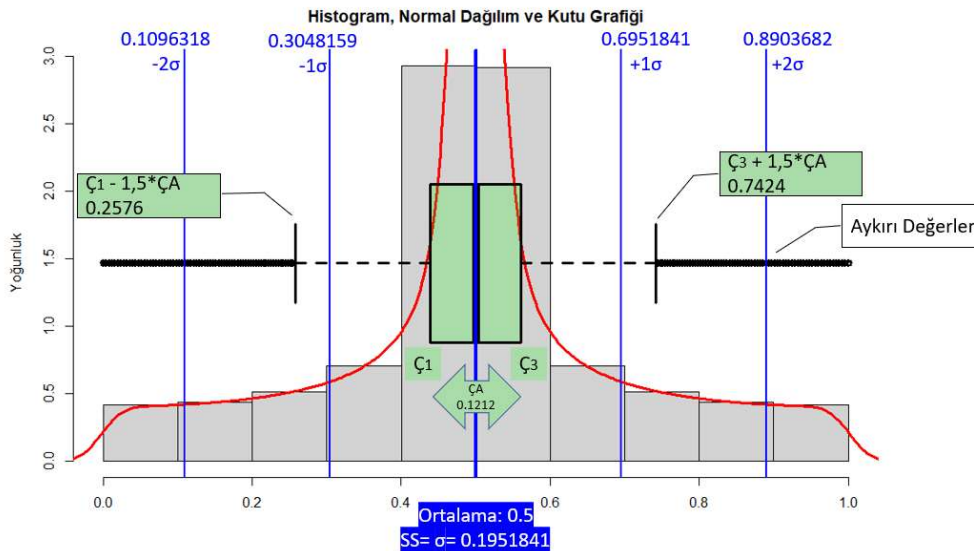
sol tarafa yakınsa, verinin sağa çarpık olduğu histogramdaki gibi söylenebilir. $\bar{Ç}_1$ ile $\bar{Ç}_1 - 1.5 * \bar{Ç}_A$ arasında ve $\bar{Ç}_3$ ile $\bar{Ç}_3 + 1.5 * \bar{Ç}_A$ arasında kalan kısma bir çizgi çekilir.



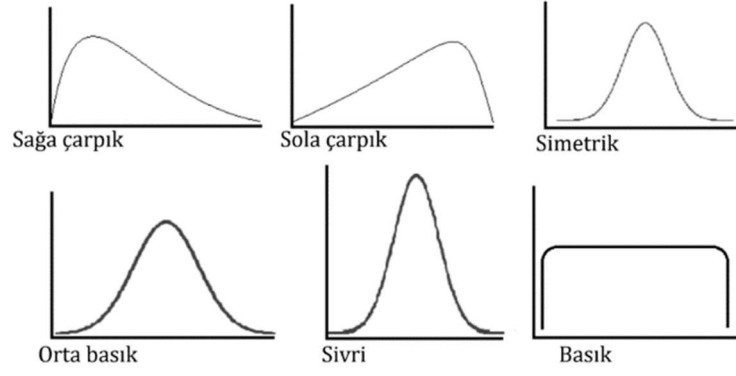
Şekil 2.7. Kutu Grafiği ve Bıyıklar

Kutu Grafiği, Çeyrekler Açıklığı, Standart Sapma ve Normal Dağılımlar aynı grafikte olacak şekilde Şekil 2.8'de gösterilmiştir.

Histogram eğrilerinde basıklık ve çarpıklık: Histogram eğrileri ölçümlerin frekansını gösterir, bu frekans eğrisi simetrik, sola veya sağa çarpık, sivri veya basık olarak adlandırılmaktadır, örnek grafikler Şekil 2.9'de verilmiştir. Simetrik dağılım çan eğrisi gibi ortalamanın iki tarafında eşit dağılım demektir. Sola çarpık dağılımda ölçüm verileri sol tarafta daha az, sağa çarpıkta ise ölçüm verileri sağ tarafta daha az görüldüğü anlama gelmektedir. Basıklıkta ise dağılımda bir zirve oluşuyor mu veya geniş bir alana mı yayılıyor bilgisine ulaşılabilmektedir [55].



Şekil 2.8. Histogram, ÇA, SS Kutu ve Normal Dağılım Grafiği



Şekil 2.9. Histogram Frekans Çarpıklık (Üst) ve Basıklık (Alt) Örnekleri [55]

Serpilme grafiği: Serpilme grafiği, İngilizcesi (*scatter plot*), iki farklı değişkenin X ve Y eksenlerine matematiksel olarak kartezyen koordinatlar şeklinde gösterilmesidir. Veri içerisindeki üçüncü bir değişken grafik gösteriminde renk veya nokta büyüklüğü şeklinde de gösterilebilir.

Kümülatif dağılım fonksiyonu: Kümülatif dağılım fonksiyonu (*cumulative distribution function* -CDF), temel olarak, verilerin bir özelliğini en küçükten en büyüğe doğru çizilmesine ve tüm özelliği sanki veri kümesine dağılmış gibi görülmesine olanak tanır.

2.4. Sınıflandırma ve Karar Ağaçları

Tüketim verisi ile diğer değişken ve kategorik verilerin aralarındaki ilişkinin analiz edilmesi amacıyla kullanılan regresyon ve sınıflandırma yöntemleri, karar ağaçları, modelleme ile ilgili bilgiler aşağıda verilmiştir. Bu çalışmada bağımlı değişken tüketim, sürekli değişkenler sıcaklık, nem, rüzgâr hızı ve güncel basınç gibi değerlerdir. Kategorik veya ayırık değişkenlere ise cephe, kat, yükseklik ve alan verileridir.

2.4.1. Regresyon ve sınıflandırma

Varghese (2022), bağımlı bir değişkenin, sürekli değişken değerlere ayrıştırılmasına regresyon ağaçları, ayırık değişkenlere göre ayrıştırılmasına ise sınıflandırma ağaçları olarak tanımlamıştır. Regresyon analizi, iki ya da daha çok nicel değişken arasındaki ilişkiyi ölçmek için kullanılan analiz yöntemidir. Eğer tek bir değişken kullanılarak analiz yapılıyorsa buna tek değişkenli regresyon, birden çok değişken kullanılıyorsa çok

değişkenli regresyon analizi olarak isimlendirilir. Regresyon analizi ile değişkenler arasındaki ilişkinin varlığı ve eğer ilişki var ise bunun gücü hakkında bilgi edinilebilir [http-15].

Regresyon analizi, değişkenler arasındaki ilişkiyi gösteren matematik modeli belirlemeye ve modelin yeterli olma düzeyini incelemeye yönelik etkin ve bilim alanlarınca yaygın şekilde kullanılan bir yöntemdir. Günel (2003) “regresyon modelinde, Y-bağımlı değişkeninin, bağımsız değişken X ’in her bir kategorisine ilişkin (k-tane), ayrı bir toplumu bulunduğu varsayılmakta ve eldeki tüm bilgilerden yararlanarak, bu k-toplunun “ortalama değerlerini” bir arada hesaplanmaktadır” diye belirtmiştir [56].

Hiregoudar (2020)’ye göre regresyonda, değişkenlerden biri bağımlı diğerleri bağımsız değişken olmalıdır. Buradaki mantık eşitliğin solunda yer alan değişkenin sağında yer alan değişkenlerden etkilenmesidir [http-16].

Günel (2003), regresyon denkleminde, 1’den k’ye kadar her bir bağımsız değişkenin katsayıları ile çarpımlarının toplamı ile, değişkenlerin 0 olduğundaki kesişim sabiti (α) ve hata miktarını (ϵ) temsil eden doğrusal matematik modelinin formülü (2.4) deki gibi vermiştir.

$$Y = \alpha + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \epsilon_i \quad (2.4)$$

Formülde: α : kesişim sabiti,

k: denklemdeki bağımsız değişken sayısı,

β : X bağımsız değişkenlerinin katsayısı,

ϵ_i gerçek değerlerin ortalamalardan farklarını temsil eden hata miktarıdır.

Günel (2003) makalesinde, regresyon denkleminin katsayılarının (α ve β) hesaplanmasında, “en küçük kareler” yöntemi kullanılmaktadır. Regresyon denklemine kabuller doğru ise en küçük kareler yöntemi ile hesaplanan katsayılar “en iyi doğrusal ve sistematik hatasız örnek değerleri” niteliğinde olduğu belirtilmiştir. Regresyon analizinde, temel yaklaşım, ölçülen Y değerlerinin “kareler toplamını (TSS)”, “regresyon kareler toplamı (RSS)” ve “sapma kareleri toplamı (ESS)” olmak üzere iki elemana ayırmaktır. RSS, regresyon denkleminin açıkladığı kareler toplamıdır. ESS ise, rastgele nedenlerle oluşan kareler toplamıdır (formül 2.5). RSS’nin büyük olması veya ESS’nin küçük olması regresyon denkleminin başarılı olması demektir. (RSS/TSS) oranının aldığı değer, regresyon denkleminin başarı ölçüsü olarak kullanılır [56].

$$R^2 = \text{RSS}/\text{TSS} = 1 - \text{ESS}/\text{TSS} \quad (2.5)$$

Hiregoudar (2020)'ye göre, bağımlı değişken olan tüketimin (Y), sıcaklık, nem, basınç, alan, yükseklik gibi bağımsız değişkenlerle (X_i) olan göreceli etkinliğini belirlemede kullanılan belirleme regresyon denklemlerinde R^2 (R-kare) denilir. R^2 regresyon denkleminin başarısını ölçme ve denklemin tahmin gücünü de yansıtmada kullanılan bir istatistiktir diye belirtmiş ve R^2 formül (2.6)'deki gibi vermiştir [http-16].

$$R^2 = 1 - \frac{SS_{\text{Regresyon}}}{SS_{\text{Toplam}}} = 1 - \frac{\sum_i (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_i (y_i - \bar{y}_i)^2} \quad (2.6)$$

Formülde:

SS: Standart sapma

y_i : Ölçüm değeri

$\hat{y}_i$: Hesaplanan değer

$\bar{y}_i$: Ölçüm ortalamasıdır

Günel (2003), belirleme katsayısı ile regresyon denkleminin “sapmalar varyansı” arasındaki bağıntı ifadesi ölçülen değerler ile hesaplanan değerler arasındaki farkların varyansıdır. F dağılımı, serbestlik dereceleri (k) ve (n-k-1) olan denklemin, Y ve X arasında, istatistik anlamda, geçerli bir bağıntıyı temsil edip etmediğini denetleme olanağı vermektedir (formül 2.7) [56].

$$F = \frac{\frac{R^2}{k}}{(1-R^2)/(n-k-1)} = \frac{n-k-1}{k} \frac{R^2}{1-R^2} \quad (2.7)$$

Günel, hesaplanan F değerinin, kritik F değerinden büyük olduğu durumda, denklemin bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki bağıntıyı açıklamada başarılı, aksi halde denklemin başarısız olduğunun ileri sürüleceğini belirtmiştir [http-15].

Kılıç (2013), bağımlı değişken ile bağımsız değişkenlerden birinin değeri bilindiğinde diğerinin değeri bulunacağını, eğer model için bulunan p değeri 0.05 den küçük ise regresyon katsayısının 0'dan farklı ve iki değişken arasında doğrusal bir ilişki olduğunun anlaşılabileceğini, başka bir deyişle iki değişken arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak önemli olduğunu vurgulamıştır. Modelin uygunluk göstergesi olan R^2 değerinin için 1'e ne kadar yakınsa, modelin o kadar iyi olduğunu belirtmiştir [57].

2.4.2. Karar ağacı

Erden (2021), “Python ile Veri Madenciliği” kitabında, karar ağaçlarının parametrik olmayan bir sınıflandırma algoritması olduğunu ve hem regresyon hem de sınıflandırma için çözüm sunduğunu yazmıştır. Karar ağaçları, sınıflandırma amaçlı kullanıldığında sınıflandırma ağacı, regresyon amaçlı olduğunda ise regresyon ağacı şeklinde isimlendirildiğini belirtmiştir. İsimlendirmenin genel olarak Sınıflandırma ve Regresyon Ağaçları (*Classification & Regression Trees - CART*) şeklinde kullanıldığını, bu ağaçların sonuçlarını okumanın kolay olduğundan bahsetmiştir. Veriler sürekli sayısal değişken değerlere sahip ise bölünme noktaları ile, kategorik ise kategori sayısı kadar, eğer evet ve hayır şeklinde mantıksal değerlere sahip ise iki dala ayrıldığını belirtmiştir. Makine öğrenmesi karar ağaçları üzerinde verilen test değerlerini karar ağacına girdi sağlayıp, dalların bölünme kriterlerine göre verilen değer hangi kola girdiği belirlendiğini, karar ağaçları bilgisayar kodlamasında kullanılan “if-else” gibi denetimlere benzetilebileceğini yazmıştır [58].

Sutton (2005), ağaç yapılı sınıflandırma ve regresyonun, diskriminant analizi ve sıradan en küçük kareler regresyonu gibi, normallik varsayımlarına ve kullanıcı tanımlı model ifadelerine dayanmayan alternatif sınıflandırma ve regresyon yaklaşımları olduğunu belirtmiştir. Ağaç yapılı sınıflandırma ve regresyon, son yıllarda popüleritesi büyük ölçüde artan, parametrik olmayan hesaplama açısından yoğun yöntemler olarak belirtmiştir. Hem çok sayıda vakaya hem de çok sayıda değişkene sahip veri setlerine uygulanabilir ve aykırı değerlere karşı son derece dayanıklı olduğunu yazmıştır [59].

Yobero (2017), ağaç yapılı yöntemlerin gösterim için basit ve kullanışlı olduğunu ve bir dal yerine birçok ağacın birleşimi ile modelde tahminleme hassasiyeti açısından ciddi iyileşmeler oluşacağını belirtmiştir. Regresyon ağacında, ölçümlerin tahminleme alanlarında bölgeler oluşturacak şekilde kısımlara veya ağaçlara/dallara ayırdığını belirtmiştir [http-17].

Hacıoğlu (2022), tezinde karar ağacının üstün yönlerini aşağıdaki gibi listelemiştir.

- a. Anlaması ve yorumlanması basittir ve ağaçlar görselleştirilebilir.
- b. Eksik verileri tamamlamak/çıkarmak gibi küçük veri hazırlığı gerektirir.
- c. Sayısal ve logaritmik verileri işleyebilir.
- d. Çoklu çıkış gerektiren sorunları çözebilir.

- e. Veri yığınlarının karar ağaçlarına dönüştürerek şekil üzerinden sonuca ulaşmak metinsel ifadeler arasından sonuca ulaşmaya göre daha kolay ve az zaman almaktadır.
- f. İstatistiksel testler kullanarak bir modeli doğrulamak mümkündür.
- g. Verilerin üretildiği gerçek model tarafından çıkan sonuç ihtimalleri bir şekilde ihlal edilse bile iyi bir performans göstermektedir [60].

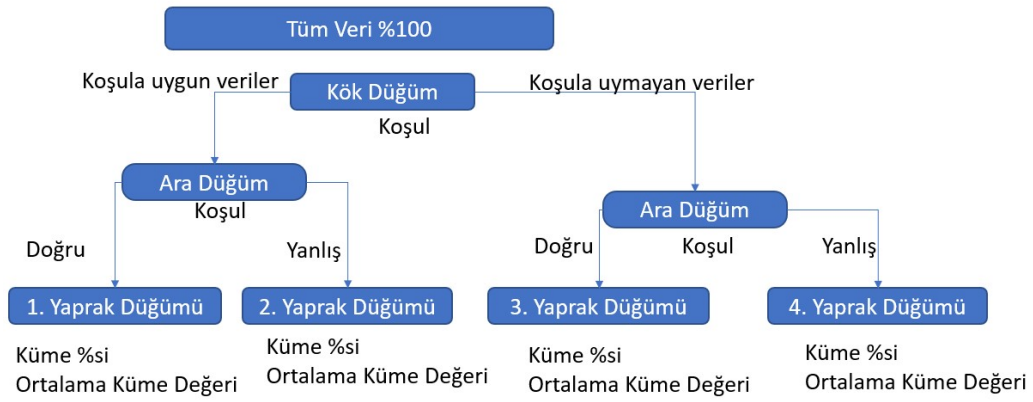
Aynı şekilde Hacıoğlu (2022), tezinde, Varghese (2022) ve Patel & Rana (2014) makalelerinde karar ağacının bazı üstün olmayan yönlerinden bahsetmişlerdir. Bunlar:

- a. Bir karar ağacının oluştururken kök ve yapraklar belirli öznelilikler göz önünde bulundurularak oluşturulmalıdır. Çalışılan veri yapısının bütün verilerini ağaca uygulandığı durumlarda, aşırı öğrenme gibi sorunlarla karşılaşabileceği gibi bu durum da oluşturulan ağacın doğru sonuçlar alınmasını engelleyecektir. Bu tarz durumlardan kaçınmak için verileri bazı yöntemlerle küçültmeye gidilmesi gerekmektedir. Bu yöntemlerden bazıları veriye uygulanan budama yöntemi, yaprak sayısını azaltmak ve ağacın minimum numune sayısının ve ağacın maksimum derinliğinin ayarlanması şeklindedir.
- b. Karar ağaçları değişken olabilir çünkü verilerdeki küçük değişiklikler tamamen farklı bir ağacın üretilmesine neden olabilir.
- c. Karar ağaçlarında eğer bazı sınıflar baskınsa, önyargılı ağaçlar oluşturulabilir. Bundan dolayı karar ağacı oluşturulmadan önce veri düzenlenmesi yapılmalıdır.
- d. Zayıf öğrenicilerdir: tek bir karar ağacı normalde büyük tahminlerde bulunamayabilir, bu nedenle daha güçlü topluluk modellerini doğurmak için birden fazla ağaç birleştirilerek ormanlar oluşturmak gerekebilir.
- e. Karar ağacının matematiksel hesabı çoğunlukla fazla hafıza ve zaman alır.
- f. Karar ağacı modelinin uzay ve zaman karmaşıklığı modeli nispeten daha yüksektir [60].
- g. Karmaşıklık yüksek olduğundan modeli eğitim süresi fazladır [http-15].
- h. Karar ağaçlarında bölme işlemi sorunu veriler kademeli olarak daha küçük parçalara bölünürse karar ağacımız doğru çıkarım yapamaz.
- i. Tekrarlama sorunu, özellikler bir karar ağacında tekrar tekrar test ediliyorsa tekrarlama sorunu mevcuttur. Bu tekrarlar verileri daha küçük ve daha küçük segmentlere böler, dolayısıyla parçalanma ile sonuçlanır [61].

2.4.3. Regresyon ağacı oluşturma

Regresyon ağacı en üstte kök koşul düğümü, altında ara düğümler ve en altta yaprak düğümlerinden oluşur (bakınız **Şekil 2.10**). Bu düğümler bir sınıflandırmayı ya da bir kararı temsil eder. Yaprak düğümleri bir veri setinin küçük parçalara ayrılması gibi oluşur.

Yobero (2017), regresyon ağacının en yukarısındaki değişkenin, en kritik değişken olduğunu ve aşağılara inildikçe sırasıyla değişkenlerin önemi azaldığını belirtmiştir [http-17]. Hacıoğlu (2022), karmaşık haldeki verilerden anlamlı sonuç üretmek isteyen kullanıcının, zaman harcayıp tüm verileri süzememe gibi bir sonuçla karşılaşabileceğini, bu nedenlerle verilerin belirli düzende olması gerekmekte olduğunu belirtmiştir. Bu gibi nedenlerle verileri görsel hale getirilmesi gerekebileceğine değinmiştir [60].



Şekil 2.10. Karar Ağacı, Düğümler/Koşullar ve Sonuç Kümeler (Yapraklar)

RStudio (2022), yazılımında, regresyon ağacı oluşturmada işleminde genelde iki adım olduğu ve bu adımların:

1. Tahminleme uzayının tüm değerlere göre $X_1, X_2, \dots, X_p$ üst üste gelmeyen $R_1, R_2, \dots, R_j$ bölgelerine bölmek ve
2. Her bir ölçümün içine düştüğü alanı R_j bölgesi için, aynı tahmini yapıp basitçe sonuç verilerin ortalamasını alıp R_j bölgesindeki eğitim ölçümlerinin almak olduğu belirtilmiştir [62].

Yobero (2017), ise asıl sorunun bölgelerin oluşturulmasında nasıl ilerleneceği olduğunu belirtmiştir. Tahmin uzayını seçilip, sadelik ve kullanım kolaylığı için yüksek boyutlu dikdörtgenlere bölerek ve kalan kareler toplamının (RSS) minimuma inmesi

sağlanarak yapılabileceğini belirtmiştir. Tümünün hesaplanması çok kolay olmadığından, özyinelemeli ikili bölümlerle ile yukardan aşağıya doğru bölümler yapılarak, işlem sonuç kriterin sağlanana kadar devam edeceğini belirtmiştir [http-17].

2.4.4. Çalışmalarda kullanılan algoritmalar ve modeller

Literatürde analizler için birçok farklı algoritmanın ve modelin kullanıldığı görülmüştür. Fagiani ve ark. (2015), Tahran su ve gaz tüketim tahmini konusunda yaptıkları çalışmalarda, yapay sinir ağları (YSA), derin inanç (*Deep Belief*), *echo state*, Destek Vektör Regresyonu (*Support Vector Regression*, SVR), genetik programlama (GP) ve GP kombinasyonlu ileri kalman filtre (EKF) tekniklerinin kullanıldığı belirtilmiştir [28]. Fagiani ve ark. (2015a), ayrıca gaz ve su tüketimindeki benzerlikler bulunduğu da belirtilmiştir [30].

Haşlak (2019), Bayburt ilinin coğrafi özellikleri belirtilerek yapılan anketin üzerinden seçilen verilerin bağımsız değişkenlere göre bağımlı değişkenin gerçekleşme durumu gösterildiği çalışmasında Pearson Ki-Kare Bağımsızlık Testine göre incelemeler yapmış ve özellikler arasındaki ilişkilerin anlamlı olup olmadığı ortaya koymuştur [34].

Kanada’da bir eve ait elektrik, su ve doğalgaz tüketim verilerinin incelenmesinde Makonin ve ark. (2016) makine öğrenmesi algoritması kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonucuna göre doğalgaz tüketimi tahmininde 24 saatlik tahmin için en iyi sonucu yapay sinir ağları (*Artificial Neural Network* - ANN) modeli verdiği, 6-12 saat için ise SVR’nin daha iyi sonuç verdiği, su tüketimi için SVR’nin 6 saatlik tüketim tahmininde en iyi sonucu verdiği belirtilmiştir. Elektrik için Louisiana ve Maine şehirlerinde (*Energy Information Administration, Almanac of Minutely Power dataset: AMPd*) verisi kullanılarak en iyi sonucu EKF-GP verdiği bildirilmiştir. Tahran şehrinde Elektrik tüketimi için en iyi sonucu ise SVR verdiği belirtilmiş [31]. Fagiani ve ark. (2015a), kullanılan farklı veri setleri için (10 adet su, 3 adet doğalgaz ve 1 adet su ve doğalgaz), veri aralığı ve ulaşılabilirliğini vermiştir.

2.4.5. Regresyon model sonucunun değerlendirilmesi

Regresyon model sonuçlarının değerlendirilmesi için birçok farklı yöntem uygulanmaktadır. Temel olarak R^2 değeri dışında, gözlemlenen/ölçülen değer ile modelde sonucu hesaplanan değerlerin arasındaki hata miktarları ölçülmektedir.

R-kare (R^2) istatistiksel bir ölçümdür. Bağımlı bir değişkenin varyansının oranının bağımsız değişken veya bir regresyon modelince açıklanmasıdır. Korelasyon ise bir bağımlı ve bağımsız değişkenin ilişkisini açıklar. R^2 bir değişkenin varyansının diğer değişkenin varyansına hangi sınıra kadar olduğunu açıklar. Eğer bir modelin R^2 'si 0.5 ise, izlenen değişimin yaklaşık yarısı açıklanabiliyor demektir. R^2 'nin üstün olmayan yönü ise aşırı öğrenmeyi (overfit) hesaba katmamasıdır [http-16].

Hiregoudar (2020), regresyon modellerinin değerlendirilmesi isimli blog yazısında, en kolay yolun R^2 değerinin hesaplanması olduğunu, eğer R^2 değerinin %95 ve üstü olduğunda, bunun yeterli olup olmadığı incelemiştir. Bu değerlendirmelerden bazıları Tahminlenenin ortalama/ortanca değeri, standart sapması, aralığı, R^2 değeri, göreceli standart sapma (RSD)/değişim katsayısı, göreceli hataların karesi (RSE), ortalama mutlak hata (MAE), göreceli mutlak hata (RAE), hata kareleri ortalaması (MSE), hata kareleri ortalaması karekökü (RMSE), normalize edilmiş hata kareleri ortalaması karekökü (NRMSE), göreceli ortalama hata karesi karekökü (RRMSEP) şeklindedir [http-16].

Mutlak Hata Ortalaması (MAE):

MAE, istatistikte, ölçümlenen ve tahminlenen değerlerin hatalarının mutlak değerlerinin ortalamasını gösterir. Eğer x ve y değerlerini ölçümlenen ve tahmin edilen değerler olarak düşünülürse, aradaki farkların mutlak değerlerinin toplamının ölçüm sayısına (n) bölünmesi ile MAE elde edilir (formül 2.8). Birimi ölçüm değeri ile aynıdır, RMSE değerine yakın olmakla birlikte genellikle biraz daha azdır. MAE ölçü birimi verinin ölçümlendiği birimle aynıdır ve bu nedenle ölçüğe bağımlı hassasiyet ölçümü olarak adlandırılır ve farklı ölçeklerdeki sonuçlar ile karşılaştırılması mümkün değildir [http-16].

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|}{n} \quad (2.8)$$

İyi modellerde MAE değerinin düşük olması beklenmekte olduğu Codingprof (2022) web sayfasında belirtilmiştir. Eğer MAE sıfır ise mükemmel sonuç demektir yani ölçümlenmiş değer ile hesaplanan değer aynı demektir. MAE'nin üstün yönü hesaplanan miktar ile aynı birimdedir. Olası bir engel ise, MAE, hesaplanan değer gerçek değerden düşük veya yüksek olması, aynı öneme sahip olmasıdır. Farkın yüksekliğine

göre puanlama için Kareler Ortalama Hata Karekökü (*Root Mean Square Error - RMSE*) kullanılmalıdır [http-18].

Hata Kareleri Ortalaması (MSE):

Ortalama hata karesi (MSE) veya Ortalama Sapma karesi (MSD), ölçüm değeri (y_i) ile hesaplanan değer ($\hat{y}_i$) arasındaki farkın karelerinin toplamının ortalamasını ölçer (formül 2.9). MSE bir risk fonksiyonudur ve sıfır olmayan pozitif değer alır. MSE tanımı ölçünden önce tahminlenen veya ölçüm sonrası tahminlenen olarak farklı şekillerde tanımlanabilmektedir [http-16].

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (2.9)$$

Hata Kareleri Ortalaması Karekökü (RMSE):

MSE'nin kareköküne eşittir ve formülü (2.10) da verilmiştir.

$$RMSE = \sqrt{MSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (2.10)$$

Eğer tahminlenen değerler, ölçülen değerlere yakın ise RMSE sıfıra yakın olacaktır, değil ise RMSE büyük çıkacaktır. Sıfır değeri mükemmel bir uyum demektir. Normal dağılımlı verilerin %68'inin hesaplanan 1 RMSE içinde kalacağı beklenir [http-16].

Normalize edilmiş RMSE: NRMSE

MSE'nin farklı modellerin aynı y ölçümlerinin karşılaştırılmasında yardımcı olur. Normalize edilmiş RMSE bir çözüm olabilir

1. Eğer farklı değişkenler üzerinde ise
2. Y değeri değiştirildi ise, mesela log alındı veya karekökü alındı ise
3. Eğitim ve test verisine bölündü ve RMSE modifiye edilmemiş test verisi üzerinde hesaplanır.

NRMSE normalizasyonu için farklı yöntemler vardır:

- Ortalamaya göre $NRMSE = RMSE / \text{yort}$
- Maksimum – Minimum değere göre $NRMSE = RMSE / (y_{\text{mak}} - y_{\text{min}})$
- Standart sapmaya göre $NRMSE = RMSE / SS$

- Çeyrekler Açıklığına göre $NRMSE = RMSE / \text{ÇA}$

Eğer sonuçlarda birkaç ekstrem değer varsa, ÇA iyi bir sonuç verir ve sonuç aykırı değerlere daha az hassas olur. $1/RRMSEP$ ise başka bir metriktir ve 2’den büyük değerler iyi kabul edilir [http-16].

Otto (2021), performans karşılaştırması için NRMSE'yi hesaplarırken veri analistlerinin akıllarında tutmaları gereken birkaç çıkarım olduğunu belirtmiştir. NRMSE, dönüştürülmemiş ölçekte daha iyi hesaplanmalıdır. Bu, yanıt değişkeni Y'nin modellemeden önce örneğin ilişkiyi doğrusallaştırılıp, çok türölölölölün azaltılmasıdır. NRMSE hesaplanırken tahmin edilen değerler geri dönüştürölmeli ve ölçömlenen ham verilerle karşılaştırılmalıdır. Aynı yanıt değişkenine ve veri işlemeye dayalı modelleri karşılaştırıldığı sürece, NRMSE'yi normalleştirmek için ortalamayı kullanmak uygundur. Aksi takdirde, diğör üç yöntemden birini kullanılmasını önermiştir[http-19].

Ki-Kare:

Turney (2020) analiz sonuçlarının değörlendirmesi için, Pearson Ki-kare (*Chi-Square*) değörlünün hesaplanmasını önermiştir. Ölçömlenen değör ile tahmin edilen değör arasındaki farkın büyük olması, Ki-karenin de büyük çıkmasına sebep olur. Sonucun istatistiksek olarak anlamlı olup olmadığına karar vermek için Ki-kare değörlü ile kritik değör ile mukayese edilir. Eğer Ki-kare değörlü kritik değörden büyük ise tahminlenen verinin ölçölenden anlamlı şekilde farklı olduğu şeklinde yorumlanır [http-20]. Bu durumda anlamı bir ilişki için Ki-kare değörlünün kritik değörden küçük olması beklenilmektedir. Ki-kare formölü (2.11) da verilmiştir. X^2 : Ki-kare test istatistiğidir.

$$X^2 = \sum \frac{(y_i - \hat{y}_i)^2}{\hat{y}_i} \quad (2.11)$$

Düzeltölmüş R-Kare:

IBM (2023) Cognos analitik sitesinde düzeltilmiş R^2 'yi, lineer modeller için düzeltilmiş bir model doğruluğö ölçösüdür ve her zaman R^2 den düşük veya ona eşittir şeklinde vermiştir. Modele giren ek bir değörlşkenin modeli iyileştirip iyileştirmedöğini gösterir. Düzeltölmüş R^2 , RMSE'nin toplam MSE'ye bölünmesi ve çıkan sonucun 1'den çıkörlılması ile hesaplanır [http-21].

2.5. Doğalgaz Kullanımının Çevreye ve Atmosfere Etkisi

GAZBİR (2017) raporunda 2016 yılı istatistiklerine göre, Türkiye’de bir hane yıllık ortalama doğalgaz tüketiminin 934 m³, kömür kullanan haneler de ise yıllık ortalama 1,9 ton kömür kullanmakta olduğu belirtilmiştir. 2016 yılında hanelerde ısınma için harcanan kömür ve doğalgaz yakımı sonucu doğaya yaklaşık olarak 41,3 milyar kg CO₂ eşdeğeri sera gazı salımı yapılmıştır. Eğer yakıt olarak sadece kömür kullanılsaydı, toplam salım değeri 68,7 milyar kg olacaktır. Diğer bir ifade ile doğalgaz kullanımıyla karbon salım değeri 27,4 milyar kg (yüzde %40) azaltmış olduğu raporlanmıştır [63].

Dulkadiroğlu (2018), “Türkiye’de Elektrik Üretiminin Sera Gazı Salınımları Açısından İncelenmesi” isimli makalesinde farklı fosil yakıt kullanımı sonucu açığa çıkan sera gazı miktarlarını Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (*International Panel on Climate Change - IPCC*, 2006) tarafından yayınlanmış salınım etmenleri **Tablo 2.3** de verilmiştir. Birim enerji bazında karşılaştırma yapıldığında aynı miktardaki enerji için doğalgazın kömüre göre yaklaşık %43 daha az CO₂ salınımı olduğu görülmektedir [64]. Doğalgaz kömüre göre daha az da olsa sera gazı salınımına sebep olmaktadır.

Tablo 2.3. IPCC Fosil Yakıtlara Ait Geçerli Salınım Etmenleri (tCO₂/TJ) [65]

Yakıt Türü	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Taşkömürü	98,3	1,00	1,50
İthal Kömür	98,3	1,00	1,50
Linyit	101,0	1,00	1,50
Fueloil	77,4	3,00	0,60
Doğalgaz	56,1	1,00	0,10

İzmir’de Özçomak (2016) tarafından yapılan bir yüksek lisans çalışmasında, atmosfer modelleri, salınım kayırları, hava kalitesi, hava kirleticiler, meteoroloji, çevre yönetimi konuları incelenmiştir. Hava kalitesi sorununun özellikle de büyükşehirlerde meteoroloji, topografya, nüfus, rakım, sanayileşme ve sosyo-ekonomik gelişim gibi birçok parametreden etkilendiği belirtilmiştir. Oluşturulan yeni kayıt ile çalıştırılmış olan model yardımıyla kaynaklarına göre kirleticilerin zamansal ve mekânsal dağılımları incelenmiştir. Kaynaklarına göre dağılımları yapılan kirleticilerin model içerisindeki derlenmesi, modelin sektörel dağılımlarına göre oluşturulmuştur [36].

Güğöl (2016), Ankara’da yaptığı çalışmada, Türkiye’de konut sayısının artmasına bağlı CO₂ salınının arttığını, konutlardaki fiziksel yapılardaki iyileştirmeler ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasını ile enerji tasarrufu ve CO₂ salını azalması açısından tercih edilebilir olduğunu belirtmiştir [33].

Tekin (2019), yatırımın geri ödeme süresi ve salınım değerini minimize etme amacıyla geleneksel yöntemle alternatif olarak geliştirilen yenilikçi melez sistemler ile ısıtma, soğutma, elektrik, sıcak su gibi bina yüklerinin karşılanması ile teknik ekonomik ve çevresel çıktılar elde edilen bir çalışma yapmış ve teknik çıktıları, ekonomik çıktıları, toplam yatırım maliyeti, toplam işletme maliyeti, toplam maliyet ve geri ödeme süresi çıktıları incelenmiştir. Melez sistemler ile önlenen CO₂ miktarı iki farklı kurgu için sırasıyla 488,1 kg CO₂/h ve 592,3 kg CO₂/h olduğu tespit edilmiş [66].

Yüksel (2006), Türkiye’de enerji üretiminde kullanılan ve çevresel kirliliğe yol açan fosil yakıtlar (kömür, petrol ve doğalgaz) için bir çevre vergisinin ekonomik etkilerini analiz edilen bir çalışmada ise çevre ve ekonomi arasında ilişki kurmuştur. Çevresel kirliliğe yol açan fosil yakıtlar üzerindeki bir çevre vergisinin ekonomik etkileri analiz etmiştir. Doğrusal programlama modeli kullanılarak, fosil yakıt üreten sektörlerin çevre vergisi durumundaki optimal üretim miktarları hesaplanmıştır. Kömür sektörünün hem iktisadi hem de çevresel açıdan üretimini kısması gerektiği, çevre vergisine en çok duyarlı olan sektörün ise doğalgaz sektörü olduğunu belirtmiştir. Belli bir kaynağın tüketimini vergilendirmenin, ikame kaynakların tükenme hızını artırması gerçeğinden yola çıkılarak, enerji üretiminde küresel ısınmaya yol açan fosil yakıtlar yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması için kamusal müdahalelerin kaçınılmaz olduğu sonucuna varmıştır [67].

Yazıcı ve ark. (2012), Denizli ilinde bir bina ısıtmasında yakıt maliyeti ve CO₂ salınının incelendiği çalışmada doğalgazın, diğer fosil yakıtlara göre hem ucuz hem de çevreye en az salınım yayan yakıt olduğu belirtilmiş, konut ve iş yeri olarak inşa edilen bir binanın farklı yakıt türlerine göre yıllık yakıt maliyeti ve CO₂ salınım miktarını hesaplamıştır. Seçilen binanın yıllık ısı ihtiyacını karşılamak için en uygun yakıtın doğalgaz olduğu bulunmuştur. Doğalgaza göre kömür, motorin ve fueloil yıllık yakıt maliyetlerindeki değişim sırası ile; %10,5, %447 ve %273,8 artış olarak hesaplanmıştır. Doğalgazın yıllık CO₂ salınım miktarının, kömür, motorin ve fueloil salınım miktarlarına göre sırası ile %51,6, %26,7 ve %36,4 daha az olduğunu saptamıştır [43].

Özcan (2016), kükürt dioksit (SO_2) ve CO_2 analizler sonucunda elde edilen regresyon değerleri karşılaştırıldığı bir çalışmada, yeşil alan kullanımı, topoğrafyanın yüksekliği ve doğalgaz kullanım oranı Azot dioksit (NO_2) kirletici değerleri ile ters orantılı; binaların yüksekliği, konut birimi sayısı, bina taban alanı büyüklüğü, yol genişliği, 1. derece yolların varlığı, güneşlenme süresi ve sanayi tesislerinin sayısı ise doğru orantılı bulunmuştur. Açık ve yeşil alan kullanımı büyüklüğü, yeşil alan kullanımı, 2. ve 3. derece yolların varlığı, doğalgaz kullanım oranı ve yağış miktarı SO_2 değerleri ile ters orantılı; doğalgaz dışındaki diğer ısıtma türlerini kullanan bina sayısı ve bina taban alanı büyüklüğü ise doğru orantılı bulunmuştur [41].

Ocak (2006), Erzurum ili için hava kirliliği ısıtma kaynaklı olarak ele aldığı çalışmasında, yakıtların yanmasından meydana gelen SO_2 kirleticisinin yer seviyesi konsantrasyonlarını, Gauss hüzmeye esaslı ATDL (*Atmospheric Turbulent Diffusion Laboratory*) dispersiyon modeli kullanılarak iki yöntemle hesaplamıştır. Konut taban alan genişliği, konut ısıtma türü, (kaloriferli ve sobalı), sezonluk yakıt tüketim miktarları ölçülmüştür. Kaloriferli konutlarda sadece konut taban alan genişliği, sobalı konutlarda hem taban genişliği hem de konutta yaşayan insan sayısına göre yakıt tüketim miktarları toplanılmıştır. Konut taban alan genişlikleri 7 kategoriye ayrılmış (40, 40-59, 60-79, 80-99, 100-119, 120-139 ve 140 m²'den büyük) ve sobalı konutlar için yakıt tüketimini insan sayısının etkilemediğini, taban alan genişliğinin etkili olduğu ayrıca sobalı konutlarda 100 m²'den büyük alanlarda alanın etkilemediği tespit edilmiştir. Ocak, ayrıca yakıt kullanımını, sıcaklık ve rüzgâr hızı meteorolojik parametreleri ile ilişkilendirilmiştir. Konut taban alan genişliğine göre çıkarılmış olan yakıt tüketim miktarları kullanılarak, kent alanını, 1.45 km*1.45 km'lik ızgaralara ayrılmış, ızgaralardaki SO_2 kirleticisinin yer seviyesindeki konsantrasyon dağılımı modellenmiştir [42].

Öksüz (2016), konut ısıtmasının hava kalitesine etkisi ve salınım miktarları için kış ayları seçilerek, sürekli ölçümler ile Topluluk Çok Ölçekli Hava Kalitesi Modelleme Sistemi (*Community Multiscale Air Quality Modeling System- CMAQ*) modeli kullanılmıştır. Katı yakıtlar için salınım etmenleri birçok sebepten belirsizlik içerdiğinden, sürekli ölçüm uygulanmış ve konsantrasyon değerleri dakikalık olarak kaydedilmiştir. Doğalgaz tüketimine yönelik olarak kombi sistemleri için ölçüm sonuçları anlık olarak kaydedilmiştir. Katı yakıtlarda yakıt miktarı, yanma verimliliği ve yakıtların kalorifik değerleri, yanma rejimi ve dolayısıyla kirletici konsantrasyonlarını

önemli ölçüde etkilediği belirtilmiştir. Her bir yakıt için en temel kirleticiler olan kükürt oksitler (SO_x), Azot oksitler (NO_x), karbon monoksit (CO) ve havada asılı partikül madde (PM_{10}) için salınım etmenleri hesaplanmıştır [39].

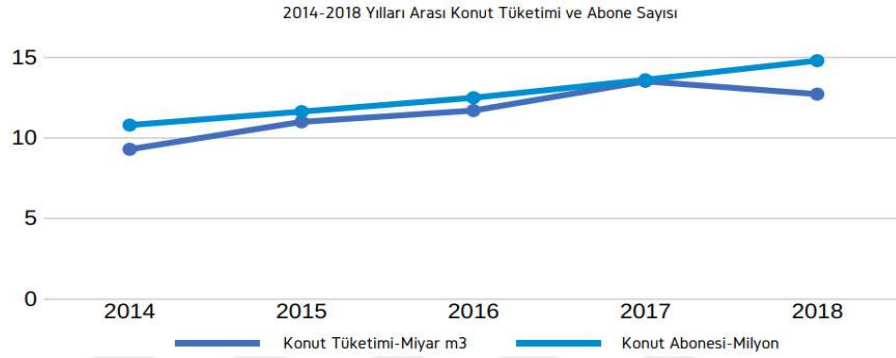
Sarı (2011), “İzmir’de Yerleşim Alanlarında Evsel Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirleticilerin Envanteri” yüksek lisans tezinde kentsel hava kirliliği temel çevre sorunları olarak incelemiştir. İzmir’de evsel ısınmadan kaynaklanan hava kirleticilerin miktarlarının belirlenmesi amacıyla 2008-09 kış dönemi için PM_{10} , SO_2 , NO_2 , uçucu organik bileşikler (VOC) ve CO ile karbon dioksit (CO_2), diazot monoksit (N_2O) ve metan (CH_4) gibi sera gazlarının miktarları, Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı (United States Environmental Protection Agency – USEPA), AB hava salınım kayıt yazılımı (CORRe INventory AIR emissions – CORINAIR) ve IPCC salınım etmenleri kullanılarak hesaplanmıştır. Doğalgaz kullanımının daha yaygın olduğu yerleşim bölgelerinde salınımların azaldığı, en yüksek salınımların kömür kullanımının daha fazla olduğu Karabağlar ve Konak ilçelerinden kaynaklandığını belirlemiştir. Sera gazı salınımları için üç farklı yöntem karşılaştırılmış ve IPCC salınım etmenleri ile belirlenen salınımların CORINAIR ve USEPA’ya ait etmenlerle hesaplanarlardan daha yüksek olduğunu belirtmiştir. Daha sonra hesaplanan salınımlar CALMET/CALPUFF dispersiyon model ile hava kalitesi tahminlerine dönüştürülmüş ve CBS kullanılarak kirlilik haritaları çizilmiştir. Model sonuçları İzmir’deki yedi hava kalitesi izleme istasyonuna verileri ile test edilmiştir. Tahmini ve ölçüm değerleri arasında PM_{10} için uyumlu olduğu, SO_2 için tahmin değerleri, ölçüm değerlerden düşük çıktığı raporlanmıştır [35].

2.6. Doğalgaz Ekonomisi ve Etkisi

GAZBİR (2019) raporuna göre konut abone ve tüketim sayıları artış trendinde olduğu (Şekil 2.11) nüfusun 2016-2018 arası doğalgaza ulaşabilen nüfus %10, doğalgaz bağlantı sayısı yapan ve aktif kullanan nüfus %16 arttığı belirtilmiştir. Yine aynı raporda Eurostat verilerine göre Türkiye 100 kW’s doğalgaza 15 TL öderken, Avrupa ortalamasının 40 TL olduğu belirtilmiştir [4].

GAZBİR (2020) raporunda, 100 m² bir evin Türkiye’deki doğalgaz yıllık tüketim ortalamasına göre, kömür, fuel-oil, elektrik ve LPG ile yıllık ısınma için harcadığı kalorifik değerlere maliyetleri **Tablo 2.4**’de verilmiştir [68]. Bu maliyetlerin içerisinde

en düşük maliyetin doğalgaz olduğu görülmektedir. Farklı kaynaklara ödenecek fark miktarı doğalgaz maliyetine göre kıyaslanarak aynı tabloda gösterilmiştir. Bu durumda doğalgaz dışında en düşük maliyetli ısıtma şekli olan kömür maliyeti ile 1.150 TL, LPG ye göre ise 5.900 TL fark olduğu hesaplanmıştır. 2018 yılında 100 m² bir evin yıllık tüketim ortalaması ise 1.296 TL olduğu GAZBİR 2019 raporunda verilmiştir. 14.8 milyon abonenin doğalgazı tercih etmesiyle 2018 yılı için 14.2 Milyar TL bir tasarruf edildiği görülmüştür [4].



Şekil 2.11. 2014-2018 Yılları Arası Konut Abone Sayısı ve Tüketim Değişimi [4]

Polgaz'ın (2022), doğalgaz için hazırladığı bilgi notunda doğalgazın ısı değeri 47 MJ/kg veya 40MJ/m³'e eşit olduğu belirtilmiştir. Diğer bir karşılaştırma ile 1 m³ doğalgaz 1,1 litre benzine veya 1,0 litre motorine eşit olduğu şeklinde verilmiştir [http-22].

BP (2022), “Dünya Enerji İstatistik Gözden Geçirme Raporu’na” göre, Avrupa’daki toplam doğalgaz tüketiminin 2011-2021 arası ortalaması %0.2 azalmışken, Türkiye tüketimi %3.2 arttığı, yıllık olarak ise 2020-2021 değişimi Avrupa ortalamasının %5.7 arttığı, aynı dönemde Türkiye tüketiminin ise %24.4 arttığı belirtilmiştir (**Tablo 2.5**) [http-23]. Raporda doğalgaz, sıvılaştırılmış doğalgaz ve brent petrol fiyatlarının 1984 fiyatlarına göre artış olduğu görülmektedir (**Tablo 2.6**).

Akman ve ark. (2022), GAZMER’in 2022 raporunda, 100 m² net konut alanına sahip bir hanede ısınma, sıcak su ve pişirme amaçlı doğalgaz, kömür ve LPG kullanımına ait hesaplama bilgileri **Tablo 2.8**’de verilmiştir [69]. 2022 Ocak ve Aralık aylarına ait doğalgaz, kömür ve LPG kullanım maliyetlerine ait GAZMER (2022) raporu ve İZGAZ (2022) web sitesi bilgileri **Tablo 2.7**’de verilmiştir [http-24].

Tablo 2.4. 100 m² Evi Isıtma Maliyetleri ve Doğalgaza Göre % Farkı [4 ve 68].

