

KONUT ELEKTRİK TÜKETİMİNDE GERİBİLDİRİM ETKİSİNİN DENEYSEL ANALİZİ: KOCAELİ ÖRNEĞİ¹

Ferhat PEHLİVANOĞLU², Zeynep NARMAN³

Özet

Hanehalkı enerji tüketimi, küresel birincil enerji talebinin neredeyse üçte birini oluşturmakta ve çevreyi önemli ölçüde etkilemektedir. Bu haliyle, enerji tasarrufu, enerji yoksulluğu ve enerji verimliliği dahil olmak üzere hane tüketiminin çeşitli yönlerini analiz eden bir dizi çalışma ile literatürde klasik ve ilgi çekici bir tema olarak hizmet etmektedir. Ancak ev enerjisi, satın alınan ve daha sonra kullanılmak üzere depolanan bir meta türü değildir; tüketicilerinin çoğu için görünmezdir, bu nedenle akıllı ölçüm teknolojileri tüketicilere 'enerjiyi görünür kılmak ve tüketilen miktar üzerinde düşünmeye teşvik etmek için tanıtılmaktadır. Bu çabalar, hane enerji tüketimini azaltmak için tüketici geri bildirimleri hakkında geniş bir literatürün ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu çalışmada geribildirim hanehalkı elektrik tüketim miktarı üzerindeki etkisini ölçmek amacıyla Kocaeli'nde belirlenen bir semtte saha deneyi yapılmıştır. 63 haneyi kapsayan deney 12 Aralık-6 Mart arasında gerçekleştirilmiştir. Deney süresince tüketim verileri haftalık olarak kayıt altına alınmış ve ANCOVA analizi ile test edilmiştir. Deney sonuçları geribildirim etkisinin hanehalkı elektrik tüketimi üzerinde azaltıcı bir etkisi olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Enerji verimliliği, Ev enerjisi, Çevre, Enerji Tüketim, Ancova Analizi

EXPERIMENTAL ANALYSIS OF THE EFFECT OF FEEDBACK ON RESIDENTIAL ELECTRICITY CONSUMPTION: THE CASE OF KOCAELI

Abstract

Household energy consumption accounts for approximately one-third of global primary energy demand and has a significant impact on the environment. Including energy conservation, energy poverty and energy efficiency; It serves as a classic and intriguing theme in the literature, with many studies analyzing various aspects of household consumption. But household energy is not a type of commodity that is purchased and stored for later use. Home energy is invisible to most consumers, so smart metering technologies are being introduced to consumers 'to make energy

¹ Bu makale Kocaeli Üniversitesi, SBE'de kabul edilmiş "Hanehalkı Elektrik Tüketim Davranışlarında Dürtmelerin Etkisinin Meta Analizi İle Değerlendirilmesi: Kocaeli Örneği" başlıklı doktora tez çalışmasından türetilmiştir.

² **Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Doç.Dr., Kocaeli Üniversitesi, Siyasal Bilgiler Fakültesi, İktisat Bölümü, Kocaeli, Türkiye, **E-posta:** fpehlivanoglu@kocaeli.edu.tr, **Orcid no:** 0000-0001-6930-0181

³ Dr., Kocaeli Üniversitesi, Siyasal Bilgiler Fakültesi, İktisat Bölümü, Kocaeli, Türkiye, **E-posta:** zynpnarman92@gmail.com **Orcid no:** 0000-0002-0230-9058

visible and encourage them to think about the amount consumed. These efforts have generated a large literature on consumer feedback to reduce energy consumption in the home. In this study, a field trial was conducted in a district of Kocaeli province to measure the effect of feedback on household electricity consumption. Consumption data were recorded weekly during the trial and tested by ANCOVA analysis. Experimental results showed that the feedback effect has a reducing effect on household electricity consumption.

Keywords: Energy efficiency, House energy, Environment, Energy Consumption, Ancova Analysis

1.Giriş

Dünya bugün pek çok sorunla karşı karşıyadır ve gündemin önemli konularından biri sürdürülebilirliktir. Sürdürülebilir enerji, "sürdürülebilir kalkınma" ile ilgili herhangi bir tartışmanın merkezinde yer alır, hem ekonomik perspektiften hem de toplumun devam eden ilgisinin daha geniş perspektifini oluşturur. Yeterli ve uygun fiyatlı enerji kaynakları ekonomik kalkınmanın geçimlik tarım ekonomilerinden modern sanayi ve hizmet odaklı toplumlara geçişin anahtarı olmuştur. Enerji, sosyal ve ekonomik refahın merkezinde yer almakta ve çoğu endüstriyel, ticari servet üretimi için vazgeçilmez olmaktadır. Bu nedenle enerjinin verimli kullanımı, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için bir gereklilik olarak kabul edilmektedir. Sanayi öncesi dönemden 2017 yılına kadar sıcaklığın 1,1 °C arttığı ve 2013-2017 yılları arasında kaydedilen en sıcak yıllar olduğu bilinmektedir. Artan küresel ve bölgesel sıcaklıkların arkasındaki ana etken ise insanın davranış etkisidir.

Artan sıcaklarla mücadele etmek için hükümetler, insanoğlunun gezegen üzerindeki olumsuz etkisini azaltmak için hedefler belirlemiştir. Bir bütün olarak AB, sera gazı (GHG) emisyonlarında 1990 seviyelerine kıyasla %20 azalma, üretim karışımında %20 yenilenebilir enerji payı ve enerjide ise %20 iyileştirme şeklindeki 2020 hedeflerini gerçekleştirme yolunda ilerlemektedir. Sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için; ulaşım, sanayi ve konutlarda enerji kullanımı gibi hayatın her alanında verimlilik önlemleri alınmaktadır.

