



T.C.

Ardahan Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

İşletme Ana Bilim Dalı

İşletme Bilim Dalı

**TÜRKİYE’DE HANEHALKLARININ KONUT ISITMA
AMACIYLA TERCİH ETTİĞİ TEMEL YAKIT TÜRLERİNİ
ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN MULTİNOMİNAL LOGİT VE
MULTİNOMİNAL PROBİT MODELLERİ İLE ARAŞTIRILMASI**

Betül TAMER

Prof. Dr. Ali Kemal ÇELİK

Yüksek Lisans Tezi

Ardahan, 2024

TÜRKİYE’DE HANEHALKLARININ KONUT ISITMA AMACIYLA TERCİH
ETTİĞİ TEMEL YAKIT TÜRLERİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN
MULTİNOMİNAL LOGİT VE MULTİNOMİNAL PROBİT MODELLERİ İLE
ARAŞTIRILMASI

Betül TAMER

Prof. Dr. Ali Kemal ÇELİK

Ardahan Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

İşletme Ana Bilim Dalı

İşletme Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Ardahan, 2024

KABUL VE ONAY

Betül TAMER tarafından hazırlanan “Türkiye’de Hane Halkının Konut Isıtmada Tercih Ettiği Temel Yakıt Türünün Araştırılması: Multinomial Logit ve Multinomial Probit Modellerin Karşılaştırılması” başlıklı bu çalışma, 09.09.2024 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ali Kemal ÇELİK (Danışman ve Başkan)

Dr. Öğretim Üyesi Sami Özcan

Dr. Öğretim Üyesi Şeyda ÜNVER

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mustafa ŞENEL
Enstitü Müdürü

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Ardahan Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinleri yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan **“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”** kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / Ardahan Üniversitesi Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. ⁽¹⁾
- Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ay ertelenmiştir. ⁽²⁾
- Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. ⁽³⁾

09/09/2024

Betül TAMER

“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”

*Madde 6. 1. Lisansüstü tezle ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez **danışmanının** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulu** iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.*

*Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez **danışmanının** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulunun** gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.*

*Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, **tezin yapıldığı kurum** tarafından verilir *. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, **ilgili kurum ve kuruluşun önerisi** ile **enstitü** veya **fakültenin** uygun görüşü üzerine **üniversite yönetim kurulu** tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.*

Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.

** **Tez danışmanının** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulu** tarafından karar verilir.*

ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu, Tez Danışmanının **Prof. Dr. Ali Kemal ÇELİK** danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Ardahan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Yazım Yönergesine göre yazıldığını beyan ederim.

Betül Tamer

ÖN SÖZ

Öncelikle bu tezin hazırlanmasında bana yol gösteren, bilgisi ve deneyimiyle her aşamada rehberlik eden değerli danışmanım Prof. Dr. Ali Kemal ÇELİK'e en içten teşekkürlerimi sunarım. Tez sürecinde gösterdiği sabır, destek ve eleştirel bakış açısı, çalışmamın her aşamasında büyük katkılar sağlamıştır. Ayrıca bu çalışma boyunca desteklerini bir an bile eksik tutmayan her an beni sabır ile dinleyen canım annem Meryem BOZKUŞ ve canım babam Erdoğan BOZKUŞ'a çok teşekkür ederim. Yüksek lisans için beni yüreklendiren, üniversite hayatım boyunca beni hep destekleyen canım arkadaşım Kader UYSAL'a çok teşekkür ederim.

Bu zorlu süreçte, sevgili eşim Arş. Gör. Dr. Denizcan TAMER yorulduğumda güç bulmamı sağladın, vazgeçmeyi düşündüğümde bana ilham verdin. Hayatımın en güzel anlarını seninle paylaşmanın ve bu yolda seninle yürümenin benim için ne kadar büyük bir şans olduğunu her geçen gün daha iyi anlıyorum. Sonsuz teşekkür ederim.

Betül TAMER

Ardahan-2024

ÖZET

TAMER, Betül. *Türkiye’de Hane Halkının Konut Isıtmada Tercih Ettiği Temel Yakıt Türünün Araştırılması: Multinomial Logit ve Multinomial Probit Modellerin Karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Ardahan, 2024.

Konutlarda ısınma, yemek pişirme veya aydınlatma amaçlı yakıt türü seçim davranışının daha iyi anlaşılması, hanelerin enerji tüketiminin tahmin edilmesinde ve verimli yakıt değiştirme ve enerji tasarrufu politikalarının geliştirilmesinde değerli bilgiler sağlayacaktır; bu çözümler, tüketimi azaltmayı ve yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmayı içerebilir. Bu çalışma, Türkiye’de konut ısıtması için hane halkının yakıt seçimini etkileyen potansiyel belirleyicileri araştırmayı amaçlamaktadır. Ülke genelinde 11.828 haneye ve 40.688 kişiye uygulanan Hane Halkı Bütçe Anketi’nin on dokuzuncu dalgası kullanılarak, veriler bağımlı değişken kategorisinin sırasız doğası nedeniyle hem çok terimli logit (MNL) hem de çok terimli probit (MNP) modelleri kullanılarak analiz edilmiştir. Ampirik bulgular, hane halkı tipi, konut tipi, ikamet yılı, konut inşa dönemi, oda sayısı, konut büyüklüğü, hane halkı büyüklüğü, zemin tipi, hane halkı yıllık harcanabilir geliri, hane reisi meslek düzeyi, ısıtma sistemi tipi, araba sahipliği ve istihdam türünün Türkiye’deki hanelerin mekân ısıtması için yakıt seçimini etkileyen istatistiksel olarak anlamlı faktörler olduğunu göstermektedir. Hane halkının yıllık harcanabilir geliri ve ısıtma sistemi tipi, hane halkının nihai yakıt tipi kararında en yüksek etkiye sahip olmuştur. Sonuçlar ayrıca MNL’nin MNP modeline göre daha tutumlu bir model olduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar Sözcükler:

Yakıt Türü Tercihi, Kesikli Tercih Modelleri, Hane Halkı, Enerji Tüketimi, Türkiye.

ABSTRACT

TAMER, Betül. *Research on the Main Fuel Type Preferred by Households in Residential Heating in Turkey: Comparison of Multinomial Logit and Multinomial Probit Models*, Master's Thesis, Ardahan, 2024.