	Doğalgaz	Kömür	Fueloil	Elektrik	LPG
2019 Maliyet (TL)	1.700	2.850	4.600	6.250	7.600
Fark (TL)	0	1.150	2.900	4.550	5.900
Fark (%)	%100	%168	%270	%368	%447
2018 Maliyet (TL)	1.296	1.985	3.570	4.657	5.586
Fark (TL)	0	689	2.274	3.361	4.290
Fark (%)	%100	%153	%275	%359	%431

Tablo 2.5. Dünyada 2011-2021 Yılları Doğalgaz Tüketimleri, BP (2022)

Yıl	Türkiye (Milyar m3)	Avrupa(Milyar m3)	Dünya(Milyar m3)
2011	41,8	580,40	3.234,00
2012	43,3	565,70	3.319,40
2013	44	554,40	3.373,00
2014	46,6	500,00	3.394,40
2015	46	509,20	3.476,90
2016	44,5	537,40	3.556,10
2017	51,6	558,80	3.652,90
2018	47,2	547,40	3.835,60
2019	43,4	554,50	3.906,30
2020	46,2	542,00	3.845,60
2021	57,3	571,10	4.037,50
Artış 2021	24,40%	5,70%	5,30%
Artış 2011-2021	3,20%	-0,20%	2,20%
Pay 2021	1,40%	14,1	100,00%

Tablo 2.6. LNG, Doğalgaz ve Brent Petrol 2011-2021 Fiyat Değişimi, BP (2022)

Yıl	Japonya CIF1	Japonya LNG	Alman- ya	İngil- tere	Hollan- da	ABD	Kana- da	OECD
2011	14,77	14,02	10,49	9,04	9,26	4,01	3,47	18,55
2012	16,75	15,12	10,93	9,46	9,45	2,76	2,27	18,82
2013	16,17	16,56	10,73	10,64	9,75	3,71	2,93	18,25
2014	16,33	13,86	9,11	8,25	8,14	4,35	3,87	16,8
2015	10,27	7,45	6,72	6,53	6,44	2,6	2,01	8,77
2016	6,93	5,72	4,93	4,69	4,54	2,46	1,55	7,04
2017	8,1	7,13	5,62	5,8	5,72	2,96	1,58	8,97
2018	10,07	9,76	6,64	8,06	7,9	3,12	1,18	11,68
2019	9,94	5,49	5,03	4,47	4,45	2,51	1,27	10,82
2020	7,78	4,39	4,06	3,42	3,07	1,99	1,58	7,27
2021	10,07	18,6	8,94	15,8	16,02	3,84	2,75	11,8
Artış 2021	29%	324%	120%	362%	422%	93%	74%	62%
2011-2021 %	-32%	33%	-15%	75%	73%	-4%	-21%	-36%
Pay 2021	14,77	14,02	10,49	9,04	9,26	4,01	3,47	18,55

Tablo 2.7. Doğalgaz, Kömür, LPG için 2022 Ocak ve Aralık Fiyat Değişimi

Kaynak /Tarih	Düzy	Fiyatı
GAZMER (2022 Ocak) [69]	Doğalgaz Fiyatı	2,611 TL/ m ³ = 10,64 kWh/m ³ x 0,24539863 TL/kWh
	LPG Tüp Fiyatı	230 TL/12 kg * 15,6 Tüp
	Yerli Kömür Fiyatı	1.650 TL/ton (2,277 ton /yıl)
	İthal Kömür	4.000 TL/ton (1,594 ton/yıl)
İZGAZ (2022 Aralık) [http-24]	Doğalgaz Fiyatı	5,85 TL/ m ³
	LPG Fiyatı	320 TL/12 kg (15,2 tüp /yıl)
	İthal Kömür Fiyatı	6.173 TL/ton (1,55 ton/yıl)
	Yerli Kömür Fiyatı	4.995 TL/ton (2,2 ton/yıl)

Tablo 2.8. Doğalgaz ve Kömür Tüketim Karşılaştırma Analizi [69]

Açıklama	Miktar
4 kişilik aile 100 m2 konut yıllık doğalgaz tüketimi	975 m ³ /yıl
Isınma	770 m ³ /yıl
Sıcak Su ve Pişirme	205 m ³ /yıl
Türkiye'deki fiili doğalgaz referans ısı değeri	9.350 kcal/m ³
1 m3 doğalgazdan elde edilen enerji	10,64 kWh/ m ³
Doğalgazlı cihazların ortalama verim oranı	% 93
Isınma amaçlı linyit kömürün ortalama fiili kalorifik değeri,	4.900 kcal/kg
Isınma amaçlı linyit kömürün yakma verimi ortalama	% 60
Isınma amaçlı doğalgaza eş kömür miktarı	2,277 ton/yıl
Isınma amaçlı ithal kömürün ortalama fiili kalorifik değeri,	6.000 kcal/kg
İthal kömürün yakma verimi ortalama	%60
Isınma amaçlı doğalgaza eş kömür miktarı	1,594 ton/yıl
Sıcak su ve Pişirme amaçlı LPG kullanılan cihazlardaki verimlilik oranı	%93
LPG tüp gazın ortalama kalorifik değeri	11.000 kcal/kg
Doğalgaza eş LPG ihtiyacı	188 kg /yıl

2.7. Doğalgaz Fiyatlarındaki Değişim

EPIAŞ (2022), Enerji Piyasası Şeffaflık Portalından 2020-2022 Haziran ayına kadar özellikle COVID-19 Pandemisi ile Rusya ve Ukrayna 2022/23 savaşı sonrasında dünyada enerji fiyatları ile ilgili değişimler Gün içi fiyat (GİF), Gün ertesi fiyat (GEF) ve Ağırlıklı ortalama fiyatların (AOF), Gün öncesi fiyatlara (GÖF) göre değişimi verisi temin edilmiştir [http-25]. 2020 ile 2022 Haziran arası ağırlıklı ortalama doğalgaz fiyat değişimleri grafikleri **Şekil 2.12**'de verilmiştir. Özellikle 2021 Kasım ayı sonrası fiyatlarda TL esas olarak yaklaşık 6 katlık bir artış olduğu görülmektedir.

Gün içi, gün ertesi ve ağırlıklı ortalama fiyatlarının, gün öncesi fiyatlara göre değişimi arasındaki farklar hesaplanarak **Tablo 2.9**'de verilmiştir. Gün ertesi ile Gün öncesi fiyat farkının %-5 ile %15 arasında toplam %20'lik bir açıklığa ulaştığı, gün içi ile

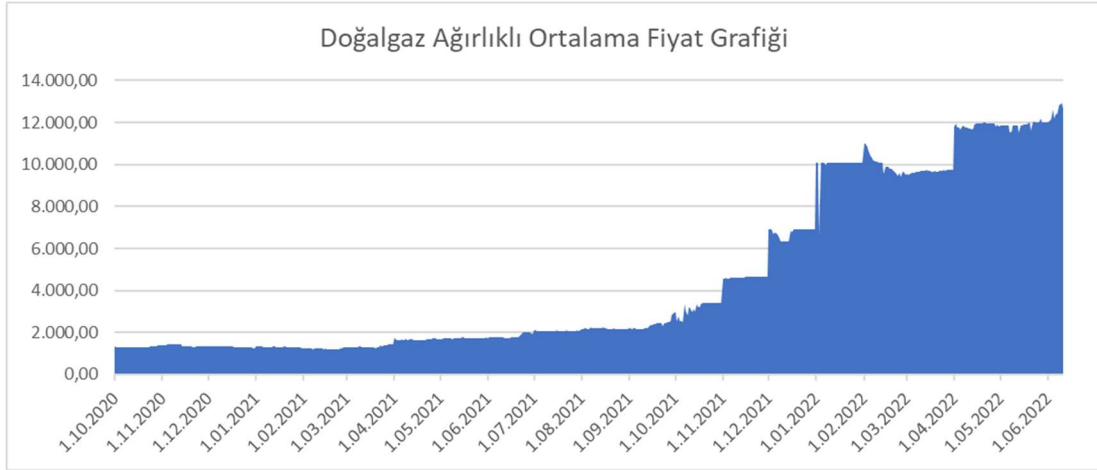
gün öncesi arasında ise %32'lik fark olduğu hesaplanmıştır. **Tablo 2.10'**de EPİAŞ Exist sitesinden, 1 Ocak 2020 ile 15 Haziran 2022 tarihleri arasındaki fiyat değişimleri, en düşük, en yüksek değerleri ve fark değeri verilmiştir [http-25].

Tablo 2.9. EPİAŞ Exist Günlük Doğalgaz Alım Fiyat Örneği [http-25]

Gaz Günü	GÖF	GİF	GEF	AOF	GİF/ GÖF	GEF/ GÖF	AOF/ GÖF
01/01/2020	1.486,42	1.524,24	1.520,09	1.494,91	2,5%	2,3%	0,6%
02/01/2020	1.502,58	1.500,00	1.528,81	1.503,51	-0,2%	1,7%	0,1%
03/01/2020	1.490,08	1.495,41	1.521,20	1.491,71	0,4%	2,1%	0,1%
04/01/2020	1.495,84	1.490,67	1.490,55	1.495,10	-0,3%	-0,4%	0,0%
05/01/2020	1.489,00	1.489,77	1.477,62	1.487,15	0,1%	-0,8%	-0,1%

Tablo 2.10. EPİAŞ Exist Doğalgaz Fiyat Farkları (2020 Ocak-2022 Haziran)

Gaz Fiyatı	GÖF (Ö)	GİF(İ)	GEF(E)	AOF(O)	(İ) / (Ö)	(E) / (Ö)	(O) / (Ö)
En Düşük	1.204,80	1.152,90	1.183,49	1.204,88	-14,90%	-6,20%	-3,80%
En Yüksek	26.297,00	26.297,00	26.297,00	26.297,00	17,30%	14,70%	2,92%
Fark	25.092,20	25.144,10	25.113,51	25.092,12	32,20%	20,90%	6,72%



Şekil 2.12. Doğalgaz Ağırlıklı Ortalama Fiyatlarının 2020-2022 Değişim Grafiği

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde çalışmada kullanılan materyallerin özellikleri, veri kaydedici cihazlarından temin edilen doğalgaz tüketim, meteoroloji, CBS verileri ile sahadan toplanan bilgiler, verilerin işlenmesinde kullanılan yazılımlar, verilerin analizinde kullanılan yöntemler ve veri analizi için geliştirilen yazılım hakkında bilgiler verilmiştir.

3.1. Materyal

Bu bölümünde çalışma için sahada veri toplamada ve ofiste veri işlemede kullanılan donanımlar, temin edilen veriler ve verilerin analiz edilmesinde kullanılan yazılımlara ait bilgiler verilmiştir.

3.1.1. Donanım

3.1.1.1. Sahada kullanılan donanımlar

Sahada veri toplamak için “uMPM” markalı veri kaydedici cihaz kullanılmıştır. VHS Elektronik (2022) web sayfasında bu ürünün, Türkiye’de mevcutta kullanılan tek veri kaydedici olduğu bildirilmiştir. Cihaz vuruş (*pulse*) çıkışı olan tüm sayaçlara (rotary, türbin veya körüklü) direkt olarak kablosuz olarak bağlanıp veri toplayabilen, pil ile çalışan bir cihazdır. Cihazlara ait bilgiler **Tablo 3.1**’de verilmiştir [http-5].

Tablo 3.1. Doğalgaz Sayaçları Ölçüm Aralığı ve Hassasiyetleri

Düzy	Biçim
Ölçüm Aralığı	USM-G4: 0.04~6 m ³ /s [1.41~211.88 ft ³ /h] USM-G6: 0.06~10 m ³ /s [2.12~353.14ft ³ /h] USM-G10: 0.1~16 m ³ /s [3.53~565.02 ft ³ /h]
Pulse Ölçüm Birimi	0,01 m ³ = (10 lt)
Hata Miktarı	$Q_{min} \leq Q < 0.1Q_{mak}$: $\pm 3\%$; $0.1Q_{mak} \leq Q \leq Q_{mak}$: $\pm 1.5\%$

Akses (2022), uMPM veri kaydedici cihazın körüklü doğalgaz sayaçlarından (G4’ten G40’a boyutuna kadar) saatlik tüketim verilerini kaydedebilen bir cihaz olduğunu ve uMPM sayesinde istenilen tarih ve saate göre faturalama yapma, gerçek balans değerini hesaplama ve izleme imkânı olduğu ayrıca sayaç hilelerinin tespitine imkân verdiğini belirtmiştir [http-9].

3.1.1.2. Ofiste kullanılan donanımlar

Veri kaydedici verilerinin bilgisayara aktarılmasında kullanılan bağlantı kablosu, USB cihazı, okuyucular, dönüştürücüler ve dizüstü/masaüstü bilgisayarları ofis ortamında kullanılan diğer cihazlardır.

3.1.2. Veriler

Tezin bu bölümünde kullanılan veriler ile ilgili ayrıntılar paylaşılmıştır. Çalışmada kullanılan veri türleri aşağıda verilmiştir.

- Veri kaydedici tüketim verileri
- Daire karakteristik verileri
- Meteoroloji verileri
- CBS verileri

3.1.2.1. Saatlik veri kaydedici tüketim verileri

Saatlik doğalgaz tüketim verileri VHS Elektronik şirketinden Çorum’da 5, Isparta’da 18 olmak üzere toplam 23 adet saatlik doğalgaz tüketim verisi temin edilmiştir. Veri kullanımına ilişkin İzin yazısı Ek-3’te verilmiştir. Her iki ilde de veri kaydedici verilerinden birer cihazın adres bilgisine erişilememiştir. Çorum’da kalan 4 cihazın sayısı az olduğu için, sadece Isparta ilindeki veriler ile analizler yapılmıştır. Isparta illerine ait veriler 2020-2021 kış mevsimine aittir. uMPM veri kaydedici cihazından temin edilen veriler ve veri türleri Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2. Data Kaydedici Tüketim Veri Kolon Adı, Türü ve Açıklamaları

Kolon Adı	Veri Türü	Açıklama
Tarihi	Tarih-Saat	Veri kaydedici gösterge bilgisi kayıt tarihi, saat, dakika
Sayaç seri numarası	Sayı	Doğalgaz sayaç seri numarası
CihazNo	Sayı	Veri kaydedici cihaz seri numarası
Endeks	Sayı	Kayıt tarihindeki tüketim gösterge bilgisi

Verilere ait örnek kayıtlar **Şekil 3.1**’de gösterilmiştir. “Tarih” kolonunda görüldüğü üzere gösterge verileri saatlik tarih ve saat olarak tutulmuştur.

	A	B	C	D
1	tarih	cihazNo	sayacSerino	Endeks
2				
3	20.02.2021 09:00	601904941	1030453170	1208417
4	20.02.2021 10:00	601904941	1030453170	1208754
5	20.02.2021 11:00	601904941	1030453170	1209091
6	20.02.2021 12:00	601904941	1030453170	1209382
7	20.02.2021 13:00	601904941	1030453170	1209672
8	20.02.2021 14:00	601904941	1030453170	1209902
9	20.02.2021 15:00	601904941	1030453170	1210068
10	20.02.2021 16:00	601904941	1030453170	1210296

Şekil 3.1. uMPM Veri Kaydedici Cihaz Tüketim Endeks Verileri

18 cihaza ait 2020 yılı Ekim ayından ve 2021 yılı Mart ayına kadar olan veriler temin edilmiş ve incelenmiştir (**Tablo 3.3**). 18 cihazdan, 17'sinin adres ve daire karakteristiklerine ulaşılabilmiştir, bir adet cihaza ait adres ve daire karakteristik verisi temin edilememiştir. 18 cihaza ait 69.125 adet saatlik tüketim verisi temin edilmiştir. Karakteristiği bilinmeyen cihaz hariç tutulduğunda, 17 cihaza ait kayıt sayısı 65.281'dir. Site ortamında bulunan toplam 11 cihaza ait kayıt sayısı ise 42.421 adettir.

Tablo 3.3. Temin Edilen Tüketim Veri Sayı ve Tarih Aralıkları

Cihaz Sayısı	Kapsam	Kayıt Sayısı	Veri Tarih Aralığı
18	Tüm Veri	69.125	Ekim 2020- Mart 2021.
11	Hedef Site	42.421	Ekim 2020- Mart 2021

3.1.2.2. CBS verileri

İsparta'ya ait CBS adres, idari ve sosyo-ekonomik veriler Başarsoft AŞ'den (Başarsoft) MapInfo TAB formatında temin edilmiştir (izin yazısı için bkz. Ek-2). Yükseklik verisi ise Birleşik Devletler Jeolojik Servisler (*United States Geological Services* -USGS) sitesinden SRTM formatında indirilmiştir. Veri açıklamaları, katman ve kolon isimleri, nesne türleri ve veri kaynağı **Tablo 3.4**'te verilmiştir. Adres katmanları il sınırı, ilçe sınırı, mahalle sınırı, yollar, binalar, donatı alan (site vb. alanlar), ticari ve sosyal önemli noktalar (POI), sosyo-ekonomik statü (SES), yükseklik verileri, coğrafi veriler bu çalışmada coğrafi analizler ve sorgulamalar için kullanılmıştır. İl, ilçe ve mahalle gibi idari sınır katmanları alansal verilerdir.

Yükseklik verisi, USGS’e ait 1 arc saniyelik (yaklaşık 30 metrelik) kareler halinde SRTM verileri NASA Earth Explorer sitesinden indirilmiş ve arazi modeli oluşturulmuştur [http-26]. Tüm verilerinin referans sistemi Coğrafi WGS84’tür.

Tablo 3.4. CBS Veri Katmanları

Katman Adı	Açıklama	Türü	Kolonlar	Kaynak
İL	İL Sınırları	Alan	Plaka, Adı	Başarsoft
İLÇE	İLçe Sınırları	Alan	Plaka, İlçe_Kodu, Adı	Başarsoft
MAHALLE	Köy/Mahalle sınırları	Alan	Plaka, İlçe_Kodu, Mahalle_Kodu, Adı, Ses_Sınıfı, Nüfusu	Başarsoft
YOL	Yol Ağı	Çizgi	Id, Adı	Başarsoft
BİNA	Binalar	Alan	Id, Alan, Yükseklik, Daire Sayısı, İşyeri Sayısı	Başarsoft
POI	Ticari ve Sosyal Önemli Noktalar	Nokta	Id, Adı, Kategorisi	Başarsoft
DONATI ALAN	Site, Hastane, Okul, Park vb. alanlar	Alan	Id, Adı, Kategorisi	Başarsoft
N37E030. SRTMGL	Arazi Yüksekliği SRTM Verisi	Grid	Z	USGS

3.1.2.3. Daire karakteristik verileri

Veri kaydedici verilerinin ait olduğu dairenin sayaç ve adres bilgileri VHS şirketinden temin edilmiştir. Isparta ili merkez ilçesine ait 18 cihazın bilgileri **Tablo 3.5**’te verilmiştir. Veri kaydedici cihaz numarası, adresi, daire alanı (m²), abone türü, sayaç türü bilgileri bulunmaktadır. Cihaz numaralarının son iki rakamları alınarak cihazlara cihaz ismi oluşturulmuştur. Daire tüketimlerinin analiz edilebilmesi için ihtiyaç olan cephe, kat ve bina yalıtımı verileri, hedef sitedeki daireler için saha çalışması yapılarak toplanılmıştır.

3.1.2.4. Meteoroloji verileri

Meteoroloji verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğünden yazılı başvuruda bulunularak Excel formatında dosyalar halinde temin edilmiştir (Ek-1). Isparta merkezde bir adet meteoroloji istasyonu bulunmaktadır. Isparta Meteoroloji Bölge Müdürlüğünde bulunan tek istasyonun koordinatı MGM den edinilen dosyada istasyon numarası 17240, istasyon adı Isparta, enlem 37,7848, boylam 30,5679 ve yükseklik 997 verilmiştir. İstasyonun harita üzerinde konumu ve veri kaydedici cihazlarına olan yakınlığı Bölüm

1.2’de verilmişti. Isparta istasyonuna ait MGM’ne yazılan yazı son Excel formatında sayısal dosya isimleri (**Tablo 3.6**) de verilmiştir. Saatlik veriler ait 00:00 ile 03:00 saatleri arasını gösteren veri örnekleri sırasıyla Sıcaklık (**Tablo 3.7**), Nispi Nem Yüzdesi (**Tablo 3.8**), Güncel Basınç (**Tablo 3.9**) ve Rüzgâr Hızı (**Tablo 3.10**) tablolarında verilmiştir.

Tablo 3.5 Temin Edilen Veri Kaydedici Cihaz No ve Daire Karakteristik Bilgileri

Sıra No	Cihaz No	Cihaz İsmi	Abone Türü	Sayaç Türü	Daire Alanı m2	Adresi (*)
1	601904940	Cihaz40	Konut	G4	123	...
2	601904941	Cihaz41	Konut	G6	877	...
3	601904942	Cihaz42	Konut	G4	148	...
4	601904944	Cihaz44	Konut	G4	123	...
5	601904945	Cihaz45	Konut	G4	123	...
6	601904946	Cihaz46	Konut	G6	638	...
7	601904947	Cihaz47	Konut	G4	148	...
8	601904949	Cihaz49	Konut	G4	123	...
9	601904950	Cihaz50	Konut	G4	123	...
10	601904951	Cihaz51	İş Yeri	G10	481	...
11	601904952	Cihaz52	Konut	G4	136	...
12	601904953	Cihaz53	Konut	G4	122	...
13	601904954	Cihaz54	Konut	G4	122	...
14	601904955	Cihaz55	Konut	G4	172	...
15	601904957	Cihaz57	Konut	G4	136	...
16	601904958	Cihaz58	İş yeri	G6	100	...
17	601904959	Cihaz59	Konut	G4	156	...
18	601904960	Cihaz60	Veri yok	Veri yok	Veri yok	...

(*) KVKK gereği verilmemiştir.

Tablo 3.6. MGM'den Alınan Veri Dosyaları ve Boyutları

Tarih	Boyut (bayt)	Dosya Adı
9.06.2022	150.109	202206091BFA-Saatlik Aktüel Basınç (hPa).xlsx
9.06.2022	145.286	202206091BFA-Saatlik Nispi Nem (%) .xlsx
9.06.2022	149.134	202206091BFA-Saatlik Rüzgâr Hızı (m÷sn).xlsx
9.06.2022	147.296	202206091BFA-Saatlik Sıcaklık (°C).xlsx

Tablo 3.7. *Isparta İstasyonuna Ait Örnek Sıcaklık Bilgileri*

Istasyon_No	Istasyon_Adı	YIL	AY	GUN	SAAT	SICAKLIK_°C
17240	ISPARTA	2021	10	1	0	12.6
17240	ISPARTA	2021	10	1	1	12.6
17240	ISPARTA	2021	10	1	2	12.2
17240	ISPARTA	2021	10	1	3	11.8

Tablo 3.8. *Isparta İstasyonuna Ait Örnek Nispi Nem (%) Bilgileri*

Istasyon_No	Istasyon_Adı	YIL	AY	GUN	SAAT	NISPI_NEM_%
17240	ISPARTA	2021	10	1	0	53.0
17240	ISPARTA	2021	10	1	1	54.0
17240	ISPARTA	2021	10	1	2	52.0
17240	ISPARTA	2021	10	1	3	52.0

Tablo 3.9. *Isparta İstasyonuna Ait Örnek Güncel Basınç (hPa) Bilgileri*

Istasyon_No	Istasyon_Adı	YIL	AY	GUN	SAAT	AKTUEL_BASINC_hPa
17240	ISPARTA	2021	10	1	0	904.3
17240	ISPARTA	2021	10	1	1	904.2
17240	ISPARTA	2021	10	1	2	904.2
17240	ISPARTA	2021	10	1	3	904.1

Tablo 3.10. *Isparta İstasyonuna Ait Örnek Rüzgâr Hızı Bilgileri*

Istasyon_No	Istasyon_Adı	YIL	AY	GUN	SAAT	RUZGAR_HIZI m/s
17240	ISPARTA	2021	10	1	0	0.2
17240	ISPARTA	2021	10	1	1	0.2
17240	ISPARTA	2021	10	1	2	0.5
17240	ISPARTA	2021	10	1	3	0.3

3.1.2.5. Isparta daire alan bilgileri

Isparta merkezde dairelerin ortalama alan bilgisi hakkında istatistik oluşturma amaçlı sahibinden.com internet sitesinden 30 Aralık 2022 tarihinde araştırma yapılmıştır. Aktif ilanda bulunan 1.306 adet satılık ve kiralık konutlara ait verilerin alan ve oda sayısı bilgileri incelenmiştir. Günlük kiralık evlere ait ilanlarda tekrarlı benzer veriler olduğundan bu veriye dahil edilmemiştir. Oda sayılarına göre ilan sayısı, toplam alan ve ortalama alan bilgileri **Tablo 3.11**'de verilmiştir [http-27]. Tüketim verileri ile hesaplamaların, tüm Isparta için hesaplanmasında buradaki ortalama alan bilgisi kullanılmıştır.

Tablo 3.11. *Isparta Merkezdeki Dairelerin Ortalama Alan Bilgileri [http-27]*

Oda Sayısı	İlan Sayısı	Toplam Alan (m ²)	Ortalama Alan (m ²)
1+1	156	8.515	54,58
2+1	349	33.701	96,56
3+1	507	84.356	166,38
4+1	99	20.300	205,05
5+1	19	5.728	301,47
5+2	12	3.240	270,00
6+1	9	2.740	304,44
Diğer	155	18.216	117,52
Toplam	1.306	176.796	135,37

3.1.3. Yazılımlar

Bu tez çalışmasında veri düzenlemeleri, analizleri ve coğrafi gösterimleri için aşağıdaki yazılımlar kullanılmıştır.

- Microsoft Office Excel 2019 64bit veri işleme yazılımı
- MapInfo Pro v2019 64bit CBS yazılımı
- MapBasic v2019 programlama yazılımı
- DOABİS: Doğalgaz altyapı bilgi sistemi bütünleşik CBS yazılımı
- R v4.x 64bit yazılımı

Ayrıca CBS destekli regresyon analizlerinin yapılabilmesi amacıyla yeni bir yazılım geliştirilmiştir. Yazılıma Doğalgaz-Veri Kaydedici Tüketim Analiz Yazılımının kısaltması olarak D2LogTAY ismi verilmiştir. Bu yazılım MapInfo ve DOABİS yazılımları içinden çalışmaktadır.

3.1.3.1. Microsoft Excel

Microsoft Excel, Microsoft tarafından yazılan ve dağıtımı yapılan bir tablolama programıdır. İçinde ayrıntılı matematiksel, finansal, istatistiksel vb. çözümlerin yapılabildiği tablolama, grafik oluşturma başarısı ve makro programlama dili ile kolay ve hızlı işlemlerin yapılmasını sağlayan kendi türünde şu anda dünyadaki en popüler yazılımlardan biridir [http-28]. Doğalgaz tüketimleri ve meteoroloji verileri Microsoft Excel 2019 program ile açılmış ve düzenlenmiştir.

3.1.3.2. MapInfo Pro CBS

MapInfo Pro, Precisely (ilk sahibi MapInfo Corp.) tarafından geliştirilmiştir. Precisely sitesinde MapInfo Pro yazılımı şu şekilde tanıtılmıştır. “Haritalama ve konumsal analizler için kullanılan bir masaüstü Coğrafi Bilgi Sistemleri (GIS) yazılım ürünüdür. MapInfo Pro, kullanıcıların ilişkileri, kalıpları ve eğilimleri ortaya çıkarmak için verileri görselleştirmesine, analiz etmesine, düzenlemesine, yorumlamasına, anlamasına ve çıktı vermesine olanak tanır. MapInfo Pro, kullanıcıların bir veri kümesi içindeki uzamsal verileri keşfetmelerine, özellikleri sembolize etmelerine ve haritalar oluşturmalarına olanak tanır” [http-29]. CBS analizleri, veri görselleştirmeleri, yükseklik ve SES verilerinin veri kaydedici cihazlarına ait daire verilerine eşleştirilmesi ve sorgulamalar için MapInfo Pro 2019.2 (64 bit) yazılımı kullanılmıştır.

3.1.3.3. Mapbasic

Mapbasic yazılımı BASIC diline benzer özelliklerle, MapInfo Pro üzerinde özel uygulamalar geliştirmek için kullanılan bir yazılımdır. MapBasic, coğrafi fonksiyonların geliştirilmesi, tekrarlı işlemlerin otomatikleştirilmesi veya MapInfo Pro yazılımını başka sistemlere kolay ve hızlıca bütünleştirebilmek etmek için kullanılır [http-30]. Bu çalışmada geliştirilen D2LoFTAY yazılımı Mapbasic yazılımı üzerinde yazılmıştır.

3.1.3.4. DOABİS: Doğalgaz Altyapı Bilgi Sistemi

DOABİS, Başarsoft firması tarafından, doğalgaz dağıtım şirketlerine özel olarak geliştirilmiş, doğalgaz şebekelerinin öznitelik verilerinin mekânsal özelliklerle birlikte tutulmasını sağlayan, SCADA, Abone Bilgi Yönetim Sistemi (ABYS), Arıza Bakım Onarım (ABO), Çağrı Merkezi (ÇM) gibi sistemler başta olmak üzere, dağıtım şirketince kullanılan diğer sistemler ile bütünleşik şekilde doğru ve güncel ilişkili coğrafi kayıt verisinin tutulmasını sağlayan CBS yazılımıdır.

DOABİS yazılımı, CBS ortamındaki şebeke bağlantısallığı, abone konum ve adres bilgileri sayesinde diğer sistemlerin ihtiyacı olan bilgileri, başka sistemler ile ilişkili olarak güncellenmesini sağlar [http-31].

3.1.3.5. R

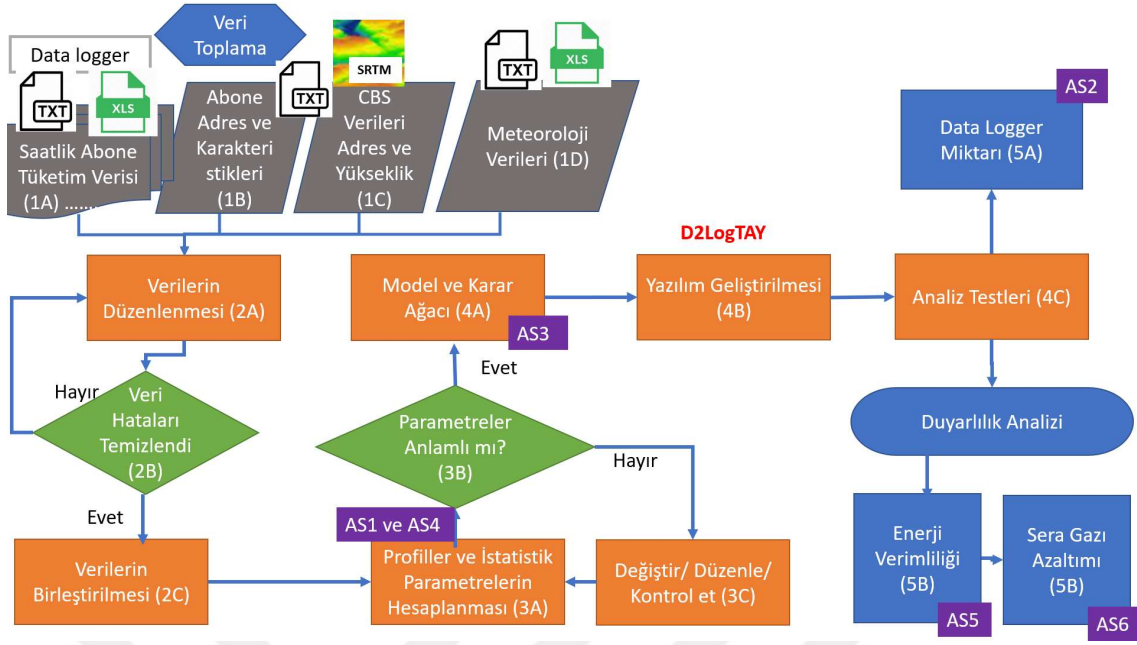
R yazılımı, Windows, MacOS ve UNIX ortamında çalışan ücretsiz bir yazılımdır. R geniş bir istatistiksel analizler (doğrusal ve doğrusal olmayan modelleme, alışılmış istatistiksel testler, zaman serisi analizleri, sınıflandırma, kümeleme vb.) ve grafikler oluşturulmasını sağlayan bir ortam sunmaktadır [http-32]. Doğalgaz tüketimleri bağılı ve bağımsız değişkenlerin incelenip, verilerin kara ağaçlarına ayrılması ve tüketime meteorolojik değişkenlerin tüketime ilişkin katsayılarının hesaplanması ve analizleri için R 4.2 for Windows 64 bit programı kullanılmıştır. R programı içerisinde kullanılan paketler ise aşağıda verilmiştir:

1. rpart: Yinelemeli Bölümleme ve Regresyon Ağaçları Kütüphanesi
2. rpart.plot: Grafik çizim kütüphanesi
3. ggplot2: Veri görselleştirme kütüphanesi
4. moments: Çarpıklık ve basıklık analizleri
5. Metrics: Makine öğrenmesi paketi

3.2. Yöntem

Bu bölümde verilerin toplanması, denetimleri ve analizi hakkındaki uygulanan yöntemler verilmiştir. Bölüm 3.1 de verilen materyallerden faydalanan **Şekil 3.2** de verilen iş akış diyagramında görüleceği üzere verilerin toplanması aşamasında 4 adet işlem vardır. Bu dört işlem sırasıyla; saatlik daire tüketim verilerinin toplanması, daire adres ve karakteristiklerinin toplanması, CBS verilerinin (arazi modeli, daire haritası) toplanması ve meteoroloji verilerinin toplanmasıdır.

Verilerin düzenlenmesi (2A) ve hataların denetlenmesi (2B) sonrasında veriler birleştirilerek (2C) analize hazır hale getirilmiştir. Profiller ve istatistiksel parametrelerin hesaplanması (3A), denetimi (3B) ve değiştirilip düzenlenmesi (3C) sonrası modellemeye geçilmiştir. Model ve karar ağacı geliştirilmesi (4A), CBS için modelleme yazılım modülünün geliştirilmesi (4B) sonrası model testleri yapılmıştır (4C). Son aşamada model analiz sonuçlarına ulaşılmıştır (5A, 5B). Yöntem üzerinde hangi adımda araştırma sorularına cevaplar bulunduğu da işaretlenmiştir. Analizler hem tüketim hem de tüketimin logaritması alınarak $\log(\text{Tüketim})$ değerleri üzerinden yapılmıştır.



Şekil 3.2. Tez Çalışma Yöntemi ve Araştırma Sorularına (AS) Cevaplar

3.2.1. Saatlik tüketim verileri düzenleme ve denetimler (1A)

Daire tüketim noktalarında bulunan sayaçlara bağlı veri kaydedici cihazlarına ait veriler sahadan USB belleklere toplanmış ve ofis ortamında bilgisayara aktarılmıştır. Temin edilen veri kaydedici kayıtları aşağıdaki işlemler yapılarak düzenlenmiş ve denetimleri sağlanmıştır. Örnek sonuç veri bilgisi **Tablo 3.12**'de verilmiştir.

- Tarih verileri tek düzenli bir formata getirilmiştir. Gün-Ay-Yıl, Yıl-Ay-Gün şeklinde farklı formatlar ve ayraç olarak kullanılan nokta(.), kısa çizgi(-), taksim (/) gibi farklılıklar tekilleştirilerek GG.AA.YYYY formatına getirilmiştir.
- Saat verilerinin tek düzenli bir formata getirilmesi sağlanmıştır. Veri içerisindeki hem SS:DD (Saat:Dakika) hem de SS:DD:SS (Saat:Dakika:Saniye) şeklinde veriler SS:DD formatına çevrilmiştir.
- Tüketim miktarı iki zaman arasındaki endeks verileri arasındaki fark çıkarılarak saatlik tüketim hesaplanmıştır. Endeks verisinden tüketim değerleri için (Endeks – bir önceki saat Endeksi) farkının hesaplanması ile yapılmıştır.
- Tüketim hesaplaması sonucunda tüketim değerlerinin tamamının pozitif olması beklenildiği halde eksi değerli tüketimlerin olduğu gözlemlenmiş ve bu kayıtlardaki sorunlar incelenerek gerekli veri düzeltmeleri yapılmıştır.

- e) Okunmamış, tekrarlı veya yüksek değerli okumalardan kaynaklı tüketim verileri düzenlenmiş, tekrarlılar silinmiş, yüksek değerli önceki değere indirgenmiş ve eksi değerlerden arındırılmıştır.
- f) Her güne ait 24 saatlik 24 değer olup olmadığı denetlenmiştir.
- g) Yüksek tüketim verileri filtrelenmiş ve denetlenmiştir.
- h) Farklı dosyalar halindeki tüketim verileri birleştirilmiş ve tek dosya haline getirilmiştir.

Tablo 3.12. Denetlenmiş Veri Kaydedici Cihaz Daire Tüketimi

Sıra No	Tarih	Gün	Ay	Yıl	Saat	CihazNo	Endeks	Tüketim
1	20.2.2021 09:00	20	02	2021	09	601904940	179032	0
2	20.2.2021 10:00	20	02	2021	10	601904940	179119	87
3	20.2.2021 11:00	20	02	2021	11	601904940	179209	90
4	20.2.2021 12:00	20	02	2021	12	601904940	179281	72

3.2.2. Daire karakteristik verilerinin oluşturulması (1B)

VHS şirketinde temin edilen veri kaydedici cihazlarının kurulduğu dairelere ait temin edilen daire alan bilgilerine ek olarak ihtiyaç duyulan veriler saha çalışması ve CBS analizleri ile işlenmiştir. Saha çalışması ile hem mevcut verilerin doğruluğu sahada denetlenmiş, hem de eksik veriler tamamlanmıştır. Sahadan toplanan veriler aşağıda verilmiştir.

- a. Daire katı
- b. Daire cephesi/cepheleri
- c. Bina yalıtım durumu
- d. Hedef sitede olup olmadığı

Saha çalışmasında veri kaydedici cihazların ait bilgiler ve cephelere ait Kuzey (K), Güney (G), Doğu, (D), ve Batı (B) şeklinde kolonlara girilmiş şekilde **Tablo 3.3**'de verilmiştir. Saha çalışması sırasında çekilen bina, daire, sayaç, kat bilgileri ile ilgili çekilen resimlerden bazıları **Görsel 3.1**'de verilmiştir.



Görsel 3.1. Sahadan Cephe, Kat, Yalıtım Bilgileri Toplanması

Tablo 3.13. Tüketiciler İçin Sahadan Toplanan ve Hesaplanan Veriler

Sıra No	Cihaz İsmi	Kat	Cephe				Yalıtım	Hedef Sitede mi?
			K	G	D	B		
1	Cihaz40	11	1	1	1		Var	Evet
2	Cihaz41	1	1	1	1	1	-	Hayır
3	Cihaz42	10		1		1	Var	Evet
4	Cihaz44	8	1	1	1		Var	Evet
5	Cihaz45	11	1	1		1	Var	Evet
6	Cihaz46	1	1	1	1	1	-	Hayır
7	Cihaz47	10	1			1	Var	Evet
8	Cihaz49	9	1	1	1		Var	Evet
9	Cihaz50	9	1	1		1	Var	Evet
10	Cihaz51	0		1			-	Hayır
11	Cihaz52	8	1	1		1	Var	Evet
12	Cihaz53	1	1		1		Var	Evet
13	Cihaz54	1		1	1		Var	Evet
14	Cihaz55	3	1	1		1	Var	Hayır
15	Cihaz57	7	1	1	1		Var	Evet
16	Cihaz58	0	1			1	-	Hayır
17	Cihaz59	10		1			Var	Hayır
18	Cihaz60	?	?	?	?	?	Veri Yok	Veri Yok

3.2.3. CBS verilerinin toplanması (1C)

CBS ile bölüm 3.2.2’de verilen daire karakteristik verilerine eklemelerin yanında, bazı coğrafi analizlerde yapılmıştır. Dairenin konumu, yükseklik verileri, SES sınıfı gibi bilgiler CBS sisteminden hesaplatılmıştır. Dairelerin ilin tamamında alan, yükseklik, SES sınıfına göre kümelendirilmesi CBS analizleri ile yapılmıştır. Daire noktaları DOABİS yazılımı üzerinden “VeriKaydedici_Isparta” isimli yeni bir harita katmanı oluşturularak

kaydedilmiştir. CBS yazılımı ile aşağıdaki kolonlar veri kaydedici cihazlarına eklenmiş ve ilgili katmanlardan güncellenmiştir.

- a. SES: Daire SES statüsü (Mahalle katmanından)
- b. Yükseklik: Bina arazi yüksekliği (SRTM katmanı, deniz seviyesinden metre)
- c. Daire yüksekliği: Daire Yüksekliği (Yükseklik + Kat Yüksekliği metre)

Bu üç bilginin işleneceği kolonlar MapInfo Pro – Table menüsünden Tablo Yapısını Değiştir (*Modify Structure*) düğmesi kullanılarak, (*Add Column* düğmesi ile) üç adet kolon eklenmiştir.

a. SES Verisi Güncelleme: MapInfo’da Table menüsü altındaki Kolon Güncelle (*Update Column*) düğmesi kullanılarak, veri kaydedici katmanında (Verikaydedici_Isparta) oluşturulan SES kolonuna, mahalle katmanındaki SES kolonundan veri güncelleme formu (*Update Column*) ve iki katman arasındaki coğrafi eşleştirme işleminin yapıldığı Eşleştirme (*Join*) formu ile yapılmıştır. Mahalle katmanının (alansal nesneler) veri kaydedici (nokta nesnesini) coğrafi olarak kapsayanların bilgilerinin aktarılması için eşleştirme formundan “Kapsar” (*Contains*) seçilmiştir.

b. Yükseklik: Arazi yükseklik bilgisi girilmesi işlemi için USGS web sayfasından indirilen Isparta merkeze ait SRTM verisi MapInfo Pro programında açılmıştır. Veri kaydedici cihazının olduğu binaların yüksekliği Raster menüsündeki Raster İşlemleri (*Raster Operations*) düğmesinden açılan Nokta Değeri Hesaplama (*Point Inspection*) alt menüsü kullanılarak yapılmıştır. SRTM arazi modeli verisindeki yükseklik verileri, Veri kaydedici katmanındaki yükseklik kolonuna işlenmesi için ayarlamalar yapıldıktan sonra, işlem sonucunda hesaplanan yükseklik değerleri elde edilir.

c. Daire yüksekliğinin hesaplanması: Table – Update Column menüsü kullanılmıştır. Kattaki daire yüksekliği 3 metre alınarak:

$$\text{Daire Yüksekliği} = \text{Arazi Yüksekliği} + 3 * \text{Kat Adedi}$$

şeklinde hesaplatılmıştır. Yapılan hesaplamaların sonuçları, daire karakteristiklerinin olduğu **Tablo 3.14**’de verilen VeriKaydedici_Isparta katmanında gösterilmiştir.

3.2.4. Meteoroloji verilerinin düzenlenmesi (1D)

Meteoroloji verileri MGM’den Excel formatında temin edilmiş ve düzenlenmiştir. Farklı dosyalar halindeki meteorolojik veriler (sıcaklık, basınç, nem, rüzgâr hızı) tarih ve saat bilgileri eşlenerek birleştirilmiş ve tek bir dosya elde edilmiştir. Veriler içindeki

sayıların ondalık kısmının nokta veya virgöl şeklindeki kayıtları denetlenmiş, uyumsuzluklar ve hatalar düzenlenerek doğru ve tek bir formata indirgenmiştir.

Verileri aylık, günlük ve saatlik zaman dilimlerine göre farklı dosyalar halinde alınmış ve birleştirilmiştir ve **Tablo 3.15**'deki gibi tek dosya halinde kullanılmıştır. Verilerde, saatlik sıcaklık birimi derece (°C), güncel basınç birimi hPA (milibar), nispi nem birimi yüzde (%), rüzgâr hızı metre/saniyedir.

Tablo 3.14 *Veri Kaydedici Cihaz No ve Daire Karakteristikleri– Isparta 18 Cihaz*

Sıra No	Cihaz İsmi	SES Sınıfı	Kat	Arazi Yükseklik (m)	Daire Yükseklik (m)
1	Cihaz40	C2	11	1.085	1118
2	Cihaz41	C2	1	1.055	1058
3	Cihaz42	C2	10	1.085	1115
4	Cihaz44	C2	8	1.085	1109
5	Cihaz45	C2	11	1.085	1118
6	Cihaz46	C2	1	1.048	1051
7	Cihaz47	C2	10	1.085	1115
8	Cihaz49	C2	9	1.085	1112
9	Cihaz50	C2	9	1.085	1112
10	Cihaz51	C2	0	1.038	1038
11	Cihaz52	C2	8	1.085	1109
12	Cihaz53	C2	1	1.085	1088
13	Cihaz54	C2	1	1.085	1088
14	Cihaz55	C1	3	1.104	1113
15	Cihaz57	C2	7	1.085	1106
16	Cihaz58	C2	0	1.037	1037
17	Cihaz59	C2	10	1.078	1108
18	Cihaz60	Veri Yok	Veri Yok	Veri Yok	Veri Yok

Tablo 3.15. *Isparta İstasyonuna Ait Birleştirilmiş Saatlik Veri Örneği*

İstasyon No	YIL	AY	GÜN	SAAT	SICAKLIK (°C)	NEM (%)	RUZGAR_HIZI (m/s)	AKTUEL_BASINC (hPa)
17240	2020	10	1	0	14,8	55	0,5	898,4
17240	2020	10	1	1	14	59	0,5	898,1
17240	2020	10	1	2	12,9	62	0	898,1
17240	2020	10	1	3	11,9	67	0	898
17240	2020	10	1	4	10,7	71	0	898,3
17240	2020	10	1	5	13,7	69	0	898,5
17240	2020	10	1	6	16,4	52	0,5	898,6
17240	2020	10	1	7	17,7	48	0,5	898,5

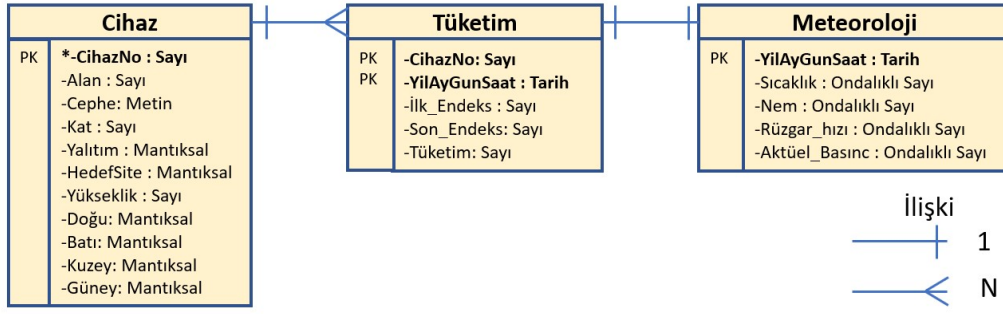
3.2.5. Verilerin birleştirilmesi (2A, 2B, 2C)

Cihaz karakteristik verilerindeki (CihazNo), saatlik veri kaydedici tüketim verilerindeki (CihazNo) ile eşleştirilerek birleştirilmiştir. Meteoroloji verileri ile saatlik tüketim verileri ise, tarih ve saat bilgileri kullanılarak eşleştirilmiştir. **Şekil 3.3'**de Cihaz/daire, CBS, Veri kaydedici tüketim ve meteoroloji verilerinin birleştirilmesindeki veriler arası ilişkiler ER diyagramı şeklinde gösterilmiştir. Her bir cihaz kaydı için birçok tüketim verisi olduğundan, iki veri arasında 1'e çok (N) ilişki vardır. Saatlik tüketim ve saatlik meteoroloji verileri arasında ise 1'e 1 ilişki vardır. İki veride de her saat için 1'er kayıt vardır. Birleştirilmiş verideki kolon isimleri, kolon açıklaması ve örnek bir verisi **Tablo 3.16'**de verilmiştir.

