

**DAVRANIŞ VE ALIŞKANLIKLARIN KONUTLARDA
ELEKTRİK ENERJİSİ TÜKETİMİNE ETKİSİNİN
İNCELENMESİ**

**INVESTIGATION OF THE IMPACT OF OCCUPANTS'
BEHAVIOUR AND HABITS ON RESIDENTIAL
ELECTRICITY CONSUMPTION**

NIHAL DİLEK SÜMER TÜRELİ

PROF. DR MERİH AYDINALP KÖKSAL

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı için Öngördüğü

DOKTORA TEZİ

olarak hazırlanmıştır.

2023

ÖZET

DAVRANIŞ VE ALIŞKANLIKLARIN KONUTLARDA ELEKTRİK ENERJİSİ TÜKETİMİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Nihal Dilek SÜMER TÜRELİ

Doktora, ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ Bölümü

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Merih AYDINALP KÖKSAL

Temmuz 2023, 174 sayfa

Konut sektörü elektrik tüketimi, toplam enerji tüketiminin içinde % 30'a yakın bir paya sahiptir ve tüm dünyada hızla artış eğilimindedir. Türkiye'de konut elektrik tüketimi ise son on yılda %27 oranında artmıştır. Türkiye'de konut sektörünün toplam elektrik tüketimi içindeki payı %22'ye ulaşmıştır. Bu artışı yavaşlatmaya yönelik girişimlerden biri; hanehalkına enerji tasarrufu önlemleri konusunda bilgi verme müdahale yöntemi uygulamaktır. Bu çalışmada, konut elektrik tüketiminde hanehalkı davranış ve alışkanlıklarının etkisi, bilgi verme müdahale yöntemi uygulanarak incelenmiştir. Ayrıca konut elektrik tüketimine etki eden faktörleri ve davranışsal değişikliklerin elektrik tasarruf potansiyeline olan katkısını anlamak için, daha önce elektrik tüketim davranışı çalışmalarında uygulanmayan Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems (ANFIS) adı verilen bir yapay zeka modeli kullanılmıştır. Yalova'da 100 adet konuta, hanehalkı elektrik tüketim davranışı, ekonomik ve demografik verileri ile konutlardaki elektrikli cihazların özellikleri hakkında ayrıntılı bilgi toplamak için tasarlanan anket uygulanmıştır. Konutların aylık elektrik tüketim verileri ilgili şirketlerden temin edilmiştir. Yüz yüze enerji tasarrufu bilgi verme müdahale yöntemi uygulanan konutların aylık elektrik tüketimlerine ilişkin istatistiksel analizler, bu konutların elektrik tüketiminde özellikle bilgi verme müdahale yönteminden sonraki ilk ayda % 10 oranında bir azalma olduğunu göstermektedir. Kullanılan ANFIS modelinin eğitim veri seti Root

Mean Square Error (RMSE) değeri 0,038, test veri seti Mean Absolute Percentage Error (MAPE) değeri ise %22 olarak hesaplanmıştır. Bu durum kullanılan modelin iyi eğitildiğini ve tahmin performansının kabul edilebilir düzeyde olduğunu göstermektedir. Modele uygulanan davranış değişikliklerine yönelik senaryoların sonuçlarına göre %7 ile %35 oranları arasında konut elektrik tüketiminde tasarruf edilebileceği ortaya konmuştur. Model sonuçları, hanehalkının konut elektrik tüketimi üzerindeki etkisi hakkında önemli bilgiler ortaya koymaktadır. Bu çalışmanın, enerji tasarruf politikalarının oluşturulmasında ve konut sektöründe farkındalık oluşturmada önemli bir rol oynayabileceği düşünülmektedir. Konut sektöründe enerji tüketiminin artması ve enerji kaynaklarının sürdürülebilirliği göz önüne alındığında, davranış ve alışkanlıkların değiştirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Konut elektrik tüketimi, hanehalkı davranışı, enerji tasarrufu eğitimi, ANFIS.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE IMPACT OF OCCUPANTS' BEHAVIOUR AND HABITS ON RESIDENTIAL ELECTRICITY CONSUMPTION

Nihal Dilek SÜMER TÜRELİ

Doctor of Philosophy, Department of ENVIRONMENTAL ENGINEERING

Supervisor: . Prof. Dr. Merih AYDINALP KÖKSAL

July 2023, 174 pages

The residential sector accounts for approximately 30% of the total energy consumption and is rapidly increasing worldwide. In Turkey, residential electricity consumption has increased by 27% in the last decade. The proportion of residential sector in total electricity consumption has reached 22% in Turkey. One of the initiatives to slow down this increase is to provide energy-saving informational intervention method to households. This study examines the impact of households behaviours and habits on residential electricity consumption through an information intervention method. Additionally, an artificial intelligence model called Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems (ANFIS), which has not been previously applied in electricity consumption behavior studies, is used to understand the factors influencing residential electricity consumption and the contribution of behavioral changes to electricity saving potential. A survey was conducted in 100 households in Yalova to gather detailed information about household electricity consumption behavior, economic and demographic data, and characteristics of electrical appliances in the residential buildings. Monthly electricity consumption data of the households were obtained from relevant companies. Statistical analyses of the monthly electricity consumption of the households that received face-to-face energy-saving informational intervention method show a decrease of 10% in electricity consumption, particularly in the first month after the education. The ANFIS model used in the study

has a Root Mean Square Error (RMSE) value of 0.038 for the training dataset, and a Mean Absolute Percentage Error (MAPE) value of 22% for the test dataset. These results indicate that the model is well trained and the prediction performance is at an acceptable level. According to the results of the scenarios for behavioral changes applied to the model, it has been revealed that between 7% and 35% can be saved in residential electricity consumption. The model outcomes reveal significant information about the impact of households behavior on residential electricity consumption. This study can play a crucial role in formulating energy-saving policies and raising awareness in the residential sector. Considering the increasing energy consumption and the sustainability of energy resources in the residential sector, changing behaviours and habits are of great importance.

Keywords: Residential electricity consumption, occupant behaviour, energy-saving education, ANFIS.

TEŞEKKÜR

Akademik hayatım boyunca bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, kendime örnek aldığım tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Merih AYDINALP KÖKSAL'a,

Zarifliği, sakinliği ve çözüm odaklı tavrıyla her zaman yanımda olan Hocam Sayın Prof. Dr. Gülen GÜLLÜ'ye,

Tez çalışmam boyunca değerli katkılarını esirgemeyen Hocam Sayın Doç. Dr. Emre ALP'e,

İş hayatımda olumlu desteklerini her zaman hissettiğim Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü yönetimine, değerli mesai arkadaşlarıma ve özellikle çalışmamda kullandığım verileri paylaşan Muhasebe biriminde görevli arkadaşlarıma,

Çalışmamda kullandığım verilerin büyük kısmını mütevazılıkla paylaşan Uludağ Elektrik A.Ş. Müdürleri Sayın Volkan ÇELİK ve Emre ŞENHASIRCI'ya,

Anket ve bilgi verme müdahale yöntemi uygulama çalışmalarımda bana evlerinin kapısını açan, sorduğum en detaylı sorulara sabırla cevap veren konut sakinlerine,

Teknik konularda destek veren, kapısı her zaman yardıma açık olan Sayın Yalova Üniversitesi Öğretim Görevlisi Muhammed TEKİN'e,

Yüksek motivasyonları ile her zaman bana moral veren ve yardımcı olan arkadaşlarım Erdiç UYSAL, Gülşah MISIR BİLEN, Emre BİLEN ve Özlem BOZTEPE'ye,

Gösterdikleri sevgi ve destek ile her zaman yanımda olan, beni kendi çocukları ve kardeşlerinden ayırmayan canım annem ve babam Belma-Çelik TÜRELİ, ablam Özlem ASMAZ ve ağabeyim Mehmet Akif ASMAZ'a,

Tüm hayatım boyunca desteklerini hiç esirgemeyen, bana güvenen, daima yanımda olan, hep olacaklarını bildiğim ve gurur duyduğum canım annem Müşerref SÜMER, kıymetli babam Mehmet Beşir SÜMER, her zaman örnek aldığım ağabeylerim Atilla Volkan SÜMER ve Teoman SÜMER, sevgili yeğenlerim Simge SÜMER, Efe SÜMER ve Gürkan Ayaz SÜMER'e,

Tüm kalbiyle ömrümün sonuna kadar yanımda olacağını bildiğim canım eşim Murat TÜRELİ'ye,

Bu zorlu yolda ilerlerken zaman zaman bensiz kalsa da bu duruma uyum sağlayan, hayatımın en büyük armağanı canım kızım Ada TÜRELİ'ye

Teşekkürlerimi sunarım.

Nihal Dilek SÜMER TÜRELİ

Temmuz 2023, Ankara

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Genel Bilgiler	1
1.2. Mevcut Sorun	3
1.3. Tezin Amaç ve Hedefleri.....	3
1.4. Tezin Kapsamı.....	4
1.5. Tezin Yapısı.....	5
2. LİTERATÜR ÖZETİ	6
2.1. Anket ve Saha Çalışmalarının İstatistiksel Yaklaşımlarla Değerlendirildiği Çalışmalar.....	6
2.2. Modelleme Yaklaşımlarının Kullanıldığı Çalışmalar	15
2.2.1. Bulanık Model Kullanılan Çalışmalar	15
2.2.2. Simülasyon Programları Kullanılan Çalışmalar	16
2.2.3. Yapay Zeka Yaklaşımları Kullanılan Çalışmalar	17
2.3. Bölüm Sonucu	18
3. ÇALIŞMA YÖNTEMİ VE VERİ KAYNAKLARI	23
3.1. Veri Temini	24
3.1.1. Anket Verileri	24
3.1.1.1. Anket Formunun Hazırlanması	24
3.1.1.2. Konutların Seçimi ve Anketlerin Uygulanması	24

3.1.2.	Sayaç Verileri	26
3.1.3.	Nihai Kullanım Verileri.....	26
3.1.4.	Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Verileri.....	27
3.1.5.	Meteoroloji Verileri.....	29
3.2.	Anket Verilerinin Analizi.....	29
3.3.	Sayaç Verilerinin Analizi.....	29
3.4.	Nihai Kullanım Verilerinin Analizi	30
3.5.	Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Verilerinin Analizi	32
3.6.	Meteoroloji Verilerinin Analizi	34
3.7.	Modelin Oluşturulması, Tüm Verilerin Modele İşlenmesi ve Duyarlılık Analizi.....	35
3.7.1.	Modelin Duyarlılık Analizi	35
3.8.	Modele Senaryoların Uygulanması.....	36
3.9.	Bölüm Sonucu.....	36
4.	MODELİN OLUŞTURULMASI VE MODELE SENARYOLARIN UYGULANMASI.....	37
4.1.	Modelin Yapısı.....	37
4.1.1.	Bulanık Mantık.....	37
4.1.2.	Adaptif Ağlar.....	38
4.1.3.	Bulanık Çıkarım Sistemi ve Adaptif Ağların Hibrit Kullanımı	40
4.1.4.	Önceki Çalışmalar	43
4.1.5.	ANFIS Yazılımının Seçilme Nedeni	48
4.2.	Modelin Oluşturulması	48
4.2.1.	Model Girdi Parametreleri.....	54
4.2.1.1.	Girdi Verilerini Azaltma Yöntemleri.....	54
4.2.2.	Model Çıktı Parametreleri	56
4.2.3.	Modelin Duyarlılık Analizi	57
4.3.	Modele Senaryoların Uygulanması.....	57
4.4.	Bölüm Sonucu.....	57
5.	SONUÇLAR VE TARTIŞMA	58
5.1.	Anket Sonuçlarının Analizi.....	58
5.1.1.	Konut ve Hanehalkı Özellikleri ile İlgili Verilerin Analizi.....	58

5.1.2. Elektrikli Cihazlar ve Aydınlatma ile İlgili Sonuçlar	61
5.1.3. Hanehalkı Tüketim Davranışları ile İlgili Sonuçlar	62
5.2. Toplam Elektrik Tüketim Verilerinin Analizi	68
5.3. Nihai Elektrik Tüketim Sonuçlarının Analizi.....	70
5.4. Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Uygulanan ve Uygulanmayan Konutların Elektrik Tüketimlerinde Değişimlerin Analizi.....	72
5.5. Modelleme Sonuçlarının Analizi.....	83
5.5.1. Modelin Duyarlılık Analizi Sonuçları.....	86
5.5.2. Modele Uygulanan Senaryoların Sonuçları	87
5.6. Bölüm Sonucu	92
6. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER	93
6.1. Gelecekteki Çalışmalar İçin Öneriler	99
KAYNAKLAR.....	101
EKLER	111

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1	İş Akış Şeması	23
Şekil 3.2	Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Kataloğunun Ön Yüzü	28
Şekil 3.3	Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Kataloğunun Arka Yüzü	28
Şekil 3.4	<i>Anket Bilgileri</i> Sekmesinin Görüntüsü	30
Şekil 3.5	<i>Veri Tabanı</i> Sekmesinin Görüntüsü	31
Şekil 3.6	<i>Hesaplamalar</i> Sekmesinin Görüntüsü.....	32
Şekil 4.1	Bulanık Mantık Sistemi [47]	38
Şekil 4.2	Klasik İleri Beslemeli Adaptif Ağ Yapısı [47].....	39
Şekil 4.3	Klasik Geri Beslemeli Adaptif Ağ Yapısı [47]	39
Şekil 4.4	Sugeno Bulanık Modeli [47]	40
Şekil 4.5	Sugeno Bulanık Modeline Karşılık Gelen ANFIS Yapısı [50].....	40
Şekil 4.6	MATLAB FIS Editör	49
Şekil 4.7	Membership Function Editor.....	49
Şekil 4.8	Rule Editor.....	50
Şekil 4.9	ANFIS GUI Editör	51
Şekil 4.10	MATLAB Editör Komut Ekranı	52
Şekil 4.11	ANFIS GUI Editör Arayüzü.....	52
Şekil 4.12	ANFIS Yapısı	53
Şekil 5.1	2018 Yılı 100 Konut Toplam Elektrik Tüketimi ve Temel İstatistik Değerleri (kWh)	69
Şekil 5.2	2019 Yılı 100 Konut Toplam Elektrik Tüketimi ve Temel İstatistik Değerleri (kWh)	69
Şekil 5.3	100 Konutun Yıllık Nihai Elektrik Tüketim Ortalama Değer (kWh/yıl) ve Oranları (%)	70

Şekil 5.4	100 Konutun Nihai Tüketim Grup Verilerinin Ortalamalarının Dağılımı.	72
Şekil 5.5	Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Öncesi ile Sonrası Ortalama Değişim ve Farklar.....	73
Şekil 5.6	Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Uygulanan ve Uygulanmayan Konutların Aralık Ayları Karşılaştırması	74
Şekil 5.7	Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Uygulanan ve Uygulanmayan Konutların Ocak Ayları Karşılaştırması	75
Şekil 5.8	Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Uygulanan ve Uygulanmayan Konutların Şubat Ayları Karşılaştırması.....	76
Şekil 5.9	Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Öncesi ile Sonrası Ayların Isıtma Gün Derecelerinin Karşılaştırması	80
Şekil 5.10	ANFIS Modelinden Elde Edilen Tahminlerin Gerçek Tüketimler ile Karşılaştırılması.....	85
Şekil 5.11	Gerçek ve Tahmini Değer Arasındaki İlişki	85
Şekil 5.12	Yıllık Elektrik Tüketiminin Aydınlatma Elektrik Tüketimi ile Değişimi..	87
Şekil 5.13	Işık Kapama Alışkanlığı Kazanan Konutlarda Yıllık Elektrik Tüketim Değişimi	88
Şekil 5.14	Işık Kapama Alışkanlığını Kaybeden Konutlarda Yıllık Elektrik Tüketim Değişimi	89
Şekil 5.15	Anahtarlı Priz Kullanım Alışkanlığı Kazanan Konutlarda Yıllık Elektrik Tüketim Değişimi	90
Şekil 5.16	Anahtarlı Priz Kullanım Alışkanlığını Kaybeden Konutlarda Yıllık Elektrik Tüketim Değişimi	91

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1	Konut Enerji Tüketiminde Davranışların Etkisi ile İlgili Çalışmalar.....	19
Çizelge 3.1	Basit Tesadüfi Örneklemeye Göre Örneklem Sayıları	26
Çizelge 3.2	Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Uygulanan ve Uygulanmayan Konutların Parametreleri Arası ANOVA Testi	33
Çizelge 3.3	Örnek Beş Evin Elektrik Tüketimleri ile HDD Arasındaki İlişki R^2 Değerleri	35
Çizelge 4.1	ANFIS ile İlgili Çalışmalar	46
Çizelge 4.2	Model Girdi Parametreleri.....	54
Çizelge 5.1	Konut Tipi Frekans Tablosu	58
Çizelge 5.2	Konut Sahiplik Durumu Frekans Tablosu	59
Çizelge 5.3	Konut Oda Sayısı Frekans Tablosu	59
Çizelge 5.4	Çalışılan Sektör Durumu Frekans Tablosu.....	60
Çizelge 5.5	Konutta Yaşayan Birey Sayısı Frekans Tablosu	60
Çizelge 5.6	2018 Yılı Bazında Gelir Düzeyi Frekans Tablosu	61
Çizelge 5.7	Elektrikli Cihaz Sahiplik Durumu Frekans Tablosu.....	61
Çizelge 5.8	Buzdolabı Konumu Frekans Tablosu	62
Çizelge 5.9	Yiyecekleri Buzdolabına Koyma Durumu Frekans Tablosu.....	62
Çizelge 5.10	Yiyecekleri Çözdürme Durumu Frekans Tablosu	63
Çizelge 5.11	Tencere Kapağını Kapatma Durumu Frekans Tablosu	63
Çizelge 5.12	Düdüklü Tencere Kullanımı Frekans Tablosu.....	63
Çizelge 5.13	Fırın Kapağını Açma Durumu Frekans Tablosu	63
Çizelge 5.14	Televizyon Kapatma Frekans Tablosu	64
Çizelge 5.15	Uydu Alıcısı Kapatma Durumu Frekans Tablosu	64

Çizelge 5.16 Çamaşır Makinesi Tam Doluluk Frekans Tablosu	64
Çizelge 5.17 Bulaşık Tercihi Frekans Tablosu	65
Çizelge 5.18 Bilgisayar Kapama Durumu Frekans Tablosu	65
Çizelge 5.19 Süpürge Torba Değişim Durumu Frekans Tablosu	65
Çizelge 5.20 Ütü Fişi Durumu Frekans Tablosu.....	66
Çizelge 5.21 Odadan Çıkınca Işık Kapama Durumu Frekans Tablosu	66
Çizelge 5.22 Tasarruflu Ampul Kullanmayı Öneme Durumu Frekans Tablosu	66
Çizelge 5.23 Eşya Alırken Enerji Sınıfına Dikkat Etme Durumu Frekans Tablosu	66
Çizelge 5.24 Prizde Bırakma Durumu Frekans Tablosu.....	67
Çizelge 5.25 Kullanım Alışkanlığını Değiştirme İsteği Durumu Frekans Tablosu	67
Çizelge 5.26 Anahtarlı Priz Kullanımını Öneme Durumu Frekans Tablosu.....	67
Çizelge 5.27 Tüm Aylar ve Aralık Ayları Ortalama Elektrik Tüketim Farkları.....	77
Çizelge 5.28 2019-2020 Ocak Ayları Ortalama Elektrik Tüketim Farkları.....	77
Çizelge 5.29 Şubat Ayları Ortalama Elektrik Tüketim Farkları	78
Çizelge 5.30 Bilgi Verme Müdahale Yöntemi ile Konutların Elektrik Tüketimlerdeki Değişimlerin Yüzdesi	78
Çizelge 5.31 Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Öncesi ile Sonrası Ayların Isıtma Gün Dereceleri.....	79
Çizelge 5.32 2018-2019 Yılları Aylık ve Yıllık Ortalama Elektrik Tüketimleri.....	80
Çizelge 5.33 Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Uygulanan Konutların Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Uygulanmadan Önce ve Uygulandıktan Sonrasındaki Tüketimleri Arasında ANOVA Testi 1	81
Çizelge 5.34 Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Uygulanan Konutların Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Uygulanmadan Önce ve Uygulandıktan Sonrasındaki Tüketimleri Arasında ANOVA Testi 2	81

Çizelge 5.35 Bilgi Verme Müdahale Yönteminden Sonra Elektrik Tüketimleri Değişmeyen Konutlar ile Tüketimleri Azalan Konutların Parametreleri Arası ANOVA Testi.....	82
Çizelge 5.36 Eğitim ve Test Verilerinin Bölünme Yüzdeleri MAPE değerleri	84
Çizelge 5.37 Yıllık Elektrik Tüketiminin Aydınlatma Elektrik Tüketimi ile Değişimi .	86
Çizelge 5.38 Yıllık Elektrik Tüketiminin Işık Kapama Alışkanlığı ile Değişimi	88
Çizelge 5.39 Yıllık Elektrik Tüketiminin Anahtarlı Priz Alışkanlığı ile Değişimi	89
Çizelge Ek.5.1 Yıllar Bazında Toplanan Verilerin Yaş Grubuna Göre Dağılımı	130
Çizelge Ek 5.2 Buzdolaplarının Hacime Göre Sınıflandırılması	131
Çizelge Ek 5.3 Dondurucu Yerine Göre Sınıflandırma.....	131
Çizelge Ek 5.4 İki Kapılı ve Dondurucusu Üstte Olan Buzdolaplarının Yaşları ve Hacimlerine Göre Düzeltilen Yıllık Elektrik Tüketimleri (kWh/yıl)	132
Çizelge Ek 5.5 İki Kapılı ve Dondurucusu Altta Olan Buzdolaplarının Yaşları ve Hacimlerine Göre Düzeltilen Yıllık Elektrik Tüketimleri (kWh/yıl)	132
Çizelge Ek 5.6 Gardorap Tipi Olan Buzdolaplarının Yaşları ve Hacimlerine Göre Düzeltilen Yıllık Elektrik Tüketimleri (kWh/yıl).....	132
Çizelge Ek 5.7 Tek Kapılı Olan Buzdolaplarının Yaşları ve Hacimlerine Göre Düzeltilen Yıllık Elektrik Tüketimleri (kWh/yıl).....	133
Çizelge Ek 5.8 Derin Dondurucuların Yıllık Ortalama Enerji Tüketimi (kWh/yıl)..	134
Çizelge Ek 5.9 Çamaşır Yıkama Derecesine Göre Ortalama Elektrik Tüketimi	134
Çizelge Ek 5.10 Çamaşır Yıkama Kapasitesine Göre 60°C'lik Programların Elektrik Tüketimi.....	135
Çizelge Ek 5.11 Çamaşır Kurutma Makinelerinin Kurutma Kapasitelerine Göre Elektrik Tüketimi.....	136
Çizelge Ek 5.12 LCD Tipi Televizyonların Ekran Boyutlarına Göre Elektrik Tüketimleri[76].....	137
Çizelge Ek 5.13 Fırınlr İçin Pişirici Güç Değerleri	138
Çizelge Ek 5.14 Aspiratörler İçin Lamba Sayısına Göre Toplam Güç Değerleri ...	139

Çizelge Ek 5.15	Klimaların Kapasitelerine Göre Isıtma ve Soğutma İçin Harcadıkları Güç Miktarı	139
Çizelge Ek 5.16	Kombi Elektrik Tüketim Değerleri	140
Çizelge Ek 5.17	Elektrikli Süpürgelerin Modellerine Göre Harcadıkları Güç Miktarı (W)	140
Çizelge Ek 5.18	Ütülerin Modellerine Göre Harcadıkları Güç Miktarı (W).....	141
Çizelge Ek 5.19	Mikrodalga Fırınlar İçin Pişirici Güç Değerleri.....	141
Çizelge Ek 5.20	Küçük Ev Aletlerinin Güç Değerleri.....	142

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

$n =$	Örnekleme sayısı
$N =$	Kitle boyutu
$z =$	Güven aralığındaki z puanı
$p =$	Yüzde değeri
$e =$	Hata payı
$kWh =$	kiloWatt saat
$W =$	Watt
$E =$	Elektrik tüketimi (kWh/yıl)
$P =$	Elektrikli cihazın gücü (kW)
$t =$	Elektrikli cihazın kullanım süresi (h/yıl)
$T_m =$	Günlük ortalama sıcaklık
$d =$	Gün sayısı
$R^2 =$	Regresyon katsayısı
$x, y =$	Bulanık olmayan giriş değerleri
$i =$	İşlem birimi
$p_1, q_1, r_1, p_2, q_2, r_2 =$	Çıkarım sisteminin çıkış fonksiyonunun parametreleri
$\omega_i =$	Katman 2'nin çıktısı
$\bar{\omega}_i =$	Katman 3'ün çıktısı
$O_i^1 =$	i. işlem biriminin 1. üyelik fonksiyonu
$A_i, B_i, =$	İlgili işlem birimi fonksiyonu ile ilişkili nitel değişkenler
$\mu_{A_i}, \mu_{B_i} =$	A_i ve B_i adaptif nodlarının üyelik fonksiyonu
$\{a_i, b_i, c_i\} =$	Parametre seti

$O_i^2 =$	i. işlem biriminin 2. üyelik fonksiyonu (ateşleme kuvveti)
$\Pi =$	Katman 2’de yer alan bütün işlem birimleri
$N =$	Katman 3’te yer alan bütün işlem birimleri
$O_i^3 =$	i. işlem biriminin 3. üyelik fonksiyonu
$f_i =$	4. katmanın i. işlem biriminin üyelik fonksiyonu
$O_i^4 =$	i. işlem biriminin 4. üyelik fonksiyonu
$\Sigma =$	Katman 5’in işlem birimi
$O_i^5 =$	i. işlem biriminin 5. üyelik fonksiyonu

Kısaltmalar

ABDEB	Amerika Birleşik Devletleri Enerji Bakanlığı
ABKMAE	Atatürk Bahçe Kùltürleri Merkez Araştırma Enstitüsü
ALM	Automatic Linear Modeling
AME	Average Marginal Effect
ANFIS	Uyarlamalı Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System veya Adaptive Network-Based Fuzzy Inference System)
ANOVA	Analysis of Variance
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
CDD	Soğutma Gün Dereceleri (Cooling Degree Days)
COVID-19	Yeni Koronavirüs Hastalığı
DMU	Karar Verme Birimi (Decision Making Unit)
DSM	Demand-Side Management
ELM	Extreme Learning Machine

ENERWIN	Energy Simulation Software for Aiding Building Design
EPA	Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (United States Environmental Protection Agency)
ETKB	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
FIS	Bulanık Çıkarım Sistemi (Fuzzy Inference System)
G	Gardorap Tipi Olan Buzdolabı
GA	Genetik Algoritma (Genetic Algorithms)
H.Ü	Hacettepe Üniversitesi
HDD	Isıtma Gün Dereceleri (Heating Degree Days)
HW	Holt-Winters Yöntemi
İKDA	İki Kapılı ve Dondurucusu Altta Olan Buzdolabı
İKDÜ	İki Kapılı ve Dondurucusu Üstte Olan Buzdolabı
KFL	Kompakt Florasan
KMO	Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy Testi
LCD	Liquid Crystal Display
LED	Light Emitting Diode
MA	Hareketli Ortalama (Moving Average)
MAPE	Ortalama Mutlak Yüzde Hata (Mean Absolute Percentage Error)
MATLAB	Matrix Laboratory
OLED	Organik Light Emitting Diode
RECS	Residential Energy Consumption Survey
RMSE	Kök Ortalama Kare Hata (Root Mean Square Error)
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
SVR	Destek Vektör Regresyon (Support Vector Regression)
TK	Tek Kapılı Olan Buzdolabı
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu

UEDAŞ	Uludağ Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
VIF	Variance Inflation Factor değeri
YSA	Yapay Sinir Ağları

1. GİRİŞ

Bu bölümde, dünyada ve Türkiye’de konut sektörü enerji tüketimine, konut elektrik enerjisi tüketiminin yıllar içinde değişimine, davranış ve alışkanlıkların konut elektrik tüketimine olan etkisine ilişkin genel bilgiler verilmiş; konu ile ilgili mevcut sorunlardan, bu tez çalışmasının amacı, kapsamı ve yapısından bahsedilmiştir.

1.1. Genel Bilgiler

Enerji tüketiminde endüstri, konut, ticari ve ulaştırma sektörleri arasında konut sektörü önemli bir yer tutmaktadır. Dünyada sektörler arasında toplam enerji tüketiminin ortalama %29’undan konut sektörü sorumluyken [1], Amerika Birleşik Devletleri’nde %22’sinden [2], İngiltere’de ise % 27’sinden sorumludur [3]. Türkiye’de konut sektörü enerji tüketimi, 2014 yılına kadar konut ve hizmetler olarak bir arada değerlendirilirken; Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) tarafından yapılan 2015 yılı enerji denge tablosunda ilk kez tek başına değerlendirilmiştir [4]. 2004-2014 yılları arasında ETKB istatistiklerinden elde edilen verilere dayanarak Türkiye konut ve hizmetler sektörünün toplam enerji tüketimindeki yerinin ortalama %35 olduğu ortaya çıkmaktadır [5]. ETKB Enerji Denge Tablosu 2016’da konut sektörünün toplam nihai enerji tüketimindeki yeri %19, ETKB Enerji Denge Tablosu 2018’de %20, ETKB Enerji Denge Tablosu 2019’da %21, ETKB Enerji Denge Tablosu 2021’de ise %22 olarak görülmektedir [4].

Konut sektörü enerji tüketimini başlıca ısıtma, soğutma, sıcak su kullanımı, aydınlatma ve elektrikli cihazların kullanımı oluşturmaktadır. Konutlarda bulunan elektrikli cihazlar; ana cihazlar ve küçük ev aletleri olarak ikiye ayrılmaktadır. Ana cihazlar; buzdolabı, çamaşır makinesi, bulaşık makinesi, fırın gibi beyaz eşyalardan oluşan cihazlardır. Küçük ev aletleri ise, ana cihazlar dışında kalan çeşitli mutfak gereçleri, televizyon, bilgisayar gibi elektronik cihazlardan oluşur. Konut sektöründe ısınma ve sıcak su üretimine bağlı olarak doğal gaz, sıvı yakıt, kömür ve/veya biyoyakıt ile elektrik kullanılmaktadır. Konut sektörü elektrik tüketimi, dünyada toplam elektrik tüketimi içinde %27’lik bir paya sahiptir [6] ve bu sektördeki tüketim hızla artmaktadır [7]. Türkiye’de ise konut sektörü elektrik tüketiminin toplam elektrik tüketimi içinde payı %22’dir [4] ve konut elektrik tüketimi son on yılda %27 artmıştır [8].

Konut sektörü elektrik tüketiminin belirlenmesi; sektörün birbirinden çok farklı fiziksel özellikte birimlere sahip olması, ayrıntılı ölçüm yapabilmek için ekstra maliyet gerektirmesi, konutların mahremiyeti ve en çok da hanehalkının davranışlarının değişiklik göstermesi nedenleriyle oldukça zordur. Konut elektrik tüketiminin belirlenmesinde; iklim, binaların fiziksel özellikleri, evde kullanılan cihazların özellikleri gibi parametrelerin yanına davranış parametresinin de katılması, daha yüksek doğruluk sağlamaktadır. Dünya genelinde davranış parametresinin konutlarda elektrik tüketimine etkisi üzerinde yapılan araştırmalar ağırlıklı olarak üç analize odaklanmaktadır [7]. Birinci analiz, hanehalkı özellikleri, sosyo-ekonomik faktörler gibi konut elektrik tüketimi davranışlarını etkileyen ana faktörlerin analizidir. İkinci analiz, elektrik tüketim verilerinin istatistiksel analizidir. Üçüncü analiz ise, elektrik tasarrufu müdahale yöntemi uygulanmasıdır. Araştırmacılar, hanehalkına; psikolojik faktörlere ve davranışlara dayalı bir müdahale yaparak; yani enerji tasarrufu sağlayan müdahale stratejisi ile konut elektrik tüketim değişimindeki etkileri belirlemeye ve azaltmaya odaklanmıştır. Bu müdahale stratejilerinden biri taahhüttür. Taahhüt, insanların elektrik tüketimini azaltmak için davranışlarını değiştirmeye söz verdiği sözlü veya yazılı sözleşme ile sağlanır. Bir diğer müdahale, hanehalkı için %5 veya %15'lik elektrik tüketimini azaltmak gibi bir hedef belirleme stratejisidir. Hedef değer ailenin kendisi tarafından da araştırmacılar tarafından da belirlenebilir. Bilgi vermek bir başka müdahale stratejisidir. Bilgi; çevre kirliliği, elektrik tasarrufunun önemi ve enerji tasarrufu ipuçları ile ilgilidir. Bilgilerin verilmesi hem enerji tasarrufu bilincini hem de enerji tasarrufu bilgisini arttırmaktadır. Bilgi vermenin yaygın yolu kitle iletişimidir. Bilgi vermenin amacı, insanların tüketim davranışlarını kendi istekleri doğrultusunda, bilinç ve farkındalık oluşturarak değiştirmektir, bu nedenle bilgi vermek genellikle insanların davranışlarını değiştirme etkisine sahiptir. Bir diğer müdahale stratejisi olan ödül vermek, insanları, belirli bir miktar teşvik vererek, elektrik tüketimini azaltmaya yönlendirmeyi amaçlamaktadır. Ödüller çoğunlukla ekonomik ödül ve sosyal ödüllerden oluşur. Ekonomik ödül, aileye belirli bir ekonomik teşvik vermektir ve ekonomik teşviklerin sayısı; tasarruf miktarı ile sabitlenebilmekte ya da değiştirilebilmektedir. Sosyal ödül esas olarak kamu propagandasıyla cesaretlendirmeyi ifade eder. Son müdahale stratejisi olarak geri bildirim ise hanehalkına elektrik tüketimi ve tasarrufu ipuçları sağlayan bir müdahale stratejidir. Sürekli, günlük, haftalık ve aylık geri bildirimler hem metin hem de web geri bildirimi olarak hanehalkına ulaştırılabilmektedir [7].

Yapılan bazı çalışmalarda, davranışsal değişikliklerin (hanehalkının eğitimiyle ve/veya simülasyon programlarının tahminiyle) konutlarda elektrik tasarrufuna etkisinin ortalama %10-40 civarlarında olduğu belirtilmektedir [9-11]. Bu oran hatırı sayılır ölçüde tüm konut elektrik enerjisi tüketimini etkilemektedir.

1.2. Mevcut Sorun

Dünyada konut sektörü elektrik tüketiminin toplam elektrik tüketimi içinde payı %27'dir [6] ve konut sektöründe elektrik tüketimi hızla artmaktadır. Bu artış nedeniyle konut sektörü elektrik tüketiminde tasarruf yapılması dünya çapında zorunlu hale gelmiştir. Örneğin ülkemizde elektriğin 2/3 oranında fosil yakıtlardan üretilmesi [12], bu tasarrufu zorunlu kılan nedenlerden biridir. Ayrıca Türkiye'de konut elektrik tüketiminin son on yılda %27 artmasında [8, 13], enerji verimli cihazların artması, bu cihazların fiyatlarındaki düşüş ve buna bağlı olarak kullanımlarındaki artış da konut elektrik tüketiminde artışın ve tasarruf gerekliliğinin bir diğer sebebidir. Bu nedenlerle davranış ve alışkanlıkların değişmesi, elektrik tasarrufunda önemli rol oynamaktadır ve davranış ve alışkanlıkların konut elektrik tüketiminde tasarrufa etkisi konusunda yapılmış kapsamlı bir çalışmaya rastlanmamaktadır. Konutların nihai kullanım elektrik enerjisi tüketimleri ile ilgili kapsamlı bir araştırma da bulunmamaktadır. Konut sektöründe tüketilen elektrik enerjisine davranış ve alışkanlıkların etkisinin incelenmesi, bilgi verme müdahale stratejisi ile bu tüketimi azaltabilmenin yollarının belirlenmesinin; bu sektörde uygulanabilecek tasarruf politikalarının oluşturulmasında ve konuya farkındalık gelişmesinde önemli bir rol oynayacağı düşünülmektedir.

1.3. Tezin Amaç ve Hedefleri

Konut elektrik tüketiminde davranışsal değişikliklerin elektrik tasarruf potansiyeline etkisi ve bu etkinin modellenmesi; devlet politikalarının değişmesine katkı sağlaması, devletlerin çeşitli eğitim ve teşvik yollarıyla halkı elektrik tüketiminde bilinçlendirmesi; böylece büyük oranda tasarruf ve farkındalık sağlanması açılarından çok önemlidir. Hanehalkının kullanım davranışının konut elektrik tüketiminde bu denli öneme sahip olması, çalışmaları davranışsal değişikliklere yöneltmektedir.

Bu bağlamda tez çalışmasının amaçları sırasıyla;

- ✓ Hanehalkı davranış ve alışkanlıklarının konut elektrik tüketimine etkisini belirlemek,
- ✓ Konut elektrik tüketiminin bilgi verme müdahale yöntemi ile değişip değişmediğini araştırmak,
- ✓ Konut elektrik tüketimine davranış ve alışkanlıkların etkisini tahmin eden bir model oluşturmaktır.

Bu amaçlara ulaşmak için belirlenen hedefler de aşağıdaki gibidir:

- Hanehalkı davranış ve alışkanlıklarının konut elektrik tüketimine etkisini belirlemek amacıyla anket ve nihai elektrik tüketim verileri elde ederek, bu verileri analiz etmek,
- Konut elektrik tüketiminin bilgi verme müdahale yöntemi ile değişip değişmediğini araştırmak amacıyla hanehalkına bilgi verme müdahale yöntemi uygulamak ve sonuçlarını analiz etmek,
- Konut elektrik tüketimine davranış ve alışkanlıkların etkisini tahmin eden bir model geliştirmek amacıyla daha önce denenmemiş ve tahmin performansı yüksek bir modelleme yaklaşımı oluşturmak ve bu model ile senaryolar oluşturarak davranış ve alışkanlıkların elektrik tasarrufuna etkisinde en etkin yöntemleri belirlemektir.

1.4. Tezin Kapsamı

Çalışmada, Yalova ilinde 100 adet konuttan, anket ve saha çalışması yöntemleri ile veri toplanmıştır. Ankette çevre duyarlılığı, iklim değişikliği farkındalığına dair sorular yer almamaktadır; yalnızca konutların elektrik enerjisi tüketimlerinin ve hanehalkının demografik, ekonomik, davranışsal özelliklerinin belirlenebilmesi için veri toplamaya yönelik sorular bulunmaktadır. Anket yapılan konutlardan nihai elektrik tüketimleri bazında yüksek tüketime sahip 50 adet konuta, elektrik tasarrufuna yönelik bilgi verme stratejisi ile müdahale yöntemi uygulanmıştır. Anket uygulanan konutların, bilgi verme müdahalesi uygulanmadan üç ay öncesi ve uygulandıktan üç ay sonrasını kapsayan toplam altı aylık elektrik tüketim verileri, ay bazında Limak Enerji Uludağ Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi'nden (UEDAŞ) ve Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma

Enstitüsü'nden (ABKMAE) temin edilmiştir. Tüm veriler, başlıca yapay zeka tekniklerinden Uyarlamalı Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi [Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System veya Adaptive Network-Based Fuzzy Inference System (ANFIS)] metoduyla modellenmiştir. Bu matematiksel modelleme yaklaşımı ile oluşturulan model ile; davranış ve alışkanlıkların konutlarda elektrik enerjisi tüketimine etkisi belirlenmiştir. Böylece hanehalkı davranışlarının elektrik enerjisi tüketimine etkisi hakkında nümerik sonuçlar elde edilmiştir.

1.5. Tezin Yapısı

Çalışmanın ilk bölümünde konu ile ilgili genel bilgi, mevcut sorun, çalışmanın amacı ve kapsamı ile yapısı hakkında bilgiler verilmiştir. İkinci bölümde, davranış ve alışkanlıkların konutlarda elektrik tüketimine etkisi konusunda dünyada yapılan çalışmalara değinilmiştir. Üçüncü bölümde, çalışma yöntemi ve veri kaynakları ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Dördüncü bölümde, tez çalışmasında modellemede kullanılan yazılım ile ilgili genel bilgi verilmiş, modelin nasıl oluşturulduğu ve senaryoların uygulanması anlatılmıştır. Çalışmanın sonuçları beşinci bölümde verilmiştir. Genel sonuç ve öneriler altıncı, kaynaklar ise son bölümde yer almaktadır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Davranış ve alışkanlıkların konutlarda enerji tüketimine etkisi ile ilgili çalışmalar; 70'li yılların sonundan günümüze değin süregelmektedir. İncelenen çalışmalar kapsamında, dünyada davranış ve alışkanlıkların konutlarda enerji tüketimine etkisinin belirlenmesi için istatistiksel metotlar, bulanık modeller, simülasyon programları ve yapay zeka teknikleri ile hibrit modellerin kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu bölümde, konu ile ilgili dünyada yapılan çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir.

2.1. Anket ve Saha Çalışmalarının İstatistiksel Yaklaşımlarla Değerlendirildiği Çalışmalar

Seligman ve arkadaşları, 1977/78 yıllarında Amerika Birleşik Devletleri'nin New Jersey eyaletinde, yaz aylarında elektrik tüketimine hanehalkının alışkanlıklarının etkisini tahmin etmek amacıyla 28 konutta anket uygulamıştır. Anket verilerinin sonuçlarını regresyon analizi ile değerlendirerek elektrik tüketimine çeşitli faktörlerin etkisini oransal olarak belirlemişlerdir. Analiz sonuçlarına göre; yazın elektrik tüketiminin %55'inden alışkanlık faktörünün, %30'undan ise konfor ve sağlık faktörünün (yazın klima kullanımının konfor ve sağlık adına doğru olduğu düşüncesi) sorumlu olduğu ortaya çıkmıştır. Hanehalkının konforunun konutlarda elektrik tüketimine (özellikle klima kullanımına) önemli ölçüde etkisi olduğu ve enerji tasarrufu için kampanyalar başlatılması gerektiği sonucuna varmışlardır [14, 15].

80'li yılların başına gelindiğinde, davranışların konutlarda enerji tüketimine etkisi ile ilgili çalışmalar hız kazanmaya başlamaktadır. Bu çalışmalardan biri, konutlarda enerji tüketiminde davranış ve alışkanlıkların rolünü ve derecelerini ortaya koyan Raaij ve Verhallen'in 1981'deki çalışmasıdır. Raaij ve Verhallen, hanehalkı davranışının konut ısınma enerjisine etkisini incelemişlerdir. Hollanda, Vlaardingen, Holy-North'ta 145 konutta Kasım 1976-Kasım 1977 arası üç periyotta, özellikle ev hanımlarına anket uygulamışlar ve doğalgaz sayaçlarını okuyarak, konutların ısınma enerji tüketimlerini kaydetmişlerdir. Hem sayaç verileri hem de anket sonuçları ile ısınma enerjisi tüketimi arasındaki ilişkinin derecesini de regresyon analizi ile belirlemişlerdir. Çalışma kapsamında etkisi olan enerji ilişkili alışkanlık, sosyo-demografik değerler, konut karakteristikleri gibi parametrelerin enerji tüketimindeki oranları belirlenmiştir [16]. Bu

çalışmada sonuç olarak, Hollanda'da konut sektörü toplam enerji tüketiminde 1/3 oranıyla en çok ısınma sisteminin etkisi olduğu ortaya çıkmıştır. Çoklu aşamalı regresyon (Stepwise multiple regression) [17] analizi ile ısınma sistemi kullanımını en çok etkileyen parametrenin ise %26'lık bir payla hanehalkının davranışı olduğu hesaplanmıştır [16].

80'li yıllarda davranışların konut enerji tüketimine etkisinin farkındalığı oluşmaya başlarken; Warren ve Parkins'in 1984'te İngiltere'de yaptığı çalışma, her ne kadar ofis ortamı için yapılmış olsa da davranış kavramına ışık tutmakta olduğu için incelenmiştir. Çalışmada, hareketli pencere kullanımı ile ilişkili parametreler ve ofislerde çalışanların davranış ve istekleri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Warren ve Parkins, beş doğal havalandırılmalı ofis binasını 13 hafta gözlemlemiş ve çalışanlara anket uygulamıştır. Elde ettikleri verileri regresyon analizi ile değerlendirerek pencerelerin açılıp kapanmasının %76 dış hava sıcaklığına, %8 güneş ışığına, %4 rüzgar hızına bağlı olduğunu hesaplamışlardır. Anketler, ofis çalışanlarının pencereyi açma isteği ile özellikle kışın temiz hava alma isteği arasında güçlü bir etkileşim olduğunu göstermektedir [18].

Konutlarda enerji tasarrufunda davranışların önemini araştırmaya yönelik çalışmalarla, daha çok 80'lerin sonunda karşılaşılmaktadır. 1988'de Owens ve Wilhite, İskandinav ülkelerinde (İsveç, Norveç, Danimarka ve Finlandiya) konut enerji tüketimi üzerine önceden yapılmış anket ve kişisel görüşme verilerini incelemişlerdir ve tek başına davranışsal değişiklikler ile İskandinav ülkelerinde %10-20 enerji tasarruf potansiyeli olduğu sonucunun çıktığını belirtmişlerdir. Nordik enerji planlamacılarının, karar alma ve enerji tasarruf stratejilerini belirlerken, davranışların enerji tüketimine etkisini dahil etmeleri gerektiğini vurgulamışlardır. Tasarruf konusunda tam potansiyel verisinin elde edilebilmesi için, daha geniş anket, gözlem, izleme, günlük tutma ve benzeri araştırmaların yapılması gerektiği önerisinde bulunmuşlardır [9].

Konut elektrik tüketiminde davranışların değiştirilmesinin etkisini araştıran bir çalışma da 90'lı yılların başında yapılmıştır. Dennis ve arkadaşları tarafından ışık kapama alışkanlığının değiştirilmesi ile konut elektrik tüketiminde nasıl değişim olacağı araştırılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda, aydınlatma düğmelerinin yanına uyarıcı işaretler konulmasıyla oluşturulan hanehalkı farkındalığı sayesinde konut elektrik tüketiminde %60'a kadar azalma sağlanabileceği bulunmuştur [19].