Better understanding of households' fuel type choice behaviour for residential heating, cooking, or lighting purposes would provide valuable information in estimating households' energy use and in developing efficient fuel switching and energy saving policies; these solutions could include reducing consumption and utilising renewable energy sources. This paper aims to explore potential determinants of household's fuel choice for residential heating in Türkiye. Using nineteenth wave of Household Budget Survey which was administered to 11,828 households and 40,688 individuals throughout the country, the data were analysed using both multinomial logit (MNL) and multinomial probit (MNP) models due to unordered nature of the dependent variable category. The empirical findings indicate household type, type of dwelling, year(s) of residence, dwelling construction period, the number of rooms, housing size, household size, type of floor, household annual disposable income, household head's occupation level, type of heating system, car ownership, and type of employment were found as statistically significant factors affecting Turkish household's fuel choice for space heating. Household annual disposable income and type of heating system had the highest impact on household's final fuel type decision. Results also reveal that MNL is more parsimonious model than MNP model.

Keywords:

Fuel Type Choice, Discrete Choice Modelling, Household, Energy Consumption, Türkiye.

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI.....	ii
ETİK BEYAN.....	iv
ÖN SÖZ.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
TABLolar DİZİNİ	xii
ŞEKİLER DİZİNİ.....	xiii
GİRİŞ	1
1. BÖLÜM.....	3
ENERJİ	3
1.1. ENERJİ ÇEŞİTLERİ ve ENERJİ KAYNAKLARI	3
1.2. TÜRKİYE’DE ve DÜNYADA ENERJİNİN GENEL GÖRÜNÜMÜ...6	
1.3. TRANS ANADOLU DOĞAL GAZ BORU HATTI PROJESİ (TANAP).....	14
1.4. AKKUYU NÜKLEER GÜÇ SANTRALİ PROJESİ.....	16
1.5. DÜNYADA ENERJİ	17
1.6. KÖMÜR.....	21
1.7. PETROL	24
1.8. DOĞAL GAZ.....	26
1.9. ENERJİ DÖNÜŞÜMÜ	29
1.10. ELEKTRİK	37
1.11. ENERJİ ve HAVA KİRLİLİĞİ	42
1.12. ENERJİ YIĞINI MODELLERİ ve ENERJİ MERDİVENİ.....	44
2. BÖLÜM.....	47

TÜRKİYE’DE HANEHALKLARININ KONUT ISITMA AMACIYLA TERCİH ETTİĞİ TEMEL YAKIT TÜRLERİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN MULTİNOMİNAL LOGİT VE MULTİNOMİNAL PROBİT MODELLERİ İLE ARAŞTIRILMASI.....	47
2.1. KESİKLİ TERCİH MODELLERİ	47
2.2. TESADÜFİ FAYDA MODELİ.....	49
2.3. ÇOK DURUMLU MODELLER	50
2.3.1. Multinomial Logit Model.....	50
2.3.1.1.İlişkisiz Alternatiflerin Bağımsızlığı Varsayımı.....	52
2.3.1.2.Small- Hsiao Testi	54
2.3.2.Multinomial Probit Model (MNP)	54
2.4. LİTERATÜR TARAMASI.....	55
2.5. ARAŞTIRMANIN AMACI ve ÖNEMİ	66
2.6. VERİ SETİ ve YÖNTEM	68
2.7. TANIMLAYICI İSTATİSTİKLER	69
2.8. MODEL TAHMİN SONUÇLARI	73
2.9. MODELLERE AİT SPESİFİKASYON TESTLERİ.....	81
SONUÇ	83
KAYNAKÇA	86
EKLER.....	98
EK 1. ETİK KURUL MUAFİYET FORMU.....	98
EK 2. ORJİNALLİK RAPORU FORMU.....	99
ÖZ GEÇMİŞ	100

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

TUİK	Türkiye İstatistik Kurumu
IEA	Uluslararası Enerji Ajansı
TES	Kaynağa Göre Enerji Arzı
Mtep	Milyonton Petrole Eşdeğer
TKİ	Türkiye Kömür İşletmeleri
TPAO	Türk Petrolleri Anonim Ortaklığı
TANAP	Trans Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı Projesi
NGS	Nükleer Güç Santrali
WEO	Dünya Enerji Görünümü
STEPS	Belirtilen Politikalar Senaryosu
EJ	Eksajül
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
GW	Gigawatt
LNG	Sıvılaştırılmış Doğalgaz
CNG	Sıkıştırılmış Doğalgaz
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
IPCC	Devletlerarası İklim Değişikliği Paneli
AR6	Altıncı Değerlendirme Raporu
PM	Partikül Madde
UNDP	Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı
IRENA	Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı
EPDK	Enerji Piyasaları Düzenleme Kurulu
GES	Güneş Enerjisi Santralleri
GÜNDER	Güner Enerjisi Derneği
DSİ	Devlet Su İşleri
RES	Rüzgâr Enerjisi Santralleri
YEKA	Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları
GWEC	Dünya Rüzgâr Enerjisi Konseyi
MNL	Multinomial Logit Model

MNP	Multinomial Probit Model
HM	Hausman ve McFadden Testi
YKM	Yüksek Kurulum Maliyeti



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Enerji Kaynakları ile Bu Kaynakların Nitelikleri	5
Tablo 2. Literatür Taraması.....	62
Tablo 3. Değişkenlere İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler.....	70
Tablo 4. MNL ve MNP Modellerinin Uyum İyiliği Karşılaştırması	73
Tablo 5. MNL ve MNP Modellerinin Ortalama Doğrudan Esneklik Değerlerinin Ağırlıklı Tahmin Sonuçları	76
Tablo 6. Değişkenlere Ait VIF Testi Sonuçları	81
Tablo 7. İlişkisiz Alternatiflerin Bağımsızlığı Varsayımının Testi.....	82