Birleştirilen veriler tekrar denetlenmiştir. Saatlik tüketim verisi olup, daire karakteristikleri olmayan veya meteorolojik verileri olmayan kayıtlar tespit edilip denetlenmiştir.

Tablo 3.16. Birleştirilmiş Saatlik Cihaz, Veri Kaydedici Tüketim, Meteoroloji, CBS ve Saha Veri Setleri

Kolon	Açıklama	Örnek
Cihaz	Tüketim Cihaz Adı	Cihaz40
cihazno	Tüketim Cihaz No	40
sirano	Tüketim Kayıt Sıra No	3
Gun	Tüketim Günü	23
Ay	Tüketim Ayı	10
Yil	Tüketim Yılı	2020
saat	Tüketim Saati	20
tuk	Tüketim Endeksi	1
AboneAlan	Daire Alanı	123
yukZ	Bina Zemin Yüksekliği	1085
YukA	Daire Yüksekliği (= yukZ + Kat * 3 M)	1118
Kat	Dairenin Bulunduğu Kat	11
sicak	Meteoroloji Sıcaklık Değeri (Derece)	13,2
nem	Meteoroloji Nem Yüzdesi	69
ruzgarHizi	Meteoroloji Rüzgâr Hızı Değeri	0
akt_basinc	Meteoroloji Güncel Basınc Değeri	907,7
HedefSite	Cihaz Hedef Sitede mi? 1/0	1
cephesi	Dairenin Cephe Bilgileri Doğu, Batı, Kuzey, Güney	D-GK
kuzey	Kuzeye Cephesi Var mı? 1/0	1
guney	Güneye Cephesi Var mı? 1/0	1
bati	Batıya Cephesi Var mı? 1/0	0
dogu	Doğuya Cephesi Var mı? 1/0	1



Şekil 3.3. Veri Birleştirme ER Diyagramı

3.2.6. İstatistiksel parametre hesabı ve profillerin oluşturulması (3A, 3B, 3C)

Çalışmada, doğalgaz kullanım durumu bağımlı değişken olarak kabul edilirken, hane halklarının doğalgaz kullanımını etkilediği düşünülen tüketici türü, konut alanı, kat/yükseklik, cephe, yalıtım, SES statüsü gibi etmenler bağımsız değişkenler olarak alınarak R ve Excel programları ile istatistiksel analizler yapılmıştır. CBS yazılımı ile coğrafi verilerin kümelendirilmesi için analizler yapılmıştır.

Tüketimin alana bölünmesi ile alan başına tüketim (tukNor) ve log(Tüketim) değerleri (logTuk kolonuna) hesaplanıp kaydedilmiştir. Birleştirilmiş verideki her bir cihaz için ortalama tüketim, minimum ve maksimum tüketim bilgileri, tüketimin standart sapma değeri, çeyrek değerleri çeyrekler açıklığı, aykırı değerler, ortalama değer ± 1 SS miktarları hesaplanmıştır.

Bu verilerin Anova regresyon analizi Excel ortamında yapılmıştır. Tüketimin sıcaklık, alan, yükseklik ve kat gibi değişkenlere göre bir regresyon istatistik sonucu Şekil 3.4’de verilmiştir. Bu sonuca göre kesişim olumsuz bir sayı olarak -27 çıkmış, kat bilgisinden anlamlı bir korelasyon çıkmamış, sıcaklıkla ters orantılı olarak her birim sıcaklık artışında tüketim -2.88 düşerken, 100 m² alan farkının 6.45 birim tüketim artışına sebep olduğu, aynı şekilde her 100 metre yükseklik farkının 6.06 birim tüketim artışına sebep olduğu hesaplanmıştır.

R² değerine baktığımızda verilerin ancak %8.77’sinin anlamlandırılabilirdiği, p değerine baktığımızda ise kesişimin 0.079 değeri ile 0.05’ten büyük olduğu ve %95’lik güven kapsamına girmediği gözlemlenmiştir. Ham verinin üzerindeki ilk lineer regresyonun analizlerinde, tüketim, log(Tüketim) veya alana normalize edilmiş tüketimlere (R² değerlerine) göre verinin %10’unundan azı anlamlandırılabilmiştir.

Verinin baş kısmının gösterilmesi, kolonlarına göre istatistikleri, ortalama ve SS hesaplamak için aşağıdaki komutlar kullanılmıştır:

```
head(itd)
summary(itd)
mean(itd$tuk)
sd(itd$tuk)
```

Tek bir cihaz için veri özeti ve istatistiği alınabilir. Örnek olarak 40 numaralı cihaza ait istatistik için aşağıdaki komutlar çalıştırılmış, sonuçlar **Görsel 3.2**'de verilmiştir. Veri okuması ve özeti ile ilgili komutlar ve sonuçları **Görsel 3.3**'de gösterilmiştir.

```
xx <- itd[which(itd$cihazno==40),]
summary(xx)
```

ÇA (IQR) değeri (3.1)'deki formüle göre hesaplanmıştır. Minimum değer Q1'den $1.5 * IQR$ çıkarılarak, Maksimum değerler ise Q3'e $1.5 * IQR$ değeri eklenerek hesaplanmıştır.

$$IQR = (Q3 - Q1) \quad (3.1)$$

Çeyrekler açıklığı (ÇA) ve aykırı değerler için minimum ve maksimumların hesaplanmasına ait kod aşağıda verilmiştir.

```
>Q = quantile(xx$tuk, probs=c(.25, .75), na.rm = TRUE)
>Q1= Q[1]
>Q3= Q[3]
>IQR= Q3 - Q1
>Minimum = Q1 - 1.5 * IQR
>Maksimum = Q3 + 1.5 * IQR
>boxplot(tuk~Cihaz, data=itd, col =c("red", "green", "blue", "orange"))
```

İstatistiksel kolonların eklenmiş hali ile veri kolonları **Tablo 3.17**'de verilmiştir. Kutu grafiği aşağıdaki komut ile oluşturulmuş ve sonucu **Şekil 3.5**'da verilmiştir.

```

> xx <- itd[which(itd$cihazno==40),]
> summary(xx)
  Cihaz      cihazno      Yil      Ay      Gun      saat      tuk      tukNor
Length:3822 Min. :40 Min. :2020 Min. : 1.000 Min. : 1.00 Min. : 0.00 Min. : 0.00 Length:3822
Class :character 1st Qu.:40 1st Qu.:2020 1st Qu.: 2.000 1st Qu.: 8.00 1st Qu.: 6.00 1st Qu.: 29.00 Class :character
Mode :character  Median :40  Median :2021  Median : 3.000  Median :16.00 Median :12.00 Median : 70.00 Mode :character
                Mean :40  Mean :2021  Mean : 6.057  Mean :16.23  Mean :11.51  Mean : 58.61
                3rd Qu.:40 3rd Qu.:2021 3rd Qu.:11.000 3rd Qu.:24.00 3rd Qu.:18.00 3rd Qu.: 83.00
                Max. :40  Max. :2021  Max. :12.000  Max. :31.00  Max. :23.00  Max. :161.00

  logTuk      AboneAlan      yukZ      Yuka      Kat      sicak      nem      ruzgarHizi
Length:3822 Min. :123 Min. :1085 Min. :1118 Min. :11 Length:3822 Min. :15.00 Length:3822
Class :character 1st Qu.:123 1st Qu.:1085 1st Qu.:1118 1st Qu.:11 Class :character 1st Qu.:57.00 Class :character
Mode :character  Median :123 Median :1085 Median :1118 Median :11 Mode :character Median :72.00 Mode :character
                Mean :123 Mean :1085 Mean :1118 Mean :11 Mean :69.25
                3rd Qu.:123 3rd Qu.:1085 3rd Qu.:1118 3rd Qu.:11 3rd Qu.:84.00
                Max. :123 Max. :1085 Max. :1118 Max. :11 Max. :98.00

  akt_basinc      GunduzSure      ses      cephe      AzimutAcı      HedefSite      sirano      iqr      meanisigma
Length:3822 Min. :587 Length:3822 Min. :13 Min. :190 Min. :1 Min. :1.0 Min. :0.0000 Min. :0.0000
Class :character 1st Qu.:599 Class :character 1st Qu.:13 1st Qu.:190 1st Qu.:1 1st Qu.: 956.2 1st Qu.:1.0000 1st Qu.:0.0000
Mode :character Median :631 Mode :character Median :13 Median :190 Median :1 Median :1911.5 Median :1.0000 Median :1.0000
                Mean :645 Mean :1085 Mean :13 Mean :190 Mean :1 Mean :1911.5 Mean :0.9992 Mean :0.6557
                3rd Qu.:676 3rd Qu.:1085 3rd Qu.:13 3rd Qu.:190 3rd Qu.:1 3rd Qu.:2866.8 3rd Qu.:1.0000 3rd Qu.:1.0000
                Max. :770 Max. :1085 Max. :13 Max. :190 Max. :1 Max. :3822.0 Max. :1.0000 Max. :1.0000

  kuzey      guney      batı      dogu      cephesi      toplu
Min. :1 Min. :1 Min. :0 Min. :1 Length:3822 Min. :3
1st Qu.:1 1st Qu.:1 1st Qu.:0 1st Qu.:1 Class :character 1st Qu.:3
Median :1 Median :1 Median :0 Median :1 Mode :character Median :3
Mean :1 Mean :1 Mean :0 Mean :1 Mean :3
3rd Qu.:1 3rd Qu.:1 3rd Qu.:0 3rd Qu.:1 3rd Qu.:3
Max. :1 Max. :1 Max. :0 Max. :1 Max. :3

```

Görsel 3.2. Cihaz40 Tüketimlerine Ait Kolon İstatistikleri

RGui (64-bit)

Dosya Düzenle Görünüm Diğer Paketler Pencerele Yardım

R Console

```

> itd <- read.delim2(file.choose(), header = TRUE, sep = "\t", dec = ",", na=c("", "NA", "$SAYI!", "BilgiYok"))
> head(itd)
  Cihaz cihazno Yil Ay Gun saat tuk tukNor logTuk AboneAlan yukZ Yuka Kat sicak nem ruzgarHizi akt_basinc GunduzSure ses cephe AzimutAcı $
1 Cihaz40 40 2020 10 23 18 0 0.00 <NA> 123 1085 1118 11 15.3 59 0 907.4 672 C2 3 90 $
2 Cihaz40 40 2020 10 23 19 2 0.03 0.30 123 1085 1118 11 13.5 68 0 907.6 672 C2 3 90 $
3 Cihaz40 40 2020 10 23 20 1 0.02 0.00 123 1085 1118 11 13.2 69 0 907.7 672 C2 3 90 $
4 Cihaz40 40 2020 10 23 21 3 0.05 0.48 123 1085 1118 11 12.5 72 0 907.5 672 C2 3 90 $
5 Cihaz40 40 2020 10 23 22 9 0.15 0.95 123 1085 1118 11 11.8 77 0 907.2 672 C2 3 90 $
6 Cihaz40 40 2020 10 23 23 6 0.10 0.78 123 1085 1118 11 11.5 79 0 906.9 672 C2 3 90 $

  meanisigma kuzey guney batı dogu cephesi toplu
1 0 1 1 0 1 D-GK 3
2 0 1 1 0 1 D-GK 3
3 0 1 1 0 1 D-GK 3
4 0 1 1 0 1 D-GK 3
5 0 1 1 0 1 D-GK 3
6 0 1 1 0 1 D-GK 3

> summary(itd)
  Cihaz      cihazno      Yil      Ay      Gun      saat      tuk      tukNor
Length:69125 Min. :40.0 Min. :2020 Min. : 1.000 Min. : 1.00 Min. : 0.00 Min. : 0.00 Length:69125
Class :character 1st Qu.:45.0 1st Qu.:2020 1st Qu.: 2.000 1st Qu.: 9.00 1st Qu.: 6.00 1st Qu.: 2.00 Class :character
Mode :character  Median :51.0 Median :2021 Median : 3.000 Median :17.00 Median :12.00 Median : 34.00 Mode :character
                Mean :50.2 Mean :2021 Mean : 6.075 Mean :16.25 Mean :11.51 Mean : 53.25
                3rd Qu.:55.0 3rd Qu.:2021 3rd Qu.:11.000 3rd Qu.:24.00 3rd Qu.:18.00 3rd Qu.: 69.00
                Max. :60.0 Max. :2021 Max. :12.000 Max. :31.00 Max. :23.00 Max. :520.00

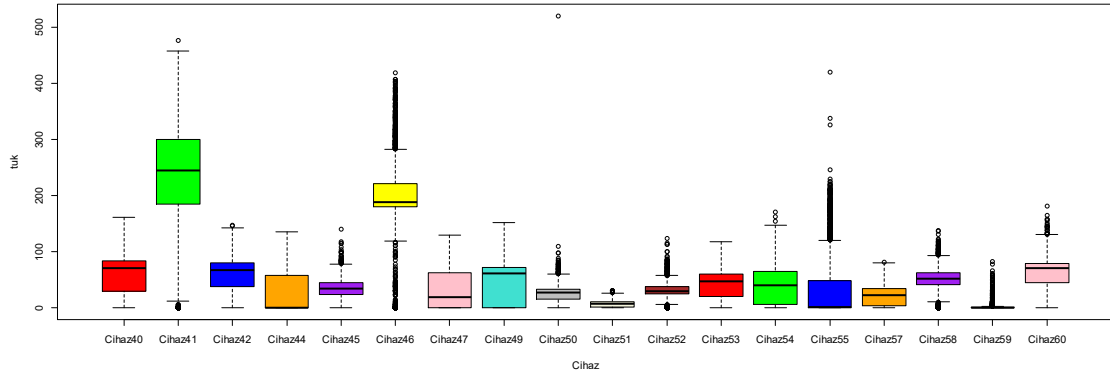
  logTuk      AboneAlan      yukZ      Yuka      Kat      sicak      nem      ruzgarHizi
Length:69125 Min. : 0 Min. : 0 Min. : 0 Min. : 0.00 Length:69125 Min. :15.00 Length:69125
Class :character 1st Qu.:123 1st Qu.:1055 1st Qu.:1058 1st Qu.: 1.00 Class :character 1st Qu.:57.00 Class :character
Mode :character  Median :123 Median :1085 Median :1109 Median : 8.00 Mode :character Median :72.00 Mode :character
                Mean :212 Mean :1016 Mean :1033 Mean : 5.63 Mean :69.25
                3rd Qu.:156 3rd Qu.:1085 3rd Qu.:1113 3rd Qu.:10.00 3rd Qu.:84.00
                Max. :877 Max. :1104 Max. :1118 Max. :11.00 Max. :98.00

  akt_basinc      GunduzSure      ses      cephe      AzimutAcı      HedefSite      sirano      iqr
Length:69125 Min. :587.0 Length:69125 Min. :0.0000 Min. : 0.00 Min. :0.0000 Min. : 1 Min. :0.0000
Class :character 1st Qu.:600.0 Class :character 1st Qu.:0.0000 1st Qu.: 0.00 1st Qu.:0.0000 1st Qu.:17282 1st Qu.:1.0000
Mode :character Median :632.0 Mode :character Median :3.0000 Median : 90.00 Median :1.0000 Median :34563 Median :1.0000
                Mean :645.1 Mean :1016 Mean :2.119 Mean : 62.72 Mean :0.6137 Mean :34563 Mean :0.9327
                3rd Qu.:675.0 3rd Qu.:1085 3rd Qu.:14.000 3rd Qu.: 90.00 3rd Qu.:1.0000 3rd Qu.:51844 3rd Qu.:1.0000
                Max. :770.0 Max. :1104 Max. :6.000 Max. :180.00 Max. :1.0000 Max. :69125 Max. :1.0000

  meanisigma      kuzey      guney      batı      dogu      cephesi      toplu
Min. :0.0000 Min. :0.0000 Min. :0.0000 Min. :0.0000 Min. :0.0000 Length:69125 Min. :0.0000
1st Qu.:0.0000 1st Qu.:0.0000 1st Qu.:0.0000 1st Qu.:0.0000 1st Qu.:0.0000 Class :character 1st Qu.:2.0000
Median :1.0000 Median :1.0000 Median :1.0000 Median :1.0000 Median :0.0000 Mode :character Median :3.0000
Mean :0.702 Mean :0.723 Mean :0.6664 Mean :0.6096 Mean :0.4435 Mean :2.442
3rd Qu.:1.0000 3rd Qu.:1.0000 3rd Qu.:1.0000 3rd Qu.:1.0000 3rd Qu.:1.0000 3rd Qu.:3.0000
Max. :1.0000 Max. :1.0000 Max. :1.0000 Max. :1.0000 Max. :1.0000 Max. :4.000

```

Görsel 3.3. Tüketim Veri Seti İlk 6 Satır Bilgileri ve Kolon İstatistikleri



Şekil 3.5. Tüm Veri Kaydedicilere Ait Kutu Grafiği Verisi

Tablo 3.17. Birleştirilmiş Veriye Eklenmiş İstatistik Kolonları

Kolon	Açıklama	Örnek
Cihaz	Tüketim Cihaz Adı	Cihaz40
...	...	...
Gun	Tüketim Günü	23
Ay	Tüketim Ayı	10
Yıl	Tüketim Yılı	2020
saat	Tüketim Saati	20
tuk	Tüketim Endeksi	1
...	...	...
tukNor	Tüketim / Alan M2	0,016
logTuk	log(Tüketim)	0,000
iqr	Tüketim Değeri Çeyrek Açıklığı Arasında mı ? 1/0	1
meanIsigma	Tüketim Değeri Ortalama ± 1 Sigma Aralığında mı? 1/0	0

Kümülatif dağılım fonksiyonu (CDF) analizleri aşağıdaki komutlar yardımıyla yapılarak cihaz tüketimleri analiz edilmiştir.

```
chz <- unique(isd$cihazno)
for (i in chz) {
  file= gsub(" ", "", paste("CihazSite", i, ".png"))
  png(file, width=3.25, height=3.25, units="in", res=600)
  xxc <- isd[which(isd$cihazno==i & isd$tuk>0),]
  plot(ecdf(xxc$tuk))
  dev.off()
}
```

Serpilme Grafiği Çizdirmek için aşağıdaki komut kullanılmıştır:

```
pairs(data[,c("tuk", "sicak", "akt_basinc", "nem", "ruzgarHizi")])
```

Tüketim Profilleri:

Tüketim verileri kullanılarak, tüketimin log değeri ve tüketimin alana bölünmesi ile alana göre normalize edilmiş tüketim değerleri Excel programı kullanılarak hesaplanmıştır. Çalışma alanına ait meteorolojik veriler saatlik olarak temin edilmiştir. Tüketim verileri de saatlik olarak olduğundan bu iki verinin saatlik olarak eşleştirilmesi yapılmıştır. Her güne ait verinin karşısına gün adı yazılmıştır. Her bir satıra gün bilgisine göre hafta içi veya hafta sonu bilgileri girilmiştir. Daha sonra 2020 ve 2021 takviminden bayram, okul tatili, yılbaşı gibi bilgiler girilerek tatil bilgileri çıkarılmıştır. Tüketim saati, günü, ay, hafta içi günü, hafta sonu günü, tatil durumu gibi bilgilere göre Excel programı kullanılarak grafikler oluşturulmuştur. Tüketim verileri hem sabit daire karakteristiklerine göre hem de değişken meteorolojik verilere göre ayrı ayrı oluşturulmuştur.

3.2.7. Model ve karar ağacı geliştirilmesi (4A)

R Programı ile model oluşturmak için “rpart” kütüphanesi kullanılmıştır. Kütüphaneyi kurmak için *install.packages()* komutu, yüklemek için ise *library()* komutu kullanılmıştır. Çalışma klasörü *setwd()* komutu ile ayarlanır. Lineer regresyon modeli için *lm()* komutu kullanılmıştır. Model sonucunu bir dosyaya kaydetmek için *sink()*, model ayrıntıları için *summary()* komutları kullanılmıştır. Örnek bir kod aşağıda verilmiştir.

```
library(rpart)
library(rpart.plot)
setwd(dir="c:/estu/tez/data/")
itd <- read.delim2("D2LogTAYRegData.txt", header = TRUE, sep = "\t",
  dec = ",", na=c("", "NA", "#SAYI!", "BilgiYok"))
###LINEER REG
itd0 <- itd[which(itd$tuk>0),]
md <- lm(tuk~ 0 + sicak+nem+ruzgarHizi+akt_basinc, data = itd0)
sink(file="D2LogTAY_Sonuc.txt", append = FALSE)
summary(md)
str(md)
anova(md)
summary(md)
sink()
```

Karar ağacı oluşturmak için *rpart()* paketi kullanılmıştır. Karar ağacının denetleme kümesi *rpart.control()* ile yazdırılmıştır. Karar ağacının görüntüsü ise *rpart.plot()* komutu ile gösterilmiştir. Karar ağacı değişkenlerinin önem değeri ve sıralaması için *model\$variable.importance* komutu kullanılmıştır.

```
mt <- rpart(tuk~ ., data=dftr, method="anova")
rpart.plot(mt, type=1, digits=3, fallen.leaves=TRUE)
rpart.rules(mt, cover=TRUE)
mt$variable.importance
```

Örnek karar ağacı sonucu çıktısı aşağıda verilmiştir. En üstte veri seti, alt satırda kayıt sayısı bilgisi verilmiştir. Daha sonra düğüm numarası, bölünme ayrıntılı, kayır sayısı, sapma ve ortalama tüketim değeri listesi görülmektedir. Karar ağacı 6 numaralı yaprak düğüm için şu şekilde okunabilir. Abone alanı 559.5'ten büyük eşit ve Yüksekliği 1054.5 den küçük olan 3755 kayıt var ve ortalama tüketim endeksi 181,91'dir.

```
[1] "DATA:dttna" (veri)
n= 69125 (kayıt sayısı)
node), split, n, deviance, yval (düğüm, koşul, alt veri sayısı, sapma, tüketim değeri)
* denotes terminal node (* Sonuç yaprak düğümü için)
1) root 69125 334771900 53.24979 (Root: Kök düğümü)
2) AboneAlan< 559.5 61615 64882720 34.46881 (Ara düğümü)
4) AboneAlan>=152 11485 12205620 12.83796 * (Yaprak düğümü)
5) AboneAlan< 152 50130 46072190 39.42454 * (Yaprak düğümü)
3) AboneAlan>=559.5 7510 69848540 207.33640 (Ara düğümü)
6) YukA< 1054.5 3755 26630850 181.91400 * (Yaprak düğümü)
7) YukA>=1054.5 3755 38364000 232.75870 * (Yaprak düğümü)
```

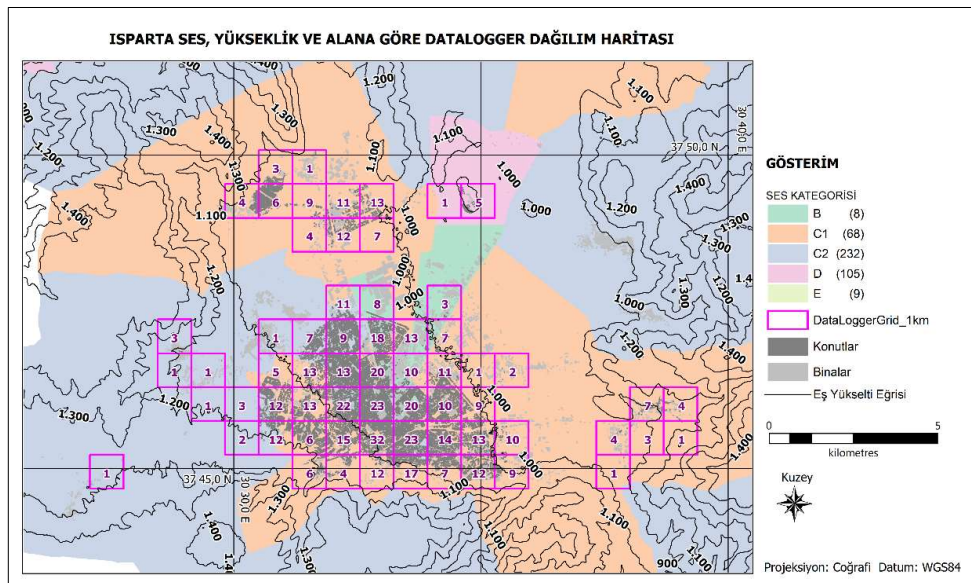
3.2.8. CBS için analiz yazılımı geliştirilmesi D2LogTAY yazılımı (4B)

Doğalgaz Veri Kaydedici Tüketim Analiz Yazılımı (D2LogTAY), MapBasic programı ile geliştirilmiş, MapInfo ve DOABİS içinden çalışabilen bir eklentidir. Program CBS sistemindeki daire, tüketim ve meteoroloji verilerini R istatistik programları ile analiz edilmesi için bir arayüz sunar. Program menüsü ve düğmeleri **Görsel 3.4'**de verilmiştir.



Görsel 3.4. D2LogTAY Programı Arayüzü Düğmeleri

- 1 numaralı düğme, veri tablolarının seçim diyalogundan veri kaydedici, meteoroloji, daire verileri ve birleşik verilerin tutulduğu tablolar **Görsel 3.6**'deki formdan seçtirir.
- 2 numaralı düğme ile **Görsel 3.7**'deki form açılır, tüketim için regresyon analizlerinin parametrelerini ayarlar.
- 3 numaralı düğme ile **Görsel 3.8**'daki form açılır, tüketim karar ağacı oluşturma diyalogunu gösterir.
- 4 numaralı düğme ile **Görsel 3.8**'daki form açılır, karar ağacındaki her bir yaprak düğümündeki veriler için regresyon komutlarını oluşturur.
- 5 numaralı düğme ile **Görsel 3.9**'deki form açılır, SES, yükseklik ve alan gibi kriterlerin ızgaralara göre kırılım sayılarını görmek için **Görsel 3.5**'deki gibi coğrafi dağılım haritası çıkartılır.



Görsel 3.5. SES, Yükseklik, Alan Kriterlerine Göre Izgara Esaslı Kırılım Haritası

- 6 numaralı düğme ile **Görsel 3.10**'deki form açılır, veri klasörleri ve R programının olduğu dizinler ayarlanır.
- 7 numaralı düğme, programın versiyonu ve kullanım amacı bilgilerini gösterir.
- 8 numaralı düğme ise program kapatır.

Görsel 3.6. D2LogTAY Programı Veri Tabloları Seçim Formu

Görsel 3.7. D2LogTAY Programı Regresyon Değişkenleri Seçim Formu

Görsel 3.8. Karar Ağacı Oluşturma ve Regresyon Analizler Formları

Görsel 3.9. CBS Destekli Veri Kaydedici Cihaz Yer Seçimi Formu

Görsel 3.10. R Programı ve Veri Klasörü Ayarlar Formu

3.2.9. Analiz testleri (4C)

Karar ağacı ile oluşturulan verilerin her bir dalında kalan veriler seçilip ayrı ayrı lineer regresyonu yapıldı ve R^2 ve p değerleri incelenmiştir. Karar ağacı için verideki sabit kategoriler kullanılmıştır.

```
dttt <- itd[,c("tuk", "cephe", "AboneAlan", "YukA", "Kat")]
mttt <- rpart(tuk~cephe+AboneAlan+YukA+Kat, data=dttt, method="anova")
#Karar Ağacı Nod bilgileri
dttttna<-itd
NodeID <- row.names(mtttt$frame)
dttttna["leafnode"] <- NodeID[mtttt$where]
#sonuçların yazdırılması
sink(file="KararAgaciNodlarTumTuk.txt")
n <-unique(dttttna$leafnode)
m <-mttt
for (j in n) {
```



```

dtn1 <- dtttna[which(dtttna$leafnode==j),]
lmsln1 <-lm(tuk~0+sicak+nem+ruzgarHizi+akt_basinc, data=dtn1)
a<- anova(lmsln1)
s<- summary(lmsln1)
print("summary:")
print(s)
}
sink()

```

Karar ağaçlarındaki tüm dallar için yapılan analizlere aşağıda örnek çıktı verilmiştir. Her bir nodun Anova ve Lineer regresyon sonucunda hesaplanan p değeri, her bir değişkenin tüketime etki katsayısı, R^2 ve Düzeltilmiş R^2 değerleri incelenmiştir. Aşağıda örnek bir inceleme analizi sonucu gösterilmiştir.

```

[1] "Node:"
[1] "5"
[1] "Anova:"
Analysis of Variance Table
Response: tuk

```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
sicak	1	37342787	37342787	44864.0	< 2.2e-16 ***
nem	1	39309886	39309886	47227.3	< 2.2e-16 ***
ruzgarHizi	1	1201824	1201824	1443.9	< 2.2e-16 ***
akt_basinc	1	4411848	4411848	5300.4	< 2.2e-16 ***
Residuals	50126	41722607		832	

```

---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
[1] "summary:"
Call:
lm(formula = tuk ~ 0 + sicak + nem + ruzgarHizi + akt_basinc,
    data = dtn1)
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-91.83 -24.10  -2.38   22.92  497.62
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
sicak      -1.8424703   0.0280364  -65.72  <2e-16 ***
nem          0.0081929   0.0078809    1.04   0.299
ruzgarHizi   2.2073829   0.1005086   21.96  <2e-16 ***
akt_basinc   0.0551962   0.0007581   72.80  <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 28.85 on 50126 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.6635, Adjusted R-squared:  0.6635
F-statistic: 2.471e+04 on 4 and 50126 DF, p-value: < 2.2e-16

```

Karar ağacı dallarındaki her bir düğüm kümesindeki toplam tüketim, ortalama tüketim, tahmin edilen toplam tüketim ve ortalama tüketimler, ortalama karesel hatalar (MSE), ortalama mutlak hata (MAE), ortalama karesel hatalar karekökü (RMSE) ve normalize edilmiş NRMSE bilgileri aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır. MAE, MSE, RMSE hesaplanması komutları sırasıyla aşağıda verilmiştir.

```
mae(olcum_degeri, tahmin_degeri)
MSE(y_pred = data$tuketim_tahminlenen), y_true = data$tuketim)
RMSE <- sqrt(MSE)
```

NRMSE değerleri maksimum/minimum, ortalama, ÇA ve SS değerlerine bölünerek bulunmuştur.

```
library(Metrics)
yaprak <- isd
n <- unique(yaprak$leafnode)
for (j in n) {
  yaprak_n <- yaprak[which(yaprak$leafnode==j),]
  idx_n <- sample(1:nrow(yaprak_n), 0.8*nrow(yaprak_n))
  train_n <- yaprak_n[idx_n, ]
  test_n <- yaprak_n[-idx_n,]
  regtrain <- rpart(logTuk ~sicak+nem+ruzgarHizi+akt_basinc,
                    data=yaprak_n, method = "anova")
  predict_n <- predict(regtrain, newdata = test_n)
  mse <- mean((test_n$logTuk - predict_n)^2)
  mae(actual = test_n$logTuk, predicted = predict_n)
  sqrt(mse)
  1/(sqrt(mse)/(max(test_n$logTuk) - min(test_n$logTuk)))
  1/(sqrt(mse)/mean(test_n$logTuk))
  Q <- quantile(yaprak_n$logTuk, probs=c(.25, .75), na.rm = TRUE)
  1/(sqrt(mse)/(Q[2]-Q[1]))
  1/(sqrt(mse)/sd(yaprak_n$logTuk))
}
```

Ki-Kare değeri ve Pearson kritik değeri aşağıdaki kod gibi hesaplanmıştır.

```
X2=sum((test_n$logTuk - predict_n)^2/predict_n)
qchisq(p = .05, df = 12698, lower.tail = FALSE)
```

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE SONUÇLARI

Materyal kısmında toplanan verilerin, yöntem kısmında anlatılan yöntemler ile düzenlenmesi ve analizlerinin yapılması sonucundaki çıktılar araştırma bulguları bölümde verilmiştir. Araştırma sorularının cevapları/sonuçları ise araştırma sonuçları kısmında verilmiştir.

4.1. Araştırma Bulguları

CBS analizleri, veri kaydedici veri analizler, tüketim profilleri, değişken ve kategorik verilere göre istatistiksel analizler, karar ağaçları çıktıları ve çıktıların hata miktarları ile ilgili değerlendirmeler bu başlık altında verilmiştir.

4.2. CBS analizleri

Isparta 2021 yılına ait CBS verilere göre bazı analizler yapılmıştır (**Tablo 4.1**). Isparta’da binaların büyük bir çoğunluğu tek veya iki katlı, bina başına daire sayısı yaklaşık üç, işyeri ve kamu yerlerinin toplam dairelere oranı ise %10,1’dir. Diğer ayrıntılı bilgiler aşağıda verilmiştir.

Tablo 4.1. *Isparta İline Ait CBS Bina Verileri İstatistikleri*

Açıklama	Sayı
Bina Sayısı	37.736
Doğalgaz Abone Sayısı	95.406
Toplam Daire Sayısı	118.197
Toplam Mesken Sayısı	106.202
Toplam Kamu Sayısı	674
Toplam İşyeri Sayısı	11.274
Binadaki Ortalama Daire Sayısı	3,13
Binaların Ortalama Kat Sayısı	1,83
En Yüksek Kat	20
En Düşük Arazi Yüksekliği	940 m
Ortalama Arazi Yüksekliği	1.061 m
En Yüksek Arazi Yüksekliği	1.320 m

Tablo 4.2’de binalardaki daire, mesken, kamu sayıları ve ortalamaları, ortalama kat sayısı, ortalama alan ve yükseklik verileri görülebilir. Binaların büyük bir kısmı 1000-1100 metre arasında olduğu, sonra sırasıyla 1100-1200 ve 900-1000 metre arası yerleşimler olduğu görülmektedir (**Tablo 4.3**). En fazla bina 100-200 m² aralığında

olduğu, sonrasında ise 0-100 m² arası evlerin çokluğu dikkat çekmektedir. En fazla daire sayısı ise 100-200 m² aralığı ve 200-300 m² aralığındadır.

Tablo 4.2. Yükseklik Aralıklarına Göre Bina ve Daire Sayıları

Yükseklik Aralığı (m)	Bina Sayısı	Toplam Daire	Mesken Sayısı	Kamu Sayısı	İşyeri Sayısı	Diğer
900-1000	2.698	1.148	998	12	135	3
1000-1100	28.075	105.170	93.572	607	10.953	27
1100-1200	6.584	11.769	11.526	54	183	4
1200-1300	264	108	104	1	3	0
1300-1400	16	0	0	0	0	0
Bilinmeyen	99	2	2	0	0	0
Toplam	37.736	118.197	106.202	674	11.274	34

Tablo 4.3. Bina Taban Alanı Aralıklarına Göre Bina Sayıları

Alan Aralığı	Bina Sayı	Toplam Daire	Mesken	Kamu	İşyeri	Diğer
0-100	12.521	15.626	14.477	43	1.102	4
100-200	17.661	43.567	40.474	137	2.941	10
200-300	3.388	20.603	18.748	65	1.787	1
300-400	1.231	9.345	8.141	43	1.157	3
400-500	801	8.732	7.892	93	744	2
500-1000	1.476	17.190	15.339	170	1.668	12
1000-1500	238	1.321	933	45	341	0
1500-1200	107	1.207	83	46	1.076	1
2000- 3000	96	250	6	20	224	0
3000- üstü	217	356	109	12	234	1

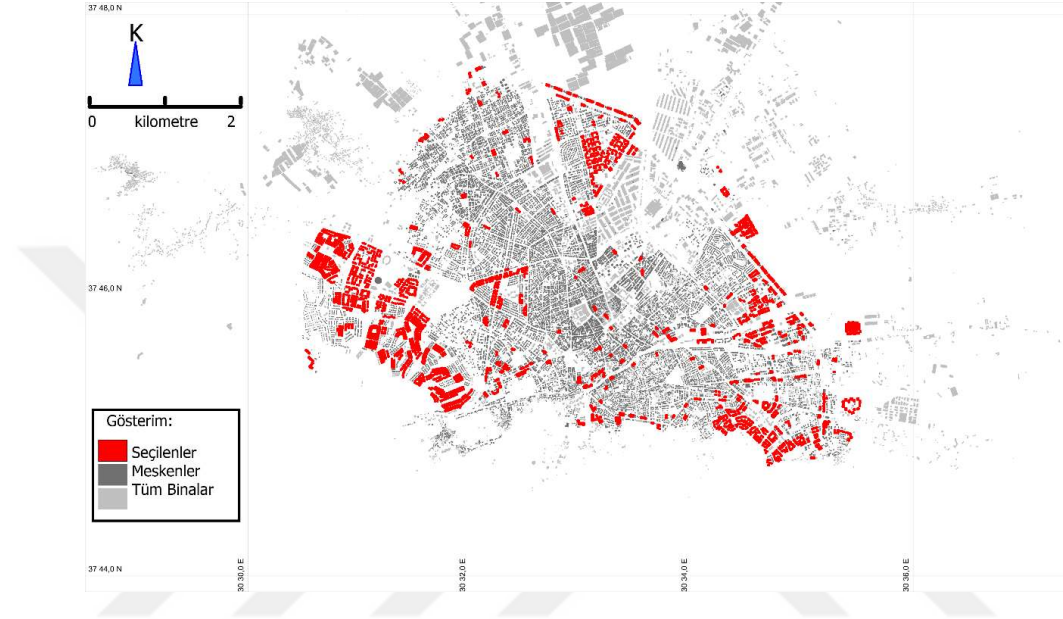
Hedef sitedeki aboneler 12 şer katlı 8 adet bina içindedir. Taban alanları 375-625 m² arasında, yükseklikleri ise 1080-1090 m arasındadır. Isparta’da tüketim verileri incelenen hedef sitedeki binalara benzer binaların ve dairelerin sayılarını tespit için aşağıdaki gibi coğrafi sorgulamalar yapılmış ve sonuçları **Tablo 4.4’**de verilmiştir.

- Site olan binaların sayıları,
- Hedef sitedeki bina oturma alanlarına benzer binaların sayıları,
- Hedef sitedeki binalara benzer yükseklikteki binaların sayısı

4.2.1. CBS analizleri

4.2.1.1. Isparta’da sitedeki binalar

Isparta’ya ait 2021 bina verilerine göre site içindeki toplam 3.345 adet bina yerleri **Görsel 4.1** de verilmiştir. Kat ortalaması 4 ve daire ortalaması ise 7’dir. Yükseklik ortalaması 1092,29 m, alan ortalaması ile 238 m²’dir.



Görsel 4.1 Isparta’da Sitelerin Yerleri

4.2.1.2. Sitedeki taban alanı benzer binalar

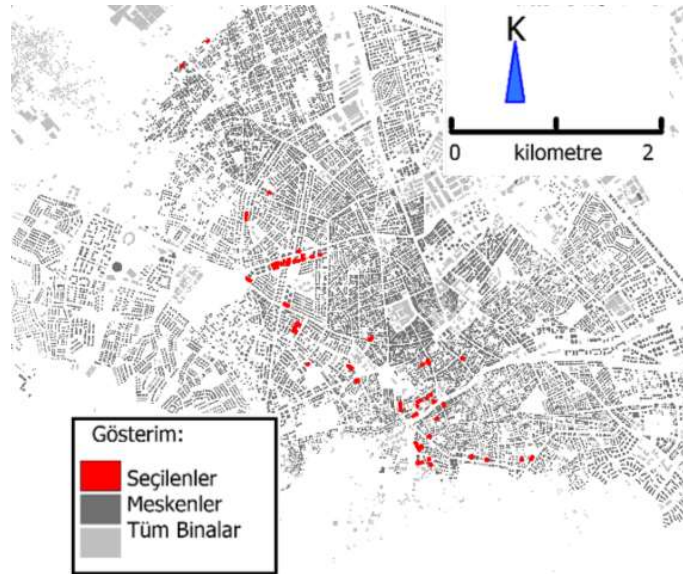
Sitedeki binalardan taban alanı hedef sitedekine benzeyen (275-625 m²) binaların Isparta’daki dağılımı **Görsel 4.2** de verilmiştir. Toplam 368 adet bina bulunmuştur. Ortalama kat sayısı 6 ve daire sayısı ise 18’dir. Yükseklik ortalaması 1040m, alan ortalaması ile 477.95 m²’dir.



Görsel 4.2 Isparta 'da Sitedeki 275- 625m² Arası Oturum Alanındaki Binalar

4.2.1.3. Sitede, Alanı 275-625 m² Arası ve 1060-1110m yükseklik aralığındaki binalar

Sitede, yüksekliği ve taban alanı hedef siteye benzer tüm koşulların sağlandığı binaları bulmak için sorgulama sonucu binalar **Görsel 4.3**'da verilmiştir. Toplam 68 adet bina bulunmuştur. Ortalama kat sayısı 7 ve daire sayısı ise 19'dur. Yükseklik ortalaması 1085,07 m, alan ortalaması ile 474,84 m²dir.



Görsel 4.3 Sitede, 1060-1110 m Yükseklik ve 275-625 m² Alana Sahip Binalar

Tablo 4.4. *Sitede, Benzer Alan ve Yükseklikte Daire İstatistikleri*

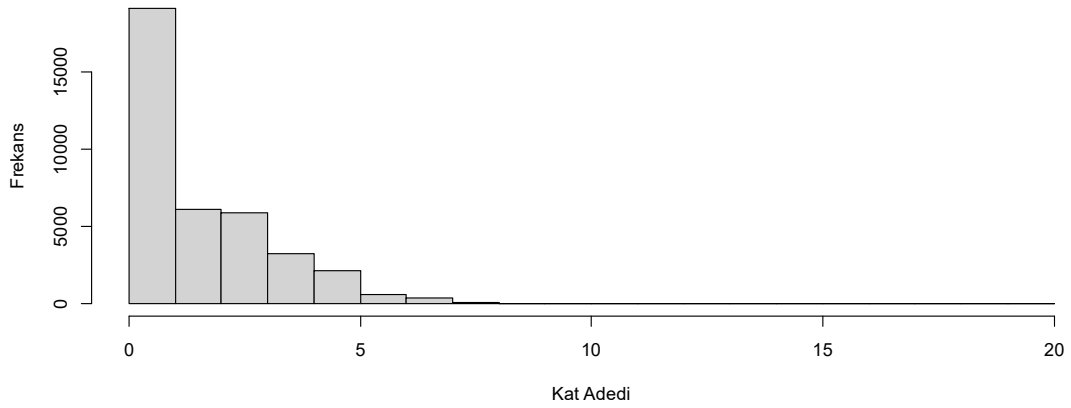
Ortalama	Sitedeki Bina	Sitede ve Alanı Benzer	Sitede ve Alan ve Yükseklik Benzer
Kat	3,88	6,15	7,12
Daire Sayısı	7,16	18,30	18,97
Mesken	6,88	17,92	18,59
Kamu	0,00	0,01	0,01
İşyeri	0,27	0,37	0,37
Diğer	0,00	0,00	0,00
Yükseklik	1.092,29	1.039,72	1.085,07
Alan	238,42	477,95	474,84
Kayıt Sayısı	3.345	368	68

4.2.1.4. Kat sayısına göre binalar

Kat sayısına göre bina sayıları sorgulanmış ve sorgu sonucu **Tablo 4.5** de verilmiştir. Binaların %97'lik kısmının 6 kattan az olduğu görülmektedir. %99'u ise 7 kat ve altındadır. Isparta'da 10 kat ve üzeri 117 bina vardır. **Şekil 4.1**'de verilen histograma göre dağılımın tam sağa çarpık bir grafik.

Tablo 4.5. *Kat Sayısına Göre Binalar*

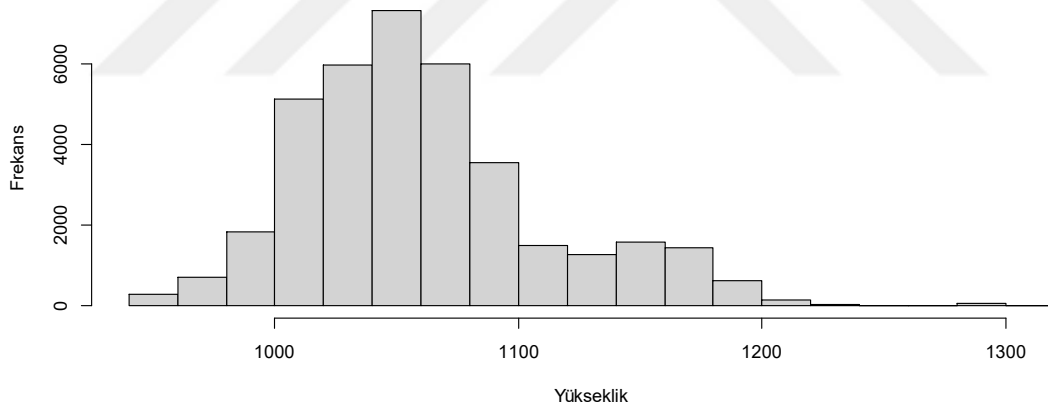
Kat	Bina Sayısı	Kat	Bina Sayısı
0: Veri Yok	11887	9	34
1	7310	10	24
2	6099	11	3
3	5873	12	36
4	3202	13	3
5	2170	14	6
6	627	15	8
7	343	16	1
8	108	20	2



Şekil 4.1. Bina Kat Adetleri Histogram Grafiği

4.2.1.5. Yüksekliğe göre binalar

Binaların SRTM verisinden hesaplanan zemin yüksekliğine göre dağılımı **Şekil 4.2'**de verilmiştir. Grafikte görüldüğü gibi normal dağılıma yakın sağa çarpık bir grafikdir. Yüksekliklerine göre binaları bölümlediğimizde **Tablo 4.6** deki sayılar çıkmaktadır. Grafikteki zirve değeri yaklaşık 1050 metredir.