90'lı yılların sonuna gelindiğinde, klimaların popülerliği artmakta, bu konu ile ilgili çalışmalar da hız kazanmaktadır. Iwashita ve Akasaka 1997'de, Güney Japonya Kagoshima City'deki 8 evde anket ve saha çalışması yapmışlardır. Havalandırma oranının tespiti için saha çalışmasında sulfur hexafluoride tracer gaz yöntemini kullanan bir cihaz kullanılmıştır. Bu cihaza bağlı bir mikrobilgisayar da örnekleri analiz etmede kullanılmıştır. Hanehalkının davranışlarının havalandırma miktarındaki etkisinin oranı hesaplanmıştır. Buna göre, konutlarda temel havalandırma oranı ile hanehalkının davranışına bağlı havalandırma oranının büyüklüğü karşılaştırıldığında, toplam havalandırma oranının %87'sine hanehalkının davranışının neden olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca, incelenen konutlarda hanehalkı tarafından doğal havalandırmanın, klima kullanımına tercih edildiğini tespit etmişlerdir. Bir ilginç tespit de; atmosferde, yakındaki volkandan kaynaklanan kül nedeniyle, yüksek oranda partikül madde bulunmasına rağmen, hanehalkının %23'ünün pencere açarak doğal havalandırma yapmada ısrar etmesidir [20].

2000'li yıllarda, enerji tasarrufu için müdahale yöntemlerine dair çalışmalara rastlanmaktadır. Hanehalkının eğitimiyle enerji tasarrufu arasındaki ilişkiyi ortaya koyan bu çalışmalardan biri, 2009'da Çin'in Hangzhou şehrinde yapılmıştır. Ouyang ve Hokao tarafından yapılan çalışmada, enerji tasarrufu eğitimleri ile evlerin elektrik tüketiminde, hanehalkı yaşam stili ve hanehalkının enerji tasarruf potansiyelinde bir değişiklik olup olmadığı araştırılmıştır. Araştırma kapsamında üç tipte bina seçilmiş ve 124 konuta anket uygulanmıştır. Çalışmada sırasıyla; (1) Mart 2007-Temmuz 2008 arası aylık elektrik tüketimleri kaydedilmiş, (2) Temmuz 2008'den önce hanehalkının yarısına enerji tasarrufu eğitimi verilmiş, (3) 2008 yılı Ağustos ayı başında tüm hanehalkının yaşam tarzı hakkında kapsamlı bir anket yapılmıştır. Yapılan kapsamlı ankette, hanehalkı yaşam tarzı; hanehalkının karakteristikleri, ana elektrikli ev aletleri, bilinç ölçümü ve davranış ölçümü olmak üzere dört kategoride incelenmiştir. Çalışmada anket verilerinin SPSS 13.0 (Statistical Package for the Social Sciences) yazılımı kullanılarak korelasyon analizleri yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda elde edilen önemli bulgular şunlardır: (1) İnsanların yaşam standardının yükselmesi ve elektrikli ev aletleri kullanımına daha fazla bağımlılık geliştirmeleri nedeniyle, Çin'de gelecek yıllarda konut elektrik tüketimi sürekli artacaktır, (2) Hanehalkının davranışlarını, eğitim verildikten sonra iyileştirmesi ile evsel elektrik tüketiminde %10'dan fazla tasarruf sağlanabildiği, istatistiki olarak hesaplanmıştır, (3)

Konut enerji tasarrufu için teknolojik önlemlerle birlikte hanehalkının davranışlarının iyileştirilmesi ile ilgili çalışmalar da göz önüne alınmalıdır [11].

2011’de Yan ve Lifang tarafından Çin’de gerçekleştirilen bir çalışmada da yine anket ve istatistiksel yaklaşımdan yararlanılmıştır. Çalışmada, konutlarda enerji kullanım davranışı üzerinde psikolojik ve ailevi faktörlerin etkisi üzerine araştırma yapılmıştır. Bu bağlamda Çin’in kuzeydoğusundaki bir kıyı kenti olan Dalian’da 1376 hanehalkına anket uygulanmıştır. Çalışmada ilk aşamada Çin halkının genel durumunu belirlemek adına belirli davranışlar seçilmiş ve bu davranışlarla ilgili yapılan ankette en çok “her zaman” cevabını “banyo küvetinde yıkanmak yerine duş almak” almıştır; çünkü Çin halkının gelenekleri ve habitat koşullarından dolayı küvet kullanımı yaygın bir yaşam tarzı değildir. İkinci aşamada psikolojik ve ailevi yapıların konutlarda enerji tüketimine etkisinin incelenmesi amacıyla anketlere One-Way ANOVA (Analysis of Variance) ve t-testi uygulanmıştır. Testlerin sonucunda, enerji bilinci, aile geliri ve para tasarrufu gibi parametrelerin, konutlarda enerji tüketimine etkisinin pozitif yönde olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, aileleriyle yaşayan genç çiftler, 60 yaş üstü bireyi olan aileler ve üç ve daha fazla kuşak birlikte yaşayan aileler ile iki kişiden oluşan ve iki kişi ve çocuklarından oluşan aile yapıları arasında, enerji kullanım davranışlarında anlamlı fark olduğu görülmüştür. Aileleriyle yaşayan genç çiftlerin, 60 yaş üstü bireyi olan ailelerin ve üç veya daha fazla kuşak birlikte yaşayan ailelerin, diğer ailelere göre daha enerji tasarruflu davranış gösterdiği ortaya çıkmıştır. Kısacası Çin’de yaş ilerlemesi ile konutlarda enerji tasarrufu davranışları arasında güçlü bir ilişki olduğu anlaşılmaktadır [21].

2012 yılında Yohanis, İngiltere’de evsel enerji kullanımı ve hanehalkı davranışını incelediği çalışmasında, metot olarak kişisel anketlerden, elektrik sayacı ve sıcaklık ölçümlerinden yararlanmıştır. Bu çalışma için, 240 konut örnek olarak seçilmiş ve demografik değişkenler tanımlanmıştır. Ankette evsel enerji kullanımına ilişkin; hanehalkının evde bulunma durumu, enerji tasarruf önlemleri hakkında farkındalığı, binanın fiziksel karakteristikleri gibi anahtar sorular düzenlenmiştir. Anket verilerinin istatistiksel analizi sonucunda; konutların %88’inin son iki yılda bir adet beyaz eşya aldığı; ancak yalnızca %16’sının aldıkları beyaz eşyanın enerji sınıfını bildikleri tespit edilmiştir. Ayrıca enerji tasarruflu lamba kullanımı, diğer odalarla karşılaştırıldığında en

çok mutfakta tercih edilmiştir. Ankete katılan hanehalkının %20-35'i enerji tasarrufu tedbiri için yatırım yapmaya meyilli olduklarını ancak maliyetin önemli bir engel olarak karşılına çıktığını belirtmişlerdir. Ankete katılanların yaklaşık %84'ünün kendi ev aletlerinin enerji derecelendirmesinden habersiz oldukları ortaya çıkmıştır; yeni bir ev eşyası alırken önemli olan enerji sınıfından çok; fiyatı ve markası olmaktadır. Çalışmanın sonucunda üç ana konu ortaya çıkmaktadır: (a) evlerde ev aletleri kullanımında istikrarlı bir artış söz konusudur; bu durum, toplam evsel enerji tüketiminin artacağı anlamına gelmektedir, (b) birkaç yıldır ev aletlerinin enerji derecelendirmeleri ile ilgili bilginin mevcut olmasına rağmen, kişiler için öncelikle fiyat, marka ve güvenilirlik temel satın alma kararlarında etkili olmaktadır, (c) çamaşır makinesi ve kurutucu kullanım sıklığı artmakta, aletleri bekleme modunda bırakma yaygınlaşmaktadır. Enerji tasarruflu lamba kullanımının gerekliliğinde artan anlayışa rağmen, birçok kişinin bu lambaların aydınlatma kalitesinden ve tam aydınlatmaya geçmek için biraz zaman geçmesi gerekmesinden hoşlanmaması, bunların kullanımını sınırlandırmaktadır. Çalışmanın sonucunda; önemli ölçüde enerji tasarrufu için enerji tasarruflu ev aletlerinin kullanımının artması, ev aletlerinin sayılarının ve kullanım sıklıklarının azaltılması gerektiği önerisinde bulunulmuştur. Halkın eğitilmesinin enerji tasarrufu için önemli yer teşkil ettiği vurgulanmıştır [3].

Konut enerji tüketimini incelerken “çok değişkenli regresyon (multilevel regression)” yaklaşımı kullanan bir çalışma, Hong Kong’da 2014 yılında gerçekleştirilmiştir. Tso ve Guan tarafından yapılan çalışmada, konut enerji tüketimi anket verilerini analiz etmenin; makroekonomi, iklim, konutların fiziksel özellikleri, hanehalkı demografik özellikleri ve elektrikli ev aletleri kullanımını içeren karmaşık sosyo-teknik bir problem olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle çevresel etkilerin ve hanehalkı özelliklerinin konut enerji tüketimi üzerindeki etkilerinin büyüklüğü ve önemini belirlemek için çok değişkenli regresyon yaklaşımı kullanılmıştır. Çok değişkenli regresyon analizi, konut enerji tüketimini modellemede popüler olarak kullanılan çoklu doğrusal regresyon (multiple linear regression) analizinin bir eklentisidir [22]. Tso ve Guan, Amerika Birleşik Devletleri Enerji Bakanlığı’nın (ABDEB) 2009 yılı Konut Enerji Tüketim Anketi’nin (Residential Energy Consumption Survey-RECS) 10830 konuta ait verilerini kullanmışlardır. Analizleri sonucunda çok değişkenli regresyon modeli kullanarak hanehalkı enerji tüketim parametrelerini açıklamada 53% varyans oranı bulurken;

doğrusal regresyon kullanıldığında bu oran %40 olmaktadır. Sonuç olarak, hanehalkı enerji tüketim parametrelerini açıklamada çok değişkenli regresyon modeli kullanmanın, doğrusal regresyon modeline göre daha iyi sonuç verdiği ortaya konmaktadır [22].

Bedir ve Kara'nın 2017'de Hollanda'da yaptıkları çalışma, Hollanda'daki konutlarda elektrikli cihaz kullanımını analiz etmeyi, davranış modellerini ve elektrik tüketim profillerini tanımlamayı amaçlamaktadır [23]. Analizler, Hollanda'daki 323 konuttan toplanan veriler üzerinde önce tanımlayıcı (descriptive) istatistiklerle başlamış; sonra demografik özellikler, davranışsal parametreler, bina karakteristikleri, hanehalkının konutta bulunma durumu ve elektrik tüketimi arasında korelasyon analizi ile devam etmiştir. Daha sonra elektrik tüketimine en çok etki eden davranış parametrelerini belirlemek için keşfedici faktör analizi (exploratory factor analysis) uygulanmıştır. Elde ettikleri sonuçlar, özellikle pişirme, kişisel temizlik gibi aktiviteler ve aydınlatma, cihaz kullanım davranışlarına göre davranış kalıplarının bulunabileceğini göstermektedir. Hollanda'daki çoğu konutta, hızlı yemek hazırlama ve hazır gıda ile yemek yapma tercih edilmektedir. Kurutucu, çamaşır makinesi ve bulaşık makinesinin kullanımı konut elektrik tüketimini önemli ölçüde etkilemektedir. Hanehalkı özellikleri, elektrik tüketimi ile ilgili davranışsal profillerin önemli bir belirleyicisidir. Davranış profilleri, hanehalkı ve konut özellikleri bazında, yani; hanehalkı büyüklüğü, gelir, eğitim, konut tipi, yaş, çalışma saatleri gibi özelliklere göre belirlenebilmektedir. Bu çalışmada oluşturulan dört profil "aile", "teknoloji", "konfor" ve "bilinç düzeyi" olarak açıklanmıştır. Bu profiller, elektrik tüketim seviyeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar göstermiştir [23].

2020 yılında yine elektrik tasarrufu müdahale yöntemleri ile ilgili bir çalışma Shen ve arkadaşları tarafından yapılmıştır [24]. Bu çalışma, Çin'in Hangzhou kentinde yürütülen, konutlarda elektrik tasarrufu müdahale stratejileri araştırmasına dayanmaktadır. Çalışmada, konut elektrik tüketimini çoklu müdahale stratejileri altında tahmin edebilen gelişmiş bir Destek Vektör Regresyon (Support Vector Regression-SVR) modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen model en uygun müdahale stratejisini seçebilmekte ve her konut için maksimum elektrik tasarrufunu tahmin edebilmektedir. Bu bağlamda 240 adet hanehalkı; 5 deney grubu, 1 konut kontrol grubu olmak üzere eşit sayıda 6 gruba ayrılmış; farklı kombinasyonlarda elektrik tasarruf müdahale stratejileri uygulanarak incelenmiştir.

Broşür ve yapışkanlı etiket yoluyla enerji tasarruf ipuçları müdahale yöntemi, çalışma periyodu boyunca kontrol grubuna kıyasla %5,55 ile en yüksek elektrik tasarrufu sağlayan müdahale yöntemi olarak tespit edilmiştir. SVR Modelinin MAPE değerleri, eğitim verileri ve test verileri için sırasıyla %8,48 ve %9,34 olarak hesaplanmıştır [24].

ABDEB'nin RECS verilerinden rastgele seçilen 12083 hanehalkı verisi ile elektrik tüketiminde hanehalkı faktörlerinin istatistiksel bir model ile analizini araştıran bir çalışmaya yine 2020 yılında rastlanmaktadır [25]. Veriler öncelikle veri temizleme, değişken dönüştürme ve veri indirgeme yöntemleri ile analize hazırlanmıştır. Sonra verilerin analizi için ikili korelasyon analizi (pairwise correlation analysis) yapılmış ve aşağıdaki hanehalkı karakteristikleri ile konut elektrik tüketimi arasında ilişki olup olmadığı incelenmiştir:

- (a) 'konut büyüklüğü' ve konut elektrik tüketimi,
- (b) 'hanehalkının yaşı' ve konut elektrik tüketimi,
- (c) 'gelir düzeyi' ve konut elektrik tüketimi,
- (d) 'eğitim düzeyi' ve konut elektrik tüketimi ve
- (e) 'ikamet süresi' ve konut elektrik tüketimi.

Bu inceleme sonunda tüm korelasyon değerlerinin 0,2'den küçük olduğu hesaplanmıştır; bu durum faktörlerin birbirleri ile ilişkili olduğu ancak korelasyonun güçlü olmadığı anlamına gelmektedir. Bunun nedeni, meteorolojik duruma, kullanılan yapı malzemelerine ve yapı tipine kıyasla hanehalkı karakteristiklerinin en önemli etki faktörü olmaması olabilmektedir. Konut elektrik tüketimi ve hanehalkı karakteristikleri ile hanehalkı davranışları arasındaki ilişki incelendiğinde ise şu sonuçlara ulaşılmaktadır: elektrikli ev aletlerinin büyük çoğunluğunun kullanımı hanehalkının yaşı ile ilişkilidir; daha yaşlı hanehalkı olan konutların nemlendiricileri daha sık kullanmaları ve uzun süre televizyon izlemeleri daha olasıdır. Öte yandan, bilgisayar, klima, tavan vantilatörü, elektronik cihaz, elektrikli fırın ve elektrikli çamaşır kurutma makinesi gibi diğer karmaşık elektrikli cihazları daha az sıklıkla kullanma olasılıkları daha düşüktür. Ayrıca nem alma cihazı, mikrodalga ve merkezi klima kullanımında da önemli bir farklılık tespit edilmemiştir. Konut büyüklüğü açısından, bilgisayar, şarj edilebilir elektronik cihaz,

merkezi klima, elektrikli fırın ve televizyon gibi birkaç elektrikli cihaz veya cihazların kullanımı konut büyüklüğü ile pozitif ilişkilidir. Bu sonuç göreceli olarak, konut ne kadar büyükse, elektrikli aletlerin kullanımının o kadar sık olduğunu göstermektedir. Gelir ve eğitim ile ilgili olarak, eğitim ve gelir düzeyi yüksek olan konut, tipik hafta içi günlerde sınırlı zaman harcayacak ve muhtemelen enerji tasarruflu elektrikli cihaz ve cihazları kullanacaktır. Ek olarak, evlerinin yalıtımı ile oldukça ilgilenecek ve enerji denetimi yapıp yapılmadığı konusunda daha farkındalık sahibi olacaklardır.

Sonuç olarak konut elektrik tüketiminin; "hanehalkının yaşı", "konut büyüklüğü", "gelir düzeyi", "eğitim düzeyi", "elektrikli cihazları kullanma durumu" ve "ikamet süresi" dahil olmak üzere hanehalkının karakteristik özellikleriyle ilgili faktörlerden önemli ölçüde etkilenebileceği belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonucuna göre, konut elektrik tüketiminin %10,70'i bu altı faktörle açıklanabilmektedir [25].

Koronavirüslerin (SAR-CoV-2) neden olduğu, 13 Ocak 2020'de tanımlanan Yeni Koronavirüs Hastalığı'nın (COVID-19) [26] sebep olduğu küresel salgın sonucu, 2020 yılı Mart ve Mayıs aylarındaki zorunlu karantina uygulamalarının konut elektrik tüketimlerine etkisine ilişkin sistematik bir inceleme analizi Krarti ve Aldubyan tarafından yapılmıştır [27]. Bazı ülkeler ve Amerika Birleşik Devletleri (ABD) eyaletleri için genel elektrik talebindeki değişiklikleri değerlendirmek için çeşitli kaynaklardan toplanan ölçüm verileri gözden geçirilmiş ve istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Elektrik talebindeki ve konut elektrik tüketim modellerindeki değişikliklerin büyüklüğünü belirlemek için COVID-19 karantinalarından önceki ve sonraki elektrik talebinin hava durumuna göre ayarlanmış zaman serisi verileri kullanılmıştır. Analiz sonuçları, ticari binaları ve imalat sektörlerini de etkileyen karantinalar nedeniyle genel elektrik talebinin daha düşük olmasına rağmen, konut sektörü için elektrik tüketiminin 2020 karantina döneminin tamamında %30'a kadar arttığını göstermektedir. Raporlanan son kullanım verilerinin analizi, konut elektrik tüketimindeki artışın çoğunun gündüz saatlerinde daha yüksek olduğunu; bunun da ısıtma, klima, aydınlatma ve ev aletleri gibi enerji yoğun sistemlerin kullanımının artmasıyla sonuçlandığını göstermektedir [27].

Gelişmekte olan Afrika ülkelerinde konut elektrik tüketimi hakkında oldukça sınırlı olan veri ve çalışma açığını kapatmaya yönelik bir çalışma 2023 yılında Tete ve arkadaşları

tarafından yapılmıştır. Bu çalışma, Batı Afrika ülkelerinden Burkina Faso'da yapılan konu ile ilgili ilk çalışma olma özelliği taşımaktadır. Bu bağlamda konut elektrik tüketimi ile hanehalkı yaşam tarzları arasındaki etkileşimler; büyük ölçekli, şehir çapında uygulanan anketten elde edilen bulgular ile açıklanmaya çalışılmıştır. Çalışmanın sonucunda, sosyo-ekonomik karakteristikler, bina özellikleri, elektrikli ev aletleri sahipliği ve kullanımları, günlük elektrik tüketimleri, enerji verimliliği farkındalığı gibi enerji davranışı özellikleri ile konut elektrik tüketimi arasındaki etkileşimler istatistiksel olarak ortaya konmuştur. Fatura bilgileri de anket verileri ile birlikte alınarak konut elektrik tüketimleri hesaplanmıştır. Buna göre yıllık ortalama elektrik tüketimi 2395 kWh olarak bulunmuştur. Yıllık elektrik tüketimlerine göre düşük, orta ve yüksek olmak üzere üç tüketici grubu oluşturulmuştur. Düşük, orta ve yüksek tüketici grupları için ortalama yıllık elektrik tüketimleri sırasıyla 870, 1976 ve 4339 kWh olarak hesaplanmıştır. Yüksek tüketici grubunda klimaların, düşük ve orta tüketici grubunda ise fanların en yüksek elektrik tüketimine sahip elektrikli ev aletleri olduğu ortaya çıkmıştır. [28].

Konut sektöründe, enerji tasarrufu sağlayan teknik ve davranışsal önlemler, karbon nötrlüğüne ulaşmak için önemli etkenlerdir. Bu bağlamda sırasıyla 2050 ve 2060 yılına kadar karbon nötr olma planlarını açıklayan Avrupa ve Çin'de 2023 yılında teknik ve davranışsal enerji tasarrufu önlemlerinin benimsenmesini araştıran bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada teknik enerji tasarrufu önlemleri ev yalıtımının iyileştirilmesi, verimli ısı kazanı kullanımı ve light emitting diode (LED) ampullere geçiş olarak gruplandırılırken; davranışsal enerji tasarrufu önlemleri ise geceleri ısıyı azaltma, ısıtma çalışırken pencereleri kapatma ve boş odadaki ışıkları kapatma olarak gruplandırılmıştır. Nie ve arkadaşları enerji tasarrufu önlemlerinin yaygınlığını, bu tür önlemlerin kabul edilip edilmeme nedenlerini de sorgulayan bir anket kullanarak araştırmıştır. Anket çevrimiçi olarak Çin'den 685, Avrupa'dan 1248 katılımcıya uygulanmıştır. Anket uygulanan hanehalkının hem teknik hem de davranışsal enerji tasarrufu önlemlerini ve bunların etkileyen değişkenleri benimseme olasılıkları Average Marginal Effect (AME) denilen bir regresyon modeli ile incelenmiştir. Sonuçlar, Çin'deki insanların teknik enerji tasarrufu önlemlerini benimseme olasılıklarının Avrupa'daki insanlara göre önemli ölçüde daha yüksek, ancak davranışsal enerji tasarrufu önlemlerini benimseme olasılıklarının daha düşük olduğunu göstermiştir. Çin'de doğrudan bina özellikleri (duvar-zemin yalıtımı, pencerelerin düşük emisyonlu camlarla değiştirilmesi gibi) enerji

tasarrufu yöntemlerine verilen devlet desteği politikası, hanehalkını davranışsal enerji tasarrufu önlemlerinden (merkezi ısıtma sistemleri kullanılması nedeniyle geceleri ısıtmayı kısmak ve/veya ısıtma açıkken pencereleri kapatmak gibi davranışsal tasarruf önlemlerine gerek duymamak) çok, teknik enerji tasarrufu önlemleri almaya teşvik etmiştir. Çin'in aksine Avrupa'da genellikle gerçek ısı tüketimlerine göre ödeme yapılması, hanehalkının davranışsal enerji tasarrufu önlemlerini benimseme olasılığını yükseltmektedir. Sonuçlar, Çin ve Avrupa'daki konut sektörlerinin karbon nötr hedeflere doğru farklı şekillerde çalıştığını göstermiştir [29].

2.2. Modelleme Yaklaşımlarının Kullanıldığı Çalışmalar

Konut elektrik tüketimine davranışların etkisinin bulanık modeller, simülasyon programları ve yapay zeka teknikleri ile modellenmesi son 20 yılda hız kazanmıştır. 2000'li yılların sonunda, konutlarda enerji tüketiminin modellenmesinde kullanılan yaklaşımlar netlik kazanmaktadır.

2.2.1. Bulanık Model Kullanılan Çalışmalar

Davranışsal faktörlerin bir kısmının ele alınmasıyla enerji tüketimini formüle etmeye çalışan ve bunda bulanık mantığı (fuzzy logic) kullanan çalışmalar yapılmıştır. Örneğin Mamlook ve arkadaşları [30] ve Ranaweera ve arkadaşları [31], tüketicilerin geçmiş elektrik tüketiminden (bir davranış faktörü olarak) kısa vadeli elektrik yükünü tahmin etmek için bulanık modeller geliştirmişlerdir. Ayrıca Zhai ve Williams [32], tüketicilerin algılarını (algılanan maliyet, algılanan bakım gereksinimi ve çevresel endişe gibi), yenilenebilir enerji sistemlerini kabullenme ve benimsemeleriyle ilişkilendirmek için bulanık mantık kullanmışlardır. Ancak bu tür çalışmaların sayısı hala çok kısıtlıdır [33].

Konut enerji tüketiminde bulanık mantık yaklaşımına odaklanan çalışmalarda ise, davranış faktörleri dahil olanlar hem oldukça azdır hem de sınırlı davranış parametrelerini hesaba katmışlardır. Örneğin; Michalik ve arkadaşları [34] çalışmalarında, hanehalkının ev aletlerini kullanma konusundaki tercihlerindeki belirsizlikleri hesaba katmak için bulanık mantık yaklaşımı ile modelleme çalışması yapmışlardır. Başka bir çalışmada Zuniga ve arkadaşları [35], hanehalkının aydınlatma ve ev aletleri kullanımını; bireysel enerji davranışlarını, programlarını ve rutinlerini göz önünde bulundurarak modellemek için bulanık mantık kullanmışlardır. Bir başka çalışmada, Keshtkar ve Arzanpour [36],

Kuzey Amerika’da zamana bağı fiyatlandırma yapan akıllı şebeke sistemi için; hanehalkının tercihlerini tespit etmek ve buna uyum sağlamak amacıyla Uyarlamalı Bulanık Mantık Modeli [36] geliştirmişlerdir [33]. Ancak bulanık mantık çalışmaları da konut elektrik tüketimine davranış ve alışkanlıkların etkisini modellemede zayıf kalmıştır.

2.2.2. Simülasyon Programları Kullanılan Çalışmalar

Davranışların enerji tüketimine etkisinin simülasyonu ile ilgili yapılan çalışmalara 2000’lerin başlarına rastlamaktadır. Simülasyon programları ve modeller yavaş yavaş türetilmeye devam ederken, 2003 yılında Kuveyt’te yapılan bir çalışmada, Energy Simulation Software for Aiding Building Design (ENERWIN) [37] adlı Windows tabanlı bina enerji performansını değerlendiren saatlik enerji simülasyon programı kullanılarak konutlarda elektrik tüketimine davranışların etkisinin hesaplanması amaçlanmaktadır. Al-Mumin ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, 30 adet konut seçilmiş, hanehalkı profili, evde bulunma durumu ve elektrikli ev aletlerinin çalıştırılmasıyla ilgili anket uygulanmıştır. Sonuçlar, binaların termal özellik verilerinin programa girilmesiyle elde edilen tüketim tahminine göre; anket verilerinin değerlendirilmesi ile yani davranışsal faktörlerin elektrik tüketimine ilave edilmesi ile yıllık elektrik tüketiminde %21 artış olduğunu göstermektedir. Ayrıca Kuveyt hanehalkının, odalar boş olsa dahi tüm ışıkları açık bırakma eğiliminde olduğu, tasarrufa önem vermediği ve klimaları 22°C olarak ayarlayıp bıraktıkları tespit edilmiştir. Simülasyona göre, eğer ışıklar hanehalkı odada bulunduğu sürece açılır ve klima 22°C yerine 24°C’ye ayarlanırsa yıllık elektrik tüketimi %39 azalmaktadır [10].

2015 yılında Letonya’da Laicane ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, elektrik tüketimini azaltmak için hanehalkı elektrik kullanımıyla ilgili güncel bilgiler kullanılarak günlük kullanıcı davranış profili çizilmiştir. Çalışmada, dört kişilik bir ailenin elektrik tüketimi; akıllı ölçüm verileri ile aile üyelerinin kişisel, sosyo-ekonomik verileri, cihaz sayısı, kullanım süresi ve günlük kullanım alışkanlıklarını içeren anket ile analiz edilmiştir. 2020’ye kadar hanehalkı enerji verimliliği performansı, teknolojik ilerlemeye dayalı elektrikli ev aleti enerji verimliliği artışına dayalı olarak simüle edilmiş ve elektrik tüketiminde %13’lük azalma olabileceği belirtilmiştir. Bununla birlikte sonuçlar, kullanıcı davranış değişikliklerinin hanehalkındaki enerji verimliliği iyileştirmeleriyle ilgili önlemlerin uygulanması için de önem taşıdığını ima etmektedir [38].

2006'da yayınlanan bir çalışma, oldukça uzun soluklu bir araştırmanın sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır. Emery ve Kippenhan, Seattle-Washington'da 15 yıl (1987-2002 yılları arası) boyunca kış sezonunda ısınma enerjisi tüketimi üzerinde hanehalkının etkisi ve binanın özellikleri hakkında araştırma yapmışlardır. Araştırma kapsamında özdeş dört ev inşa edilmiş, bu dört ev iki çifte ayrılmış; bir çift evde gelişmiş termal özellikli malzemelerle izolasyon sağlanmış; diğer çift ev yürürlükteki standartlara göre yapılmıştır. İki çift evlerden biri boş bırakılmış; diğerine ise üniversite öğrencilerinin aileleri yerleştirilmiştir. Bütün evlere sıcaklık sensörü, ısı akı ölçer, hava ve su debi ölçer, güç ölçer ve nemölçer yerleştirilmiştir. DOE-2, UWENSOL gibi simülasyon programlarıyla analiz yapılması sonucu; bütün evlerde ısınma enerjisi tüketiminin neredeyse sabit kaldığı görülmüştür. Çalışmanın sonucunda, enerji tasarrufunda en önemli rolün, davranışların etkisinden öte, bina standartlarının geliştirilmesinde olduğu ortaya atılmıştır [39].

2.2.3. Yapay Zeka Yaklaşımları Kullanılan Çalışmalar

Bina enerji tahminleri alanında yapay zeka yaklaşımlarına dayanan yapay sinir ağları (YSA) kullanımı, çoğu çalışmada kullanılan bir metottur [40]. 2011'de Li ve arkadaşları, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) organizasyonunda Great Building Energy Predictor Shootout I ve Zhejiang Üniversitesi kütüphane binası veri setlerini kullanarak YSA ile yapay zeka tekniklerinden Genetik Algoritma [Genetic Algorithms (GA)]- ANFIS hibrit metodunu (GA-ANFIS) bina enerji tahmininde karşılaştırmışlardır. Sonuçlar, hibrit GA-ANFIS modelinin tahmin doğruluğu açısından YSA'dan daha iyi bir performansa sahip olduğunu göstermektedir. Bu hibrit metot, bina enerji tahmininde alternatif bir yöntem olarak görülebilmektedir [40].

Konut elektrik tüketimi özelinde yapay zeka yaklaşımıyla elektrik tüketim tahminine dayalı bir çalışmaya 2020 yılında rastlanmaktadır. Liu ve arkadaşları [41], konut elektrik tüketiminin kısa vadeli tahminleri için Holt-Winters (HW) yöntemine ve Extreme Learning Machine (ELM) ağına dayalı hibrit bir model geliştirmiştir. Çalışmada veri seti olarak, Sceaux'da (Paris) bulunan bir konutun Aralık 2006 ile Kasım 2010 (47 ay) arasında dakikada bir toplanan elektrik tüketim verileri kullanılmıştır. Orijinal veriler, Hareketli Ortalama (Moving Average-MA) filtresi kullanılarak durağan bir doğrusal

bileşene ve dalgalı bir doğrusal olmayan bileşene ayrıştırılmıştır. HW yöntemi, doğrusal bileşeni tahmin etmek için doğrusal tahmin modelinin oluşturulmasından sorumludur. Doğrusal tahmin sonuçları, doğrusal olmayan bileşenler için girdi olarak; orijinal veriler ile birlikte doğrusal olmayan bir tahmin modelinde kullanılmıştır. Bu tahmin modelinin oluşturulmasından da ELM sorumludur. Önerilen hibrit HW-ELM modeli, farklı eğitim seti boyutlarında ve mevsimlerde 15 dakikalık elektrik tüketim değerlerini tahmin etmek için kullanılmıştır. 50 günlük bir eğitim seti boyutu için, ortalama karekök hata değerleri sırasıyla %87,98, %64,89 ve %53,39 oranında azaltılmıştır. Araştırmanın sonuçları, önerilen HW-ELM modelinin diğer yöntemlerle kurulan modellere kıyasla daha üstün performans sunduğunu göstermektedir [41].

2.3. Bölüm Sonucu

Bu bölümde, davranış ve alışkanlıkların konut elektrik tüketimine etkisini inceleyen çalışmalardan bahsedilmiştir. Yapılan çalışmalarda kullanılan istatistiksel metotlar, bulanık modeller, simülasyon programları, yapay zeka teknikleri ve hibrit yaklaşımlar içinde davranış ve alışkanlıkların etkisini daha yüksek doğrulukla tahmin eden bir yaklaşıma ihtiyaç olduğu görülmektedir. Konutlarda enerji tüketimine davranış ve alışkanlıkların etkisi üzerine dünyada yapılmış çalışmaların özeti Çizelge 2.1'deki gibidir.

Çizelge 2.1 Konut Enerji Tüketiminde Davranışların Etkisi ile İlgili Çalışmalar

Ülke / Bölge	Yıl	Çalışmayı Yapanlar	İncelenen Materyal Sayısı	Veri Toplama Yöntemi	Modelleme Metodu	Sonuç
ABD, New Jersey	1977/78	Seligman ve ark. [14]	28 Konut	Anket	Regresyon Analizi	Yazın elektrik tüketiminin %55'inden hanehalkı alışkanlık faktörü sorumludur.
Hollanda, Vlaardingen, Holy-North	1981	Verhallen ve Raaij [16]	145 Konut	Anket + Sayaç Okuma	Regresyon Analizi	Isıtma sistemi kullanımını en çok etkileyen parametre %26'lık bir payla hanehalkının davranışdır.
Amerika Birleşik Devletleri	1992	Dennis ve ark. [19]	ABD Konut Elektrik Tüketim Verileri	Saha Çalışması	İstatistiksel Analiz	Aydınlatma düğmelerinin yanına uyarıcı işaretler konulmasıyla konut elektrik tüketiminde %60'a kadar azalma sağlanmıştır.
Güney Japonya, Kagoshima City	1997	Iwashita ve Akasaka [20]	8 Konut	Anket + Saha Çalışması	Sulfur Hexafluoride Tracer Gaz Yöntemini Ölçen Cihaz ve Buna Bağlı Mikrobilgisayarın Analizi	Konutlarda toplam havalandırma oranının %87'sine hanehalkının davranışı neden olmaktadır.
Kuveyt	2003	Al-Mumin ve ark. [10]	30 Konut	Anket + Binanın Fiziksel Özellik Verileri	ENERWIN Termal Simülasyon Programı	Aydınlatma yalnızca hanehalkı odada bulunduğu sürece kullanılır ve klima 22°C yerine 24°C'ye ayarlanırsa yıllık elektrik tüketimi %39 azalmaktadır.
Seattle-Washington	2006	Emery ve Kippenhan [39]	4 Konut	Saha Çalışması	DOE-2 UWENSOL Simülasyon Programları	Enerji tasarrufunda en önemli rol, hanehalkı davranışlarının etkisinden öte, bina standartlarının geliştirilmesindedir.
Çin, Hangzhou	2009	Ouyang ve Hokao [11]	3 Tip Binada, 124 Hanehalkı	Anket + Elektrik Sayaç Bilgileri + Eğitim	SPSS 13.0 Yazılımı ile Korelasyon Analizi	Hanehalkının davranışlarının eğitim verilerek iyileştirilmesi ile evsel elektrik tüketiminde %10'dan fazla tasarruf sağlanabilmektedir.

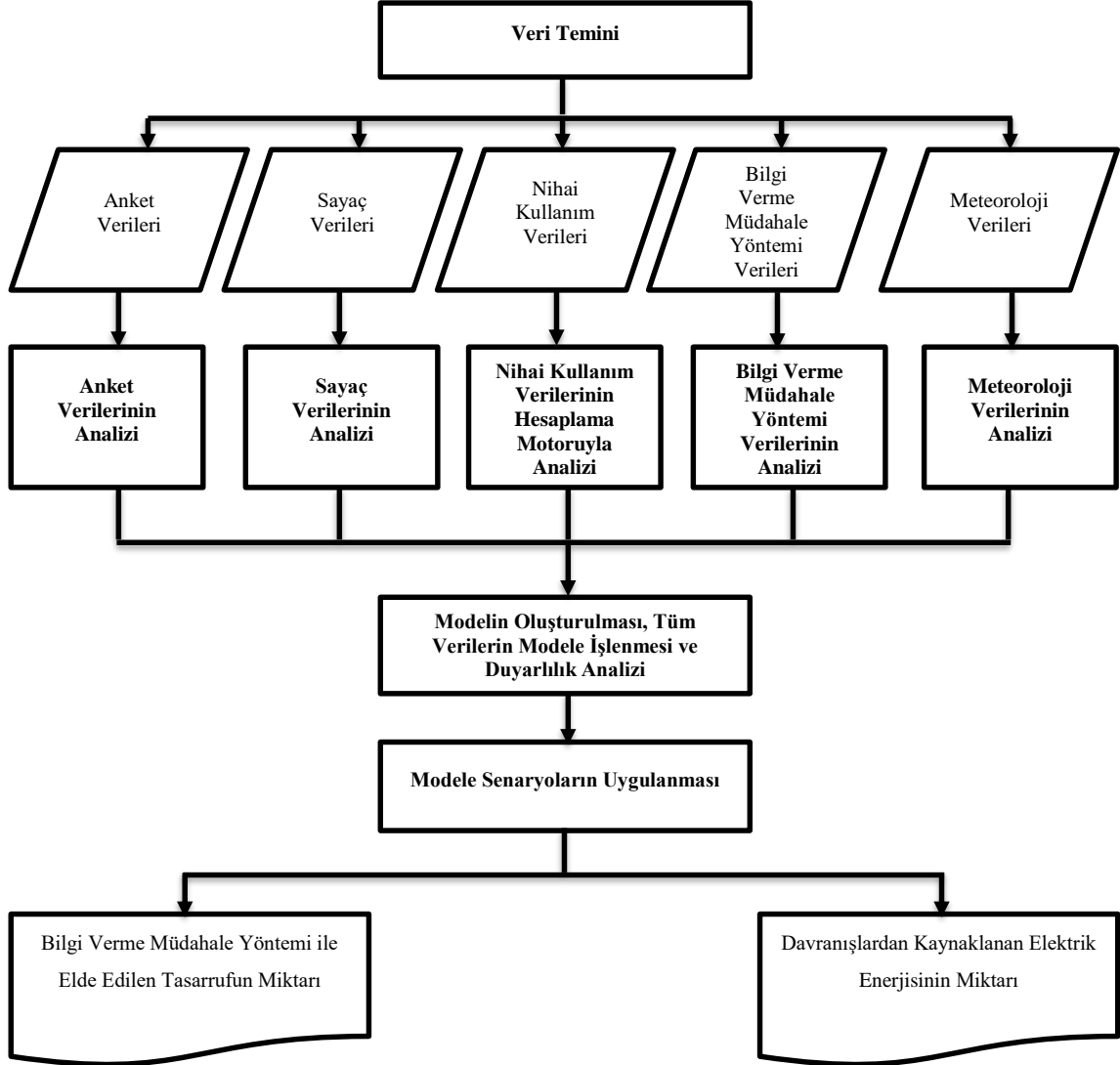
Ülke / Bölge	Yıl	Çalışmayı Yapanlar	İncelenen Materyal Sayısı	Veri Toplama Yöntemi	Modelleme Metodu	Sonuç
Çin	2011	Li ve ark. [40]	2 Konut	ASHRAE ve Zhejiang Üniversitesi Kütüphane Binası Veri Setleri	YSA ve GA-ANFIS Hibrit Metodu	Hibrit GA-ANFIS modeli, bina enerji tahmin doğruluğu açısından YSA'dan daha iyi bir performansa sahiptir.
Çin, Dalian	2011	Yan ve Lifang [21]	1376 Hanehalkı	Anket (Likert tipi)	One Way ANOVA + T Testi	Enerji bilinci, aile geliri ve para tasarrufu parametrelerinin konutlarda enerji tüketimine etkileri pozitifdir; bu parametrelerin enerji tüketimine etkisi de pozitif yöndedir. Daha yaşlı bireyi olan aileler ile genç aileler arasında, enerji kullanım davranışlarında anlamlı fark vardır. Çin'de yaş ilerlemesi ile, konutlarda enerji tasarrufu davranışları arasında güçlü bir ilişki bulunmaktadır.
İngiltere	2012	Yohanis [3]	240 Konut	Anket + Elektrik Sayacı ve Sıcaklık Ölçümleri	İstatistiksel Analiz	Hanehalkının %20-35'i enerji tasarrufu tedbiri için yatırım yapmaya meyillidir; ancak maliyet buna engel olmaktadır. Hanehalkının yaklaşık %84'ü kendi ev aletlerinin enerji derecelendirmesinden habersizdir.
Hong Kong	2014	Tso ve Guan [22]	10838 Konut	US 2009 RECS Data	Çok Değişkenli Regresyon	Çok değişkenli regresyon modeli kullanarak hanehalkı enerji tüketim parametrelerini açıklamada %53 varyans oranı bulunurken; doğrusal regresyon kullanıldığında bu oran % 40 olmaktadır.
Letonya	2015	Laicane ve ark. [38]	1 Konut	Anket+Akıllı Ölçüm Cihazları	Demand Side Management (DSM)	Kullanılan elektrikli ev aletlerinin enerji performansının iyileştirilmesine bağlı olarak

Ülke / Bölge	Yıl	Çalışmayı Yapanlar	İncelenen Materyal Sayısı	Veri Toplama Yöntemi	Modelleme Metodu	Sonuç
						elektrik tüketiminde %13'lük azalma sağlanabilmektedir.
Hollanda	2017	Bedir ve Kara [23]	323 Konut	Anket	Descriptive, Correlation and Exploratory Factor Analysis	Çalışmada tanımlanan 4 profil olan "aile", "teknoloji", "konfor" ve "bilinç düzeyi", elektrik tüketim seviyeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar göstermiştir.
Çin, Hangzhou	2020	Shen ve ark. [24]	240 Hanehalkı	Anket + Enerji Tasarrufu Müdahale Yöntemleri	Support Vector Regression (SVR)	Broşür ve yapışkanlı etiket yoluyla enerji tasarruf ipuçları müdahale yöntemi, çalışma periyodu boyunca kontrol grubuna kıyasla %5,55 ile en yüksek elektrik tasarrufu sağlayan müdahale yöntemi olarak tespit edilmiştir. Modelin MAPE değerleri, eğitim verileri ve test verileri için sırasıyla %8,48 ve %9,34 olarak hesaplanmıştır.
ABD	2020	Xu ve ark. [25]	12083 Hanehalkı	ABD Enerji Bakanlığı Anket Verileri	Veri Ön Hazırlığı ve İstatistiksel Analiz	Konut elektrik tüketiminin %10,70'i, "hanehalkının yaşı", "konut büyüklüğü", "gelir düzeyi", "eğitim düzeyi", "elektrikli cihazları kullanma durumu" ve "ikamet süresi" olmak üzere altı faktörle açıklanabilmektedir.
Fransa, Paris	2020	Liu ve ark. [41]	1 Konut	The UCI Machine Learning Repository'den İndirilen Data Seti	Holt-Winters (HW) yöntemi ve Extreme Learning Machine (ELM)	Önerilen HW-ELM modeli, diğer yöntemlerle kurulan modellere kıyasla daha üstün performans sunmuştur.
ABD ve bazı ülkeler	2021	Krarti ve Aldubyan [27]	Ülkelerin Toplam Konut Sektörü Elektrik Tüketimleri	Elektrik Şebeke Şirketleri	İstatistiksel Analiz	Konut sektörü için elektrik tüketiminin 2020 karantina döneminin tamamında %30'a kadar arttığı hesaplanmıştır.

Ülke / Bölge	Yıl	Çalışmayı Yapanlar	İncelenen Materyal Sayısı	Veri Toplama Yöntemi	Modelleme Metodu	Sonuç
Afrika, Burkina Faso	2023	Tete ve ark. [28]	387 Hanehalkı	Anket	İstatistiksel Analiz	Sosyo-ekonomik karakteristikler, bina özellikleri, elektrikli ev aletleri sahipliliği ve kullanımları, enerji davranışı gibi özellikler ile konut elektrik tüketimi arasındaki etkileşimler istatistiksel olarak ortaya konmuştur.
Avrupa ve Çin	2023	Nie ve ark. [29]	1248 Kişi (Avrupa) 685 Kişi (Çin)	Anket	Average Marginal Effect (AME)	Çin'deki insanların teknik enerji tasarrufu önlemlerini benimseme olasılıklarının Avrupa'daki insanlara göre önemli ölçüde daha yüksek, ancak davranışsal enerji tasarrufu önlemlerini benimseme olasılıklarının daha düşük olduğunu göstermiştir.

3. ÇALIŞMA YÖNTEMİ VE VERİ KAYNAKLARI

Bu bölümde tez çalışmasında kullanılan veriler ile bu verilerin temini ve analizi, modelin oluşturulması ve modele senaryoların uygulanması hakkında bilgi verilmiştir. Modelin oluşturulması ve modele senaryoların uygulanması 4. bölümde ayrıntılı olarak anlatılmaktadır. Çalışmaya ait iş akış şeması Şekil 3.1’de gösterilmektedir.



Şekil 3.1 İş Akış Şeması

3.1. Veri Temini

Bu bölümde anket (anketler için formların hangi bölümlerden oluştuğu, anket uygulanan konutların nasıl seçildiği ve anketin nasıl uygulandığı), sayaç, nihai kullanım (elektrik tüketimini belirlemek için yapılan nihai kullanım hesaplamaları), bilgi verme müdahale yöntemi (bilgi verme müdahale yöntemi uygulanan konutların nasıl seçildiği ve bu yöntemin nasıl uygulandığı) ve meteoroloji verileri ve bu verilerin temini anlatılmıştır.

3.1.1. Anket Verileri

Anketler, konutun fiziki özelliklerini, hanehalkının demografik öğelerini, konutta bulunan ana ve küçük elektrikli cihazların özellik ve kullanımlarını, aydınlatmayı, ısınmayı, hanehalkının elektrik kullanım ve tüketim davranışlarını detaylı şekilde saptamak için yapılmıştır. Bu kısımda anket formunun hazırlanması ve içeriği, anket uygulanan konutların seçimi ve anketlerin uygulanması, anket verilerinin analizi hakkında bilgi verilmiştir.