Konut elektrik tüketimindeki artış, konut alanlarında enerji verimliliği çalışmalarını ön plana çıkarmaktadır. Artışı etkileyen çok sayıda faktör ve bu artışın çok sayıda etkisi vardır. Son kullanıcı sayısının fazla olması, ev aletlerinin çeşitliliği ve insanların konfor arayışı, konutlarda enerji tüketimindeki artışın sebeplerinden sadece birkaçını oluşturmaktadır. Bu büyümenin etkisi temel olarak karşılanamayan talep, yüksek miktarda enerji ithalatı, daha sık elektrik kesintisi vb. olarak sıralanabilir. Literatüre bakıldığında, CO₂ emisyonlarını azaltmak için çok sayıda araştırmacının evlerdeki elektrik tüketimini çeşitli yöntemlerle analiz ettiği görülmektedir. Örneğin; Verdejo vd.(2017) Şili'deki konut elektrik tüketimini tahmin etmek için istatistiksel parametrik doğrusal modeli uygulamıştır. Aydınalp vd.(2003), sinir ağı (NN) yöntemi ile ulusal

ve bölgesel düzeyde konut elektrik tüketimini incelemiştir. Fan vd.(2016), şehirleşmenin konut elektrik tüketimindeki değişiklikler üzerindeki etkisini araştırmak için divisia ayrıştırma yöntemini kullanmış ve konut elektrik tüketimini etkileyen faktörleri analiz etmiştir. Swan ve Uğursal (2009), konut sektöründeki elektrik tüketimi için çeşitli modelleme tekniklerine genel bir bakış sunmuştur. Zhang vd.(2018), doğrudan ve dolaylı elektrik tüketimini hesaplamak için girdi-çıkı analizini ve ekolojik ağ analizini benimsemiş, Pekin'deki 28 sektörün elektrik tüketim yapısını araştırmak için karbon ayak izi tekniğini kullanmıştır.

Literatürün geneli, yerleşim alanlarındaki sorunu çözmek için hanelerin enerji tüketim modellerini anlamaya odaklanmıştır. Ancak, konut verimliliğine ulaşmak için tüketici davranışları üzerine derin bir araştırma yapılması gerekmektedir. Neyse ki “Davranışsal Ekonomi” (BE) adı altında, insan davranışının ekonomi teorisinde anlaşılmasının ve temsilinin nasıl geliştirileceğine odaklanan bir araştırma grubu, son birkaç yılda yerleşik bir disiplin statüsüne ulaşmıştır. Geleneksel ekonomi kara tahtasına yeni araştırma araçları ve disiplinler arası bakış açıları getirmiştir. Enerji tüketimindeki verimlilik kazanımlarına rağmen tüketimde yaşanan artış, tüketici davranışlarını etkilemeye ve enerji tüketimini azaltmaya yönelik teşviklere ihtiyaç duyulduğunu ortaya çıkarmıştır. Tüketicilerin pasif olduğu ve tüketimlerinin farkında olmadığı geleneksel elektrik piyasasında, davranışları etkilemek oldukça zordur. Bununla birlikte, akıllı sayaçların konut sektörüne girmesi, hanelerde enerji tüketimini azaltmaya yönelik teşviklerin uygulanmasına olanak tanıyan önemli bir teknolojik gelişmedir. Akıllı sayaçlar, tüketicilerin enerji tüketimi yönetiminde daha aktif rol aldığı ancak tek başlarına oldukları bir elektrik piyasası için kilit teknolojik ilerlemedir. Bu kapsamda, tüketicileri taleplerini düşürmeye teşvik etmek için yeterli değildir. Davranışsal bir değişikliği motive etmek için tüketicilerin uygun şekilde teşvik edilmesi gerekir.

Bu çalışmada, geribildirim hane halkı elektrik tüketimi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu amaçla, hem kişisel geribildirim hem de sosyal karşılaştırmalar şeklindeki dürtmelerin, tüketimi azaltmadaki etkisini ölçmek amacı ile Kocaeli’nde belirlenen 63 hane üzerinde deneysel bir uygulama gerçekleştirilmiştir.

2.Konut Elektrik Tüketimini Azaltmaya Yönelik Teşvikler

Enerji kullanımına yönelik ulusal ve küresel odak, tüm zamanların en yüksek seviyesindedir. Fizik bilimciler alternatif enerji kaynakları geliştirmek için çalışıyor olsalar da, psikologlar davranış değişikliği yoluyla talep tarafını azaltmaya yönelik müdahaleler geliştirip test ederek bu konuya katkıda bulunabilmektedirler. Aynı evlerde enerji kullanımının %260'a varan oranda değiştiği bulunmuştur (Parker, Mazzara ve Sherwin, 1996), bu da binanın kendisine ek olarak bina içindeki kişilerin davranışlarının genel enerji kullanımını etkilediğini göstermektedir. Bu nedenle,

davranışı hedefleyen müdahaleler önemli miktarda enerji tasarrufu sağlayabilmektedir.

Çeşitli enerji tasarrufu eylemleri teknik ve ekonomik olarak uygulanabilir olsa da, yaygın enerji tasarrufu geride kalmakta ve politika yapıcılar rehberlik için psikologlara giderek daha fazla yaklaşmaktadır (Lutzenhiser vd 2009; C. Wilson ve Dowlatabadi, 2007). Bittle, Valesano ve Thaler (1979–1980), mevcut kaynakların korunması ihtiyacının sosyal bilimcilere, daha büyük bir uyum içinde var olmamızı sağlayacak şekilde insan davranışlarını yönlendirmek için teknikler geliştirme fırsatı sunduğunu söylemiştir. Konutlarda enerji korumasını destekleyen psikolojik müdahalelerin analizi, hayati ve önemli bir çalışma konusudur. Bu tür umut verici müdahalelerden biri, bireylere ve gruplara enerji kullanımları hakkında geribildirim sağlamaktadır. Geribildirim, insanlara davranışları hakkında, gelecekteki eylemleri güçlendirmek veya değiştirmek için kullanılabilir bilgiler verme sürecini ifade eder. Aynı zamanda, davranış değişikliğinin önemli bir boyutu olarak kabul edilmektedir (Bandura, 1969; Skinner, 1938). Enerji alanındaki geribildirim, algılama teknolojisindeki ve enerji bilgisine izin veren altyapısındaki değişiklikler nedeniyle son yıllarda artan bir ilgi görmüştür. Hanehalkı elektrik tüketimini herhangi bir maliyete katlanmaksızın azaltmaya yönelik uygulanan teşvikler aşağıda özetlenmiştir.