Şekil 4.2. Binaların Zemin Yüksekliğine Göre Histogram Grafiği

Tablo 4.6. Zemin Yüksekliğine Göre Bina Sayıları Dağılımı

Bina Zemin Yüksekliği	Bina Adet
<940	99
940: 1000	2.698
1000: 1020	5.012
1020: 1040	6.011
1040: 1070	10.565
1070: 1120	8.086
1120: 1320	5.265

4.2.1.6. Veri kaydedici coğrafi dağılım haritası

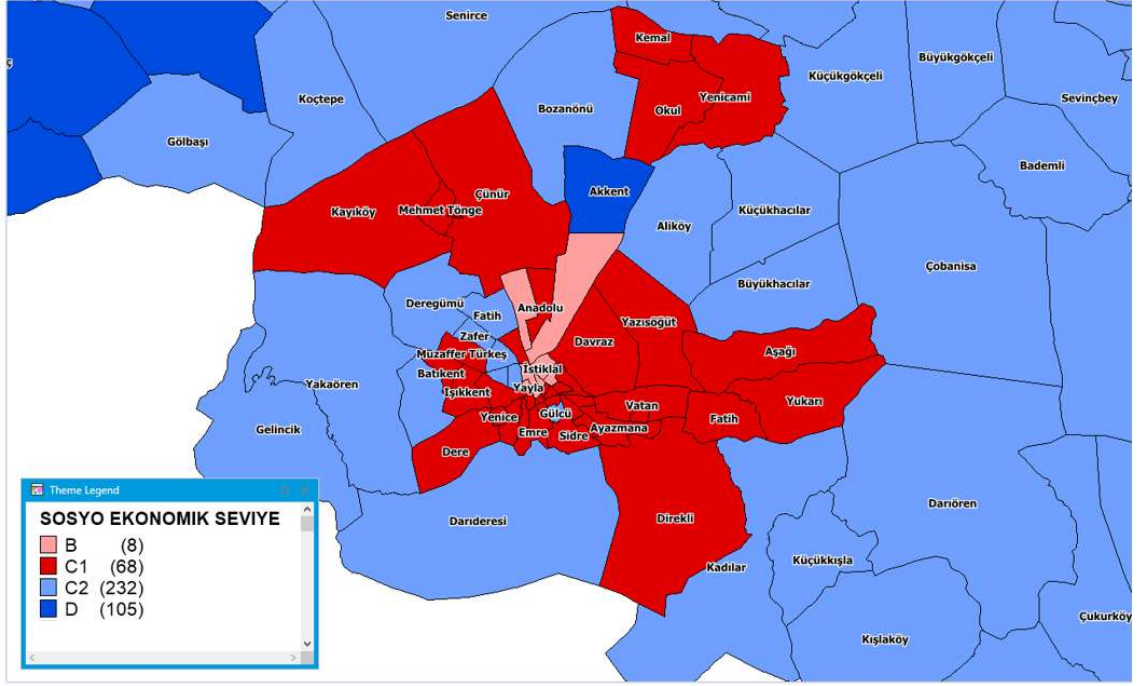
Bölüm 3.2.8’de geliştirilen D2LogTAY yazılımından farklı ızgara genişliği, yükseklik aralığı, site içinde olup olmama, SES sınıfı, alan aralığı, daire türü parametreleri seçilerek veri kaydedici dağılımları hesaplanabilmektedir. Sırasıyla 1000 metre ızgara aralığına göre oluşan kırılım sayıları aşağıdaki **Görsel 4.4**’de gösterilmiştir. Her bir ızgara içerisindeki etmen sayısına göre ihtiyaç duyulan adete göre veri kaydedici cihaz kurulabilir ve ölçümler yapılabilir.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1.																			
2.					1	2	1												
3.					5	10	9	20	12		5	2							
4.					2	1	11	17	10		1	2							
5.							1												
6.							2	8	1		1								
7.					1		12	16	16	13	5								
8.			3	1	2	5	9	11	16	5	16	3	1						
9.			1		5	12	25	19	15	15	16	7				1	7	2	
10.					9	8	13	20	29	18	21	19	5			4		3	
11.							7	12	19	16	14	20	8			2			
12. 1																			

Görsel 4.4. Isparta 1000 metrelik Izzaralara Göre Farklı Karar Ağacı Kırılımları

4.2.1.7. Sosyo-ekonomik seviye (SES) haritası

Isparta ili merkez ilçesine ait mahalle seviyesindeki sosyo-ekonomik seviye statüsünü gösteren harita aşağıdaki şekilde **Görsel 4.5** verilmiştir. Çalışma alanındaki hedef sitedeki tüm veri kaydediciler aynı mahallede ve C2 SES statüsünde olduğu için bu çalışmada parametre olarak eklenmemiştir.



Görsel 4.5. Isparta Merkez Sosyo-Ekonomik Seviyeye Göre Renkli Haritası

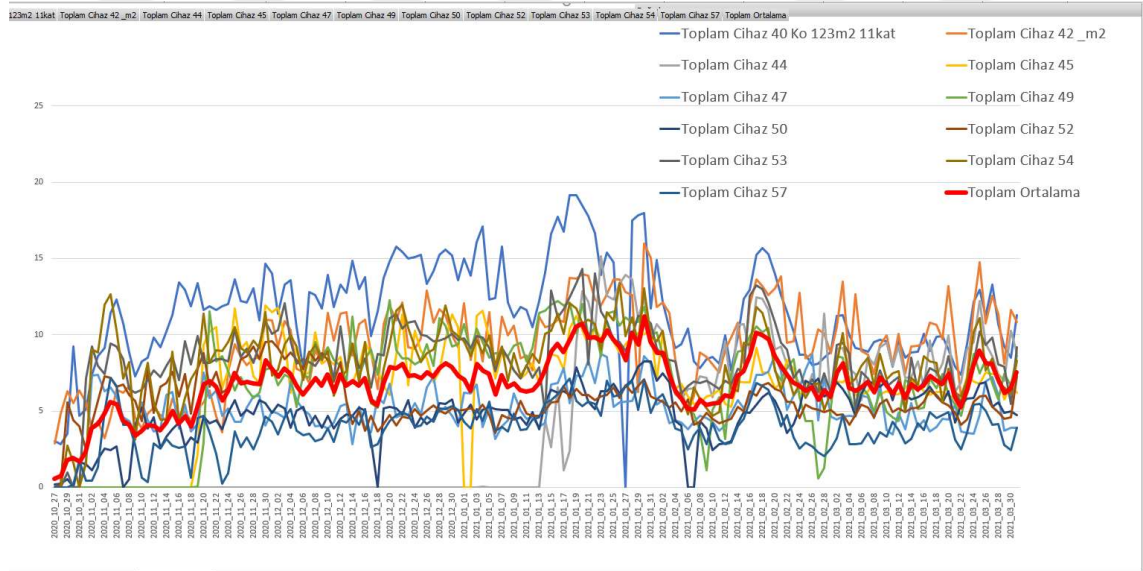
4.2.2. Veri kaydedici tüketim istatistikleri ve ortalama tüketim grafiği

Veri kaydedici cihazlarından gelen veriler Excel programında zaman serisi şeklinde grafik haline getirilmiştir. Ortama tüketime verisi ile diğer veri kaydedici verilerinin karşılaştırıldığında, bazı dairelerin tüketimlerinin ortalamadan farklılaştığı görülmüştür. Bu veriler içindeki sorun olabilecek kayıtlar incelenmiş ve yapılan düzenlemeler aşağıdaki bölümlerde açıklanmıştır. Saatlik tüketim değerlerinin ± 1 SS (mean1sigma kolonu) veya çeyrekler açıklığı içinde (iqr kolonu) kalıp kalmadığı hesaplanmış ve **Tablo 4.7**'de verilmiştir.

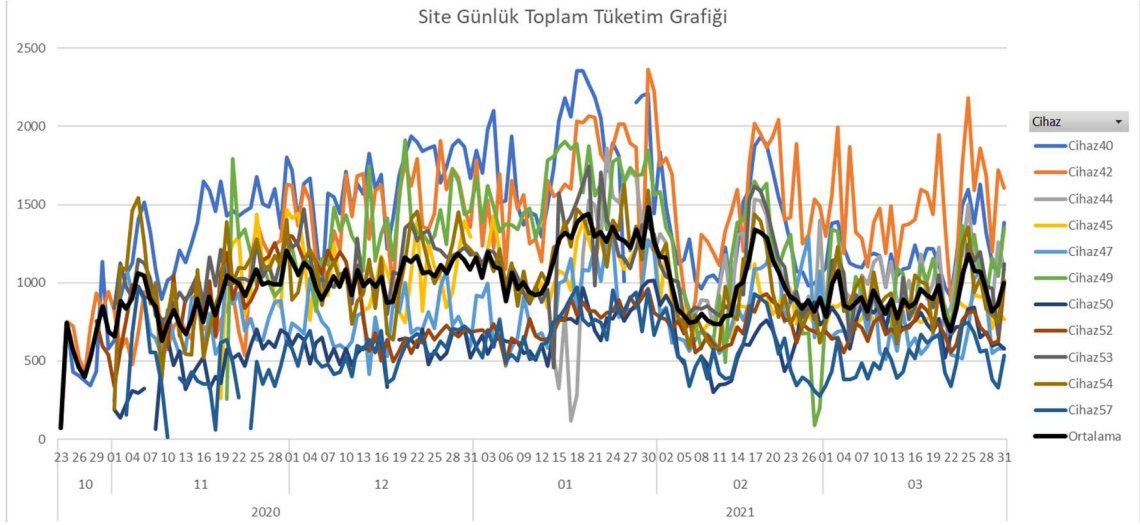
Her bir cihaza ait ve saatlik ortalama tüketimler günlük olarak **Şekil 4.3**'de verilmiştir. Bazı cihazlardaki bazı günlere ait okumaların sıfır olduğu görülmüştür. Bazı cihazların her zaman ortalama üstünde, bazılarının ise her zaman ortalama altında kaldığı görülmüştür. Sezgisel yaklaşımla sıfır olan veriler temizlendikten sonra site ortamındaki sayaçların günlük toplam tüketimleri ve ortalamalar **Şekil 4.4**'de gösterilmiştir.

Tablo 4.7. Cihaz Tüketimlerine Ait Veri İstatistikleri

Cihaz	Ort.	Alt	Üst	S. Sapma	IQR			Q1-	Q3+	Ort.-	Ort. +
Adı	Tüketim	Tük	Tük	(SS)	Q1	Q3	(Q3-Q1)	1.5* IQR	1.5* IQR	SS	SS
Cihaz40	58,61	0	161	33,55	29	83	54	-52	164	25,06	92,17
Cihaz41	232,76	0	476	101,09	184	300	116	10	474	131,67	333,85
Cihaz42	56,75	0	147	31,64	38	80	42	-25	143	25,12	88,39
Cihaz44	21,30	0	135	31,52	0	57	57	-85,5	142,5	-10,22	52,81
Cihaz45	32,72	0	140	20,48	23	45	22	-10	78	12,23	53,20
Cihaz46	181,91	0	419	84,23	180	221	41	118,5	282,5	97,69	266,14
Cihaz47	30,67	0	129	31,25	0	62	62	-93	155	-0,58	61,93
Cihaz49	42,19	0	152	35,45	0	72	72	-108	180	6,74	77,63
Cihaz50	24,02	0	520	16,85	15	33	18	-12	60	7,17	40,86
Cihaz51	6,78	0	31	6,08	1	11	10	-14	26	0,70	12,85
Cihaz52	31,35	0	123	13,43	25	38	13	5,5	57,5	17,92	44,77
Cihaz53	41,42	0	117	26,00	20	60	40	-40	120	15,42	67,41
Cihaz54	39,89	0	170	33,01	6	64	58	-81	151	6,89	72,90
Cihaz55	29,68	0	420	51,48	0	48	48	-72	120	-21,81	81,16
Cihaz57	21,50	0	81	17,64	3	34	31	-43,50	80,50	3,86	39,14
Cihaz58	48,02	0	137	23,83	41	62	21	9,50	93,50	24,19	71,85
Cihaz59	1,89	0	82	5,82	0	1	1	-1,50	2,50	-3,92	7,71
Cihaz60	64,64	0	181	24,85	44,75	79	34,25	-6,63	130,38	39,80	89,49



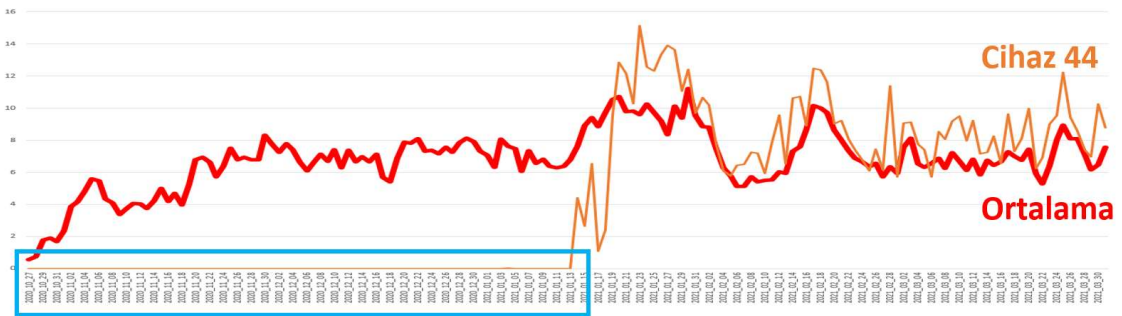
Şekil 4.3. Tüm Veri Kaydedici Cihazları Tüketim Grafiği



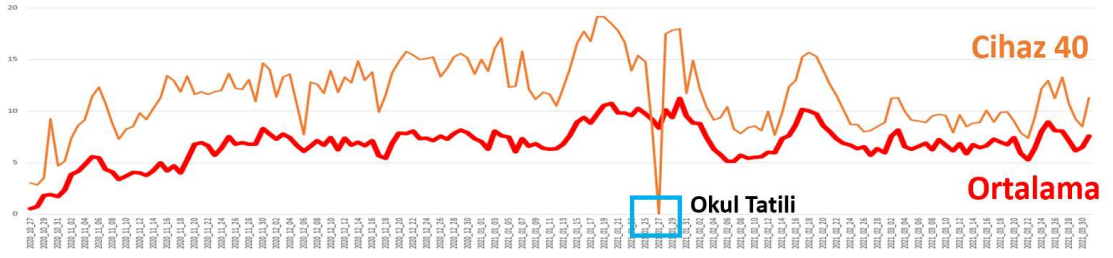
Şekil 4.4. Temizlenmiş Verilere Göre Hedef Site Tüketimleri

4.2.3. Veri kaydedici verilerdeki düzensizlikler

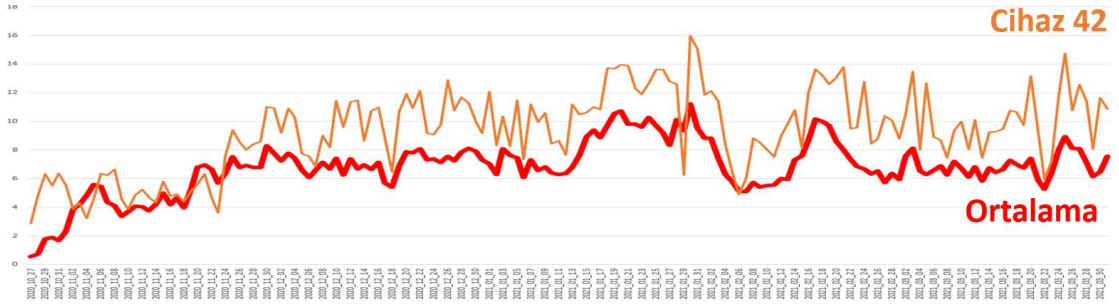
Yöntem kısmında belirtildiği gibi temin edilen tüketim verileri denetlenmiş ve düzenlenmiş ve birleştirilmiştir. Öncelikle çoğu dairenin 10. aydaki tüketiminin olmadığı veya düzensiz olduğu, bu nedenle Kasım-Nisan ayları arasındaki veriler ile daha sağlıklı analizler yapılabileceği görülmüştür. Ayrıca bazı dairelerin verilerinin eksik olduğu, bunun sebebi ilgili cihazların ölçüm yapmamış olabileceği veya abonenin yeni taşınmış olabileceği (bkz. Şekil 4.5) düşünülmüştür. Bazı aboneleri okul tatilinde (Şekil 4.6), bazı abonelerin yılbaşı tatilinde tüketimlerinin olmadığı tespit edilmiştir. Ortalama tüketime yakın bir sayaç (Şekil 4.7) ve ortalama tüketimle farklılaşan bir sayaca (Şekil 4.8) ait tüketim kayıtları görülmektedir.



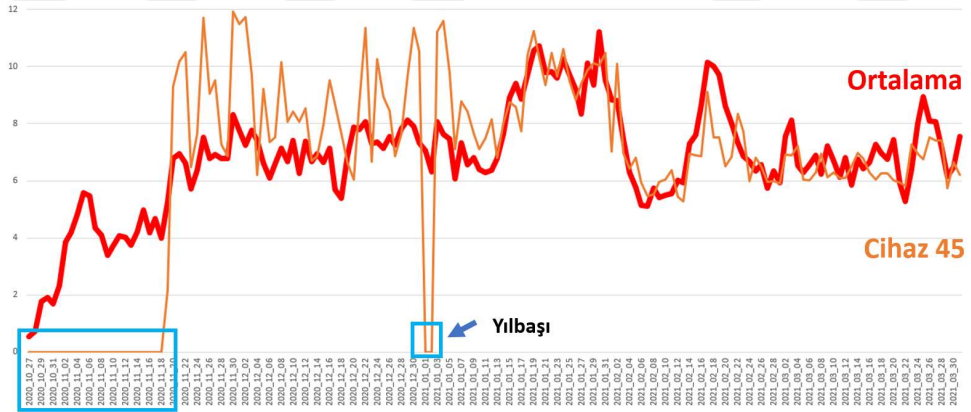
Şekil 4.5. Eksik Veri Örneği: Yeni Taşınmış Abone Durumu



Şekil 4.6. Okul Tatiline Denk Gelen Sıfır Tüketimli Kayıtlar

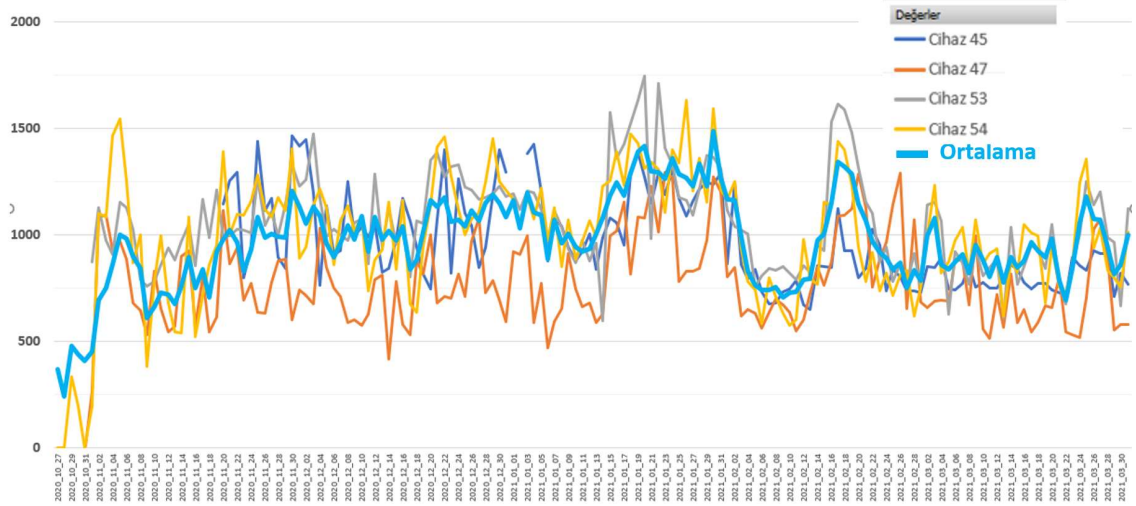


Şekil 4.7. Ortalama Tüketime Benzeyen Cihaz Verileri

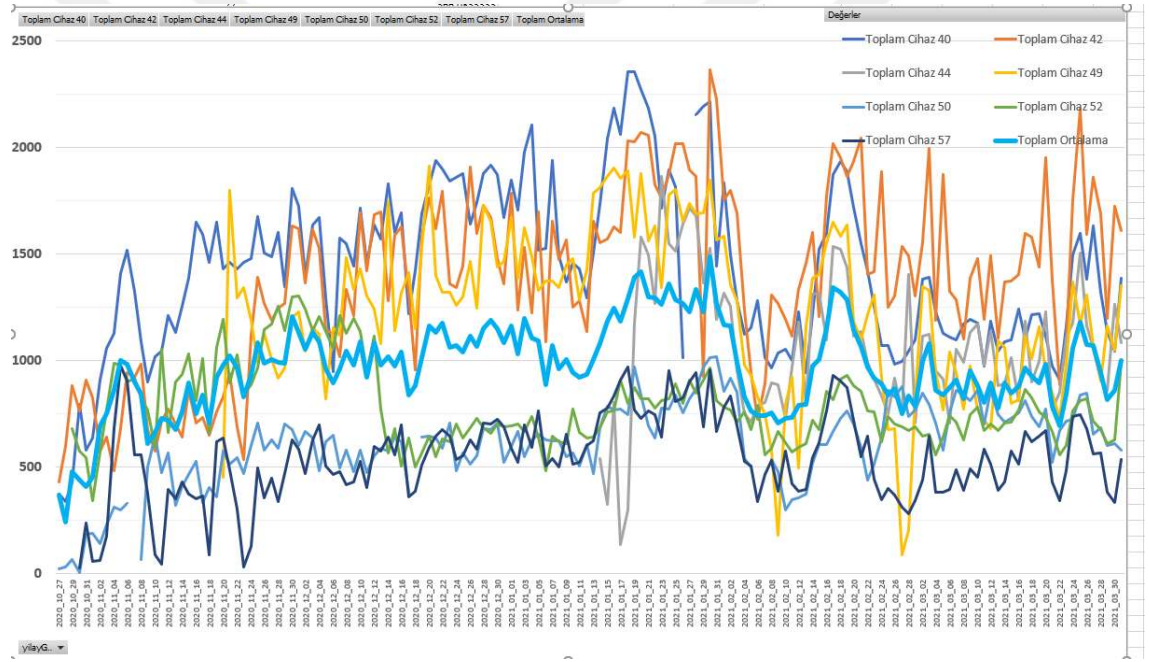


Şekil 4.8. Ortalama Tüketimden Farklılaşan Veri Kaydedici Tüketim Verileri

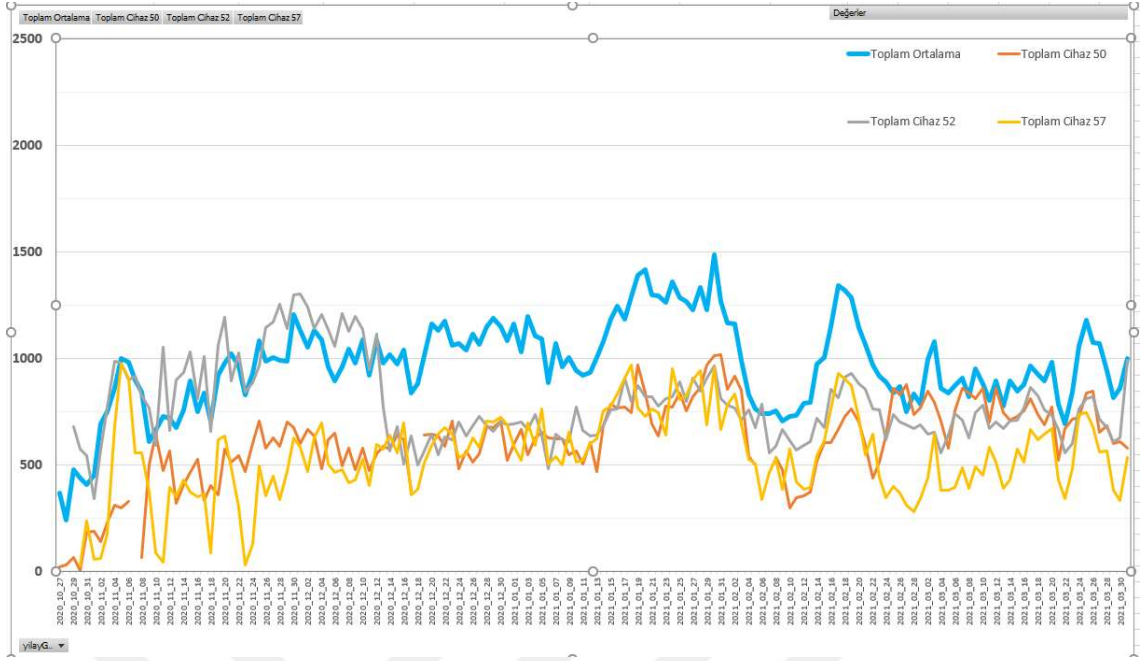
Ortalama tüketime yakın olan sayaçlar (Cihaz 45, 47, 53 ve 54) (Şekil 4.9) ve uzak olan sayaçlara (Cihaz 40, 42, 44, 49, 50, 52, 57) (Şekil 4.10) ait grafikler hazırlanmıştır. Şekil 4.11 ve Şekil 4.12’de ise sırasıyla ortalama tüketim altında kalan sayaçlar (Cihaz 50, 52, 57) ve ortalama tüketim üstünde kalan sayaçlar (Cihaz 40, 42) verilmiştir.



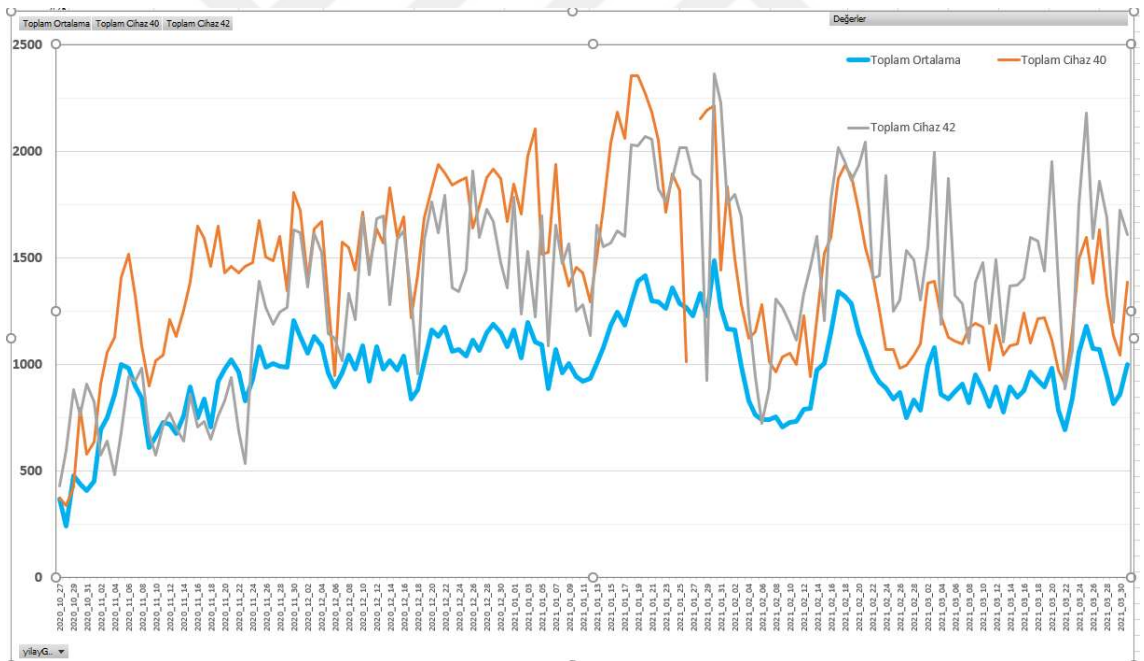
Şekil 4.9. Ortalama Tüketime Benzer Tüketimler



Şekil 4.10. Ortalama Tüketimden Farklılaşan Veriler



Şekil 4.11. Ortalama Tüketim Altındaki Aboneler



Şekil 4.12. Ortalama Tüketimin Üstünde Olan Tüm Aboneler

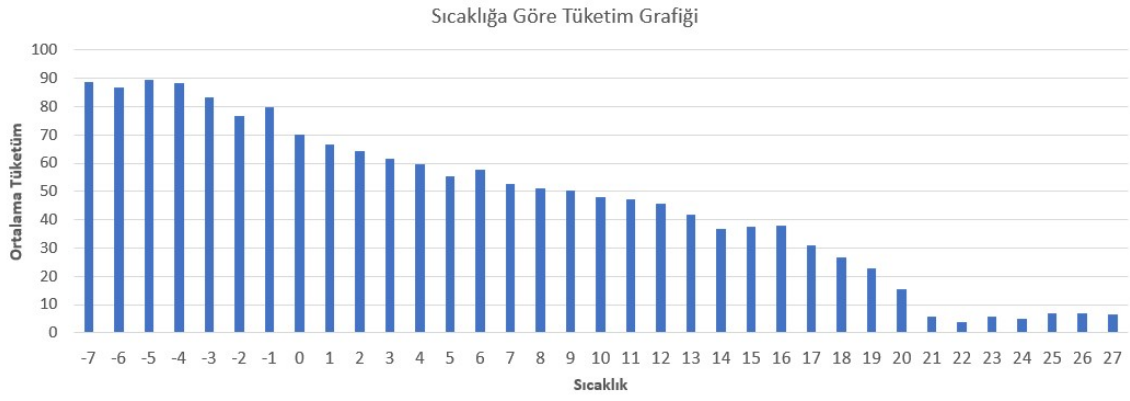
4.2.4. Değişken verilere göre tüketim profilleri

Çalışmanın bu bölümünde veri kaydedici cihazlarından alınan tüketim verileri meteorolojiden alınan verilere ve daire özelliklerine göre değişken profiller aşağıdaki bölümlerde verilmiştir. Meteorolojiden alınan saatlik değişim gösteren sıcaklık, basınç,

nem ve rüzgâr hızı verileri ve gün, saat, hafta verilerine göre tüketim profilleri bu kısımda verilmiştir.

4.2.4.1. Sıcaklığa göre tüketim profili

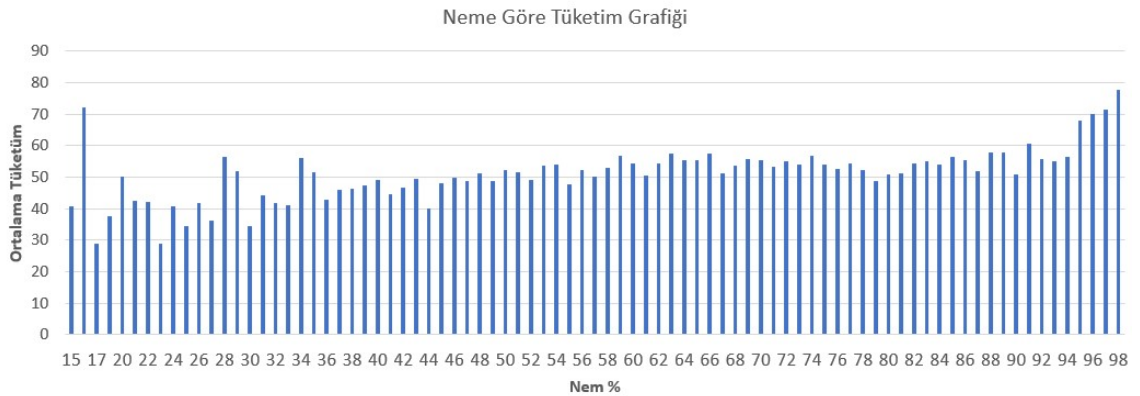
Sıcaklığa göre ortalama tüketim grafiği **Şekil 4.13** da verilmiştir. Bu şekle göre tüketimin sıcaklıkla arttıkça ters orantılı olarak azaldığı görülmektedir. Isparta'nın, Türkiye için literatürde kabul edilen temel ısıtma sıcaklığı olan 19 dereceden değil, 20 dereceden itibaren ısıtma amaçlı kullanımı olduğu, 20 derece üstündekilerin ise yaklaşık sabit gittiği için sıcak su kullanımına bağlı tüketim olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.13. Sıcaklığa Göre Tüketim Değişimi

4.2.4.2. Neme göre ortalama tüketim profili

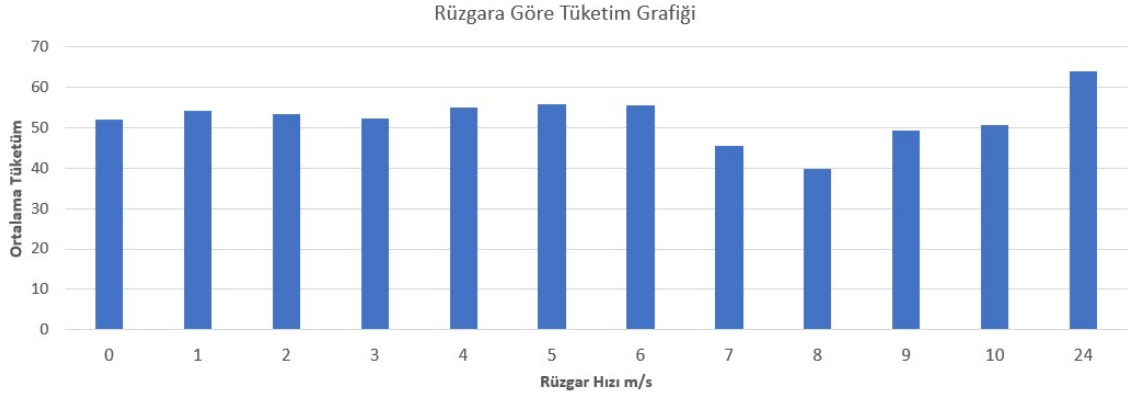
Neme bağlı ortalama tüketim grafiği **Şekil 4.14**da verilmiştir. Bu şekle göre tüketimin sıcaklıkla arttıkça ters orantılı olarak azaldığı görülmektedir.



Şekil 4.14. Bağıl Nem Yüzdesine Göre Tüketim Değişimi

4.2.4.3. Rüzgâr hızına göre ortalama tüketim profili

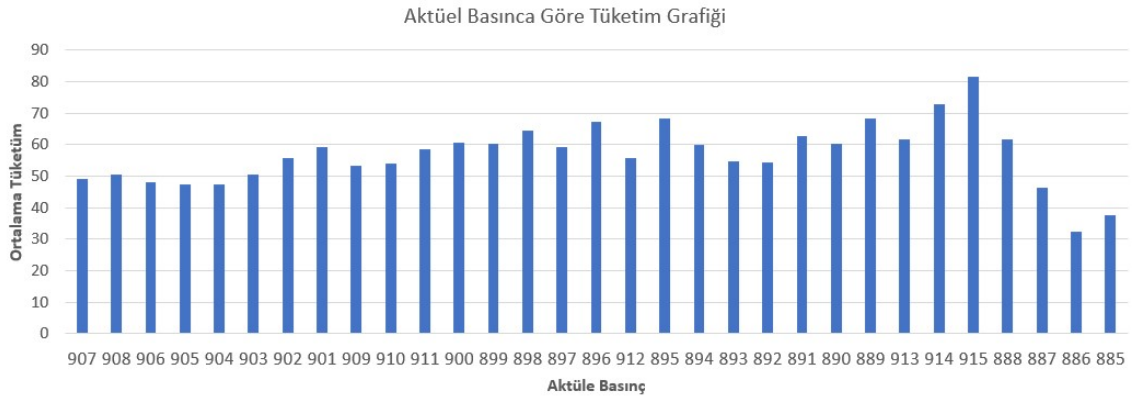
Rüzgâr hızı ile ortalama tüketim değerlerinin grafiği Şekil 4.15’de verilmiştir. Bu grafiğe göre tüketimin 0-6 m/s hızlarda tüketimin rüzgâr hızına bağlı olmadığı, 6m/s den büyük hızlarda tüketimin biraz azaldığı, 8 m/s den sonra doğrusal şekilde arttığı ve 24 m/s de ortalamanın üstüne çıktığı görülmüştür.



Şekil 4.15. Rüzgâr Hızına Göre Ortalama Tüketim Değişimi

4.2.4.4. Güncel basınca göre ortalama tüketim profili

Güncel basınca göre ortalama tüketim grafiği Şekil 4.16’de verilmiştir. Tüketimin basınç arttıkça hafif bir şekilde arttığı trend eğrisinden görülmektedir.

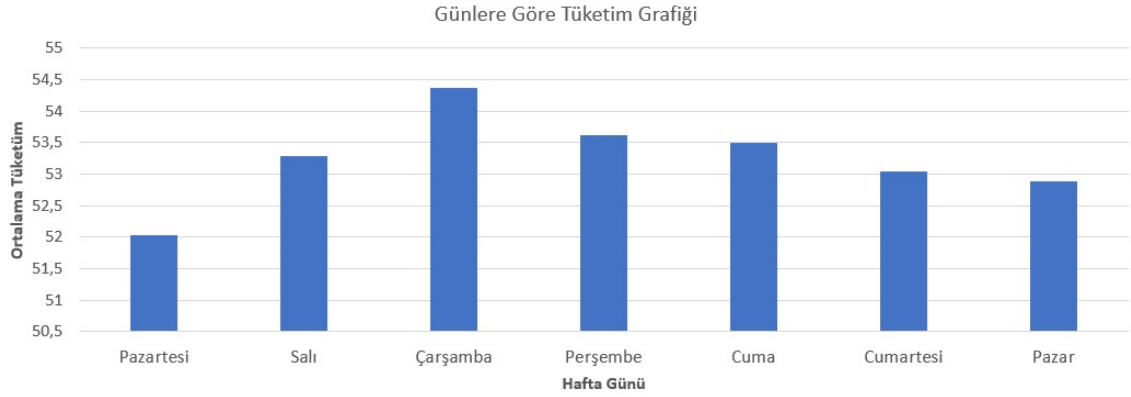


Şekil 4.16. Güncel Basınca (hPa) Göre Tüketim Değişimi

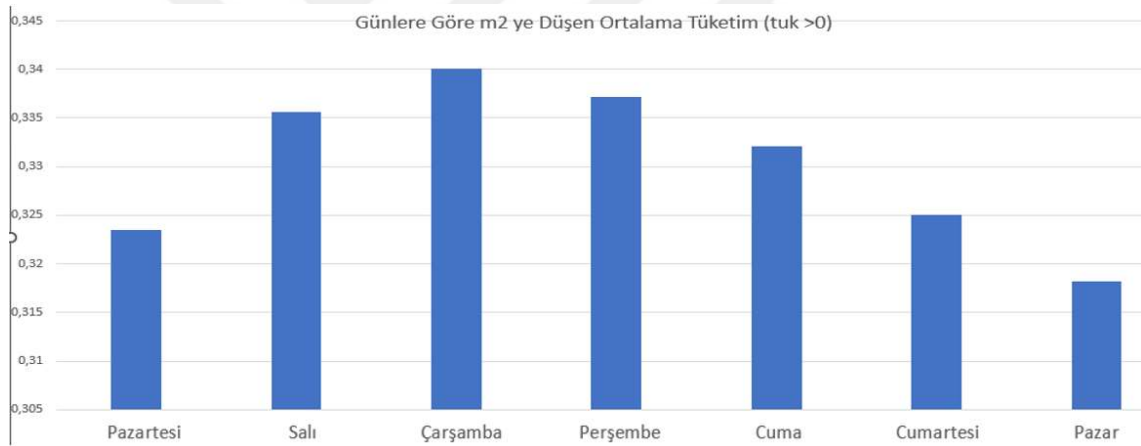
4.2.4.5. Günlere göre ortalama tüketim profili

Haftanın günlerine göre tüketim grafikleri çıkarıldığında ise Şekil 4.17 ve Şekil 4.18 sırasıyla ortalama tüketimin ve m² başına düşen tüketimin değişimi görülmektedir.

Buna göre en çok tüketim çarşamba ve perşembe günleri olduğu, en düşük günün pazar ve pazartesi günleri olduğu gözlemlenmiştir.



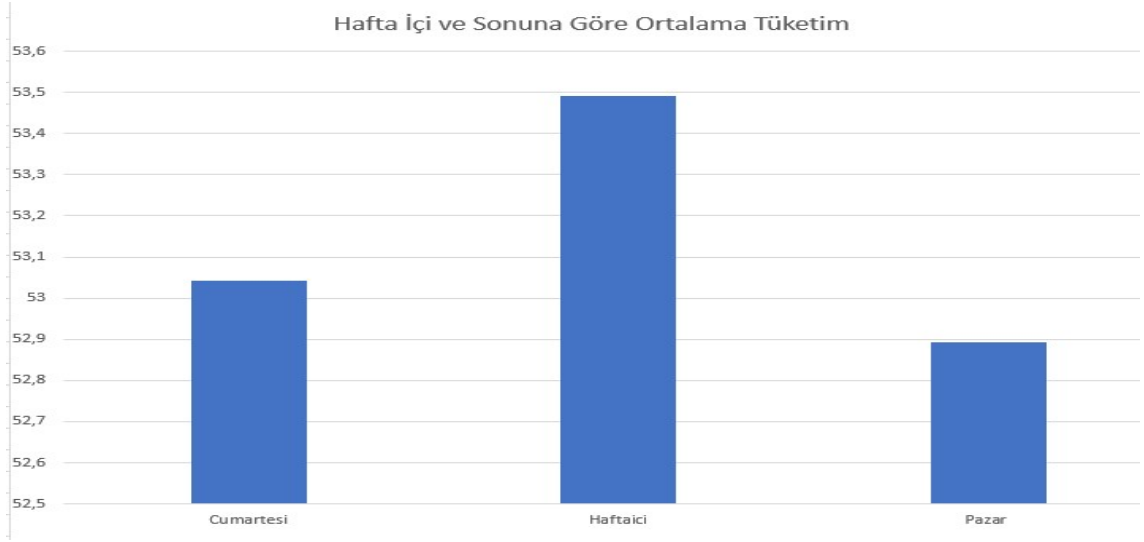
Şekil 4.17. Haftanın Günlerine Göre Ortalama Tüketim Değişimi (Sıfır Hariç)



Şekil 4.18. Haftanın Günlerine Göre m² Alana Düşen Ortalama Tüketim Değişimi

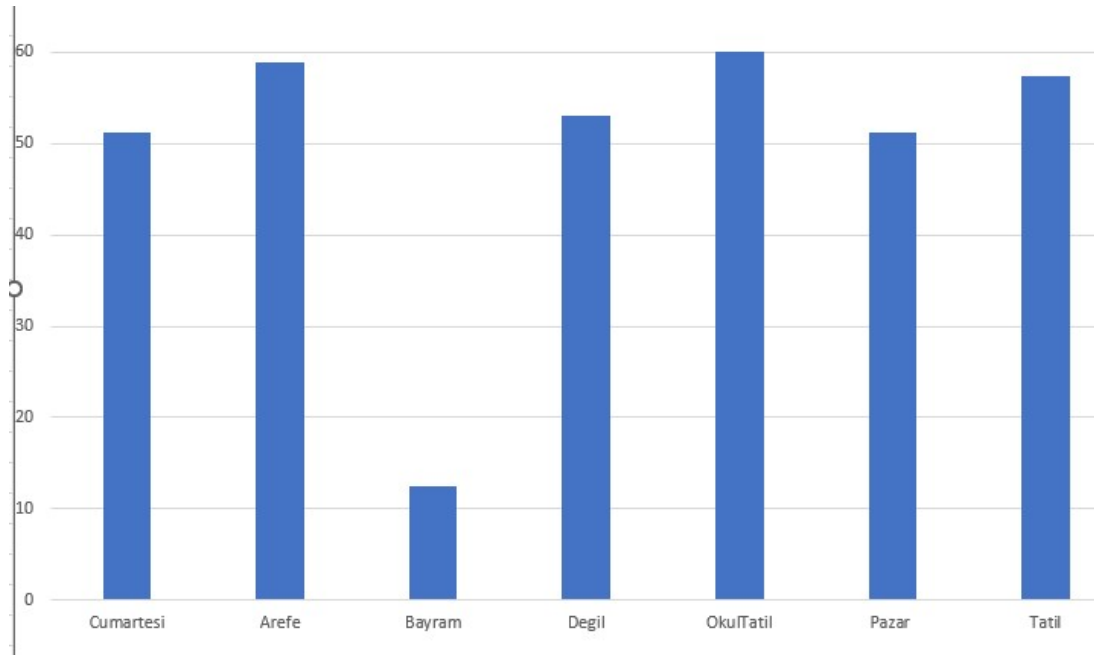
4.2.4.6. Hafta içi, hafta sonu ve tatil tüketim profili

Hafta içi ve Cumartesi ve Pazar günlerine göre tüketim **Şekil 4.19** de verilmiştir. Buna göre hafta sonu tüketimin hafta içine göre daha az olduğu, hafta sonu ise en az Pazar günü tüketimin olduğu görülmüştür. Tüketimin sıfırdan büyük olduğu günler ve m² başına tüketim grafiklerinin sırasıyla verildiği de tüketim düzeninin aynı şekilde çıktığı görülmüştür.



Şekil 4.19. Hafta İçi ve Hafta Sonu Günlerine Göre Ortalama Tüketim Değişimi

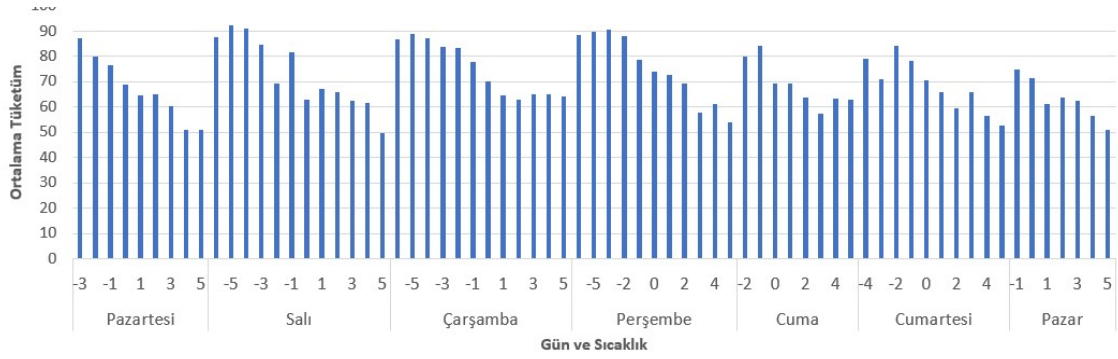
Takvim günlerinin bayram, arife, Cumartesi, Pazar, okul tatili ve diğer tatillere göre grafikler hazırladığında, en düşük tüketimin bayramda, en yüksek tüketimin Okul tatilinde, sonra sırasıyla arife günü, diğer tatil günlerinde olduğu **Şekil 4.20** de görülmektedir.