ŞEKİLER DİZİNİ

Şekil 1. Kaynağa Göre Toplam Birincil Enerji Arzı (TPES), Türkiye, 2000-2019.....	7
Şekil 2. Kaynağa Göre Enerji Üretimi, Türkiye, 2000-2019	8
Şekil 3. Türkiye’de Sektörel Düzeyde Toplam Nihai Enerji Tüketimi (Mtep Cinsinden)9	
Şekil 4. Sektörlere ve Enerji Kaynaklarına Göre Toplam Nihai Tüketim	10
Şekil 5. Kullanım Amacına Göre Toplam Nihai Enerji Tüketimi, 2022	11
Şekil 6. Kaynaklara Göre Birincil Enerji Tüketimi (Mtep Cinsinden)	12
Şekil 7. Trans Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı Projesinin Geçtiği İller.....	15
Şekil 8. Kaynağa Göre Toplam Enerji Arzı (TES) 1990-2021 (Dünya).....	18
Şekil 9. Birincil Enerji Tüketimi 2000-2050	19
Şekil 10. Senaryolara Göre Kaynak ve Son Kullanıma Göre Bina Sektörü Enerji Talebi, 2022-2050	21
Şekil 11. Küresel Kömür Rezervlerinin Ülkelere Göre Dağılımı 2020 (Milyon Ton) ...	22
Şekil 12. Küresel Kömür Tüketimi, 2002-2026.....	23
Şekil 13. STEPS'te Sektörlere Göre Küresel Kömür Talebi, 2000-2050.....	24
Şekil 14. Ülkelere Göre Petrol Rezervi (milyon varil) 2020-2022	25
Şekil 15. Ülkelere Göre Doğal Gaz Rezervi 2015-2022.....	26
Şekil 16. Küresel Doğal Gaz Arzında Yılda Yıla Değişim (2019-2023).....	27
Şekil 17. Doğal Gaz Talebinin Bölgelere Göre Dağılımı 2020-2023.....	28
Şekil 18. Sektörlere Göre Doğal Gaz Talebi 2019-2023	29
Şekil 19. Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine Yönelik Küresel İlerlemenin Başlıca Göstergeleri	36
Şekil 20. Dünyadaki Elektrik Üretim Kaynakları, 2021	39
Şekil 21. Sektörlere Göre Nihai Elektrik Tüketimi, Dünya, 2021	39
Şekil 22. Kaynağa Göre Elektrik Üretiminden Kaynaklanan Emisyonlar, Dünya, 2021	40
Şekil 23. Kaynağa Göre Elektrik Üretimi 2020-2050 Senaryosu	41
Şekil 24. Enerji Merdiveni ve Enerji Yığılma Modelleri.....	46

GİRİŞ

Enerji, bireylerin yaşamlarını sürdürebilmeleri için temel bir ihtiyaçtır. Birçok önde gelen uluslararası kuruluş, bireylerin enerjiye erişimini sağlamayı, karşılanması gereken en temel ihtiyaçlarda biri olarak kabul etmektedir. Mümkün olan tüm bireylerin güvenli, temiz ve sağlıklı enerjiye erişim hakkı olmasına karşın, gelişmekte olan ülkelerde, birçok birey hala insan sağlığına ve çevreye büyük zararlar veren ilkel enerji kaynaklarına bağımlı bir durumda yaşamaktadır. İlkel enerji kaynakları, atmosferde tam olarak yanmamaları nedeniyle, bu kaynakların kullanımı havada partikül oluşumuna neden olmakta ve bu partiküller karbondioksit ve sera gazı emisyonlarında artışı tetiklemektedir. Dünya genelinde insan ölümlerinin ana nedenlerinden biri hava kirliliğidir. Bireylerin yakıtlarını ilkel enerji kaynaklarından çevre dostu iyileştirilmiş enerji kaynaklarına geçirmelerini sağlamak, birçok sağlık sorunuyla mücadele bakımından etkili bir çeşit enerji stratejisi olacaktır (Çelik, 2016).

Beslenme riskleri, yüksek tansiyon ve sigaradan sonra hava kirliliği, küresel olarak insan sağlığını en fazla tehdit oluşturabilen dördüncü risk faktörüdür. Enerjinin neden olduğu havanın kirliliği, çoğunlukla bir ülkenin ekonomik gelişimiyle ilişkilendirilir. Afrika ve Asya'daki birçok düşük gelirli ülkedeki haneler, katı biyokütle yakıtlarına büyük ölçüde bağımlıdır. Bu yakıtların kullanılması sonucunda insan sağlığı zararlı partiküllerin solunmasına maruz kalmakta ve prematüre doğum ve ölümleri gibi birçok sağlık sorunuyla karşılaşmaktadır. Sanayileşen ekonomilerde, enerji üretiminde ve sanayide fosil yakıtların kullanımı genellikle artmakta, dolayısıyla kükürt dioksit ve havayı kirleten diğer gazların emisyonu artmaktadır. Diğer çevresel etkilerin yanı sıra, mekanizasyona, kimyasal yapay gübrelemeye ve pestisit kullanımına dayalı modern tarım yöntemleri yüksek düzeyde hava kirliliğine neden olmaktadır. Bununla birlikte, diğer enerji hizmetlerine mevcut talep yüksek kalmakta ve potansiyel olarak kükürt oksitler, nitrojen oksitler ve hava kirliliğine neden olan diğer gazların emisyonu da yüksek olmaktadır. Genellikle ekonomik büyümenin erken aşamalarında meydana gelen nüfus artışı ve kentleşme gibi demografik değişiklikler de enerji nedenli hava kirliliğini artırabilmektedir (International Energy Agency, 2016).

Bireylerin konutlarında çeşitli amaçlarla farklı yakıt türlerini tercih etmeleri, insan kaynaklı hava kirliliğinin başlıca nedenleri arasındadır. Her hanenin tüketim sepetinin

önemli bir parçası olan enerji kaynakları, kömür ve yakacak odun gibi geleneksel biyokütle yakıtlarından petrol gazının sıvılaştırılmış bür türü (LPG) ve elektrik gibi modern tür yakıtlara kadar uzanmaktadır (Mensah ve Adu, 2015). Konut sektöründeki zararlı gazlar, enerji kaynaklı partikül emisyonlarının yarısından fazlasını oluşturmaktadır. Konut sektöründeki birçok partikül emisyonu, hanelerde konut ısıtması (kömür ve biyoenerji) ve kömür), pişirme ve aydınlatma için kullanılan ilkel yakıtların çeşitlerinin tam olarak yanmamasından kaynaklanmaktadır. Diğer birçok enerji kaynaklı büyük kirleticiden çok daha fazla partikül emisyonu geliştirmekte olan ülkelerde yoğunlaşmaktadır (International Energy Agency, 2016). Küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi artan çevre sorunlarının bir sonucu olarak, özellikle geliştirmekte olan ülkelerde enerji politikalarının odak noktası, "çevreye zararlı" odun ve biyokütle gibi katı yakıtlardan elektrik ve LPG gibi "çevre dostu" yakıtlara doğru kaymaktadır (Rahut vd., 2014). Bu kapsamda küresel enerji politikaları, karbon emisyonlarını ve iklim değişikliği problemleri azaltabilecek sürdürülebilir ve yenilenebilir enerjiyi geliştirmeyi amaçlamaktadır (Jan vd., 2012).