2.1. Parasal ve Parasal Olmayan Teşvikler

Parasal teşvikler elektrik maliyeti bilgileri ve fiyatlandırma stratejileri (Dinamik Fiyatlandırma) olarak 2'ye ayrılmaktadır. Parasal bilgiler, doğrudan bir parasal teşvik olmamasına rağmen, bu tür teşvikler bilgileri parasal olarak göstererek haneleri elektrik kullanımına kadar harcadıkları veya ne kadar tasarruf ettikleri konusunda bilgilendirdiği için buraya dâhil edilmiştir. Hanehalklarına elektrik tüketim maliyetlerinin ne kadar olduğu konusunda bilgi sağlayarak (tüetlenen elektrik miktarına ilişkin bilgilerin aksine) haneler, elektrik tüketimini azaltmanın parasal faydalarını da görebilmektedirler (Hargreaves vd 2010; Raw ve Ross, 2011).

Ayrıca konutlara akıllı sayaçların kurulumuyla, dinamik fiyatlandırma gibi fiyatlandırma stratejilerinin uygulanmasının önündeki büyük bir teknolojik engel kaldırılmıştır. Dinamik fiyatlandırma, tüketicilere elektrik piyasasında arz ve talep dengesini korumak için elektriğin perakende fiyatını toptan satış fiyatı ile daha iyi hizalayarak en yoğun (en yüksek) dönemlerde elektrik tüketimini azaltmaları için ekonomik teşvikler sağlamaktadır (Borenstein ve diğerleri, 2002). Bu tür fiyatlandırma programları, yüksek talep dönemlerinde talebi azaltmada etkilidir ancak genel talebi azaltmada mutlaka etkili değildir (Torriti, 2012).

Parasal olmayan teşvikler ise literatürde kişisel ve sosyal geribildirim olarak ayrılmaktadır. Kişisel geribildirim, bir hanehalkının enerji monitörü aracılığıyla gerçek zamanlı olarak iletilebilen, çevrimiçi bir portalda erişilebilir hale getirilebilen veya aylık fatura olarak teslim edilebilen kendi tüketimidir. Bu geribildirim türünde,

hanelere önceki gün, ay veya yıl gibi farklı bir dönemdeki tüketimiyle karşılaştırmalı olarak veriler sağlanmaktadır. Bu tür geribildirimler; ayrıntılı elektrik faturaları, bir web sitesi, e-posta veya evde gerçek zamanlı bir monitör aracılığı gibi çeşitli şekillerde alınmaktadır. Bireysel elektrik tüketimine ilişkin bilgilerin sağlanması, hanelerin elektrik tüketimleri hakkında daha fazla farkındalık geliştirmelerini sağlamaktadır. Bu tür bilgiler, bir dönemden diğerine tüketimlerini karşılaştırarak, hanelerin hangi davranışlarının tüketimin artmasına neden olduğunu görmelerine, böylece elektrik tüketim faaliyetlerini takip etmelerine ve en çok ne zaman ve nasıl elektrik tükettiklerini, dolayısıyla ne zaman ve nasıl azaltacaklarını belirlemelerine yardımcı olmaktadır (Frederiks vd 2015).

Sosyal geribildirim ise son zamanlardaki deneysel çalışmalarda giderek daha fazla araştırılan, sosyal ve ihtiyati norm kavramlarını kullanan bir müdahaledir. Sosyal normlar, “bir grubun üyeleri tarafından anlaşılan ve insan davranışını yönlendiren ve/veya kısıtlayan kurallar ve standartlar” olarak düşünülmektedir (Cialdini vd 1990: 152). Bir sosyal norm, diğer hanehalklarına kıyasla kişisel tüketimin tanımlayıcı tüketim geribildirimini ifade etmektedir. Bir ihtiyati norm, belirli bir davranışın sosyal olarak onaylanıp onaylanmadığını pekiştirmektedir. Elektrik tüketimi durumunda, bir ihtiyati norm, hanehalkının tüketiminin toplum yanlısı olup olmadığını, yani hanenin düşük tüketimli bir hane olup olmadığını teyit etmektedir. Elektrik tüketimi açısından değerlendirmek gerekirse; sosyal geribildirim, komşular veya benzer haneler gibi başkalarının tüketimi hakkındaki bilgileri ifade etmektedir. Bu tür geribildirimler, bireylerin karmaşık kararlarını basitleştirmek için sezgisel yöntemleri veya pratik kuralları kullandıklarını öne süren davranışsal ekonomi ve psikolojideki teorilere dayanmaktadır (Samson vd 2017). Mevcut bağlamda, haneler, komşularının ortalama tüketimine göre tükettikleri konusunda bilgilendirilmekte ve olumlu pekiştirme yoluyla komşularından daha az tükettiklerinde davranışlarının sosyal olarak onayını almaktadırlar (Schultz vd 2007).

3. Deneyin Amacı, Yeri ve Tasarımı

Deneyin temel amacı, hiçbir politika kullanılmadığı zamana kıyasla, dürtmelerin tüketim tercihleri üzerindeki etkisini araştırmaktır. İkincil amaç, hanelerin tüketim miktarlarında bir hanenin tüketimini diğer benzer hanelerin tüketimiyle karşılaştırarak normatif bilgilerin kullanılıp kullanılmayacağını test etmektir. İncelenen projelerde, geribildirim vermenin ana nedenleri; Hanelerin enerji tasarrufu yapmasını sağlamak ve motive etmek veya “ekolojik davranışı teşvik etmek, tüketici tercihlerini araştırmak, hanelerin elektrik faturalarında ne tür geribildirim almak istediklerini tespit etmeye çalışmak şeklindedir.

Bu bağlamda, tüketim miktarları hakkında verilen geribildirime ek olarak hanelerin nasıl tüketim yapacakları hakkında faydalı bilgilerin de sunulmuş olduğu görülmektedir (Alcott, 2011; Ferraro ve Miranda, 2013; Datta vd 2015; Asensio ve

Delmas, 2015; List vd 2017). Nitekim, enerji tasarrufu yapmaya çalışırken, hanelerin ışıkları söndürmek veya cihazları beklemeye almak gibi küçük, tekrarlayan görevleri yerine getirmeleri gerekir. Her bir eylemin enerji tüketimi ile ev faturaları üzerinde çok az etkisi vardır, ancak bir bütün halinde uygulandıklarında önemli ölçüde tasarruf sağlamaktadırlar. Tüketicilere verilen bilgilerin etkisinin ölçülmesi de deneyin üçüncül amacını oluşturmaktadır.