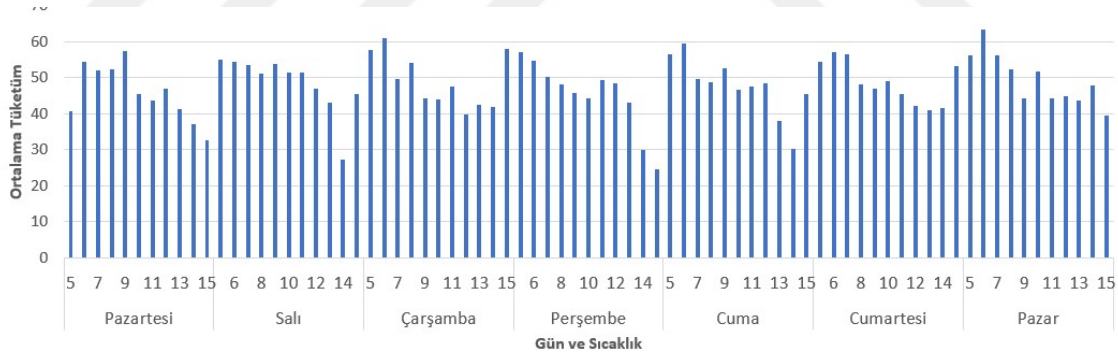
Şekil 4.20. Bayram, Okul Tatili ve Diğer Tatillere Göre Tüketim Değişimi

4.2.4.7. Günlere ve sıcaklığa göre ortalama tüketim profili

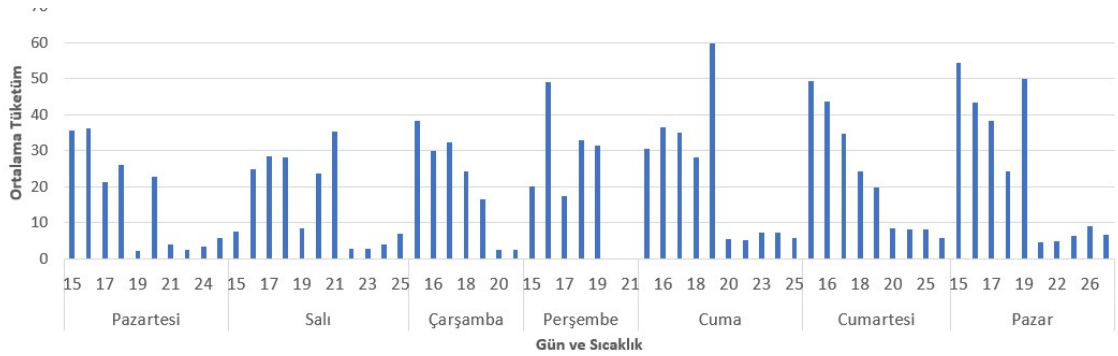
Günlere ve hava sıcaklığına ($t < 5^{\circ}\text{C}$, $5^{\circ}\text{C} < t < 15^{\circ}\text{C}$ ve $t > 15^{\circ}\text{C}$) bağlı olarak günlük ortalama tüketimlerin verildiği Şekil 4.21, Şekil 4.22 ve Şekil 4.23 incelendiğinde sıcaklık yükseldikçe tüketimin azalmasına rağmen, 5°C 'nin altındaki tüketimlerin Cuma-Cumartesi ve Pazar günlerinde farklılaştığı, 5°C - 15°C aralığında Çarşamba, Cumartesi ve Pazar günleri, 15°C üstündeki günler için ise 19 derece ve üstündeki derecelerde Cuma, Cumartesi ve Pazar günlerinin farklılaştığı görülmüştür.



Şekil 4.21. Gün ve Sıcaklığa Göre Tüketim Değişimi ($\text{Sıcaklık} \leq 5^{\circ}\text{C}$)



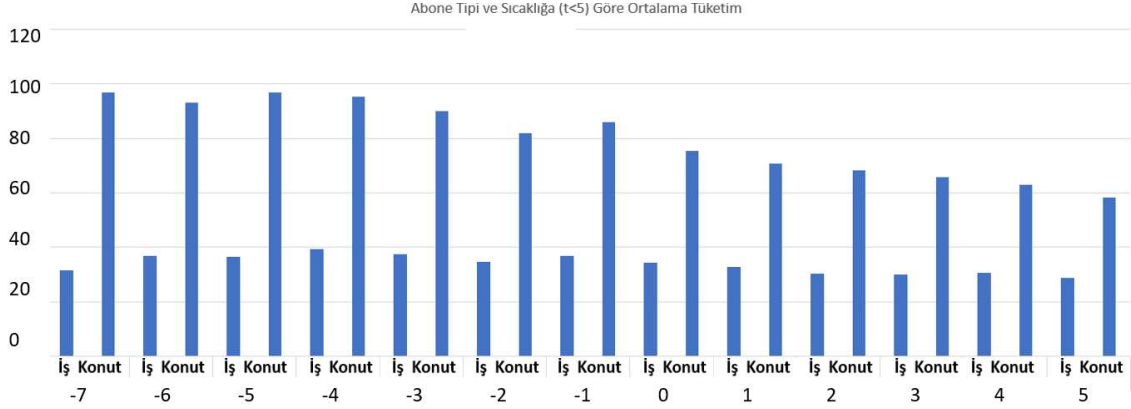
Şekil 4.22. Gün ve Sıcaklığa Göre Tüketim Değişimi ($5^{\circ}\text{C} \leq \text{Sıcaklık} \leq 15^{\circ}\text{C}$)



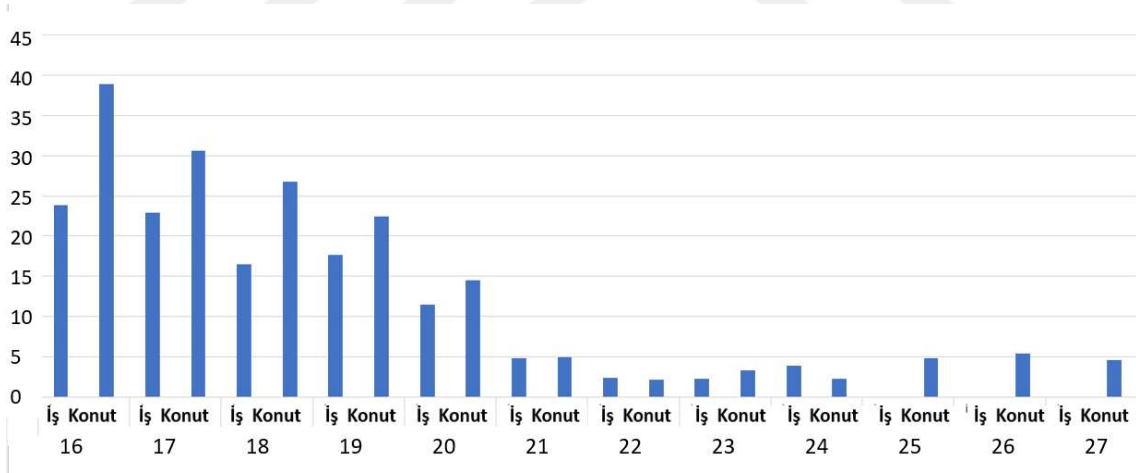
Şekil 4.23. Gün ve Sıcaklığa Göre Tüketim Değişimi ($\text{Sıcaklık} > 15^{\circ}\text{C}$)

4.2.4.8. Abone türü ve sıcaklığa göre ortalama tüketim profili

Abonelerin, İşyeri ve Konut türlerine göre oluşturulan sıcaklığa bağlı tüketimin verildiği **Şekil 4.24** ve **Şekil 4.25** grafiklerde işyerlerinin tüketimin 5 °C küçük olduğu durumda çok değişmediğinin, fakat konut abonelerinin tüketiminin ısı düştükçe arttığının, 15 °C yüksek sıcaklarda ise de gidere sıcaklıkla bağlantılı olarak düştükleri gözlemlenmiştir.



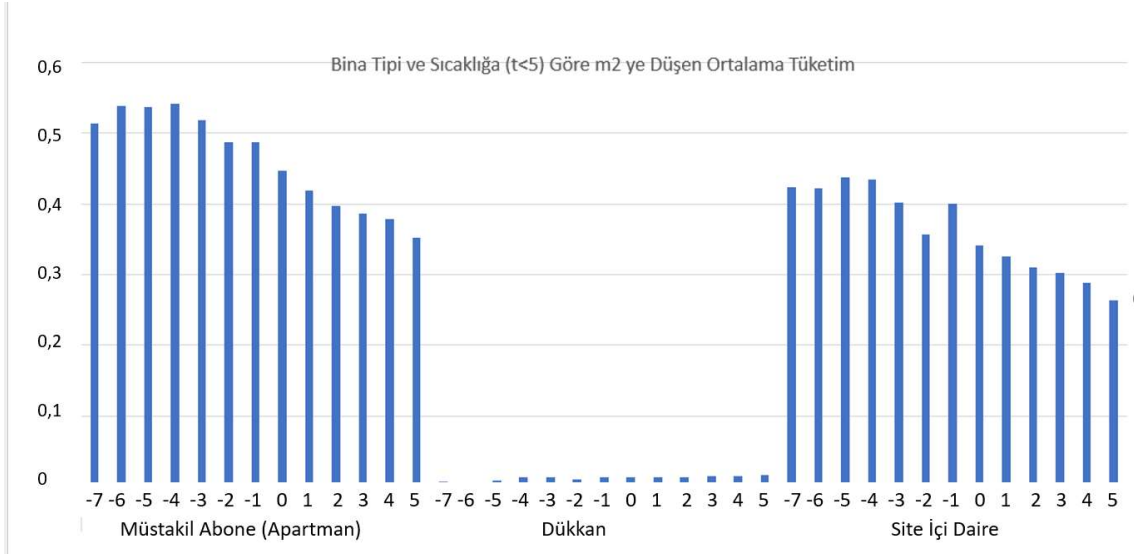
Şekil 4.24. Abone Türü ve Sıcaklığa Göre Tüketimler (Sıcaklık ≤5)



Şekil 4.25. Abone Türü ve Sıcaklığa Göre Tüketimler (Sıcaklık >15)

4.2.4.9. Bina türü ve sıcaklığa göre ortalama tüketim profili

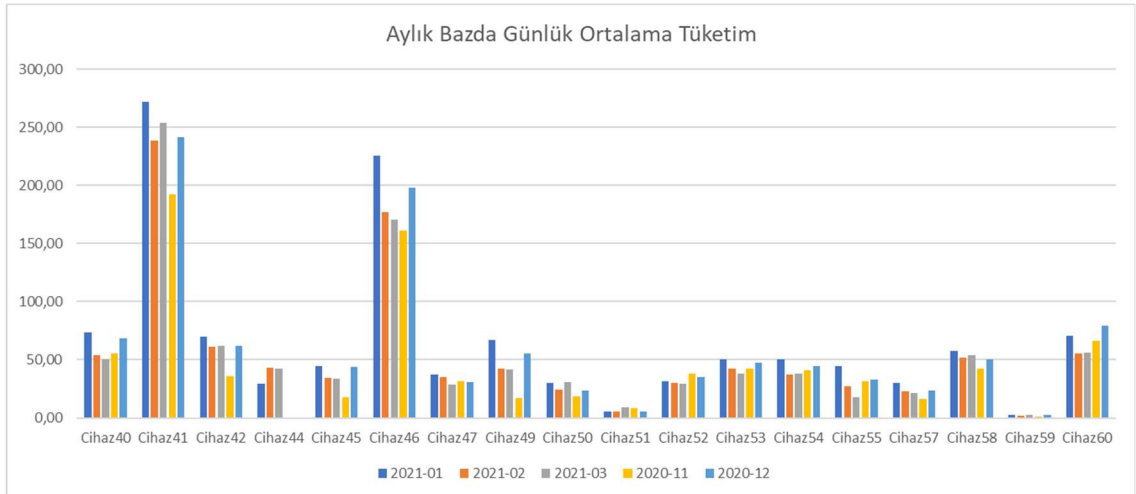
Müstakil konut (apartman), işyeri/dükkan ve apartman dairesi (site) bina türlerine göre alan (m²) başına düşen tüketim grafiği çıkarılmıştır. **Şekil 4.26**'de görüldüğü gibi, dükkanların düşük sıcaklıklarda dahi tüketiminin çok düşük olduğu, 4 cepheli müstakil konut tüketiminin, site içindeki daire tüketimine göre daha yüksek olduğu görülmüştür.



Şekil 4.26. Bina Türü ve Sıcaklığa Göre Veri Kaydedici Tüketim Grafiği (T<5C)

4.2.4.10. Dairelerin aylık ortalama tüketimi

Cihazlardaki aylık olarak günlük ortalama tüketime bakıldığında Şekil 4.27 de görüleceği gibi en çok Ocak ayında, sonrasında sırasıyla Şubat, Aralık ve Mart aylarında, en az tüketimin ise Kasım ayında olduğu gözlemlenmiştir.



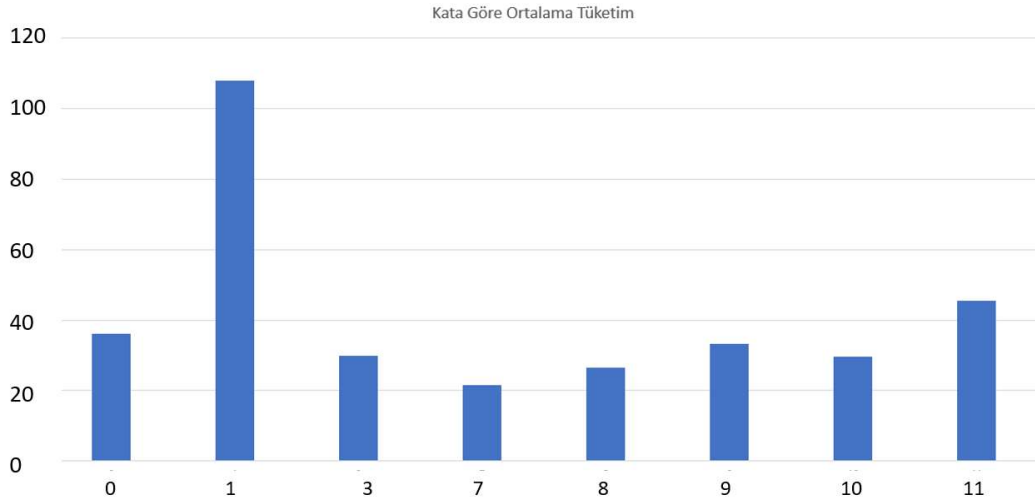
Şekil 4.27. Cihazların Günlük Ortalama Tüketimlerinin Aylara Göre Dağılımı

4.2.5. Kategorik verilere göre tüketim profilleri:

Cephe, kat, gibi cihaz bazında sabit verilere göre değişen tüketim bilgilerine ait grafikler bu bölümde verilmiştir.

4.2.5.1. Kata göre ortalama tüketim profili

Katlara göre en büyük ortalama tüketim 1. kat, sonra sırasıyla 11 ve zemin kat olarak çıkmıştır (bakınız **Şekil 4.28**). 0 ve 1. kat arasında ise 3 kattan fazla tüketim farkı olduğu da gözlemlenmiştir.



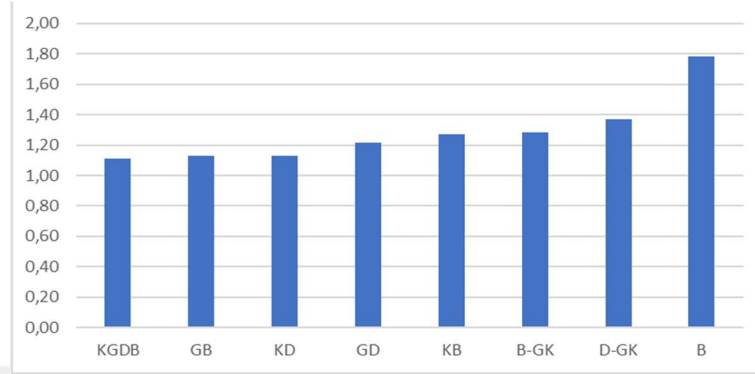
Şekil 4.28. Katlara Göre Veri Kaydedici Tüketim Grafiği

4.2.5.2. Cephelere göre ortalama tüketim profili

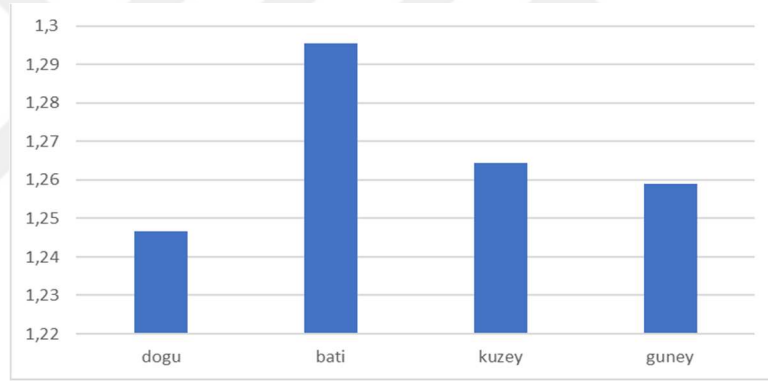
Cephelere göre metre kare başına ortalama tüketim grafiği **Şekil 4.29** de verilmiştir. Bu grafiğe göre en çok tüketim batı cepheli dairelerde, sonrasında doğu-kuzey-güney ve batı-kuzey-güney cepheli dairelerde oluşmuştur. En düşük tüketim 4 cepheli apartman dairesi/müstakil konutlarda, ardından güney batı ve kuzey doğu cepheli apartman dairelerinde gerçekleşmiştir.

Cephelerin tek tek ayrıldığı durumdaki tüketimler **Şekil 4.30**'de m² ye düşen ortalama tüketimde şeklide verilmiştir. Bu grafiğe göre batı cephe en yüksek tüketime sahip, ardından kuzey cephe gelmekte, doğu cephe ise en düşük tüketime sahip olduğu görülmektedir.

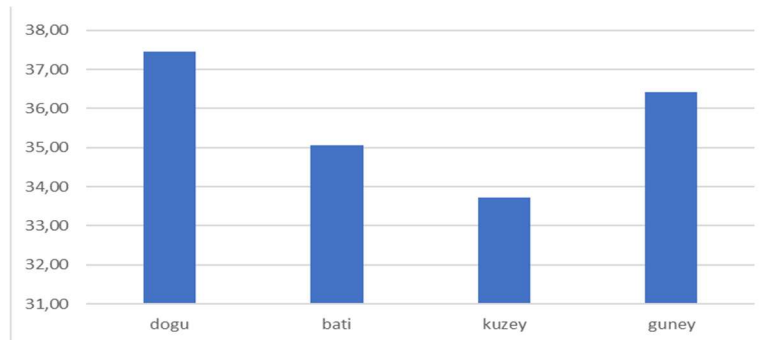
Hedef site bazında baktığımızda ise **Şekil 4.31** de doğu ve güney cepheler, kuzey ve batı cephelere göre daha yüksek tüketim yapmakta olduğu görülmektedir.



Şekil 4.29. Daire Cephesine Göre Tüketimler



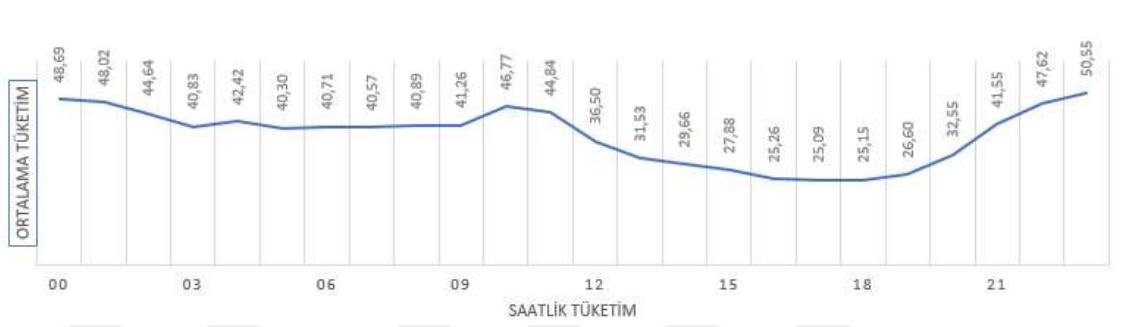
Şekil 4.30. Tekil Cephelere Göre m²'ye Düşen Ortalama Tüketimler



Şekil 4.31. Sitedeki Cihazlarda Tekil Cephelere Göre Ortalama Tüketimler

4.2.6. Site/Apartman içi mesken tüketim profili

Meskenlerde tüm dairelerin ortalama saatlik ve aylara göre saatlik tüketim profilleri hazırlanmıştır. Saatlik ortalama tüketim **Şekil 4.32**de verilmiştir. Bir kuş kanadını andıran grafikte öğlen 10-11’de ve gece 22-02 arasında tüketim artmakta, öğleden sonra ise düşmektedir.



Şekil 4.32. Meskenler İçin Saatlik Ortalama Tüketim Profili

Aylık olarak saatlik tüketim grafiği ise **Şekil 4.33** de verilmiştir. Saatlik tüketimin Ocak ayından, Şubat ortasına kadar geceleri arttığı, diğer aylarda benzer bir eğriye sahip olduğu görülmektedir.



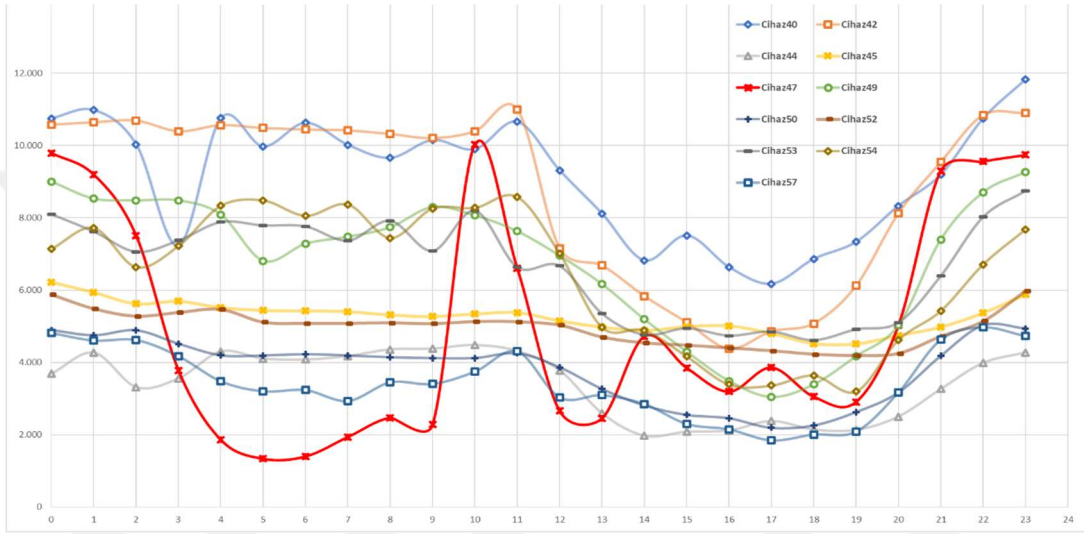
Şekil 4.33. Meskenler İçin Aylara Göre Saatlik Tüketim Profili

4.2.7. Gece, sabah, öğlen, akşam saatlik tüketim profili

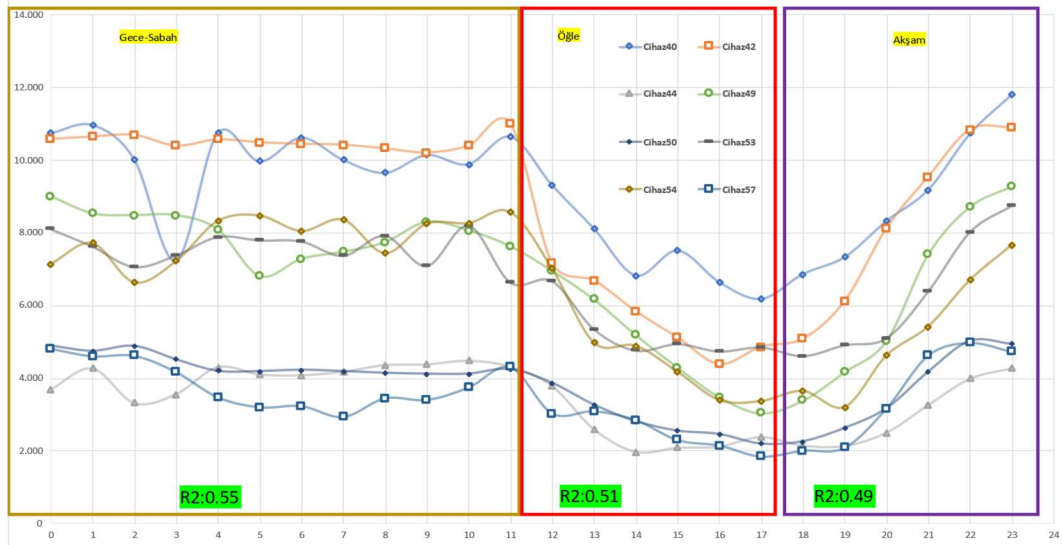
Saatlik tüketim profili site esaslı ve her bir cihaz için incelendiğinde **Şekil 4.34** de görüldüğü gibi birbirine benzeyen profiller ve ayrışan profiller görülmektedir. Tüketimin zaman göre değişmediği, düştüğü, arttığı dilimler kolayca ayırt edilmektedir. Bu grafik incelendiğinde özellikle mesken dairelerinin gece 0 ile gündüz 11’e kadar sabit, 11’den

17'ye kadar düşen eğilimde ve 18'den itibaren gece 24'e kadar yükselen eğilimde bir profil oluşturduğu görülmektedir.

Meskenlerinin tüketimleri benzer profilde olan 40, 42, 44, 49, 50, 53, 54 ve 57 numaralı cihazlar için günün değişik zaman dilimlerine göre tüketim profilleri Şekil 4.35 de verilmiştir. Benzeşen profildeki daireler için veri Gece + Sabah, Öğlen ve Akşam şeklinde üç gruba ayrılmakta olduğu görüldüğünden, veri seti üç parçaya ayrılıp, regresyon analizleri yapılmış ve sırasıyla R2 değerleri 0,55, 0,51 ve 0,49 bulunmuştur.

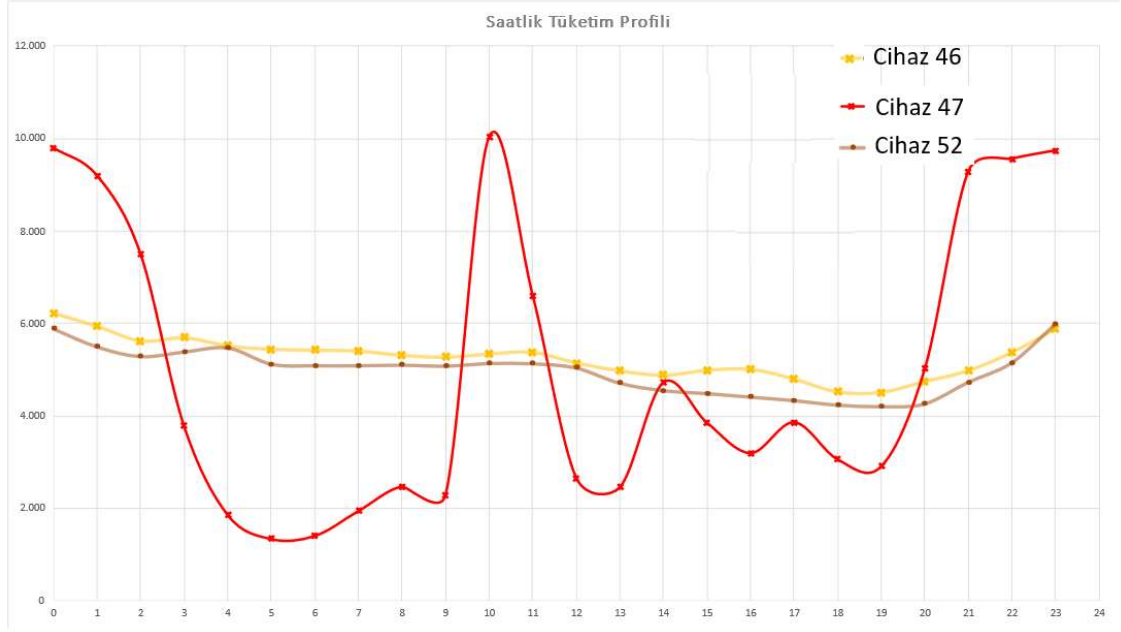


Şekil 4.34. Sitedeki Dairelerin Saatlik Ortalama Tüketim Profili



Şekil 4.35. Meskenlerin Gece, Sabah, Öğlen ve Akşam Tüketimleri Profili

Ayrışan profilde olan 45, 47 ve 52’numaralı cihazlar için **Şekil 4.35** de ve **Şekil 4.36** de verilmiştir. 45 ve 52 numaralı cihazlar neredeyse sabit ve stabil bir tüketime sahipken, 47 numaralı cihaz çok değişken tüketim profil göstermektedir.



Şekil 4.36. Ortalamadan Farklılaşan Meskenlerin Saatlik Tüketim Profili

4.2.8. Müstakil apartman tüketim profili

Müstakil apartman cihazları için 41 ve 46 numaralı cihazların saatlik ve aylara göre saatlik ortalama tüketim profilleri **Şekil 4.37.** ve **Şekil 4.38.** 'de verilmiştir.



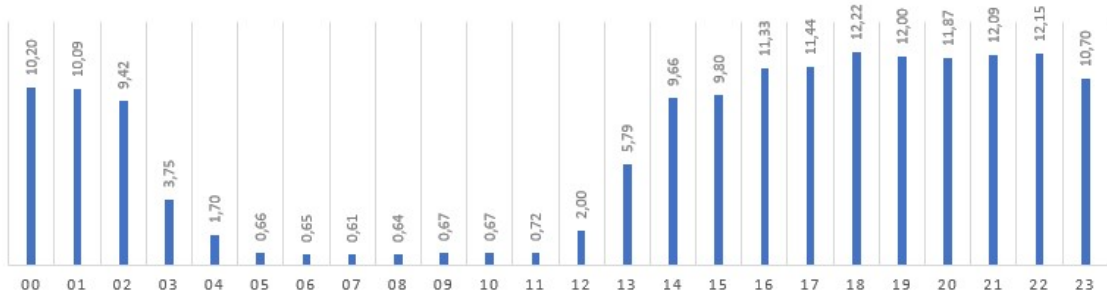
Şekil 4.37. Apartman Türü Aboneler İçin Saatlik Tüketim Profili



Şekil 4.38. Apartman Türü Aboneler İçin Aylara Göre Saatlik Tüketim Profili

4.2.9. İşyeri tüketim profilleri

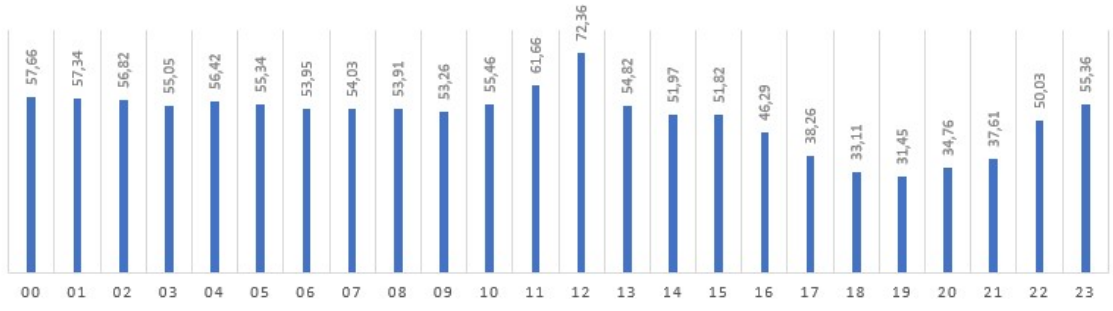
Dükkân (51 numaralı) ve Müstakil İşyeri (58 numaralı) cihazlar için tüketim profilleri ayrı ayrı ve birleşik olarak sırasıyla **Şekil 4.39.** , **Şekil 4.40.** , **Şekil 4.41.** ve **Şekil 4.42.** da verilmiştir. 51 numaralı dükkân profilinde saatlik tüketimler gece 02’den sonra ciddi miktarda azalıp, öğlen 12 ye kadar minimumda gitmektedir. Sonrasında artış trendine girip saat 16 ile gece 02 ye kadar 10-12 bandında gerçekleşmektedir



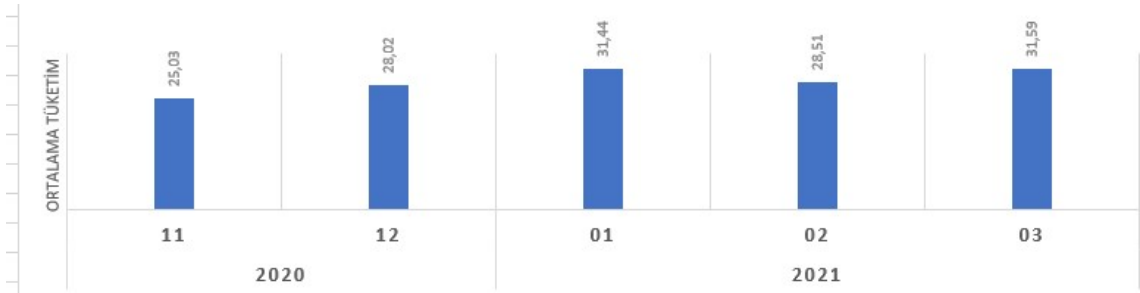
Şekil 4.39. 51 Numaralı Cihaza Ait Dükkân Türü Saatlik Tüketim Profili

58 numaralı cihaz profilinde en yüksek tüketimin öğlen 12 de olduğu, mesken profiline benzer şekilde öğleden sonra azalmakta, gece 22 itibari ile artarak sabah 11’e kadar düz bir çizgi halinde çok değişmeden devam ettiği görülmektedir.

Aylara göre ortalama tüketim incelendiğinde meskenlere benzer şekilde ocak ayında tüketimin arttığı görülmektedir. Mart ayı tüketimi ise meskenlerden farklılaşmaktadır. Mart ayında şubattan daha fazla tüketim yapılmıştır. Aylara göre saatlik grafik incelendiğinde Kasım ve Aralık aylarında, öğleden sonra gece 22 ye kadar U şeklindeki eğri, Ocak, Şubat ve Mart’ta farklılık göstermiştir.



Şekil 4.40. 58 Numaralı Cihaza Ait İşyeri İçin Saatlik Tüketim Profili



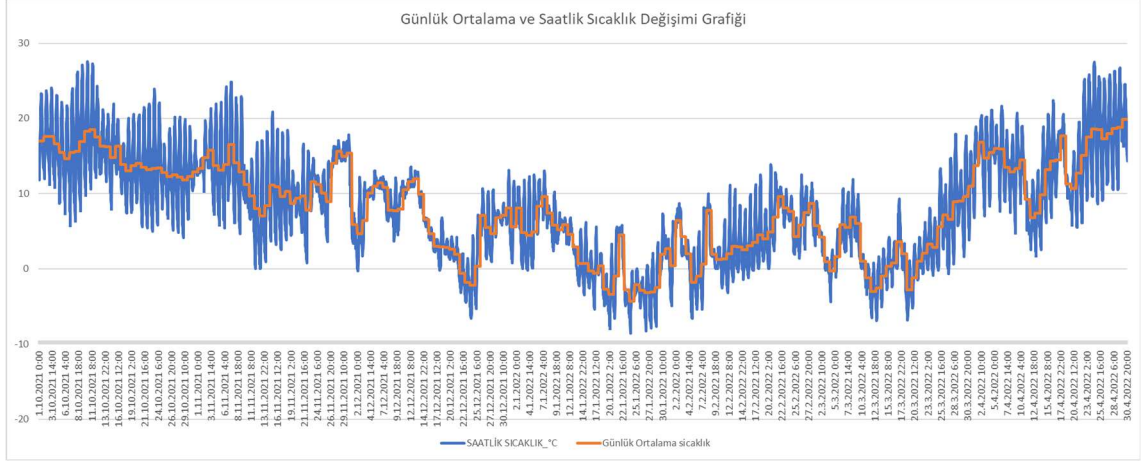
Şekil 4.41. Cihaz 51 ve 58 Aylık Tüketim Profili



Şekil 4.42. Aylara Göre İşyeri Saatlik Tüketim Verisi

4.2.10. Günlük ortalama ve saatlik sıcaklık değişim grafiği

2020 Ekim ayının başından, 2021 Nisan ayı sonuna kadar saatlik sıcaklık verileri ve günlük ortalama sıcaklık veri değişim grafiği Şekil 4.44’de verilmiştir. Bazı günlerde günlük sıcaklık ortalaması ile saatlik sıcaklık arasında çok fazla sapma yok iken, bazı dönemlerde bu fark artmaktadır.



Şekil 4.43. Isparta Saatlik ve Günlük Ortalama Sıcaklık Değişimleri

4.2.11. Veri kaydedici tüketim istatistiklerinin analizi

Veri kaydedici tüketimleri ile sıcaklık, alan, cephe gibi sabit ve sürekli veriler ile birçok analizler yapılarak aralarındaki ilişki tespit edilmiştir.

4.2.11.1. Ortalama tüketimler

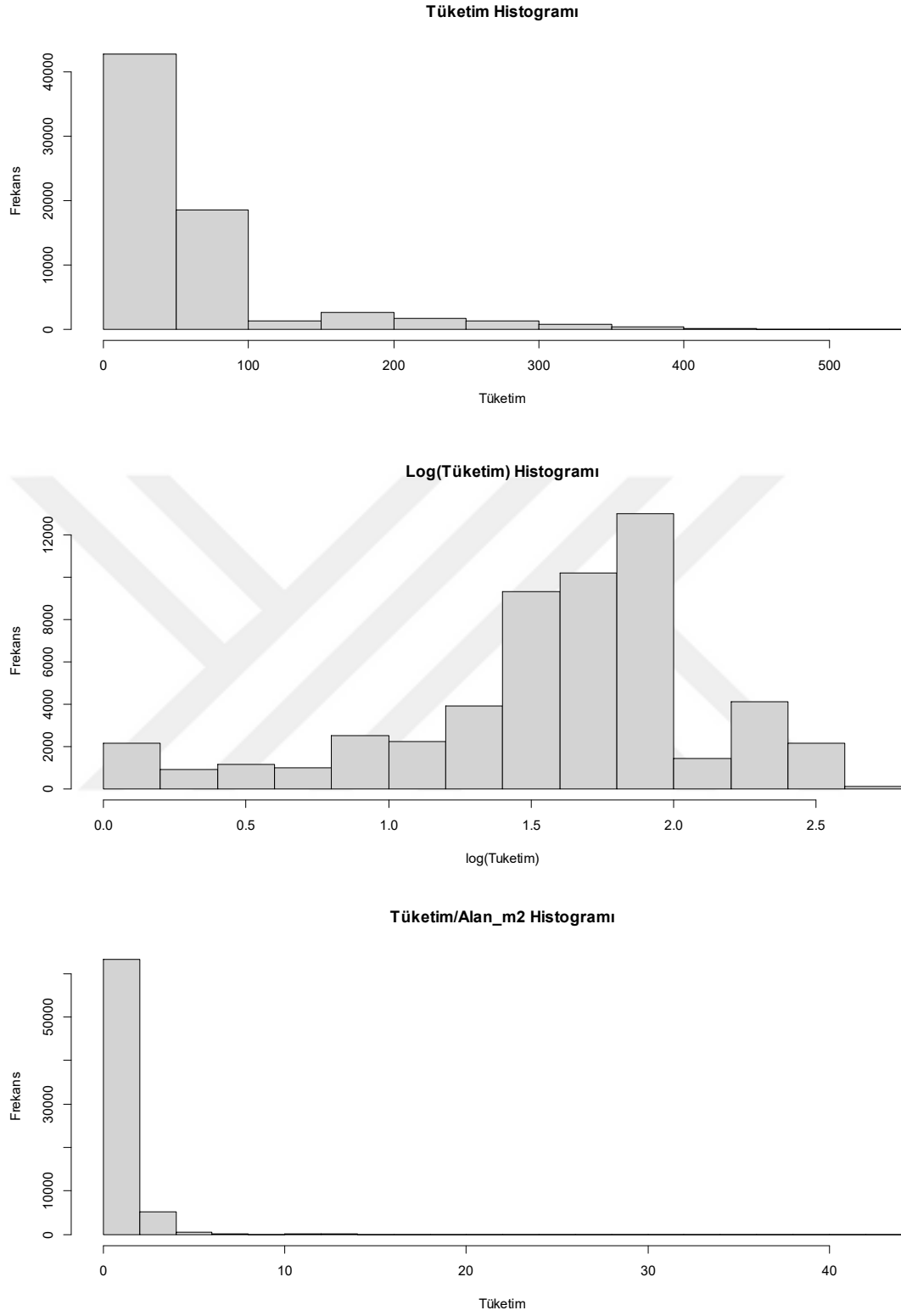
Tüm veriler ve hedef sitedeki ortalama tüketimler ile tüm verideki ve hedef sitedeki verilerdeki tüketimlerin 100 m2 alana göre normalize edilmiş ortalama tüketimleri **Tablo 4.8'**de verilmiştir.

Tablo 4.8. Ortalama Tüketim Değerleri

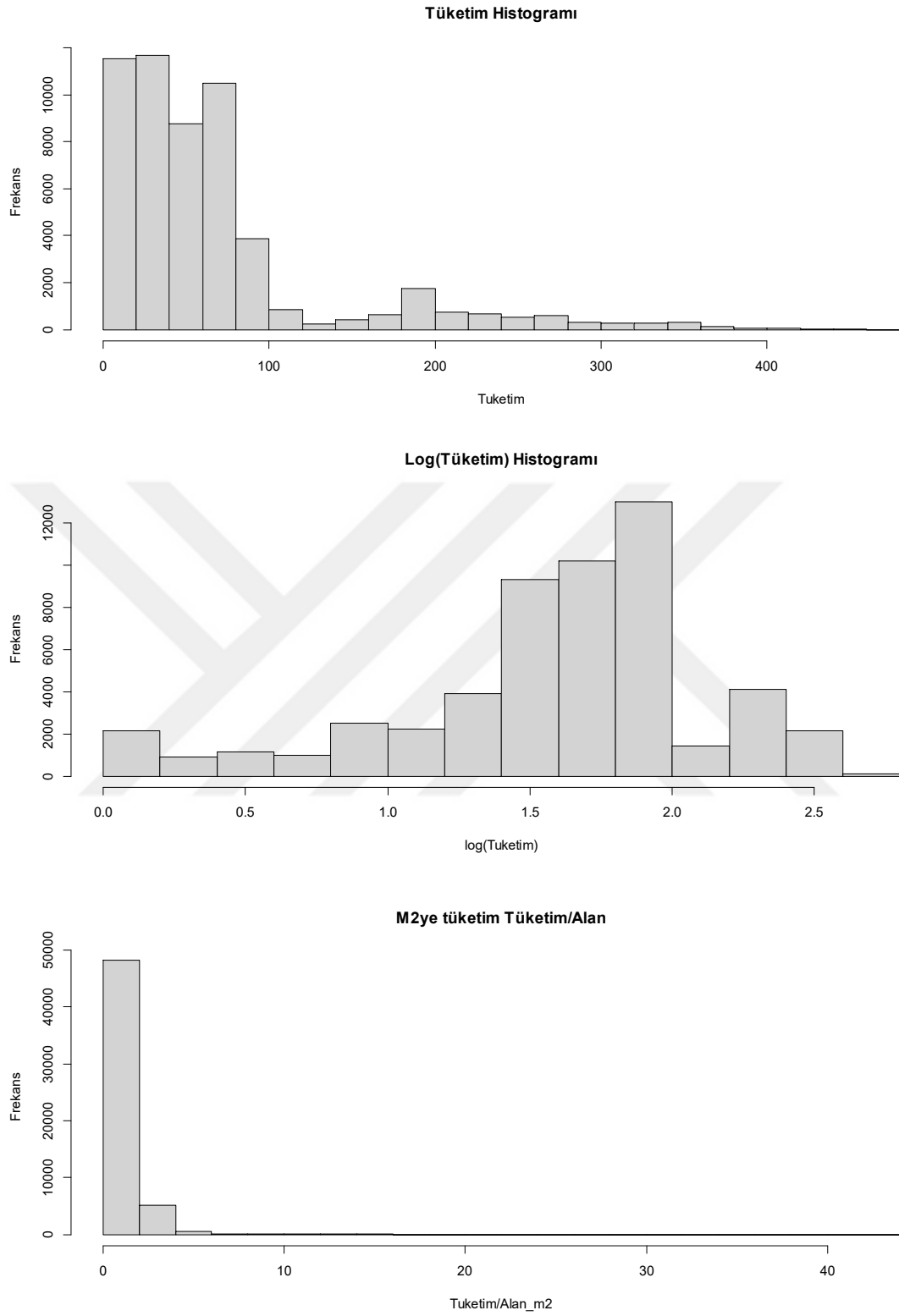
Düzye	Değer	Açıklama
Mean(itd\$Tuk)	53,2498	Tüm veri ortalaması
Mean(isd\$Tuk)	36,3564	Sitedeki verilerin ortalaması
mean(itdaa\$Tuk/itdaa\$AboneAlan *100)	25,4749	100 m2 alana normalize edilmiş tüm veri ortalaması, (alanı olmayan daireler çıkarıldı)
mean(isd\$Tuk/isd\$AboneAlan *100)	28,1478	100 m2 alana normalize edilmiş sitedeki tüketim ortalaması

4.2.11.2. Histogram grafiği

Tüm cihazlara ait tüketim, log(Tüketim) ve alana bölünmüş tüketimlere göre histogramlar sırası ile **Şekil 4.44'**de verilmiştir. Sadece hedef sitedeki sayaçlara ait sıfırsız ve IQR içinde kalan tüketim, log(Tüketim) ve alana bölünmüş tüketimlere göre histogramlar sırası ile **Şekil 4.45'**de verilmiştir.



Şekil 4.44. Tüm Cihazlara Ait Histogram Grafikleri: Üstte Tüketim, Ortada $\log(\text{Tüketim})$ ve Altta Metrekareye Düşen Tüketim



Şekil 4.45. Sitedeki Cihazlara Ait Histogram Grafikleri: Üstte Tüketim, Ortada $\log(\text{Tüketim})$ ve Altta Metrekareye Düşen Tüketim

Tüketim verilerinin çarpıklık ve basıklık değerleri R programında moments kütüphanesi aşağıdaki şekilde kullanılarak hesaplanmış ve **Tablo 4.9**'daki sonuçlar bulunmuştur.