3.1.1.1. Anket Formunun Hazırlanması

Anket formunun (**EK 1**) kapağında anket uygulanan hanehalkına çalışma ile ilgili bilgi verilmiştir. Formda kapaktan sonra konutun fiziki özellikleri ile ilgili sorular yer almaktadır. Daha sonra hanehalkının demografik öğelerine yönelik soruların yer aldığı bölüm bulunmaktadır. Bu bölümü takiben sırasıyla; ısınma, konutta bulunan ana ve küçük elektrikli cihazlar ve bu cihazların kullanımları ve aydınlatma hakkında ayrıntılı sorular yer almaktadır. Anket formunun son bölümünde ise hanehalkının elektrik kullanım ve tüketim davranışlarına yönelik sorular yer almaktadır. Oluşturulan anket Hacettepe Üniversitesi (H.Ü) Etik Kurul Komisyonu'na sunulmuş ve H.Ü. Etik Kurul Komisyonu tarafından 24 Nisan 2017 tarihinde etik açıdan uygun bulunmuştur (**EK 2**).

3.1.1.2. Konutların Seçimi ve Anketlerin Uygulanması

Anket yapılan konutların seçimi, gönüllülük esasına dayanmaktadır. Konutların mahremiyetinden ve saha çalışması yapılırken karşılaşılabilecek güvenlik sorunlarından ötürü, temsili örneklem, belirli bir istatistiki örnekleme yöntemi ile oluşturulamamaktadır. Bu durum, temsili örneklem ile yapılan çalışmanın sonucunun anakütleli yansıtamamasına, genelleme yapılamamasına neden olmaktadır. Ancak yine

de basit tesadüfi örnekleme formülü olan Denklem 3.1 kullanılarak örneklem sayısı hesaplanmıştır.

$$n = \frac{\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2 N}\right)} \quad \text{Denklem 3.1}$$

Parametreler:

n = Örneklem sayısı

N = Kitle boyutu, 78257 (Yalova ili toplam konut sayısı)

z = Güven aralığındaki z puanı

z puanı=1,65 (%90 güven aralığında)

z puanı=1,96 (%95 güven aralığında)

z puanı=2,58 (%99 güven aralığında)

p = Yüzde değeri (maksimum örneklem sayısı için)= 0,5

e = Hata payı

3% hata payı= 0,03

5% hata payı= 0,05

10% hata payı= 0,1

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi 2018 sonuçlarına göre Yalova il nüfusu 262.234, Yalova'daki toplam konut sayısı ise 78.257'dir [42]. Bu çalışmada anakütleyi, ısıtma ve sıcak su sistemlerinin ana enerji kaynağı elektrik olmayan konutlar oluşturmaktadır. Ancak '*TÜİK tarafından, konutlarda enerji tüketimi istatistikleri kapsamında, konutlarda tüketilen toplam enerji miktarı, bu enerjinin hangi alanlarda tüketildiği ve kullanılan enerji türlerine ilişkin metodolojik çalışmalar yapılacaktır.*' [43] ifadesinden ötürü, hesaplama yaparken Yalova toplam konut sayısı veri olarak alınmıştır. Temsili örneklemin basit tesadüfi örnekleme yöntemine göre oluşturulduğu varsayıldığında sonuçlar Çizelge 3.1'deki gibi olmaktadır.

Çizelge 3.1 Basit Tesadüfi Örnelemeye Göre Örneklem Sayıları

%90 güven aralığı için örneklem sayısı (n)			
Kitle Boyutu (N)	%3 hata payı (e)	%5 hata payı (e)	%10 hata payı (e)
78.257	749	271	68
%95 güven aralığı için örneklem sayısı (n)			
Kitle Boyutu (N)	%3 hata payı (e)	%5 hata payı (e)	%10 hata payı (e)
78.257	1053	382	96
%99 güven aralığı için örneklem sayısı (n)			
Kitle Boyutu (N)	%3 hata payı (e)	%5 hata payı (e)	%10 hata payı (e)
78.257	1806	660	166

Isıtma ve sıcak su sistemlerinin ana enerji kaynağı elektrik olmayan konutların sayısı toplam konut sayısından daha küçük olacağından; yukarıdaki hesaplama sonuçlarının da daha küçük değerler olacağı düşünülerek (%95 güven aralığı ve %10 hata payı baz alındığında örneklem sayısının 96, %99 güven aralığı ve %10 hata payı baz alındığında ise örneklem sayısının 166 olması gibi) ve konutların gönüllülükleri, anket uygulanabilirliği gibi durumlardan ötürü Yalova ili sınırları içinde 100 adet konut seçilmiştir. Seçilen konutlara 2018 yılı Mayıs-Kasım ayları arasında gidilerek, yüz yüze anket uygulanmıştır. Anket ile elde edilen hanehalkına ait demografik özellik verileri, konutun fiziki özellikleri ile ilgili veriler, konutun ısıtma sistemi ile ilgili veriler, konutta bulunan ana ve küçük elektrikli cihazlar ve bu cihazların kullanımları ve aydınlatma hakkında veriler ve en son olarak da hanehalkının elektrik kullanım ve tüketim davranışlarına yönelik veriler bilgisayar ortamına aktarılmıştır.

3.1.2. Sayaç Verileri

Anket yapılan toplam 100 konuttan 72 tanesinin aylık bazda elektrik tüketim verileri UEDAŞ'tan temin edilmiştir. Kalan 28 konutun (lojman) aylık bazda elektrik tüketim verileri ABKMAE Muhasebe biriminden temin edilmiştir. 100 adet konutun 2018 ve 2019 yıllarına ait elektrik tüketim verileri ve bilgi verme müdahale yönteminden sonraki üç aylık veriyi de değerlendirmek adına; 2020 Ocak ve Şubat aylarının elektrik tüketim verileri olmak üzere toplam 26 aylık elektrik tüketim verisi temin edilmiştir. Bu veriler **EK 3**'te verilmiştir.

3.1.3. Nihai Kullanım Verileri

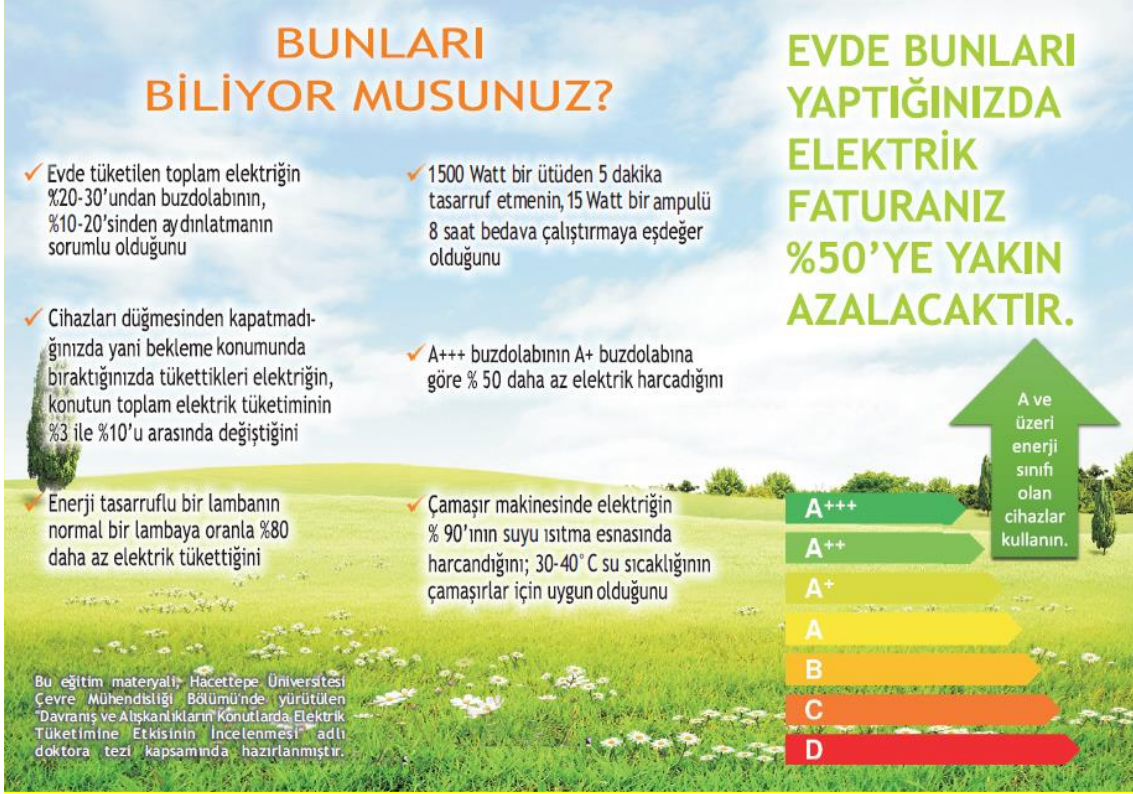
Anket yapılan konutların aktif cihaz ve aydınlatma tüketimlerini, konutların toplam yıllık elektrik tüketimlerini hesaplamak için Şahin [44] tarafından Microsoft Office Excel

yazılımı kullanılarak oluşturulan hesaplama motoru kullanılmıştır. Her konut için ayrı bir dosya olarak hazırlanan hesaplama motoru üç sekme olarak tasarlanmıştır. İlk sekme “Anket Bilgileri”, ikinci sekme “Veri Tabanı” ve üçüncü sekme ise “Hesaplamalar” olarak adlandırılmıştır. 2011 yılının elektrikli cihazlar yıllık elektrik tüketimleri ve ortalama güçlerinin bilgilerine göre oluşturulan “Veri Tabanı” sekmesi 2018 yılı bilgilerine göre güncellenmiştir.

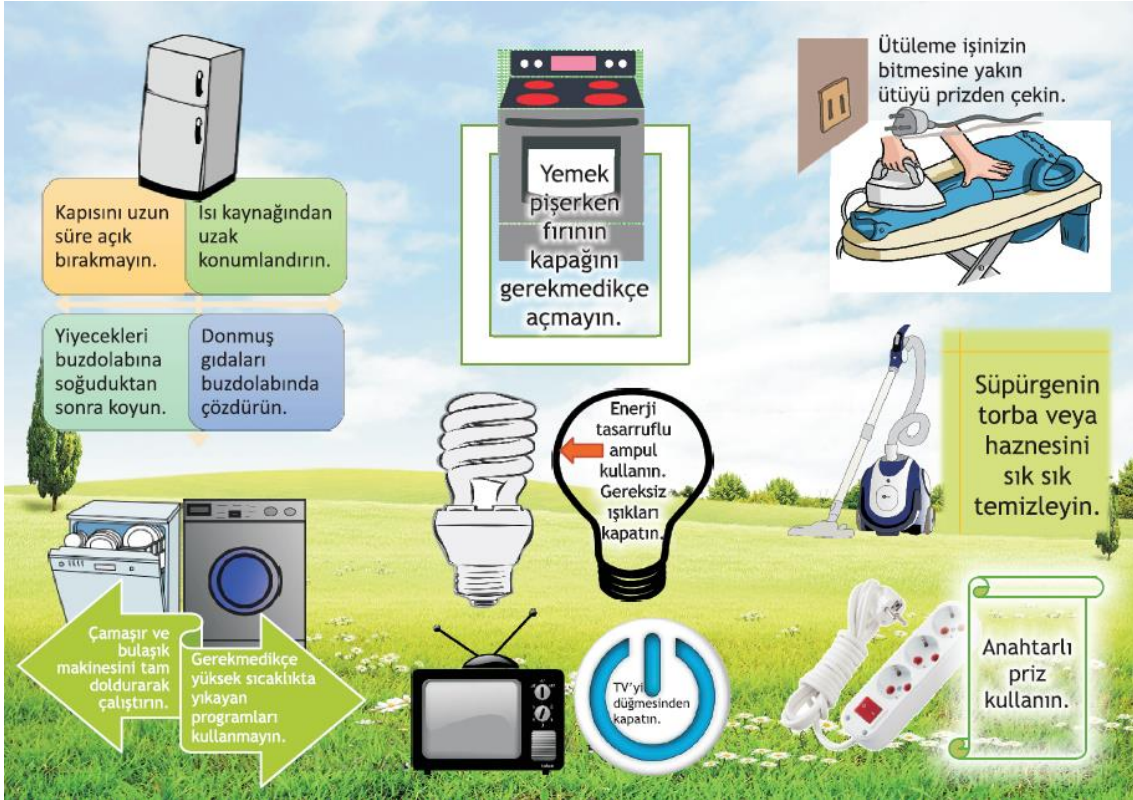
3.1.4. Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Verileri

Anket verileri sonucu hesaplanan nihai elektrik tüketimlerine göre; 100 konut içinden yıllık elektrik tüketimleri diğer evlere göre yüksek olan 50 adet konuta, aydınlatma ve ev aletleri kullanım profilleri üzerinden elektrik tasarrufuna yönelik bilgi verme stratejisi ile müdahale yöntemi uygulanmıştır. 2018 yılı elektrik tüketimlerine göre en yüksek elektrik tüketimine sahip 50 konut bilgi verme müdahale yöntemi uygulanmak üzere seçilmiştir.

Bilgi verme müdahale yöntemi uygulanan konutlar için Şekil 3.2 ve Şekil 3.3’te verilen katalog hazırlanmıştır. Şekil 3.2’de bilgi verme müdahale yöntemi kataloğunun ön yüzü, Şekil 3.3’te bilgi verme müdahale yöntemi kataloğunun arka yüzü gösterilmektedir. Bilgi verme müdahale yöntemi uygulanan 50 adet konutun her birine birer adet katalog verilmiştir. Yüz yüze görüşmelerle her konutun nihai ve genel elektrik tüketim verileri bilgisayardan ilgili hanehalkına aktarılarak; her konuta amaca yönelik özel bilgi verme müdahale yöntemi uygulanmıştır.



Şekil 3.2 Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Kataloğunun Ön Yüzü



Şekil 3.3 Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Kataloğunun Arka Yüzü

3.1.5. Meteoroloji Verileri

Yalova İl Meteoroloji Müdürlüğü'nden 01.01.2018-01.03.2020 tarihleri arası için Yalova Merkez saatlik kuru termometre sıcaklığı verileri temin edilmiştir. Temin edilen veriler Avrupa Topluluğu İstatistik Ofisi'nin (Eurostat) Soğutma Gün Dereceleri [Cooling Degree Days (CDD)] ve Isıtma Gün Dereceleri [Heating Degree Days (HDD)] hesabı için önerdiği metoda göre [45] analiz edilmiştir. Bu metot Denklem 3.2 ve Denklem 3.3'te gösterilmiştir:

$$\text{HDD} = (18 \text{ }^\circ\text{C} - T_m) \times d, \text{ eğer } T_m \geq 15 \text{ }^\circ\text{C} \quad \text{Denklem 3.2}$$

$$\text{CDD} = (T_m - 22) \times d, \text{ eğer } T_m \leq 22 \text{ }^\circ\text{C} \quad \text{Denklem 3.3}$$

Burada,

T_m = Günlük ortalama sıcaklık,

d = Gün sayısıdır.

3.2. Anket Verilerinin Analizi

Anket uygulanan 100 adet konuttan elde edilen cihaz ve aydınlatma özellik ve kullanım süreleri verileri ile konut ve hanehalkı özellikleri ve hanehalklarının elektrik tüketim davranışları ile ilgili veriler istatistiki olarak analiz edilmek ve modellemede kullanılmak üzere Microsoft Office Excel ve IBM SPSS Statistics 22 programlarına işlenmiştir. Anketlerin sonuçlarının analizleri bölüm 5.1'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

3.3. Sayaç Verilerinin Analizi

100 adet konuttan temin edilen, 2018 ve 2019 yıllarının tüm ayları ile 2020 Ocak ve Şubat ayları olmak üzere toplam 26 aylık elektrik tüketim verisi Microsoft Office Excel yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sonuçları bölüm 5.2'de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

3.4. Nihai Kullanım Verilerinin Analizi

Anket yapılan konutların aktif cihaz ve aydınlatma tüketimleri, bölüm 3.1.3’te değinilen hesaplama motoru kullanılarak hesaplanmıştır.

Hesaplama motorunun ilk sekmesi olan “Anket Bilgileri” bölümünde, yazılı olan anket bilgileri sayısal olarak, her konutun dosyasına aktarılmıştır. Yazılı olan veriler sayısal ortama aktarılırken girdiler kırmızı renk ile gösterilmiştir. Bu sekmenin görüntüsü Şekil 3.4’te verilmiştir.

1) İLETİŞİM BİLGİLERİ						
3	İsim:	XXX				
5	Eposta:	xxx@xxx.com				
7	Adres:	XXX				
9	Telefon:	XXX				
11	Ziyaret Tarihi:	XXX				
13	Referans Numarası:	XXX				
2) KONUT İLE İLGİLİ BİLGİLER						
17	1) Müstakil ev			Apartman Dairesi		
18	2) Ev Sahibi	Kiracı		Ev Sahibi	Kiracı	
19				X		
21	3) Konutta Bulunamama, Hafta					
22	Ocak	0				
23	Şubat	0				
24	Mart	0				
25	Nisan	0				
26	Mayıs	0				
27	Haziran	0				
28	Temmuz	0				
29	Ağustos	0				
30	Eylül	0				
31	Ekim	0				
32	Kasım	0				
33	Aralık	0				
35	4) Konutta bulunan oda sayısı nedir?					
36		3	oda	salon	1	banyo
38	5) Konutun net kullanım alanı nedir?					
39		125	m ²			
3) HANEHALKI İLE İLGİLİ BİLGİLER						

Şekil 3.4 Anket Bilgileri Sekmesinin Görüntüsü

Hesaplama motorunun ikinci sekmesi olan ve 2011 yılının elektrikli cihazlarının yaş, tip, hacim, çalışma sıcaklık derecesi, ekran büyüklüğü, yıllık elektrik tüketimleri ve ortalama güçlerine göre oluşturulan “Veri Tabanı” sekmesi 2018 yılı bilgilerine göre güncellenmiştir. Bu katalog bilgileri, elektrikli cihazların ortalama güç değerleridir. Bu bilgiler, cihazların üzerinde güç değerleri bulunmadığı durumlarda hesaplamalarda kullanılmak üzere oluşturulmuştur. “Veri Tabanı” sekmesinde “Anket Bilgileri” sekmesinde girilen cihaz bilgilerine göre cihazın güç değeri otomatik olarak seçilerek hesaplama motorunun üçüncü sekmesi olan “Hesaplamalar” kısmında tüketim verisini hesaplamak üzere hazır hale gelmektedir. Bu sekmenin görüntüsü Şekil 3.5’te verilmiştir.

Aspiratörler			Bulaşık Makinesi		Buzdolapları					Derin Dondurucu							
Lamba Sayısı	Aspiratörler(Güç,W)		Yaş	Tüketim, kWh	Hacim (L)	Kategori	20	15	10	5	0	Cins/Hacim(L)	0-200	201-300	301-400	401-	
1	2	275	<15	1	<283	Çok Küçük	612	575	563	544	581	Dik	222	362	544	54	
2	3	295	>15	1,77	284-396	Küçük	623	612	584	573	596	Yatık	223	281	348	37	
3	4	315			397-509	Orta	704	704	687	680	653						
				Yaş	<15	510-594	Büyük	777	779	734	711	Tipi					
				Sonuç	1	>594	Çok Büyük	804	725	781	728	Hacmi					
												Sonuç					
												0	FALSE	0	0	0	0
												0	FALSE	0	0	0	0
												0	FALSE	0	0	0	0
												0	FALSE	0	0	0	0
												0	FALSE	0	0	0	0

Şekil 3.5 *Veri Tabanı* Sekmesinin Görüntüsü

Hesaplama motorunun üçüncü sekmesi olan “*Hesaplamalar*” kısmında anket yapılan konutların aktif cihaz elektrik tüketimi ve aydınlatmadan kaynaklı elektrik tüketimi [kiloWatt saat/yıl (kWh/yıl)] hesaplanmıştır. Aktif cihaz tüketimi, “*Anket Bilgileri*” sekmesinde yer alan her cihaz için cihazın gücü bir girdi olarak verilmiş ise bu sekmeden, eğer verilmemiş ise “*Veri Tabanı*” sekmesinden alınan güç değerleri [Watt (W)] ile “*Anket Bilgileri*” sekmesinden alınan cihazın kullanım bilgileri (saat/yıl) kullanılarak Denklem 3.4 ile hesaplanmıştır.

$$E = P * t \quad \text{Denklem 3.4}$$

E = Elektrik tüketimi (kWh/yıl)

P = Elektrikli cihazın gücü (kW)

t = Elektrikli cihazın kullanım süresi (h/yıl)

Aydınlatma elektrik tüketimi, “*Anket Bilgileri*” sekmesinde yer alan her lambanın yine güç ve kullanım bilgileri ile hesaplanmıştır. Bu sekmenin görüntüsü Şekil 3.6’da verilmiştir.

Çizelge 3.2 Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Uygulanan ve Uygulanmayan Konutların Parametreleri Arası ANOVA Testi

Parametre	Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Uygulanan 50 Konut Ortalama	Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Uygulanmayan 50 Konut Ortalama	p değeri
Alan (m ²)	114,22	109,32	0,589
Birey Sayısı	3,38	2,68	0,003
Yaş	34,53	33,03	0,497
Eğitim Düzeyi (1-6 arası kategorik ölçek)	2,95	3,43	0,012
Çalışılan Sektör Durumu (1-2 kategorik ölçek)	1,34	1,40	0,539
Gelir Düzeyi (1-5 arası sıralama ölçek)	2,84	2,46	0,072
Konut Tipi (1-2 kategorik ölçek)	1,54	1,76	0,021
Konut Sahiplik Durumu (1-2 kategorik ölçek)	1,58	1,50	0,427
Konutun Oda Salon Banyo Sayısı (1-6 arası kategorik ölçek)	3,06	2,62	0,067
Işık Kapama Davranışı (0-1 sınıflama ölçeği)	0,50	0,62	0,231
Tasarruflu Ampul Kullanma Davranışı (0-1 sınıflama ölçeği)	0,96	0,98	0,562
Enerji Sınıfına Dikkat Etme (0-1-2 sınıflama ölçeği)	1,32	1,32	1
Evden Ayrılırken Prizleri Kapama Davranışı (0-1-2 sınıflama ölçeği)	0,98	0,90	0,654
Anahtarlı Priz Kullanım Davranışı (0-1 sınıflama ölçeği)	0,50	0,50	1
Tasarruf Davranışlarını Değiştirmeye Yönelim (1-2 kategorik ölçek)	1,40	1,48	0,425

Çizelge 3.2’de görüldüğü gibi bilgi verme müdahale yöntemi uygulanan 50 adet konut ile diğer 50 konutun birey sayısı, eğitim düzeyi ve konut tipi parametreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuş; diğer parametreler arasında ise istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. Buna göre; bilgi verme müdahale yöntemi uygulanan konutların birey sayısı, bilgi verme müdahale yöntemi uygulanmayan konutlara göre daha fazladır. Bu durum, konut birey sayısı arttıkça konut elektrik tüketiminin arttığını kanıtlar niteliktedir. Bir diğer parametre olan eğitim düzeyi ise bilgi verme müdahale yöntemi uygulanan konutlarda, bilgi verme müdahale yöntemi uygulanmayan konutlara göre daha düşük çıkmıştır. Bu durum, konutun eğitim düzeyi arttıkça konut elektrik tüketiminin

azaldığını kanıtlar niteliktedir. İstatistiksel olarak anlamlı fark olan bir diğer parametre ise konutun tipi olarak görülmektedir. Buna göre; bilgi verme müdahale yöntemi uygulanan konutların daha çok kiracı, bilgi verme müdahale yöntemi uygulanmayan konutların ise daha çok ev sahibi olduğu ortaya çıkmıştır.

Bilgi verme müdahale yöntemi ile ilgili verilerin analizi bölüm 5.4'te ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

3.6. Meteoroloji Verilerinin Analizi

Bölüm 3.1.5'te anlatılan metoda göre yapılan hesaplamalar günlük bazda yapılmakta, aylık ve yıllık gün dereceleri bunların toplanması ile bulunmaktadır. Temin edilen saatlik kuru termometre sıcaklığı verileri Microsoft Office Excel programına işlenmiş, hesaplama metodu kullanılarak günlük HDD ve CDD değerleri bulunmuş, çalışma için gereken aylık değerler ise bulunan günlük değerlerin toplanması ile hesaplanmıştır. Bu veriler **EK** 'te verilmiştir.

Hava durumunun elektrik tüketimlerine etkisinin olup olmadığı konusu; ısıtma ve soğutma gün dereceleri üzerinden kurulan tahmin modelleri ile hesaplanmıştır. İncelenen 100 konutun her biri için, ısıtma gün dereceleri (HDD) ile aylık elektrik tüketimleri arasında kurulan doğrusal regresyon modelleri ile temel dinamikleri açıklamaya yönelik regresyon denklemleri oluşturulmuş; regresyon katsayısı R^2 değerleri hesaplanmıştır. Konutların elektrik tüketimleri ile HDD arasındaki ilişki, 6, 8, 10, 12 ve 14 ayın HDD değerleri deneyerek bulunmuştur. En uyumlu regresyon denklemi ve R^2 değeri, 8 HDD modeli ile elde edilmiştir. Ancak aşağıdaki rastgele seçilen beş örnek ev için hazırlanan Çizelge 3.3'te görüldüğü gibi; bu R^2 değerleri bile oldukça düşüktür, yani hava sıcaklığının elektrik tüketimlerine önemli bir etkisi bulunmamaktadır. Bu durum ve çalışmada kullanılan elektrik tüketim verilerinin ısıtma için kullanılan elektrik verilerini içermemesi, elektrik tüketimlerinin sıcaklık etkisine göre normalize edilmesine ihtiyaç olmadığını göstermektedir.

Çizelge 3.3 Örnek Beş Evin Elektrik Tüketimleri ile HDD Arasındaki İlişki R² Değerleri

Konut	R ²
D-23	0.018027853
D-39	0.019944601
D-46	0.087885271
D-60	0.032471884
D-90	0.018332063

3.7. Modelin Oluşturulması, Tüm Verilerin Modele İşlenmesi ve Duyarlılık Analizi

Bu çalışmanın metodolojisi, Lopes ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmanın 3. kategorisi altına yerleştirilmektedir. Konut enerji davranışı modelleme çalışmaları hakkında kapsamlı bir çalışma yapan Lopes ve arkadaşları [46], bu çalışmaları üç ana kategoriye ayırmıştır:

- 1) Enerji kullanımını öngörmek için çoğunlukla mühendislik ve istatistiksel yöntemlere dayanan nicel çalışmalar;
- 2) Enerji tüketimini açıklamak için sosyo-psikolojik çerçevelere ve teorilere odaklanan niteliksel çalışmalar;
- 3) 1. ve 2. kategorilerdeki öğeleri birleştiren hibrit çalışmalar [33].

Bu bağlamda çalışma dahilinde incelenen 100 adet konutun elektrik tüketim modeli hibrit bir model olan ANFIS yazılım programı kullanılarak yapılmıştır. ANFIS modeli oluşturulurken 100 adet konutun 23 davranış parametresi ve 24. parametre olan gerçek elektrik tüketim verisi kullanılarak 100*24 matristen oluşan veri seti modele işlenmiştir. Bu veri setinin %75'i modelin eğitimi için, kalan %25'lik veri ise test verisi olarak işlenmiştir. Matrix Laboratory (MATLAB) kodları kullanılarak tüm verilerle model oluşturulmuştur.

3.7.1. Modelin Duyarlılık Analizi

Duyarlılık analizi, bir problemin değişkenlerdeki veya girdi değerlerindeki değişiminin etkilerinin incelenmesidir. Bu çalışmada, aydınlatma elektrik tüketimi değişkenindeki değişim karşısında yıllık elektrik tüketiminin değişimi incelenmiştir. Modelin oluşturulması ve duyarlılık analizi tezin 4. bölümünde detaylı olarak anlatılmıştır.

3.8. Modele Senaryoların Uygulanması

ANFIS modeline davranış değişiklerinin incelenmesine yönelik olarak senaryolar uygulanmıştır. Alışkanlık olma durumu olmama durumuna ve alışkanlık olmama durumu olma durumuna değiştirilerek oluşturulan senaryoların sonuçları analiz edilmiştir. Bu senaryolara iki örnek olarak; ışık kapama alışkanlığı ve anahtarlı priz kullanım alışkanlığı değişkenlerindeki değişim verilmiştir. Davranış parametrelerinden olan ışık kapama alışkanlığı ve anahtarlı priz kullanım alışkanlığı değişkenlerindeki değişim karşısında yıllık elektrik tüketiminin değişimi incelenmiştir. Rastgele seçilen 4 adet konut her iki alışkanlık için de alışkanlık olma durumu olmama durumuna ve alışkanlık olmama durumu olma durumuna değiştirilerek modelin tahmin etmesi için işlenmiştir. Modele uygulanan senaryolar ayrıntılı olarak 4. bölümde anlatılmıştır. Model sonuçlarının analizi 5. bölümde ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

3.9. Bölüm Sonucu

Bu bölümde tez çalışmasının veri temini, verilerin analizi, modelin oluşturulması ve modele senaryoların uygulanması ile çalışmada kullanılan veriler hakkında bilgi verilmiştir. Veri temini ve analizi bölümlerinde anket (anketler için formların hangi bölümlerden oluştuğu, anket uygulanan konutların nasıl seçildiği ve anketin nasıl uygulandığı, anketlerin analizi), sayaç, nihai kullanım (elektrik tüketimini belirlemek için yapılan nihai kullanım hesaplamaları), bilgi verme müdahale yöntemi (bilgi verme müdahale yöntemi uygulanan konutların nasıl seçildiği ve bilgi verme müdahale yönteminin nasıl uygulandığı) ve meteoroloji verileri ve analizi anlatılmıştır. Daha sonra ise ise modelin oluşturulması ve modele senaryoların uygulanması anlatılmıştır.

4. MODELİN OLUŞTURULMASI VE MODELE SENARYOLARIN UYGULANMASI

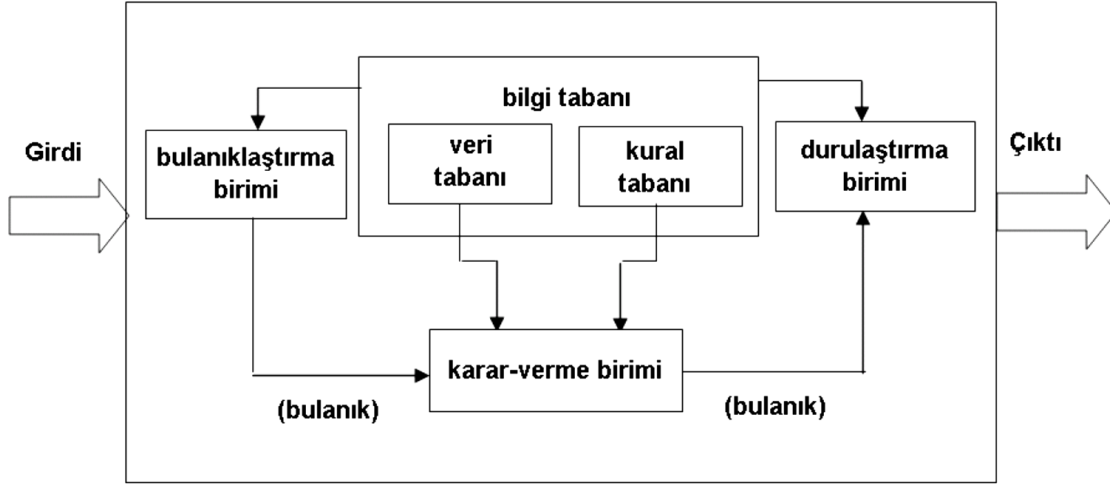
Bu bölümde modelin yapısı ile ilgili genel bilgi verilmiş; konu ile ilgili dünyada yapılan çalışmalar ve modelin seçilme nedeni anlatılmıştır. Modelin nasıl oluşturulduğu ve duyarlılık analizi ile modele senaryoların nasıl uygulandığı detaylı olarak anlatılmıştır.

4.1. Modelin Yapısı

Uyarlamalı Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System veya Adaptive Network-Based Fuzzy Inference System), kısaca ANFIS, Jang tarafından 1993 yılında geliştirilmiş ve doğrusal olmayan fonksiyonların modellenmesinde kullanılmıştır [47]. ANFIS, bulanık mantık sisteminin yapay sinir ağlarına uyarlanmış halidir. Bu hibrit öğrenme algoritması ile ANFIS, bulanık mantığın eğer-ise kuralları ile insan bilgisini yansıtan girdi çıktı yapısını birlikte kullanmaktadır. ANFIS'in yapısını daha iyi anlayabilmek için, bu bölümde önce bulanık mantık; sonra adaptif ağlar ve daha sonra da bulanık mantık ile adaptif ağların hibrit kullanımı anlatılmaktadır. Yapılan araştırmalar sonucu, daha önce davranış ve alışkanlıkların konut elektrik tüketimine etkisi konusunda geniş kapsamlı bir çalışmada ANFIS metodunun kullanıldığına rastlanmamıştır. Bunun dışında ANFIS metodu, birçok farklı alanda kullanılmıştır; bu konudaki ilgili literatürde yer alan bazı çalışmalara bu bölümde değinilmektedir. ANFIS'in yapısı ve bu metodun seçilme nedeni de yine bu bölümde anlatılmaktadır.

4.1.1. Bulanık Mantık

Bulanık mantık, ikili Aristo mantığında olduğu gibi cevabın 0 veya 1 olmadığı; 0 ile 1 arasında olduğu, eğer-ise kurallarını temel alan, belirsiz durumlarda insanın muhakeme yeteneğini yansıtabilme yeteneği bulunan bir sistemdir. Zadeh [48] tarafından 1965 yılında ortaya atılan bulanık mantık kavramı; sayısal olarak ifade edilmesi zor olan karmaşık ve tanımlanması zor olan sistemlerde çözüm olmaktadır. Bulanık çıkarım sistemi (Fuzzy Inference System-FIS), Şekil 4.1'deki gibi beş fonksiyonel bloktan oluşmaktadır [47].



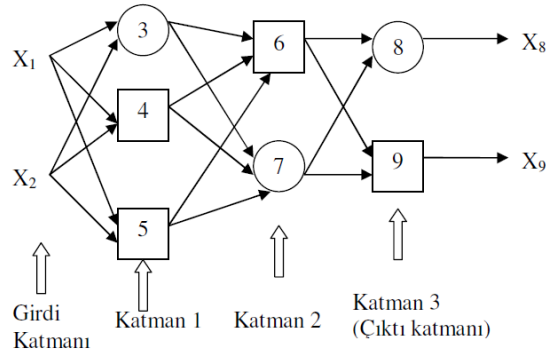
Şekil 4.1 Bulanık Mantık Sistemi [47]

Girdi kısmı (input), problemi teşkil eden veri setidir. Bulanıklaştırma birimi (fuzzification interface) ile bu veri seti, bulanık giriş kümelerine (clustering) dönüştürülmektedir. Veri tabanı (knowledge base) birimi, bulanık kurallarda kullanılan bulanık kümelerin üyelik fonksiyonlarını (membership function) tanımlar. Kural tabanı (rule base) birimi ise eğer-ise türünde yazılabilen kuralları içerir. Bu kuralların yazılmasında girdi verileri ile çıktı verisi arasında olabilecek tüm bulanık küme bağlantıları hesaplanır. Böylece her kural, girdi uzayının bir parçasını çıktı uzayına mantıksal olarak bağlar. Sonuç olarak bu bağlamların tümü kural tabanını oluşturur. Bir diğer önemli birim olan karar verme birimi (Decision making unit-DMU), bulanık kural tabanında bulanık kümeler arasında kurulmuş olan ilişkilerin hepsini bir araya toplayarak sistemin bir çıkışlı davranmasını temin eden işlemler topluluğunu içerir. Sonrasında durulaştırma birimi (defuzzification interface) ile bulanık değerler kesin değerlere dönüştürülür. Çıktı birimi (output) ise bilgi ve bulanık kural tabanlarının bulanık çıkarım motoru vasıtası ile etkileşimi sonunda elde edilen çıktı değerleridir.

4.1.2. Adaptif Ağlar

Adaptif ağ, işlenen girdi ve çıktı verilerini ortaya koymaya yarayan, çok sayıda birbirine bağlanmış işlem birimlerini içeren bir ağ yapısıdır. Öğrenme kuralı, önceden belirlenmiş bir hata payını en aza indirmeye adına girdi veri parametrelerinin nasıl şekillendirilmesi gerektiğini belirler. Hata payı, beklenen çıktı ile ağın mevcut çıktısı arasındaki farkın

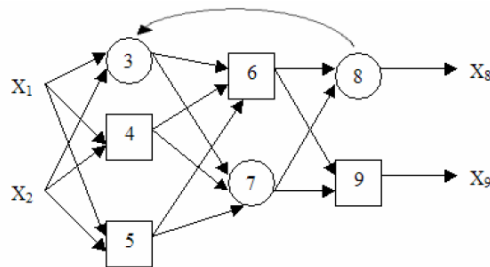
matematiksel bir gösterimdir. Şekil 4.2’de iki girdi ve iki çıktıya sahip klasik bir adaptif ağ yapısı yer almaktadır.



Şekil 4.2 Klasik İleri Beslemeli Adaptif Ağ Yapısı [47]

Her işlem biriminin çıktısı, ilişkili girdi verilerine bağlıdır. İşlem birimleri ile ilişkili verilerin değiştirilmesi ile adaptif ağın davranış şekli de değişir. Şekil 4.2’de görüldüğü üzere, bir işlem biriminin parametre seti var ise bu işlem birimi kare şeklinde gösterilir ve adaptif nod (adaptive node) olarak adlandırılır. Eğer parametre kümesi boş ise ilgili işlem birimi daire şeklinde gösterilir ve sabit nod (fixed node) olarak adlandırılır.

Adaptif ağların bağlantı tipleri incelendiğinde ileri (feedforward) ve geri (recurrent) beslemeli olarak ikiye ayrılır. İleri beslemeli adaptif ağda her bir işlem biriminin sol tarafı girdi, sağ tarafı ise çıktı kısmını oluşturur. Eğer ağlarda bir geri bildirim bağlantısı varsa ve yuvarlak bir yol izlenmesine sebep oluyorsa geri beslemeli ağ olarak adlandırılır. Bir geri beslemeli adaptif ağ yapısı Şekil 4.3’te gösterilmektedir.

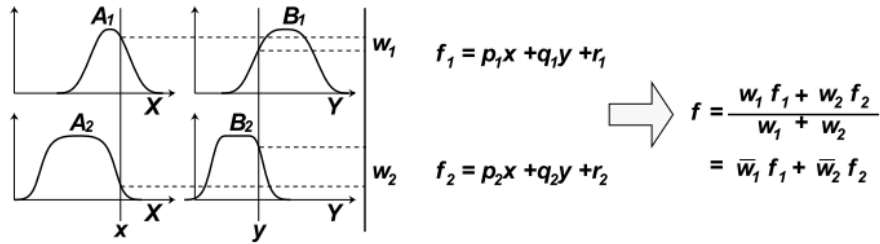


Şekil 4.3 Klasik Geri Beslemeli Adaptif Ağ Yapısı [47]

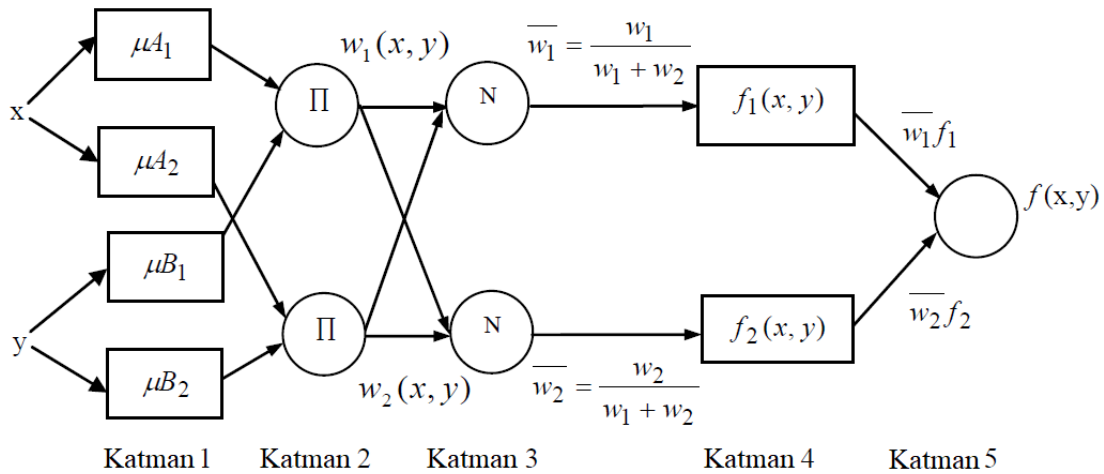
Ulaşılmak istenen girdi-çıkıktı veri ilişkisi için ilgili eğitim veri seti (training data set), gradyent azaltım yöntemi temelli öğrenme algoritması ile düzenlenmektedir. Adaptif ağ yapısı ayrıntılı olarak **EK 4**'te açıklanmaktadır.

4.1.3. Bulanık Çıkarım Sistemi ve Adaptif Ağların Hibrit Kullanımı

Adaptif ağlar ve bulanık çıkarım sistemi kavramlarının bir araya getirilmesi ile Adaptif Ağ Tabanlı Bulanık Mantık Çıkarım Sistemi (ANFIS) ortaya çıkmaktadır. ANFIS'in en önemli özelliklerinden birisi melez öğrenme algoritmasıdır. İşlem birimlerinin 4. katmana kadar ileri gidişlerinde soncul parametreler en küçük kareler yöntemi ile belirlenmekte, geriye doğru gidişte ise bu sefer öncül parametreler gradyent azaltım yöntemi ile belirlenmektedir [49]. Şekil 4.4'te iki kurallı ve iki girdili birinci derece Sugeno bulanık modeli ile Şekil 4.5'te buna karşılık gelen ANFIS yapısı yer almaktadır.



Şekil 4.4 Sugeno Bulanık Modeli [47]



Şekil 4.5 Sugeno Bulanık Modeline Karşılık Gelen ANFIS Yapısı [50]

Şekil 4.5'te iki giriş ve bir çıkış değişkenine sahip ANFIS sisteminin yapısı görülmektedir. Bu bağlamda ANFIS sisteminin kuralları aşağıdaki gibi yazılabilir:

Kural 1: EĞER $x=A_1$ ve $y=B_1$ İSE $f_1=p_1*x + q_1*y + r_1$

Kural 2: EĞER $x=A_2$ ve $y=B_2$ İSE $f_2=p_2*x + q_2*y + r_2$

Burada, x ve y ; bulanık olmayan giriş değerleri, p_1, q_1, r_1, p_2, q_2 ve r_2 ; çıkarım sisteminin çıkış fonksiyonunun parametreleri, ω_i ; katman 2'nin çıktısı, $\bar{\omega}_i$ ise katman 3'ün çıktısıdır. Her bir katmanın fonksiyonları çerçevesinde ANFIS yapısı aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır [47].

Katman 1 (Giriş İşlem Birimi): Bu katmandaki her bir işlem birimi kare olup; giriş değişkenlerinin üyelik fonksiyonlarını göstermekte ve her bir işlem birimi çıkışı (O_i^1) Denklem 4.1'deki gibi hesaplanmaktadır:

$$O_i^1 = \mu_{A_i}(x) \quad i = 1,2$$

$$O_i^1 = \mu_{B_i}(y) \quad i = 3,4$$

Denklem 4.1

$O_i^1 = i$. işlem biriminin 1. üyelik fonksiyonu

μ_{A_i} ve $\mu_{B_i} = A_i$ ve B_i adaptif nodlarının üyelik fonksiyonu

x , i işlem birimi ile ilişkili girdi, A_i ise ilgili işlem birimi fonksiyonu ile ilişkili nitel değişkendir (düşük, yüksek gibi). Diğer bir ifadeyle, O_i^1 , A_i adaptif nodunun üyelik fonksiyonu olup x 'in A 'yı ne kadar karşıladığının derecesini vermektedir. Genel olarak, $\mu_{A_i}(x)$ maksimum 1 ve minimum 0'a eşit olmak üzere Denklem 4.2 veya Denklem 4.3'teki gibi genellikle çan (gauss) eğrisi şeklinde hesaplanmaktadır:

$$\mu_{A_i}(x) = \frac{1}{1 + \left[\frac{x - c_i}{a_i} \right]^{2b_i}}$$

Denklem 4.2

veya

$$\mu_{A_i}(x) = \exp\left\{-\left(\frac{x-c_i}{a_i}\right)^2\right\} \quad \text{Denklem 4.3}$$

$\{a_i, b_i, c_i\}$ parametre seti olup öncül parametreler olarak nitelendirilir. Bu aşamada yamuk ve üçgen gibi üyelik fonksiyonları da kullanılabilir.

Katman 2 (Kural İşlem Birimi): Bu katmanda yer alan bütün işlem birimleri (Π) daire şeklinde olup gelen sinyalleri çarpıp ateşleme kuvveti denilen O_i^2 değerini dışarı çıkarır.

Örnek olarak Denklem 4.4 gösterilebilir.

$$O_i^2 = \omega_i = \mu_{A_i}(x) \times \mu_{B_i}(y), \quad i = 1,2 \quad \text{Denklem 4.4}$$

Her işlem birimi çıktısı, her bir kuralın ateşleme seviyesini (firing strength) gösterir.

Katman 3 (Ortalama İşlem Birimi): Bu katmanda yer alan bütün işlem birimleri (N) daire şeklinde olup, i . işlem birimi, i . kuralın ateşleme seviyesinin tüm kuralların toplam ateşleme seviyesine oranını Denklem 4.5'teki gibi hesaplar.

$$O_i^3 = \bar{\omega}_i = \frac{\omega_i}{\omega_1 + \omega_2}, \quad i = 1,2 \quad \text{Denklem 4.5}$$

Bu katmanın çıktısı normalleştirilmiş ateşleme seviyesi olarak da nitelendirilmektedir.

Katman 4: Bu katmanda her işlem birimi kare olup; her bir işlem biriminin model çıktısına katkısı Denklem 4.6'daki gibi hesaplanır.

$$O_i^4 = \bar{\omega}_i f_i = \bar{\omega}_i (p_i x + q_i y + r_i) \quad \text{Denklem 4.6}$$

$\bar{\omega}_i$, katman 3'ün çıktısı olup, $\{p_i, q_i, r_i\}$ parametre seti soncul parametreler olarak nitelendirilir. f_i , 4. katmanın i . işlem biriminin üyelik fonksiyonudur.