Yapılan açıklamalar ışığında bu tezin temel amacı, "Multinaminal Logit" ve "Multinomial Probit" modelleri olarak adlandırılan sırasız kesikli tercih modellerinin karşılaştırılması yoluyla, Türkiye'de hane halklarının alan ısıtması için yakıt türü seçimini araştırmaktır. Bu çalışma, veri seti, değişken seçimi ve MNL ile MNP modellerinin karşılaştırılması açısından literatürde yapılmış daha önceki çalışmalardan önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Buna ek olarak, Türkiye'deki geçmiş ve mevcut enerji politikaları, Türkiye'nin ekonomik kalkınması için birçok açıdan hayati önem taşıyan sürdürülebilir modern yakıtların benimsenmesi için yetersiz görüldüğünden, Türkiye hane halkının yakıt türü seçimleri, dönemsel olarak daha fazla ilgiyi hak etmektedir.

Yapılan bu araştırma toplam iki bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın birinci bölümünde enerji kavramı ve enerji türlerine giriş yapılmıştır. Sonrasında ise Türkiye ve dünyada güncel enerji görünümü konularına değinilmiş olup enerji ile ilgili diğer bazı kavramlar açıklanmıştır. Araştırmanın ikinci bölümünde ise Multinaminal Logit ve Multinomial Probit modelleri olarak isimlendirilen sırasız kesikli tercih modellerinin karşılaştırılması yoluyla, Türkiye'de hane halklarının alan ısıtması için yakıt türü seçimini araştırılmış ve sonuçlar yorumlanmıştır.

1. BÖLÜM

ENERJİ

Bu bölümde, enerji çeşitleri ve kaynaklarına dair genel bir bakış sunulmakta; fosil, nükleer ve yenilenebilir enerji türlerinin özellikleri detaylandırılmaktadır. Dünya ve Türkiye'deki enerji görünümü analiz edilerek, mevcut kaynakların kullanım durumu ve dağılımı ele alınmaktadır. Türkiye'nin stratejik enerji projeleri arasında yer alan Trans Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı Projesi (TANAP) ve Akkuyu Nükleer Güç Santrali'nin yapısal ve ekonomik katkıları incelenmektedir. Küresel enerji sektörüne dair genel bilgilerle başlayan bu bölüm, kömür, petrol, doğal gaz gibi fosil yakıtların mevcut durumu, enerji dönüşümünün etkileri, elektrik üretim ve tüketim süreçleri, enerji kullanımının hava kirliliğiyle ilişkisi ve enerji verimliliği stratejilerini kapsayan modeller ile son bulmaktadır.

1.1. ENERJİ ÇEŞİTLERİ ve ENERJİ KAYNAKLARI

Modern toplumlar, toplumların işleyişini sağlayan fiziksel altyapının çalışması için gerekli, fosil ve nükleer yakıtların önemli miktarda tüketimi ile karakterize edilmektedir. Fosil ve nükleer yakıtlar haricinde günümüzde birçok enerji çeşidi, gıda ve su üretimi, giyim, barınma, ulaşım, iletişim ve diğer temel insan faaliyetlerinde kullanılmaktadır (Fay ve Golomb, 2002). Enerjinin, elde edilme yöntemleri ve karakteristik özellikleri temelinde, geniş bir sınıflandırma yapmak mümkündür. Bu sınıflandırmada enerji, kaynaklarına göre gaz, katı ve sıvı yakıtlar; nükleer, hidrolik, güneş, biokütle, rüzgâr ve jeotermal enerji gibi çeşitli kategorilere ayrılır. İşlenme durumuna göre ise enerji, iki ana kategoriye ayrılabilir. Bunlar birincil ve ikincil enerji türleridir. Birincil enerjiler, işlenmemiş bir biçimde doğal halde bulunan güneş, rüzgâr, hidrolik, petrol, kömür, jeotermal ve nükleer gibi enerji türlerini içerir. İkincil enerjiler ise, birincil veya diğer ikincil enerjilerden dönüştürülerek elde edilen enerji türleridir. Bu kategori altında elektrik enerjisi, termik, mekanik, kimyasal ve elektromanyetik enerji yer alır. Enerji türlerinin çevreye olan etkileri de önemli bir sınıflandırma kriteridir. Bu bağlamda enerji kaynakları, kullanım sırasındaki çevresel etkilerine göre ikiye ayrılabilir. Çevreye

minimum zarar veren güneş, rüzgâr ve hidrolik enerji gibi türler temiz enerjiler olarak gruplandırılabilirken, çevreye daha fazla zarar potansiyeli taşıyan petrol ve kömür gibi enerji türleri, zararlı enerjiler olarak gruplandırılmaktadır. Enerji kaynaklarının başka bir sınıflandırmasıysa, alternatif ve yenilenemeyen enerji kaynakları şeklinde yapılır. Alternatif enerjiler, doğal çevrede bulunan ya da kendini sürekli tekrarlayan enerji türlerinden elde edilmektedir. Yenilenemeyen enerji ise insan etkisi olmadıkça elde edilemeyen ve belirli enerji depolarından sağlanan enerji olarak ifade edilmektedir (Acaroğlu, 2013; Koç ve Şenel, 2013, Şenel, 2012).

Enerji, maddelerin iş görebilme yeteneğine verilen isimdir. Neredeyse tüm maddeler enerji içerir, fakat bu enerjiyi ekonomik bir şekilde elde etmek her zaman mümkün olmayabilir. Maddelerin içinde saklı olan enerjiye potansiyel enerji adı verilirken, bu enerjinin kullanılabilir hale gelmiş formuna kinetik enerji adı verilir. Potansiyel enerjinin kinetik enerjiye dönüşümü her maddenin özelliklerine bağlı olarak gerçekleşmeyebilir. Bunun anlamı, her maddeden kinetik enerji üretmek olası olmayabilir. Ancak, bazı maddeler ekonomik yönden avantajlı enerji sağlamak için kullanılabilir ve bu tür maddelere enerji kaynakları adı verilmektedir (Koca, 2018).