Çalışmanın bu bölümünde, akıllı sayaçlar ve dinamik fiyatlandırma ile hanehalkı deneyimlerinin tartışılarak haneleri elektrik tüketimini azaltmaya yönlendirmek için kullanılan teşviklerin bir analizi yapılmıştır. Bu bağlamda parasal olmayan teşviklerin etkisi Kocaeli'nin İzmit ilçesinde iki bloktan oluşan 68 daireli bir site üzerinde gerçekleştirilmiştir. Site sakinleri ile görüşülmüş ve deneye katılmak isteyen 63 hane ile deneye devam edilmiştir.

Deney için seçilen haneler “Deney 1”, “Deney 2” ve “Kontrol” grubu olarak ayrılmıştır. Gruplar rastgele belirlenmiş olup deney süresince herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. Mevsimsel geçişleri önlemek amacıyla deney dönemi tek mevsimi içerecek şekilde belirlenmiş, elektriğin en fazla tüketildiği dönem olması nedeniyle de kış dönemi tercih edilmiştir. Bu nedenle deneyin 12 Aralık 2021-6 Mart 2022 arasında yapılması planlanmış, ölçümün başladığı ilk hafta (12 Aralık) baz dönemi olarak alınmıştır. Bu bağlamda 6 Mart 2022 tarihine kadar hanelerin elektrik tüketimlerine ilişkin bilgiler, bina içerisinde yer alan sayaçlar üzerinden okunup kWh cinsinden kayıt altına alınmıştır.

2 Ocak 2022 tarihine kadar hanelerin elektrik tüketimlerine yönelik temel veri elde etmek ve karşılaştırma esnasında gerekli olacağı için yalnızca haftalık ölçümlere devam edilmiş, deney gruplarına rapor verilmemiştir. 2 Ocak 2022 tarihinde deney grubu 1 ve 2'ye ilk tüketim raporları verilmiştir. Elektrik Tüketim Raporları hanelere sms ve sıklıkla kullanılan internet tabanlı haberleşme uygulamaları aracılığı ile iletilmiştir. İki gruba da verilen raporda deneyden istedikleri takdirde çıkabilecekleri ve daha fazla bilgi almak istemeleri halinde iletişime geçebilecekleri bilgisi verilmiştir. 2 Ocak'ta Deney Grubu 1'e gönderilen tüketim raporunda, geçmiş 3 haftayı içeren haftalık ortalama elektrik tüketim bilgisi ile geçmiş haftaya ait ortalama günlük elektrik tüketim bilgisine yer verilmiştir. Sosyal karşılaştırmanın elektrik tüketimi üzerindeki etkisinin ölçüldüğü Deney Grubu 2'ye ise, Deney Grubu 1'e sunulan bilgilerin yanı sıra komşularının elektrik tüketimine ilişkin bilgiler ve komşularının tüketim ortalamasına göre tüketim miktarının yüzdelik değişimi sunulmuştur. Deneyin 4. Haftası itibarı ile (9 Ocak) yapılan geribildirimlerde haftalık tüketim karşılaştırma raporu sunulmaya başlanmış, 5.haftada ise verilen bilgilere ek olarak tüketimi azaltmanın yolları aktarılmıştır.

4.Deneyin Yöntemi ve Hipotezi

T testi, varyans analizi (ANOVA) ve kovaryans analizi (ANCOVA), gruplar arası ortalamaların karşılaştırılması için hipotez testinde kullanılan istatistiksel yöntemlerdir. Bu yöntemler için, test değişkeni (bağımlı değişken) sürekli ölçekte olmalı ve yaklaşık olarak normal dağılıma sahip olmalıdır. Ortalama, normal olarak dağılan sürekli değişken için temsili ölçüdür. Normal olmayan sürekli değişken için ise medyan temsili bir ölçüdür ve bu durumda gruplar arası karşılaştırma parametrik olmayan yöntemler kullanılarak yapılır. Çoğu parametrik testin alternatif bir parametrik olmayan testi vardır (Mochizuki vd.2018).

ANOVA, numuneler arasındaki varyasyon miktarına karşılık gelen numunelerdeki varyasyon miktarını inceleyerek iki veya daha fazla popülasyon arasındaki farkı belirlemek için kullanılan istatistiksel bir teknik olarak tanımlanmaktadır. Veri setindeki toplam varyasyon miktarını atfedilen miktar ve spesifik nedenlere atfedilen miktar olarak iki kısma ayrılmaktadır (Focht,2018:435). Aynı zamanda, bağımlı değişkeni etkileyen veya hipotezi öne sürülen faktörleri analiz etme yöntemidir. Çok sayıda olası değerden oluşan faktörler içindeki farklı kategoriler arasındaki varyasyonları incelemek için de kullanılabilir.

ANCOVA, kovaryans analizi anlamına gelir. ANOVA'nın bir veya daha fazla aralık ölçekli yabancı değişkenin etkisini araştırma yapmadan önce bağımlı değişkenden ortadan kaldıran genişletilmiş bir şeklidir. ANCOVA bir bakıma, ANOVA ve Regresyon Analizi arasındaki orta noktadır. Burada iki veya daha fazla popülasyondaki bir değişken, diğer değişkenlerin değişkenliği göz önünde bulundurularak karşılaştırılabilir. Hem faktörden (kategorik bağımsız değişken) hem de ortak değişkenden (metrik bağımsız değişken) oluşan bir bağımsız değişken kümesinde, kullanılan teknik ANCOVA olarak bilinir. Ortak değişken nedeniyle bağımlı değişkenlerdeki fark, her bir tedavi koşulunda bağımlı değişkenin ortalama değerinin ayarlanmasıyla çıkarılır (Cangür, vd.,2018:3).