Katman 5 (Çıkış İşlem Birimi): Bu katmanda yer alan tek işlem birimi (Σ) daire şeklinde olup tüm çıktıyı bütün gelen sinyallerin toplamı şeklinde Denklem 4.7'deki gibi hesaplar.

$$O_i^5 = \text{toplama çıktı} = \frac{\sum_i \omega_i f_i}{\sum_i \omega_i} \quad \text{Denklem 4.7}$$

ANFIS'in yapısı yukarıda anlatıldığı gibidir.

4.1.4. Önceki Çalışmalar

Davranış parametrelerinin dünya çapında konut elektrik tüketimi üzerindeki etkisine ilişkin çalışmalar, temel olarak bulanık mantık yaklaşımlarına odaklanmaktadır. Bulanık mantık yaklaşımlarından biri olan ANFIS, enerji yönetimi, tıp, hidrolik, tarım ve güneş enerjisi gibi çeşitli çalışmalarda kullanılmış; ancak elektrik tüketim davranışı çalışmalarında daha önce uygulanmamıştır. ANFIS'in farklı alanlarda kullanımına örnek teşkil eden çalışmalara bu bölümde değinilmektedir.

Enerji yönetimine dair Ayata ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, Kayseri ilinde bulunan yeni binalarda doğal havalandırmanın pasif bir soğutma sistemi olarak kullanılması potansiyeli ANFIS kullanılarak araştırılmıştır. İç hava hızı dağılım verileri FLUENT simülasyon yazılımı kullanılarak elde edilmiştir. Daha sonra simülasyon verilerinin tahminine yönelik ANFIS modelleri oluşturulmuş; iç hava ortalaması ve maksimum hava hızı verileri bu modellerle tahmin edilmiştir. ANFIS ile elde edilen sonuçlar Yapay Sinir Ağı (YSA) kullanılarak elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmış, ANFIS ile daha doğru ve tutarlı verilere ulaşıldığı sonucuna ulaşılmıştır. Sonuç olarak; bu tür çalışmalarda iç hava hızı değerlerinin tahmini için ANFIS modeli önerilmektedir [51].

Tıp alanında yapılan bir çalışma da Huang ve arkadaşlarına aittir [52]. Tayvan ve Çin'de yapılan çalışmada, glokom hastalığına sahip gözlerle normal gözler arasında ayrımı sağlayacak bir sınıflandırma sistemi ANFIS kullanılarak geliştirilmiştir. 135 glokom hastası ve 206 sağlıklı hastaya ait toplam 341 veri seti, 230'u eğitim ve 111'i test verisi olmak üzere ikiye bölünmüştür. Sonuç olarak; ANFIS tekniğinin, glokom teşhisi

konusunda karar vermede yardımcı olabileceğine dair bir otomatik sınıflandırıcı olduğu ortaya konulmuştur.

Yuan [53] tarafından Çin’de yapılan çalışmada, radar ve infrared sistemleri için ANFIS’e dayalı bir füzyon algoritması geliştirilmiştir. Kurulan model iki girdi parametresi içermektedir ve toplamda 45 örnek bulunmaktadır. Model 400 iterasyonla eğitilmiştir. Varılan nokta, ANFIS yönteminin hızlı ve tutarlı yanıt verdiği, radar ve infrared sistemlerinden gelen kötü veriyi etkili bir şekilde tespit edip reddettiği şeklindedir.

Hidrolik konusunda Azamathulla tarafından [54], Malezya’da orta ölçekli nehirlerde yatak yükünün tahmininde dört farklı regresyon denklemi kullanılmış ve tahminde beklenen sonuçlar elde edilememiştir. Bunun üzerine ANFIS yöntemi denenmiştir. Modelin oluşturulmasında 1999 ve 2007 yıllarında dört farklı nehirden toplanan 346 veri seti kullanılmış; bu veri seti %80 eğitim ve %20 test olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Model eğitildikten sonra sonuçlar seçilen bir nehirden toplanan güncel verilerle karşılaştırılmış; ANFIS ile %90,4’lük bir tutarlılık yakalanmıştır.

Kaveh ve arkadaşları [55] tarafından İran’da tarım alanında yapılan çalışmada, taşınımlı sıcak hava kurutucuda patates, sarımsak ve kavunların kuruma özelliklerinin tahmininde ANFIS ve YSA modelleri karşılaştırılmıştır. Kurutma deneyleri, 40, 50, 60 ve 70°C hava sıcaklıklarında ve 0,5, 1 ve 1,5 m/s hava hızlarında gerçekleştirilmiştir. Kurutma özellikleri parametreleri ise; kinetik kurutma, etkili nem difüzyonu ve spesifik enerji tüketimi olarak belirlenmiştir. Sonuçlar, ANFIS modelinin, kurutma sırasında tüm parametreleri tahmin etme yeteneğinin YSA yöntemine göre daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Bu çalışmada ANFIS modeli, ilgili konuda kullanılabilecek en iyi model olarak önerilmektedir.

Adıgüzel ve arkadaşları [56] yaptıkları çalışmada, değişken ebat ve ağırlıktaki kömür tozunun fotovoltaiik (PV) modüllerin performansına etkisini laboratuvar ortamında incelemişlerdir. PV modüllerinin performansı; voltaj, akım ve güç ölçülerek deneysel olarak incelenmiştir. Elektriksel parametrelerden oluşan bu veri seti, ANFIS tekniğiyle bir model geliştirmek için kullanılmıştır. Deneysel sonuçlarla ANFIS sonuçlarının

karşılaştırılması sonucunda; belirli bir partikül büyüklüğü ve ağırlığı için, ANFIS modelinin PV modülleri için güç tahmininde oldukça başarılı olduğu ortaya çıkmıştır.

ANFIS yazılımı kullanılarak farklı alanlarda dünyada yapılmış çalışmaların özeti Çizelge 4.1'deki gibidir.

Çizelge 4.1 ANFIS ile İlgili Çalışmalar

Ülke Bölge	Yıl	Çalışmayı Yapanlar	İncelenen Materyal Sayısı	Veri Toplama Yöntemi	Modelleme Metodu	Sonuç
Tayvan ve Çin	2007	Huang ve ark. [52]	135 glokom hastası ve 206 sağlıklı hastaya ait toplam 341 veri	Vaka kontrol çalışması	ANFIS	Veri seti, 230'u eğitim ve 111'i test verisi olmak üzere ikiye bölünmüş ve ANFIS modeli oluşturulmuştur. ANFIS'in glokom teşhisi konusunda karar vermede yardımcı olabileceğine dair bir otomatik sınıflandırıcı olduğu ortaya konulmuştur.
Türkiye	2007	Ayata ve ark. [51]	3 farklı bina	Simülasyon	FLUENT simülasyon yazılımı ANFIS Yapay Sinir Ağı	Binalarda iç hava hızı değerlerinin tahmini için yapay sinir ağları yerine ANFIS modeli önerilmektedir.
Çin	2009	Yuan ve ark. [53]	1 Radar sistemi	ANFIS'e dayalı füzyon algoritması (Kurulan model iki girdi parametresi içermektedir ve toplamda 45 örnek bulunmaktadır. Model 400 iterasyonla eğitilmiştir.)	ANFIS	ANFIS yöntemi hızlı ve tutarlı yanıt vermiş, radar ve infrared sistemlerinden gelen kötü veriyi etkili bir şekilde tespit edip reddetmiştir.
Malezya	2009	Azamathulla ve ark. [54]	346 adet nehir yatak yükü verisi	Veri seti %80 eğitim ve %20 test olmak üzere ikiye ayrılmıştır.	Regresyon Analizi ANFIS	Nehir yatak yükünün tahmininde dört farklı regresyon denklemi kullanılmış ve tahminde beklenen sonuçlar elde edilememiştir. Bunun üzerine ANFIS yöntemi denenmiş; model eğitildikten sonra sonuçlar, seçilen bir nehirden toplanan güncel verilerle karşılaştırılmış; ANFIS ile %90.4'lük bir tutarlılık yakalanmıştır.
İran	2018	Kaveh ve ark. [55]	40 gramlık dilimlenmiş patates, sarımsak ve kavun küpleri	Taşınımlı sıcak hava kurutucuda kurutma deneyleri	ANFIS Yapay Sinir Ağı	ANFIS modelinin, kurutma sırasında tüm parametreleri tahmin etme yeteneğinin Yapay Sinir Ağı yöntemine göre daha yüksek olduğu ortaya konmuştur.
Türkiye	2019	Adıgüzel ve ark. [56]	Kömür tozu Fotovoltaik modüller	PV modüllerinin voltaj, akım ve güç ölçümleri	ANFIS	Elektriksel parametrelerden oluşan veri seti, ANFIS tekniğiyle bir model geliştirmek için kullanılmıştır. Deneysel sonuçlarla ANFIS sonuçlarının karşılaştırılması

Ülke Bölge	Yıl	Çalışmayı Yapanlar	İncelenen Materyal Sayısı	Veri Toplama Yöntemi	Modelleme Metodu	Sonuç
						sonucunda; belirli bir partikül büyüklüğü ve ağırlığı için, ANFIS modelinin PV modülleri için güç tahmininde oldukça başarılı olduğu ortaya çıkmıştır.

4.1.5. ANFIS Yazılımının Seçilme Nedeni

Bu çalışmada konut elektrik tüketimine davranış ve alışkanlıkların etkisinin modellenmesi amacı ile ANFIS yazılımı seçilmiştir. ANFIS'in seçilme nedeni, daha önce bu konuda yapılan çalışmalarda genellikle adaptif ağların kullanılmış olması, bu yazılımın ise adaptif ağlar ve bulanık çıkarım sistemi kavramlarının bir araya getirilmesi ile ortaya çıkan hibrit bir yazılım olması; böylelikle daha yüksek doğrulukla tahmin edebilme yeteneğidir. Bunun yanı sıra, model oluşturulurken modele esas teşkil eden veri ile model eğitilmekte ve bu veri setine göre üyelik fonksiyonları ve kural seti otomatik olarak yazılım tarafından oluşturulmaktadır. Böylelikle bir uzman görüşüne gerek kalmamaktadır. Ayrıca adaptif ağlara göre daha az girdi verisi ile sonuç elde edebilmek mümkündür. ANFIS bu avantajları ile bu tez çalışmasında kullanılmak üzere seçilmiştir.

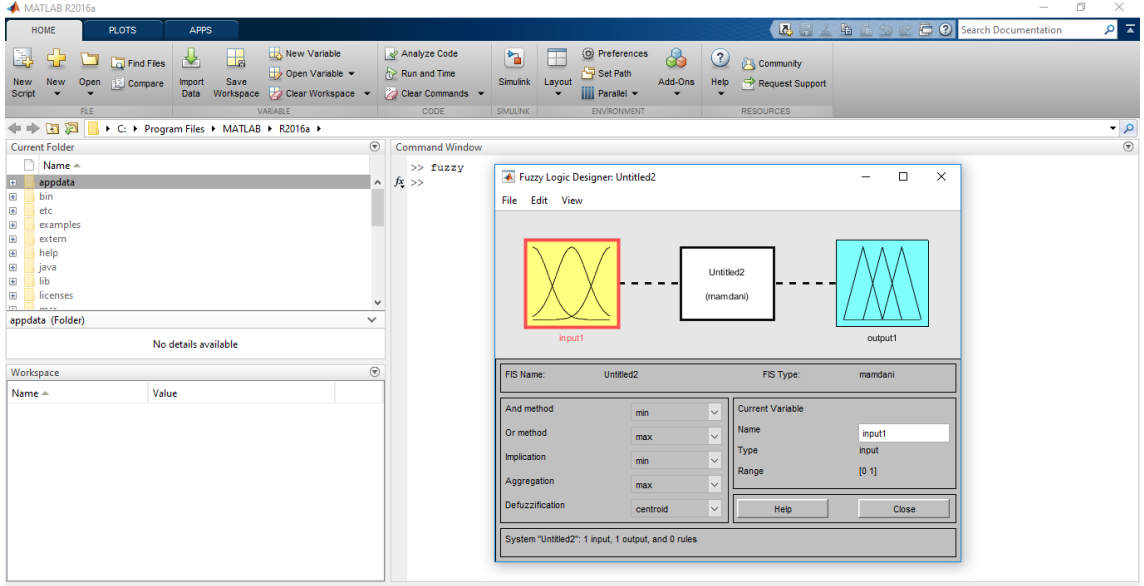
4.2. Modelin Oluşturulması

Bu çalışmada Yalova ilinde bulunan 100 adet konutun elektrik tüketim modeli ANFIS programı kullanılarak yapılmıştır. Bu bölümde ANFIS programında modelin oluşturulması hakkında detaylı bilgi verilmiştir.

ANFIS modelinin grid partition veya GENFIS1 komutu; 6 veya daha az girdi parametresi olan verilerin eğitilmesinde kullanılmaktadır. Bu komut tüm girdilerin üyelik fonksiyonlarının olası tüm kombinasyonlarını numaralandırarak kurallar oluşturur. Bu durum, girdi sayısı orta derecede büyük olsa bile, üstel bir patlamaya neden olur. Örneğin, her biri iki üyelik işlevine sahip 10 girdi verisi olan bulanık bir çıkarım sistemi için, grid partition komutu, pratik öğrenme yöntemleri için engelleyici biçimde büyük olan 1024 ($= 2^{10}$) adet kural belirler. Bu durumda sistemde "out of memory" uyarısı görülür ve model oluşturulamaz. 6 veya daha çok girdi parametresi olan veri setlerinin eğitilmesinde GENFIS2 yani subtractive clustering komutu kullanılmaktadır. Bu komut ile girdi parametreleri alt kümelerine ayrılır. Üyelik fonksiyonları ve kurallar, eldeki girdi ve çıktı verisinin karakterine uygun kurulan model çerçevesinde belirlenir.

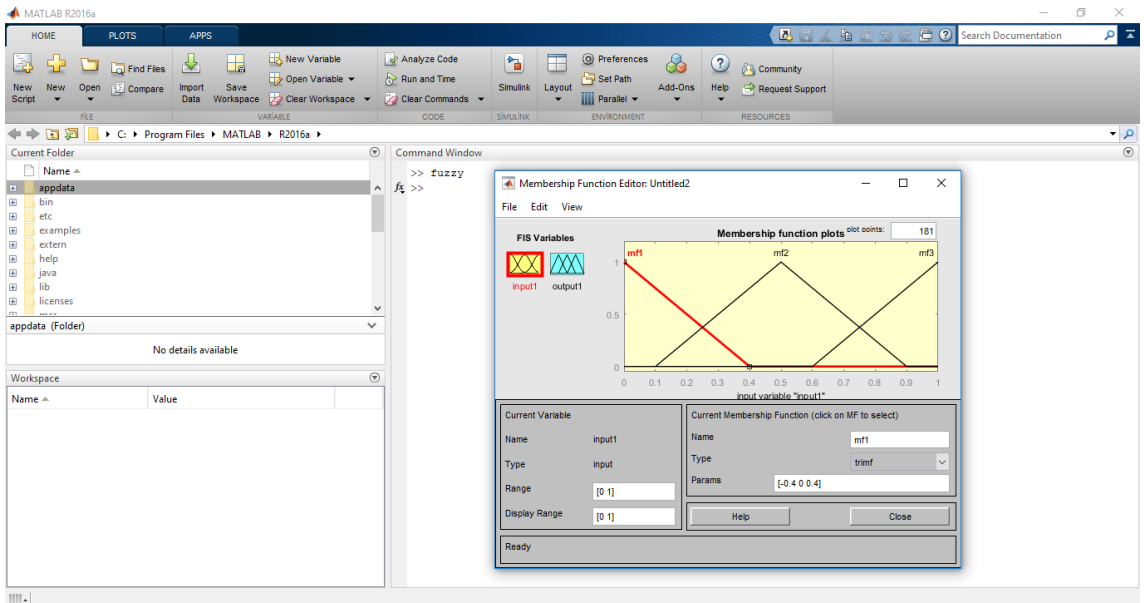
MATLAB Fuzzy Logic Toolbox Modülü altında ANFIS editörü yer almaktadır. ANFIS editörünün yanı sıra, Bulanık Mantık Modülü'nün altında uzmanın kendi belirleyebildiği kurallar ve üyelik fonksiyonları olan FIS editörü de yer almaktadır. MATLAB command

penceresinde “fuzzy” komutu yazılarak Şekil 4.6’da gösterilen FIS Editör’e ulaşılmaktadır.



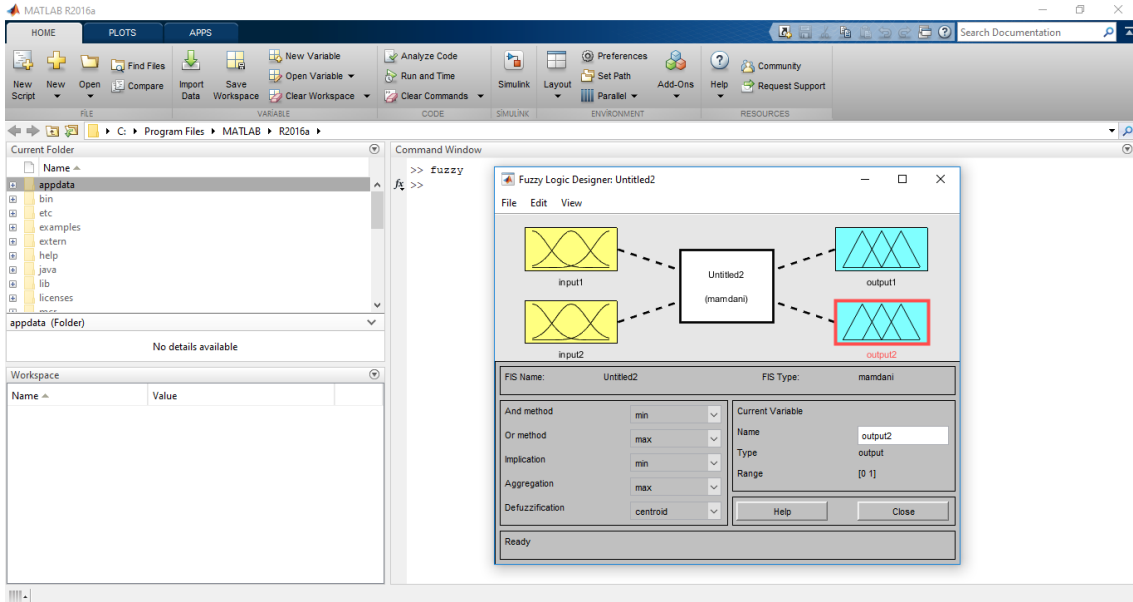
Şekil 4.6 MATLAB FIS Editör

Açılan ekranda “Edit” menüsünün altında yer alan “Membership Functions” seçeneği ile üyelik fonksiyonlarının düzenlendiği Şekil 4.7’de gösterilen “Membership Function Editor” penceresine ulaşılmaktadır.



Şekil 4.7 Membership Function Editor

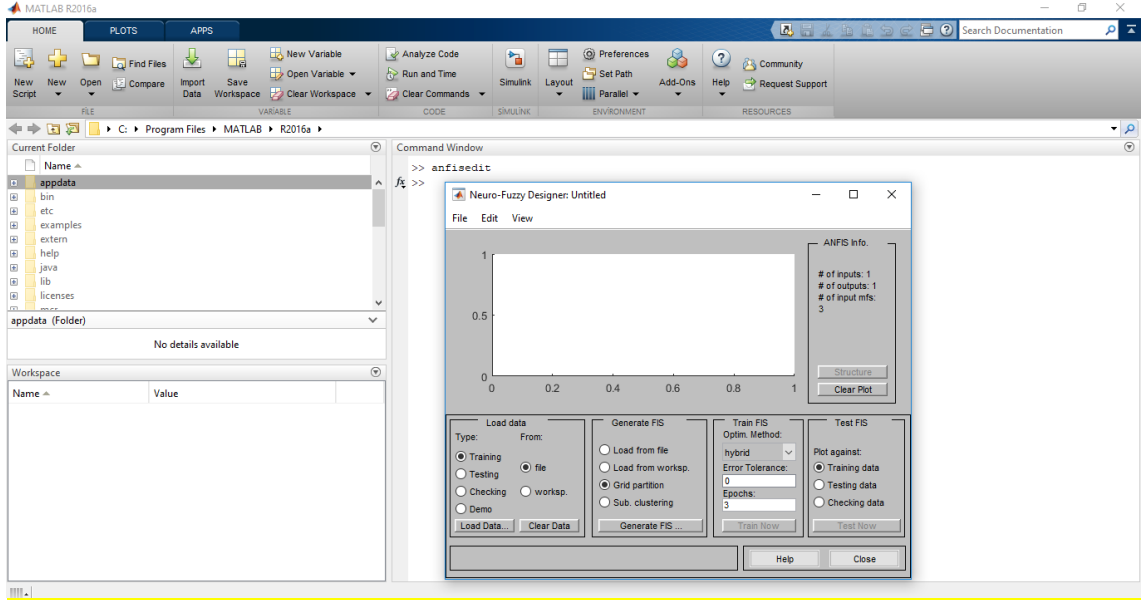
Aynı menünün altında yer alan “Add Variable” seçeneği ile modele yeni girdi ve çıktılar eklenebilmekte, “Rules” seçeneği ile ise kuralların düzenlenebileceği Şekil 4.8’deki “Rule Editor” penceresine ulaşılmaktadır.



Şekil 4.8 Rule Editor

FIS editörde uzman, üyelik fonksiyonlarını ve kural setini kendisi belirleyebilmektedir. Ancak ANFIS editörde eldeki girdi çıktı setine göre modele esas teşkil eden veri eğitilmekte ve kural seti uzman görüşüne dayanmadan sistem tarafından oluşturulmaktadır. FIS editör ile ANFIS editör arasındaki en büyük fark budur.

ANFIS editörü için command penceresine “anfisedit” komutu yazılmaktadır. Şekil 4.9’da gösterilen ANFIS editöre özgü GUI (graphical user interfaces) kullanılarak, karar verme problemlerinde eldeki girdi çıktı verisine uygun üyelik fonksiyonları ve kurallar, kurulan model çerçevesinde belirlenmektedir.



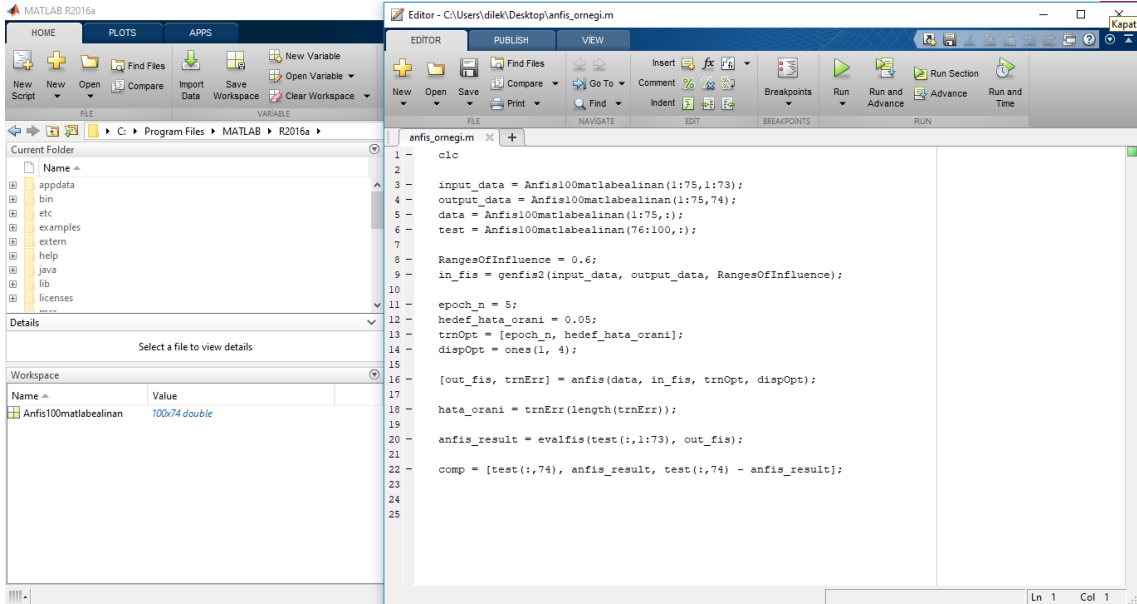
Şekil 4.9 ANFIS GUI Editör

ANFIS editör arayüzündeki “Load data” seçeneği ile modele veri yüklemesi yapılmaktadır. Burada eğitim, test, doğrulama ve demo olmak üzere toplam dört tip veri yer almaktadır.

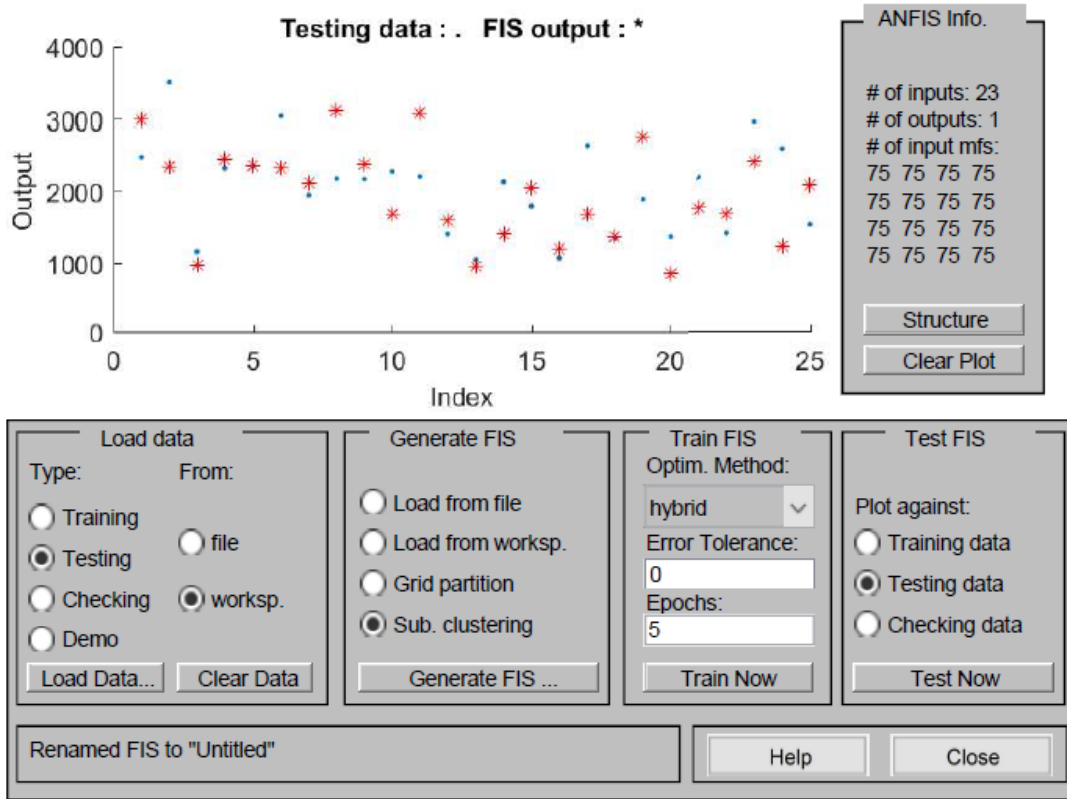
Grid partition komutu ile uzman, çıkan ekranda belirlediği girdilerin her biri için üyelik fonksiyonu ve sayısı ile çıktı için üyelik fonksiyonu tipinin sabit veya doğrusal olmasını belirlemektedir. “Train FIS” penceresinde veri setinin eğitilmesi amacı ile öğrenme algoritması seçilmektedir. 3 tip öğrenme algoritması seçeneği sunulmaktadır. Bunlar, en küçük kareler yöntemi, geri yayımlı öğrenme algoritması ve ikisinin bir arada bulunduğu melez (hybrid) öğrenme algoritmasıdır. “Error Tolerance” komutu için veri hakkında yeterli bilgi olmadığı takdirde “0” seçilmesi tavsiye edilmektedir. “Epochs” seçeneği ile veri setinin kaç çevrim eğitileceği belirlenmektedir. “Test FIS” alanında yer alan “Plot Against” komutunda üç farklı seçenek sunulmaktadır. Uzman eğitim, test veya doğrulama verisini kullanarak, ANFIS yöntemi ile geliştirilen FIS’i test edebilmektedir. “Structure” seçeneği ile girdi çıktı yapısı görülebilmektedir.

Bu çalışmada, model oluşturulurken ANFIS GUI Editör arayüzü de denenmiş olmakla beraber; MATLAB kodları da kullanılmıştır. Kullanılan MATLAB Editör komut ekranı Şekil 4.10’da, ANFIS GUI Editör arayüzü Şekil 4.11’de, ANFIS yapısı ise Şekil 4.12’de gösterilmektedir. Editör arayüzü anlatılırken bahsi geçen grid partition komutu, tez

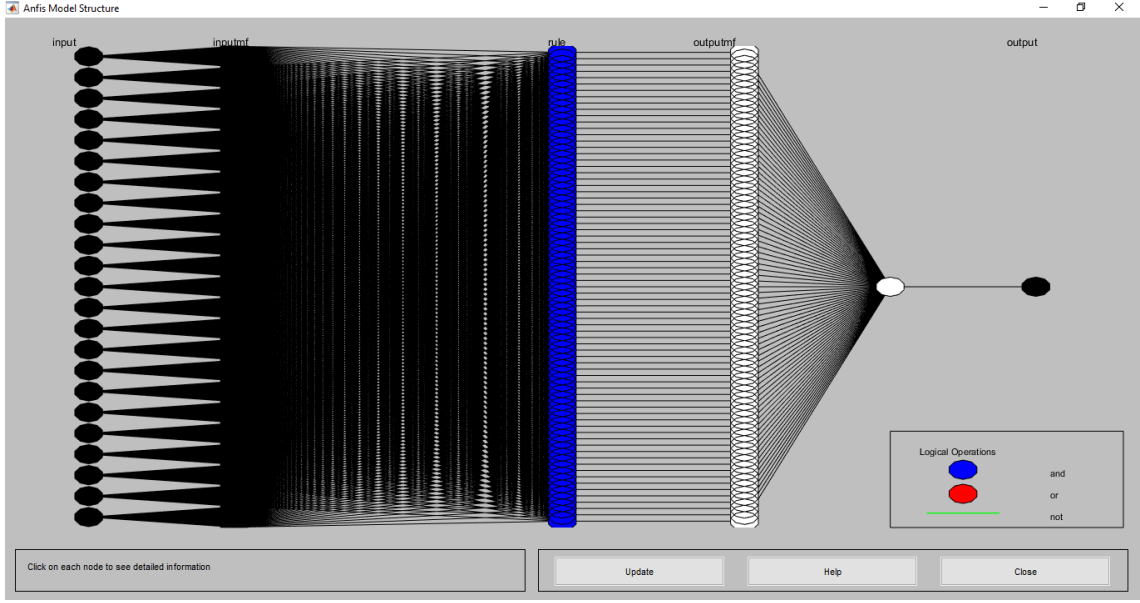
çalışmasında kullanılan verinin boyutunun büyüklüğünden ötürü kullanılmaktadır. Bu çalışmada, 6 veya daha çok girdi parametresi olan veri setlerinin eğitilmesinde kullanılan GENFIS2 yani subtractive clustering komutu kullanılmaktadır.



Şekil 4.10 MATLAB Editör Komut Ekranı



Şekil 4.11 ANFIS GUI Editör Arayüzü



Şekil 4.12 ANFIS Yapısı

GENFIS2 komutu ile girdi parametreleri alt kümelerle ayrılır. Üyelik fonksiyonları ve kurallar, eldeki girdi ve çıktı verisinin karakterine uygun kurulan model çerçevesinde belirlenir. ANFIS'in eğitilmesinde ise en küçük kareler yöntemi ile geri yayımlı öğrenme algoritmasının birleşimi olan (hybrid) öğrenme algoritması kullanılmıştır.

Bu çalışmada 100*24 matristen oluşan veri seti modellenmiştir. Modelde kullanılan 23 girdi parametresi daha önce Çizelge 4.2'de gösterilmiştir. 24. parametre ise gerçek tüketim verisidir ve çıktı verisi olarak modele işlenmiştir.

Veri setinin %75'i eğitim verisi, %25'i ise test verisi olarak işlenmiştir. Daha öncesinde %60-40, 65-35, 70-30, 80-20 olarak ayrılarak da yapılan denemeler sonucunda, eğitim ve test verilerinin %75-25 olarak ayrılmasının en iyi sonucu verdiği, "Model Çıktı Parametreleri" kısmında literatürle desteklenerek anlatılmış, bölünme yüzdelerinin deneme sonuçları da Çizelge 5.36'da gösterilmiştir.

eEpoch sayısı (iterasyon=çevrim) 3 ile 5000 arasında; Range of Influence (her küme merkezinin yarıçaplarıyla etki alanı) ise 0,1 ve 0,9 arasında değiştirilerek denemeler yapılmıştır. En doğru sonuç olan minimum hata oranı 0,1328 değerine 50 eEpoch ve 0,6 Range of Influence denemesinde ulaşılmıştır.

4.2.1. Model Girdi Parametreleri

Bu çalışmada 100*24 matristen oluşan veri seti modellenmiştir. 23 davranış parametresi girdi verisi olarak modele işlenmiştir. Bu 23 parametre Çizelge 4.2’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.2 Model Girdi Parametreleri

Kombi Kullanım Süresi (saat/gün)	Bulaşık Makinesi Haftada Çevrim Miktarı
Buzdolabı Sıcaklık Ayarı (°C)	Laptop Kullanım Süresi (saat/gün)
Buzdolabı Kapak Açık Tutma Süresi (dakika/gün)	Elektrikli Süpürge Kullanım Süresi (saat/hafta)
Buzdolabı Konumu	Ütü Kullanım Süresi (saat/hafta)
Yiyecek Koyma	Ütü Fişi
Çözdürme	Küçük Ev Aletleri Toplam (kWh)
Fırın Kullanım Süresi (saat/hafta)	Aydınlatma Toplam (kWh)
Fırın Kapağı	Işık Kapama
TV Kullanım Süresi (saat/gün)	Enerji Sınıfına Dikkat Etme
TV Kapatma	Evden Ayrılırken Prizler
Çamaşır Makinesi Haftada Çevrim Miktarı	Anahtarlı Priz
	Tasarruf Davranışı

Girdi verisi olarak seçilen 23 parametre; data parametrelerini azaltma yöntemleri detaylı olarak uygulanarak bulunmuştur. Bu detaylı uygulamalar “Girdi Verilerini Azaltma Yöntemleri” kısmında anlatılmıştır.

4.2.1.1. Girdi Verilerini Azaltma Yöntemleri

Data parametrelerini azaltma teknikleri temelde ikiye ayrılmaktadır. Bunlar; “Feature Extraction” ve “Feature Selection” olarak adlandırılmaktadır. Feature Extraction; Principal Component Analysis gibi, verileri orijinal halinden transforme eder [57], [58]. Bu veri transformasyonu, bu tezin kapsamında oluşturulan veri seti için istenmeyen bir durumdur.

Feature Selection yönteminde ise amaç, parametrelerin en önemli olanlarını seçmek ve orijinal yapı ve veriyi korumaktır [59]. Ancak henüz tüm verilere uygulanabilecek evrensel bir feature selection yöntemi bulunmamaktadır. Bu yöntem de üçe ayrılmaktadır:

- 1) Wrappers: (Particle Swarm Optimization, Ant Colony Optimization gibi Clustering Methodları)
- 2) Filters: (Maximum Variance, Laplacian Score, Fisher Score gibi)
- 3) Hybrids: (Yukarıdaki iki metodu da içeren yöntemler; Automatic Linear Modeling, Pre-processing Filters, Finish Task Wrappers gibi) [60]

İlgili veri setine hangi yöntemin en uygun olduğunun belirlenmesi adına; feature selection yöntemlerinin çoğu denenmiştir. Örneğin; Faktör Analizi sonucunda veri setinin Faktör Analizi için uygun olmadığı ortaya çıkmıştır. Faktör Analizi için verilerin uygunluğunu ölçen KMO(Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy) testinin 0,5'ten yüksek çıkması gerekmektedir; ancak analiz sonucunda KMO değeri 0,262 çıkmıştır.

Korelasyonda Spearman, Pearson ve Kendall korelasyon katsayılarına göre input veriler (parametreler) ile output veri olan gerçek tüketim verisi arasında pozitif-negatif yönde ve ne derecede ilişki olduğu ortaya konulmaktadır. Dolayısıyla hangi parametrenin çıkartılabileceği tam olarak kestirilememektedir.

ANOVA uygulandığında significance düzeyleri anlamlı çıkmamaktadır. Multicollinearity'e bakıldığında, veri setinde 0-1 ve/veya 0-1-2 gibi değerlerin ve kWh değerlerinin birlikte olması, yorumlamayı zorlaştırmaktadır. Yani parametreler arasındaki high dimensionality durumu, hangi parametrenin seçilip seçilmemesi gerektiği konusuna karar vermede sakınca yaratmaktadır. Çünkü gerçekte tüketime etkisi olan önemli bir parametre, başka bir parametre ile ilişkili gözükülebilmektedir. Bu durumda herhangi birinin modelden çıkarılması; yanlış sonuçlara neden olabilmektedir. Multicollinearity katsayıları olan Tolerance değeri 0,2'nin üstünde ve VIF (Variance Inflation Factor) değeri 10'un altında olduğunda parametrenin modelde kalması, çıkarılmaması gerektiği anlaşılmaktadır. Ancak veri setinde 0-1/0-1-2-3-4 gibi değerleri olan parametreler için VIF değerleri büyük çoğunlukla 10'un altında ve Tolerance değeri 0,2'nin üstünde; kWh verileri içeren parametreler için VIF değeri 10'un çok üstünde ve Tolerance değeri 0,2'nin altında çıkmaktadır. Ayrıca; aynı cihazın kWh verisi ile kullanım süresi verisi arasında hangisinin tercih edilmesi gerektiğine karar vermede de netlik sağlanamamaktadır.

Hibrit Feature Selection yöntemlerinden Automatic Linear Modeling (ALM) denendiğinde; parametrelerin önem sırasına göre sıralandığı; ancak pek de mantıklı bir sıralama yapılamadığı ortaya çıkmıştır. Yine bu durumun; data değerlerindeki yüksek boyutsallık sorunundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Birçok denemenin ardından; sadece nihai tüketim değerlerine sahip parametreler arasında Stepwise Linear Regression [61] uygulanmış ve parametrelerin önem sırasına göre sıralandığı sonuçlara ulaşılmıştır.

İstatistiksel olarak uygulanan dimension reduction yöntemleri ile birlikte; davranışla değiştirilemeyen parametreler (alan, ailedeki birey sayısı, yaş, eğitim, evde bulunmayan kişilerin sayısı, gelir gibi) manuel olarak elendiğinde 73 parametrenin 23 parametreye kadar azalabilmesi mümkün olmaktadır.

ANFIS metodu da input parametreleri azaltılarak sürekli denenmiştir. ANFIS'e input verisi olarak verilen 100*73 dimension veri seti ile hesaplanan training MAPE (Mean Absolute Percentage Error) değeri 0,13 iken; 100*40 dimension veri seti ile hesaplanan training MAPE değeri 0,06; 100*23 dimension veri seti ile hesaplanan training MAPE değeri ise 0,05 olarak hesaplanmaktadır.

4.2.2. Model Çıktı Parametreleri

Modele 23 davranış parametresi girdi verisi olarak, 24. parametre olan gerçek yıllık elektrik tüketim verisi ise çıktı verisi olarak modele işlenmiştir.

Birçok çalışmada kullanılan oranlar benzer şekildedir. Örneğin; Azamathulla ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, 341 verinin 230'unu eğitim, 111'ini test verisi olmak üzere, veri setini %80-20 eğitim-test verisi şeklinde ayırmışlardır [54]. Kaveh ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada da, 36 verinin 27'sini eğitim, 9'unu test verisi olmak üzere, veri setini %75-25 eğitim-test verisi şeklinde ayırmışlardır [55]. Adıgüzel ve arkadaşları ise 18 verinin 11'ini eğitim, 7'sini test verisi olmak üzere, veri setini %60-40 eğitim-test verisi şeklinde ayırmışlardır [56]. ePoch sayısı (iterasyon=çevrim) ve Range of Influence (her küme merkezinin yarıçaplarıyla etki alanı) değerleri çeşitli kombinasyonlarda değiştirilerek denemeler yapılmıştır. Veri setinin %75-25 olarak

ayrılması kararında hem denemeler hem de denemelerin sonuçlarının literatür ile olan benzerliği rol oynamıştır.

4.2.3. Modelin Duyarlılık Analizi

Bu çalışmada, aydınlatma elektrik tüketimi değişkenindeki değişim karşısında yıllık elektrik tüketiminin değişimi incelenerek duyarlılık analizi yapılmıştır.

Yıllık elektrik tüketiminin farklı aydınlatma elektrik tüketimi karşısındaki değişimini incelemek amacı ile rastgele seçilen bir konutun, diğer tüm parametreler sabit tutularak, aydınlatma elektrik tüketimi sırasıyla 75 ve 50 kWh düşürülerek ve sonra sırasıyla 50 ve 75 kWh yükseltilerek, konutun yıllık elektrik tüketimindeki değişimler model tarafından tahmin edilmiş ve elde edilen sonuçlar bölüm 5.5.1’de verilmiştir.

4.3. Modele Senaryoların Uygulanması

ANFIS Modeline davranış değişikliklerinin incelenmesine yönelik olarak senaryolar uygulanmıştır. Alışkanlık olma durumu olmama durumuna ve alışkanlık olmama durumu olma durumuna değiştirilerek oluşturulan senaryoların sonuçları analiz edilmiştir. Bu senaryolara iki örnek olarak; ışık kapama alışkanlığı ve anahtarlı priz kullanım alışkanlığı değişkenlerindeki değişim verilmiştir. Sonuçlar bölüm 5.5.2’de verilmiştir.

4.4. Bölüm Sonucu

Bu bölümde tez çalışmasında kullanılan modelin oluşturulması hakkında bilgi verilmiştir. Modelin girdi ve çıktı parametreleri anlatılmış; duyarlılık analizinin nasıl yapıldığına değinilmiştir. Son olarak modele senaryoların uygulanması hakkında bilgi verilmiştir.

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Tez sonuçları beş ana başlıktan oluşmaktadır. İlk kısımda anket uygulanan konutların anket sonuçları analiz edilmiştir. İkinci kısımda toplam elektrik tüketim verilerinin sonuçları verilmiştir. Üçüncü kısımda konutlarda tüketilen aktif cihaz ve aydınlatma nihai elektrik tüketim sonuçları değerlendirilmiştir. Dördüncü kısımda bilgi verme müdahale yöntemi uygulanan konutlara ait sonuçlar gösterilmiştir. Beşinci kısımda ise tüm davranış ve alışkanlıkların konut elektrik etkisine etkisini modellemede kullanılan ANFIS programının sonuçları değerlendirilmiştir.

5.1. Anket Sonuçlarının Analizi

Bu bölümde bölüm 3.1.1’de detayları verilen anketin uygulandığı 100 konutun anket verilerinin analiz sonuçları anlatılmaktadır. Anket verileri analizi yapılırken veriler, üç ayrı başlık altında incelenmiştir. Bu başlıklar konut ve hanehalkı özellikleri, konutlarda bulunan cihazlar ve hanehalkının elektrik tüketim davranışları ile ilgili verilerin analizleridir.

5.1.1. Konut ve Hanehalkı Özellikleri ile İlgili Verilerin Analizi

Anket uygulanan 100 konutun konutlarla ilgili konutun tipi, ev sahibi/kiracı olma durumu, konutta bulunan oda sayısı ve hanehalkı ile ilgili ailedeki birey sayısı, çalışılan sektör ve gelir verilerinin frekans tabloları aşağıda gösterilmektedir. Çizelge 5.1’de konut tipine göre frekans tablosu gösterilmektedir. Buna göre 100 konutun 35 tanesi müstakil konut, 65 tanesi ise apartman dairesidir. Bu durum, TÜİK [62] verilerine göre % 29,0 oranında bir ve iki katlı, % 71,0 oranında daha çok katlı olması durumuyla benzerlik göstermektedir. Çalışma konut tipi konusunda Türkiye genelini temsil etmektedir.

Çizelge 5.1 Konut Tipi Frekans Tablosu

Konut tipi	Yüzde (%)	TÜİK Yüzde (%)
Müstakil Ev	35	29,0
Apartman Dairesi	65	71,0
Toplam	100	100

Çizelge 5.2’de konut sahiplik durumuna göre frekans tablosu gösterilmektedir. Buna göre 100 konutun 46 tanesi kiracı, 54 tanesi ise ev sahibidir. Bu durum, TÜİK [63] verilerine göre % 39,3 oranında kiracı, % 60,7 oranında ev sahibi olması durumuyla benzerlik göstermektedir. Çalışma konut mülkiyeti konusunda Türkiye genelini temsil etmektedir.

Çizelge 5.2 Konut Sahiplik Durumu Frekans Tablosu

Kiracı/Ev Sahibi	Yüzde (%)	TÜİK Yüzde (%)
Kiracı	46	39,3
Ev Sahibi	54	60,7
Toplam	100	100

Çizelge 5.3’te konutların oda sayıları durumuna göre frekans tablosu gösterilmektedir. Buna göre 100 konutun içinde oda+salon+banyo sayıları 1+1+1 olan 4, 2+1+1 olan 46, 3+1+1 olan 28, 3+1+2 olan 13, 4+1+1 olan 2, 4+1+2 olan 7 konut bulunmaktadır. Bu durum, TÜİK [62] verilerine göre % 0,3’ünün 1 odalı, % 6,3’ünün 2 odalı, % 38,6’sının 3 odalı, %47,5’inin 4 odalı ve %7,3’ünün ise 5 ve daha fazla odalı konutlarda olması durumuyla kısmen benzerlik göstermektedir. Çalışma, 3 odalı ve 4’ten fazla odalı konutların oranlarının benzerliği bakımından Türkiye genelini temsil etmektedir.

Çizelge 5.3 Konut Oda Sayısı Frekans Tablosu

Oda+Salon+Banyo	Yüzde (%)	TÜİK Yüzde (%)
1+1+1	4	0,3
2+1+1	46	6,3
3+1+1	28	38,6
3+1+2	13	
4+1+1	2	47,5
4+1+2	7	7,3
Toplam	100	100

Çizelge 5.4’te konutta gelir sağlayan kişilerin çalıştıkları sektöre göre frekans tablosu gösterilmektedir. Buna göre 100 konuttan 63 tanesinde kamu çalışanı, 37 tanesinde ise özel sektör çalışanı bulunmaktadır. Bu durum, TÜİK [64] verilerine göre % 87,2 oranında kamu çalışanı, % 12,8 oranında özel sektör çalışanı olması durumuyla kısmen benzerlik göstermektedir.