Enerji kaynakları genellikle kullanımdan sonra tükenip tükenmeme durumlarına göre ayrılmaktadır. Bu ayrıma göre, kullanıldıkça tükenmeyen ve doğal döngü içinde sürekli olarak kendini yenileyebilen enerji kaynakları yenilenebilir enerji olarak adlandırılır. Buna karşın, kullanımı sonucu azalan ve kendini doğal yollarla yenileyemeyen kaynaklar ise yenilenemeyen enerji kaynakları olarak tanımlanır. Yenilenemeyen enerji kaynakları, fosil bazlı kaynaklar ve nükleer kaynaklar olmak üzere iki ana kategoriye ayrılır. Petrol, kömür ve doğal gaz, fosil bazlı yenilenemeyen enerjiler; uranyum ve toryum nükleer kaynaklı yenilenemeyen enerjiler arasında yer alır. Öte yandan, hidroelektrik, güneş, jeotermal, rüzgâr, biokütle, gelgit, dalga enerjisi ve hidrojen yenilenebilir enerji kaynakları olarak kabul edilmektedir. Tablo 1’de birincil enerji kaynaklarına ilişkin bilgiler verilmiştir.

Tablo 1. Enerji Kaynakları ile Bu Kaynakların Nitelikleri

Enerji Kaynağı	Yenilenebilir/ Yenilenemez	Avantajlar	Dezavantajlar	Örnekler
Güneş Enerjisi	Yenilenebilir	Temiz, bol miktarda bulunur, düşük emisyon, düşük işletme maliyeti	Geceleri ve bulutlu havalarda enerji üretmez, yüksek kurulum maliyeti (YKM)	Güneş panelleri, güneş pilleri
Rüzgâr Enerjisi	Yenilenebilir	Temiz, bol miktarda bulunur, düşük emisyon	Hava koşullarına bağlıdır, gürültü kirliliği, YKM	Rüzgâr türbinleri
Jeotermal Enerji	Yenilenebilir	Temiz, her mevsim kullanılabilir, düşük emisyon	Kaynağın sınırlı olması, kuyu açma maliyeti	Jeotermal santraller
Hidroelektrik Enerji	Yenilenebilir	Temiz, bol miktarda bulunur, düşük emisyon	Baraj inşası için uygun araziye ihtiyaç, çevresel etkiler	Hidroelektrik santraller
Biyokütle Enerjisi	Yenilenebilir	Karbon döngüsünü dengeleme	Kirlilik, hammadde tedarikinde zorluk	Odun, bitkisel yağ, biyogaz
Gelgit Enerjisi	Yenilenebilir	Temiz, bol miktarda bulunur	Özel coğrafi koşullara ihtiyaç, YKM	Gelgit enerji santralleri
Dalga Enerjisi	Yenilenebilir	Temiz, bol miktarda bulunur	Teknolojinin gelişme aşamasında olması, YKM	Dalga enerji santralleri
Kömür	Yenilenemez	Enerji yoğunluğu yüksek, ucuz	Kirli, yüksek emisyon, sınırlı kaynak	Kömür yatakları

Tablo 1 (Devam). Enerji Kaynakları ile Bu Kaynakların Nitelikleri

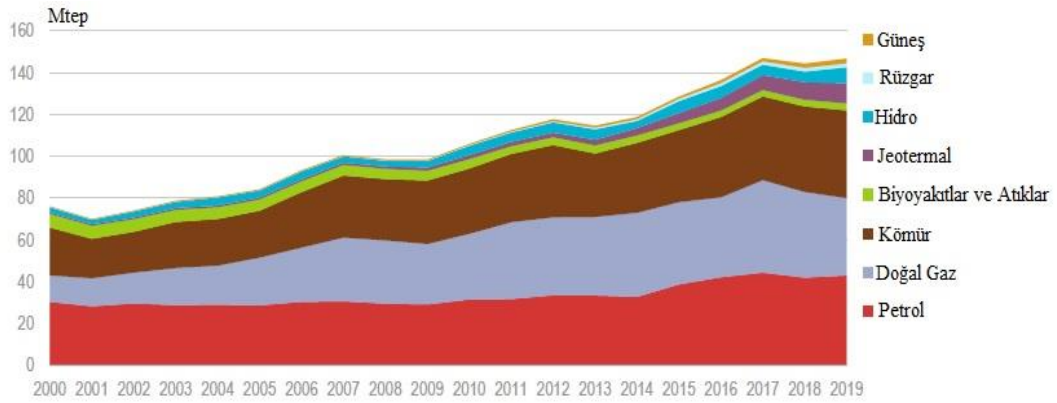
Petrol	Yenilenemez	Enerji yoğunluğu yüksek, taşınabilir	Kirli, yüksek emisyon, sınırlı kaynak	Ham petrol
Hidrojen Enerjisi	Yenilenebilir	Temiz, sıfır emisyon	Teknolojinin gelişme aşamasında olması, YKM	Hidrojen yakıt hücreleri
Doğalgaz	Yenilenemez	Temiz, nispeten düşük emisyon	Sınırlı kaynak, fiyat dalgalanmaları	Doğalgaz rezervuarları
Nükleer Enerji	Yenilenemez	Yüksek enerji yoğunluğu, düşük emisyon	Kaza riski, nükleer atık sorunu	Nükleer santraller

1.2. TÜRKİYE’DE ve DÜNYADA ENERJİNİN GENEL GÖRÜNÜMÜ

Türkiye, artan enerji talebi ve enerjide yüksek dışa bağımlılık gibi birçok sorunu ile karşı karşıyadır. Türkiye’nin enerji konusunda dışa bağımlılığını azaltmak, enerji güvenliğini artırmak ve sürdürülebilir bir enerji sistemi oluşturmak için çeşitli adımlar atılmaktadır. Enerji kaynakları açısından Türkiye, kömür, doğalgaz ve petrol gibi fosil yakıtlara büyük ölçüde bağımlıdır. Bu durum, enerji fiyatlarındaki dalgalanmalara ve jeopolitik risklere karşı savunmasızlığı artırmaktadır. Türkiye, enerji ihtiyacının büyük bir kısmını ithalatla karşılamak durumundadır. Bu durum Türkiye’de enerjide dışa bağımlılık oranını %74’e çıkarmaktadır. Bu yüksek bağımlılık oranı ise Türkiye için enerji konusunun önemini ön plana çıkarmaktadır (Türkiye Cumhuriyeti Dışişleri Bakanlığı, 2024).