Deneyin temel hipotezi, deney grupları ile kontrol grubu arasında anlamlı bir farklılık olmaması üzerine kurulmuştur. Temel hipotezin reddedilmesi durumunda test edilmesi gereken alternatif hipotezlerden ilki; hem geribildirim alan ailelerde hem de sosyal dürtme uygulanan hanelerde, kontrol grubuna göre elektrik tüketim miktarının düşmesidir. İkinci hipotez ise; sadece geribildirim sağlanan hanelere göre hem geribildirim hem de sosyal dürtme uygulanan hanelerde tüketimin daha fazla düşmesidir. Üçüncü ve son hipotez; geribildirim ve sosyal dürtmeye yönelik verilen kısa bilgilerin elektrik tüketimini azaltmada etkili olmasıdır.

5. Veri Toplama Tekniği Ve Araçları

Deney ve kontrol grubuna dâhil olan hanelere ilişkin veriler hanelerin elektrik sayaçları üzerinden okunup Microsoft Excel'e aktarılmıştır. Mevsimsel geçişlerin önlenmesi amacıyla deney dönemi tek mevsimi kapsayacak şekilde belirlenmiş, evde kalma süresinin en fazla olması ve elektriğin en fazla tüketildiği dönem olması nedeniyle de kış dönemi (12 Aralık-6 Mart) tercih edilmiştir.

Tablo 1: Deneyin Akış Şeması

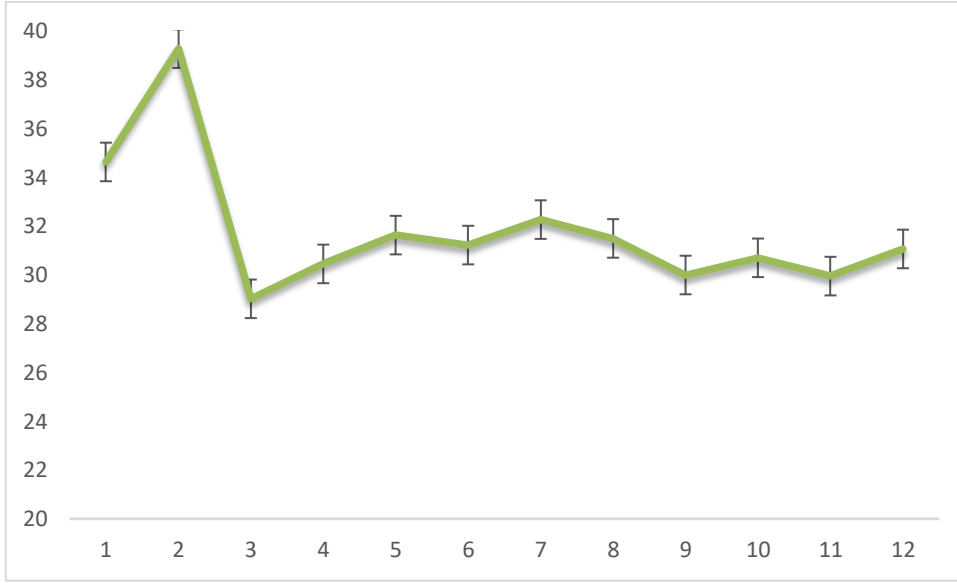
19 Aralık	İlk Ölçüm
2 Ocak	Geribildirim Başlangıcı
16 Ocak	Bilgilendirme
6 Mart	Deney Sonu

12 Aralık baz dönemi olarak kabul edilmiş, bir sonraki hafta kaydedilen veriler, başlangıç değerinden çıkarılarak o haftaya ilişkin tüketim verilerine ulaşılmıştır. 12 hafta boyunca her pazar, bir önceki haftanın tüketim değerinden çıkarılarak haftalık tüketim değeri elde edilmiştir. Deneye ilişkin en son rapor 6 Mart 2022'de gönderilmiştir

Tablo 2: Haftalık Elektrik Tüketiminin İstatistik Verileri

Deney Grupları	Hane Sayısı		Deney Öncesi Dönem 12.12.2021- 02.01.2022 (3 Hafta)	Deney Sonrası Dönem 02.01.2022- 06.03.2022 (9 Hafta)	Tüm Dönemler 14.12.18- 08.03.19 (12 Hafta)
Kontrol	19	Ortalama	36.42	38.73	38,15
		(SD)	(19,05931)	(17.872)	(17.935)
		N	57	171	228
Deney 1 (GB)	22	Ortalama	33.72	30.63	30,63
		(SD)	(19.5939)	(38.736)	(13,678)
		N	66	198	264
Deney 2 (GB+SD)	22	Ortalama	32.90	31.68	31,95
		(SD)	(12.086)	(11.386)	(11,210)
		N	66	198	264
Toplam	63	Ortalama	34.346	34,5284	33,57
		(SD)	(16,912)	(13,3825)	(14,274)
		N	189	567	756

Tablo 2'de deney ve kontrol gruplarının ayrı ayrı ve bir bütün olarak haftalık elektrik tüketim verileri verilmiştir. 12 Aralık 2021-6 Mart 2022 dönem aralığında ortalama bir aile haftalık 33,57 kWh elektrik tüketmiştir.



Grafik 1: Haftalık Elektrik Tüketim Ortalaması

Grafik1, deney gruplarının 12 haftalık tüketim değişimlerini göstermektedir. Deney süresince, Kontrol grubunun haftalık ortalama elektrik tüketimi 38,15 kWh, Deney 1 grubunun 30,63 kWh, Deney 2 grubunun ise 31,95 kWh'dır. Deney öncesi döneme kıyasla 12 haftalık tüketim ortalaması, kontrol grubunda %9 artış, Deney 1 grubunda %9, Deney 2 grubunda ise %4 azalış ile sonuçlanmıştır. 19 Aralık, bir önceki haftaya ilişkin tüketimin ele alındığı ilk haftadır.

İlk 3 hafta gruplara herhangi bir geribildirim yapılmamıştır. 3. ve 5. Hafta arasında (2 Ocak-16 Ocak) tüketicilere tüketimleri hakkında bilgilendirme yapılmış olup, tüketimi nasıl azaltacaklarına dair bilgilendirme yapılmamıştır. 16 Ocak itibari ile tüketimlerine ilişkin bilginin yanı sıra tüketimi azaltmanın yolları aktarılmıştır. Grafik 1'e bakıldığında, bilgilendirme öncesinde tüketimde bir azalma söz konusu olmamıştır. 5. Hafta sonrasında ise (7.Hafta dışında-hava şartları etkisi) deney sonuna kadar elektrik tüketiminde sürekli bir azalma söz konusudur. Bu durum, yalnızca tüketime ilişkin verilen bilginin yeterli olmadığını ve tüketimi azaltmanın yollarının aktarılması gerektiğinin önemini ortaya koymaktadır.