Tablo 4.9. Çarpıklık ve Basıklık Değerleri

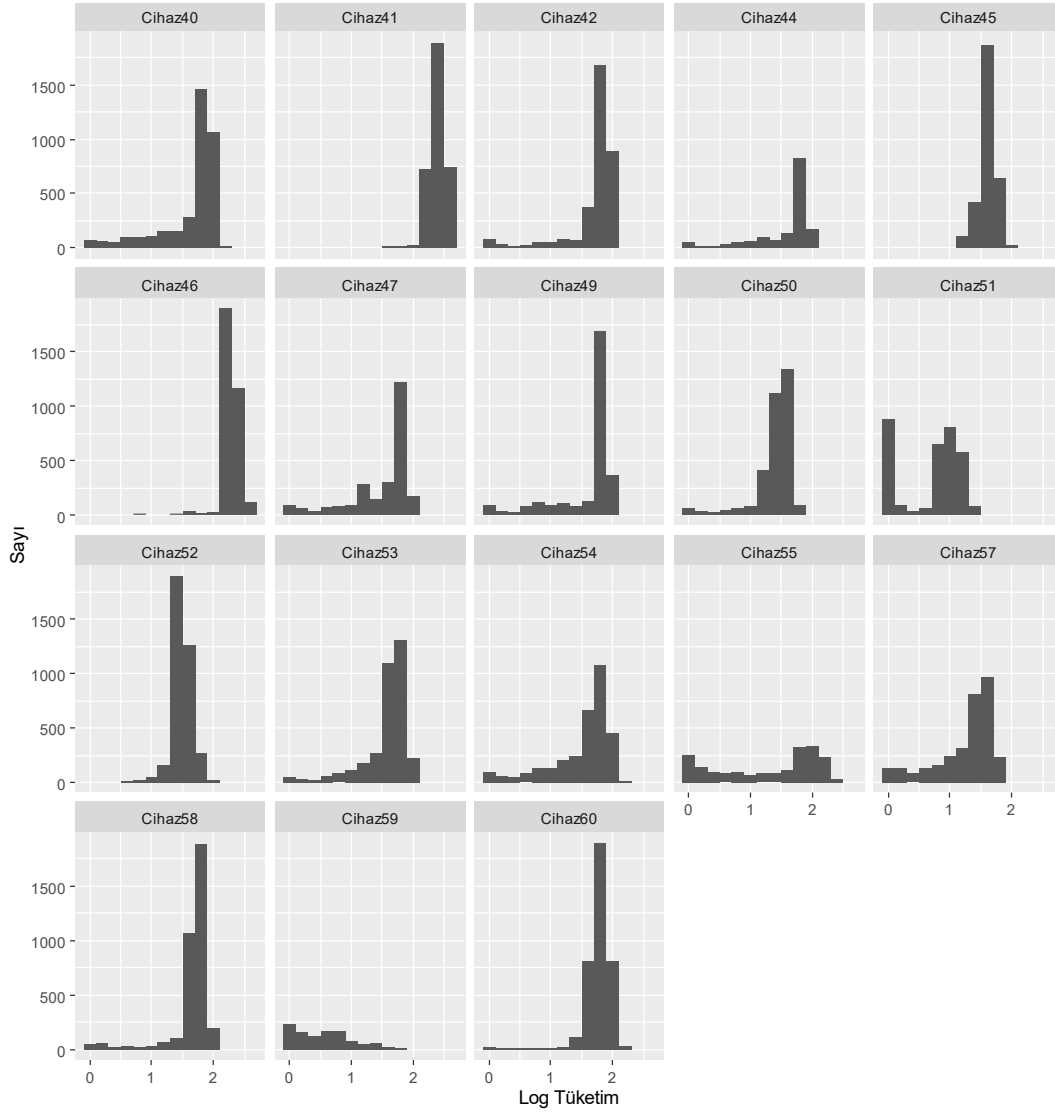
Veri	Analiz	Çarpıklık (<i>Skewness</i>)	Basıklık (<i>Kurtosis</i>)
Tüm Veri	Tüketim	2.300785	8.844629
	log(Tüketim)	-1.044485	4.2228
	Tüketim / M2	8.172736	184.2877
Site Verileri	Tüketim	0.5033044	6.29323
	log(Tüketim)	-1.748021	3.763812
	Tüketim / M2	1.051494	13.18033

Her bir cihaza ait log(Tüketim) histogram dağılımları **Şekil 4.46** de verilmiştir. Bu grafiği incelediğimizde cihazların çoğuna ait tüketimlerin benzerlik gösterdiği, bazılarının ise farklılaştı görülmektedir.

```
library(ggplot2)

ggplot(ist0iqr, aes(x = logTuk)) + geom_histogram(binwidth = 0.2) +
theme_bw()+facet_wrap(~Cihaz, ncol = 4)
```

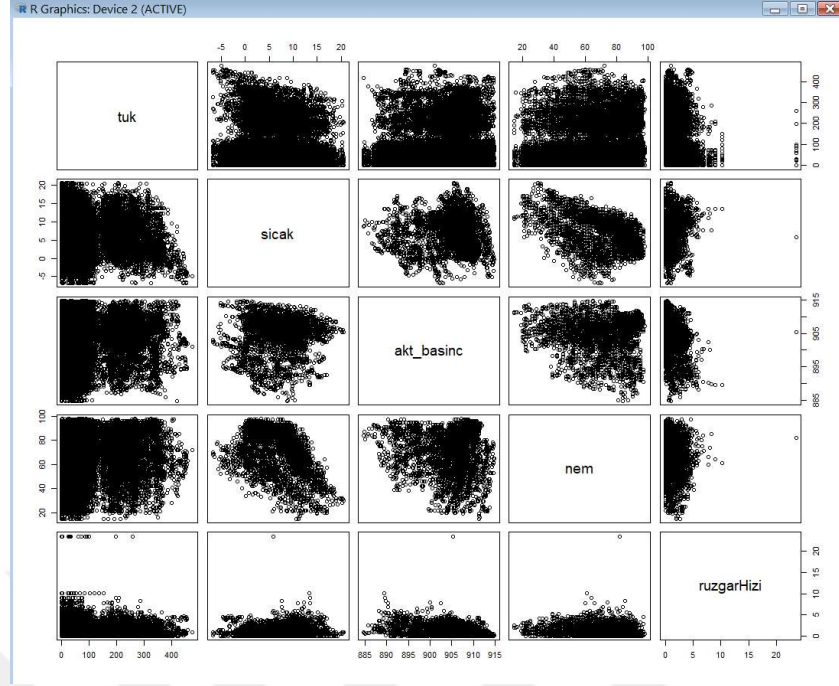
log(Tüketim) değerlerinin cihazların çoğunda 1-2 değeri arasında biriktiği ve sivri bir grafik gösterdiği görülmektedir. Müstakil apartman türündeki 41 ve 46 numaralı cihazların log(Tüketim) değerleri 2'nin üstündedir. Ayrıca 55-59 numaralı cihazlar log(Tüketim) grafikleri kalan dairelerinden farklıdır.



Şekil 4.46. Tüm Cihazlara Ait $\log(\text{Tüketim})$ Histogram Grafikleri

4.2.11.3. Serpilme grafiği

Tüketimin sıcaklık, güncel basınç, nem ve rüzgâr hızı gibi sürekli değerlere ile ilişkisini göstermek için serpilme grafiği (pairs komutu ile) çizdirilmiş ve sonucu **Şekil 4.47**'de verilmiştir. Tüketimin sıcaklık ile korelasyon grafiğinde, yaklaşık 100 endeks tüketimin üstündeki değerler için sıcaklık arttıkça tüketimin azaldığı görülmektedir. Güncel basınç, nem ve rüzgâr hızına göre tüketim değişimi ile ilgili açık bir ilişki gözlemlenmemiştir.



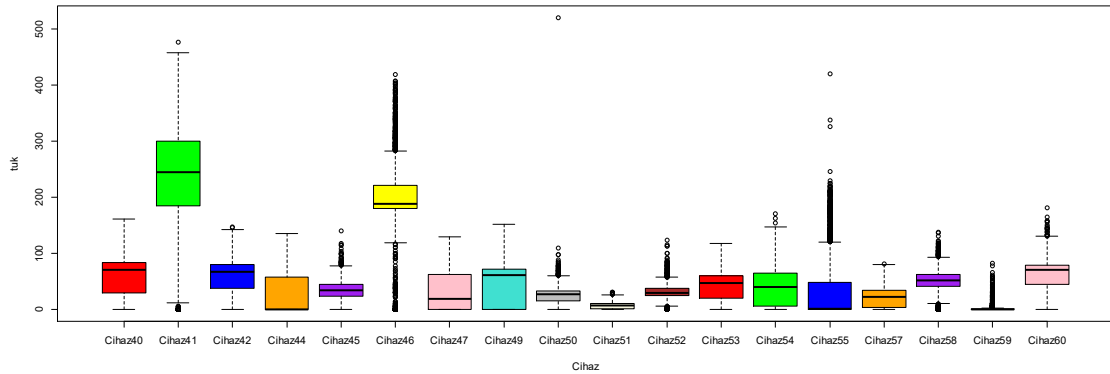
Şekil 4.47. Tüketimin Sıcaklık, Basıncı, Nem ve Rüzgâra Göre Serpilme Grafiği

4.2.11.4. Kutu grafikleri

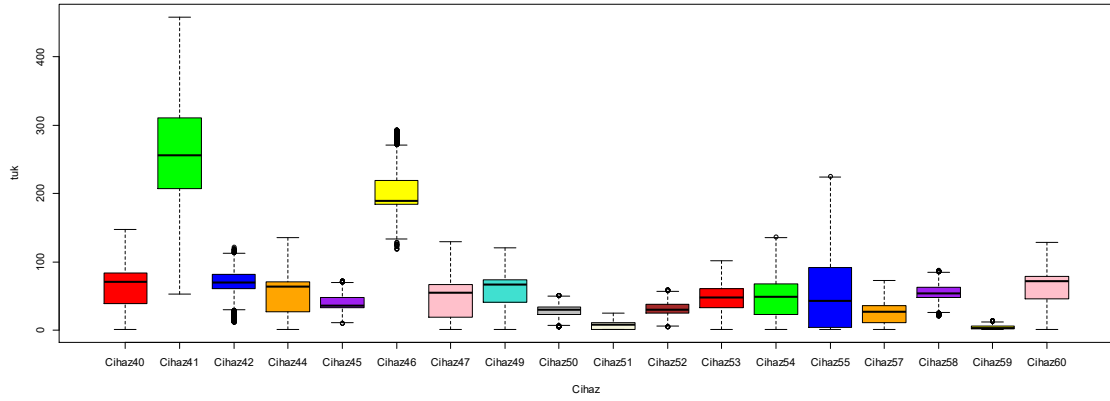
R programı ile bölüm 3.2.6 'da verilen yöntem ve komutlar ile tüm cihazlara ve hedef sitedeki cihazlara ait kutu grafikleri oluşturulmuştur.

Tüm veri kaydedici cihazları için kutu grafikleri:

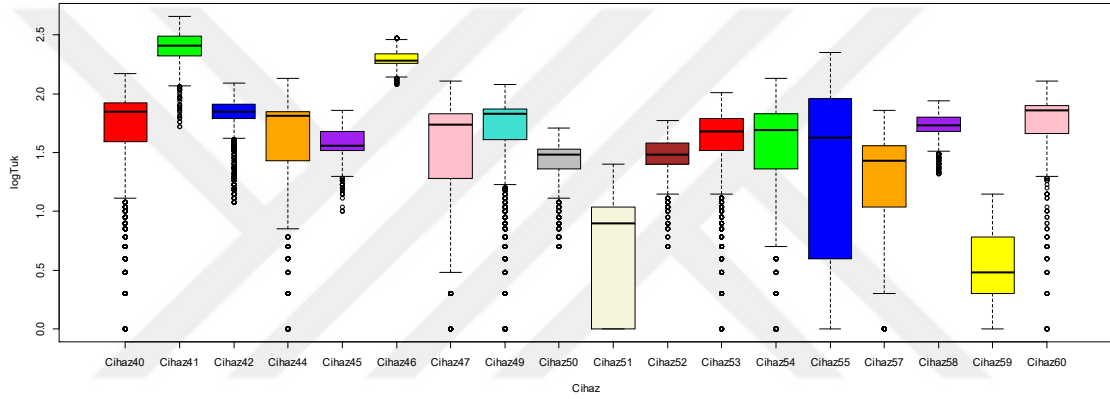
Tüm cihazlara ait kutu grafiği Şekil 4.48 de verilmiştir. ÇA aralık değerleri dışında kalanlar çıkarıldığında oluşan grafik Şekil 4.49'da verilmiştir olmuştur. ÇA değerleri içerisinde kalan verilerin log(Tüketim) kutu grafiği ise Şekil 4.50 de verilmiştir.



Şekil 4.48. Tüm Veri Kaydedicilere Ait Kutu Grafiği Verisi



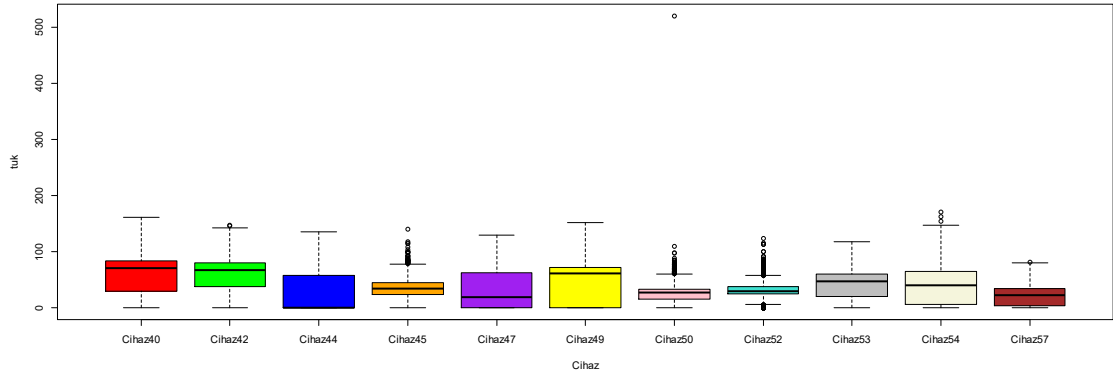
Şekil 4.49. ÇA İçinde Kalan Verilerin Kutu Grafiği



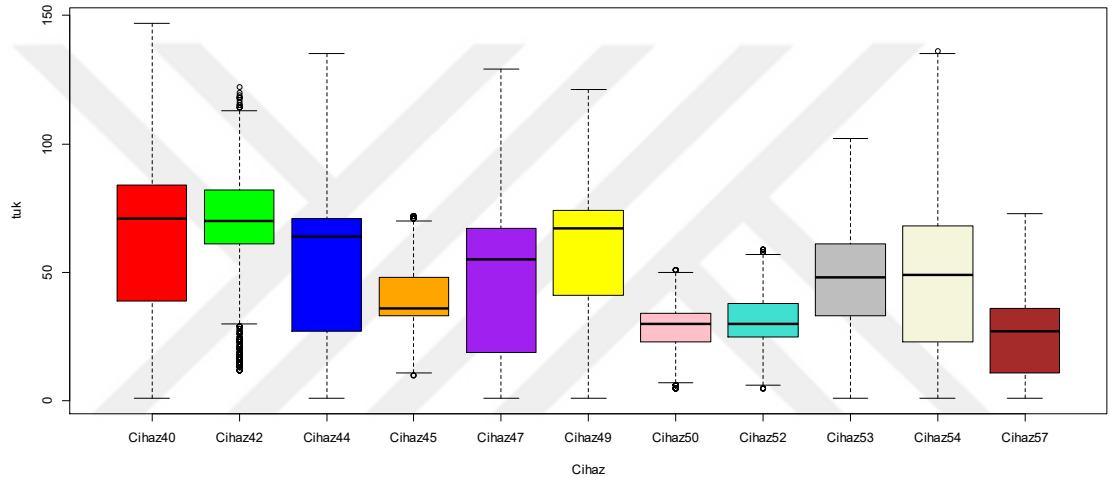
Şekil 4.50. ÇA İçinde Kalan Verilerin $\log(\text{Tüketim})$ Kutu Grafiği

Hedef sitedeki cihazlara ait kutu grafiği:

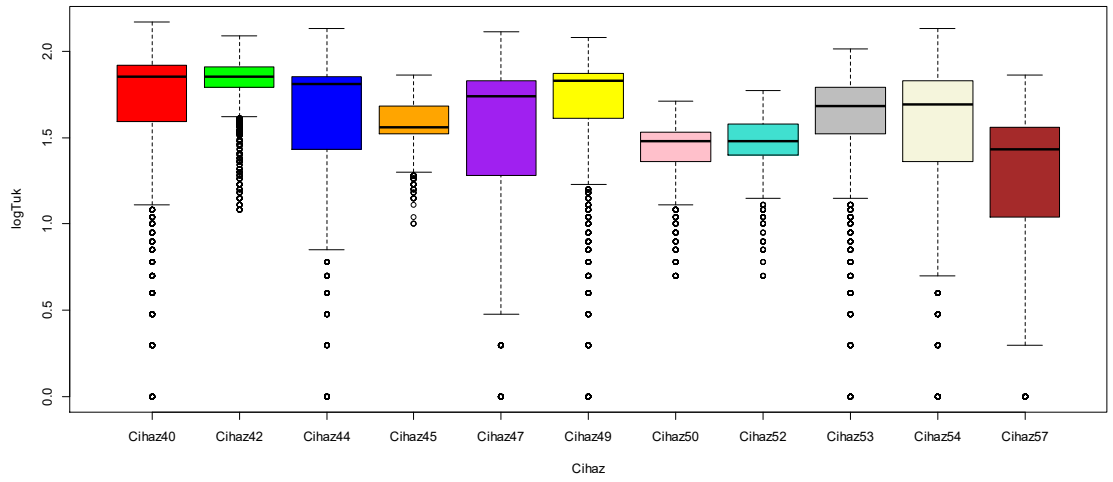
Hedef sitedeki cihazlara ait kutu grafiği yine aynı komutlar kullanılarak sırasıyla tüketim, ÇA içinde kalan tüketim değerleri ve ÇA içinde kalan verilerin $\log(\text{Tüketim})$ kutu grafikleri sırasıyla Şekil 4.51, Şekil 4.52 ve Şekil 4.53 de verilmiştir. ÇA içinde kalan değerlerin regresyon analizi ile hesaplanan R^2 değerleri **Tablo 4.10**'de verilmiştir. R^2 değeri sadece tüm cihazların tüketim analizinde 0,5994 değerine ulaşmış, diğer veri ve bağımlı değişken için 0,2 değerinin altında kalmıştır.



Şekil 4.51. Sitedeki Cihazlara Ait Tüketim Kutu Grafiği



Şekil 4.52. Sitedeki ÇA İçinde Kalan Verilere Ait Tüketim Kutu Grafiği



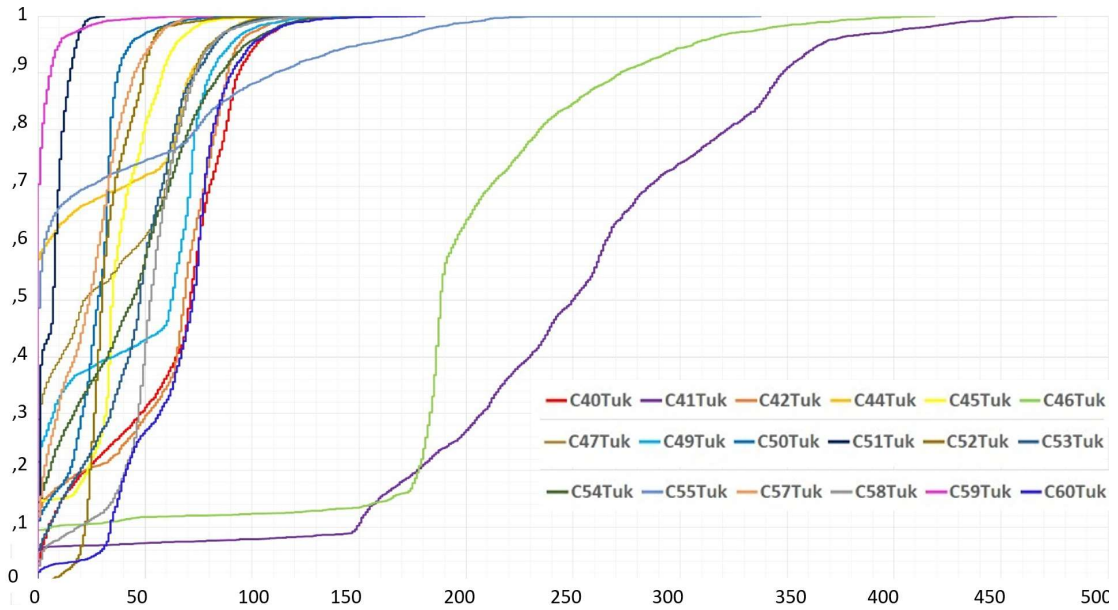
Şekil 4.53. Sitedeki ÇA İçinde Kalan $\log(\text{Tüketim})$ Kutu Grafiği

Tablo 4.10. Çeyrek Açıklığı İçinde Kalan Veri R^2 Değerleri

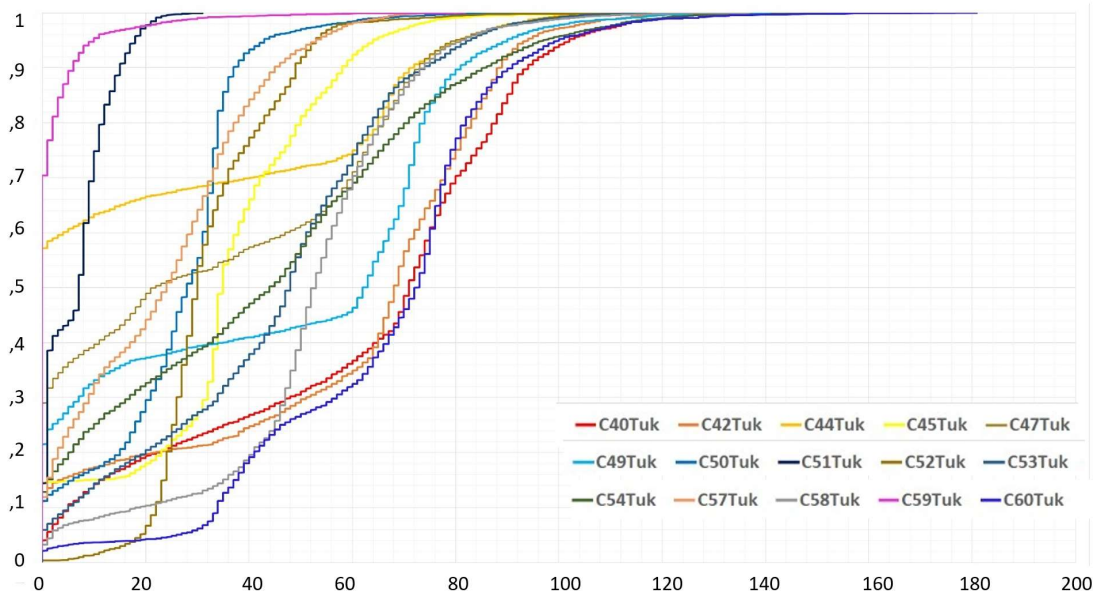
Veri Seti	Bağımlı değişken	Hesaplanan R^2 Değeri
Tüm	Tüketim	0,5994
Tüm	$\log(\text{Tüketim})$	0,1657
Tüm	$\text{Tüketim} / \text{Alan_M2}$	0,0953
Hedef Site	Tüketim	0,1085
Hedef Site	$\log(\text{Tüketim})$	0,0485
Hedef Site	$\text{Tüketim} / \text{Alan_M2}$	0,1134

4.2.11.5. Kümülatif dağılım fonksiyonu

Kümülatif dağılım fonksiyonu analizi ile verilerin grafikleri çıkartılmıştır. **Şekil 4.54**'de verilen CDF grafiklerin incelendiğinde dairelerin çoğunluğunun tüketimlerinin sol tarafa toplandığı, 41, 46 ve 55 numaralı cihaz tüketimlerinin ise daha sağa doğru ayrıştığı görülmüştür. 41, 46 ve 55 numaralı cihazların grafikleri diğerlerine göre fazla olduğundan grafiğin sol tarafında kalanları ayrıntılı görmek için **Şekil 4.55** grafiği hazırlanmıştır.



Şekil 4.54. Tüm Cihazlara Ait CDF Tüketim Grafiği



Şekil 4.55. 41, 46 ve 55 Numaralı Cihazlar Hariç CDF Grafiği

4.2.12. Regresyon analizleri

Tüm tüketim verilerinin, hedef site içinde kalan veriler, ÇA içinde kalan veriler ve ortalama $\pm$ SS içinde kalan veriler için regresyon analizleri yapılmıştır. Kategorik daire karakteristikleri ve değişken meteorolojik veriler ile tüketimin ilişkisini bulmak için aşağıdaki analizler yapılmıştır.

- Saatlik Tüketim
- Saatlik $\log(\text{Tüketim})$
- Saatlik Tüketim/Alan_ m^2 (NorTuk)

4.2.12.1. Tüm veri kaydedicilere ait saatlik tüketimlerin analizi

Excel ortamında tüm veri kaydedici cihazları ve tüm değişkenler için Anova analiz sonuçları hesaplanmıştır. R^2 değeri 0.509 ve p değeri 0,05 in altında çıkmıştır (Şekil 4.56). Bu sonuçlara göre rüzgâr hızının tüketimi artırdığı, basıncın tüketimle ters orantılı olmasının ve yükseklik değerinin tüketimle yine ters orantılı olmasının anlamlı olmadığı, Daire katındaki her 1 birim değişimin tüketimi yaklaşık 1 birim artırdığı ve nem, basınç ve yükseklik çıkartılarak analiz yapılması gerektiği kararına varılmıştır.

Regresyon İstatistikleri								
Çoklu R	0,713554538							
R Kare	0,509160079							
Ayarlı R Kare	0,509107401							
Standart Hata	49,36643342							
Gözlem	65232							
ANOVA								
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F			
Regresyon	7	164886614,4	23555230,63	9665,489581	0			
Fark	65224	158953806,7	2437,044749					
Toplam	65231	323840421,1						
	Katsayılar	Standart Hata	t Stat	P-değeri	Düşük %95	Yüksek %95	Düşük 95,0%	Yüksek 95,0%
Kesişim	215,1513308	34,97950781	6,150782107	7,7548E-10	146,591483	283,7111785	146,591483	283,7111785
SICAKLIK_saatlik	-2,079478093	0,04602865	-45,17790781	0	-2,169694262	-1,989261923	-2,169694262	-1,989261923
NEM	-0,057627912	0,012116365	-4,756204601	1,97687E-06	-0,081375992	-0,033879832	-0,081375992	-0,033879832
RUZGAR_HIZI	1,609815189	0,16470737	9,773789671	1,51189E-22	1,286988686	1,932641693	1,286988686	1,932641693
AKTUEL_BASINC	-0,148768633	0,038429026	-3,871256948	0,000108381	-0,224089537	-0,073447729	-0,224089537	-0,073447729
AboneTipi	0,24241091	0,001075798	225,3312337	0	0,240302345	0,244519474	0,240302345	0,244519474
yukseklık	-0,064591863	0,000915402	-70,56120587	0	-0,066386051	-0,062797675	-0,066386051	-0,062797675
AboneKati	0,960239288	0,056921481	16,86954152	1,02948E-63	0,848673165	1,071805411	0,848673165	1,071805411

Şekil 4.56. Saatlik Sıcaklık ve Tüketim Verileri Anova Analizi Sonucu

Ekim ayına ait veriler çıkarılarak ve alan bilgisi olmayan c60 çıkarılarak, yukarıdaki grafikteki düşük katsayılı (nem, basınç ve yükseklik) parametreleri çıkarılarak aşağıdaki Şekil 4.57'deki Anova analiz sonucuna ulaşılmış ve R^2 değeri 0.514 olmuştur. R ile yapılan analizlerin çıktıları **Tablo 4.11**'de verilmiştir.

```
> lmtt <- lm(tuk ~ sicak + nem + ruzgarHizi + akt_basinc + AboneAlan + YukA + Kat + cephe, data=itd)
> anova(lmtt)
```

Tablo 4.11. Tüketim Verileri İçin Hesaplanan R^2 Değerleri

Veri Seti	Bağımlı Değişken	Hesaplanan R^2 Değeri
Tüm	Tüketim	0.51510
Tüm	log(Tüketim)	0.17050
Tüm	Tüketim / Alan_ M2	0.04742
Hedef Site	Tüketim	0,11200
Hedef Site	log(Tüketim)	0.04975
Hedef Site	Tüketim / Alan_ M2	0.64430

ÖZET ÇIKIŞI		tüm veri -c60-	10 ay NEM, BASINÇ VE YÜKSEKLİK ÇIKTI						
Regresyon İstatistikleri									
Çoklu R	0,717031579								
R Kare	0,514134285								
Ayarlı R Kare	0,514102737								
Standart Hata	50,33791147								
Gözlem	61608								
ANOVA									
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F				
Regresyon	4	165178135,3	41294533,83	16296,79425	0				
Fark	61603	156096170,1	2533,905331						
Toplam	61607	321274305,5							
	Katsayılar	Standart Hata	t Stat	P-değeri	Düşük %95	Yüksek %95	Düşük 95,0%	Yüksek 95,0%	
Kesişim	6,018534088	0,641447733	9,38273499	6,63823E-21	4,761294931	7,275773244	4,761294931	7,275773244	
sıcak	-2,080739473	0,044670556	-46,5796641	0	-2,168293873	-1,993185073	-2,168293873	-1,993185073	
ruzgarHizi	2,035618978	0,158264266	12,86215157	8,22298E-38	1,725420622	2,345817334	1,725420622	2,345817334	
AboneAlan	0,245753194	0,001111351	221,1301846	0	0,243574944	0,247931444	0,243574944	0,247931444	
Kat	0,914129151	0,057345832	15,94063816	4,30677E-57	0,801731178	1,026527124	0,801731178	1,026527124	

Şekil 4.57. Saatlik Sıcaklık, Rüzgâr Hızı, Alan ve Kat ve Saatlik Tüketim Verileri Anova Analizi Sonucu

4.2.12.2. Ortalama ± 1 SS içinde kalan verilerin analizi

Dairelerin tüketim benzerliklerini bulmak için ortalama tüketimin ± 1 sigma aralığına düşen tüketim kayıtları için yapılan regresyon analizleri sonuçları **Tablo 4.12'**de verilmiştir. Bu veri seti içinde en yüksek R^2 tüm cihazlara ait tüketim analizinde 0,6658 çıkmış, diğer veri setlerinde ve değişkenlerde 0,21 değeri altında kalmıştır.

Tablo 4.12. Ortalama ± 1 SS İçinde Kalan Veriler İçin Hesaplanan R^2 Değerleri

Veri Seti	Bağımlı Değişken	Hesaplanan R^2 Değeri
Tüm	Tüketim	0,66580
Tüm	log(Tüketim)	0,20970
Tüm	Tüketim / Alan_ M2	0,11980
Hedef Site	Tüketim	0,09270
Hedef Site	log(Tüketim)	0,05410
Hedef Site	Tüketim / Alan_ M2	0,08148

4.2.12.3. Çeyrekler açıklığında kalan verilerin analizi

Çeyrekler açıklığı içinde kalan verilerin regresyon analizi sonucunda tüm veri için tüketim değeri dışında R^2 değerinin 0,5 altında kaldığı gözlemlenmiştir.

Tablo 4.13. ÇA İçindeki Veriler İçin Hesaplanan R^2 Değerleri

Veri Seti	Bağımlı Değişken	Hesaplanan R^2 Değeri
Tüm	Tüketim	0,59950
Tüm	log(Tüketim)	0,18810
Tüm	Tüketim / Alan_ M2	0,08316
Hedef Site	Tüketim	0,20550
Hedef Site	log(Tüketim)	0,06432
Hedef Site	Tüketim / Alan_ M2	0,09700

4.2.12.4. Kesişim noktası sıfır analizi

Çoklu lineer regresyon modelinin kesişim noktasını değerinin sıfır aldığımızda regresyon analiz sonuçları aşağıdaki verilmiştir. Bu işlem sonrası R^2 değerlerinin yükseldiği, log(Tüketim) için 0,9 üzerinde anlamlı hale geldiği gözlemlenmiştir

Tablo 4.14. Sıfır Kesişimle Tüketim Verileri İçin Hesaplanan R^2 Değerleri

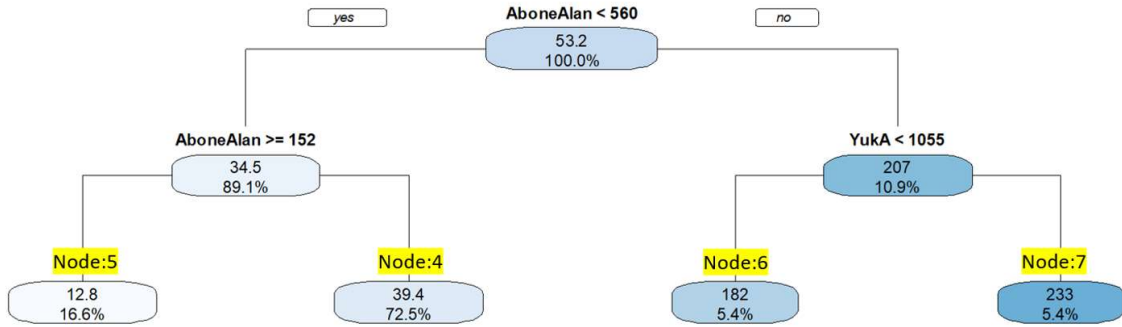
Veri Seti	Bağımlı Değişken	Hesaplanan R^2 Değeri
Tüm	Tüketim	0.6940
Tüm	log(Tüketim)	0.9093
Tüm	Tüketim / Alan_ M2	0.4810
Hedef Site	Tüketim	0.6392
Hedef Site	log(Tüketim)	0.9346
Hedef Site	Tüketim / Alan_ M2	0.6443

4.2.12.5. Karar ağacına göre regresyon analizleri

Tüketim ile saatlik meteorolojik değişkenler arasındaki regresyon analizleri sonucunda R^2 değerlerinin düşük kalması sebebiyle verinin karar ağacı algoritması uygulanmıştır. Karar ağacı için veriler daire karakteristiklerine göre kategorik verilerine göre dallara ayrılmış ve her bir dal için ayrı ayrı regresyon analizi yapılmıştır.

Karar ağacı tüketim, log(Tüketim) ve tüketim/alan bağımlı değişkenleri için oluşturulmuştur. Alana bölünmüş tüketim değerine göre karar ağaçları çıktısı hem tüm veride hem de site verisinde oluşmamıştır. Tüm cihaz tüketimlerinin ve log(Tüketim) değerleri ile sitedeki cihazların tüketim ve log(Tüketim) verilerine göre 4 adet karar ağacı oluşmuştur. Oluşan karar ağaçları kırılım kuralları, R^2 ve P değerleri sırasıyla **Tablo 4.15**, **Tablo 4.16**, **Tablo 4.17** ve **Tablo 4.18**'de verilmiştir. R^2 değerlerinin karşılaştırması ise **Tablo 4.19**'da verilmiştir. Karar ağacı görselleri sırasıyla **Şekil 4.58**, **Şekil 4.59**, **Şekil 4.60** ve **Şekil 4.61**'de verilmiştir.

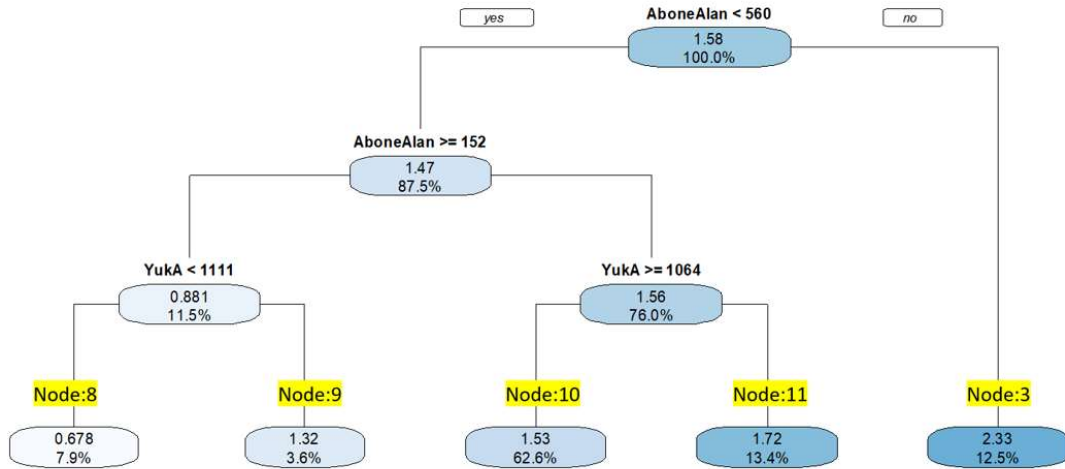
Tüm cihazların tüketim değerlerine göre karar ağacında 4 adet dal, $\log(\text{Tüketim})$ verisine göre ise 5 adet dal oluşmuştur. Hedef sitede tüketime göre 8, $\log(\text{Tüketim})$ 'e göre 5 dal oluşmuştur. Tüm cihazların tüketim kırılımında verilerin %72,5'i tek bir dalda toplanmış, $\log(\text{Tüketim})$ 'e göre %62,6'sı tek bir dalda toplandığı görülmüştür. Hedef sitedeki dağılımlarda tüketime göre en büyük dal %32,3, $\log(\text{Tüketim})$ 'e göre en büyük dal verilerin %37,5'ini kapsamaktadır.



Şekil 4.58. Tüm Verilerdeki Tüketim Değerine Göre Karar Ağaçları

Tablo 4.15. Tüm Cihazlara Göre Karar Ağacı Yaprak Düğümleri ve R^2 Değerleri

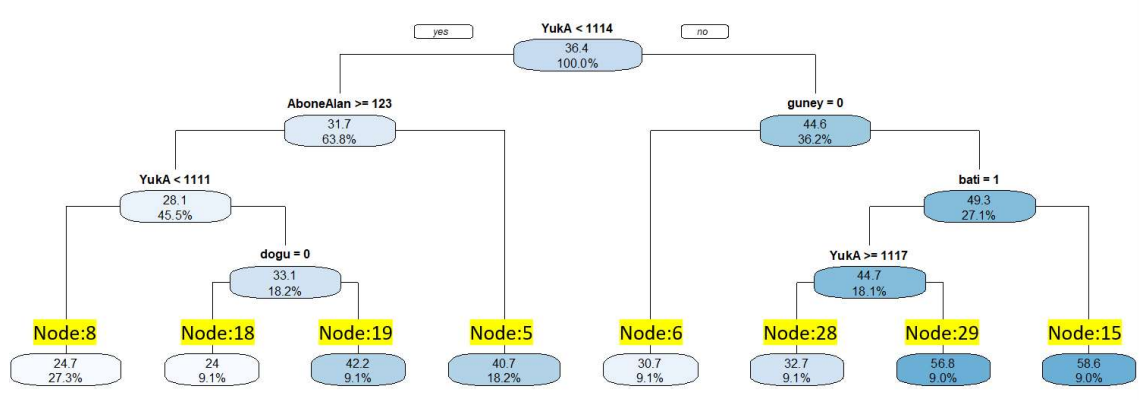
Düğüm	Kayıt	Tüketim İçin Küme Kriterleri	Pr(>F)	R^2
4	50.130	$152 \leq \text{AboneAlan} < 559.5$	$< 2,2e-16$	0,6635
5	11.485	$\text{AboneAlan} < 152$	$< 2,2e-16$	0,1413
6	3.755	$\text{AboneAlan} \geq 559.5$ ve $\text{YukA} < 1054.5$	$< 2,2e-16$	0,8485
7	3.755	$\text{AboneAlan} \geq 559.5$ ve $\text{YukA} \geq 1054.5$	$< 2,2e-16$	0,8937



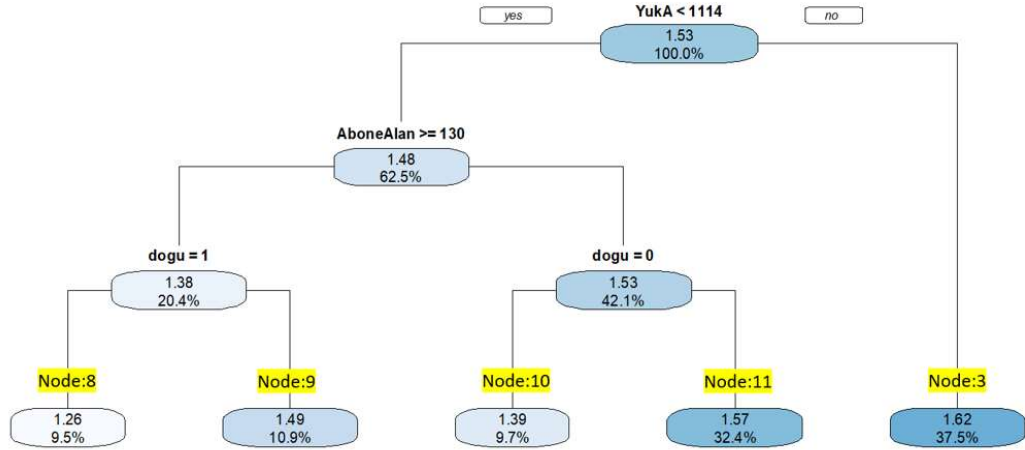
Şekil 4.59. Tüm Cihazlar $\log(\text{Tüketim})$ Değerine Göre Karar Ağaçları

Tablo 4.16. Tüm Cihazlar log(Tüketim) Karar Ağacı R² Değerleri

Düğüm	Kayıt	log(Tüketim) Karar Ağacı Küme Kriterleri	Pr(>F)	R ²
8	4.272	152<AboneAlan<=559,5&YukA< 1110,5	< 2,2e-16	0,7930
9	1.968	152<AboneAlan<=559,5&YukA>= 1110,5	< 2,2e-16	0,7516
10	33.864	AboneAlan< 152 & YukA>=1064	< 2,2e-16	0,9341
11	7.266	AboneAlan< 152 & YukA<1064	< 2,2e-16	0,9734
3	6.750	AboneAlan>=559,5	< 2,2e-16	0,9917

**Şekil 4.60. Tüm Verilerdeki log(Tüketim) Değerine Göre Karar Ağaçları****Tablo 4.17. Sitedeki Cihazların Tüketime Göre Karar Ağacı R² Değerleri**

Düğüm	Kayıt	Tüketime Göre Karar Ağacı Küme Kriterleri	Pr(>F)	R ²
8	11.594	AboneAlan>=122,5 & YukA< 1110,5	< 2,2e-16	0,5930
18	3.864	AboneAlan>=122,5 & YukA>= 1110,5 & dogu< 0,5	< 2,2e-16	0,7169
19	3.864	AboneAlan>=122,5 & YukA>= 1110,5 & dogu> 0,5	< 2,2e-16	0,6750
5	7.729	AboneAlan< 122,5 & YukA< 1113,5	< 2,2e-16	0,6924
6	3.865	YukA>=1113,5 & guney< 0,5	< 2,2e-16	0,5178
28	3.864	YukA>=1116,5 & guney>=0,5 & bati>=0,5	< 2,2e-16	0,7777
29	3.819	1113,5<=YukA < 1116,5 & bati>=0,5 & guney>=0,5	< 2,2e-16	0,8041
15	3.822	YukA>=1113,5 & bati< 0,5	< 2,2e-16	0,7857



Şekil 4.61. Hedef Sitedeki Cihazların $\log(\text{Tüketim})$ Değerine Göre Karar Ağaçları

Tablo 4.18. Sitedeki Cihazlar $\log(\text{Tüketim})$ Yaprak Düğümleri ve R^2 Değerleri

Düğüm	Kayıt	Log(Tüketim) Göre Karar Ağacı Küme Kriterleri	Pr(>F)	R^2
8	3.214	YukA < 1113,5 & AboneAlan >= 129,5 & dogu >= 0,5	< 2,2e-16	0,8968
9	3.685	YukA < 1113,5 & AboneAlan >= 129,5 & dogu < 0,5	< 2,2e-16	0,9890
10	3.275	YukA < 1113,5 & AboneAlan < 129,5 & dogu < 0,5	< 2,2e-16	0,9594
11	10.988	YukA < 1113,5 & AboneAlan < 129,5 & dogu >= 0,5	< 2,2e-16	0,9272
3	12.702	YukA >= 1113,5	< 2,2e-16	0,9413

- Tüm cihazlara ait tüketim grafiği ölçüm sayısının: 69.125 En düşük R^2 Değeri: 0,1413, en yüksek R^2 değeri: 0,5993 olduğu görülmüştür.
- Tüm cihazlara ait $\log(\text{Tüketim})$ grafiği ölçüm sayısının: 54.120 En düşük R^2 Değeri: 0,7516, en yüksek R^2 değeri: 0,9288 olduğu görülmüştür.
- Sitedeki cihazlara ait Tüketim grafiği ölçüm sayısının: 42.421 En düşük R^2 Değeri: 0,5178, en yüksek R^2 değeri: 0,6762 olduğu görülmüştür.
- Sitedeki cihazlara ait $\log(\text{Tüketim})$ grafiği ölçüm sayısının : 33.864 En düşük R^2 Değeri: 0,8968, en yüksek R^2 değeri: 0,9394 olduğu görülmüştür.

Tablo 4.19. Karar Ağacı R^2 Değerleri Karşılaştırması

Veri Kapsamı	Bağımlı Değişken	Kayıt Sayısı	En Düşük R^2	En Yüksek R^2
Tüm Cihazlar	Tüketim	69.125	0,1413	0,5993
Tüm Cihazlar	$\log(\text{Tüketim})$	54.120	0,7516	0,9288
Sitedeki Cihazlar	Tüketim	42.421	0,5178	0,6762
Sitedeki Cihazlar	$\log(\text{Tüketim})$	33.864	0,8968	0,9394

Bu sonuçlara göre site ortamındaki dairelerin hem tüketim hem de $\log(\text{Tüketim})$ değerlerinin R^2 değerlerinin, tüm cihazların karar ağacına girildiğindeki duruma göre daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Ayrıca $\log(\text{Tüketim})$ değerinin tüketim değerine göre daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Hedef site karar ağaçları için, meteorolojik etmenlerin tüketim üzerindeki etki katsayıları **Tablo 4.20**'de verilmiştir.

Tablo 4.20. Hedef Site Yaprak Düğümler Göre Tüketimi Etmen Katsayıları

Etmen	Düğüm 3	Düğüm 8	Düğüm 9	Düğüm 10	Düğüm 11
Sıcaklık	-0,016590	-0,019600	-0,005134	-0,020050	-0,014540
Nem	0,001762	0,004363	-0,000005	0,000736	0,002477
Rüzgâr Hızı	0,016240	0,047170	0,003636	0,020750	0,009515
Güncel Basınç	0,001755	0,001135	0,001682	0,001596	0,001636

Karar ağacı değişken önemi ve sıralamaları aşağıdaki tablolarda sırasıyla verilmiştir. **Tablo 4.21**'de tüm cihazların tüketim değerlerine göre daire alanı ve yükseklik değerlerinin öncelikli olduğunu görülmektedir. **Tablo 4.22**'de tüm cihazlara ait $\log(\text{Tüketim})$ değerine göre değişkenlerin önemine sıralaması daire alan ve yükseklik değerinin ilk iki sırada olduğu, ardından güney ve kuzey cephelerin ve kat bilgisinin sıralandığını görülmektedir. **Tablo 4.23**'da hedef sitedeki cihazların tüketim değerlerine göre kat, yüksekliği, daire alanı, kuzey, batı, doğu ve güney değişkenlerine göre sıralandığı görülmektedir. **Tablo 4.24**'da hedef sitedeki cihazlara ait $\log(\text{Tüketim})$ değerine göre değişkenlerin önemine baktığımızda ise yine kat, yükseklik, batı, doğu, daire alan ve kuzey değerine göre sıralandığını görülmektedir.