Çizelge 5.4 Çalışılan Sektör Durumu Frekans Tablosu

Kamu/Özel Sektör	Yüzde (%)	TÜİK Yüzde (%)
Kamu	63	87,2
Özel Sektör	37	12,8
Toplam	100	100

Çizelge 5.5'te konutta yaşayan birey sayısına göre frekans tablosu gösterilmektedir. Buna göre 100 konuttan 15'inde 1 kişi, 14'ünde 2 kişi, 33'ünde 3 kişi, 30'unda 4 kişi, 7'sinde 5 kişi, 1'inde 6 kişi yaşamaktadır. Bu durum, TÜİK [65] verilerine göre konutlarda % 16,9 oranında 1 kişi, % 13,9 oranında 2 kişi, % 42,0 oranında 3 kişi ve % 27,2 oranında 4 ve daha fazla kişi yaşaması durumuyla benzerlik göstermektedir. Çalışma, konutta 1 ve 2 kişi yaşayan birey sayısı benzerliği bakımından Türkiye genelini temsil etmektedir.

Çizelge 5.5 Konutta Yaşayan Birey Sayısı Frekans Tablosu

Birey Sayısı	Yüzde (%)	TÜİK Yüzde (%)
1	15	16,9
2	14	13,9
3	33	42,0
4	30	27,2
5	7	
6	1	
Toplam	100	100

Çizelge 5.6'da konutların gelir düzeyi durumuna göre frekans tablosu gösterilmektedir. Buna göre anketlerin uygulandığı 2018 yılı ekonomik sürecinde 100 konuttan 11 tanesinin gelir düzeyi 2500 TL'den düşük, 39 tanesinin 2501-5000 TL arasında, 31 tanesinin 5001-7500 TL arasında, 12 tanesinin 7501-10000 TL arasında, 7 tanesinin 10000 TL'den yüksek olduğu görülmektedir. TÜİK [66] verilerine göre gelir dağılımı ilk % 20 grup (en düşük) hanehalkı için % 6,1, ikinci % 20 grup hanehalkı için % 10,6, üçüncü % 20 grup hanehalkı için % 14,8, dördüncü % 20 grup hanehalkı için % 20,9 ve son % 20 grup (en yüksek) hanehalkı için % 47,6'dır. Çalışma Türkiye geneliyle kısmen benzerlik göstermektedir.

Çizelge 5.6 2018 Yılı Bazında Gelir Düzeyi Frekans Tablosu

Gelir (TL-USD)	Yüzde (%)	TÜİK Yüzde (%)
<2500 TL (485 USD)	11	6,1
2501-5000 TL (485-969 USD)	39	10,6
5001-7500 TL (969-1454 USD)	31	14,8
7501-10000 TL (1454-1938 USD)	12	20,9
>10000 TL (1938 USD)	7	47,6
Toplam	100	100

5.1.2. Elektrikli Cihazlar ve Aydınlatma ile İlgili Sonuçlar

Anket uygulanan 100 konutta elektrikli cihazların bulunma durumları Çizelge 5.7’de gösterilmektedir. Buzdolabı, çamaşır makinesi ve elektrikli süpürge 100 konutun hepsinde mevcuttur.

Çizelge 5.7 Elektrikli Cihaz Sahiplik Durumu Frekans Tablosu

Elektrikli Cihaz	Sahiplik Durumu	Şahin [44]
	Yüzde (%)	Yüzde (%)
Elektrik Sobası - Yardımcı	5	
Masaüstü Bilgisayar	8	38
Mikrodalga	11	6
Çam Kurutma Makinesi	14	5
Klima	20	
Derin Dondurucu	21	
Uydu Alıcısı	28	82
Modem	55	56
Aspiratör	59	
Laptop Bilgisayar	61	39
Fırın	87	13
Bulaşık Makinesi	90	86
Küçük Ev Aletleri	91	
Kombi	95	
Ütü	97	
Televizyon	97	89

Bazı elektrikli cihazların sahiplik durumu Şahin’in [44] tez çalışması ile karşılaştırılmıştır. Buna göre masaüstü bilgisayar sahiplik durumu bu çalışmada % 8, Şahin’in çalışmasında % 38’dir. Mikrodalga fırın sahiplik durumu bu çalışmada % 11, Şahin’in çalışmasında % 6’dır. Çamaşır kurutma makinesi sahiplik durumu bu çalışmada % 14, Şahin’in çalışmasında % 5’tir. Uydu alıcısı sahiplik durumu bu çalışmada % 28, Şahin’in çalışmasında % 82’dir. Modem sahiplik durumu bu çalışmada % 55, Şahin’in çalışmasında % 56’dır. Laptop bilgisayar sahiplik durumu bu çalışmada % 61, Şahin’in

çalışmasında % 39'dur. Fırın sahiplik durumu bu çalışmada % 87, Şahin'in çalışmasında % 13'tür. Bulaşık makinesi sahiplik durumu bu çalışmada % 90, Şahin'in çalışmasında % 86'dır. Televizyon sahiplik durumu bu çalışmada % 97, Şahin'in çalışmasında % 89'dur. Elektrikli cihaz sahiplik durumu literatür ile kısmen benzerlik göstermektedir.

5.1.3. Hanehalkı Tüketim Davranışları ile İlgili Sonuçlar

Anket uygulanan 100 konutta ikamet eden hanehalkının konutlarda bulunan elektrikli cihazları kullanım alışkanlıkları ilgili frekans tabloları aşağıda gösterilmektedir. Buna göre, buzdolabını konumlandırma durumunu gösteren Çizelge 5.8'e bakıldığında, buzdolabının konumunu önemsemeyenlerin 100 konut içinden en fazla oran olan 63 konutu kapsadığı anlaşılmaktadır. Buzdolabının konumunun enerji tasarrufu adına önemli olduğu düşünüldüğünde, yüksek bir oranda tasarrufa önem verilmediği veya bu konu ile ilgili bilgi sahibi olunmadığı ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 5.8 Buzdolabı Konumu Frekans Tablosu

Buzdolabı Konumu	Yüzde (%)
Evin En Soğuk Yerine Koyanlar	2
Güneş ve Isı Kaynağından Uzağa Koyanlar	35
Konumu Önemsemeyenler	63
Toplam	100

Yiyeceklerin buzdolabına sıcak veya soğuk konulmasının enerji tasarrufunda önemli yeri olduğu ve ankete katılan hanehalkının Çizelge 5.9'dan anlaşıldığı gibi bu duruma 100 konuttan 97'si gibi büyük bir oranda önem verdiği anlaşılmaktadır.

Çizelge 5.9 Yiyecekleri Buzdolabına Koyma Durumu Frekans Tablosu

Yiyecekleri Buzdolabına Koyma	Yüzde (%)
Sıcakken	3
Soğukken	97
Toplam	100

Çizelge 5.10'da hanehalkının yiyecekleri en büyük oranda oda sıcaklığında çözdürdüğü, bunu takiben buzdolabının geldiği görülmektedir.

Çizelge 5.10 Yiyecekleri Çözdürme Durumu Frekans Tablosu

Yiyecekleri Çözdürme	Yüzde (%)
Buzdolabında	41
Mikrodalgada	2
Oda Sıcaklığında	57
Toplam	100

Yemek pişirirken tencere kapağını kapatmak da enerji tasarrufuna yönelik bir davranıştır. 100 konutun 92'sinin bu konuya önem verdiği Çizelge 5.11'den anlaşılmaktadır.

Çizelge 5.11 Tencere Kapağını Kapatma Durumu Frekans Tablosu

Yemek Pişirirken Tencere Kapağını	Yüzde (%)
Kapatanlar	92
Kapatıp Kapatmadığını Önemsemeyenler	8
Toplam	100

Düdüklü tencere, hem yemeklerin vitamin değerlerini korumakta; hem de daha kısa sürede ve daha az enerjiyle pişirmektedir. Ancak Çizelge 5.12'de görüldüğü gibi hanehalkı tarafından düdüklü tencere büyük oranda nadiren kullanılmaktadır. Düdüklü tencereyi hiç kullanmayan 33 hanehalkı bulunmaktadır.

Çizelge 5.12 Düdüklü Tencere Kullanımı Frekans Tablosu

Düdüklü Tencere Kullanımı	Yüzde (%)
Hiç	33
Nadiren	50
Sıklıkla	17
Toplam	100

Fırın çalışırken kapağını açmak ciddi bir enerji kaybına yol açmaktadır. Ankete katılan hanehalkının 81 tanesi Çizelge 5.13'te görüldüğü gibi fırın kapağını gerekmezse açmayarak bu enerji kaybını önlemektedir.

Çizelge 5.13 Fırın Kapağını Açma Durumu Frekans Tablosu

Fırın Kapağını Açma	Yüzde (%)
Fırın Yok	13
Sıklıkla Açanlar	6
Gerekmezse Açmayanlar	81
Toplam	100

Televizyonlar bekleme konumunda da elektrik harcarlar. Çizelge 5.14'te görüldüğü gibi televizyonu düğmesinden kapatanlar %45 oranı ile en yüksektir. Ancak bekleme konumunda bırakanların oranı da %35 ile bu orana yakındır.

Çizelge 5.14 Televizyon Kapatma Frekans Tablosu

TV İzlenmediğinde Kapatma	Yüzde (%)
TV Yok	3
Bekleme Konumu	35
Düğmeden	45
Fişten	17
Toplam	100

Çizelge 5.15'te 71 konutun uydu alıcısına sahip olmadığı görülmektedir. Sahip olan konutlarda da en yüksek oranda bekleme konumunda bırakılmaktadır.

Çizelge 5.15 Uydu Alıcısı Kapatma Durumu Frekans Tablosu

Uydu Alıcı Kapatma	Yüzde (%)
Yok	71
Bekleme Konumu	14
Düğmeden	8
Fişten	7
Toplam	100

Çamaşır makinesini tam doldurarak çalıştırmak da enerji tasarrufuna yönelik bir davranıştır. Bu konuda Çizelge 5.16'da görüldüğü gibi %76 oranında çamaşır makinesini tam doldurarak çalıştırmayı önemseme davranışı vardır.

Çizelge 5.16 Çamaşır Makinesi Tam Doluluk Frekans Tablosu

Çamaşır Makinesi Tam Doluluk	Yüzde (%)
Önemsemeyenler	26
Önemseyenler	74
Toplam	100

Bulaşıkları makinede yıkamak hem sudan hem de elektrikten tasarruf sağlamaktadır. Çizelge 5.17'de görüldüğü gibi bulaşık makinesi kullanımı %84 ile en yüksek orandadır.

Çizelge 5.17 Bulaşık Tercihi Frekans Tablosu

Bulaşık Tercihi	Yüzde (%)
Bulaşık Makinesi Yok	11
Makinede	84
Elde	5
Toplam	100

Bilgisayarlar da televizyon ve uydu alıcıları gibi bekleme konumunda elektrik harcarlar. Bilgisayar sahibi olan konutların büyük oranda bilgisayarı kapattıkları Çizelge 5.18’de görülmektedir.

Çizelge 5.18 Bilgisayar Kapama Durumu Frekans Tablosu

Bilgisayar Kapama	Yüzde (%)
Bilgisayar Yok	33
Kapatanlar	51
Hibernate	3
Uyku Modu	13
Toplam	100

Toz torbalı elektrikli süpürgeler, torbaları doluyken daha çok enerji harcarlar. Toz torbalı süpürge sahibi 58 konuttan 48’i Çizelge 5.19’da görüldüğü gibi dolduktan sonra torba değişimi yapmaktadır.

Çizelge 5.19 Süpürge Torba Değişim Durumu Frekans Tablosu

Süpürge Toz Torbası Değişimi	Yüzde (%)
Toz Torbalı Değil	42
Dolduktan Sonra	48
Dolmasını Beklemeden	10
Toplam	100

Ütünün fişini ütü işi bitmesine az kala çekerek kendi sıcaklığından faydalanmak da bir enerji tasarrufu davranışıdır. Çizelge 5.20’den, 65 konutun bu durumu bilmediği veya önemsemediği, 32 konutun ise bu konuya duyarlı olduğu ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 5.20 Ütü Fişi Durumu Frekans Tablosu

Ütü fişi	Yüzde (%)
Ütü Yok	3
Fişi Önce Çekip Sıcaklığından Faydalananlar	32
Fişi İş Bitince Çekenler	65
Toplam	100

Çizelge 5.21'den anlaşıldığı üzere %56 oranında hanehalkı odadan çıkınca ışık kapama durumuna önem vermektedir.

Çizelge 5.21 Odadan Çıkınca Işık Kapama Durumu Frekans Tablosu

Odadan Çıkınca Işık Kapama	Yüzde (%)
Hayır	44
Evet	56
Toplam	100

Ankete katılan hanehalkının tasarruflu ampul kullanımını Çizelge 5.22'de görüldüğü gibi %97 gibi büyük bir oranla önemsedığı anlaşılmaktadır.

Çizelge 5.22 Tasarruflu Ampul Kullanmayı Önemseme Durumu Frekans Tablosu

Tasarruflu Ampul Kullanmayı Önemseme	Yüzde (%)
Hayır	3
Evet	97
Toplam	100

Beyaz eşya alırken enerji sınıfına dikkat edenler %67 oranındadır. Ancak Çizelge 5.23'te görüldüğü gibi ilk önce fiyata önem verenlerin oranı da %32'dir.

Çizelge 5.23 Eşya Alırken Enerji Sınıfına Dikkat Etme Durumu Frekans Tablosu

Eşya Alırken Enerji Sınıfına Dikkat Etme	Yüzde (%)
Hayır	1
Evet	67
İlk Önce Fiyat	32
Toplam	100

Evden ayrılırken prizleri çıkaranların oranı %22, cihazların bazılarını prizde bırakanların oranı %36 olarak hesaplanmıştır. Ancak Çizelge 5.24'te görüldüğü gibi prizleri çıkarmayanların oranı %42 ile en yüksek durumdadır.

Çizelge 5.24 Prizde Bırakma Durumu Frekans Tablosu

Evden Ayrılırken Prizler	Yüzde (%)
Hayır	42
Evet	22
Bazılarını Prizde Bırakanlar	36
Toplam	100

Bir kullanım alışkanlığının enerji tasarrufuna yönelik olmadığını bilen ve bunu değiştirmeye eğilimli olanların oranı Çizelge 5.25'te görüldüğü gibi %56 oranıyla en yüksektir.

Çizelge 5.25 Kullanım Alışkanlığını Değiştirme İsteği Durumu Frekans Tablosu

Kullanım Alışkanlığını Değiştirme İsteği	Yüzde (%)
Evet	56
Hayır	44
Toplam	100

Anahtarlı priz kullanımı, bekleme konumu elektrik sarfiyatını azaltıcı bir kullanımdır. Bu kullanımı önemseyenlerin önemsemeyenlere oranı Çizelge 5.26'da görüldüğü gibi %50'dir.

Çizelge 5.26 Anahtarlı Priz Kullanımını Önemseme Durumu Frekans Tablosu

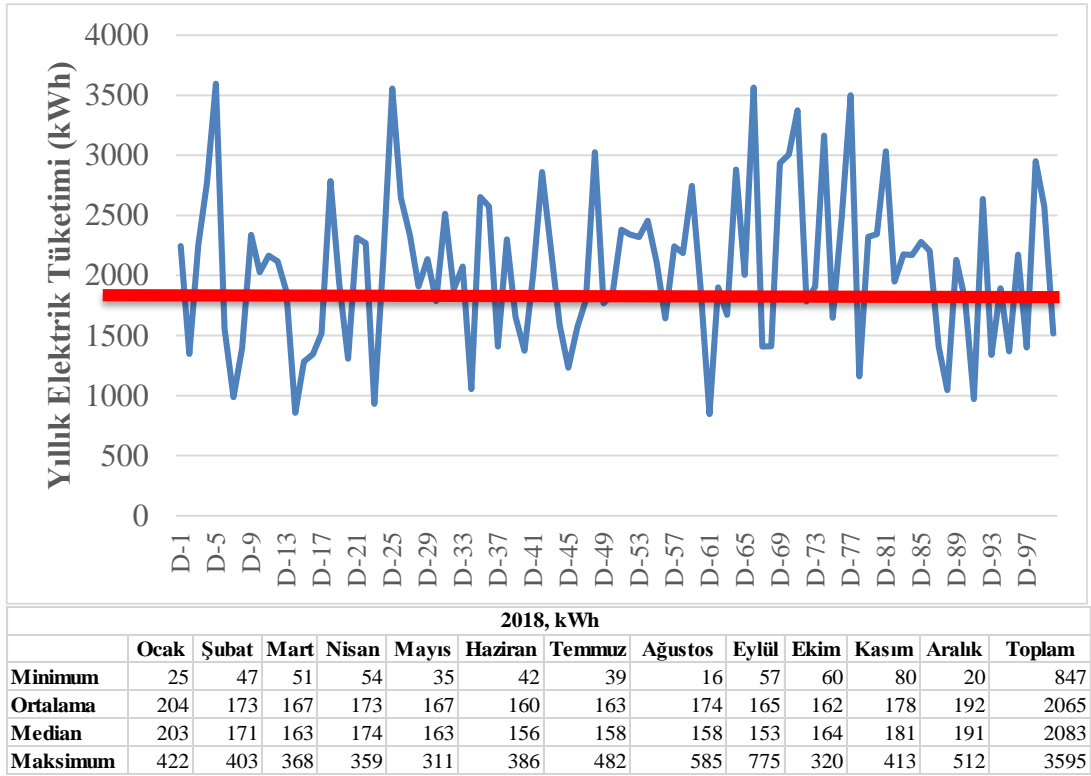
Anahtarlı Priz Kullanımını Önemseme	Yüzde (%)
Hayır	50
Evet	50
Toplam	100

Anket uygulanan 100 konutta ikamet eden hanehalkının konutlarda bulunan elektrikli cihazları kullanım alışkanlıkları ilgili veriler genel olarak incelendiğinde, buzdolabını konumlandırma durumuna yüksek bir oranda önem verilmediği veya bu konu ile ilgili bilgi sahibi olunmadığı ortaya çıkmaktadır. Yiyeceklerin buzdolabına soğuduktan sonra konulmasına büyük oranda önem verildiği anlaşılmaktadır. Hanehalkının donmuş gıdaları en büyük oranda oda sıcaklığında çözdürdüğü görülmektedir. Yemek pişirirken tencerenin kapağının büyük çoğunlukla kapatılarak enerji tasarrufuna önem verildiği anlaşılmaktadır. Dödüklü tencerenin nadiren kullanıldığı ortaya çıkmaktadır. Fırın çalışırken kapağını gerekmezse açmayanların oranının en yüksek olduğu görülmektedir. Televizyonlarını düğmesinden kapatanların en yüksek oranda olduğu anlaşılmaktadır.

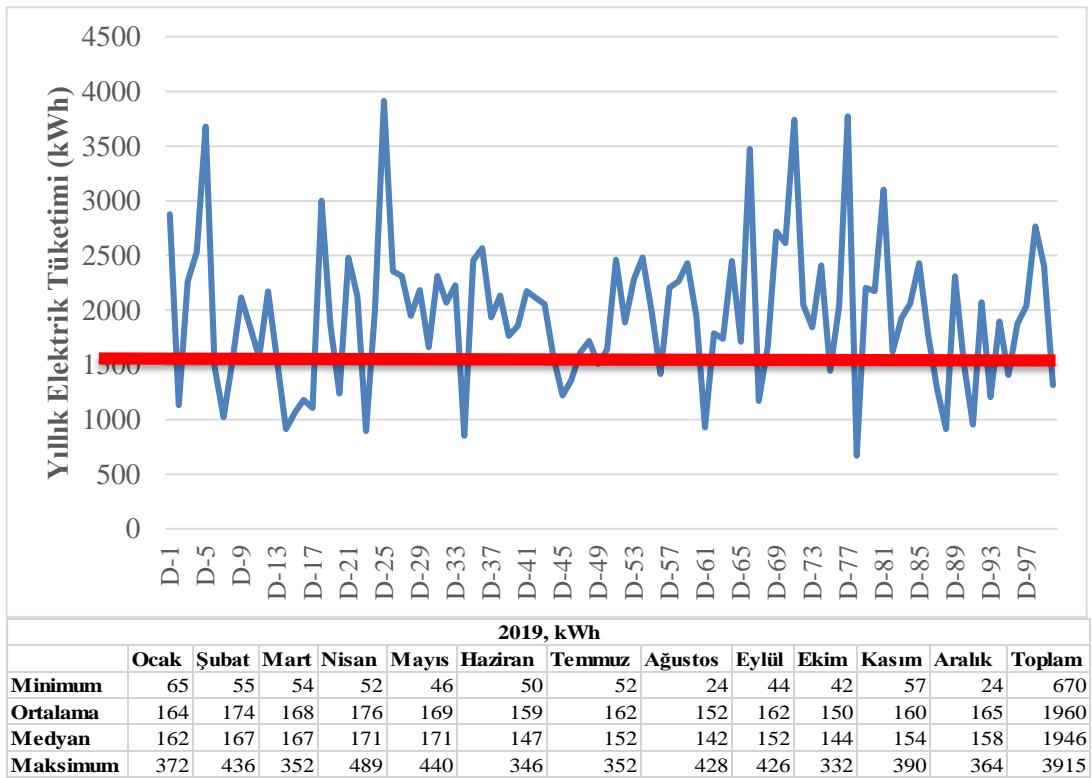
Uydu alıcısına sahip olan konutlarda en yüksek oranda cihazın bekleme konumunda bırakıldığı anlaşılmaktadır. Yüksek oranda çamaşır makinesini tam doldurarak çalıştırmayı önemseme davranışı olduğu görülmektedir. Bulaşık makinesi kullanımının elde yıkamaya göre daha yüksek oranda olduğu tespit edilmiştir. Bilgisayar sahibi olan konutların büyük oranda bilgisayarı kapattıkları anlaşılmaktadır. Toz torbalı süpürge sahibi konutların yüksek oranda torba dolduktan sonra torba değişimi yaptıkları tespit edilmiştir. Ütünün fişini ütü işi bitmesine az kala çekerek kendi sıcaklığından faydalanmanın bir enerji tasarrufu davranışı olduğunu bilmeyen veya önemsemeyenlerin oranının daha yüksek olduğu ortaya çıkmaktadır. Odadan çıkınca ışık kapama durumuna yüksek oranda önem verildiği görülmektedir. Tasarruflu ampul kullanımının büyük oranda önemsendiği anlaşılmaktadır. Beyaz eşya alırken enerji sınıfına dikkat edenlerin oranının, ilk önce fiyata önem verenlerin oranına göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Evden ayrılırken prizleri çıkarmayanların oranının en yüksek durumda olduğu tespit edilmiştir. Bir kullanım alışkanlığının enerji tasarrufuna yönelik olmadığını bilen ve bunu değiştirmeye eğilimli olanların oranının yüksek olduğu görülmektedir. Anahtarlı priz kullanımını önemseyenlerin önemsemeyenlere oranının eşit olduğu tespit edilmiştir.

5.2. Toplam Elektrik Tüketim Verilerinin Analizi

Anket yapılan toplam 100 konutun 2018 ve 2019 yıllarına ait bölüm 3.1.2’de anlatılan elektrik tüketim verileri Microsoft Office Excel yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. Konutların 2018 ve 2019 yılları aylara göre elektrik tüketim verilerinin minimum, maksimum, ortalama ve medyan değerleri ile yıllık toplam elektrik tüketimlerinin grafikleri Şekil 5.1 ve Şekil 5.2’de gösterilmiştir.



Şekil 5.1 2018 Yılı 100 Konut Toplam Elektrik Tüketimi ve Temel İstatistik Değerleri (kWh)

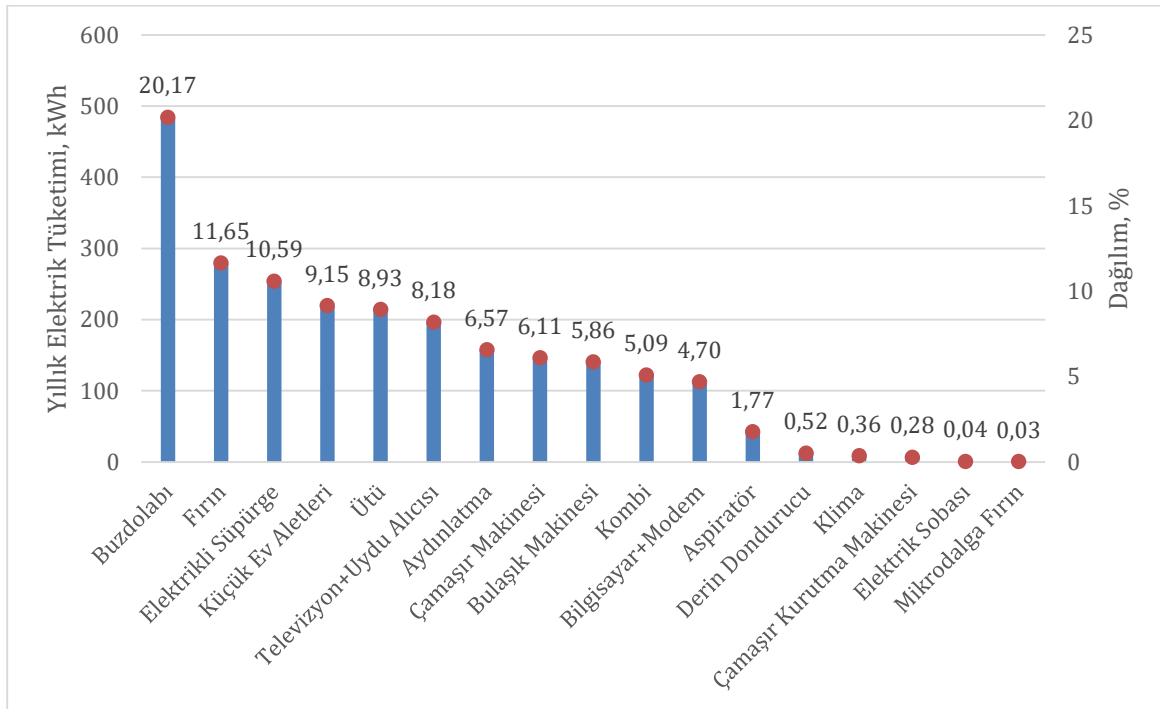


Şekil 5.2 2019 Yılı 100 Konut Toplam Elektrik Tüketimi ve Temel İstatistik Değerleri (kWh)

Buna göre 2018 yılı aylara göre elektrik tüketimi ortalaması 171 kWh, yıllık elektrik tüketimi ortalaması 2065 kWh'tir. 2019 yılı aylara göre elektrik tüketimi ortalaması 163 kWh, yıllık elektrik tüketimi ortalaması 1960 kWh'tir. Şahin [44], Ankara'da ortalama bir konutta yıllık aktif cihaz elektrik tüketimini 2012 yılında 2501 kWh olarak tespit etmiştir. Çin'de Chen ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada ortalama yıllık konut elektrik tüketimi 2650 kWh olarak bildirilmiştir [67]. Bu çalışmada hesaplanan ortalama bir konutta yıllık aktif cihaz elektrik tüketimi 2018 yılında 2065 kWh, 2019 yılında 1960 kWh değerleri, literatür ile benzerlik göstermektedir.

5.3. Nihai Elektrik Tüketim Sonuçlarının Analizi

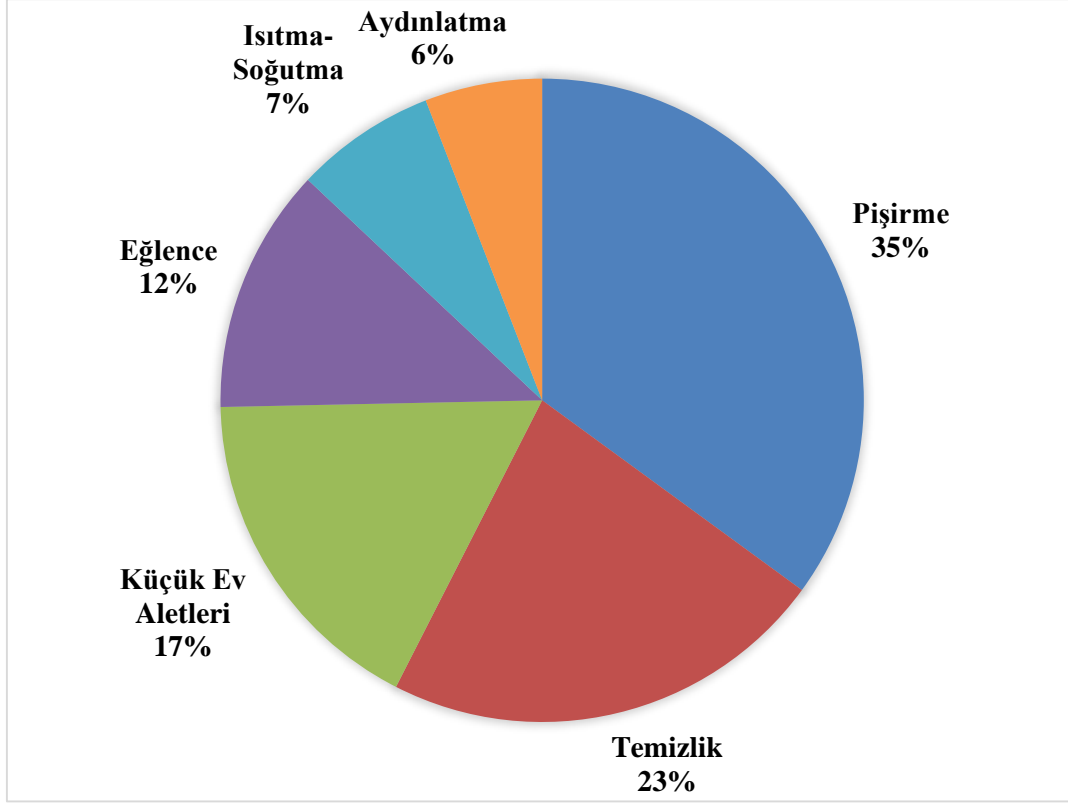
Bu kısımda daha önce bölüm 3.1.3'te anlatılan, konutların aktif cihaz kullanımı ve aydınlatmadan kaynaklı elektrik tüketim verilerinin sonuçları aktarılmış ve sonuçlar analiz edilmiştir. 100 konutun nihai kullanım elektrik tüketim değerlerinin ortalamalarının toplam tüketimdeki oranları belirlenmiş ve Şekil 5.3'te gösterilmiştir.



Şekil 5.3 100 Konutun Yıllık Nihai Elektrik Tüketim Ortalama Değer (kWh/yıl) ve Oranları (%)

Buna göre, nihai elektrik tüketimleri içinde % 20'lik payla en yüksek elektrik tüketimine sahip cihazın buzdolapları olduğu görülmektedir. Hasanuzzaman ve arkadaşlarının [68] Malezya'da yaptıkları çalışmada buzdolaplarının elektrik tüketim oranları % 26, Şahin'in [44] Ankara'da yaptığı çalışmada ise bu oran %31 olarak bildirilmiştir. Çalışmanın bu konuda literatür ile benzerlik gösterdiği söylenebilir.

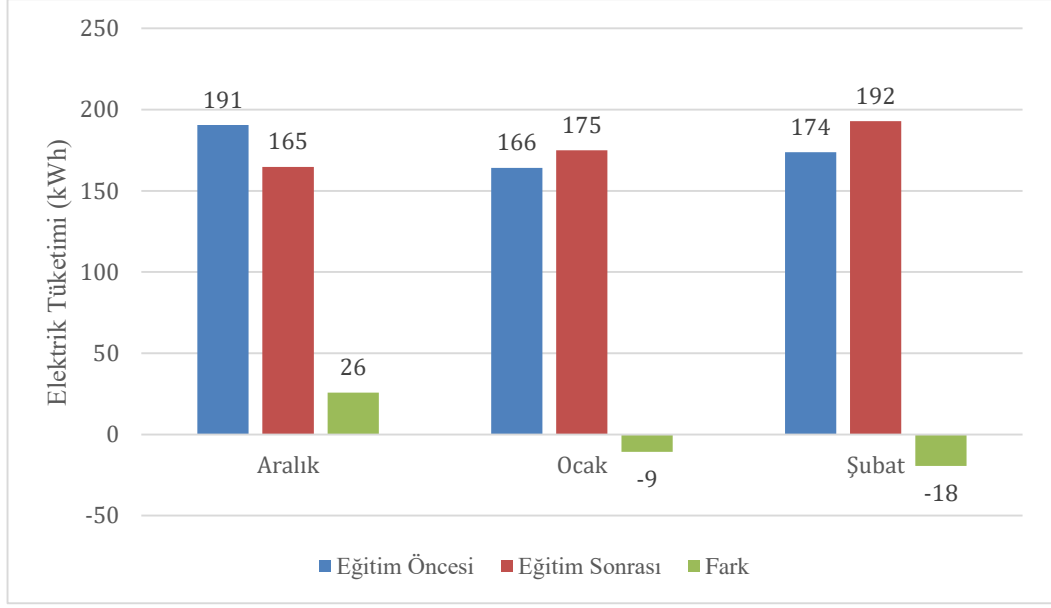
Nihai elektrik tüketimleri pişirme (buzdolabı, derin dondurucu, fırın, mikrodalga fırın, aspiratör), temizlik (çamaşır makinesi, çamaşır kurutma makinesi, bulaşık makinesi, elektrikli süpürge), ısıtma-soğutma (elektrik sobası, kombi, klima), eğlence (televizyon, uydu alıcısı, bilgisayar, modem), küçük ev aletleri (ütü dahil) ve aydınlatma olarak gruplandırıldığında; 100 konutun nihai tüketim grup verilerinin ortalamalarının dağılımı Şekil 5.4'te gösterilmektedir. Buna göre pişirme grubu elektrik tüketim ortalaması % 35, temizlik grubu elektrik tüketim ortalaması % 22, küçük ev aletleri grubu elektrik tüketim ortalaması % 17, eğlence grubu elektrik tüketim ortalaması % 12, ısıtma-soğutma grubu elektrik tüketim ortalaması % 7 ve aydınlatma grubu elektrik tüketim ortalaması ise % 6'dır. Hacettepe Üniversitesi tarafından yürütülmüş olan "Bekleme Konumu Elektrik Tüketimi Projesi" [69] kapsamında yapılan hesaplamalar sonucunda; bekleme konumu elektrik tüketimleri haricinde aktif cihaz tüketim ortalaması % 92, aydınlatma tüketim ortalaması % 8 olarak bildirilmiştir. Yunan İstatistik Kurumu'nun [70] raporuna göre ise aktif cihaz tüketim ortalaması % 93,6, aydınlatma tüketim ortalaması % 6,4 olarak bildirilmiştir. Bu çalışmada da aktif cihaz tüketim ortalaması % 94, aydınlatma tüketim ortalaması % 6 olarak hesaplanmış; literatür ile benzerliği ortaya konmuştur.



Şekil 5.4 100 Konutun Nihai Tüketim Grup Verilerinin Ortalamalarının Dağılımı

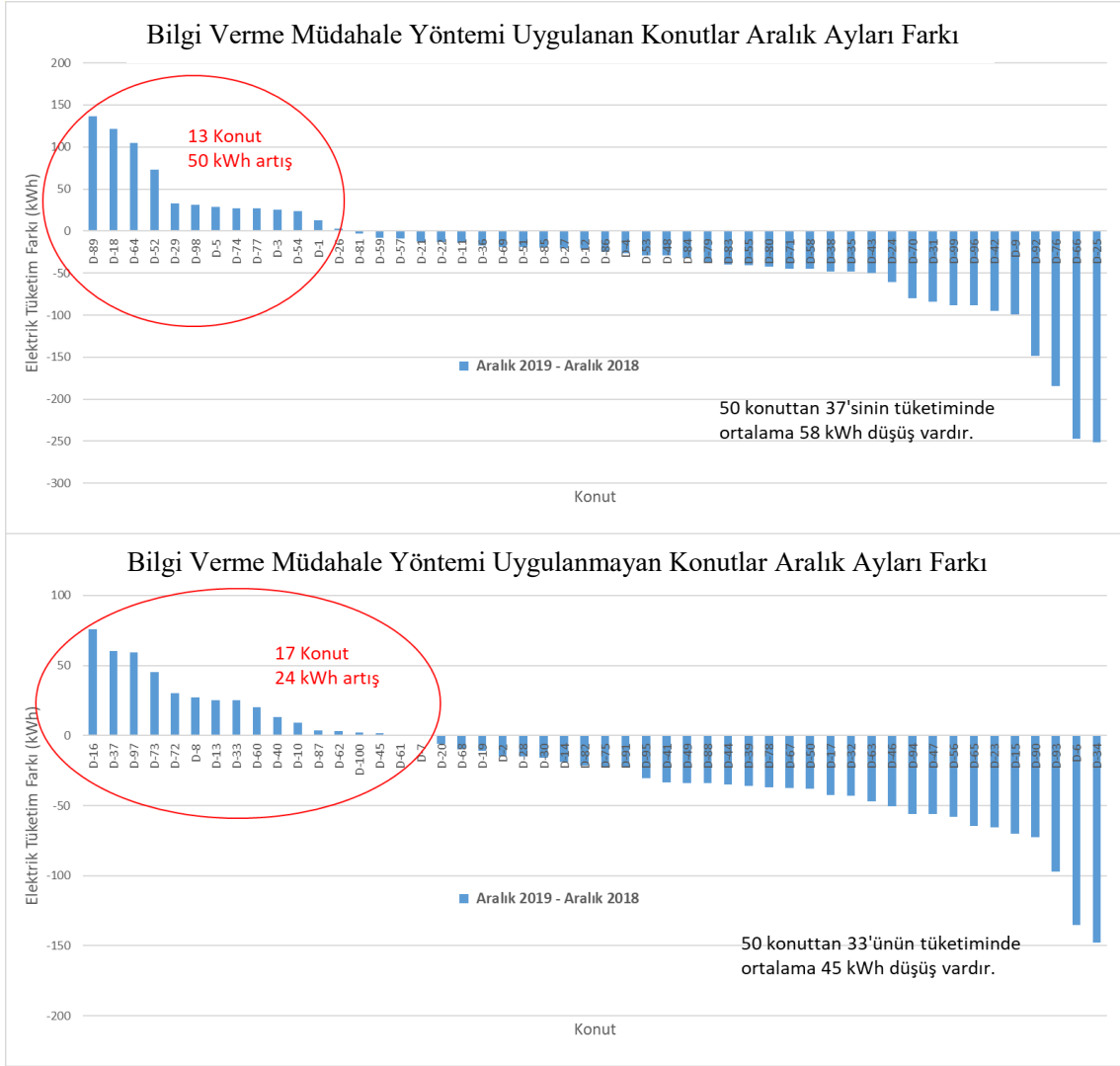
5.4. Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Uygulanan ve Uygulanmayan Konutların Elektrik Tüketimlerinde Değişimlerin Analizi

Bölüm 3.1.4’te detaylı olarak anlatılan elektrik tasarrufuna yönelik bilgi verme stratejisi ile müdahale yöntemi verileri istatistiksel olarak analiz edilmiş ve bilgi verme müdahale yöntemi uygulanan ve uygulanmayan konutların elektrik tüketim değerleri bir önceki yılın aynı aylarındaki elektrik tüketim değerleri ile karşılaştırılarak elektrik tüketimlerdeki değişimler hesaplanmıştır. Bilgi verme müdahale yönteminin uygulandığı ay olan 2019 Kasım ayından sonraki üç ay ile bir önceki yılın aynı ayları arasındaki ortalamalar ve farkları Şekil 5.5’teki gibidir.



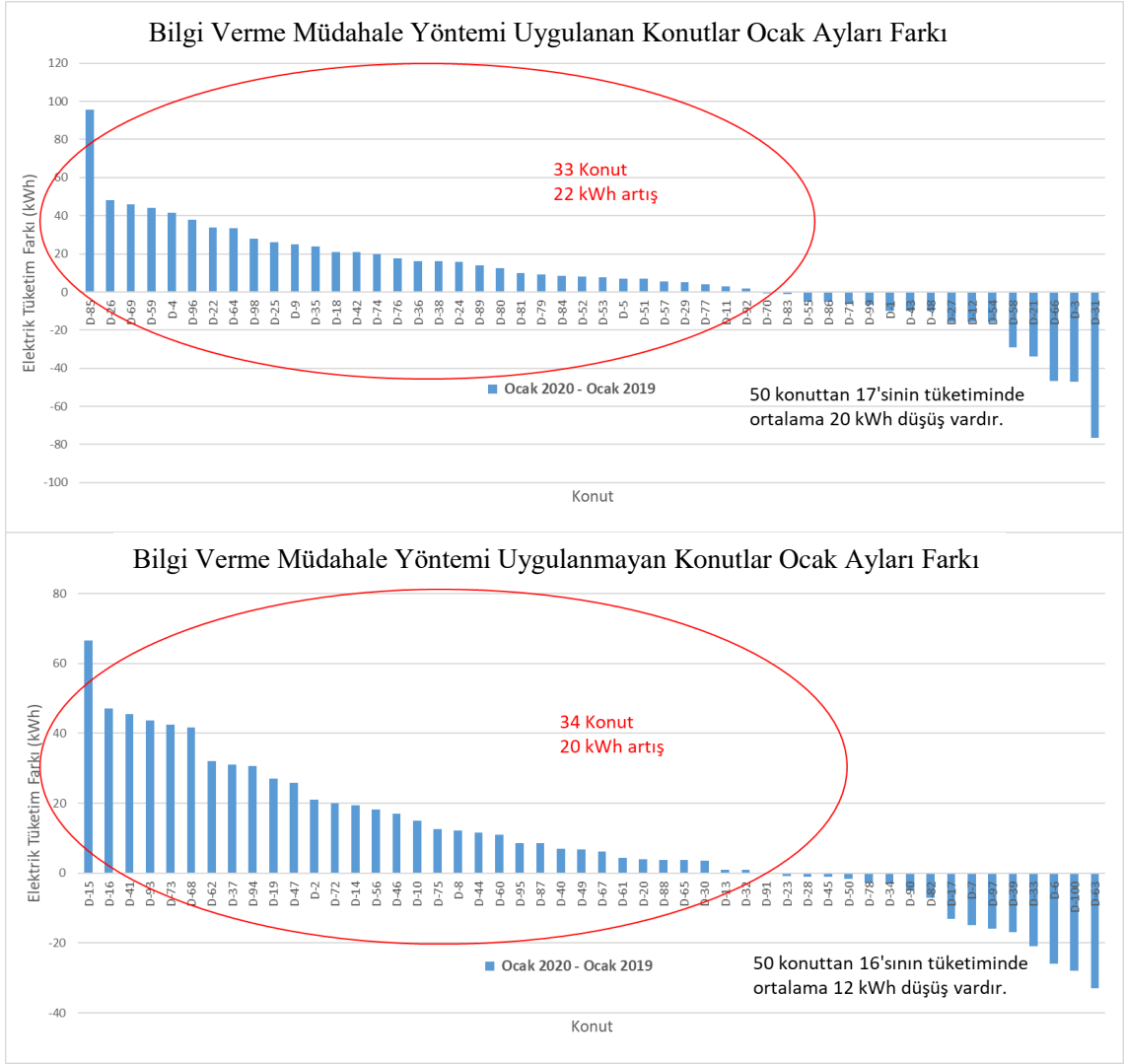
Şekil 5.5 Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Öncesi ile Sonrası Ortalama Değişim ve Farklar

Buna göre bilgi verme müdahale yöntemi uygulandıktan hemen sonraki ay olan 2019 Aralık ayında elektrik tüketiminde bir önceki yılın Aralık ayına göre düşüş olmuş, onu takip eden Ocak ve Şubat aylarında ise bir önceki yılın aynı aylarına göre artış gözlenmiştir. Şekil 5.6, Şekil 5.7 ve Şekil 5.8’de bilgi verme müdahale yöntemi uygulanan ve uygulanmayan konutların tüketim farkları detaylı olarak gösterilmektedir.