6.Verilerin Analizi

Araştırmada elde edilen verilerin değerlendirilmesi için bilgisayar ortamında SPSS (Statistical Package For Social Sciences / 26 for Windows) programı kullanılmıştır. Öncelikle hanelerin demografik verilerinin değerlendirilmesi için tanımlayıcı istatistiksel analiz kullanılmıştır. Daha sonra elektrik tüketim verilerine ilişkin ön test-son test puanlarının karşılaştırılmasında bağımsız gruplar için t testi ile ANCOVA analizi ve son-test puan ortalamaların karşılaştırılması için ANOVA analizinden yararlanılarak sonuçlar tablolandırılmıştır. Yapılan analizlerde 0,05 anlamlılık düzeyi esas alınmıştır.

Deneye katılan her hanenin zaman serisi şeklinde deney öncesi ve sonrası ölçülen elektrik tüketim miktarları bağımlı değişken, elektrik tüketimini azaltmaya yönelik uygulanan geribildirim ise bağımsız değişken olarak kullanılmıştır.

Tablo 3: Deney ve Kontrol Grubu hanelerinin Öntest Puan Ortalamalarının Karşılaştırılması

	Ortalama	Standart Sapma	F	Sig(2 –tailed)
Deney1	33,72	19,593	0,77	0,12
Kontrol	36,42	19,059	2,07	0,18
Deney2	32,90	12,086		

Tablo 3'e göre Deney1 grubu hanelerinin ön testten aldığı puan ortalaması 33,72, Deney2 grubu hanelerinin ön testten aldığı puan ortalaması 32,90, kontrol grubu hanelerinin ön testten aldığı puan ortalamasının 36,42 olarak belirlenmiştir. Deney 1, Deney 2 ve kontrol grubundaki hanelerinin geribildirimden önce uygulanan ön testten elde edilen puanların karşılaştırılması yapıldığında deney ve kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığın olmadığı görülmektedir. (0,12-0,183; $p>0.05$). Bu durum rastgele seçilmiş hanelerin eş değer olduğunu göstermektedir.

Daha sonra, geribildirim ve sosyal dürtmenin ilk haftalara(öntest) göre elektrik kullanımındaki farklılıkları test etmek için kovaryans analizi (ANCOVA) yapılmış ve temel kullanım ortak değişken olarak kullanılmıştır. Genel olarak, ANCOVA, 1+ ortak değişkenleri kontrol ederken tüm popülasyon ortalamalarının eşit olduğu sıfır hipotezini reddederek bir miktar etki göstermeye çalışır. Bununla birlikte kovaryans analizi hem varyans analizinin hem de regresyon analizinin birlikte kullanımını sağlamaktadır.

Tablo 4: Varyansların Homojenlik Testi

F	df1	Df2	P
1,163	2	60	0,320

Varyans Homojenlik Testi, bağımlı değişkenin hata varyansının gruplar arasında eşit olduğu temel hipotezi test eder. Tabloya bakıldığında prob değerinin 0,05 den büyük olduğu görülmektedir (0,320). Bu durumda homojenlik varsayımının sağlandığı söylenebilir.

Ön test- sontest analizlerinde genellikle akıllara ilk gelen analiz paired sample t testidir. Ancak bu çalışmada ön test ve sontest karşılaştırması ile elektrik tüketimini azaltmaya yönelik uygulanan geribildirim iki farklı grup arasında yapılmaktadır. Eşdeğer olan gruplardan birine tüketimlerine ilişkin geribildirim yapılırken, diğer gruba hem tüketimlerine ilişkin hem de komşularının tüketimlerine ilişkin bilgilendirme yapılmaktadır. Bu durumda alternatif bir yöntem olan öntest ve sontest ANCOVA analizi yapılmaktadır. Burada bir bağımsız değişken ve bu bağımsız

değişkenin 2 alt kategorisi bulunmaktadır. İlk alt kategori yalnızca geribildirimden oluşurken diğer kategori geribildirim ve sosyal dürtüden oluşmaktadır. Bu iki grup arasında öntest ve sontest açısından anlamlı bir farklılık olup olmadığı test edilecektir.

Tablo 5: Ancova Analizi

Bağımlı Değişken: SONTEST							
	TıpIII Kareler Toplamı	df	Ortalama Kareler	F	Prob.	Eta Kare	
Düzeltilmiş Model	11315,092 ^a	3	3771,697	119,610	0,000	0,859	
Sabit	618,116	1	618,116	19,602	0,000	0,249	
Öntest	10541,084	1	10541,084	334,284	0,000	0,850	
Tedavi	384,958	2	192,479	6,104	0,004	0,171	
Hata	1860,464	59	31,533				
Toplam	83643,000	63					
Düzeltilmiş Toplam	13175,556	62					
R ² = ,859 (Düzeltilmiş R ² = ,852)							

Tablo 5’te dikkat çeken nokta tedavi satırıdır. Tedavi satırına bakıldığında prob değerinin 0,05’ten küçük olduğu (0,004) görülmektedir. Bu değer, bağımsız değişkenlerin öntest ve sontest ortalamalarının birbirinden anlamlı bir şekilde farklılaştığını, yani sadece geribildirim yapılan haneler ile hem geribildirim hem de sosyal dürtü yapılan haneler arasında anlamlı bir farklılık olduğunu göstermektedir.