Türkiye’de enerji kullanımı birçok farklı alanda ve sektörde gerçekleşmektedir. Bunlardan başlıcaları mesken tüketimi, sanayi ve hizmet gibi sektörel alanlarda gerçekleşmektedir. Türkiye İstatistik Kurumu’nun (TÜİK) raporuna göre, sektörel olarak yurtiçinde en fazla enerji tüketimini %31,40’lik payıyla sanayi sektörü gerçekleştirmiştir. Gaz, elektrik, iklimlendirme üretimi ve dağıtımı sektörü ise enerji kullanımında %18,82’lik paya sahiptir. Ulaştırma sektörünün enerji kullanımındaki payı %9,76 oranındayken Türkiye’deki mesken ısıtma için tüketilen enerji tüketiminin toplam kullanıma oranı %24.15’tir. Bu orandaki en büyük pay ise %11,37’lik bir oran ile hane halkının ısıtma ve soğutma amaçlı tüketimleridir (Türkiye İstatistik Kurumu, 2024).

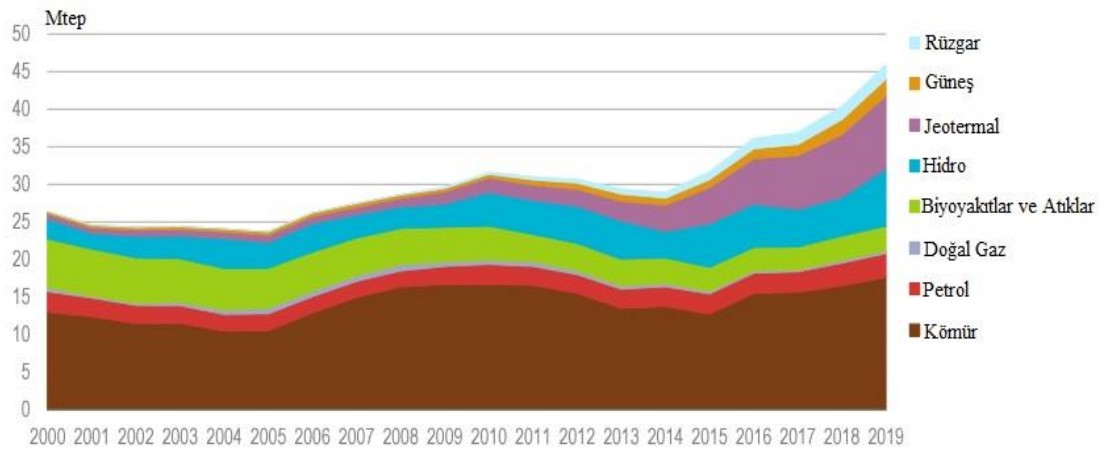
Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), 1974 yılında kurulan ve küresel enerji sektörüne ilişkin politika önerileri, analizler ve veriler sağlayan Paris merkezli özerk bir hükümetler arası kuruluştur. Birçok ülke için periyodik aralıklarla enerji raporları yayınlayan kuruluş, en son 2021 yılında Türkiye için kapsamlı bir rapor yayınlamıştır. Bu raporda IEA Türkiye için çeşitli tespitler yapmış olup enerji konusuna ilişkin politika önerilerinde bulunmuştur. IEA'nın raporuna göre Şekil 1'de kaynağa göre birincil enerji arzı, Şekil 2'de kaynağa göre enerji üretimi ve Şekil 3'te sektörel düzeyde enerji tüketimi gösterilmiştir.



Şekil 1. Kaynağa Göre Toplam Birincil Enerji Arzı (TPES), Türkiye, 2000-2019

Kaynak: International Energy Agency (IEA), 2021

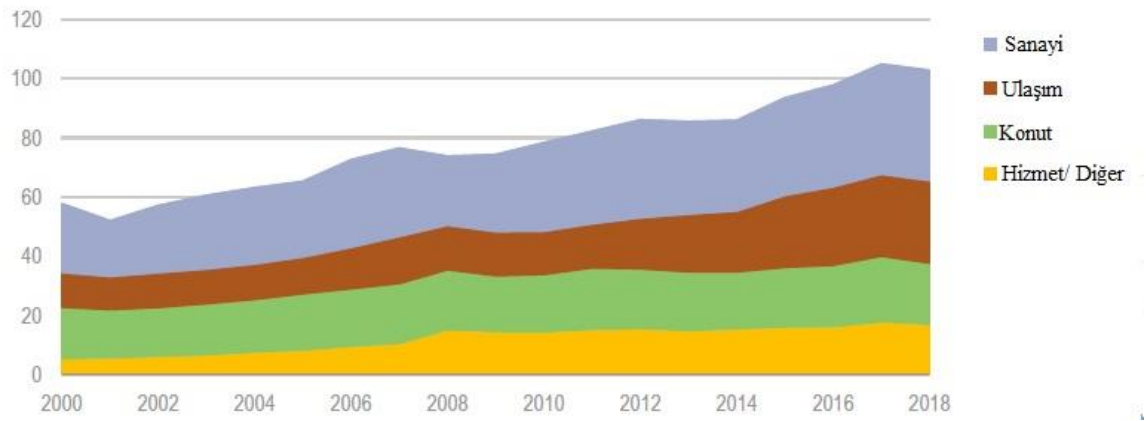
Türkiye'nin mevcut enerji arzı, hızlı bir biçimde büyüyen ekonomisinin ihtiyaçlarını karşılamak için sürekli olarak artmaktadır. Bu bağlamda Şekil 1'de görüleceği üzere 2000-2019 yılları arasında Toplam Birincil Enerji Arzı (TPES) %92 oranında büyümüştür. 2018 yılındaki ekonomik yavaşlamanın etkisiyle son dönemde düşüşe geçmesine rağmen, Türkiye'nin enerji arzındaki artış trendi devam etmektedir. TPES'te fosil yakıtlar hâkim konumdadır ve 2000 yılından bu yana payı %90 civarında sabit kalmıştır. Türkiye'de 2019 yılında, TPES içerisinde fosil yakıtların payı %83'tür. Bu oran ile Türkiye IEA üyesi ülkeler arasında dokuzuncu sırada yer almıştır. Bu durum, Türkiye'nin mevcut enerji konusunda dışa bağımlılığını artırmakta ve enerji güvenliği husunu tehdit etmektedir. Son dönemlerde yenilenebilir enerji kaynakları konusuna yapılan yatırımlar artmaktadır. 2019 yılında TPES'te yenilenebilir enerjinin payı %16,7'ye yükselmiştir. Bunun 2000 yılındaki %6,5'lik paya göre önemli bir artış olduğu söylenebilir (IEA, 2021).