Tablo 4.21. Tüm Veriler Tüketim Karar Ağacı Değişken Önemleri

1.Değişken Önemi	2.Değişken Önemi
AboneAlan	YukA
211499195	4853690

Tablo 4.22. Tüm Veriler $\log(\text{Tüketim})$ Karar Ağacı Değişken Önemleri

1.Değişken Önemi	2.Değişken Önemi	3.Değişken Önemi	4.Değişken Önemi	5.Değişken Önemi
AboneAlan	YukA	guney	kuzey	Kat
7330.3434	771.4875	593.9863	556.2824	363.6644

Tablo 4.23. Hedef Sitedeki Tüketim İçin Karar Ağacı Değişken Önemleri

1.Değişken Önemi	2.Değişken Önemi	3.Değişken Önemi	4.Değişken Önemi	5.Değişken Önemi	6.Değişken Önemi	7.Değişken Önemi
Kat 3965779	YukA 3965779	AboneAlan 2980818	kuzey 1546857	bati 1543109	dogu 1543109	guney 1440901

Tablo 4.24. Hedef Sitedeki log(Tüketim) İçin Karar Ağacı Değişken Önemleri

1.Değişken Önemi	2.Değişken Önemi	3.Değişken Önemi	4.Değişken Önemi	5.Değişken Önemi	6.Değişken Önemi
Kat 249.404.786	YukA 249.404.786	bati 206.950.071	dogu 206.950.071	AboneAlan 167.340.862	kuzey 2.463.743

4.2.13. Karar ağacına göre regresyon analizleri sonuç değerlendirme

Karar ağaçlarındaki her bir düğüm nodunda kalan verilerin ortalama ve toplam tüketim verileri ile hata miktarları, bölüm 3.2.9’da verilen yönteme göre hesaplanmıştır. Hedef sitedeki eğitim verisine göre oluşturulan modele göre hesaplanan test tüketim verileri ve gerçekleşmiş tüketim verilerinin bilgileri her bir yaprak düğümü için hesaplanmıştır. **Tablo 4.25**’de hedef sitedeki test verisindeki gerçek ve tahmin edilen tüketimlerin ortalama ve toplamaları karşılaştırılmıştır. Ayrıca her bir yaprak düğümünde kalan veri için **Tablo 4.26**’de ortalama kare hatası (MSE), ortalama mutlak hata (MAE), ortalama kare hatası karekökü (RMSE), normalize ortalama kare hata karekökü bilgileri verilmiştir. Normalizasyon için sırayla en yüksek değer ile en düşük değer arasındaki fark (MAK-MİN), ortalamaya göre (ORT), çeyrekler açıklığına (ÇA) göre ve standart sapmaya (SS) göre 4 parametre için de incelenmiştir. **Tablo 4.27**’de Pearson Chi-Kare yöntemine ($p=0.05$) göre hesaplanmış X^2 değerleri ve kritik değer bilgileri verilmiştir. X^2 , kritik değerlerden küçük olduğu için modelin anlamlı bir sonuç çıkardığı görülmüştür.

Tablo 4.25. Hedef Sitedeki log(Tüketim) Ortalama ve Toplamları

Yaprak Düğüm →	3	8	9	10	11
1.a. Test Veri Gerçek Tüketim Ortalaması	2,339	0,686	1,316	1,532	1,712
1.b. Test Veri Tahmin Ortalaması	2,329	0,680	1,326	1,531	1,720
2.a. Test Veri Gerçek Tüketim Toplamı	3.157,580	586,610	518,510	10.375,690	2.488,970
2.b. Test Veri Tahmin Toplamı	3.144,609	581,109	522,290	10.369,740	2.501,035

Tablo 4.26. Hedef Sitedeki Gerçek ve Tahmini $\log(\text{Tüketim})$ Hata Miktarları

Yaprak Düzüm →	3	8	9	10	11
1. MSE(*)	0,042	0,216	0,566	0,170	0,097
2. MAE(*)	0,108	0,407	0,669	0,296	0,167
3. RMSE(*)	0,204	0,465	0,753	0,413	0,311
4.a. NRMSE (MAX-MİN)(**)	13,026	4,107	3,176	5,207	7,081
4.b. NRMSE ORT(**)	11,453	1,475	1,749	3,710	5,509
4.c. NRMSE ÇA(**)	0,783	2,236	1,820	1,017	0,708
4.d. NRMSE SS(**)	1,083	1,010	1,040	1,008	0,927

(*) Hata değerlerinin 0'a yakın olması beklenmektedir

(**) NRMSE değerlerinin 2'den büyük olması beklenmektedir.

Tablo 4.27. Hedef Sitedeki Yaprak Düzümlerindeki Chi-Kare ve Kritik Değerler

Yaprak Düzüm →	3	8	9	10	11
df: serbestlik derecesi	6.750	4.272	1.968	33.864	7.266
Chi Kare: X^2	18,317	267,054	181,797	748,618	67,763
Kritik Değer	6.942,245	4.425,169	2.072,319	34.293,200	7.465,416

4.3. Araştırma Sonuçları (5A, 5B)

Saatlik meteorolojik verileri, veri kaydedici cihazlarından gelen saatlik tüketim verilerinin incelenmesi, daireye ait ayrıntı bilgileri ve CBS'nin sağladığı analiz yetenekleri ile yapılan analizler ve hesaplamalar ile aşağıdaki araştırma sorularına cevaplar verilmiştir.

4.3.1. Saatlik tüketim profillerinin oluşturulması

İlk araştırma sorusu (AS1) için gün boyu saatlik tüketim değerleri üzerinden farklı tüketim profilleri oluşturulabilir olduğu görülerek, işyeri, mesken gibi farklı türdeki daireler için farklı profiller oluşturulmuştur. Günlere, aylara, tatil günlerine göre profiller oluşturulmuş ve bu profiller 4.2.4, 4.2.9, 4.2.10 bölümleri arasında ayrı ayrı verilmiştir. Araştırma soruları AS1 ve AS4 için günlük, hafta içi, hafta sonu, tatillere göre ve günün saatlerine göre tüketim eğrileri çıkarılabilmektedir. Bu tüketim profillerine göre, gün bazında

en çok tüketimin çarşamba günü olduğu, en az tüketimin pazar günü olduğu, saatlik tüketimde meskenlerinin gece 12-sabah 12 arası durağan bir tüketim grafiği gösterdiği, saat 12-17 arası tüketimin düştüğü, saat 18-24 arası tüketimin tekrar arttığı gözlemlenmiştir.

Hafta sonu ve hafta içine göre bakıldığında, hafta için tüketimin hafta sonu tüketimden fazla olduğu, en çok tüketimin okul tatilinde olduğu gözlemlenmiştir. Bazı dairelerin, yılbaşı, okul tatili, bayram gibi zamanlarda sıfır veya sıfıra yakın tüketimler gözlemlenmiştir.

Bölüm 4.2.10 da verilen 2020 Ekim başı ile 2021 Nisan sonu arasındaki saatlik ve günlük ortalama sıcaklık verisini incelendiğinde, Ekim ayından Kasım ayının son haftasına kadar saatlik sıcaklık minimum ve maksimum değerleri arasında çok fark olduğu, Kasım sonundan Mart sonunda kadar sıcaklık farkının azaldığı, sonra tekrar arttığı görülmektedir. Ortalama sıcaklık sadece Aralık sonu, Ocak, Şubat ve Mart başında sıfırın altındaki derecelere düştüğü görülmüştür. Saatlik tüketim verisi ile günlük ortalama sıcaklık verisinin arasındaki açıklık farkından dolayı tüketim değerlerinin incelenmesi için saatlik meteoroloji verileri önemi gözlemlenmiştir.

4.3.2. En düşük veri kaydedici miktarı hesabı ve CBS yer seçimi

Araştırma Sorusu AS2 ye cevap olarak aşağıdaki gibi 3 farklı şekilde hesaplamalar yapılmıştır.

1. Mevcut verilerdeki karar ağacı kırımlarına göre alan, cephe ve yükseklik üzerinden kriterlere göre en uygun cihaz sayısı hesabı:

- A: Daire Alanı: 130 m² den küçük, 130 - 560 m² , 560 m² den büyük: 3 değer
- B: Daire Cephesi : K, G, D, B : 4 değer
- C: Daire Yüksekliği: 1.114'ten büyük ve küçük değerler: 2 değer

Gerekli en düşük veri kaydedici miktarı (D1)

$$= A*B*C \quad = 3*4*2 \quad = 24 \text{ cihaz.}$$

2. Çalışma sırasında çıkan diğer kırımlar ve tekil veri olduğu için değerlendirmeye girilemeyen kolonlar göz önüne alındığında analiz yapabilmek için daha çalışma sırasında çıkan diğer etmenlerde hesaba katıldığından gerekli veri kaydedici sayısı:

- E: Daire Katları: 4 kategori: Zemin, 1.Kat, En Üst Kat, Ara Kat
- F: SES Sınıfları 4 kategori: B, C1, C2, D,

- G: Yalıtım 2 kategori: Var, Yok

Gerekli Veri kaydedici sayısı (D2)

$$= D1 * E * F * G = 24 \times 4 \times 4 \times 2 = 768 \text{ cihaz.}$$

3. Yükseklik ve Daire alan kategorileri daha alt kırılımlara çıkarıldığında gerekli cihaz sayısı:

- A: Alan için 4 kategori: <100 m², < 150 m², < 200 m², >200 m² ve
- C: Yükseklik için 4 kategori < 1000 m, 1000-1100, 1100-1200, >1200 m

Etmen sayılarını değiştirerek çarpıldığında, gerekli veri kaydedici sayısı (D3) =

$$= A*B*C*E*F*G = 4 \times 4 \times 4 \times 4 \times 4 \times 2 = 2.048 \text{ cihaz}$$

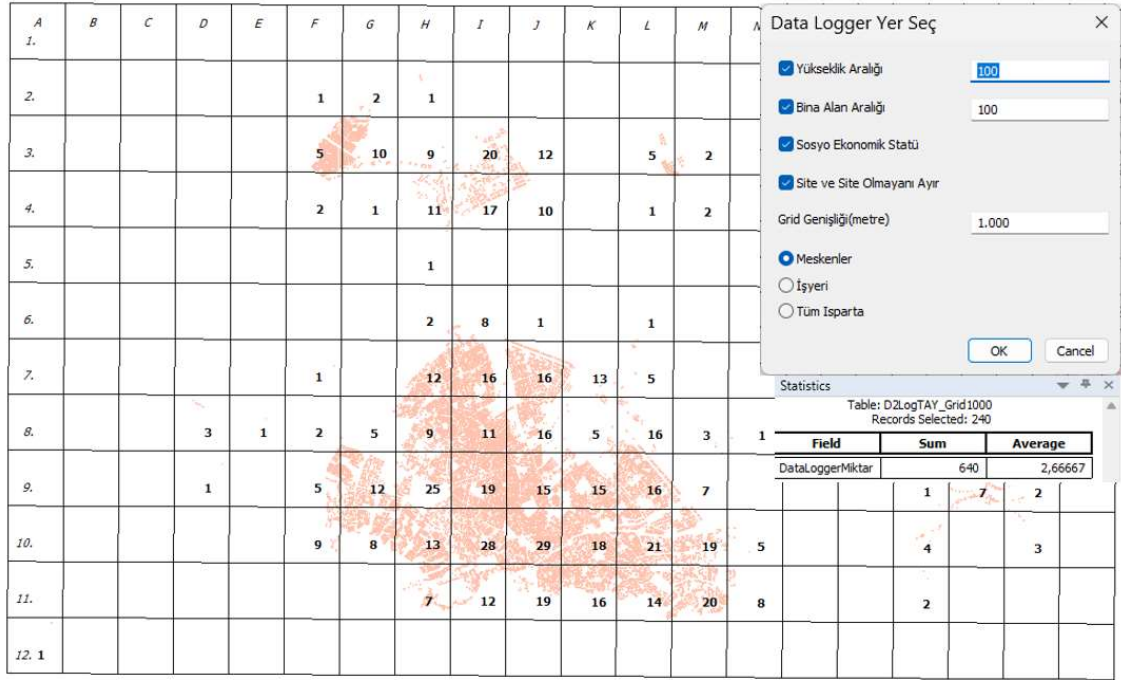
olarak hesaplanmıştır. Bu 3 farklı hesaplama sonucu çıkan rakamlar ve toplam abone içindeki yüzdesi **Tablo 4.28** de verilmiştir.

Veri kaydedici kurulum, işletme maliyeti ve yıllık yanlış tahminleme sebebiyle ödenen cezalar/farklar göz önünde bulundurularak, kurumların bütçesine göre bu tercihler arasında tüm Isparta için veri kaydedici cihaz önerilebilir. Bu cihazların Isparta içindeki dağılımı ise CBS desteği D2LogTAY yazılımındaki “Veri Kaydedici Coğrafi Dağılımı” programı ile yapılmış ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır. Programda yükseklik, alan, SES statü, site, konut türü (mesken, işyeri, tamamı) gibi seçeneklerden uygun olanlar seçilir. Izgara aralığı olarak ise 1 km, 500 metre veya farklı mesafeler girilebilmektedir. **Görsel 4.6**’de 1000 metre mesafeli, **Görsel 4.7**’de ise 500 metre mesafe ızgaralar için örnek olarak iki farklı hesap yapılmıştır.

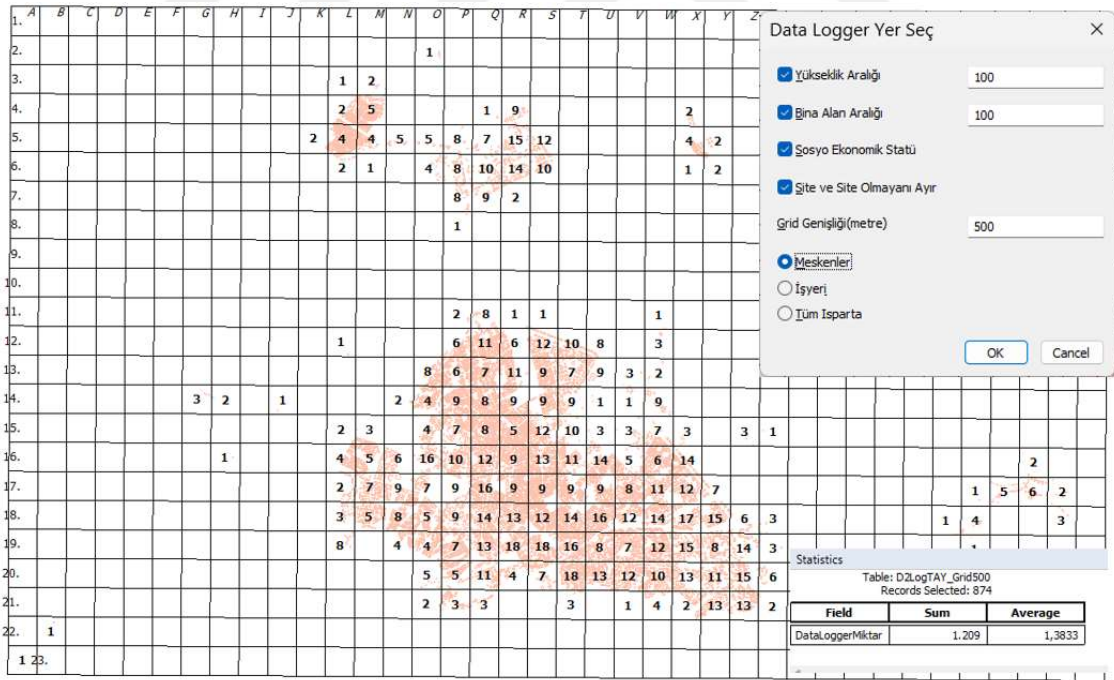
Tablo 4.28. Gerekli Veri Kaydedici Cihaz Sayısı

Düzy	Sayı	Toplam Abone İçindeki Yüzde
1. Karar Ağacına Göre	24	%0,025
2. Karar Ağacına Girmeyen Etmenler Eklendiğinde	768	%0,805
3. Karar Ağacı Etmenleri Genişletildiğinde	2.048	%2,147
Ortalama	947	%0,992

100 metre yükseklik aralığı, 100 metre alan aralığı, SES ve site ortamına göre 1000 metre mesafeli ızgaralar için, 640 adet kırılım hesaplanmıştır, 500 metre mesafeli ızgara için ise 1.209 adet kırılım hesaplanmıştır. Kırılımlar ve her bir ızgarada ilgili kırılıma düşen bina ve daire sayısı **Görsel 4.8**’de verilmiştir. **Tablo 4.29**’de ise kırılımların tüm ızgara numaralarına göre sayıları verilmiştir.



Görsel 4.6. 1 Kilometre Mesafeli Veri Kaydedici Cihaz Coğrafi Dağılımı Haritası

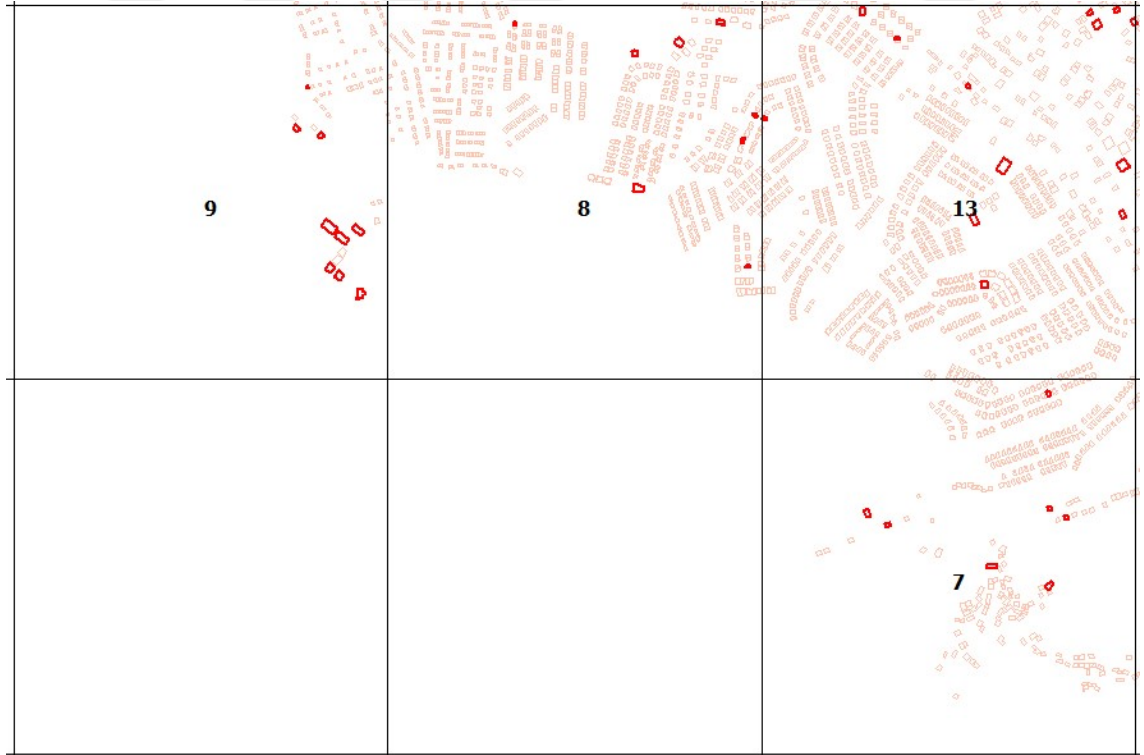


Görsel 4.7. 500 Metre Mesafeli Veri Kaydedici Cihaz Coğrafi Dağılımı Haritası

DL_CBS_GRID_DAGILIM500 Browser		D2LogTAY_Grid500,...,selBinalar Map				
GridNo	SITEDEMI	YUKSEKLIK_ARALIK	ALAN_ARALIK	SES	BİNA_SAYI	DAİRE_SAYISI
O19	T	1100-1200	0-100	C1	31	64
P19	T	1100-1200	100-200	C1	77	184
O19	T	1100-1200	100-200	C1	97	182
O19	F	1100-1200	100-200	C1	89	177
P19	T	1100-1200	200-300	C1	7	32
P19	T	1100-1200	300-400	C1	3	12
O19	F	1100-1200	0-100	C1	3	10
O18	T	1100-1200	100-200	C1	162	212
N19	T	1100-1200	100-200	C1	20	21
O18	F	1100-1200	0-100	C1	26	39
O18	F	1100-1200	100-200	C1	45	77
N19	F	1100-1200	100-200	C1	18	23
N18	F	1100-1200	100-200	C1	86	160
N19	T	1100-1200	0-100	C1	38	54
N18	F	1100-1200	0-100	C1	18	41
N18	F	1100-1200	200-300	C1	5	13

Görsel 4.8. Yükseklik, Site, Alan, SES Sınıfına Göre Oluşan Kırılımlar

Her bir ızgaradaki veri kaydedici takılacak bina sayısı ve seçilen binalar **Görsel 4.9** 'de kırmızı renk ile gösterilmiştir.



Görsel 4.9. Veri Kaydedici Cihaz Takılacak Binaların Yerleri

Tablo 4.29. 1000 Metrelik Izgaralardaki Kırılım Sayıları

Izgara No	Sayı	Izgara No	Sayı	Izgara No	Sayı	Izgara No	Sayı
A12	1	H3	9	J4	10	L10	21
D8	3	H4	11	J6	1	L11	14
D9	1	H5	1	J7	16	M3	2
E8	1	H6	2	J8	16	M4	2
F2	1	H7	12	J9	15	M8	3
F3	5	H8	9	J10	29	M9	7
F4	2	H9	25	J11	19	M10	19
F7	1	H10	13	K7	13	M11	20
F8	2	H11	7	K8	5	N8	1
F9	5	I3	20	K9	15	N10	5
F10	9	I4	17	K10	18	N11	8
G2	2	I6	8	K11	16	Q9	1
G3	10	I7	16	L3	5	Q10	4
G4	1	I8	11	L4	1	Q11	2
G8	5	I9	19	L6	1	R9	7
G9	12	I10	28	L7	5	S9	2
G10	8	I11	12	L8	16	S10	3
H2	1	J3	12	L9	16		
Toplam:	640						

Örnek olarak D8 ızgara numarasındaki 3 adet farklı cihaz için bina listesi **Tablo 4.30**'de verilmiştir. Etmen kırılımına baktığımızda bu ızgaradaki binaların sitede olmadığını, SES sınıfının tek olduğu, yüksekliklerinin 1100-1200 m aralığında olduğu için tek grupta olduğu, sadece bu ızgarada 3 farklı alan aralığında (<100, 100-200, 200-300 m²) olduğundan toplam 3 kırılıma göre, 3 bina sayısı çıkmıştır.

Tablo 4.30. D8 ve F9 Izgaralarında Seçilen 8 Farklı Bina Bilgileri

Izgara No	Bina ID	Yükseklik	Alan	Sitede	SES Sınıfı
D8	14343409	1100-1200	0-100	H	C2
D8	14343441	1100-1200	200-300	H	C2
D8	6742969	1100-1200	100-200	H	C2
F9	3367900	1100-1200	0-100	H	C2
F9	3531179	1100-1200	0-100	E	C1
F9	2645394	1100-1200	100-200	H	C2
F9	2641116	1100-1200	100-200	E	C1
F9	1434024	1100-1200	200-300	H	C2

Veri kaydedici cihaz sayısı **Tablo 4.28**'deki bulunan sayılardan hesaplanan sayılardan birine veya doğalgaz kurumunun imkanlarına göre farklı bir sayıya karar verildiğinde, aşağıdaki hesaba (formül 4.1) göre veri kaydedici cihazları haritadaki ızgaralardaki yerlere monte edilebilir.

$$D_i = tamsayı(\frac{V}{K_k} * K_i) \quad (4.1)$$

D_i : i'ninci ızgaradaki veri kaydedici miktarı

K_k : Izgara başına hesaplanan kırılım miktarları toplamı

K_i : i'ninci ızgaradaki hesaplanan kırılım miktarı

V : Karar verilen veri kaydedici miktarı

tamsayı(): Ondalıklı sayıları alt veya üstündeki tam sayıya yuvarlama fonksiyonu

Örnek olarak $K = 1200$ adet veri kaydedici monte edilecek ise 1000 metrelik F3 ızgarasındaki cihaz sayısı şu şekilde hesaplanır:

$$D_{F3} = tamsayı(1200/640 * 5) = tamsayı(9,375) = 9$$

1200 adet veri kaydedici için 500 metrelik P16 ızgarasındaki cihaz sayısı şu şekilde hesaplanır:

$$D_{P16} = tamsayı(1200/1209 * 10) = tamsayı(9,926) = 10$$

4.3.3. Hava sıcaklığı, yalıtım, cephe, konum, yükseklik ve alan esaslı tüketim analizleri

Araştırma sorusu AS3 için sıcaklık, nem, basınç, rüzgar hızı, kat, alan, yükseklik parametreleri ile bir çok anova analizleri yapılmıştır. Bu analizler tüketim, log(Tüketim), alan başına normalize tüketim gibi değerler ile çeşitlendirilmiştir. Karar ağacı analiz sonuçlarımıza göre sayısı fazla olan mesken daireler için, cephe, daire alanı ve yükseklik kriterlerine göre tüketim analizleri hesaplanmıştır. Apartman ve Müstakil abonelerinin çoğunluğu oluşturan mesken türündeki daireler için karar ağacındaki alan, cephe ve yükseklik kümeleri kullanılarak veriler analiz edilmiştir.

4.3.4. Mevsimsel, haftalık ve gece/gündüz tüketim profilleri

Araştırma sorusu AS4'e cevap olabilecek nitelikte mevsimsel, aylık, günlük, saatlik ve gece gündüz esasında tüketim profilleri oluşturulabilmiştir. Bu grafikler 4.1.4, 4.1.7 ve 4.1.10 bölümlerde ayrıntılı olarak verilmiştir.

4.3.5. Enerji duyarlılığını artırmak için tüketici temelli analizlerin yapılması

Araştırma sorusu AS5'e cevap olarak temini dövize bağlı bir enerji kaynağı olan ve yurtdışına döviz çıkışına sebep olan doğalgazın gün öncesi tahminlemesi için gerekli parametreler hesaplanmış, yüksek miktarlı tüketim yapan dairelerin enerji duyarlılığını (ED) artırabilecek (benzer kategoride olan yalıtımlı evlerin ortalama tüketimi bilgileri verilerek enerji duyarlılığı artırılabilir ve yurtdışına döviz çıkışı azaltılabilir. Enerji duyarlılığı (ED) için 4 kurgu üzerinden hesap yapılmıştır.

Kurgu ED1: Ortalama tüketimden fazla tüketen daireler tüketimlerini ortalama tüketimlere indirmeleri durumu.

Kurgu ED2: Ortalama tüketimden fazla tüketen dairelerin tüketimlerini ortalama tüketimin %10 fazlası kadar indirmeleri durumu.

Kurgu ED3: Model parametrelerine göre ortalama tüketimden fazla tüketen daireler tüketimlerini ortalama tüketimlere indirmeleri durumu.

Kurgu ED4: Model parametrelerine göre ortalama tüketimden fazla tüketen dairelerin tüketimlerini ortalama tüketimin %10 fazlası kadar indirmeleri durumu.

4.3.5.1. Alan ortalamasına göre kurgu analizleri

Doğalgaz tüketen dairelere, enerji duyarlılığını artırmak ve yurtdışına döviz çıkışını engellemek amaçlı bilinçlendirme ve bilgilendirmeler yapılması önerilmektedir. Örnek olarak hedef sitelerde ikamet eden benzer yalıtım ve yükseklik değerine sahip 11 dairenin toplam tüketimleri **Tablo 4.31**'de, aylara göre saatlik ortalama tüketimleri ise **Tablo 4.32**'de verilmiştir. Bu tablodaki tüketimler daha sonra 100 m² eşdeğer alana indirgenmiştir. 1. kurgu göre, Ortalamanın üzerinde tüketen 7 dairenin tüketim farkları sayısal ve yüzdesel olarak **Tablo 4.33**'de verilmiştir. Tabloda ayrıca 2. kurguya göre fazla tüketenlerin tüketimlerini ortalama tüketimden %10 fazlası kalan tüketim yüzdeleri

hesaplanmıştır. **Tablo 4.34**'de ise 100 m² ye indirgenmiş veriler üzerinde her iki kurguya göre tasarruf edilebilecek toplam miktarlar hesaplanmıştır.

Tablo 4.31. Hedef Sitedeki Dairelerin Toplam Tüketimi

Cihaz No	Tüketim	Cihaz No	Tüketim	Cihaz No	Tüketim
Cihaz40	224.002	Cihaz47	118.493	Cihaz53	159.774
Cihaz42	216.735	Cihaz49	162.448	Cihaz54	153.588
Cihaz44	82.173	Cihaz50	91.727	Cihaz57	82.377
Cihaz45	126.229	Cihaz52	121.087	Toplam:	1.538.633

Tablo 4.32. Hedef Sitedeki Cihazların Aylara Göre Saatlik Ortalama Tüketimi

Ortalama Saatlik Tüketim											
Alan:	122 m ²		123 m ²					136 m ²		148 m ²	
Cihaz No:	53	54	40	44	45	49	50	52	57	42	47
Yıl – Ay											
2020-11	42,61	42,08	55,57	-	47,09	49,68	21,39	38,27	22,00	35,98	32,49
2020-12	47,56	44,59	68,55	-	44,36	55,47	24,78	34,86	23,62	61,60	30,80
2021-01	51,15	50,49	77,31	66,93	47,45	67,27	30,05	31,51	29,86	69,69	37,30
2021-02	42,18	36,96	54,33	43,20	34,58	49,02	26,23	30,12	23,07	61,55	35,07
2021-03	38,19	38,38	50,06	42,46	33,34	41,69	30,56	29,59	21,20	61,68	28,88
Ortalama	44,34	42,50	61,16	50,86	41,36	52,63	26,60	32,87	23,95	58,10	32,91

Tablo 4.33. Hedef Sitedeki Tüketimlerin 100m2 Alana Normalize Edilmesi Sonucu Oluşan Farklar

Cihaz No:	53	54	40	44	45	49	50	52	57	42	47
Ortalama Saatlik											
Tüketim (A):	44,34	42,50	61,16	50,86	41,36	52,63	26,60	32,87	23,95	58,10	32,91
Daire Alanı m2) (B):	122	122	123	123	123	123	123	136	136	148	148
100 m2deki Tüketim											
(C): A / B*100	36,34	34,84	49,72	41,35	33,63	42,79	21,63	24,17	17,61	42,72	24,20
100 m2 Tüketim											
Ortalaması (D):	33,54										
Tüketim Farkı: C–D ⁽¹⁾	2,80	1,29	16,18	7,81	0,08	9,24	-	-	-	9,18	-
Yüzde Fark: C/D -1 ⁽¹⁾	%8	%4	%48	%23	%0	%28	-	-	-	%27	-
Ortalama + %10 olan	-	-	%38	%13	-	%18	-	-	-	%17	-
fark: C–(D*1,1) ⁽²⁾											

(1) Sadece ortalama tüketimden fazla tüketen 7 cihaz için hesaplanmıştır. (Kurgu 1)

(2) Sadece ortalama tüketimden %10 daha fazla tüketen 4 cihaz için hesaplanmıştır (Kurgu 2).

Tablo 4.34. 100 m² Alana Normalize Edilmiş Ortalamadan Fazla Tüketimler

Cihaz	Toplam Tüketim	Alanı m ²	Ortalamadan Fazlalık Yüzdesi (%) (A)	Ortalamadan Fazla Tüketim (Kurgu ED1)	(A – 10)%	Ortalama + %10'dan Fazla Tüketim (Kurgu ED2)
Cihaz40	224.002	123	48,2	107.520,96	38,2	85.120,76
Cihaz42	216.735	148	27,4	58.518,45	17,4	36.844,95
Cihaz44	82.173	123	23,3	18.899,79	13,2	10.682,49
Cihaz45	126.229	123	0,3	338,72	-	10.682,49
Cihaz49	162.448	123	27,6	45.485,44	17,6	29.240,64
Cihaz53	159.774	122	8,3	12.781,92	-	-
Cihaz54	153.588	122	3,9	6.143,52	-	-
Toplam	1.538.633	884		250.947,73		161.888,84

Ortalama doğalgaz tüketiminden fazla tüketen daireler bilgilendirilirse ve bilinçlendirilirse, tüketimlerini azaltıp ortalamaya indirebildiklerinde $250.947,73 / 1.538.633 = \%16,31$ tasarruf sağlanılabilir. Ortalamadan fazla tüketenler tüketimlerini ortalama değerin %10 fazlası kadar indirirler ise tasarruf miktarı toplam tüketime göre $161.888,84 / 1.538.633 = \%10,52$ olarak hesaplanılmıştır. Materyal kısmında (bölüm 3.1.2.5) hesapladığımız ortalama daire alanı ise 135 m².

Tablo 4.34 de verilen 7 adet dairenin ortalama alanı $= 884 \text{ m}^2 / 7 = 126,29 \text{ m}^2$ 'dir. Tüm Isparta için hesaplamalara alan düzeltmesi oranı $135,37 / 126,29 = 1,0719$ olarak hesaplanmıştır. Azaltılabilecek tüketim miktarının m³ olarak hesaplandığında ise miktarlar aşağıda verilmiştir.

Kurgu 1: Ortalama tüketimden fazla tüketen abonelerin ortalama tüketime indirildiği kurguda tasarruf edilebilecek doğalgaz hacmi aşağıdaki gibi hesaplanılmıştır:

Hedef sitedeki daireler için.

$$= 250.947,73 * 0,01 \text{ m}^3/\text{tüketim endeksi}$$

$$= 2509,48 \text{ m}^3$$

Tüm Isparta için: $95.406 \text{ abone} * 2509,4773 \text{ m}^3 / 11 \text{ abone} * 1,07190 \text{ alan oranı}$

$$= 23.330.269,04 \text{ m}^3$$

Kurgu 2: Ortalama tüketimden %10 fazla tüketen abonelerin, ortalama tüketim + %10'a indirildiği kurguda tasarruf edilebilecek doğalgaz miktarı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\text{Hedef site için: } 161.888,84 * 0,01 \text{ m}^3/\text{tüketim endeksi}$$

$$= 1.618,89 \text{ m}^3$$

Tüm Isparta için: 95.406 abone * 1.618,8884 m³ /11 abone*1,07190 alan oranı

$$= 15.133.609,13 \text{ m}^3$$

Tablo 4.35. Ortalama Alana Göre Hesaplanan Enerji Duyarlılık Kurguları

Kurgu	Site Tasarruf Toplamı (m ³)	Tüm Isparta Tasarruf Toplamı(m ³)
Kurgu ED1	2.509,48 m ³	23.330.269,04 m ³
Kurgu ED2	1.618,89 m ³	15.133.609,13 m ³

Bu analiz tüm veri için doğrudan yapılsa idi Model ağacına göre 100 m² alana göre ortalama tüketim **Tablo 4.33**'de 33,54 hesaplanmıştır. Model olmadan elimizdeki tüm verilerin ve hedef sitedeki verileri ortalaması ise sırayla 25,47 ve 28,15 olarak hesaplanmıştır. Bu iki değer ile hesaplamalar sonucu çıkan ortalamalar arasındaki tüm veri için %32, hedef site için ise %19 farklı çıkacaktır. Ayrıntılı veri ile alışılmış ortalama arasında 32-19 = %13 lük bir fark oluşmuştur. Hesaplama aşağıda verilmiştir.

100 m² alana orantılanmış tüm tüketim
ortalaması

$$mean(itdaa\$tuk/itdaa\$AboneAlan*100)$$

$$= 25,47$$

$$= (33,54/25,47 -1) * 100$$

$$= (1,32 -1) *100 = \% 32$$

100 m² alana orantılanmış hedef sitede
tüketim ortalaması

$$mean(isd\$tuk/isd\$AboneAlan*100)$$

$$= 28,15$$

$$= 100 * (33,54/28,15 -1)$$

$$= 100 (1,19 -1) = \% 19$$

4.3.5.2. Ortak cepheleli dairelere göre kurgu analizleri

Hedef sitedeki daire karakteristiklerine göre aynı cephelere sahip dairelerin alanlarına göre ortalama tüketim verileri üzerinden aynı kurgular çalışılmıştır. Ortak cephelere sahip 7 daire, 2 grup halinde toplanmıştır (**Tablo 4.36**). A grubundakiler kuzey, güney ve doğu cephelerine sahiptir, 123 m² ablan sahip 3 daire, 136 m² alanlı 1 daire vardır. B grubundakiler ise kuzey, güney ve batıya cephelidir, 123 m² alanlı 2, 136 m² alanlı 1 daire vardır.

Her iki kurguya göre hesaplamalar **Tablo 4.37**'de verilmiştir. 7 dairenin ağırlıklı alan ortalaması alınmış, toplam tasarruf edilebilecek olası miktarları hesaplanmış ve **Tablo 4.38**'de her iki kurguya göre hem site içindeki 11 daire için, hem de tüm Isparta için yapılabilecek tasarruf miktarları ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Tablo 4.36. Ortak Cepheye Sahip Hedef Sitedeki Daireler

Grup	Cihaz İsmi	Alan	Cephe				Hedef Sitede mi?
			Kuzey	Güney	Doğu	Batı	
A	Cihaz40	123	1	1	1		Evet
A	Cihaz44	123	1	1	1		Evet
A	Cihaz49	123	1	1	1		Evet
A	Cihaz57	136	1	1	1		Evet
B	Cihaz45	123	1	1		1	Evet
B	Cihaz50	123	1	1		1	Evet
B	Cihaz52	136	1	1		1	Evet

Tablo 4.37. Ortak Cepheye Sahip Hedef Sitedeki Dairelerin Kurgu Analizleri

Cihaz No:	Ort. Saatlik Tüketim (A):	Daire Alanı m2) (B):	100 m2'deki Tüketim C: A / B x 100	Tüketim Farkı: C-D ⁽¹⁾	Fark (%) E=C/D -1 ⁽¹⁾	E-%10 Eksiği (%)	Tüketim m Endeks	Kurgu ED3	Kurgu ED4
Grup 1									
40	61,16	123	49,72	11,85	31,3	21,3	224.002	70.111,89	47.711,69
44	50,86	123	41,35	3,48	9,2		82.173	7.556,90	
49	52,63	123	42,79	4,92	13	3,0	162.448	21.116,70	4.871,90
57	23,95	136	17,61	-20,26			82.377		
Grup Ort.	47,15	126,25	D=37,87			Grup Toplamı	551.000	98.785,50	52.583,60
Grup 2									
45	41,36	123	49,72	5,10	11,4	1,4	126.229	14.427,79	1.804,89
50	26,6	123	41,35				91.727		
52	32,87	136	42,79				121.087		
Grup Ort.	33,61	127,33	D=44,62			Grup Toplamı	339.043	14.427,79	1.804,89
	Ağırlıklı Ort.	126,71				Toplam Endeks:		113.213,28	54.388,48

Tablo 4.38. Model Parametrelerine Göre Hesaplanan Enerji Duyarlılık Kurguları

Kurgu	Site Tasarruf Tahmini (m3)	Tüm Isparta Tasarruf Tahmini (m3)
Kurgu ED3	1132,13*11/7 = 1779,07	16.484.352,08
Kurgu ED4	543,88*11/7 = 854,68	7.919.202,55

Bu analiz tüm veri için modelleme olmadan doğrudan yapılsa idi aradaki farkın $33,54 / (47,15*4 + 33,61*3) / 7 - 1 = 41,35/33,54 - 1 = \%23,28$ fazla tahmin edileceği saptanmıştır.

4.3.6. Sera gazı salımının azaltılması kurgu analizleri

Araştırma sorusu **AS5**'de yapılan hesaplamalar sonucunda hesaplanan tasarruf edilebilecek miktar ve literatürdeki 2.5 numaralı başlıkta verilen salım miktarları kullanılarak azaltılabilecek sera gazı miktarları(SG) **AS6** için aşağıda gibi hesaplanmıştır. Ayrıca tasarruf miktarı doğalgaz kullanan dairelerin [65] raporundaki değerlere göre hedef sitedeki 11 daire için azaltılabilecek CO₂ salım miktarı üzerinden, Isparta'daki toplam doğalgaz dairelerinin salım miktarının azaltılabilecek şekilde hesaplanmıştır.

Isparta'da mevcut daireler için uygulanabilecek tasarruf kurguları aşağıdaki iki bölümde verilmiştir. Hesaplama kullanılacak parametreler aşağıdaki 4.2 ve 4.3 formüllerde verilmiştir.

$$K_s = a * b * c * d \quad (4.2)$$

$$K_i = K_s * \left(\frac{e}{f}\right) * \left(\frac{g}{h}\right) \quad (4.3)$$

K_i, K_s- Isparta ve sitede azaltılabilecek CO₂ salım miktarı (t CO₂)

A- Tasarruf edilebilecek doğalgaz miktarı (m3)	
B-1 m ³ doğalgazın enerji miktarı	: 40 MJ/m ³
C-1 TJ Doğalgazdan CO ₂ gazı salımı	: 56,1 t CO ₂ / TJ
D-1 TJ eşdeğeri Megajoule	: 10 ⁻⁶ TJ/MJ
E-Sitede Daire Alan Ortalaması	: 126,29 m2
F- Isparta Daire Alan Ortalaması	: 135,37 m2
G- Isparta Abone Sayısı	: 95.406
H- Site Abone Sayısı	: 11

4.3.6.1. Ortalama alana göre kurgu analizleri

Benzer karakteristikteki dairelerden fazla tüketimi olan dairelerin bilgilendirilmesi, bilinçlendirilmesi ve yalıtım gibi ek tedbirler alınarak daireler tüketimini ortalama

tüketime indirir veya ortalama tüketime yaklaştırabilir ise yapılabilecek tahmini sera gazı salınım azaltımı iki farklı şekilde hesaplanarak **Tablo 4.39** ve **Tablo 4.40**'de verilmiştir.

Kurgu SG1 (ED1'e göre):

Ortalama tüketimden fazla tüketenlerin ortalama tüketime indirgenmesi:

A-Sitede Tasarruf edilebilecek doğalgaz miktarı : 2.509,4773 m³

G_s- Sitede Azaltılabilecek CO₂ salım miktarı : A* B* C*D

G_s = 2509,4773 m³ * 40 MJ/m³ * 56,1 t CO₂ / TJ * 10⁻⁶ TJ/MJ

G_s = 5,6312 t CO₂

J- Isparta'da Azaltılabilecek CO₂ salım miktarı = G * (H / I) * (E/F)

J = 95.406 * (5,63 tCO₂ / 11) * (135,37 m²/126,29 m²)

J = 52.341,3432 ton CO₂

Kurgu SG2 (ED2'e göre):

Ortalama tüketimden %10 daha fazla tüketenlerin, ortalama tüketimin %10 fazlası indirildiği ise:

A-Tasarruf edilebilecek doğalgaz miktarı : 1.618,8884 m³

Azaltılabilecek CO₂ salım miktarı : A* B* C*D

= 1.618,8884 m³ * 40 MJ/m³ * 56,1 t CO₂ / TJ * 10⁻⁶ TJ/MJ

= 3,6328 ton CO₂

Tüm Isparta'daki aboneler için azaltılabilecek salım miktarı:

= 95.406 abone * 3,63 tCO₂/ 11 abone * (135,37 m²/126,29 m²)

= 33.773, 5126 ton CO₂

Ortalamadan %10 fazlasına kadar 31.508 ton CO₂ salımı azaltılabilir.

Tablo 4.39. Ortalama Alana Göre Azaltılabilecek CO₂ Eşdeğer Salımı

Kurgu	Site CO ₂ Gazı Salınım Azaltımı	Tüm Isparta CO ₂ Salınım Azaltımı
Kurgu SG1	5,6312 t CO ₂	52.341,3432 t CO ₂
Kurgu SG2	3,6328 t CO ₂	33.773,5126 t CO ₂

4.3.6.2. Model parametrelerine göre kurgu analizleri

Kurgu SG3 (ED3'e göre):

Ortalama tüketimden fazla tüketenlerin ortalama tüketime indirgenmesi:

A: Sitede Tasarruf edilebilecek doğalgaz miktarı : 1.779,07 m³

G_s- Sitede Azaltılabilecek CO₂ salım miktarı : A* B* C*D

G_s = 1.779,07 m³ * 40 MJ/m³ * 56,1 t CO₂ / TJ * 10⁻⁶ TJ/MJ

G_s = 3,9922 ton CO₂

J: Isparta'da Azaltılabilecek CO₂ salım miktarı = G * (H / I) * (E/F)

J = 95.406 * (G_s / 11) * (135,37 m²/126,29 m²)

J = 37.115,2472 ton CO₂ salımı azaltılabilir.

Kurgu SG4 (ED4'e göre):

Ortalama tüketimden %10 daha fazla tüketenlerin, tüketimlerini ortalama + %10 fazlasına indirdiğinde:

A:Tasarruf edilebilecek doğalgaz miktarı : 854,68 m³

Azaltılabilecek CO₂ salım miktarı : A* B* C*D

= 854,68 m³ * 40 MJ/m³ * 56,1 t CO₂ / TJ * 10⁻⁶ TJ/MJ

= 1,9179 ton CO₂

J: Tüm Isparta'daki aboneler için azaltılabilecek salım miktarı:

= 95.406 abone * G_s / 11 abone * (135,37 m²/126,29 m²)

= 17.830,4729 ton CO₂ salımı azaltılabilir.

Tablo 4.40. Model Parametrelerine Göre Azaltılabilecek CO₂ Eşdeğer Salımı

Kurgu	Site Karbon Salınım Azaltımı	Tüm Isparta Karbon Salınım Azaltımı
Kurgu SG3	3,9922 t CO ₂	34.625,7263 t CO ₂
Kurgu SG4	1,9179 t CO ₂	17.830,4729 t CO ₂

Türkiye yıllık ortalama tüketim ile Isparta ortalama tüketim arasındaki farkı, yukarıdaki iki kurguya göre hesaplandığında oluşan fark aşağıdaki **Tablo 4.41**'deki gibi hesaplanmıştır.

Tablo 4.41. *Isparta Ortalama Tüketime Göre Gaz ve Salınım Miktarı*

Madde	Açıklama	Miktar
A	Isparta yıllık ortalama tüketim	: 1.500
B	Türkiye yıllık ortalama tüketim	: 944
C	Fark (A-B)	: 556
D	Isparta abone sayısı	: 95.406
E	Toplam m ³ fark (C*D)	: 53.045.736
F	Toplam CO ₂ salınımı (kurgu ED1)	: 119.035
G	Ortalama + %10 ile farkı ($A - 1,1 * B$)	: 461,6
H	Toplam m ³ fark	: 44.039.409,60
J	Toplam CO ₂ salınımı (kurgu ED2)	: 98.824,44

Isparta, ısınma hassasiyeti yüksek-orta düzeyde olan bir olduğu için yukarıdaki hesaplanan miktarlarda bir azaltma mümkün görünmemektedir. Isparta'ya benzer illerin ortalama tüketimine göre bir hesap yapmak daha doğru olabilir.

5. BULGULAR, KISITLAMALAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamındaki Bölüm 1.3 de listelenen hipotezin, Bölüm 3'te verilen materyal ve yöntemler kullanılarak, Bölüm 4'te verilen araştırma bulgu ve sonuçlarına ulaşılmıştır.

1. Şehrin tüketim bilgilerini daha iyi şekilde analiz edebilme için gerekli veri kaydedici miktarı hesaplanabilmiştir
2. İnsanların yaşam konforunu azaltmadan, ekonomik çevresel etkiyi minimize eden etmenlerden sıcaklık, basınç, yükseklik, yalıtım, cephe, kat, gibi etmenlerin ön plana çıktığı görülmüştür.
3. Saatlik tüketim değerleri üzerinden farklı kullanıcı profilleri ve hafta içi/sonu, gece-gündüz tüketim eğrileri çıkarılabilmektedir.
4. Meteorolojik verilerin tek başına tüketim ile ilişkilendirildiğinde anlamlılık değerlerinin düşük kaldığı, daire alan, cephe, yükseklik gibi kategorik veriler kullanılarak ile oluşturulan alt kümelerde, meteorolojik veriler ile tüketimler daha yüksek anlamlılıkta ilişkilendirilebilmiştir.
5. Hava sıcaklığı, yalıtım, cephe, coğrafi konum, yükseklik, daire alanına göre tüketim analizleri çıkarılabilmektedir.
6. Mahalle temelinde sosyo-ekonomik gelir düzeyi ve doğalgaz tüketimlerini nasıl etkilediği bu çalışmada analiz edilememiştir. Veri setindeki cihazların hepsinin aynı SES statüsüne sahip olduğu için analiz yapılamamıştır.
7. Enerji duyarlılığını artırmak için tüketici ve grup/profil tabanlı analizler yapılabildiği görülmüş, tüketicilere benzer alan, kat ve cephedeki dairelerin ortalama tüketiminin istatistik bilgileri verilerek farkındalık artırılabilir ve bu şekilde yurtdışı döviz çıkışı da azaltılabilir.
8. Kömür ve odun kullanan tüketicilere doğalgaz tüketiminin ekonomisi hakkında daire alanına, kat ve cephesine göre benzer tüketicilerin bilgileri gösterilerek sera gazı salınımının azaltacak adımlar atılabilir.
9. Doğalgaz şebeke tasarımı sırasında yapılan gaz kullanım etüt değerleri ile gerçek tüketim değerleri arasındaki benzeşmeler ve ayrışmalar incelenebilir.
10. Doğalgaz tüketiminin yaygınlaştığı alanlardaki hava kalitesi değişimleri izlenebilir.