Tablo 6: Tanımlayıcı İstatistikler

Bağımlı Değişken: SONTEST			
Tedavi	Ortalama	Std. Sapma	N
Deney 1	30,6364	13,67843	22
Deney 2	31,6818	11,38665	22
Kontrol Grubu	38,7368	17,87252	19
Toplam	33,4444	14,57769	63

Tablo 6, geribildirim ve sosyal dürtünün elektrik tüketimini azaltma üzerinde daha etkin olduğunu göstermektedir. Ancak, Tablo 3’teki öntest karşılaştırma raporuna bakıldığında, Deney 1 grubunun geribildirim öncesi haftalık tüketimi 33,72 kWh, Deney 2 grubunun geribildirim öncesi haftalık tüketiminin ise 32,90 kWh olduğu görülmektedir. Deney 1 grubu hanelerinin haftalık ortalama tüketimi geribildirim sonrasında 30,63 kWh iken, Deney 2 grubu hanelerinin haftalık elektrik tüketimleri ise 31,68 kWh’dir. Bu durumda, deney sürecinde Deney 1 grubun elektrik tüketimi %9

azalırken, Deney 2 grubunun tüketimi %4 azalmıştır. Kontrol grubunda ise %9 artış gerçekleşmiştir.

7.Sonuç

Elektrik şebekelerinin akıllı şebekelere sürekli dönüşümü, elektrik enerjisi altyapısını daha verimli kullanmayı amaçlayan talebe duyarlı fiyatlandırma planlarını uygulamak için teknolojik bir temel sağlamaktadır. Tüketici davranışı, çoğunlukla ekonomik teşvikler, mevcut demografik bilgiler, çevresel değişkenler, sosyal normlar ve altyapı gibi dış faktörler tarafından yönlendirilen bireysel kararlara dayanmaktadır. Bu nedenle, belirli bağlamları dikkate alarak davranışı anlamak önem arz etmektedir.

Bu çalışmanın temel amacı farklı teşviklerin konut tüketimi üzerindeki etki tahminlerini elde etmektir. Bu nedenle Kocaeli’de belirlenen 63 hane üzerinde deneysel bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Haneler Kontrol grubu, Deney 1 ve Deney 2 olarak üç gruba ayrılmıştır. Kontrol grubunda bulunan hanelere tüketimlerine ilişkin bilgilendirme yapılmaksızın tüketim verileri kayıt altına alınmıştır. Deney 1 grubuna tüketimlerine ilişkin haftalık bilgilendirme yapılmış, Deney 2 grubuna ise kendi tüketimlerine ek olarak komşularının tüketimleri hakkında bilgilendirme yapılmıştır. Tüm gruplara tüketim bilgilerinin yanı sıra tüketimi azaltmanın yolları hakkında ipuçları verilmiştir. Özellikle, bir kontrol grubunun olması hem bir teşvikin uygulanmasından önce ve sonra hanehalklarının tüketimi arasında bir karşılaştırma hem de bir grubun karşılaştırmasını sağlamaktadır. Kontrol grubu olmayan çalışmalar, bir teşvikin uygulanmasından önceki ve sonraki aynı hane grubunun tüketimini karşılaştırır ve bu nedenle tüketimi etkileyebilecek ek faktörler için aynı anda kontrol yapmaz. Deneye dâhil olan ailelerin demografik özelliklerine bakıldığında, hanelerin %23,8’inin ilköğretim mezunu, %36,5’inin lise mezunu, %39,7’sinin ise üniversite mezunu olduğu belirlenmiştir.

Deney sonuçları incelendiğinde, deney süresince kontrol grubunun haftalık ortalama elektrik tüketimi 38,15 kWh, Deney 1 grubunun 30,63 kWh, Deney 2 grubunun ise 31,95 kWh olarak gerçekleşmiştir. Yapılan öntest karşılaştırma raporunda ise deney öncesi dönemde Deney 1 grubunun geribildirim öncesi haftalık tüketimi 33,72 kWh, Deney 2 grubunun geribildirim öncesi haftalık tüketimi 32,90 kWh, kontrol grubu hanelerinin geribildirim öncesi haftalık tüketimi ise 36,42’dir. Deney öncesi döneme kıyasla 12 haftalık tüketim ortalaması, kontrol grubunda %9 artış, Deney 1 grubunda %9, Deney 2 grubunda ise %4 azalış ile sonuçlanmıştır. Sonuçlar neticesinde, tüketim üzerindeki asıl etkinin kişisel geribildirim olduğu görülmüştür.

Ayrıca, çalışma kapsamında geribildirim sadece nicel etkilerini değil, aynı zamanda hanelerin geribildirimle ilgili anlayışları, tercihleri ve ihtiyaçları da incelenmiştir. Bu tür incelemeler haneleri elektrik tasarrufu yapmaya motive edecek verimli zemini hazırlamak için de önemlidir. Özellikle enerji konusunda yüksek dışa bağımlılığa

sahip olan ülkemiz için daha da önemli görülen enerji tasarrufunun sağlanması için uygulanan yöntemlere ek alternatifler oluşturulması gerektiği açıktır. 2022 yılından itibaren uygulamaya konulan kademeli tarife ile belirlenen değer altında yapılan elektrik tüketimlerine daha düşük faturalandırma yapılmak suretiyle enerji tasarrufuna teşvik sağlanmıştır. Ancak, çalışma içerisinde belirtildiği üzere tasarrufun sağlanmasında parasal teşviklerin tek başına yeterli olmadığı görülmektedir. Ülkemiz özelinde yapılan değerlendirmede; hanehalkının elektrik tüketimine ilişkin bilgi, birikim, davranış ve alışkanlıklarının önemli ölçüde gelişime ihtiyaç duyduğu gözlenmiştir.

Türkiye’de 2019 yılı itibariyle yıllık elektrik tüketimi 257 milyar kWh olarak gerçekleşmiş, bunun yüzde 21.8’i ise hanehalkı tarafından kullanılmıştır. Örneklem kümesinin seçildiği Kocaeli ise, Türkiye’nin en çok elektrik tüketimi yapılan ikinci ili konumundadır. 2014-2018 dönem aralığında Kocaeli hanehalkının toplam elektrik tüketimi içerisindeki payı ortalama %23.02 olarak ölçülmüş, bu oranın Türkiye genel hanehalkı ortalaması ile de oldukça yakın olduğu gözlenmiştir. 12 Hafta boyunca uygulanan deney kapsamında geribildirim yapılan hanelerde elektrik tüketimi ortalama % 6.5 düşüş göstermiştir. Toplam tüketimin ortalama % 23’ünü oluşturan hanehalkı tüketimi içerisinde ortalama % 6.5’lik bir düşüşün genel tüketime etkisi ise yaklaşık olarak % 1.5’dir. Genel tüketim seviyesinde yaşanacak % 1.5’lik bir azalış ile 3.855.000 kWh elektrik tasarrufu sağlanabilmektedir.