Şekil 2. Kaynağa Göre Enerji Üretimi, Türkiye, 2000-2019

Kaynak: International Energy Agency (IEA), 2021

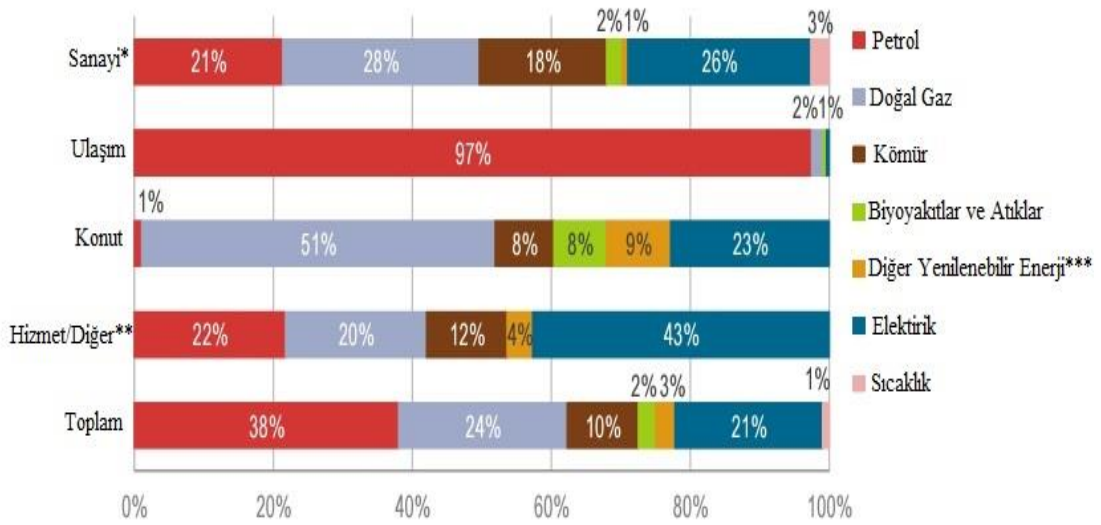
Şekil 2’de görülebileceği üzere Türkiye’de 2014’ten 2019’a kadar olan dönemde yenilenebilir enerji üretimi hızla artmıştır. 2019 yılında ise yenilenebilir enerjinin toplam enerji üretimindeki payı %54 oranına yaklaşmıştır. Özellikle jeotermal enerji üretimi iki kattan fazla artarken, kömür üretimi de 2014’ten bu yana istikrarlı bir şekilde yükselişte ve 2019 yılında toplam enerji üretiminin %39’unu oluşturmuştur. Şekil 2’den kömür üretiminin, 2010-2015 yıllarındaki düşüşün ardından son yıllarda tekrar artışa geçtiği görülmektedir. Türkiye’de şu anda faaliyette olan bir nükleer enerji santrali bulunmamakla birlikte, ülke bir nükleer enerji programı başlatmıştır. Bu program kapsamında ilgili nükleer santralin ilk ünitesinin 2023 yılı sonuna kadar faaliyete geçmesi planlanmaktadır. Nükleer enerjinin Türkiye’nin enerji üretimine dahil edilmesi, ülkenin enerji güvenliğini ve çeşitliliğini artırma açısından önemli bir adım olarak değerlendirilmektedir (International Energy Agency, 2021).



Şekil 3. Türkiye’de Sektörel Düzeyde Toplam Nihai Enerji Tüketimi (Mtep Cinsinden)

Kaynak: IEA, 2021

Şekil 3’te 2018’de Türkiye’nin toplam enerji tüketiminin 103 Mtep olduğu görülmektedir. Sanayi sektörü, 2018’de Türkiye’nin toplam enerji tüketiminin %36’sını gerçekleştirilerek en fazla enerji tüketen sektör olmuştur. Sanayi sektörünü, ulaştırma sektörü (%27), konut sektörü (%20), tarım ve balıkçılık da dahil olmak üzere hizmetler sektörü grubu (%17) takip etmiştir. Türkiye’nin enerji talebi, 2001 yılından bu yana tüm sektörlerde artış göstermiş, 2018 yılında ise sanayi hariç çoğu sektörde enerji tüketiminde hafif bir düşüş yaşanmıştır. 2008’den 2018’e kadar ulaşım sektöründe enerji tüketimi %86, sanayide %60, hizmetler ve konutlarda ise sırasıyla %12 ve %2 oranında artmıştır (International Energy Agency, Turkey, 2021).