5.1. Bulgular

Çalışma sonucunda elde edilen başlıca bulgular aşağıda verilmiştir:

1. Dairelerin karakteristik bilgilerine göre karar ağacı kümelerine ayrılarak tüketimleri ile meteorolojik veriler arasında güçlü bir şekilde modellenenilen anlamlı ilişki olduğu tespit edilmiştir.
2. Model sonucunda log (tüketim) değerinin, tüketim değerinden daha anlamlı ($R^2=0,99$) olduğu tespit edilmiştir, fakat tüketim/alan bağımlı değişken ile bir model kurulamamıştır.
3. Daire bilgileri için cephe, kat, yükseklik gibi bilgilerin olmasının tüketim modellenmelerinde gerekli olduğu sonucun tespit edilmiştir.
4. Açıklayıcı veri analizleri ile saatlik doğalgaz tüketimlerinin kolayca analiz edilebileceği modellemelerin yapılabileceği tespit edilmiştir.
5. Dairelerin kümelenmesi için gerekken kategoriler karar ağaçları ile tespit edilebildiği görülmüştür.
6. Gerekli veri kaydedici cihaz sayısının farklı etmenler ve şehrin coğrafi yapısına göre hesaplanabildiği tespit edilmiştir.
7. Veri kaydedici cihaz montajlarının coğrafi olarak ızgara şeklinde model kriter kırılımlarına göre sayıları hesaplanabilmiştir.
8. Tasarruf edilebilir doğalgaz miktarı ve azaltılabilir CO₂ salınımı miktarları model sonucunda benzer daire türlerine göre hesaplanabildiği görülmüştür.
9. Çarşamba ve Perşembe tüketimlerinin diğer günlerden fazla olduğu, en az tüketimin Pazar günü olduğu ve okul tatillerinde olduğu tespit edilmiştir.
10. Dairelerin çoğunun Gece 12- öğlen 11 arasında düz bir tüketim eğrisi gösterdiği akşam 17 ye kadar tüketimin azaldığı, sonra gece yarısına kadar arttığı görülmüştür, bazı dairelerin ise bu tüketim profiline uymadığı tespit edilmiştir.

5.2. Çalışmanın Sağladığı Faydalar

Çalışmanın sağladığı başlıca faydalar aşağıda verilmiştir:

1. Literatürde de görüldüğü üzere Türkiye’de doğalgaz kullanan konut sayısı artıyor. Ayrıca kentsel dönüşüm, imar değişiklikleri gibi çalışmalar neticesinde mevcut konutlar da değişiyor. Bu nedenlerle değişen koşullar için mevcut ve değişken

bilgiler ile cephe, kat, alan, sıcaklık gibi anlamlı parametreler ile tüketim modellemesinin yapılabilir olduğu görülmüştür.

2. Doğalgaz abonelerine, daire başına ortalama tüketim bilgisi verilmesi tek başına ikna edici bir parametre değildir. Abonenin bölgesindeki aynı/benzer cephe, kat, yükseklik, alana sahip abonelere yalıtımlı, yalıtımsız benzer tüketimlerin ortalaması fatura/okuma belgesinde bilgilendirme amaçlı sunulabileceği bu çalışma sonucunda önemli faydalı çıktılarından birisidir. EPDK regülasyonu ile doğalgaz dağıtım şirketleri, aboneler doğalgaz tüketimini azaltıcı bilinçlendirme amaçlı bilgiler ile benzer abonelerin tüketim verilerinin sunulmasını zorunlu kılabilir. Böylece ortalamanın üstündeki tüketiciler tüketimi azaltıcı tedbirler alarak hem enerji duyarlılığı hem çevreye salınan sera gazı azaltımı hem de ülke ekonomisi için döviz çıktısı azaltılabilir.
3. Abonelerin hafta içi, hafta sonu tüketimleri, tatil tüketimlerinin saatlik veriler ve grafikler incelenmesi sonucunda, hafta için en çok Çarşamba ve Perşembe, hafta sonu ise cumartesi, tatillerde ise Okul tatilinde daha çok doğalgaz tüketildiği bilgisine ulaşılmıştır. Aboneler hakkında tüketimlerin kullanım grafiği ile ilgili açıklayıcı bilgiler çıkarılabilir. Aylık abone tüketimden bu bilgilerinden günlük ortalama tüketim bilgisi hesaplanabilir. Fakat saatlik, günlük, haftalık ve tatil tüketim profillerinin çıkarılması mümkün değildir. Bu çalışma veri kaydedici kullanımının önemini ortaya koymuştur. Ayrıca tüm gün içerisinde, benzer saatlik sıcaklıklar veya değişimli sıcaklıkların ortalaması aynı çıkabilir. Ortalama sıcaklık ve tüketim yerine hassas ölçümlerin karşılaştırılması kurumlara daha fazla içgörü vermektedir.
4. Bu çalışmanın bulguları doğrultusunda, CBS kullanılarak, abone tüketim ölçümleri ile yeni kümelemeler yapılarak tüketim analizleri üzerinde ayrıntılı çalışılabileceği ortaya çıkmıştır.
5. Veri kaydedici cihazının saatlik olarak kaydettiği veriler sayesinde daha önceden gezerek tüketim okumaları ve SCADA/Düzenleyici çıkış değeri arasında aynı zaman dilimi için yapılamayan ölçüm karşılaştırması yapılabilir hale gelmiştir.
6. Çalışma sayesinde birçok profil çıkarılabilmektedir. Abone türlerine, cephelerine, katlarına, zamana (sabah, öğlen, akşam ve gece, tatil vb.) göre saatlik tüketim

profilleri çıkartılabilmektedir. Profillerinde benzerlik olan aboneler görülebilmektedir. Ayrıca abone türüne uymayan tüketim profilleri tespit edilebilmektedir.

7. Aynı/benzer metrekarede ve aynı cephede olan fakat tüketimleri farklılık gösteren aboneler tespit edilebilmektedir.
8. Tüketim karakteristiklerinden bazıları çıkarılabilmektedir. Ortalama tüketimin üstündeki ve altındaki tüketiciler tespit edilebilmektedir. Abonelerin tüketim yapmadığı zaman bilgileri çıkarılabilmektedir. Tatil dönemlerindeki tüketim karakteristikleri çıkarılabilmektedir.
9. Saatlik tüketim profillerine göre abonelerin tür profilleri belirlenerek, tüketimleri modellenebileceği görülmüştür. Her yere akıllı sayaç veya veri kaydedici takılmadan modelleme yapabilmek için ihtiyaç duyulan minimum veri kaydedici sayısı hesaplanabilmektedir.
10. Doğalgaz tüketim modelleri için ayrıntılı ölçüm verilerinin daha doğru ve iyi modeller yapabilmek önemli olduğu için CBS sayesinde sağlanan kazanımlardan bazıları aşağıdaki verilmiştir:
 - Dairelerin cephe, alan, site, yükseklik vb. karakteristiğine göre kümelenmesi ve toplam daire sayısı, abone sayılarının, olası abone sayısının bulunmasında CBS hem mekânsal sorgular sağlamaktadır.
 - Normal aboneler için tek kat bilgisi bulunmaktadır, dubleksler için ek olarak dubleks ve ters dubleks bilgisi girilebilir, Apartman türünde tek aboneliği olanlar için kaç katlı bina olduğu bilgisi ek olarak girilebilir.

5.3. Çalışmanın Limitleri

Çalışmaya ait bilinen belli başlı limitler ve cevaplandırılmayan Araştırma Soruları aşağıda verilmiştir.

1. AS7- Mahalle bazında sosyo-ekonomik gelir düzeyi ve doğalgaz tüketimlerini nasıl etkilediği analiz edilememiştir. Veri kaydedici verilerinin sadece bir adet SES göstergesi içinde bulunması bu çalışmanın yapılabilmesini sınırlandırmıştır.
2. AS8- Etüt değerleri bilgisi olmadığından, gerçek tüketim değerleri ile arasındaki benzerlik veya sapmalar hesaplanamamıştır.
3. AS9- Doğalgaz tüketiminin yaygınlaştığı alanlardaki hava kalitesi değişimleri karşılaştırmak için veri olmadığından bu araştırma sorusu yanıtlanamamıştır.

4. AS10- Merkezi sistemli pay ölçerli binalarda, %30 ortak , %70 tüketime göre paylaşımdan kaynaklı oluşabilen ödeme dengesizliğinin giderilmesi için bu çalışmada karar ağacı analizinde çıkan cephe yükseklik gibi kriterlere göre analizleri yapılamamıştır.
5. Literatürde farklı tüketimler (elektrik, gaz, su) birlikte analiz edilmiştir, bu çalışmada farklı tüketim değerlerine ait bilgiler olmadığından böyle bir ilişki incelenememiştir.
6. Veri kaydedici veri toplama hataları bilinmemektedir. Bu çalışmada temin edilen verilerin içerisinde ölçüm hatalarından kaynaklı değerler olabilir. Özellikle, sıfır tüketimlerin ölçüm hatası mı yoksa tüketim olmamasından kaynaklı sıfır olup olmadığı bilinmemektedir. Ayrıca çok yüksek tüketim değerleri aykırı olarak işaretlenmiş veriden temizlenmiştir, bu verinin ölçüm hatası olma ihtimali de vardır.
7. Abonelerin hedonik (haz bilgisi), kişisel konforu ve tüketim alışkanlıklarını bilmediğimiz için bu farklı profillerin dış etmenlerle mi, kişisel tercihlerden kaynaklı mı olduğunu bilinmemektedir. Abonelerin soğuk seven veya sıcak sevenler gibi ısınma hassasiyeti bilinmemektedir. Ayrıca abonelerin ısınma için doğalgaz yanında elektrikli ısıtıcı veya klima kullanıp kullanmadığı bilinmemektedir.
8. Mevcut veri kaydedici verisi alınabilen cihaz sayısının azlığı bu çalışmanın en önemli limitlerinden birisidir. Çalışmada kullanılan cihaz sayısının limitli olması, mevcut veri kaydedici verisi alınabilen cihaz sayısının azlığı, veri kaydedici olan bazı dairelere ait alan, cephe, kat gibi bilgilerin olmamasından kaynaklı veri eksiklikleri, bazı parametrelerin ve katsayıların daha ayrıntılı hesaplanmasında pozitif veya olumsuz yönde katkıda bulunmuş olabilir.
9. Cihazların kendi ölçüm hassasiyeti veya pilinin zayıf olması gibi etmenlerden kaynaklı veri hataları olup olmadığı bilinmemektedir.
10. Meteoroloji istasyonundaki ölçüm cihazlarının hata miktarını bilinmemektedir. Saatlik meteorolojik verileri ile cihazların ölçüm aralığından kaynaklı kaymalar olabilir. Ayrıca meteoroloji istasyonunun tek olması veri kaydedici konumları ile istasyon arası sıcaklık ve rüzgâr hızı gibi farklılıklar ölçülememiştir.

11. Coğrafi sınırlılıklar, Isparta ili dışındaki illere ait veri olmaması, farklı coğrafi bölgelere ait farklı değişken ve sorunlar, bu çalışmada sadece Isparta merkeze ait veriler bulunmaktadır. Başka il veya bölgelere ait verilerin olması özellikle arazi yüksekliğine bağlı tüketim karakterinin açıklanması için faydalı olacaktır.
12. Sıcak su tüketiminden kaynaklı (20 derece üstündeki tüketimler), Doğalgaz tüketiminin bir kısmı sıcak su amaçlı olduğundan, bunun ısınma amaçlı tüketime etkisi net olarak bilinmemektedir.
13. Çalışılan programların, kullanılan modellerin veya veri dönüşümleri sırasında oluşmuş olabilecek kullanıcı hataları da bu çalışmanın limitleri arasında sayılabilir.
14. Ayrıca her bir abonenin kombi markası/türüne göre verimlilik farklarını bilinmemektedir.
15. Dairelerin alt, üst veya yan dairelerinin boş olma durumunun belirsiz olması da yine bu çalışmanın limitlerindendir. Ayrıca ilgili komşuların ısınma türleri (soba, kombi vb.) de bilinmemektedir.
16. Doğal gaz abonelerin hafta için evde veya işyerinde olma durumları bilinmemektedir.
17. Abonenin belli günlerde/hafta/dönemlerde üst, alt, yan komşularının evde olmamasından kaynaklı tüketime etki eden durumlar bilinmemektedir.
18. Evde küçük bebek/çocuk, yaşlı, hasta bireylerin olması durumu bilinmemektedir.
19. Abonelerin yaş, cinsiyet, gelir seviyesi, ailedeki kişi sayısı, gibi bilgilerin olmaması ve
20. Literatürde geçen cephelerin uzunlukları, cam/duvar oranları, dairenin güneşlenme süresi gibi bilgilerin olmaması bu çalışmanın limitlerindendir

5.4. İleride Yapılabilecek Çalışmalar

1. Farklı sosyo-ekonomik gelir seviyesine sahip bölgelere veri kaydedici cihaz takılarak, sosyo-ekonomik gelir düzeyi ve doğalgaz tüketimlerini nasıl etkilediği analizleri yapılabilir.
2. Doğalgaz dağıtım firmasınınca yapılan etüt değerleri ile veri kaydedici ile ölçülen gerçek saatlik tüketim değerleri arasındaki benzeşmeler ve sapmalar CBS desteği ile yapılabilir.

3. Eski ve güncel hava kalitesi değerleri ile doğalgaz tüketiminin yaygınlaştığı alanlardaki öncesi ve sonrası hava kalitesi değişimleri analizleri yapılabilir.
4. Aynı binadaki merkezi pay ölçümlü dairelerin uzun dönemli tüketim ve ödeme bilgileri analiz edilerek, alan ve cephe %30 dağıtım analizleri çıkarılarak ödeme adaleti konusunda incelemeler yapılabilir.
5. Otomatik sayaç okumaları sistemi ile veriler canlı olarak elde edilip, daha farklı ve güncel veri ile analizler yapılabilir.
6. Doğalgaza kullanmayı düşünenlere, benzer karakteristiklere sahip (cephe, alan gibi) dairelerin tüketim aralıkları net bilgi olarak verilebilir. Böylece kömür tüketen dairelerin doğalgaza geçişi için daha kolay sağlanabilir ve daha fazla hava kirliliğine yol açmaları engellenmiş olur.
7. Geliştirilen D2LogTAY yazılımı desteği ile bu çalışma Isparta dışında bir şehirde de yapılabilir.

5.5. Sonuç

Temini büyük bir oranda yurtdışına bağlı olan doğalgaz tüketimlerinin akıllı cihazlar kullanılarak saatlik ölçümlerin hem istatistiksel hem de CBS yetenekleri kullanılarak analizinin birinci araştırma sorusuna (AS1) cevap olacak nitelikte tüketici profillerinin saatlik olarak ve bu profil grafikler abone kümелendirmeleri ile ilgili bizlere içgörüler sağlamıştır.

Dairelere ait örnek saatlik veri kaydedici tüketim verileri incelenerek tüm şehrin tüketim bilgilerini daha iyi şekilde analiz edebilme için gerekli veri kaydedici miktarı AS2 sonuçlarına göre karar ağacı kriterlerine göre CBS destekli olarak hesaplanabilmiştir. Kara ağacı kriterlerine göre 768, karar ağacında yükseklik ve alan kriterlerinin genişletilmesi ile 2048 cihaza kadar Isparta merkez için veri kaydedici ihtiyacı olduğu hesaplanmıştır. Bu da toplam mevcut abonenin %.08 ile %2.4 üne tekabül etmektedir. İhtiyaç duyulan veri kaydedici miktarının kriterlere göre ızgara bazında adetleri CBS ile analiz edilmiştir.

Hava sıcaklığı, yalıtım, cephe, coğrafi konum, yükseklik, daire alanına göre AS3'e göre tüketim analizleri çıkarılabilmiş ve her bir parametrenin tüketime etkisi regresyon analizleri sonucunda hesaplanmıştır.

Daha önce yapılamayan abone temelli mevsimsel, hafta içi, hafta sonu, gece ve gündüz, sabah ve akşam tüketim profilleri çıkarılabılmış ve AS4 e cevaplar analizlerle oluşturulabilmektedir.

AS5 sorusuna hitaben temini dövize bağlı bir enerji kaynağı olan ve yurtdışına döviz çıkışına sebep olan Doğalgazın gün öncesi tahminlemesi için gerekli parametreler hesaplanmış, yüksek miktarlı tüketim yapan abonelerin enerji duyarlılığını artırabilecek benzer kategoride olan yalıtımlı evlerin ortalama tüketimi bilgileri verilerek enerji duyarlılığı artırılabilir ve yurtdışına döviz çıkışı azaltılabilir. Benzer alan ve cepheye sahip tüketicilerin tüketimlerini ortalamaya indirebilmeleri için gerekli miktar hesaplanmış, bu durumda tasarruf edilebilecek gaz miktarı site tüketimi ve tüm Isparta aboneleri için iki kurgu halinde hesaplanmıştır. Ortalama tüketimin üzerinde tüketimlerin ortalama tüketime indirilmesi sayesinde tasarruf edilebilecek tüketim 16,48 milyon m³ / yıl, ortalamanın %10 fazlası kadar indirilebildiği durumda 7.9 milyon m³/ yıl tasarruf sağlanabilir.

AS6, AS5 de hesaplanan azaltılabilecek tüketimlerin CO₂ salımını ne kadar azaltılabileceği hem site bazında hem de tüm Isparta için iki kurgu şeklinde hesaplanmıştır. Cephe ve alanları benzer dairelerin Ortalama tüketime indirilebildiği durumda 34.626 ton CO₂, ortalamanın %10 fazlası kadar indirilebildiği kurguda ise 17.830 ton CO₂ salımının azaltılabileceği hesaplanmıştır.

Eğer elimizde ayrıntılı saatlik tüketim ve meteoroloji verileri olmadan bu çalışmaya ortalama değerlere göre yapılırsa idi, hesaplamaların %19 ile %32 arasında değişeceği görülmüştür. Cephe ve alan esaslı yapılan analiz sonucu bulunan değer ile doğrudan ortalama arasında %23 lük bir fark olduğu hesaplanmıştır. Bu sonuç, veriye yatırım yapılmasının ve/veya hali hazırda ölçülen verilerin değerlendirilmesinin önemini ortaya koymaktadır.

KAYNAKÇA

- [1] BM, (2002). UNDP Framework on Climate Change, UNFCCC, Marrakesh.
- [2] EPDK, (2019). Doğalgaz Piyasası 2018 Yılı Sektör Raporu, T.C Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu.
- [3] TKİ, (2021). Kömür Sektör Raporu, Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu.
- [4] GAZBİR, (2019). 2018 Yılı Doğalgaz Dağıtım Sektörü Raporu, Türkiye Doğalgaz Dağıtıcılar Birliği.
- [5] GAZBİR (2021). 2021 Yılı Doğal Gaz Sektör Raporu.
- [6] GAZBİR, (2022). 2022 Ağustos Sektör Raporu.
- [7] Resmi Gazete, (2002). Resmi Gazete 23925 Sayılı Kanun, 03 11 2002.
- [8] GAZBİR, (2017). Akıllı Şebekeler, GAZBİR,
- [9] Çabuk, A. (2011). Coğrafi Bilgi Sistemlerine Giriş, Eskişehir: Anadolu Üniversitesi.
- [10] Mishra, S. (2009). GIS in Indian Retail Industry-A Strategic Tool., *International Journal of Marketing Studies*, no. 1, pp. 50-57.
- [11] Smith, A. (2007). Achieving Competitive Advantage through the Use of Geographic Information Systems, *Electronic Government: An International Journal (EG)*, no. 4, pp. 326-344.
- [12] Tatar, C. Ö., Yılmaz, E., Lafcı, B., Küçükpehlivan, T., Aksoy, T., Ağaçsapan, B. ve Sarı, S. (2021). Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Türkiye'deki Tarihsel Gelişimi Ve Mevcut Durumu, *GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies*, cilt 4, no. 1, pp. 33-61.
- [13] Eyyuboğlu, B. B. (2015). Sosyal Bilimlerde Mekânsal İstatistik ve Coğrafi Bilgi Sistemleri: Kuramdan Uygulamaya, Eskişehir: Anadolu Üniversitesi.
- [14] Iqbal, F. (2005). GIS Mapping of Gas Pipeline Distribution Network, *Institute of Geology*, Punjab, Pakistan.
- [15] Islam, Z. U., Ahmad, S. R., Chohan, K. ve Ashraf, A. (2015). GIS Enabled Condition Based Asset Management of Gas Distribution Network: A Case Study of Shahdara, Lahore Pakistan, *Journal of Geographic Information System*.
- [16] Natadarma, M. (2012). Enterprise Analytics Adoption Model: An Exploratory Study in Transforming an Organization towards Analytical Competitor, Master Thesis, Delft: Delft University of Technology.
- [17] Butera, R. (2003). Integrating a Physical Strategy With a Data Strategy to Create Breakthrough Asset Management, *2003 Rural Electric Power Conference*, pp. B2-1-B2-8., 4-6 May 2003.

- [18] Ferrero, S. (2005). Time Management for Assets: Chronological Strategies for Power System Asset Management, *IEEE Power and Energy Magazine*, no. 3, pp. 32-38.
- [19] Fazal, S. (2008). GIS Basics, New Delhi: New Age International Limited Publishers.
- [20] Meyers, D. Meyer R. ve Quipp, P. (1993). Operational Experience with Remote Data Logging of Natural Gas Vehicles, *SAE Technical Paper Series*, 8 8 1993.
- [21] Chou, J. S., Kim, C., Ung, T. K., Yutami, G. A. N., Lin, G. T. ve H. Son, (2015). Cross-Country Review of Smart Grid Adoption in Residential Buildings, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- [22] Fumo N. ve Biswas, M. R. (2015). Regression Analysis for Prediction of Residential Energy Consumption, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- [23] Sovacool, B. K., Kivimaa P. ve Hielscher, S. v. J. K.(2017) Vulnerability and resistance in the United Kingdom's smart meter transition, *Energy Policy*.
- [24] Yılmaz, H. (2014). Doğalgaz Dağıtım Şirketlerinin Amr Konusundaki Beklentileri, *ICSG İstanbul*, pp. 14-22, 2014.
- [25] Sun, Q., Li, H., Ma, Z. , Wang, C., Campillo, J., Zhang, Q., Wallin, F. ve Guo, J. (2015). A Comprehensive Review of Smart Energy Meters in Intelligent Energy Networks.
- [26] Wang, Y., Chen, Q., Hong, T. ve Kang, C. (2018). Review of Smart Meter Data Analytics: Applications, Methodologies, and Challenges, *IEEE Transactions on Smart Grid*.
- [27] EPDK, (2022). Doğal Gaz Piyasası Sektör Raporu - Eylül 2022, EPDK, Ankara.
- [28] Fagiani, M., Squartini, S., Gabrielli, L., Spinsante, S. ve Piazza, F. (2015). A Review of Datasets and Load Forecasting Techniques for Smart Natural Gas and Water Grids: Analysis and Experiments, *Neurocomputing*, cilt 170, pp. 448-465.
- [29] Fagiani, M., Squartini, S.; Gabrielli, L., Pizzichini, M. ve Spinsante, S. (2014). Computational Intelligence in Smart Water and Gas Grids: an Up-to-Date Overview, *Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks*, pp. 921-926.
- [30] Fagiani, M., Squartini, S., Gabrielli, L., Spinsante, S., Piazza, F. (2015). Domestic Water and Natural Gas Demand Forecasting by Using Heterogeneous Data: A Preliminary Study, *Smart Innovation, Systems and Technologies*, 2015a.
- [31] Makonin, S., Ellert, B., Bajić, I. V., & Popowich, F. (2016). Electricity, Water, and Natural Gas Consumption of a Residential House in Canada from 2012 to 2014, *Scientific Data*.
- [32] Aubel, P. V. ve Poll, E. (2019). Smart metering in the Netherlands: What, how, and why, *Electrical Power and Energy Systems*, pp. 719-725.

- [33] Güğöl, G. N. (2016). Ankara’da Müstakil Bir Konutun Nihai Enerji Tüketimini En Aza İndirebilmenin Yollarının Araştırılması ve Tekno-Ekonomik Değerlendirilmesi, Ankara: Hacettepe Üniversitesi.
- [34] Haşlak, Ö. (2019). Bayburt İli Şehir Merkezinde Doğalgaz Kullanımını Etkileyen Sosyo-Ekonomik Faktörlerin Analizi, Erzurum: Atatürk Üniversitesi.
- [35] Sarı, D. (2011). Inventory Of Air Pollutant Emissions From Domestic Heating In Residential Areas Of İzmir, İzmir: Dokuz Eylül University.
- [36] Özçomak, D. (2016). İzmir'deki Hava Kirliliğinin Atmosferik Modelleme Yoluyla Analizi, İTÜ, İstanbul.
- [37] Baykara M., Im U. ve Unal A. (2018). Evaluation of impact of residential heating on air quality of megacity Istanbul by Cmaq, *Science of the Total Environment*, pp. 1688-1697, 2018.
- [38] Markakis, K.; Im, U.; Unal, A.; Melas, D.; Yenigun, O. ve Incecik, S. (2012). Compilation of a GIS based high spatially and temporally resolved emission inventory for the greater Istanbul area, *Atmospheric Pollution Research*, pp. 112-125.
- [39] Öksüz, E. (2016). Quantification Of Residential Heating Emissions In Istanbul Via Cmaq Air Quality Model, İstanbul: İTÜ.
- [40] Ünal, Y. (2007). İzmit Doğal Gaz Dağıtım Sistemi İçin Tasarım Katsayısı ve Eş-Zaman Kullanım Faktörünün Belirlenmesi, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [41] Özcan, N. S. (2016). Kentsel Hava Kirliliğini Etkileyen ve Şehir Planlama İle Kontrol Edilebilen Fiziksel Faktörlerin Mekânsal İstatistik Yöntemleri İle İncelenmesi, İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi, 2016.
- [42] Ocak, S. (2005). Erzurum İli Hava Kirliliğinin Matematik Modelle İncelenmesi, Erzurum.
- [43] Yazıcı, H.; Akçay, M. ve Özer, S. (2012). Denizli’de Bir Binanın Farklı Yakıt Türlerine Göre Yakıt Maliyeti ve Co2 Emisyon Miktarının Belirlenmesi, *SDU International Technologic Science*.
- [44] Gülcü, Y. (2010). Isparta İlinde Doğalgaz Kullanımını Etkileyen Sosyo-Ekonomik Faktörlerin Analizi, Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi.
- [45] Pang, B. (2012). The Impact of Additional Weather Inputs on Gas Load Forecasting, Milwaukee: Marquette University.
- [46] Atmaca, U. (2016). TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardındaki Güncellemeler, *Tesisat Mühendisliği*, pp. 21-35, Temmuz/Ağustos.
- [47] Namazkhan, M., Albers, C. ve Steg, L. (2020). A decision tree method for explaining household gas consumption: The role of building characteristics, socio-demographic variables, psychological factors and household behaviour, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.

- [48] Sun H. ve Long, Y. (2019). A Review and Prospect of Development of District Energy Modeling.
- [49] Koyun, T. ve Koç, E. (2017). Bir Binanın Değişken Cam ve Dış Duvar Tiplerine Göre Pencere/Duvar Alanı Oranlarının Bina Isı Kayıplarına Etkisi, *Mühendis ve Makina*, pp. 1-14, 22 Eylül 2017.
- [50] TSE, (1998). TSE 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, Ankara: TSE.
- [51] Wendy L. M., Angel R. M. ve Jeffrey L. S. (2017). Exploratory Data Analysis with MATLAB, Boca Raton, FL: CRC Pres.
- [52] Tukey, J. W. (1977). Exploratory Data Analysis, New York, NY: Addison-Wesley.
- [53] Tukey, J. W. (1980). We Need Both Exploratory and Confirmatory, *The American Statistician*, 34(1), 23-25, DOI: 10.1080/00031305.1980.10482706
- [54] Ghosh, A., Nashaat, M., Miller, J., Quader, S. ve Marston, C. (2018). A comprehensive review of tools for exploratory analysis of tabular industrial datasets, *Visual Informatics*, pp. 235-253.
- [55] Miran, B. (2021). Temel İstatistik (Genişletilmiş Baskı), İzmir: Bülent Miran.
- [56] Günel, A. (2003). Regresyon Denkleminin Baarısını Ölçmede Kullanılan Belirleme Katsayısı Ve Kritiği, *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 4(2), pp. 133-140.
- [57] Kılıç, S. (2013). Doğrusal Regresyon Analizi, *Journal of Mood Disorders*, pp. 90-92.
- [58] Erden, C. (2021). Python ile Veri Madenciliği, İstanbul: Kodlab Yayın.
- [59] Sutton, C. D. (2005). Classification and Regression Trees, Bagging, and Boosting, *Handbook of Statistics*, pp. 303-329.
- [60] Hacıoğlu, M. (2022). Web Tabanlı Bir Dinamik Karar Ağacı Uygulaması, Edirne: Trakya Üniversitesi.
- [61] Patel, B. R. ve Rana, K. K. (2014). A Survey on Decision Tree Algorithm For Classification, *International Journal of Engineering Development and Research*, 2(1).
- [62] RStudio PBC. (2022). RStudio.
- [63] GAZBİR, (2017). Karbon Emisyonu Raporu, Ankara.
- [64] Dulkadiroğlu, H. (2018). Türkiye’de Elektrik Üretiminin Sera Gazı Emisyonları Açısından İncelenmesi, *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, cilt 7 (1), 67-74.
- [65] Gómez, D. R., Watterson, J. D., Americano, B. B., Ha, C., Marland, G., Matsika, E., Namayanga, L. N., Balgis, O., John, D., Kalenga S. ve Treanton, K. (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, IPCC, Hayama, Kanagawa, Japan.

- [66] Tekin, D. K. (2019). Binalarda energo-ekonomik sürdürülebilirlik ve verimlilik için bir karar verme algoritması: Türkiye’de örnek vaka incelemesi, Ankara: Başkent Üniversitesi.
- [67] Yüksel, C. (2006). Dışsalılıklarda Kamusal Çözümler Türkiye Uygulaması, Adana: Çukurova Üniversitesi.
- [68] GAZBİR, (2020). Doğalgaz 2020 Sektör Raporu, GAZBİR, Ankara.
- [69] Akman, M.A., Uçar, S. ve Ertürk, A. S. (2022). Dogal Gaz ve Diğer Yakıtların Karşılaştırılması, 2022 Ocak, GAZMER, İstanbul.
- http-1:** <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuc-lari-2020-37210>. (Erişim tarihi: 10.01.2023)
- http-2:** <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/03/20170331-8.htm>. (Erişim tarihi: 26.12.2022)
- http-3:** <https://www.epias.com.tr/wp-content/uploads/2018/03/Organize-Toptan-Dogal-Gaz-Sati%C5%9F-Piyasas%C4%B1-%C4%B0%C5%9Fletim-Usul-ve-Esas-lari-PUE.pdf>. (Erişim tarihi: 28.12.2022)
- http-4:** <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/02/20130213.htm>. (Erişim tarihi: 26.12.2022)
- http-5:** <https://epdk.gov.tr/Detay/DownloadDocument?id=KlyZdFIdSLM=>. (Erişim tarihi: 26.12.2022)
- http-6:** <https://www.vhselektronik.com.tr/mpmq.html#>. (Erişim tarihi: 28.12.2022)
- http-7:** <https://www.geospatialworld.net/article/integrated-gis-for-gas-distribution-system/>. (Erişim tarihi: 18.12.2022)
- http-8:** <https://innovation.ukpowernetworks.co.uk/projects/low-carbon-london/>. (Erişim tarihi: 25.11.2022)
- http-9:** <https://www.akses.com.tr/urunlerimiz/umpm-74.html>. (Erişim tarihi: 26.12.2022)
- http-10:** <https://www.enerjiatlasi.com/dogalgaz-tuketimi/>. (Erişim tarihi: 29.12.2022)
- http-11:** <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=ISPARTA>. (Erişim tarihi: 27.12.2022)
- http-12:** <https://tr.climate-data.org/asya/tuerkiye/isparta/isparta-2032/#climate-graph>. (Erişim tarihi: 27.12.2022)
- http-13:** <https://www.datacamp.com/courses/statistical-thinking-in-python-part-1>. (Erişim tarihi: 29.12.2022)
- http-14:** <https://shukka.com/exploratory-analysis-services.php>. (Erişim tarihi: 30.12.2022)
- http-15:** <https://towardsdatascience.com/comparative-study-on-classic-machine-learning-algorithms-24f9ff6ab222#:~:text=Regression%20trees%20are>

%20used%20for,a%20 condition%20over%20a%20feature. (Erişim tarihi: 12.12.2022)

- http-16:** <https://towardsdatascience.com/ways-to-evaluate-regression-models-77a3ff45ba70>. (Erişim tarihi: 26.01.2023)
- http-17:** https://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/330056_afe6136844804ec3a00586ccb73bc554.html. (Erişim tarihi: 22.01.2022)
- http-18:** <https://www.codingprof.com/3-ways-to-calculate-the-mean-absolute-error-mae-in-r-examples/> (Erişim tarihi: 27.01.2023)
- http-19:** <https://www.marinedatascience.co/blog/2019/01/07/normalizing-the-rmse/>. (Erişim tarihi: 26.01.2023)
- http-20:** <https://www.scribbr.com/statistics/chi-square-tests/#formula>. (Erişim tarihi: 27.1.2023).
- http-21:** <https://www.ibm.com/docs/fi/cognos-analytics/11.1.0?topic=terms-adjusted-r-squared>. (Erişim tarihii: 12.2.2023).
- http-22:** <http://www.polgaz.com.tr/cng.html#:~:text=Do%C4%9Fal%20gaz%C4%B1n%20%C4%B1s%C4%B1l%20de%C4%9Feri%2047,1%2C22%20litre%20motorine%20e%C5%9Fittir..> (Erişim tarihi: 30.12.2022).
- http-23:** <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>. (Erişim tarihi: 26.12.2022)
- http-24:** <https://www.izgaz.com.tr/tr/izgaz/dogalgaz-fiyatlari/aralik2022>. (Erişim tarihi: 30.12.2022)
- http-25:** <https://seffaflik.epias.com.tr/transparency/dogalgaz/stp/stp-price.xhtml>. (Erişim tarihi: 30.07.2022)
- http-26:** <https://earthexplorer.usgs.gov/>. (Erişim tarihi: 15.01.2022)
- http-27:** <http://www.sahibinden.com>. (Erişim tarihi: 30.12.2022)
- http-28:** <https://www.microsoft.com/en-us/microsoft-365/excel>. (Erişim tarihi: 31.12.2022)
- http-29:** <https://www.precisely.com/product/precisely-mapinfo/mapinfo-pro>. (Erişim tarihi: 31.12.2022)
- http-30:** <https://support.precisely.com/product-downloads/item/mapbasic-v2019-download/>. (Erişim tarihi: 31.12.2022)
- http-31:** <https://www.basarsoft.com.tr/doabis>. (Erişim tarihi: 26.12.2022)
- http-32:** <https://www.r-project.org/>. (Erişim tarihi: 31.12.2022)

EKLER

EK-A Isparta MGM Verileri Temin ve İzin Belgeleri



T.C.
ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Meteorolojik Veri İşlem Dairesi Başkanlığı



Sayı : E-95579059-107-76089

10.06.2022

Konu : Rasat Bilgisi ve Bilgi İstekleri

Sayın Ahmet DABANLI
Ehlibeyt Mah. Tekstilciler Cad. No:17 A 41
Çankaya / ANKARA

İlgi : Tarihsiz ve 24123 Belgenet kayıt nolu dilekçe.

İlgi dilekçe ile istenilen bilgiler, Isparta Meteoroloji İstasyonumuzun kayıtlarından çıkartılarak aşağıda verilen bağlantı adresinde sunulmuştur.

10 Haziran 2020 Tarihli ve 31151 Sayılı Resmi Gazetede yayımlanan "Resmi Yazışmalarda Uygulanacak Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik" uyarınca resmi yazışmalarda paylaşım ve saklama işlemleri için elektronik ortam kullanımı esas unsur haline getirilmiştir. Bu kapsamda istemiş olduğunuz meteorolojik veriler, yazımızın tarihi itibarıyla 3 ay süresince verilen bağlantı üzerinden indirilebilecektir.

Bilgilerini rica ederim.

<https://bulut.mgm.gov.tr/share/preview/EdsyAsIqK3kafmcP>

Selami YILDIRIM
Genel Müdür a.
Meteorolojik Veri İşlem Dairesi Başkanı

EK-B CBS Verileri Başarsoft İzin Yazısı



ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

Konu: Tez için CBS Data Kullanım İzni

Sn Yetkili

Isparta ve Çorum illerine ait firmamızca üretilen Mahalle, Bina, Yol, Adres katmanlarına ait CBS verilerinin Ahmet DABANLI'nın tez çalışması için kullanılmasına izin veriyoruz.

Çalışmanın ülkemize fayda sağlaması dileklerimizle

Tarih: 21. Kasım 2022

Tuncay Küçükpehlivan
İmza



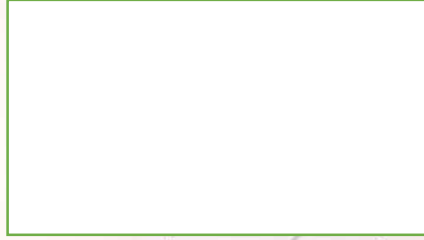
EK-C Veri Kaydedici Verileri VHS İzin Yazısı



ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİNE

Firmamıza ait uMPM marka doğalgaz datalogger cihazları ile Isparta ve Çorum illerinde yapılan farklı ay ve yıllara ait saatlik tüketim ölçümleri ve abone karakteristiklerine ait bilgilerin Ahmet DABANLI'nın tez çalışması için kullanılmasına izin veriyoruz.

Çalışmanın ülkemize fayda sağlaması dileklerimizle.



ÖZGEÇMİŞ

ORCID NO: 0000-0002-6818-3662

Ad Soyad : Ahmet DABANLI

Yabancı Dil : İngilizce (iyi), Arapça ve İspanyolca (orta)

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

- Doktora: 2019-2023, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, CBS ve Uzaktan Algılama Anabilim Dalı
- Yüksek Lisans: 2010, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri
- Lisans: 1991-1996, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği
- 2001-Halen, G. M. Yrd., Başarsoft A.Ş
- 2001-2006, Proje Yöneticisi, Medine Belediyesi ve Su Müdürlüğü.
- 1997-2001, CBS Uzmanı, Ankara ASKİ Genel Md. Bilgi İşlem Dairesi Bşk.
- 1996-1997, CBS Uzmanı, İşlem CBS

Yayınları ve/veya Bilimsel/Sanatsal Faaliyetleri:

- Aksoy, T., Dabanli, A., Çetin, M. vd. (2022), "Evaluation of comparing urban area land use change with Urban Atlas and CORINE data". *Environmental Science and Pollution Research* 29, 28995–29015 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17766-y>
- Pekkan, O. I., Kürkçüoğlu, Ş., Anıl, M., Çabuk, S. N. Aksoy, T. Yilmazel, B; Kucukpehlivan, T.; Dabanli, A.; Çabuk, A.; Çetin, M. (2021), "Assessing the effects of wind farms on soil organic carbon". (Springer Science and Business Media LLC, 2021-01-06). *Environmental Science and Pollution Research* 28, 18216–18233. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11777-x>
- Çetin, M., Ağaçasapan, B., Çabuk, S.N. et al. (2021), "Assessment of the Ecological Footprint of Eskişehir Technical University–İki Eylül Campus". *J Indian Soc Remote Sens* 49, 2311–2327. <https://doi.org/10.1007/s12524-021-01395-6>
- Özenen Kavlak, M., Günsoy, B., Şenyel Kürkçüoğlu, M. A., Çabuk, S. N., & Dabanli, A. (2021), "Covid-19 pandemisinin Avro bölgesinde büyüme, işsizlik,

enflasyon ve endüstriyel üretim üzerine etkileri”. Business and Economics Research Journal, 12(4), 767-786. <http://dx.doi.org/10.20409/berj.2021.351>

- Songur, M., Dabanlı, A., Yılmazel, B. & Şenel Kürkçüoğlu, M. A. (2021), “Su Dağıtım Şebekelerindeki Fiziki Kayıpların Önlenmesinde SCADA’nın Önemi: ASKİ Örneği”. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 21 (6), 1424-1433. DOI:10.35414/akufemubid.947662
- Öztürk, F. , Yılmaz, E. , Bingöl, B. , Dabanlı, A. & Demir, Ö. (2021), “Fizibilite Rapor Aracı Olarak CBS’nin Kullanılması: Türkiye’de Yapı Market Yayılım Stratejisi Belirleme”. GSI Journals Serie B: Advancements in Business and Economics , 3 (2) , 46-61 . DOI: 10.5281/zenodo.4972509
- Katmerlikaya, S., Kurucak, G., Dabanli, A., Kocamaz, A. F., Sarıca, O.O., Doğan, A., Baltacı, E. (2019), “Determination of Potential Flooding of Inebolu Basin by CN Method with a GIS-Based Software”, International Artificial Intelligence and Data Processing Symposium (IDAP), pp. 1-6, doi: 10.1109/IDAP.2019.8875967. _21-22 September 2019, Malatya, Turkey, ISBN: 9781728129334, (Feb 2020), IEEE
- Tekeli, A.E., Erkan, Y. Dönmez, S. Erkan, M. Erdi, E. Dabanli, A. (2017), “Kar Derinliklerinin Hesaplanmasında Ka-Drone Kullanımı / Determination Of Snow Depths Using S-Drone”, IX. Ulusal Hidroloji Kongresi 04-06 Ekim 2017, Dicle Üniversitesi, Bildiri Özetleri Kitabı, ISBN: 978-605-030-479-4,
- Tekeli A. E., Erkan Y., Dönmez S., Erkan M., Dabanlı A. (2017),” Drones for snow depth”, NASA SnowEx 2017 Workshop, 8-9 August, Poster
- Songur, M., Toprak, Z. F., Hamidi, N., Dabanlı, A. (2013), “A Case Study on Infrastructure Leakage Index As A Regulatory Tool In The Water Distribution Networks, (Su Dağıtım Şebekelerinde Bir Düzenleme Aracı Olarak Altyapı Kaçak Endeksi Örnek Çalışması)”. Uluslararası Bursa Su Kongresi ve Sergisi, 22 - 24 Mart 2013. www.su2013.org
- *Songur, M. Hamidi, N. Toprak, Z. F., Dabanlı, A. (2013), “Developing Mathematical Model For Losses In Water Distribution Network By Integration Of SCADA, GIS And Customer Information System”, Global Journal on Technology, Vol 3: 3rd World Conference on Information Technology (WCIT-2012, ISSN: 2147-5369) pp 1494-1498, <http://sproc.org/archives/index.php/P-ITCS/article/viewFile/1970/1741>*
- Songur, M., Toprak, Z. F., Hamidi, N., & Dabanlı, A. (2013, March), “A Case Study on Infrastructure Leakage Index as A Regulatory Tool in the Water Distribution Networks”. In 3rd International Water Congress and Exhibition (3. Uluslararası Su Kongresi ve Sergisi) (pp. 21-24).
- Dabanli, A, Gürcan İ., Sağıroğlu, C., Medeni, Tunç D., Medeni, İ. Tolga , (2012), “Ubiquitous Participation Platform For Policy Making (Ubipol) Project: Mobile Government, Participation, Web Services And Configuration Management”. IIB International Refereed Academic Social Sciences Journal, 1. International Congress on Culture and Society Special Issue, 2012 Volume:03 Issue:05,

www.iibdergisi.com, ICS Congress, Ankara ISSN Print:2146-5886 ISSN Online:2147-172X http://www.iibdergisi.com/eng/dergiayrinti/ubiquitous-participation-platform-for-policy-making-ubipol-project_222

- Irani, Z., Lee, H., Weerakkody, V., Kamal, M. M., Topham, S., Simpson, G., Balci, A., Meden, T. D., Gábor, A., Corvinus, A. K., Küçükpehlivan, A., Dabanlı, A., Sagiogllu, C., Saygin, Y., Nergiz, E., Hintoglu, A., Campos, L. M., Correia, P., Luis, J. P., Rebahi, Y., Onofrei, A. A., Pop, E., Barbos, M., & Iancu, M. (2012), "Ubiquitous Participation Platform for POLicy Makings (UbiPOL): A Research Note". In V. Weerakkody (Ed.), Technology Enabled Transformation of the Public Sector: Advances in E-Government (pp. 79-104). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-1776-6.ch006>
- Irani, Z., Lee, H., Dabanlı, A., Küçükpehlivan, A. et al (2010), "Ubiquitous Participation Platform for POLicy Makings (UbiPOL): A Research Note", International Journal of Electronic Government Research, Volume 6, Issue 1, 6(1), 78-106, January-March 2010 ISSN: 1548-3886, EISSN: 1548-3894 <https://www.igi-global.com/gateway/chapter/66549> DOI: 10.4018/978-1-4666-1776-6.ch006
- Uluğtekin, N, Doğru, A.O, Dabanlı, A. (2008), "Map Design For Navigation Purposes: Cartographic Evaluation Of A Turkish Navigation Product. The 2nd International Conference on Cartography and GIS". 21-24 January 2008. Borovets, Bulgaria.
- Dabanlı, A. and Usul, N., (2000), "Infrastructure of METU Campus in GIS". 4th International Congress on Advances in Civil Engineering, 4, p.1827-1835. Gazimağusa, K.K.T.C.
- Dabanlı, A, USUL, N., (1999), "ODTU Campus Information System", KTÜ CBS Günleri, Yerel Yönetimlerde Kent Bilgi Sistemi Uygulamaları Sempozyumu Bildiriler Kitabı , Karadeniz Teknik Üniversitesi, s.92-98, s.325, Trabzon.)
- Atımtay, A., Ergül, C., Dabanlı, A., (1998), "Improvements in Emissions by Using Natural Gas in Ankara and Future Scenarios for Residential Heating", 11th World Clean Air and Environment Congress, Vol. 5, Paper 14G-5, Sep 13-18, Durban, South. Africa.

Mesleki Birlik/Dernek/Kuruluş Üyelikleri:

- 2021, Çevre Mühendisleri Odası, Ankara.
- 2021, Türk Dünyası Mühendisler Mimarlar Birliği, Ankara
- 2021, YASAD Yazılım Sanayicileri Derneği, Ankara
- 2018, Başkent Aksaraylılar Platformu Başkanı, Ankara