Elektrik tüketim seviyesi ve demografik çeşitliliği yüksek olan Kocaeli üzerinde yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlar, genele uyarlanabilirliği açısından önem arz etmektedir. Ancak, örneklem kümesinin darlığı, yalnızca bireysel imkânların kullanılması ve teşvik etkisinden arındırılmışlıklar göz önüne alındığında, devlet tarafından uygulanacak olan geribildirim ve ilave teşvik uygulamaları ile bu düşüş etkisinin çok daha yüksek olabileceği tahmin edilmektedir.

KAYNAKÇA

- Alcott, H. (2011). Social Norms and Energy Conservation. *Journal Of Public Economics* 95 (9-10): 1082–1095.
- Aydınalp, M., Ugursal, V.I, & Fung, A.S. (2003). Modelling of Residential Energy Consumption At The National Level, *International Journal of Energy Research*, 27(4), 441-453
- Bittle, R. G., Valesano, R. & Thaler, G. (1979 –1980). The Effects Of Daily Cost Feedback on Residential Electricity Consumption. *Behavior Modification*, 3: 187–202
- Bandura, A. (1969). Social learning of moral judgments. *Journal of Personality and Social Psychology*, 11(3), 275–279.

- Borenstein, S., Michael Jaske, Arthur Rosenfeld (2002). Dynamic Pricing, Advanced Metering, and Demand Response in Electricity Markets. *Center for the Study of Energy Markets*
- Cangür, Ş., Sungur, M. A., Ankaralı, H. (2018). The Methods Used in Nonparametric Covariance Analysis, *Düzce Tıp Fakültesi Dergisi*, 20(1):1-6
- Cialdini, R. B., Reno, R. & Kallgren, C. (1990). A Focus Theory on Normative Conduct: Recycling the Concept of Norms to Reduce Littering In Public Places. *Journal of Personality and Social Psychology*, 58(6):1015
- Datta, S., Miranda, J. J., Zoratto, L., Calvo-González, O., Darling, M., & Lorenzana, K. (2015). A Behavioral Approach To Water Conservation: Evidence From Costa Rica. The World Bank.
- Delmas, M. A., Fischlein, M., & Asensio, O. I. (2013). Information Strategies And Energy Conservation Behavior: A Meta-Analysis Of Experimental Studies From 1975 To 2012. *Energy Policy*, 61, 729–739
- Fan, Y.; Wu, J.; Xia, Y & Liu, J. Y. (2016). How Will A Nationwide Carbon Market Affect Regional Economies And Efficiency Of CO2 Emission Reduction In China? *China Econ. Rev.* 2016, 38, 151–166.
- Focht BC, Lucas AR, Grainger E, Simpson C, Fairman CM, Thomas-Ahner JM, et.al (2018). Effects of a Group-Mediated Exercise and Dietary Intervention in the Treatment of Prostate Cancer Patients Undergoing Androgen Deprivation Therapy: Results from the IDEA-P Trial. *Ann Behav Med.* 52(5):412-28
- Frederiks, E. R., Stenner, K. E. & V. Hobman (2015). Household Energy Use: Applying Behavioural Economics To Understand Consumer Decision-Making And Behaviour, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41(C), 1385-1394
- Ferraro, Paul J. & Miranda, Juan José (2013). Heterogeneous Treatment Effects And Mechanisms In Information-Based Environmental Policies: Evidence From A Large-Scale Field Experiment, *Resource and Energy Economics, Elsevier*, 35(3), 356-379.
- Hargreaves, T. & Nye, M. Burgess, J. (2010). Making Energy Visible: A Qualitative Field Study Of How Householders Interact With Feedback From Smart Energy Monitors. *Energy Policy*, 38(10):6111-6119.
- Lutzenhiser, L., Laura Cesafsky, Chappells, H. vd (2009). Behavioral Assumptions Underlying California Residential Sector Energy Efficiency Programs. Oakland, CA: CIEE
- Mochizuki T, Amagai T & Tani A. (2018). Effects of soil water content and elevated CO2 concentration on the monoterpene emission rate of *Cryptomeria japonica*. *Science of the Total Environment*, 634:900-908.
- Parker, D. S., Maria D. Mazzara & Sherwin, J. (1996). Monitored Energy Use Patterns In Low-Income Housing In A Hot And Humid Climate. Proceedings From IBSHHC '96: Tenth Symposium On Improving Building Systems in Hot Humid Climates. Fort Worth

- Raw, G & Ross,D. (2011).Energy Demand Research Project: Final analysis Report to the Office of Gas and Electricity Markets, UK.
- Skinner, B. F. (1938). *The Behavior Of Organisms: An Experimental Analysis*. Appleton-Century.
- Samson,A.,(2017).The Behavioral Economics Guide 2017. Retrieved from <http://www.behavioraleconomics.com>
- Schultz P.W., Jessica M. Nolan, Robert B. Cialdini vd (2007).The Constructive, Destructive, and Reconstructive Power of Social Norms. *Psychological Science*,18(5)
- Swan L.G.&Ugursal,I.V.(2009). Modeling of End-Use Energy Consumption İn The Residential Sector: A Review Of Modeling Techniques. *Renewable Sustainable Energy Reviews*, 13(8): 1819–35
- Torriti,J.(2012). Price-based Demand Side Management: Assessing The İmpacts Of Time-Of-Use Tariffs On Residential Electricity Demand And Peak Shifting İn Northern Italy, *Energy*,44(1): 576-583
- Verdejo,H.vd.(2017).Statistic Linear Parametric Techniques For Residential Electric Energy Demand Forecasting. A Review And An İmplementation To Chile, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*,74,512-521
- Zhang W, Caleb Robinson, Subhrajit Guhathakurta vd (2018). Estimating Residential Energy Consumption İn Metropolitan Areas: A Microsimulation Approach.*Energy*,155:162–73.
- Wilson, C., & Dowlatabadi, H. (2007). Models of Decision-Making And Residential Energy Use. *Annual Review of Environment and Resources*, 32, 169 –203