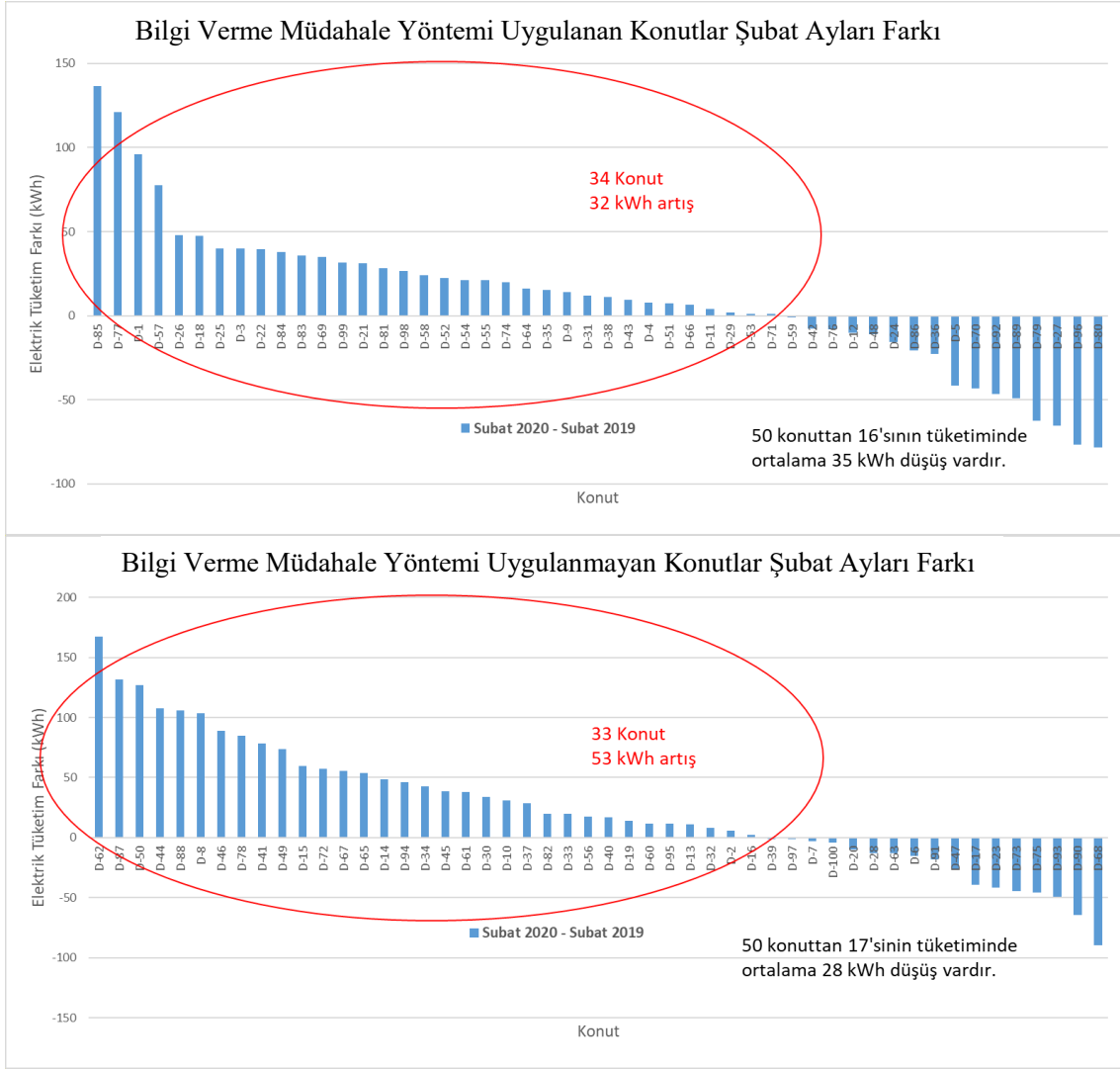
Şekil 5.6 Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Uygulanan ve Uygulanmayan Konutların Aralık Ayları Karşılaştırması

Buna göre Aralık ayı tüketimlerine göre bilgi verme müdahale yöntemi uygulanan 50 konutun 37 tanesinde elektrik tüketimi ortalama 58 kWh düşmüş, 13 tanesinde elektrik tüketimi ortalama 50 kWh artmıştır. Bilgi verme müdahale yöntemi uygulanmayan 50 konutun ise 33 tanesinde elektrik tüketimi ortalama 45 kWh düşmüş, 17 tanesinde elektrik tüketimi ortalama 24 kWh artmıştır.



Şekil 5.7 Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Uygulanan ve Uygulanmayan Konutların Ocak Ayları Karşılaştırması

Buna göre Ocak ayı tüketimlerine göre bilgi verme müdahale yöntemi uygulanan 50 konutun 17 tanesinde elektrik tüketimi ortalama 20 kWh düşmüş, 33 tanesinde elektrik tüketimi ortalama 22 kWh artmıştır. Bilgi verme müdahale yöntemi uygulanmayan 50 konutun ise 16 tanesinde elektrik tüketimi ortalama 12 kWh düşmüş, 34 tanesinde elektrik tüketimi ortalama 20 kWh artmıştır.



Şekil 5.8 Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Uygulanan ve Uygulanmayan Konutların Şubat Ayları Karşılaştırması

Buna göre Şubat ayı tüketimlerine göre bilgi verme müdahale yöntemi uygulanan 50 konutun 16 tanesinde elektrik tüketimi ortalama 35 kWh düşmüş, 34 tanesinde elektrik tüketimi ortalama 32 kWh artmıştır. Bilgi verme müdahale yöntemi uygulanmayan 50 konutun ise 17 tanesinde elektrik tüketimi ortalama 28 kWh düşmüş, 33 tanesinde elektrik tüketimi ortalama 53 kWh artmıştır.

Çizelge 5.27'de 2018-2019 yılları arasında 100 konutun tüm aylarda, elektrik tüketiminin en çok düştüğü Aralık aylarında, bilgi verme müdahale yöntemi uygulanan ve uygulanmayan konutların Aralık aylarında elektrik tüketim ortalama farkları gösterilmektedir.

Çizelge 5.27 Tüm Aylar ve Aralık Ayları Ortalama Elektrik Tüketim Farkları

	Ortalama Aylık Tüketimler (kWh)				Tüm Yıl
	Tüm Aylar	Aralık Ayları Tüm Konutlar	Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Uygulanan 50 Konut Aralık Ayı	Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Uygulanmayan 50 Konut Aralık Ayı	
2018	171	191	238	143	2058
2019	163	165	208	122	1960
Fark	-8	-26	-30	-21	-98

Buna göre Aralık ayı için bilgi verme müdahale yöntemi uygulanan konutlardaki tüketim ortalamaları farkı, bilgi verme müdahale yöntemi uygulanmayan konutlarınkine göre daha fazladır ve ortalama farka göre de yüksektir.

Çizelge 5.28’de bilgi verme müdahale yöntemi uygulanan ve uygulanmayan konutların Ocak aylarında elektrik tüketim ortalama farkları gösterilmektedir.

Çizelge 5.28 2019-2020 Ocak Ayları Ortalama Elektrik Tüketim Farkları

	Ortalama Tüketimler (kWh)		
	Ocak Ayları Tüm Konutlar	Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Uygulanan 50 Konut Ocak Ayı	Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Uygulanmayan 50 Konut Ocak Ayı
Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Öncesi	166	206	127
Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Sonrası	175	213	136
Fark	9	7	9

Fark değerinin pozitif olması, tüketimlerde artış olduğunu göstermektedir. Buna göre Ocak ayı için bilgi verme müdahale yöntemi uygulanan konutlardaki tüketim ortalamaları farkı, bilgi verme müdahale yöntemi uygulanmayan konutlarınkine göre daha azdır ve ortalama fark ile hemen hemen aynıdır.

Çizelge 5.29’da ise bilgi verme müdahale yöntemi uygulanan ve uygulanmayan konutların Şubat aylarında elektrik tüketim ortalama farkları gösterilmektedir.

Çizelge 5.29 Şubat Ayları Ortalama Elektrik Tüketim Farkları

	Ortalama Tüketimler (kWh)		
	Şubat Ayları Tüm Konutlar	Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Uygulanan 50 Konut Şubat Ayı	Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Uygulanmayan 50 Konut Şubat Ayı
Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Öncesi	174	214	133
Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Sonrası	192	225	159
Fark	18	11	26

Buna göre Şubat ayı için bilgi verme müdahale yöntemi uygulanan konutlardaki tüketim ortalamaları farkı, bilgi verme müdahale yöntemi uygulanmayan konutlarınkine göre daha azdır ve ortalama farka göre de düşüktür.

Bilgi verme müdahale yöntemi ile konutların elektrik tüketimindeki değişimler yüzde olarak Çizelge 5.30’da gösterildiği gibidir.

Çizelge 5.30 Bilgi Verme Müdahale Yöntemi ile Konutların Elektrik Tüketimindeki Değişimlerin Yüzdesi

Bilgi Verme Müdahale Yönteminden Sonraki Ay – Bir Önceki Yılın Aynı Ayı	Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Uygulanan Konutlar Elektrik Tüketimleri Değişimleri	Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Uygulanmayan Konutlar Elektrik Tüketimleri Değişimleri	Fark
Aralık 2019 - Aralık 2018	-9%	-7%	-2%
Ocak 2020 - Ocak 2019	4%	8%	4%
Şubat 2020 - Şubat 2019	6%	24%	18%

Çizelgede hem bilgi verme müdahale yöntemi uygulanan 50 konutun, hem de bilgi verme müdahale yöntemi uygulanmayan 50 konutun bilgi verme müdahale yönteminden sonraki aylar ile bir önceki yılın aynı ayları arasındaki aylık ortalama elektrik tüketimlerinin yüzde değişimleri gösterilmektedir. Buna göre bilgi verme müdahale yöntemi uygulanan konutların bilgi verme müdahale yönteminden sonra elektrik tüketimlerinde bir önceki yıla oranla Aralık ayında %9 azalış, Ocak ayında %4 artış ve Şubat ayında %6 artış olmuştur. Bilgi verme müdahale yöntemi uygulanmayan konutların bilgi verme müdahale yönteminden sonra elektrik tüketimlerinde bir önceki yıla oranla Aralık ayında %7 azalış,

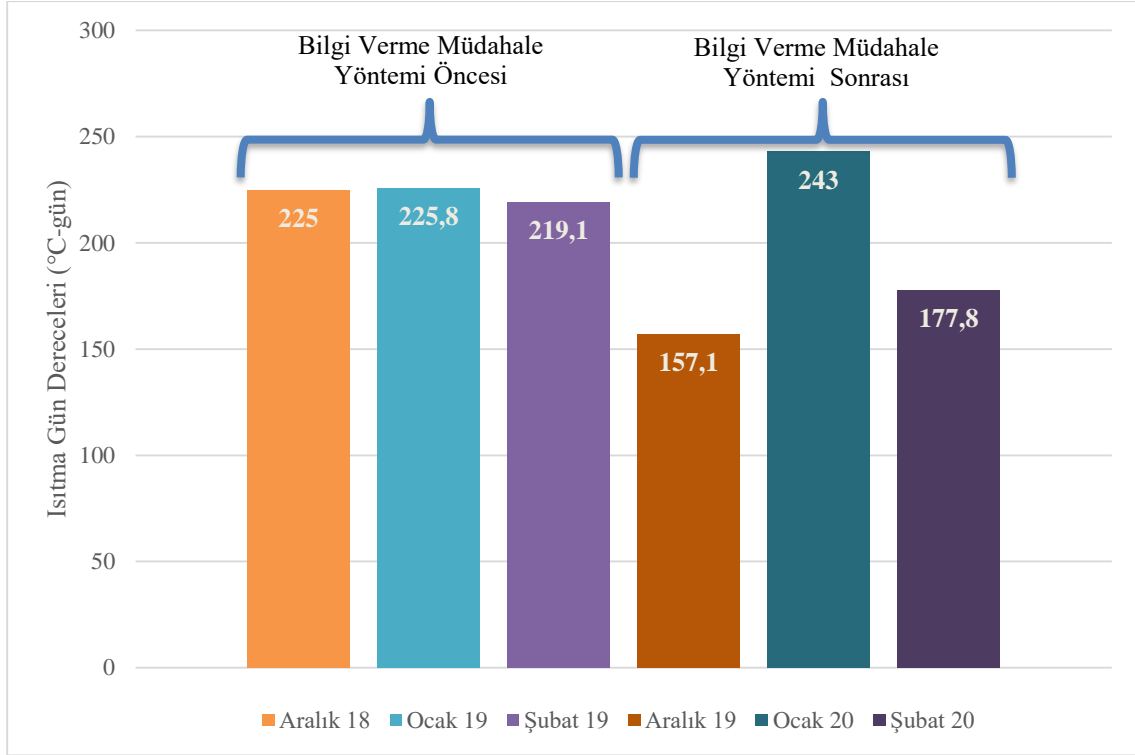
Ocak ayında %8 artış, Şubat ayında %24 artış olmuştur. Bilgi verme müdahale yöntemi uygulanan konutlar ile bilgi verme müdahale yöntemi uygulanmayan konutlar karşılaştırıldığında, bilgi verme müdahale yöntemi uygulanan konutlarda elektrik tüketimi düşüşünün bilgi verme müdahale yöntemi uygulanmayan konutlara göre Aralık ayında %2 daha fazla, Ocak ayında %4 daha fazla ve Şubat ayında %18 daha fazla olduğu görülmektedir. Bu fark, bilgi verme müdahale yöntemi uygulanan konutlarda bilgi verme müdahale yönteminden sonra elektrik tüketimindeki artışın bilgi verme müdahale yöntemi uygulanmayan konutların elektrik tüketimlerine göre daha yavaş arttığı sonucunu vermektedir. Sonuç olarak; bilgi verme müdahale yöntemi uygulanan konutlarda elektrik tüketimi düşüşünün bilgi verme müdahale yöntemi uygulanmayan konutlara göre genel olarak daha fazla veya artışının daha az olduğu söylenebilir. Bilgi verme müdahale yönteminin etkisinin ilk ayda elektrik tüketimine daha etkili olduğu hem literatür hem de bu çalışmanın genel sonuçları ile uyumludur.

Bilgi verme müdahale yöntemi öncesi ile sonrası ayların ısıtma gün dereceleri Çizelge 5.31’de karşılaştırılmaktadır. Buna göre Aralık 2018 ve Şubat 2019’un ısıtma gün dereceleri, Aralık 2019 ve Şubat 2020’nin ısıtma gün derecelerine göre daha yüksektir. Ocak 2019’un ısıtma gün derecesi ise Ocak 2020’nin ısıtma gün derecesinden daha düşüktür.

Çizelge 5.31 Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Öncesi ile Sonrası Ayların Isıtma Gün Dereceleri

	Aylık Ortalama Sıcaklıklar (°C)	Isıtma Gün Dereceleri (°C)
Ara.18	7,7	225,0
Oca.19	7,7	225,8
Şub.19	7,2	219,1
Ara.19	10,1	157,1
Oca.20	7,2	243,0
Şub.20	9	177,8

Şekil 5.9’da bilgi verme müdahale yöntemi öncesi üç ayın ortalama ısıtma gün derecesinin 223,3 °C-gün, bilgi verme müdahale yöntemi sonrası üç ayın ortalama ısıtma gün derecesi 192,6 °C-gün olduğu görülmektedir.



Şekil 5.9 Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Öncesi ile Sonrası Ayların Isıtma Gün Derecelerinin Karşılaştırması

2018-2019 yılları için yıllık ısıtma gün derecelerinin ortalamaları ise sırasıyla 301 ve 184 °C-gündür. Buna göre genel olarak 2018 yılının 2019 yılına göre daha soğuk olduğu anlaşılmaktadır. Çizelge 5.32’de de genel olarak 2018 yılı ortalama elektrik tüketiminin 2019 yılı ortalama elektrik tüketimine göre 98 kWh daha fazla olduğu görülmektedir. 2018 yılının 2019 yılına göre daha soğuk olması, 2018 yılı ortalama elektrik tüketiminin 2019 yılı ortalama elektrik tüketimine göre daha yüksek olmasının nedenlerinden olduğu söylenebilir.

Çizelge 5.32 2018-2019 Yılları Aylık ve Yıllık Ortalama Elektrik Tüketimleri

	Ortalama Tüketimler (kWh)	
	Tüm Aylar	Tüm Yıl
2018	171	2058
2019	163	1960
Fark	-8	-98

Bilgi verme müdahale yöntemi uygulanan konutların bilgi verme müdahale yöntemi uygulanmadan önce ve uygulandıktan sonrasındaki tüketimleri arasında istatistiksel

olarak anlamlı fark olup olmadığı belirlenmiştir. Buna göre yapılan ANOVA testleri Çizelge 5.33 ve Çizelge 5.34’te gösterilmektedir.

ÖZET				
Gruplar	Konut Sayısı	Toplam Elektrik Tüketimi (kWh)	Ortalama Elektrik Tüketimi (kWh)	Varyans
Aralık 2018	50	11891	237,8	4184,9
Aralık 2019	50	10380	207,6	3000,0

Çizelge 5.33 Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Uygulanan Konutların Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Uygulanmadan Önce ve Uygulandıktan Sonrasındaki Tüketimleri Arasında ANOVA Testi 1

ANOVA						
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	p-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	22831,21	1	22831,21	6,355272	0,01331681	3,9381110
Gruplar İçinde	352063,38	98	3592,483469			
Toplam	374894,59	99				
				F	>	F ölçütü
				6,355272		3,9381110
					p-değeri 0,01 ile 0,05 aralığında	

Çizelge 5.34 Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Uygulanan Konutların Bilgi Verme Müdahale Yöntemi Uygulanmadan Önce ve Uygulandıktan Sonrasındaki Tüketimleri Arasında ANOVA Testi 2

Yapılan ANOVA testi sonucu bilgi verme müdahale yönteminin uygulandığı aydan sonraki ilk ay olan Aralık 2019 elektrik tüketimleri ile aynı ayın bir önceki yılı elektrik tüketimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p=0,013$). p değerinin 0,05’ten küçük olması durumu, bilgi verme müdahale yönteminin uygulandığı aydan hemen sonra bilgi verme müdahale yönteminin olumlu yönde etkisinin olduğunu kanıtlar niteliktedir.

Bilgi verme müdahale yöntemi uygulandıktan sonraki ikinci ve üçüncü aylar olan Ocak ve Şubat 2020 elektrik tüketimleri ile aynı ayların bir önceki yılı elektrik tüketimleri arasında yapılan ANOVA testleri sonucu istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır (Ocak ayları için $p=0,456$; Şubat ayları için $p=0,439$). p değerlerinin 0,05'ten büyük olması durumu, bilgi verme müdahale yönteminin uygulandığı aydan sonraki ikinci ve üçüncü aylarda bilgi verme müdahale yönteminin etkisinin azaldığını kanıtlar niteliktedir.

Bilgi verme müdahale yönteminden sonra elektrik tüketimleri değişmeyen konutlar ile tüketimleri azalan konutların ortak özelliklerinin olup olmadığı konusu ise tüm parametrelerde ANOVA testi uygulanarak incelenmiştir. Bütün kategoriler arasında yapılan ANOVA testleri sonucunda; bilgi verme müdahale yöntemi uygulanmasına rağmen elektrik tüketimleri değişmeyen konutlar ile bilgi verme müdahale yöntemi ile elektrik tüketimi azalan konutlar arasında tüm parametreler için istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ($p>0,05$) ve bunu gösteren Çizelge 5.35 aşağıdaki gibidir:

Çizelge 5.35 Bilgi Verme Müdahale Yönteminden Sonra Elektrik Tüketimleri Değişmeyen Konutlar ile Tüketimleri Azalan Konutların Parametreleri Arası ANOVA Testi

Parametre	Bilgi Verme Müdahale Yöntemi ile Tüketimleri Değişmeyen Konutların Ortalama	Bilgi Verme Müdahale Yöntemi ile Tüketimleri Azalan Konutların Ortalama	p değeri
Alan (m ²)	104	118	0,28
Birey Sayısı	3	3	0,99
Minimum Yaş	12	20	0,12
Maksimum Yaş	45	51	0,11
Minimum Eğitim Düzeyi (1-6 arası kategorik ölçek)	1	2	0,67
Maksimum Eğitim Düzeyi (1-6 arası kategorik ölçek)	5	4	0,10
Evde Bulunmayan Kişi Sayısı	2	2	0,95
Gelir Düzeyi (1-5 arası sıralama ölçek)	3	3	0,18
Kombi Kapatma Durumu (0-1 sınıflama ölçeği)	0	0	0,97
Kombi Tüketim Durumu (kWh)	114	130	0,12
Kombi Kullanım Süresi (saat/gün)	16	20	0,12
Buzdolabı Tüketim Durumu (kWh)	503	492	0,83

Fırın Tüketim Durumu (kWh)	260	311	0,38
Fırın Kullanım Süresi (saat/gün)	2	2	0,61
TV Tüketim Durumu (kWh)	171	155	0,69
Çamaşır Makinesi Tüketim Durumu (kWh)	129	176	0,29
Bulaşık Makinesi Tüketim Durumu (kWh)	199	172	0,23
Ütü Tüketim Durumu (kWh)	185	170	0,62
Aydınlatma Tüketim Durumu (kWh)	190	179	0,81
Işık Kapama Davranışı (0-1 sınıflama ölçeği)	0	1	0,11
Enerji Sınıfına Dikkat Etme (0-1-2 sınıflama ölçeği)	1	1	0,21
Evden Ayrılırken Prizleri Kapama Davranışı (0-1-2 sınıflama ölçeği)	1	1	0,42
Anahtarlı Priz Kullanım Davranışı (0-1 sınıflama ölçeği)	0	1	0,75
Tasarruf Davranışlarını Değiştirmeye Yönelim (1-2 kategorik ölçek)	1	1	0,44

Bilgi verme müdahale yönteminden sonra elektrik tüketimleri değişmeyen konutlar ile tüketimleri azalan konutların parametreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmaması, ancak bilgi verme müdahale yönteminden sonraki ilk ayda elektrik tüketimleri arasında anlamlı fark bulunması; bu değişimin çok büyük ölçüde bilgi verme müdahale yönteminden kaynaklandığını kanıtlar niteliktedir.

Bilgi verme müdahale yöntemi verilerinin sonuçları literatürle de uyumludur; Ouyang ve arkadaşları tarafından 2009'da Çin, Hangzhou'da yapılan benzer bir çalışmada hanehalkına verilen enerji tasarrufu eğitiminden sonraki ay ile aynı ayın bir önceki yıldaki verileri karşılaştırılmıştır [11]. Shen ve arkadaşları (2020) tarafından yapılan bir diğer çalışmada da eğitim verilen ayların başlangıcındaki ay ile bitişindeki ayı karşılaştırmışlardır [24]. Bu çalışma ile yukarıda bahsedilen iki çalışmada da, eğitimin etkisi eğitimden sonraki ilk ayda oldukça göze çarpmaktadır.

5.5. Modelleme Sonuçlarının Analizi

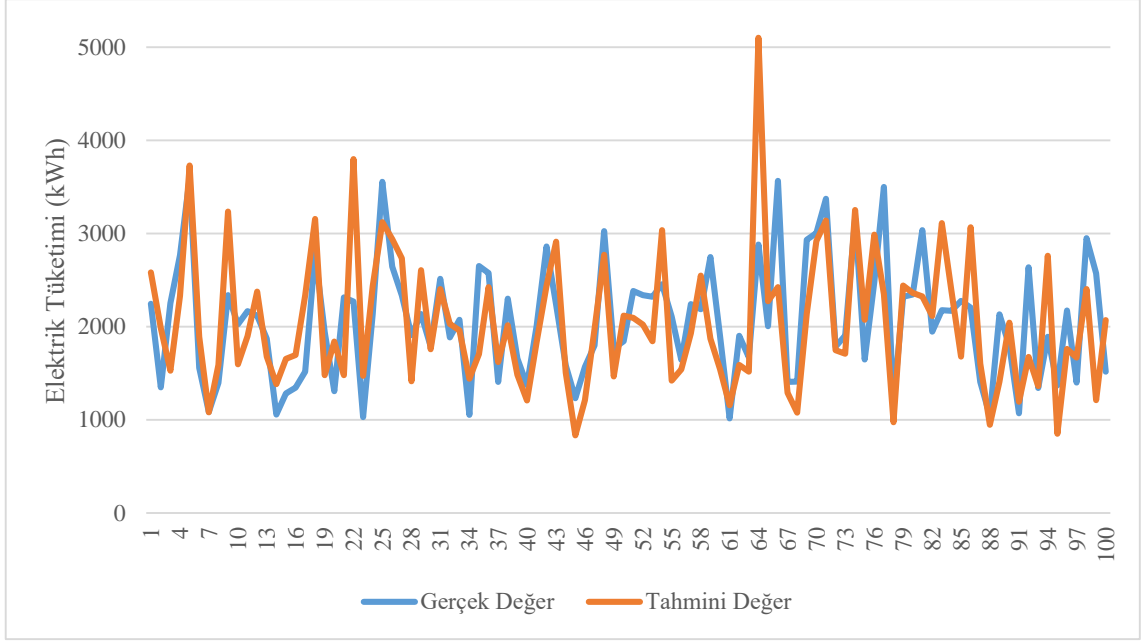
Modellemede kullanılan metot ve materyaller bölüm 4'te ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Bu çalışmada 100*24 matristen oluşan veri seti modellenmiştir. Veri setinin %75'i eğitim

verisi, %25'i ise test verisi olarak işlenmiştir. Veri setinin 75-25 oranında eğitim ve test verisi olarak bölünmesinin sebebi, Çizelge 5.36'da gösterilen denemelerin sonucunda en iyi MAPE değerinin bu oranda elde edilmesinden kaynaklanmaktadır.

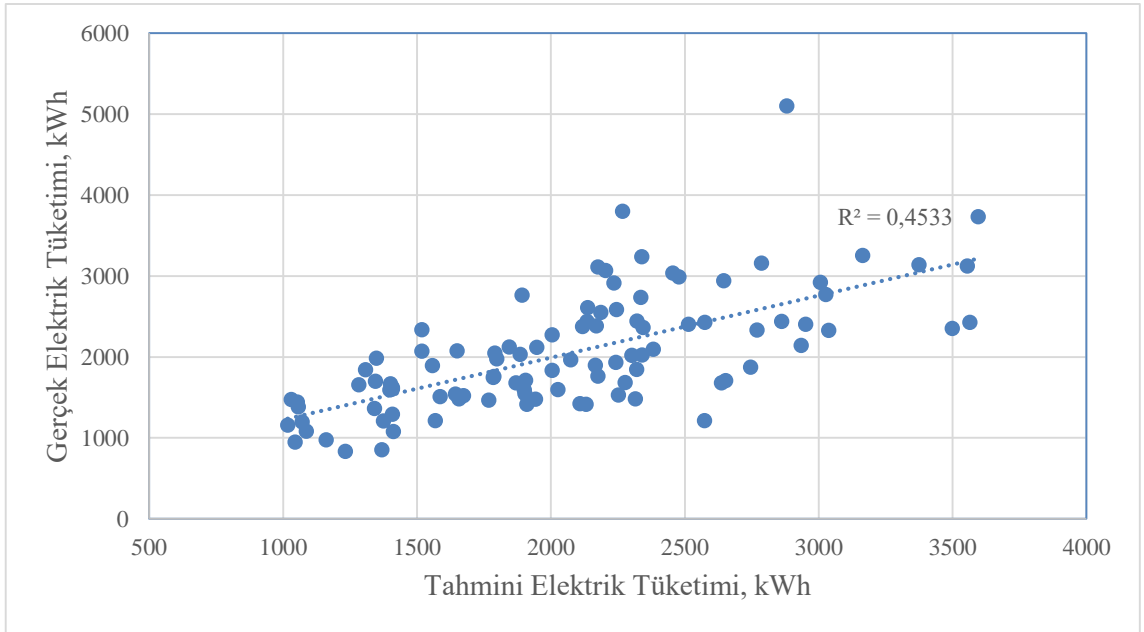
Çizelge 5.36 Eğitim ve Test Verilerinin Bölünme Yüzdeleri MAPE değerleri

Veri Bölme Yüzdeleri		MAPE (%)
% 60 Eğitim % 40 Test	Eğitim Verisi	48,01
	Test Verisi	28,54
	Tüm Veriler	42,25
% 65 Eğitim % 35 Test	Eğitim Verisi	38,99
	Test Verisi	26,35
	Tüm Veriler	48,14
% 70 Eğitim % 30 Test	Eğitim Verisi	34,09
	Test Verisi	24,10
	Tüm Veriler	34,14
% 75 Eğitim % 25 Test	Eğitim Verisi	36,09
	Test Verisi	22,04
	Tüm Veriler	34,13
% 80 Eğitim % 20 Test	Eğitim Verisi	39,74
	Test Verisi	24,73
	Tüm Veriler	27,86
% 85 Eğitim % 15 Test	Eğitim Verisi	37,84
	Test Verisi	26,33
	Tüm Veriler	30,99

Model, denemeler sonucu ulaşılan en iyi tahmin sonuçları değerlendirilerek, 50 iterasyonla ve 0,6 Range of Influence değerinde çalıştırılmıştır. Modelin eğitim RMSE (Root Mean Square Error-Kök Ortalama Kare Hata) değeri 0,038 olarak hesaplanmıştır. Eğitim RMSE değerinin 0'a yakın olması, sistemin çok iyi eğitildiğini göstermektedir. Test RMSE değeri 26,97, test MAPE (Mean Absolute Percentage Error-Ortalama Mutlak Yüzde Hata) değeri ise % 22,04 olarak hesaplanmıştır. ANFIS modelinden elde edilen tahminlerin gerçek tüketimler ile karşılaştırılması Şekil 5.10'daki gibidir. Gerçek ve tahmini değerler arasındaki ilişkiyi gösteren ANFIS modeli ise Şekil 5.11'deki gibidir.



Şekil 5.10 ANFIS Modelinden Elde Edilen Tahminlerin Gerçek Tüketimler ile Karşılaştırılması



Şekil 5.11 Gerçek ve Tahmini Değer Arasındaki İlişki

Sonuç olarak ANFIS'in MAPE değerini %10'un altında hesaplaması çok iyi, %20'nin altında hesaplaması iyi olarak değerlendirilmektedir [71]. Modelin test MAPE değerinin 22% olduğu göz önünde bulundurulduğunda, iyiye yakın tahmin gerçekleştirdiği söylenebilir.

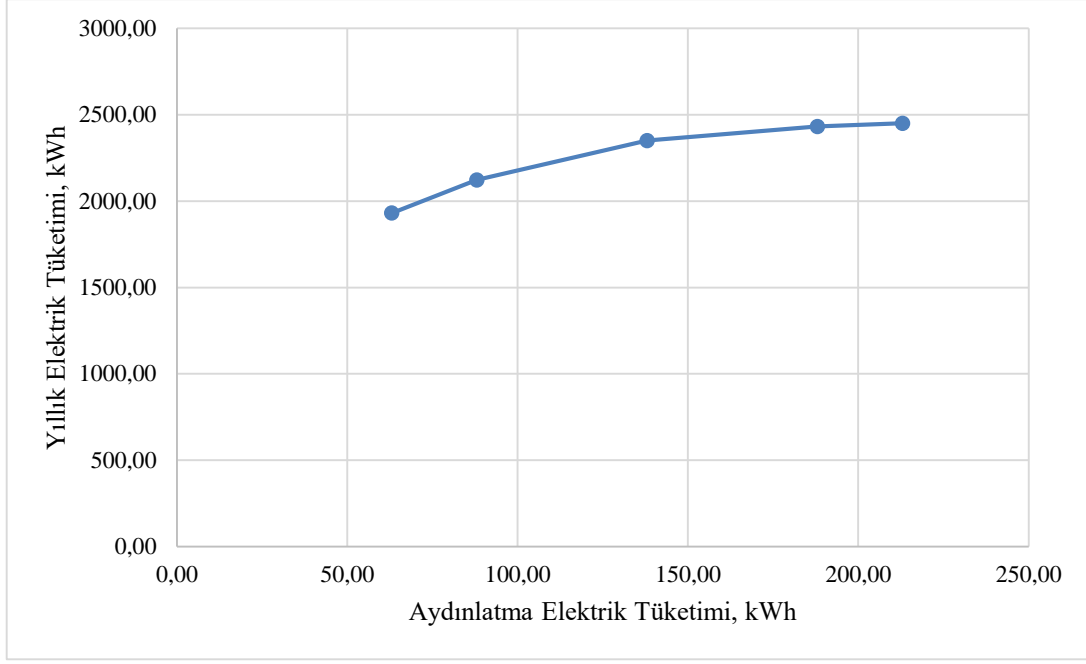
5.5.1. Modelin Duyarlılık Analizi Sonuçları

Bölüm 4.2.3'te genel olarak bahsedilen duyarlılık analizi, yıllık elektrik tüketiminin farklı aydınlatma elektrik tüketimi karşısındaki değişimi incelenerek yapılmıştır. Bu bağlamda rastgele seçilen bir konutun, diğer tüm parametreler sabit tutularak, aydınlatma elektrik tüketimi sırasıyla 75 ve 50 kWh düşürülmüş ve sonra sırasıyla 50 ve 75 kWh yükseltilmiş, böylece konutun yıllık elektrik tüketimindeki değişimler model tarafından tahmin edilmiştir. Sonuçlar Çizelge 5.37'de verilmiştir. Bu değişimin grafiği de Şekil 5.12'de görülmektedir.

Çizelge 5.37 Yıllık Elektrik Tüketiminin Aydınlatma Elektrik Tüketimi ile Değişimi

Değişim	Aydınlatma Elektrik Tüketimi, kWh	Yıllık Elektrik Tüketimi, kWh
-75	63,00	1930,86
-50	88,00	2122,55
Gerçek Tüketim	138,00	2350,78
+50	188,00	2432,01
+75	213,00	2450,63

Çizelge 5.37'de konutun aydınlatma elektrik tüketimi düşürüldükçe yıllık elektrik tüketiminin de düştüğü; aydınlatma elektrik tüketimi yükseltildikçe yıllık elektrik tüketiminin de yükseldiği görülmektedir. Model, 138 kWh aydınlatma elektrik tüketimi olan konutun yıllık elektrik tüketimini 2351 kWh olarak tahmin etmektedir.



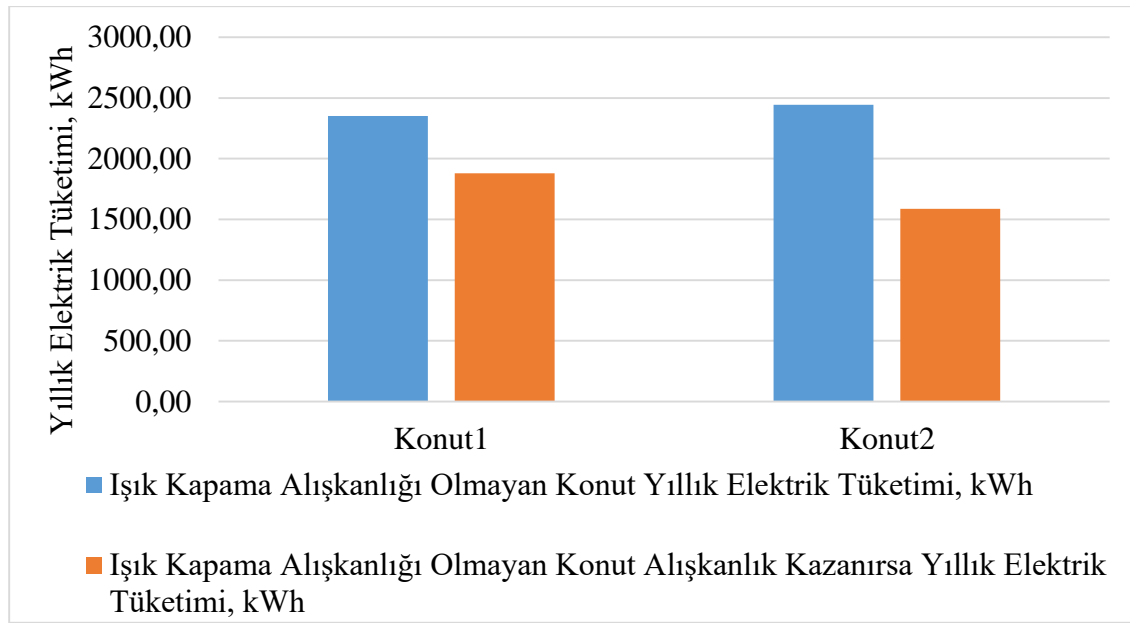
Şekil 5.12 Yıllık Elektrik Tüketiminin Aydınlatma Elektrik Tüketimi ile Değişimi

5.5.2. Modele Uygulanan Senaryoların Sonuçları

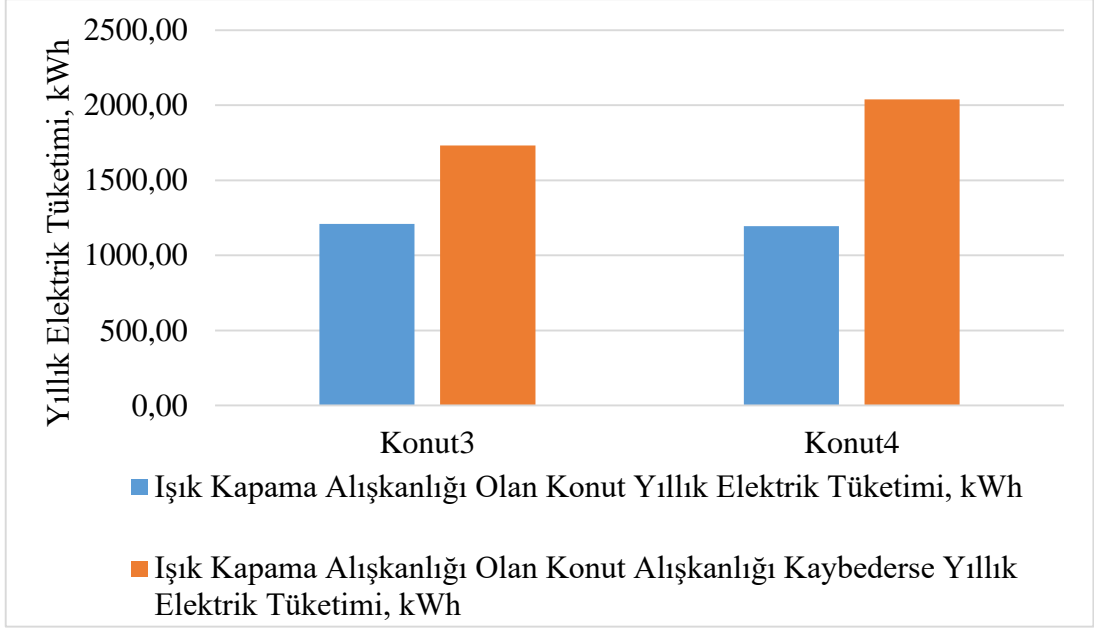
Bölüm 4.3'te genel olarak bahsedilen modele senaryoların uygulanması, bu bölümde detaylı olarak anlatılmaktadır. Modele uygulanan senaryolar çerçevesinde, davranış parametrelerinden olan ışık kapama alışkanlığı ve anahtarlı priz kullanım alışkanlığı değişkenlerindeki değişim karşısında yıllık elektrik tüketiminin değişimi incelenmiştir. Rastgele seçilen 4 adet konut her iki alışkanlık için de alışkanlık olma durumu olmama durumuna ve alışkanlık olmama durumu olma durumuna değiştirilerek modelin tahmin etmesi için işlenmiştir. 1. ve 2. konut hanehalkında, odadan çıkınca ışıkları kapama alışkanlığı yoktur. Bu alışkanlığı kazandıkları senaryoya göre yıllık elektrik tüketimlerinde değişim Çizelge 5.38'de görülmektedir. 3. ve 4. konut hanehalkının ise sahip oldukları bu alışkanlığı terk etme senaryosuna göre yıllık elektrik tüketimlerinde değişim de Çizelge 5.38'de görülmektedir. Bu değişimlerin grafikleri de Şekil 5.13 ve Şekil 5.14'te görülmektedir.

Çizelge 5.38 Yıllık Elektrik Tüketiminin Işık Kapama Alışkanlığı ile Değişimi

	Işık Kapama Alışkanlığı Olmayan Konutlar Yıllık Elektrik Tüketimi, kWh	Işık Kapama Alışkanlığı Olmayan Konutlar Alışkanlık Kazanırsa <u>Tahmini</u> Yıllık Elektrik Tüketimi, kWh	Senaryo ile Elde Edilen Elektrik Tüketim Değişimi, %
Konut1	2350,78	1879,60	20
Konut2	2443,14	1588,12	35
	Işık Kapama Alışkanlığı Olan Konutlar Yıllık Elektrik Tüketimi, kWh	Işık Kapama Alışkanlığı Olan Konutlar Alışkanlığı Kaybederse <u>Tahmini</u> Yıllık Elektrik Tüketimi, kWh	
Konut3	1210,20	1732,25	-43
Konut4	1196,01	2039,17	-70



Şekil 5.13 Işık Kapama Alışkanlığı Kazanan Konutlarda Yıllık Elektrik Tüketim Değişimi



Şekil 5.14 Işık Kapama Alışkanlığını Kaybeden Konutlarda Yıllık Elektrik Tüketim Değişimi

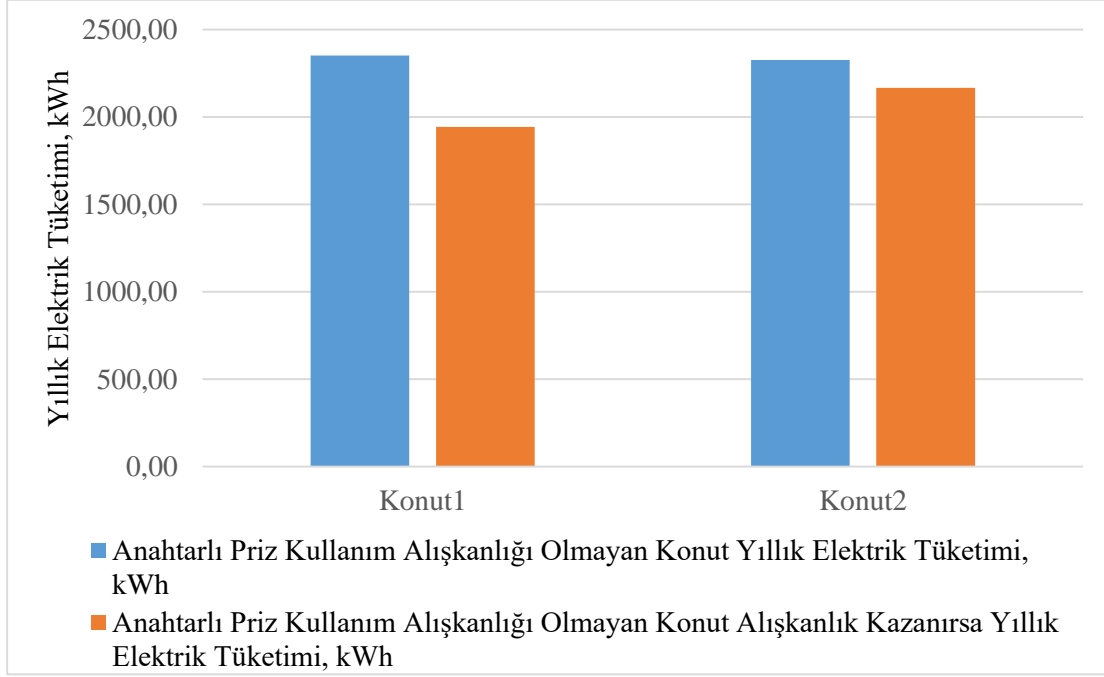
Buna göre, ışık kapama davranışı senaryosunda model; ışık kapama alışkanlığı kazanan konutların ilkinde yıllık elektrik tüketiminde %20 oranında azalma, ikincisinde ise %35 oranında azalma tahmin etmiştir. Işık kapama alışkanlığını kaybeden konutların ilkinde yıllık elektrik tüketiminde %43 oranında artış, ikincisinde ise %70 oranında artış tahmin etmiştir.

Çizelge 5.39’da yıllık elektrik tüketiminin anahtarlı priz kullanım alışkanlığı ile değişimi görülmektedir. Bu değişimlerin grafikleri de Şekil 5.15 ve Şekil 5.16’da görülmektedir.

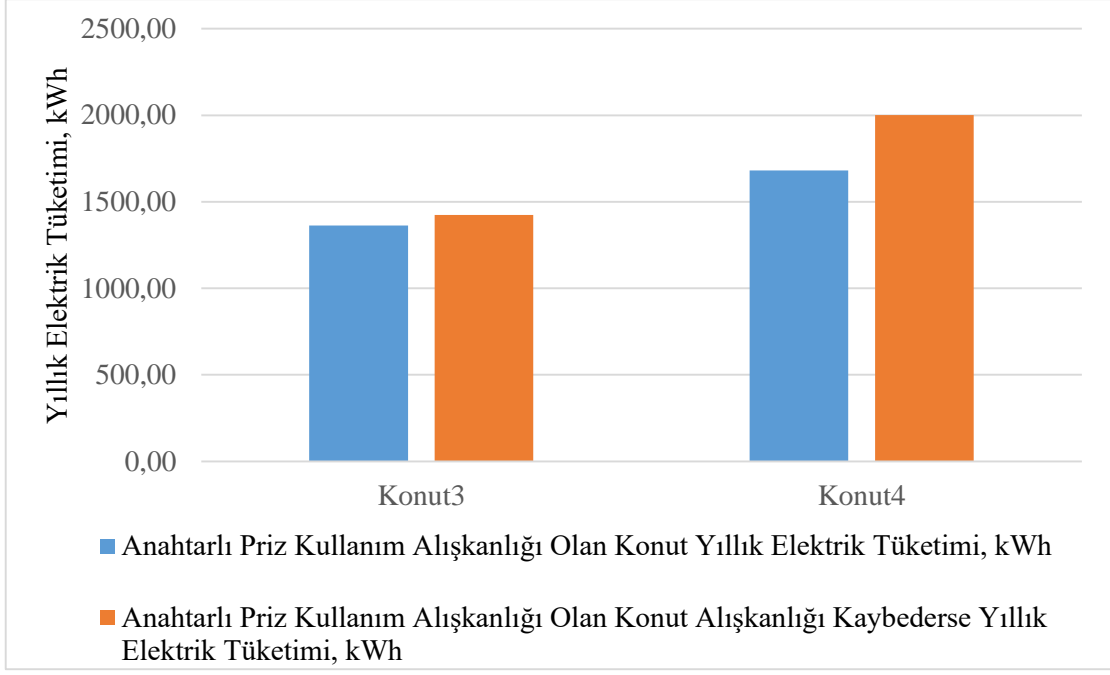
Çizelge 5.39 Yıllık Elektrik Tüketiminin Anahtarlı Priz Alışkanlığı ile Değişimi

	Anahtarlı Priz Kullanım Alışkanlığı Olmayan Konut Yıllık Elektrik Tüketimi, kWh	Anahtarlı Priz Kullanım Alışkanlığı Olmayan Konut Alışkanlık Kazanırsa <u>Tahmini</u> Yıllık Elektrik Tüketimi, kWh	Senaryo ile Elde Edilen Elektrik Tüketim Değişimi, %
Konut1	2350,78	1943,51	17
Konut2	2326,49	2165,53	7
	Anahtarlı Priz Kullanım Alışkanlığı Olan	Anahtarlı Priz Kullanım Alışkanlığı Olan	

	Konut Yıllık Elektrik Tüketimi, kWh	Konut Alışkanlığı Kaybederse <u>Tahmini</u> Yıllık Elektrik Tüketimi, kWh	
Konut3	1362,56	1424,28	-5
Konut4	1680,78	2000,53	-19



Şekil 5.15 Anahtarlı Priz Kullanım Alışkanlığı Kazanan Konutlarda Yıllık Elektrik Tüketim Değişimi



Şekil 5.16 Anahtarlı Priz Kullanım Alışkanlığını Kaybeden Konutlarda Yıllık Elektrik Tüketim Değişimi

Buna göre, anahtarlı priz kullanım alışkanlığı senaryosunda model; anahtarlı priz kullanım alışkanlığı kazanan konutların ilkinde yıllık elektrik tüketiminde %17 oranında azalma, ikincisinde ise %7 oranında azalma tahmin etmiştir. Anahtarlı priz kullanım alışkanlığını kaybeden konutların ilkinde yıllık elektrik tüketiminde %5 oranında artış, ikincisinde ise %19 oranında artış tahmin etmiştir.

Işık kapama alışkanlığının değiştirilmesi ile ilgili bir çalışma, Dennis ve arkadaşları tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada, aydınlatma düğmelerinin yanına işaretler koyarak gereksiz aydınlatma kullanımında %60 azalma sağlanabileceği bulunmuştur [19]. Işık kapama davranışı senaryosunda bu çalışmada modelin tahmin ettiği %20-35 azalma sonucu literatür ile uyumludur.

Bu tez çalışmasında çalışılan senaryolar dışında davranışın elektrik tüketimine etkileri aşağıdaki çalışmalarda da incelenmiştir. Bu çalışmalardan biri Al Mumin ve arkadaşlarına aittir. Çalışmada, aydınlatma yalnızca hane halkı odada bulunduğu sürece kullanılır ve klima 22°C yerine 24°C'ye ayarlanırsa yıllık elektrik tüketiminin %39 oranında azaldığı ENERWIN enerji simülasyon programı ile modellenmiştir [10]. Bir

diğer çalışma Ouyang ve Hokao tarafından yapılmıştır. Bu çalışmaya göre hanehalkının davranışlarının eğitim verilerek iyileştirilmesi ile evsel elektrik tüketiminde % 10'dan fazla tasarruf sağlanabileceği tespit edilmiştir [72]. Shen ve arkadaşları tarafından yapılan bir diğer çalışmada da, hanehalkına broşür ve yapışkanlı etiket yoluyla enerji tasarruf ipuçları müdahale yöntemi uygulanmış, çalışma periyodu boyunca kontrol grubuna kıyasla %5,55 oranında elektrik tasarrufu sağlandığı tespit edilmiştir [24].

5.6. Bölüm Sonucu

Bu bölümde tez çalışmasının sonuçları verilerek tartışılmıştır. Beş ana başlıktan oluşan sonuçlar ayrıntılı olarak verilmiştir. Bu ana başlıklardan ilki anket verilerinin sonuçları, ikincisi toplam elektrik tüketim verilerinin sonuçları, üçüncüsü konutlarda tüketilen aktif cihaz ve aydınlatma nihai elektrik tüketimlerinin sonuçları, dördüncüsü bilgi verme müdahale yöntemi verilerinin sonuçları ve sonuncusu tüm davranış ve alışkanlıkların konut elektrik etkisine etkisini modellemede kullanılan ANFIS modelinin sonuçlarıdır.

6. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın ana amacı; hanehalkı davranış ve alışkanlıklarının konut elektrik tüketimine etkisini belirlemek, konut elektrik tüketiminin bilgi verme müdahale yöntemi ile değişip değişmediğini araştırmak, konut elektrik tüketimine davranış ve alışkanlıkların etkisini daha büyük doğrulukla tahmin etmesi öngörülen ve daha önce denenmemiş bir modelleme yaklaşımı oluşturmak ve bu model ile senaryolar oluşturarak davranış ve alışkanlıkların elektrik tasarrufuna etkisinde en etkin yöntemleri belirlemektir. Bu tezde geliştirilen model, model üzerine uygulanan senaryolar ile hesaplanan enerji tasarrufları, Yalova'da bulunan 100 adet konuta uygulanması ilk defa yapılan bir çalışmadır.

Bu çalışmada ilk olarak ayrıntılı literatür taraması yapılmıştır. Daha sonra konutun fiziki özelliklerini, hanehalkının demografik öğelerini, konutta bulunan ana ve küçük elektrikli cihazların özellik ve kullanımlarını, aydınlatmayı, ısınmayı, hanehalkının elektrik kullanım ve tüketim davranışlarını detaylı şekilde saptamak için anket oluşturulmuş; H.Ü. Etik Kurul'a sunulmuş ve kurul tarafından onaylanmıştır. Anket uygulanan konutların sayısı basit tesadüfi örnekleme yöntemi ile belirlenmiş; ancak konutların mahremiyetinden ve saha çalışması yapılırken karşılaşılabilecek güvenlik sorunlarından ötürü konutlar gönüllülük esasına göre seçilmiştir. Yüz adet konuta anket uygulanmış; her konutun abone numaraları istenmiş ve toplam 26 aylık elektrik tüketim (sayaç) verileri UEDAŞ ve ABKMAE Muhasebe biriminden temin edilmiştir. Şahin [44] tarafından oluşturulan hesaplama motorunun veri tabanı güncellenmiş; anket bilgileri hesaplama motoru veri tabanına işlenmiş ve aktif cihaz ve aydınlatma tüketimleri hesaplanarak değerlendirilmiştir. Konutların özellikleri, hane halkının kullanım alışkanlıkları, nihai elektrik tüketimleri gibi parametreler IBM SPSS Statistics 22 programı ile analiz edilerek değerlendirilmiştir. Aşırı değerlere sahip veriler içeren anket sonuçları belirlenmiş; bu özellikteki konutlar ile tekrar temasa geçilmiş, bu yönde veriler düzeltilmiş ve güncellenmiştir. Bilgi verme müdahale yöntemi uygulanan konutlar, 2018 yılı toplam elektrik tüketim verilerine göre 100 konut içinde en fazla tüketime sahip 50 konut olarak belirlenmiştir. Bilgi verme müdahale yöntemi materyali hazırlanmış ve bastırılmıştır. Seçilen 50 adet konuta Kasım 2019'da bilgi verme müdahale yöntemi uygulanmıştır. 01.01.2018-01.08.2020 tarihleri arası için Yalova Merkez saatlik kuru termometre sıcaklığı verileri Yalova İl Meteoroloji Müdürlüğü'nden temin edilmiştir.

Temin edilen veriler analiz edilerek bilgi verme müdahale yöntemi öncesi ve sonrası karşılaştırılan aylar arasındaki sıcaklık farkları değerlendirilmiştir. Elde edilen tüm veriler, başlıca yapay zeka tekniklerinden bulanık mantık (fuzzy logic) yöntemi ile yapay sinir ağı yöntemlerinin hibrit tekniği olan, Adaptif Ağ Tabanlı Bulanık Mantık Çıkarım Sistemi (ANFIS) [52] metoduyla değerlendirilmiştir. Tüm verilerle ANFIS modeli oluşturulmuş; eğitim ve test hata oranları hesaplanmıştır. Oluşturulan modelin duyarlılık analizi yapılmıştır. Modele senaryolar uygulanmıştır.

Genel olarak çalışmanın sonuçları dört ana başlıktan oluşmaktadır. Bunlar anket sonuçları, nihai elektrik tüketim sonuçları, bilgi verme müdahale yöntemi uygulanan konutlara ait sonuçlar ve ANFIS programının sonuçları olarak özetlenmektedir. Buna göre ilk olarak anket sonuçları değerlendirildiğinde özetle önemli sonuçlar aşağıdaki gibidir.

- Buzdolabı, çamaşır makinesi ve elektrikli süpürge 100 konutun hepsinde mevcuttur. Konut elektrik tüketiminde oldukça öneme sahip olan bu cihazların kullanımında tasarrufa yönelik eğitim ve teşvik propagandaları ile büyük oranda tasarruf ve farkındalık sağlanması mümkün görünmektedir.
- Buzdolabının konumunu önemsemeyenlerin 100 konut içinden en fazla oran olan 63 konutu kapsadığı anlaşılmaktadır. Buzdolabının konumunun enerji tasarrufu adına önemli olduğu düşünüldüğünde, yüksek bir oranda tasarrufa önem verilmediği veya bu konu ile ilgili bilgi sahibi olunmadığı ortaya çıkmaktadır.
- Yiyeceklerin buzdolabına sıcak veya soğuk konulmasının enerji tasarrufunda önemli yeri olduğu ve ankete katılan hanehalkının bu duruma 100 konuttan 97'si gibi büyük bir oranda önem verdiği anlaşılmaktadır.
- Fırın çalışırken kapağını açmak ciddi bir enerji kaybına yol açmaktadır. Ankete katılan hanehalkının 81 tanesi fırın kapağını gerekmezse açmayarak bu enerji kaybını önlemektedir.
- Televizyonlar bekleme konumunda da elektrik harcarlar. Televizyonu düğmesinden kapatanlar %45 oranı ile en yüksektir. Ancak bekleme konumunda bırakanların oranı da %35 ile bu orana yakındır. Bekleme konumu elektrik tüketiminin konut elektrik tüketimi içerisinde %4 [44] paya sahip olduğu düşünüldüğünde, bu yönde yapılacak eğitim ve teşviklerin büyük oranda tasarruf sağlayacağı kaçınılmaz olmaktadır.

- Çamaşır makinesini tam doldurarak çalıştırmak da enerji tasarrufuna yönelik bir davranıştır. Bu konuda %76 oranında çamaşır makinesini tam doldurarak çalıştırmayı önemseme davranışı vardır.
- Bulaşıkları makinede yıkamak hem sudan hem de elektrikten tasarruf sağlamaktadır. Bulaşık makinesi kullanımı %84 ile en yüksek orandadır.
- Ütünün fişini ütü işi bitmesine az kala çekerek kendi sıcaklığından faydalanmak da bir enerji tasarrufu davranışıdır. 65 konutun bu durumu bilmediği veya önemsemediği, 32 konutun ise bu konuya duyarlı olduğu tespit edilmiştir.
- %56 oranında hanehalkı odadan çıkınca ışık kapama durumuna önem vermektedir.
- Hanehalkının tasarruflu ampul kullanımını %97 gibi büyük bir oranla önemseydiği anlaşılmaktadır.
- Beyaz eşya alırken enerji sınıfına dikkat edenler %67 oranındadır. İlk önce fiyata önem verenlerin oranı da %32'dir.
- Evden ayrılırken prizleri çıkaranların oranı %22, cihazların bazılarını prizde bırakanların oranı %36 olarak hesaplanmıştır. Prizleri çıkarmayanların oranı %42 ile en yüksek durumdadır.
- Anahtarlı priz kullanımı, bekleme konumu elektrik sarfiyatını azaltıcı bir kullanımdır. Bu kullanımı önemseyenlerin önemsemeyenlere oranı %50'dir.
- Bir kullanım alışkanlığının enerji tasarrufuna yönelik olmadığını bilen ve bunu değiştirmeye eğilimli olanların oranı %56 oranıyla en yüksektir.

İkinci olarak nihai elektrik tüketim sonuçları değerlendirildiğinde özetle önemli sonuçlar aşağıdaki gibidir.

- Pişirme grubu elektrik tüketim ortalaması %35, temizlik grubu elektrik tüketim ortalaması %22, ısıtma-soğutma grubu elektrik tüketim ortalaması %7, eğlence grubu elektrik tüketim ortalaması %12, küçük ev aletleri grubu elektrik tüketim ortalaması %17 ve aydınlatma grubu elektrik tüketim ortalaması ise %7 olarak hesaplanmıştır.
- Yalova'da 2018 yılı aylara göre elektrik tüketimi ortalaması 171 kWh, yıllık elektrik tüketimi ortalaması 2065 kWh'tir. 2019 yılı aylara göre elektrik tüketimi ortalaması 163 kWh, yıllık elektrik tüketimi ortalaması 1960 kWh'tir. Ankara'da ortalama bir konutta yıllık aktif cihaz elektrik tüketimi 2012 yılında 2501 kWh'tir.

Üçüncü olarak bilgi verme müdahale yöntemi uygulanan ve uygulanmayan konutların elektrik tüketimindeki değişimlerin sonuçları, bilgi verme müdahale yöntemi uygulanan ay olan 2019 Kasım ayından sonraki üç ay ile bir önceki yılın aynı ayları arasındaki ortalamalar ve farkları ile açıklanmaktadır. Buna göre;

- Bilgi verme müdahale yöntemi uygulandıktan hemen sonraki ay olan 2019 Aralık ayında elektrik tüketiminde bir önceki yılın Aralık ayına göre düşüş olmuş, onu takip eden Ocak ve Şubat aylarında ise bir önceki yılın aynı aylarına göre artış gözlenmiştir.
- Bilgi verme müdahale yöntemi uygulanan konutların bilgi verme müdahale yönteminden sonra elektrik tüketimlerinde sırasıyla ilk ayda %9 azalış, ikinci ayda %4 artış ve üçüncü ayda %6 artış olmuştur.
- Bilgi verme müdahale yöntemi uygulanan konutlar ile bilgi verme müdahale yöntemi uygulanmayan konutlar karşılaştırıldığında, bilgi verme müdahale yöntemi uygulanan konutlarda elektrik tüketimi düşüşü bilgi verme müdahale yöntemi uygulanmayan konutlara göre Aralık ayında %2 daha fazla, Ocak ayında %4 daha fazla ve Şubat ayında %18 daha fazla olmuştur.
- Bilgi verme müdahale yönteminden sonraki ilk ayda elektrik tüketimleri arasında anlamlı fark bulunmuştur; bu durum tüketimdeki değişimin çok büyük ölçüde bilgi verme müdahale yönteminden kaynaklandığını kanıtlar niteliktedir.

Dördüncü olarak modelleme sonuçları değerlendirildiğinde özetle önemli sonuçlar aşağıdaki gibidir.

- Modelin eğitim RMSE (Root Mean Square Error-Kök Ortalama Kare Hata) değeri 0,038 olarak hesaplanmıştır. Eğitim RMSE değerinin sifıra yakın olması, sistemin çok iyi eğitildiğini göstermektedir.
- Test RMSE değeri 26,97 ve test MAPE (Mean Absolute Percentage Error-Ortalama Mutlak Yüzde Hata) değeri ise % 22,04 olarak hesaplanmıştır. Modelin test MAPE değerinin % 22 olduğu göz önünde bulundurulduğunda, iyiye yakın tahmin gerçekleştirdiği söylenebilir.
- Modelin duyarlılık analizi sonucunda, model; konutun aydınlatma elektrik tüketimi düşürüldüğünde yıllık elektrik tüketiminde düşüş; aydınlatma elektrik

tüketiminin yükseltildiğinde ise yıllık elektrik tüketiminde yükseliş olduğunu tahmin etmiştir.

- Modele uygulanan senaryolardan ilki olan ışık kapama alışkanlığı değişkenindeki değişim karşısında yıllık elektrik tüketimindeki değişim incelendiğinde, ışık kapama alışkanlığı kazanan konutların yıllık elektrik tüketiminde azalış; ışık kapama alışkanlığını kaybeden konutların yıllık elektrik tüketiminde ise artış hesaplanmıştır.
- Modele uygulanan senaryolardan ikincisi olan anahtarlı priz kullanım alışkanlığı değişkenindeki değişim karşısında yıllık elektrik tüketimindeki değişim incelendiğinde, anahtarlı priz kullanım alışkanlığı kazanan konutların yıllık elektrik tüketiminde azalış; anahtarlı priz kullanım alışkanlığını kaybeden konutların yıllık elektrik tüketiminde ise artış hesaplanmıştır.

Bu çalışmanın ana amaçları dahilinde elde edilen ana sonuçlar ise aşağıdaki gibi özetlenebilir;

Anket sonuçlarına göre elektrik tüketimine etki eden davranışlar arasında;

- Hanehalkı tarafından yiyeceklerin buzdolabına soğuk konulmasının önemseme oranı %97'dir.
- Hanehalkının fırın çalışırken kapağını açmamayı önemseme oranı %81'dir.
- Hanehalkının tasarruflu ampul kullanımını önemseme oranı %97'dir.

Konutların nihai elektrik tüketim tahmin sonuçlarına göre;

- En yüksek oranda nihai kullanım %35 oranı ile pişirme grubu elektrikli ev aletleri kullanımına aittir.
- Ortalama bir konutun yıllık elektrik tüketimi 2065 kWh olarak hesaplanmıştır.

Elektrik tasarrufuna yönelik verilen bilgi verme müdahale yönteminin sonuçları incelendiğinde;

- Hanehalkının bilgi verme müdahale yöntemi ile konut elektrik tüketiminde %10 oranında ilk ayda azalma olduğu tespit edilmiştir.
- Bilgi verme müdahale yönteminin etkisinin bilgi verme müdahale yönteminden hemen sonra oldukça etkili, zaman geçtikçe azalmaya yönelik olduğu belirlenmiştir.

Yüksek tahmin performansı (test veri seti MAPE değeri %22) olan ANFIS modeli kullanılarak oluşturulan senaryoların sonuçlarına göre;

- Odadan çıkınca ışıkları kapatma alışkanlığı olmayan konutların bu alışkanlığı kazanması senaryosunda konut elektrik tüketiminde %20-35 oranında tasarruf edilebileceği ortaya konmuştur.
- Anahtarlı priz kullanma alışkanlığı olmayan konutların bu alışkanlığı kazanması senaryosunda konut elektrik tüketiminde %7-17 oranında tasarruf edilebileceği ortaya konmuştur.

6.1. Gelecekteki Çalışmalar İçin Öneriler

Bu tezin devamında yapılabilecek çalışmalar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Bu çalışmada Yalova ili kapsamında 100 adet konutun hanehalkı davranış ve alışkanlıklarının konut elektrik tüketimi üzerine etkisi araştırılmıştır. Konutların mahremiyetinden ve saha çalışması yapılırken karşılaşılabilecek güvenlik sorunlarından ötürü, seçilen temsili örneklemin, belirli bir istatistiki örnekleme yöntemi ile oluşturulamaması, temsili örneklem ile yapılan çalışmanın sonucunun anakütleyi yansıtamamasına, genelleme yapılamamasına neden olmaktadır. Bu bağlamda daha geniş kapsamlı bir çalışma yapılması doğruluk payını arttıracaktır.
- Sadece elektrik tüketimi değil tüm konut enerji tüketimi araştırılabilir.
- Ankette sorulan sorular yalnızca konutların elektrik enerjisi tüketimlerinin ve hanehalkının demografik, ekonomik, davranışsal özelliklerinin belirlenebilmesi için veri toplamaya yöneliktir; çevre duyarlılığı, iklim değişikliği farkındalığına dair sorular da ankete katılırsa hanehalklarının enerji tasarrufu konusunda genel farkındalık profilleri hakkında da bilgi sahibi olunabilir.
- Bu çalışmada aydınlatma ve ev aletleri kullanım profilleri üzerinden elektrik tasarrufuna yönelik müdahale yöntemi olarak bilgi verme stratejisi ile müdahale yöntemi uygulanmıştır. Belaid ve Garcia'nın 2016 yılında yaptıkları bir çalışma, enerji tasarrufu davranışlarını teşvik eden beş ana özelliğin etkisini vurgulamaktadır. Bunlar sırasıyla enerji fiyatı, hane geliri, eğitim düzeyi, hane reisinin yaşı ve konut enerji performansdır [73]. Bu enerji tasarrufunu teşvik eden beş özellik de değerlendirilerek konut elektrik tasarrufu konusunda daha ayrıntılı sonuçlara ulaşılabilir.
- Bu çalışmada bilgi verme müdahale yöntemi Kasım ayında uygulanmış; yöntemin etkisi kış ayları olan Aralık, Ocak ve Şubat'ta gözlenmiştir. Bilgi verme müdahale yönteminin farklı aylarda verilip, mevsimsel özelliklere göre nasıl değişeceği de hesaplanabilir.
- Elektrik tüketimi yüksek olan konutlarda yaşayan hanehalkının eğitim düzeyinin, düşük olan konutlara göre daha düşük olduğu saptanmıştır. Bu durum, enerji tasarruf farkındalığı konusunda eğitimin önemini kanıtlar niteliktedir. Elde edilen sonuç, devletin çeşitli eğitim ve teşvik yollarıyla halkı elektrik tüketiminde bilinçlendirmesi yönünde hedef kitleyi belirlemesine katkı sağlayabilir.

- Konut elektrik tüketimine etki eden parametrelerin nümerik olarak ortaya konulduğu bu çalışma, etki yüzdesi fazla olan parametreler üzerinden yapılacak eğitim ve teşvik çalışmalarına yön verebilir.
- Bu çalışma, devletin olası enerji projeksiyonları için oluşturacağı bir modelde davranış ve alışkanlıkların da dahil olduğu bir kaynak niteliği taşıyabilir. Bu çalışmada oluşturulan modelleme yaklaşımı, ilerde oluşturulabilecek enerji tahmin projeksiyonları için bir tercih niteliği taşıyabilir.
- Konutların elektrik tüketiminin modellenmesinde ANFIS yazılımı kullanılmıştır. Veriler farklı yapay zeka yazılımlarında da modellenip, yazılımların performansı karşılaştırılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Kang, X., J. An, and D. Yan, *A systematic review of building electricity use profile models*. Energy and Buildings, 2023. **281**: p. 112753.
- [2] Langevin, J., P.L. Gurian, and J. Wen, *Reducing energy consumption in low income public housing: Interviewing residents about energy behaviors*. Applied Energy, 2013. **102**: p. 1358-1370.
- [3] Yohanis, Y.G., *Domestic energy use and householders' energy behaviour*. Energy Policy, 2012. **41**: p. 654-665.
- [4] ETKB, T.C., *Enerji İşleri Genel Müdürlüğü Denge Tabloları*; Available from: <https://enerji.gov.tr/eigm-raporlari>, cited Mayıs 2023
- [5] ETKB, T.C., *Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Sektörel Enerji Tüketimi*. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ile Bağlı, İlgili ve İlişkili Kuruluşlarının Amaç ve Faaliyetleri. 2016, Ankara.
- [6] E.I.A., *Annual Energy Review Energy Consumption Estimates by Sector, 1949-2021*, United States Energy Information Administration; Available from: <https://www.eia.gov/totalenergy/data/browser/?tbl=T02.01#/?f=A>, cited Temmuz 2023
- [7] Guo, Z., et al., *Residential electricity consumption behavior: Influencing factors, related theories and intervention strategies*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2018. **81**: p. 399-412.
- [8] I.E.A., *Electricity Consumption, Turkey 1990-2021*, <https://www.iea.org/data-and-statistics/?country=TURKEY&fuel=Energy%20consumption&indicator=TotalElecCons>, International Energy Agency; Available from: <https://www.iea.org/data-and-statistics/?country=TURKEY&fuel=Energy%20consumption&indicator=TotalElecCons>, Temmuz 2023

- [9] Owens, J. and H. Wilhite, *Household energy behavior in Nordic countries—an unrealized energy saving potential*. Energy, 1988. **13**(12): p. 853-859.
- [10] Al-Mumin, A., O. Khattab, and G. Sridhar, *Occupants' behavior and activity patterns influencing the energy consumption in the Kuwaiti residences*. Energy and Buildings, 2003. **35**(6): p. 549-559.
- [11] Ouyang, J. and K. Hokao, *Energy-saving potential by improving occupants' behavior in urban residential sector in Hangzhou City, China*. Energy and Buildings, 2009. **41**(7): p. 711-720.
- [12] ETKB, T.C., *Elektrik*; Available from: [https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-
elektrik](https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-elektrik), Aralık 2021
- [13] I.E.A., *Total Consumption by End Use – Residential, Turkey 2000-2018*, [https://www.iea.org/data-and-
statistics?country=TURKEY&fuel=Energy%20consumption&indicator=Reside
ntialConsByEndUse](https://www.iea.org/data-and-statistics?country=TURKEY&fuel=Energy%20consumption&indicator=ResidentialConsByEndUse), International Energy Agency; Available from: [https://www.iea.org/data-and-
statistics?country=TURKEY&fuel=Energy%20consumption&indicator=Reside
ntialConsByEndUse](https://www.iea.org/data-and-statistics?country=TURKEY&fuel=Energy%20consumption&indicator=ResidentialConsByEndUse),
- [14] Seligman, C., J.M. Darley, and L.J. Becker, *Behavioral Approaches to Residential Energy Conservation*. Energy and Buildings, 1977/78. **1**: p. 325 - 337.
- [15] Seligman, C., et al., *Predicting Summer Energy Consumption from Homeowners' Attitudes*. Journal of Applied Social Psychology, 1979. **9**(1): p. 70-90.
- [16] Verhallen, T.M.M. and W.F. van Raaij, *Household Behavior and the Use of Natural Gas for Home Heating*. Journal of Consumer Research, 1981. **8**(3): p. 253-257.
- [17] Theo, M.M.V. and W.F. van Raaij, *Household Behavior and the Use of Natural Gas for Home Heating*. Journal of Consumer Research, 1981. **8**(3): p. 253-257.

- [18] Bourgeois, D., C. Reinhart, and I.A. Macdonald. *Assessing the total energy impact of occupant behavioural response to manual and automated lighting systems*. in *Buildings Simulation*. 2005.
- [19] Dennis, M.L. and E.J. Soderstrom, "Effective dissemination of energy-related information: Applying social psychology and evaluation research": Rejoinder. *American Psychologist*, 1992. **47**(6): p. 816-817.
- [20] Iwashita, G. and H. Akasaka, *The effects of human behavior on natural ventilation rate and indoor air environment in summer — a field study in southern Japan*. *Energy and Buildings*, 1997. **25**(3): p. 195-205.
- [21] Yan, S. and F. Lifang, *Influence of psychological, family and contextual factors on residential energy use behaviour: An empirical study of China*. *Energy Procedia*, 2011. **5**: p. 910-915.
- [22] Tso, G.K.F. and J. Guan, *A multilevel regression approach to understand effects of environment indicators and household features on residential energy consumption*. *Energy*, 2014. **66**: p. 722-731.
- [23] Bedir, M. and E.C. Kara, *Behavioral patterns and profiles of electricity consumption in dutch dwellings*. *Energy and Buildings*, 2017. **150**: p. 339-352.
- [24] Shen, M., et al., *Prediction of household electricity consumption and effectiveness of concerted intervention strategies based on occupant behaviour and personality traits*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2020. **127**: p. 109839.
- [25] Xu, X., B. Xiao, and C.Z. Li, *Critical factors of electricity consumption in residential buildings: An analysis from the point of occupant characteristics view*. *Journal of Cleaner Production*, 2020. **256**: p. 120423.
- [26] Bakanlığı, T.C.S., *COVID-19*; Available from: <https://covid19.saglik.gov.tr/TR-66300/covid-19-nedir.html>, cited 2021 27.10.2021
- [27] Krarti, M. and M. Aldubyan, *Review analysis of COVID-19 impact on electricity demand for residential buildings*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2021. **143**: p. 110888.

- [28] Tete, K.H.S., et al., *Interactions between residential electricity consumption and urban households' lifestyles in Burkina Faso: Findings from a large-scale, city-wide household survey*. Energy and Buildings, 2023: p. 112914.
- [29] Nie, H., R. Kemp, and Y. Fan, *Investigating the adoption of energy-saving measures in residential sector: The contribution to carbon neutrality of China and Europe*. Resources, Conservation and Recycling, 2023. **190**: p. 106791.
- [30] Mamlook, R., O. Badran, and E. Abdulhadi, *A fuzzy inference model for short-term load forecasting*. Energy Policy, 2009. **37**(4): p. 1239-1248.
- [31] Ranaweera, D.K., N.F. Hubele, and G.G. Karady, *Fuzzy logic for short term load forecasting*. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 1996. **18**(4): p. 215-222.
- [32] Zhai, P. and E.D. Williams, *Analyzing consumer acceptance of photovoltaics (PV) using fuzzy logic model*. Renewable Energy, 2012. **41**: p. 350-357.
- [33] Spandagos, C. and T.L. Ng, *Fuzzy model of residential energy decision-making considering behavioral economic concepts*. Applied Energy, 2018. **213**: p. 611-625.
- [34] Michalik, G., *Structural modelling of energy demand in the residential sector: 2. The use of linguistic variables to include uncertainty of customers' behaviour*. Energy, 1997. **22**(10): p. 949-958.
- [35] Zúñiga, K.V., I. Castilla, and R.M. Aguilar, *Using fuzzy logic to model the behavior of residential electrical utility customers*. Applied Energy, 2014. **115**: p. 384-393.
- [36] Keshtkar, A. and S. Arzanpour, *An adaptive fuzzy logic system for residential energy management in smart grid environments*. Applied Energy, 2017. **186**: p. 68-81.
- [37] ENERWIN, *Building Energy Software Tools Directory*; Available from: http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/software.cfm/ID=38/page_name=alpha_list_sub, June, 2013

- [38] Laicane, I., et al., *Evaluation of Household Electricity Savings. Analysis of Household Electricity Demand Profile and User Activities*. Energy Procedia, 2015. **72**: p. 285-292.
- [39] Emery, A.F. and C.J. Kippenhan, *A long term study of residential home heating consumption and the effect of occupant behavior on homes in the Pacific Northwest constructed according to improved thermal standards*. Energy, 2006. **31**(5): p. 677-693.
- [40] Li, K., H. Su, and J. Chu, *Forecasting building energy consumption using neural networks and hybrid neuro-fuzzy system: A comparative study*. Energy and Buildings, 2011. **43**(10): p. 2893-2899.
- [41] Liu, C., et al., *A hybrid prediction model for residential electricity consumption using holt-winters and extreme learning machine*. Applied Energy, 2020. **275**: p. 115383.
- [42] TÜİK, *Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi*, Türkiye İstatistik Kurumu; Available from: http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1059, cited 2019
- [43] TÜİK, *Resmi İstatistik Portalı*, Türkiye İstatistik Kurumu; Available from: <http://www.resmiistatistik.gov.tr/?q=tr/content/43-enerji-istatistikleri>, cited 2019
- [44] Şahin, M.Ç., *Konutlardaki Elektrikli Cihazların Bekleme Konumunda Elektrik Tüketiminin ve Buna Bağlı CO2 Emisyonunun Belirlenmesi*. 2012, Hacettepe Üniversitesi.
- [45] MGM, T.C., *Meteoroloji Genel Müdürlüğü Isıtma ve Soğutma Gün Dereceleri*; Available from: <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/gun-derece.aspx>, cited 2020 Eylül
- [46] Lopes, M.A.R., C.H. Antunes, and N. Martins, *Energy behaviours as promoters of energy efficiency: A 21st century review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2012. **16**(6): p. 4095-4104.
- [47] Jang, J.S.R., *ANFIS: adaptive-network-based fuzzy inference system*. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 1993. **23**(3): p. 665-685.

- [48] Zadeh, L.A., *Fuzzy sets*. Information and Control, 1965. **8**(3): p. 338-353.
- [49] Yücel, A., *Tedarikçi Seçimi Probleminde Bütünleşik Sinirsel Bulanık Mantık Yaklaşımı*, in *Yıldız Teknik Üniversitesi*. 2010, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- [50] Mermer, M.F., M.A. YURDUSEV, and Mutlu, *UYARLAMALI SİNİRSEL BULANIK MANTIK YAKLAŞIMI İLE AYLIK SU TÜKETİMİNİN TAHMİNİ*. 23, 2023.
- [51] Ayata, T., E. Çam, and O. Yıldız, *Adaptive neuro-fuzzy inference systems (ANFIS) application to investigate potential use of natural ventilation in new building designs in Turkey*. Energy Conversion and Management, 2007. **48**(5): p. 1472-1479.
- [52] Huang, M.-L., H.-Y. Chen, and J.-J. Huang, *Glaucoma detection using adaptive neuro-fuzzy inference system*. Expert Systems with Applications, 2007. **32**(2): p. 458-468.
- [53] Yuan, Q., C.Y. Dong, and Q. Wang, *An adaptive fusion algorithm based on ANFIS for radar/infrared system*. Expert Systems with Applications, 2009. **36**(1): p. 111-120.
- [54] Azamathulla, H.M., et al., *An ANFIS-based approach for predicting the bed load for moderately sized rivers*. Journal of Hydro-environment Research, 2009. **3**(1): p. 35-44.
- [55] Kaveh, M., et al., *ANFIS and ANNs model for prediction of moisture diffusivity and specific energy consumption potato, garlic and cantaloupe drying under convective hot air dryer*. Information Processing in Agriculture, 2018. **5**(3): p. 372-387.
- [56] Adıgüzel, E., et al., *Prediction of dust particle size effect on efficiency of photovoltaic modules with ANFIS: An experimental study in Aegean region, Turkey*. Solar Energy, 2019. **177**: p. 690-702.

- [57] Bharti, K.K. and P.K. Singh, *Hybrid dimension reduction by integrating feature selection with feature extraction method for text clustering*. Expert Systems with Applications, 2015. **42**(6): p. 3105-3114.
- [58] Vogiatzi, C., et al., *Energy use and saving in residential sector and occupant behavior: A case study in Athens*. Energy and Buildings, 2018. **181**: p. 1-9.
- [59] Kumar, M. and S.K. Rath, *Feature Selection and Classification of Microarray Data Using Machine Learning Techniques*, in *Emerging Trends in Applications and Infrastructures for Computational Biology, Bioinformatics, and Systems Biology*. 2016. p. 213-242.
- [60] Zhao, Q., et al., *Analysis of users' electricity consumption behavior based on ensemble clustering*. Global Energy Interconnection, 2019. **2**(6): p. 479-488.
- [61] Satre-Meloy, A., *Investigating structural and occupant drivers of annual residential electricity consumption using regularization in regression models*. Energy, 2019. **174**: p. 148-168.
- [62] TÜİK, *Bina ve Konut Nitelikleri Araştırması*, in *Türkiye İstatistik Kurumu*. 2021, Türkiye İstatistik Kurumu.
- [63] TÜİK, *Gelir ve Yaşam Koşulları Araştırması*, in *Türkiye İstatistik Kurumu*. 2019, Türkiye İstatistik Kurumu.
- [64] TÜİK, *İstatistiklerle Türkiye*, in *Türkiye İstatistik Kurumu*. 2021, Türkiye İstatistik Kurumu.
- [65] TÜİK, *Nüfus ve Konut Sayımı*, in *Hanehalkı Büyüklüğü*. 2021, Türkiye İstatistik Kurumu.
- [66] TÜİK, *Gelir ve Yaşam Koşulları Araştırması*, in *Türkiye İstatistik Kurumu*. 2018, Türkiye İstatistik Kurumu.
- [67] Chen, J., X. Wang, and K. Steemers, *A statistical analysis of a residential energy consumption survey study in Hangzhou, China*. Energy and Buildings, 2013. **66**: p. 193-202.

- [68] Hasanuzzaman, M., R. Saidur, and H.H. Masjuki, *Effects of operating variables on heat transfer and energy consumption of a household refrigerator-freezer during closed door operation*. Energy, 2009. **34**(2): p. 196-198.
- [69] Bölümü, H.Ü.Ç.M., *BEKLEME KONUMU ELEKTRİK TÜKETİMİ PROJESİ*; Available from: <http://www.standby.hacettepe.edu.tr/ProjeHakkinda.php>, cited 2023
- [70] Kurumu, Y.İ., *Survey on Energy Consumption in Households, 2011-2012*. 2013, Hellenic Republic Hellenic Statistical Authority.
- [71] Gilliland, M., *The business forecasting deal : exposing myths, eliminating bad practices, providing practical solutions*. Wiley and SAS business series. 2010: John Wiley & Sons.
- [72] Ouyang, J., Hokao, K., *Energy-saving potential by improving occupants' behavior in urban residential sector in Hangzhou City, China*. Energy and Buildings, 2009.
- [73] Belaïd, F. and T. Garcia, *Understanding the spectrum of residential energy-saving behaviours: French evidence using disaggregated data*. Energy Economics, 2016. **57**: p. 204-214.
- [74] Arçelik, *Beyaz Eşya Kataloğu*; Available from: <https://www.arcelik.com.tr/urun-kataloglari>,
- [75] Bosch, *Katalog ve Broşürler*. 2018.
- [76] EPA, U., *Energy Star, Certified Product Data Sets*; Available from: <https://www.energystar.gov/productfinder/advanced>, cited 2018
- [77] Uğur, *Uğur Derin Dondurucular*; Available from: <https://www.ugur.com.tr/urunkategorisi/derin-dondurucu>, cited 2018
- [78] Siemens, *Pişirme Grubu Fırınlar*; Available from: <https://www.siemens-home.bsh-group.com/tr/urunler/pisirme-grubu/firinlar>, cited 2018

- [79] Hepsiburada, *Fırınlar*; Available from: <https://www.hepsiburada.com/firinlar-c-22016>, cited 2018
- [80] Kombi, *Kombi nedir?*; Available from: <https://www.kombi.com/kombi-nedir.php>, cited 2018
- [81] Arçelik, *Kombiler*; Available from: <https://www.arcelik.com.tr/kombi?query=:price-desc:categoryPath:%2F5458%2F5460:endOfLife:false:efficiencyType:Yo%C4%9Fu%C5%9Fmal%C4%B1>, cited 2018
- [82] Ariston, *Kombiler*; Available from: <http://www.ariston.com/tr/>, cited 2018
- [83] Baymak, *Kombiler*; Available from: <http://www.baymak.com.tr/Content//products/doc/Bro%C5%9F%C3%BCr-3ff554d2-a27c-49f2-9a1a-ba1fce770e2d.pdf>, cited 2018
- [84] Bosch, *Kombiler*; Available from: <https://www.bosch-thermotechnology.com/tr/tr/ocs/residential/kombiler-754580-c/>, cited 2018
- [85] Buderus, *Kombiler*; Available from: <https://www.buderus.com/tr/tr/ocs/bireysel-ueruenler/yogusmali-kombiler-735153-c/>, cited 2018
- [86] Daikin, *Kombiler*; Available from: <https://www.daikin.com.tr/Urunler/Daikin-Kombi/Tam-Yogusmali-Premix-Kombiler>, cited 2018
- [87] Demirdöküm, *Kombiler*; Available from: https://www.demirdokum.com.tr/urunler/kombiler/?facets=f%2Fmeta_technology%2Fk2, cited 2018
- [88] Ferroli, *Kombiler*; Available from: <http://www.ferroli.com.tr/kataloglar/>, cited 2018
- [89] Immergas, *Kombiler*; Available from: <https://www.immergas.com.tr/>, cited 2018
- [90] Vaillant, *Kombiler*; Available from: <https://www.vaillant.com.tr/musterilerimize-ozel/urunler/urun-kategorileri/yogusmal-kombiler/>, cited 2018

[91] Viessmann, *Kombiler*; Available from:
<https://www.viessmann.com.tr/tr/konut/gaz-yakitli-kombi/gaz-yakitli-yogusmali-kombiler.html>, cited 2018

EKLER

EK 1

ANKET

DAVRANIŞ VE ALIŞKANLIKLARIN KONUTLARDA ELEKTRİK ENERJİSİ TÜKETİMİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Bu anket, Hacettepe Üniversitesi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Prof. Dr. Merih AYDINALP KÖKSAL danışmanlığında, doktora öğrencisi Nihal Dilek SÜMER TÜRELİ tarafından hazırlanan doktora tezi çalışması kapsamında oluşturulmuştur. Tez çalışmasının amacı; konut elektrik enerjisi tüketimine davranışların etkisinin sayısal olarak belirlenmesi, eğitimle konut elektrik enerjisi tüketiminde ne kadar tasarruf edilebileceğine dair sayısal sonuçların elde edilmesi; böylece konut elektrik enerjisi tüketiminin modellenmesidir.

Bu ankete katılım tamamen gönüllülük esasına göredir. Anket, genel olarak kişisel rahatsızlık verecek soruları içermemektedir. Ancak, anket formunu doktora öğrencisi ile birlikte doldururken sorulardan ya da herhangi başka bir nedenden ötürü kendinizi rahatsız hissederseniz cevaplama işini yarıda bırakabilirsiniz. Buna ek olarak, anket formunu doldurduktan sonra, anket sonuçlarınızın kullanılması konusunda fikrinizi değiştirirseniz Prof. Dr. Merih Aydınalp Köksal'a e-posta (aydinalp@hacettepe.edu.tr) ve/veya telefon ile (533 929 07 58) başvurmanız yeterli olacaktır. Bu durumda anket sonuçlarınız imha edilecektir.

Ankette verilen cevaplar gizli tutulacak olup, sadece doktora öğrencisi ve danışmanı tarafından değerlendirilecek, bilimsel amaçlar doğrultusunda kullanılacak ve araştırmanın amacı dışında ya da bir başka araştırmada kullanılmayacaktır. Çalışmanın toplu sonuçları tez çalışması raporunda ve bilimsel yayımlarda kullanılacaktır.

Anket uygulanması için onay vermeden önce veya anket sırasında doktora öğrencisinden çalışma hakkında merak ettiğiniz herhangi bir konuda isteğiniz zaman detaylı bilgi alabilirsiniz. Anket sonrasında çalışma ile ilgili herhangi bir konuda detaylı bilgi almak isterseniz veya sorularınız var ise Prof. Dr. Merih Aydınalp Köksal'a e-posta (aydinalp@hacettepe.edu.tr) ve/veya telefon (533 929 07 58) ile ulaşabilirsiniz.

Gönüllü katılım formunu okumak ve değerlendirmek üzere zaman ayırdığınız için teşekkür ederim.

Saygılarımla,

Prof. Dr. Merih Aydınalp Köksal
Hacettepe Üniversitesi Çevre Müh. Böl.
E-posta: aydinalp@hacettepe.edu.tr
Ofis Tel: 312 - 297 78 00(123)
Cep Tel: 533 - 9290758

İLETİŞİM BİLGİLERİ:

İsim:

E-posta:

Ziyaret
tarihi:

KONUT İLE İLGİLİ BİLGİLER

1. Konutun tipi nedir?

- Müstakil ev
 Apartman dairesi

2. Kiracı mısınız? Ev sahibi misiniz?

- Kiracıyım
 Ev sahibiyim

3. Konutta bulunan oda sayısı nedir? oda+ salon + banyo

4. Konutun net kullanım alanı nedir? m²

5. Genelde aylık ortalama elektrik faturası tutarınız nedir?.....

HANEHALKI İLE İLGİLİ BİLGİLER

Kişi	Cinsiyet	Yaş	Eğitim*	Mesai Saatlerinde (08:00-18:00 arası) Evde Bulunmayan Kişiler
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

* İlkokul, ortaokul, lise, lisans, yüksek lisans, doktora

6. Mesleğiniz nedir?.....

7. Hanenin toplam aylık geliri nedir?

- 2500 TL'den az
 2501-5000 TL
 5001-7500 TL
 7501-10000 TL
 10000 TL'den fazla

ISINMA İLE İLGİLİ BİLGİLER

8. Konutun ana ısınma sistemi aşağıdakilerden hangisidir?

- Merkezi sistem ise 12. soruya geçiniz.
 Kombi ise;

Marka/Model	Gücü (W)	Yaşı	Enerji Sınıfı	Kullanım Süresi (günde kaç saat)*

*Isınma süresi Yalova için Kasım ortası ile Mart ortası (toplam 4 ay) olarak kabul edilmiştir.

- Sobalı ise;

- Kömür
 Odun
 Doğal gaz
 Tüp gaz
 Elektrik

9. Elektrik sobalarınız ile ilgili bilgiler;

	Marka/Model	Gücü (W)	Yaşı	Enerji Sınıfı	Kullanım Süresi (günde kaç saat)*
1					
2					
3					

* Isınma süresi Yalova için Kasım ortası ile Mart ortası (toplam 4 ay) olarak kabul edilmiştir.

10. Kombinizi hangi amaçla kullanıyorsunuz?

- Isınma
 Isınma+sıcak su
 Sıcak su

11. Kullanmadığınız zamanlar kombinizi kapatıyor musunuz?

- Evet
 Hayır

12. Isınma için elektrik sobasını yardımcı sistem olarak kullanıyorsanız, aşağıdaki bilgileri doldurunuz.

	Marka/Model	Gücü (W)	Yaşı	Enerji Sınıfı	Kullanım Süresi (günde kaç saat)*
1					
2					

* Isınma süresi Yalova için Kasım ortası ile Mart ortası (toplam 4 ay) olarak kabul edilmiştir.

BEYAZ EŞYALAR İLE İLGİLİ BİLGİLER

BUZDOLABI

13. Buzdolab(lar)ınız hakkında bilgiler:

	Tipi*	Marka/Model	Gücü (W)	Yaşı	Hacmi (litre)	Enerji Sınıfı	Sıcaklık Ayarı (1-5°C arası)	Kapağını açık tutma süresi (günde kaç dakika)
1								
2								

*TK: Tek kapılı; İK-DÜ: İki kapılı – dondurucu üstte; İK-DA: İki kapılı – dondurucu altta; G: Gardrop

14. Buzdolab(lar)ınızı evinizde konumlandırırken nelere dikkat ettiniz?

- Evin en soğuk yerine koydum.
 Güneş almamasına veya radyatör gibi bir ısı kaynağına yakın olmamasına dikkat ettim.
 Konumunu önemsemedim; uygun yere koydum.

15. Yiyecekleri buzdolabına;

- Sıcakken koyarım.
 Soğumasını bekler; sonra koyarım.

16. Derin dondurucudan çıkardığım yiyecekleri;

- Buzdolabında çözdürürüm.
 Mikrodalgada çözdürürüm.
 Oda sıcaklığında çözdürürüm.

DERİN DONDURUCU (Buzdolabından bağımsız)

17. Derin dondurucunuz hakkında bilgiler. Yok ise 18. soruya geçiniz.

	Tipi*	Marka/Model	Gücü (W)	Yaşı	Hacmi (litre)	Enerji Sınıfı
1						

*S: Sandık modeli; D: Dik model

OCAK

18. Yemek pişirirken kullandığınız ocak elektrikle mi çalışıyor?

- Evet
 Hayır (19. soruya geçiniz.)

	Marka/Model	Gücü (W)	Yaşı	Enerji Sınıfı	Kullanım Süresi (günde kaç saat)
1					
2					

19. Yemek pişirirken tencerenin kapağını;

- Mutlaka kapatırım.
 Kapatıp kapatmadığımı önemsemem.

20. Yemekleri düdüklü tencerede;

- Sıklıkla pişiririm.
 Nadiren pişiririm.
 Hiç pişirmem.

FIRIN

21. Yemek pişirirken kullandığınız fırın elektrikle mi çalışıyor?

- Evet
 Hayır (23. soruya geçiniz.)

	Marka/Model	Gücü (W)	Yaşı	Enerji Sınıfı	Kullanım Süresi (haftada kaç saat)
1					

22. Fırında pişirme yaparken;

- Fırının kapağını sık sık açar bakarım.
 Fırının kapağını açmamaya dikkat eder; gerekmezse açmam.

MİKRODALGA

23. Mikrodalga fırınınız hakkında bilgiler. Yok ise 24. soruya geçiniz.

	Marka/Model	Gücü (W)	Yaşı	Enerji Sınıfı	Kullanım Süresi (günde kaç saat)
1					

ASPIRATÖR/DAVLUMBAZ

24. Aspiratörünüz/davlumbazınız ile ilgili bilgiler. Yok ise 25. soruya geçiniz.

Çeşidi *	Gücü (W)	Lamba Sayısı (W)	Lambanın Kullanım Süresi (günde kaç saat)	Kullanım Süresi (günde kaç saat)

* Aspiratör Tekli (AT); Aspiratör Çiftli (AÇ), Davlumbaz (D)

TELEVİZYON

25. Televizyonunuz/ televizyonlarınız ile ilgili bilgiler. Yok ise 27. soruya geçiniz.

	Çeşidi*	Ekran Büyüklüğü (cm) ⁺	Marka/Model	Gücü (W)	Yaşı	Kullanım Süresi (günde kaç saat)
1						
2						
3						
4						

* Tüplü (T), plazma (P), LCD, LED

+ Bir köşeden diğer köşeye uzunluk

26. Televizyonu izlemediğim zamanlarda;

- Bekleme konumunda bırakırım.
 Düğmesinden kapatırım.
 Fişini çekerim.

UYDU ALICI

27. Uydu alıcımız var mı? Yok ise 29. soruya geçiniz.

	Marka/Model	Gücü (W)	Yaşı	Günde kullanım miktarı
1				

28. Televizyon izlemediğim zamanlarda uydu alıcısını;

- Bekleme konumunda bırakırım.
 Düğmesinden kapatırım.
 Fişini çekerim.

ÇAMAŞIR MAKİNESİ

29. Çamaşır makineniz ile ilgili bilgiler. Yok ise 31. soruya geçiniz.

Marka/Model	Gücü (W)	Yaşı	Enerji sınıfı	Kaç kg	Program Türü*	Sıcaklık (°C)	Haftada Kullanım (Çevrim) Miktarı

*Kısa (K) – bir saatin altındaki programlar; Uzun (U) – bir saatten fazla süren programlar

30. Çamaşır makinenizin tam dolu olmasını önemser misiniz?

- Evet
 Hayır

ÇAMAŞIR KURUTMA MAKİNESİ

31. Çamaşır kurutma makineniz ile ilgili bilgiler. Yok ise 32. soruya geçiniz.

Marka/Model	Gücü (W)	Yaşı	Enerji sınıfı	Program türü	Sıcaklık (°C)	Haftada Kullanım Miktarı

BULAŞIK MAKİNESİ

32. Bulaşık makinenizin kullanımı ile ilgili bilgiler. Yok ise 34. soruya geçiniz.

Marka/Model	Gücü (W)	Yaşı	Enerji sınıfı	Program Türü*	Sıcaklık (°C)	Haftada Kullanım Miktarı

33. Bulaşıkları;

- Makinede yıkamayı tercih ederim.
 Elimde yıkamayı tercih ederim.

BİLGİSAYAR

34. Dizüstü ve/veya masa üstü bilgisayarınız var mı? Yok ise 37. soruya geçiniz.

	Marka/Model	Gücü (W)	Yaşı	Ekran Büyüklüğü (cm)	Günde Kullanım Süresi
Diz Üstü Bilgisayar 1					
Diz Üstü Bilgisayar 2					
Diz Üstü Bilgisayar 3					
Masa Üstü Bilgisayar 1					
Masa Üstü Bilgisayar 2					

35. Modeminiz var ise;

Marka/Model	Gücü (W)	Günde kullanım miktarı

36. Bilgisayarı kullanmadığımda;

- Kapatırım.
 Hibernate modunda bırakırım.
 Uyku modunda bırakırım.

KLİMA

37. Klimanız ile ilgili bilgiler: Yok ise 38. soruya geçiniz.

	Klima 1		Klima 2		Klima 3	
Marka/Model						
Gücü (W)						
Yaşı						
Kapasite (Btu)						
Enerji Sınıfı						
Tipi*						
	Isıtma Amaçlı Kullanım Süresi (saat)	Soğutma Amaçlı Kullanım Süresi (saat)	Isıtma Amaçlı Kullanım Süresi (saat)	Soğutma Amaçlı Kullanım Süresi (saat)	Isıtma Amaçlı Kullanım Süresi (saat)	Soğutma Amaçlı Kullanım Süresi (saat)
Ocak						
Şubat						
Mart						
Nisan						
Mayıs						
Haziran						
Temmuz						
Ağustos						
Eylül						
Ekim						
Kasım						
Aralık						

*S: Split; D: Duvar tipi

ELEKTRİKLİ SÜPÜRGE

38. Elektrikli süpürmeniz ile ilgili bilgiler. Yok ise 40. soruya geçiniz.

	Marka/Model	Gücü (W)	Yaşı	Türü*	Enerji Sınıfı	Kullanım Süresi (haftada kaç saat)
1						
2						
3						

*T. Toz Torbalı; H: Halı Yıkama; S: Su Filtreli; I: Islak Kuru; E: El Tipi (Şarjlı); F: Torbasız

39. Süpürge­min toz torbasını;

- Dolduktan sonra değiştiririm.
 Dolmasını beklemeden değiştiririm.

ÜTÜ

40. Ütünüz ile ilgili bilgiler. Yok ise 42. soruya geçiniz.

	Marka/Model	Gücü (W)	Yaşı	Türü*	Enerji Sınıfı	Kullanım Süresi (haftada kaç saat)
1						
2						

*N: Normal; B: Buharlı; BJ: Buhar Jeneratörlü; P: Pres

41.

- Ütüleme işimin bitmesine az kala ütüyü prizden çeker, kendi ısısından faydalanırım.
 Ütüyü prizden ütüleme işim bitince çekerim.

SICAK SU

42. Su ısıtma sisteminiz elektrikli ise; (yok ise 43. soruya geçiniz.)

	Marka/Model	Gücü (W)	Yaşı	Enerji Sınıfı	Kullanım Süresi (haftada kaç saat)
1					

KÜÇÜK MUTFAK/EV ALETLERİ

43. Aşağıdaki küçük mutfak aletlerinden sahip olduklarınızla ilgili bölümleri doldurunuz.

Cihazın adı	Kullanım süresi		
	Günde kaç dakika	Haftada kaç gün	Ayda kaç hafta
Çay makinesi			
Mikser			
Mutfak robotu – tek fonksiyonlu			
Mutfak robotu – çok fonksiyonlu			
Filtreli kahve makinesi			
Mini tost makinesi			
Büyük tost makinesi			
Izgara fonksiyonlu mini tost makinesi			
Izgara fonksiyonlu tost makinesi			
Ekmek kızartma makinesi			

Kettle			
Elektrikli/buharlı yemek pişirici			
Meyve sıkacağı			
Elektrikli doğrayıcı			
Fritöz			
Ekmek yapma makinesi			
Izgara			
Nem makinesi			
Espresso makinesi			
Türk kahve makinesi			
Espresso/Cappuccino Makinesi			
Espresso ve Kahve Makinesi			
Çöp Öğütücü			
Saç Kurutma/Fön Makinesi			

AYDINLATMA

44. Evde bulunan lambalar (masa/çalışma lambaları dahil; tek anahtara bağlı olanlar toplam alınacak).

	Lambanın Cinsi (Akkor/Floresan/Halojen/LED)	Güç tüketimi (W)	Günde Kullanım Süresi
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			

17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			

45. Odayı kısa süreli terk etseniz de ışığı kapatır mısınız?

- Evet
 Hayır

46. Enerji tasarruflu ampul kullanmaya dikkat eder misiniz?

- Evet
 Hayır

KULLANIM İLE İLGİLİ BİLGİLER

47. Elektrikli cihaz alırken enerji sınıfına dikkat ediyor musunuz?

- Evet
 İlk önce fiyatına bakıyorum, daha sonra enerji sınıfına bakıyorum
 Hayır

48. Uzun süre evinizden ayrıldığınızda buzdolabı/derin dondurucu/telefon gibi cihazları prizden çekiyor musunuz?

- Evet
 Hayır
 Bazılarını prizde bırakıyorum; gibi.

49. Akıllı sayaç tarifesi kullanıyorsanız, elektrik kullanım zamanlarına dikkat ediyor musunuz?

- Evet
 Hayır

50. Anahtarlı priz kullanmaya dikkat eder misiniz?

- Evet
 Hayır

51. Evinizde enerji verimliliğini artırmak için ne yapmayı dilerdiniz?

- Kullanım alışkanlıklarımı değiştiririm. Örneğin;
o A
o B
o C
o D
 Kullanım alışkanlıklarımı değiştirmeden, örneğin;
o Lambaları değiştiririm.
o Buzdolabımı değiştiririm.
o Çamaşır makinemi değiştiririm.
o Bulaşık makinemi değiştiririm.

EK 2

ETİK KURUL İZİN BELGESİ



T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu

Sayı : 16969557 -647

Konu : ARAŞTIRMA PROJESİ DEĞERLENDİRME RAPORU

Toplantı Tarihi : 24 NİSAN 2017 PAZARTESİ
Toplantı No : 2017/11
Proje No : GO 17/274 (Değerlendirme Tarihi: 29.03.2017)
Karar No : GO 17/274- 23

Üniversitemiz Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerinden Doç. Dr. Merih Aydınalp KÖKSAL' ın sorumlu araştırmacı olduğu, Nihal Dilek Sümer TÜRELİ' nin doktora tezi olan, GO 17/274 kayıt numaralı, "**Davranış ve Alışkanlıkların Konutlarda Elektrik Enerjisi Tüketimine Etkisinin İncelenmesi**" başlıklı proje önerisi araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş olup, etik açıdan uygun bulunmuştur.

1. Prof. Dr. Nurten AKARSU (Başkan)	İZİNLİ	10 Prof. Dr. Oya Nuran EMİROĞLU (Üye)
2. Prof. Dr. Sevda F. MÜFTÜOĞLU (Üye)		11 Yrd. Doç. Dr. Özay GÖKÖZ (Üye)
3. Prof. Dr. M. Yıldırım SARA (Üye)		12. Doç. Dr. Gözde GİRGİN (Üye)
İZİNLİ		
4. Prof. Dr. Necdet SAĞLAM (Üye)		13. Doç. Dr. Fatma Visal OKUR (Üye)
5. Prof. Dr. Hatice Doğan BUZOĞLU (Üye)	İZİNLİ	14. Yrd. Doç. Dr. Can Ebru KURT (Üye)
İZİNLİ		
6. Prof. Dr. R. Köksal ÖZGÜL (Üye)		15. Yrd. Doç. Dr. H. Hüsrev TURNAGÖL (Üye)
7. Prof. Dr. Ayşe Lale DOĞAN (Üye)		16. Öğr. Gör. Dr. Müge DEMİR (Üye)
8. Prof. Dr. Elmas Ebru YALÇIN (Üye)		17. Öğr. Gör. Meltem ŞENGELEN (Üye)
9. Prof. Dr. Mintaze Kerem GÜNBEK (Üye)		18. Av. Meltem ONURLU (Üye)

Hacettepe Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu
06100 Sıhhiye-Ankara
Telefon: 0 (312) 305 1082 • Faks: 0 (312) 310 0580 • E-posta: goetik@hacettepe.edu.tr

Ayrıntılı Bilgi için:

Meteoroloji Verileri

Tarih	HDD	CDD
Ocak 18	233	
Şubat 18	157	
Mart 18	103	
Nisan 18	38	
Mayıs 18	0	3
Haziran 18		34
Temmuz 18		116
Ağustos 18		120
Eylül 18	0	27
Ekim 18	5	
Kasım 18	64	
Aralık 18	225	
Ocak 19	219	
Şubat 19	243	
Mart 19	161	
Nisan 19	90	
Mayıs 19	3	7
Haziran 19		46
Temmuz 19		53
Ağustos 19		68
Eylül 19		10
Ekim 19		1
Kasım 19	25	
Aralık 19	226	
Ocak 20	157	
Şubat 20	178	

EK 4

ADAPTİF AĞ YAPISI

L katmandan (girdi katmanı, kural katmanı, durulaştırma katmanı, çıktı katmanı gibi) oluşan ve k. katmanında (k) sayıda işlem birimi (adaptif ve/veya sabit nod) içeren bir adaptif ağa sahip olduğumuzu varsayalım. k katmanında i. pozisyonda yer alan bir işlem birimi (k, i) ve ilgili işlem biriminin fonksiyonu veya çıktısını da O_i^k şeklinde gösterebiliriz. Bir işlem biriminin çıktısı o işlem birimi ile ilişkili sinyallere ve o işlem biriminin parametre kümesine bağlıdır.

$$O_i^k = O_i^k(O_1^{k-1}, \dots, O_{\#(k-1)}^{k-1}, a, b, c, \dots) \quad \text{Denklem EK 3.1}$$

Denklem EK 3.1’de a, b, c; ilgili işlem birimiyle ilişkili parametreleri göstermektedir.

Eğitim veri seti P adet veriye sahip olsun. Bu durumda p. veri $1 \leq p \leq P$ için hata ölçüsü hata kareleri toplamına eşittir.

$$E_p = \sum_{m=1}^{\#(L)} (T_{m,p} - O_{m,p}^L)^2 \quad \text{Denklem EK 3.2}$$

Denklem EK 3.2’de $T_{m,p}$ hedef çıktı vektörünün m. bileşeni ve $O_{m,p}^L$ ise p. girdi vektöründen oluşturulan m. bileşenin mevcut çıktı vektörüdür. Bu doğrultuda toplam hata Denklem EK 3.3’teki gibidir:

$$E = \sum_{p=1}^P E_p \quad \text{Denklem EK 3.3}$$

Parametre uzayında, gradyent azaltım yöntemini uygulayan öğrenme prosedürünü geliştirmek için öncelikli olarak, p. eğitim verisi ve O’daki her bir çıktı işlem biriminin hata oranını ($\partial E_p / \partial O$) hesaplamak gerekir. Çıktı işlem birimi için hata oranı (L,i), Denklem EK 3.3’ten hareketle Denklem EK 3.4 şeklinde hesaplanmaktadır:

$$\frac{\partial E_p}{\partial O_{i,p}^L} = -2(T_{i,p} - O_{i,p}^L) \quad \text{Denklem EK 3.4}$$

(k,i) işlem biriminin hata oranı zincir kuralı çerçevesinde şöyle dönüştürülebilir:

$$\frac{\partial E_p}{\partial O_{i,p}^k} = \sum_{m=1}^{\#(k+1)} \frac{\partial E_p}{\partial O_{m,p}^{k+1}} \frac{\partial O_{m,p}^{k+1}}{\partial O_{i,p}^k} \quad \text{Denklem EK 3.5}$$

k , $1 \leq k \leq L - 1$ aralığındadır. Bir işlem biriminin hata oranı bir sonraki katmandaki işlem birimlerinin hata oranlarının doğrusal kombinasyonu olarak gösterilebilir. Bu doğrultuda Denklem EK 3.4 ve Denklem EK 3.5 kullanılarak, $\frac{\partial E_p}{\partial O_{i,p}^k}$ yani işlem birimlerinin hata oranlarının doğrusal kombinasyonu hesaplanabilmektedir.

α , verilen bir adaptif ağ için parametre ise bu durumda:

$$\frac{\partial E_p}{\partial \alpha} = \sum_{O^* \in S} \frac{\partial E_p}{\partial O^*} \frac{\partial O^*}{\partial \alpha} \quad \text{Denklem EK 3.6}$$

S , α parametresine dayanan işlem birimlerini içeren kümedir. Bu durumda α parametresine dayanarak toplam hata E :

$$\frac{\partial E}{\partial \alpha} = \sum_{p=1}^p \frac{\partial E_p}{\partial \alpha} \quad \text{Denklem EK 3.7}$$

Buna göre genel parametre α için güncellenmiş denklem şu şekilde olmaktadır:

$$\Delta \alpha = -\eta \frac{\partial E}{\partial \alpha} \quad \text{Denklem EK 3.8}$$

η öğrenme oranı olup Denklem EK 3.9 ile ifade edilmektedir:

$$\eta = \frac{k}{\sqrt{\sum_{\alpha} \left(\frac{\partial E}{\partial \alpha}\right)^2}} \quad \text{Denklem EK 3.9}$$

k basamak sayısı olup parametre uzayında her bir gradyent geçişinin uzunluğunu gösterir.
Adaptif ağ yapısı yukarıda anlatıldığı gibidir.

EK 5

TÜM ELEKTRİKLİ CİHAZLARIN ORTALAMA GÜÇ DEĞERLERİ VE YILLIK ELEKTRİK TÜKETİMLERİNİN BELİRLENMESİ

BUZDOLABI ELEKTRİK TÜKETİMİ VERİLERİ

“Buzdolapları Türkiye’de ve dünyada doyum oranı en yüksek olan evsel cihazlardan olması ve kesintisiz çalışması sebebi ile bir konutun yıllık bazda elektrik tüketiminde önemli bir paya sahiptirler”[44]. Anket uygulanan 100 konutun 100’ünde birer adet buzdolabı bulunmaktadır.

Buzdolaplarının elektrik tüketimi araştırması yapılırken hem açık literatürden [74, 75], hem de Yalova ili beyaz eşya satıcılarından 2018 Kasım ayı ürün kataloglarından ürün tipi, marka, model, yıllık elektrik tüketimleri ve ürünlerin hacim verileri temin edilmiştir. Geçmiş yıllara da ait buzdolabı elektrik tüketim verileri Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı [United States Environmental Protection Agency (EPA)] Energy Star Programı [76] web sitesinden temin edilmiştir. Bu siteden, 2013 – 2018 yılları arasında piyasaya sunulmuş tüm buzdolabı verileri temin edilmiştir. 2013 yılı öncesi buzdolaplarının elektrik tüketimi verileri için Şahin’in [44] çalışmasından faydalanılmıştır.

EPA Energy Star web sitesinden elde edilen verilerin hacim birimleri öncelikle feetküp (ft³) litreye (L) çevrilmiştir. Daha sonra bütün kaynaklardan alınan toplam 1282 ürüne ait veriler bir araya toplanarak ürünler marka, model, tip, hacim ve yaşlarına göre sınıflandırılmıştır. Açık literatürden [74, 75] ve mağaza kataloglarından alınan veriler 2018 yılına yani 0 yaş grubuna dahil edilmiştir. Ürünler yaşlarına göre Çizelge Ek.5.1’de gruplandırılmıştır:

Çizelge Ek.5.1 Yıllar Bazında Toplanan Verilerin Yaş Grubuna Göre Dağılımı

Yıl	Yaş
2018	0
2017	1
2016	2
2015	3

2014	4
2013	5

Ürünlerin hacmine göre sınıflandırma yapılırken Şahin'in [44] tez çalışmasında oluşturulan hesaplama motorundaki hacim aralıkları kullanılmıştır. Yapılan sınıflandırma Çizelge Ek 5.2'de verilmiştir.

Çizelge Ek 5.2 Buzdolaplarının Hacime Göre Sınıflandırılması

Hacim Aralığı, L	Sınıf
0 – 283	Çok küçük
284 – 396	Küçük
397 – 509	Orta
510 – 594	Büyük
≥ 595	Çok büyük

Ürünlerin tipine göre sınıflandırma yapılırken, Şahin'in [44] yaptığı sınıflandırma kullanılmıştır. Bu sınıflandırmada buzdolaplarında bulunan dondurucuların yerleri temel alınmıştır. Yapılan sınıflandırma Çizelge Ek 5.3'te verilmiştir.

Çizelge Ek 5.3 Dondurucu Yerine Göre Sınıflandırma

Tip	Kısaltması
İki kapılı ve dondurucu üstte	İK – DÜ
İki kapılı ve dondurucu altta	İK – DA
Gardorap	G
Tek kapılı	TK

Yaşları, tipleri ve hacimlerine göre sınıflandırılan tüm buzdolaplarının elektrik tüketim verilerinin ortalamaları alınarak Çizelge Ek 5.3'te verilen ürün tiplerine ve Çizelge Ek 5.2'de verilen hacim gruplarına göre her sınıfın ortalama yıllık elektrik tüketimi elde edilmiştir.

Daha önce Şahin'in [44] tez çalışması kapsamında 0-5-10-15-20 yıllık olarak gruplandırılan verilerin güncellenmesine; öncelikle 20 ve 15 yıllık gruplarının altındaki

elektrik tüketim verilerinin yerlerine, 10-5 ve 0 gruplarının kaydırılmasıyla başlanmıştır. Böylece 20-15 ve 10 yıllık veriler 2018 yılına göre düzeltilmiş olmaktadır. 2013-2018 yıllarına ait elde edilen tüm veriler ise 2018 yılı ortalama elektrik tüketim verileri 0 grubuna; 2013-2017 yılları ortalama elektrik tüketim verileri ise 5 grubuna yazılmak suretiyle güncellenmiştir. Buna göre güncellenen ve çalışmada kullanılan yeni tüketim değerleri Çizelge Ek 5.4, Çizelge Ek 5.5, Çizelge Ek 5.6, Çizelge Ek 5.7’de verilmiştir.

Çizelge Ek 5.4 İki Kapılı ve Dondurucusu Üstte Olan Buzdolaplarının Yaşları ve Hacimlerine Göre Düzeltilen Yıllık Elektrik Tüketimleri (kWh/yıl)

Hacim (L)	Kategori	Yaş				
		20	15	10	5	0
<283	Çok Küçük	563	544	581	297	297
284-396	Küçük	584	573	596	313	308
397-509	Orta	687	680	653	395	381
510-594	Büyük	734	711	679	413	396
>594	Çok Büyük	781	728	725	434	418

Çizelge Ek 5.5 İki Kapılı ve Dondurucusu Altta Olan Buzdolaplarının Yaşları ve Hacimlerine Göre Düzeltilen Yıllık Elektrik Tüketimleri (kWh/yıl)

Hacim (L)	Kategori	Yaş				
		20	15	10	5	0
<283	Çok Küçük	725	682	708	413	391
284-396	Küçük	-	672	698	423	407
397-509	Orta	835	733	660	516	513
510-594	Büyük	794	783	716	566	555
>594	Çok Büyük	806	763	752	658	661

Çizelge Ek 5.6 Gardorap Tipi Olan Buzdolaplarının Yaşları ve Hacimlerine Göre Düzeltilen Yıllık Elektrik Tüketimleri (kWh/yıl)

Hacim (L)	Kategori	Yaş				
		20	15	10	5	0
<283	Çok Küçük	-	-	-	-	-
284-396	Küçük	-	-	-	-	-
397-509	Orta	-	-	646	-	-

510-594	Büyük	933	919	834	583	593
>594	Çok Büyük	1020	970	897	674	605

Çizelge Ek 5.7 Tek Kapılı Olan Buzdolaplarının Yaşları ve Hacimlerine Göre Düzeltilen Yıllık Elektrik Tüketimleri (kWh/yıl)

Hacim (L)	Kategori	Yaş				
		20	15	10	5	0
<283	Çok Küçük	490	487	470	242	216
284-396	Küçük	499	560	471	274	278
397-509	Orta	563	510	537	308	281
510-594	Büyük	-	522	537	325	304
>594	Çok Büyük	-	520	663	365	325

DERİN DONDURUCULARIN ELEKTRİK TÜKETİMİ VERİLERİ

Derin dondurucuların elektrik tüketimlerinin belirlenmesinde Arçelik [74], Bosch [75] ve Uğur [77] yerli üreticilerinin 2018 yılında piyasada satılan ürünleri ile EPA [54] web sitesinden elde edilen 2013-2018 yılları arasında piyasada satılan ürünlerin verileri kullanılmıştır. EPA web sitesinden elde edilen verilerin hacim birimleri öncelikle feetküpten (ft³) litreye (L) çevrilmiştir. Toplam 255 adet derin dondurucu verisi; ürün tipi, marka, model, yıllık elektrik tüketimleri ve ürünlerin hacim verilerine göre düzenlenmiştir. Ürünler tipine göre dik (duvar tipi) ve yatık (sandık tipi) olarak sınıflandırılmıştır. Anket uygulanan 100 konutun 21’inde derin dondurucu bulunmaktadır.

“Ürünler hacimlerine göre sınıflandırılırken, buzdolaplarının elektrik tüketimi tespitinde yapılabilecek bir çalışma ile derin dondurucular için bir hacim aralığı ve bu hacim aralığına denk gelen bir kategori belirlenmiştir. Tipleri ve hacimlerine göre sınıflandırılan derin dondurucuların yıllık elektrik tüketim verilerinin ortalamaları alınarak tiplerine ve hacim gruplarına göre her sınıfın ortalama yıllık enerji tüketimi elde edilmiştir” [44]. Elde edilen ortalama yıllık enerji tüketimi verileri Çizelge Ek 5.8’de gösterilmiştir.

Çizelge Ek 5.8 Derin Dondurucuların Yıllık Ortalama Enerji Tüketimi (kWh/yıl)

Cins/Hacim(L)	0-200	201-300	301-400	401-500	>500
Dik	268	381	418	466	497
Yatık	188	202	275	314	346

ÇAMAŞIR MAKİNELERİNİN ELEKTRİK TÜKETİMİ VERİLERİ

Çamaşır makinesi, sahiplilik oranının yüksek olması ve belirli aralıklarla düzenli olarak kullanılmasından dolayı konutlarda elektrik tüketimini oluşturan en önemli cihazlardan birisidir. Çamaşır makineleri gelen suyun ısıtılması için rezistans ünitesi içerir. Çamaşır makinelerinin elektrik tüketiminin büyük kısmını gelen suyun ısıtılması için bulunan rezistans ünitesi harcar. Buradan hareketle çamaşır makinelerinin elektrik tüketimini belirleyen en önemli unsurlardan biri çamaşırın kaç derecede yıkandığıdır [44]. Anket uygulanan 100 konutun 100'ünde çamaşır makinesi bulunmaktadır.

Çamaşır makinelerinin elektrik tüketimi için yapılan literatür taramasında elektrik tüketimlerinin, makinelerin kapasitelerine göre sınıflandırıldığı görülmüştür; çamaşırın yıkandığı dereceye göre sınıflandırıldığına dair veri bulunamaması sebebi ile [74-76], bu sınıflandırma Şahin [44] tarafından dört konutta yapılan ölçümler ile yapılmıştır. Bu ölçümlerin sonucu Çizelge Ek 5.9'da verilmiştir.

Çizelge Ek 5.9 Çamaşır Yıkama Derecesine Göre Ortalama Elektrik Tüketimi

Yıkama Derecesi (°C)	Elektrik Tüketimi (kWh/çevrim)
40	0,53
60	1,22
90	2,04

Çamaşır makinelerinin elektrik tüketimi araştırması yapılırken, hem açık literatürden [74, 75], hem de Yalova ili beyaz eşya satıcılarından alınan 2018 Kasım ayı ürün kataloglarından marka, model, yıllık elektrik tüketimleri ve ürünlerin kg bazında kapasiteleri ile ilgili veriler oluşturulmuştur. Geçmiş yıllara ait çamaşır makinesi elektrik tüketim verileri Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı [United States Environmental Protection Agency (EPA)] Energy Star Programı [76] web sitesinden

temin edilmiştir. Bu siteden, 2014 – 2018 yılları arasında piyasaya sunulmuş tüm çamaşır makinesi verileri temin edilmiştir.

Elde edilen toplam 218 adet çamaşır makinesi elektrik tüketim verileri çamaşır yıkama kapasitelerine göre sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma Çizelge Ek 5.10'da verilmiştir.

Çizelge Ek 5.10 Çamaşır Yıkama Kapasitesine Göre 60°C'lik Programların Elektrik Tüketimi

Çamaşır Kapasitesi (kg)	Elektrik Tüketimi (kWh/cycle)
5	0,71
6	0,72
7	0,75
8	0,86
9	1,13
10	0,82
11	0,62
12	0,81

ÇAMAŞIR KURUTMA MAKİNELERİNİN ELEKTRİK TÜKETİMİ VERİLERİ

Çamaşır kurutma makineleri, son yıllarda çamaşır asma ve çamaşırın kurumaları için bekleme gibi durumları ortadan kaldırması gibi özelliklerinden ötürü tercih edilmeye başlanmıştır. Anket uygulanan 100 konutun 15'inde çamaşır kurutma makinesi bulunmaktadır. Çamaşır kurutma makinelerinin 2018 yılı elektrik tüketim verileri Arçelik ve Bosch web sitelerinden [74, 75], geçmiş yıllara ait elektrik tüketim verileri Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı [United States Environmental Protection Agency (EPA)] Energy Star Programı [76] web sitesinden temin edilmiştir. Bu siteden, 2014 – 2018 yılları arasında piyasaya sunulmuş tüm çamaşır kurutma makinesi verileri temin edilmiştir. EPA web sitesinden elde edilen verilerin kapasite birimleri litreden (L) kilograma (kg) çevrilmiştir.

Toplam 246 ürüne ait ürün modeli, markası, kurutma kapasitesi ve enerji tüketimi verileri alınmıştır. Alınan veriler ile çamaşır kurutma makinelerinin elektrik tüketimi, yıkama kapasitelerine göre sınıflandırılmıştır. Yapılan sınıflandırma Çizelge Ek 5.11'de verilmiştir.

Çizelge Ek 5.11 Çamaşır Kurutma Makinelerinin Kurutma Kapasitelerine Göre Elektrik Tüketimi

Kapasite (kg)	Elektrik Tüketimi (kWh/çevrim)
3	1,15
6	2,92
7	2,90
7,5	2,89
8	2,92

BULAŞIK MAKİNELERİNİN ELEKTRİK TÜKETİMİ VERİLERİ

Bulaşık makineleri kullanımı oldukça yaygınlaşmış olmakla beraber, anket uygulanan 100 konutun 11’inde bulaşık makinesi kullanılmamaktadır. Bulaşık makinelerinin ortalama elektrik tüketiminin hesaplanması için; Arçelik ve Bosch web sitelerinden [74, 75] 2018 verileri, EPA [76] web sitesinden 2011-2018 arası piyasaya sunulmuş bulaşık makinelerinin verileri olmak üzere toplam 724 adet bulaşık makinesi verisi alınmıştır. Bu 724 verinin ortalaması alınarak bulaşık makinelerinin elektrik tüketimi çevrim başına 0,71 kWh olarak hesaplanmıştır. Şahin [44] tez çalışmasında yaşı 15’ten büyük olan bulaşık makineleri için 1,77 kWh/çevrim değerini, yaşı 15’ten küçük olan bulaşık makineleri için ise 1 kWh/çevrim değerini hesaplamıştır. Bu bağlamda veri tabanı; yaşı 15’ten büyük olan bulaşık makineleri için 1 kWh/çevrim değeri, yaşı 15’ten küçük olan bulaşık makineleri için ise 0.71 kWh/çevrim değeri olarak güncellenmiştir.

TELEVİZYONLARIN ELEKTRİK TÜKETİMİ VERİLERİ

“Gelişmiş ve refah seviyesi yüksek ülkelerde artık her konutta en az bir televizyon bulunmaktadır. Türkiye’de 2003 yılında yapılan bir çalışmada televizyonların 2001 yılı için doyum oranı %97,15 olarak saptanmıştır” [44]. Bu bilgiyi doğrular nitelikte, anket uygulanan konutların %97’si de televizyon sahibidir. “Televizyonlar, sahiplilik oranın bu kadar yüksek olması sebebi ile buzdolaplarından sonra en çok elektrik tüketen ikinci elektrikli ev eşyasıdır” [44].

Televizyonların elektrik tüketimlerini belirlemek için Türkiye’de bulunan markaların web siteleri araştırılmış, fakat bu cihazların güçleri (W) hakkında bilgi bulunamamıştır. Bu sebeple Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı [United States

Environmental Protection Agency (EPA)] Energy Star Programı [76] web sayfasından 2012-2018 yıllarına ait marka, model, ekran boyutları, aktif çalışma konumu gücü verileri alınmıştır. Alınan toplam 684 televizyon verisi içinde, 683'ünün Liquid Crystal Display (LCD) tipinde, 1'inin Organik Light Emitting Diode (OLED) tipinde sınıflandırılmış oldukları görülmektedir. Bu nedenle güncelleme LCD tipi televizyonlar için ekran boyutuna göre ortalama elektrik tüketim verisi hesaplanarak gerçekleştirilmiş; diğer tip televizyonlar Şahin [44] tarafından hesaplandığı şekilde alınmıştır. LCD tipi televizyonların ekran boyutlarına göre elde edilen elektrik tüketim verileri Çizelge Ek 5.12'de verilmiştir.

Çizelge Ek 5.12 LCD Tipi Televizyonların Ekran Boyutlarına Göre Elektrik Tüketimleri[76]

Ekran Genişliği (cm)	Gücü (W)
41	16,50
46	16,50
48	16,50
51	15,00
56	18,50
58	19,00
61	20,50
64	20,50
66	21,00
69	21,50
81	24,00
94	30,00
102	37,00
107	42,00
117	45,00
119	46,00
132	55,00
140	63,00
152	69,00
165	86

FIRINLARIN ELEKTRİK TÜKETİMİ VERİLERİ

Anket uygulanan 100 konutun 13'ünde fırın bulunmamaktadır. Konutlarda pişirme amaçlı kullanılan fırınlar; günümüzde tiplerine göre genellikle ankastre, solo ve mikrodalga olarak sınıflandırılmaktadır [78, 79]. Ankastre fırınların gücünün ortalama 2500 W, solo fırınların ise 2000 W olduğu belirlenmiştir [79]. Şahin [44], çalışmasında fırınları ocak altı, ankastre, midi, mini ve davul fırın olarak sınıflandırmaktadır. Bulunan değerler Şahin'in çalışması ile uyusmaktadır. Bu nedenle veri tabanında değişiklik yapılmamış ve çalışmada kullanılan güç değerleri Çizelge Ek 5.13'te gösterilmiştir.

Çizelge Ek 5.13 Fırınlar İçin Pişirici Güç Değerleri

Fırın Tipi	Fırın Pişirici Gücü, W	Izgara Pişirici Gücü, W
Ankastre	3000	2200
Ocak Altı	2800	2100
Midi	1500	2000
Mini	1500	1000
Davul	1300	-

ELEKTRİKLİ OCAKLARIN ELEKTRİK TÜKETİMİ VERİLERİ

Anket uygulanan 100 adet konutun hiçbirinde elektrikli ocak tespit edilmemiştir. Bu nedenle veri tabanında ocak ile ilgili kısımda değişiklik yapılmamıştır.

ASPIRATÖRLERİN ELEKTRİK TÜKETİMİ VERİLERİ

Aspiratörler, konutlarda yemek yapılırken yemek kokusunu uzaklaştırmak için kullanılan elektrikli ev eşyalarıdır. Anket uygulanan 100 konutun 40'ında aspiratör bulunmamaktadır. Aspiratörlerin elektrik tüketimlerini hesaplamak için, beyaz eşya satıcılarından temin edilen kataloglardan faydalanılmıştır. Altus, Arçelik, Bosch, Franke, Kumlentel, Luxell ve Siemens markalarından oluşturulan toplam 102 adet aspiratör verisi, modeli, türü, lamba sayısı, lamba gücü ve toplam güçlerine göre sınıflandırılmıştır. Toplam güç, lamba gücü ve motor gücünün toplamını teşkil etmektedir. Veriler, lamba sayısına göre toplam güç ortalamaları alınarak güncellenmiştir. Aspiratörler için lamba sayısına göre toplam güç değerleri Çizelge Ek 5.14'te gösterilmektedir.

Çizelge Ek 5.14 Aspiratörler İçin Lamba Sayısına Göre Toplam Güç Değerleri

Lamba Sayısı	Aspiratörler (Güç, W)
2	203
3	217
4	230

KLİMALARIN ELEKTRİK TÜKETİMLERİ

Anket uygulanan 100 adet konutun 20'sinde klima bulunmaktadır. Klimaların ortalama elektrik tüketiminin hesaplanması için Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı [United States Environmental Protection Agency (EPA)] Energy Star Programı [76] web sitesinden 2015-2018 yılları arasında piyasaya sunulmuş toplam 597 ürün incelenmiştir. Klimalar kapasitelerine göre üç gruba ayrılmıştır; her gruba uygun ürünlerin ortalaması alınarak klimaların kapasitelerine göre ısıtma ve soğutma için harcadıkları güç miktarları hesaplanmıştır. Klimaların kapasitelerine göre ısıtma ve soğutma için harcadıkları güç miktarları Çizelge Ek 5.15'te gösterilmektedir.

Çizelge Ek 5.15 Klimaların Kapasitelerine Göre Isıtma ve Soğutma İçin Harcadıkları Güç Miktarı

Kapasite	Isıtma (W)	Soğutma (W)
9001-12000 Btu	714	724
12001-14000 Btu	774	784
14001-18000 Btu	1020	1030

ELEKTRİKLİ SU ISITICILARIN ELEKTRİK TÜKETİMLERİ

Anket uygulanan 100 adet konutun hiçbirinde elektrikli su ısıtıcısı tespit edilmemiştir. Bu nedenle veri tabanında su ısıtıcısı ile ilgili kısımda değişiklik yapılmamıştır.

KOMBİLERİN ELEKTRİK TÜKETİMLERİ

Kombiler, birçok gaz türü hatta sadece elektrik ile çalışabilen, ısınma ve sıcak kullanım suyu ihtiyacını karşılayabilen bireysel kat kaloriferleridir [80]. Anket uygulanan 100 konutun 95'inin ısınma sistemi kombi, 5'inin merkezi sistemdir.

Kombiler, geleneksel kombiler ve hermetik kombiler olarak sınıflandırılabilirler [80]. Konutlarda kullanılan yeni kombilerin çoğu hermetik kombilerdir. Kombi motorlarının çalışma gücü hakkında bilgi edinmek için 11 kombi markasının [81-91] ürünleri incelendiğinde, geleneksel kombilerin çalışma gücünün 70 W ile 200 W arasında, hermetik kombilerin çalışma gücünün 80-170 W arasında değiştiği görülmüştür. Hesaplanan değerlerin ortalamaları alındığında, geleneksel kombilerin çalışma gücü 133 W, hermetik kombilerin çalışma gücü 123 W olarak kabul edilmiştir.

Yeni kombilerin kullanım kılavuzunda, kombilerin yaz modunda çalışma gücü hakkında herhangi bir bilgi bulunamamıştır. Bu nedenle Şahin [44] tarafından beş konutta yapılan ölçümler sonucunda, kombilerin yaz modunda çalışma gücü geleneksel kombiler için ortalama 2,6 W, hermetik kombiler için ortalama 2 W olarak kabul edilmiştir. Kombi elektrik tüketim değerleri Çizelge Ek 5.16'da gösterilmektedir.

Çizelge Ek 5.16 Kombi Elektrik Tüketim Değerleri

Baca tipi	Yazın elektrik tüketimi (W)	Kışın elektrik tüketimi (W)	
	Sıcak su	Isınma	Isınma+sıcak su
Hermetik	2	123	125
Geleneksel	3	133	136

ELEKTRİKLİ SÜPÜRGELERİN ELEKTRİK TÜKETİMLERİ

Elektrikli süpürgelerin ortalama elektrik tüketiminin elde edilmesi için farklı markaların 105 modeli incelenmiştir. Elektrikli süpürgeler toz torbalı, halı yıkama, su filtreli, ıslak kuru ve el tipi (şarjlı) olmak üzere beş grupta incelenmiştir. Her model, ilgili gruba göre tasnif edilmiş ve grupların ortalaması alınmıştır. Anket uygulanan 100 konutun hepsinde elektrikli süpürge mevcuttur. Elektrikli süpürgelerin modellerine göre harcadıkları güç miktarı Çizelge Ek 5.17'de gösterilmektedir.

Çizelge Ek 5.17 Elektrikli Süpürgelerin Modellerine Göre Harcadıkları Güç Miktarı (W)

Model	Harcadığı Güç (W)
Toz Torbalı	1950
Halı Yıkama	1500

Su Filtreli	1800
Islak Kuru	1400
El Tipi (Şarjlı)	150

ÜTÜLERİN ELEKTRİK TÜKETİMLERİ

Ütülerin ortalama elektrik tüketiminin elde edilmesi için yaygın olarak kullanılan markaların 89 modeli incelenmiştir. Bu modeller; normal, buharlı, buhar jeneratörlü ve pres ütü olarak dört tipe ayrılmıştır. Üretici firmaların web sitelerinden her modelin harcadığı güç temin edildikten sonra gruplara göre sınıflandırılması yapılmıştır. Her grubun ortalaması alınarak, modeller için ortalama tüketim miktarı hesaplanmıştır. Anket uygulanan 100 konutun 3'ünde ütü kullanılmamaktadır. Ütülerin modellerine göre harcadıkları güç miktarları Çizelge Ek 5.18'de gösterilmektedir.

Çizelge Ek 5.18 Ütülerin Modellerine Göre Harcadıkları Güç Miktarı (W)

Model	Harcadığı Güç (W)
Normal	2000
Buharlı	2200
Buhar Jeneratörlü	2200
Pres	2100

MİKRODALGA FIRINLARIN ELEKTRİK TÜKETİMLERİ

Konutlarda kullanılan mikrodalga fırınlar iki tiptir; bunlar ankastre ve tezgah üstü mikrodalga fırınlardır. Anket uygulanan 100 konutun 11'inde mikrodalga fırın bulunmaktadır. Şahin'in [44] çalışmasında ankastre mikrodalga fırınların pişirici gücünü 1100 W, ızgara gücünü 1200 W olarak; tezgah üstü mikrodalga fırınların pişirici gücünü 800W, ızgara gücünü ise 1100W olarak kabul ettiği değerler aynı şekilde bu çalışmada da kullanılmıştır. Mikrodalga fırınlar için çalışmada kullanılan güç değerleri Çizelge Ek 5.19'da verilmiştir.

Çizelge Ek 5.19 Mikrodalga Fırınlar İçin Pişirici Güç Değerleri

Tip	Fırın Güç (W)	Izgara Güç (W)
Ankastre	1100	1200

Tezgah Üstü	800	1100
-------------	-----	------

KÜÇÜK EV ALETLERİNİN ELEKTRİK TÜKETİMLERİ

Küçük ev aletlerinin maksimum elektrik tüketim verileri, incelenen yerli üretici kataloglarıyla anlamlı farklılıklar göstermemesi nedeniyle Şahin [44] tarafından oluşturulduğu şekilde bu çalışmada da kullanılmıştır. Küçük ev aletlerinin güç değerleri Çizelge Ek 5.20’de gösterilmektedir.

Çizelge Ek 5.20 Küçük Ev Aletlerinin Güç Değerleri

Küçük ev aleti	Max elektrik tüketimi (W)
Ekmek kızartma makinesi	975
Kettle	2400
Elektrikli/Buharlı pişirici	1000
Meyve sıkacağı	1000
Elektrikli doğrayıcı	500
Klasik çay makinesi	1650
Semaver tipi çay makinesi	2000
5 hız kademeli mikser	450
3-4 hız kademeli mikser	400
çok fonksiyonlu robot	1000
tek parça robot	700
Türk kahve makinesi	800
Kahve makinesi/ Filtre Kahve makinesi	800
Espresso ve Kahve Makinesi	1500
Espresso Makinesi	1000
Espresso Cappuccino Makinesi	1100
Mini Tost Makinesi	700
Büyük Tost Makinesi	900
ızgara fonksiyonlu mini tost makinesi	1500
ızgara fonksiyonlu tost makinesi	1800
Tek Karıştırma Kollu Ekmek Makinesi	600
Çift Karıştırma Kollu Ekmek Makinesi	800
1 kg besin kapasiteli fritöz	1400
1,3 kg besin kapasiteli fritöz	1800

2,5 L kapasiteli nem makinesi	25
4,5 L kapasiteli nem makinesi	35
5,5 L kapasiteli nem makinesi	40
1 L nem tutmak için nem giderici	1500
1200 cm2 ızgara	2400
1000 cm2 ızgara	2200
850 cm2 ızgara	2000

DİĞER ELEKTRİKLİ CİHAZLARIN ELEKTRİK TÜKETİMLERİ

Veri tabanında katalog bilgileri bulunmayan uydu alıcısı, bilgisayar, modem ve elektrikli ısıtıcının yıllık toplam elektrik tüketimleri hesaplanırken, cihazların üzerindeki güç değerleri (W) ankete kaydedilmiş ve cihazın kullanım süresi (saat) ile birlikte hesaplama motorunun anket bilgileri sekmesinde gerekli yere işlenmiştir. Hesaplamalar sekmesinde güç değerleri ile kullanım süreleri çarpılıp yıllık toplam elektrik tüketimleri hesaplanmıştır.

AYDINLATMA ELEKTRİK TÜKETİMLERİ

Aydınlatmadan kaynaklanan elektrik tüketimi hesaplamaları, hesaplama motorunun “Anket Bilgileri” sekmesinin beşinci bölümünde olan her bir ampül tipi (akkor, florasan, kompakt florasan [KFL], spot, halojen ve light emitting diode [LED]), ampul gücü ve kullanım süresi bilgilerinden ampülün gücü ve kullanım süresinin, hesaplama motorunun son sekmesi olan “Hesaplamalar” da çarpılarak her bir ampul için toplam yıllık elektrik tüketimi şeklinde yapılmıştır. Ayrı ayrı hesaplanan bütün ampullerin, toplam elektrik tüketimleri toplanarak konutun aydınlatmadan kaynaklı yıllık elektrik tüketimi bulunmaktadır. Aydınlatmadan kaynaklı elektrik tüketim hesaplaması yapılırken Denklem EK 5.1 kullanılmıştır.

$$AKET_j = \sum_{i=1}^n (LET_{ij} \times KUL_i) \times (365 - KBGS) \frac{gün}{yıl} \quad \text{Denklem EK 5.1}$$

Parametreler:

AKET_j: Bir konutta aydınlatmadan kaynaklanan yıllık elektrik tüketimi [kWh/yıl]

LET_{i,j} : Bir konuttaki bir lambanın elektrik gücü [W]

KULi : Bir lambanın günlük kullanım süresi [saat/gün]

KBGS : Konutta bulunulmayan gün sayısı [gün/yıl]

i : Lamba sayısı/türü

n : Konuttaki toplam lamba sayısı

EK 6

TEZDEN TÜRETİLMİŞ BİLDİRİLER

Bildiri Sunumu: “BEHAVE 2020-2021 – The 6th European Conference on Behaviour Change for Energy Efficiency”, Copenhagen Centre on Energy Efficiency, Copenhagen, DENMARK, 04/2021, <https://c2e2.unepccc.org/wp-content/uploads/sites/3/2021/04/behave-2020-2021-conference-proceedings.pdf> .