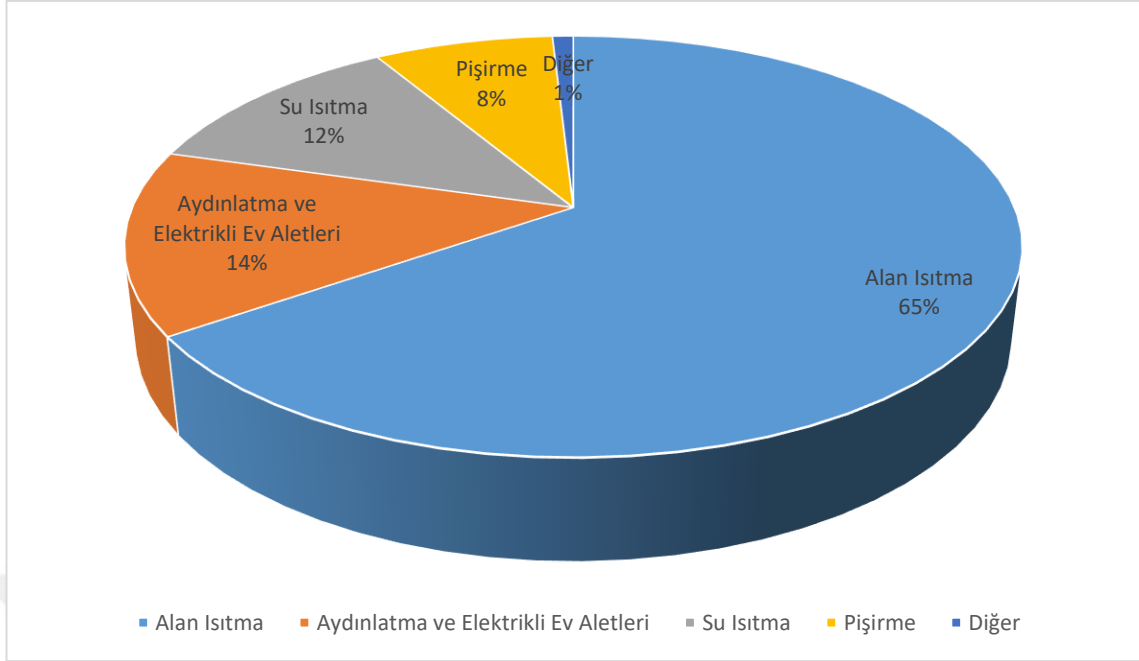


***Diğer yenilenebilir enerjiler jeotermal ve güneş enerjisini kapsamaktadır

Şekil 4. Sektörlere ve Enerji Kaynaklarına Göre Toplam Nihai Tüketim

Kaynak: International Energy Agency (IEA), 2021

Şekil 4'e göre ulaştırma sektörünün toplam nihai enerji tüketiminin %97'si petrol ile karşılanmaktadır. Doğal gaz, konut sektöründeki toplam enerji talebinin yarısını karşılamaktadır. Sanayi ve hizmet sektörü (tarım ve balıkçılık dahil) ise petrol, doğalgaz, kömür ve elektrik enerji kaynaklarını karma bir biçimde kullanmaktadırlar (IEA Turkey, 2021). Kullanım amacına göre toplam nihai enerji tüketimi ise Şekil 5'te görülmektedir.

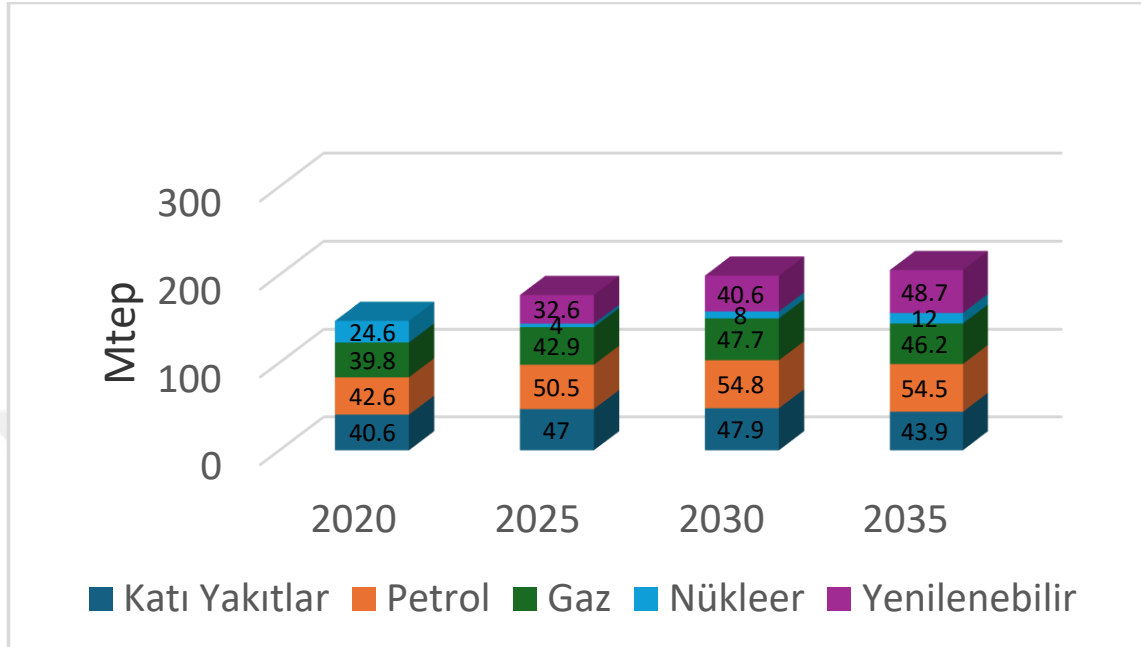


Şekil 5. Kullanım Amacına Göre Toplam Nihai Enerji Tüketimi, 2022

Kaynak: Türkiye İstatistik Kurumu Hanehalkı Nihai Enerji Tüketim İstatistikleri, 2022

Türkiye'nin yıllık ithalatının yaklaşık %25'ini oluşturan enerji ithalatı, birincil enerji ihtiyacının %75'inden oluşmaktadır. Bu durum, doğal kaynaklara ulaşmak için yeterli teknolojik alt yapının olmaması, petrol ve doğal gaz rezervlerinin yetersizliği, yenilenebilir ve alternatif kaynaklardan verimli bir şekilde faydalanılamaması ve enerji verimliliğine ilişkin çalışmaların yetersizliği gibi nedenlerden kaynaklanmaktadır. Enerji alanında kendi kendine yetebilme gücü, neredeyse dünyadaki tüm ülkeler için stratejik bir öneme sahip olup günümüzde bağımsızlıkla eşdeğer görülmektedir. Türkiye'nin artan nüfusunun enerji ihtiyacını büyük ölçüde kendi kaynaklarıyla karşılayabilmesi, sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda kritik bir öneme sahiptir. Nüfus artışı, sanayileşme ve ekonomik büyüme gibi faktörler enerji talebini sürekli olarak yükseltmektedir. Bu bağlamda, enerji bağımsızlığına yönelik politikalar, ülkenin ekonomik istikrarını ve refahını güvence altına almakla kalmayacak, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşılmasına da katkı sağlayacaktır (Türkiye Uluslararası Enerji Planı, 2022). Bu amaçla, gelecek yıllardaki birincil enerji ihtiyacının hesaplanması, bu ihtiyacın yerli kaynaklara dayalı olarak üretim kapasitesinden karşılanması, enerji verimliliğinin yükseltilmesi ve enerji arz güvenliğinin sağlanması gibi kapsamlı bir stratejinin geliştirilmesi gereklidir. Enerji ve Tıbbi Kaynaklar Bakanlığı

Türkiye Uluslararası Enerji Planı'na (2022) göre birincil enerji türü içindeki yakıtların kullanım dağılımına ilişkin ve gelecek planı Şekil 6'da gösterilmiştir (Enerji Piyasası düzenleme kurumu, 2024; Türkiye Cumhuriyeti Dışişleri Bakanlığı, 2024).



Şekil 6. Kaynaklara Göre Birincil Enerji Tüketimi (Mtep Cinsinden)

Kaynak: Enerji ve Tıbbi Kaynaklar Bakanlığı, Türkiye Uluslararası Enerji Planı, 2022

Şekil 6'ya göre 2020 yılında Türkiye'deki toplam enerji tüketimi içinde yenilenebilir enerjinin payı oldukça düşüktür. Türkiye'nin 2020 yılında birincil enerji tüketimi 147,2 Mtep olmuştur. 2035 yılına kadarda birincil enerji tüketimi 205,3 Mtep'e yükseleceği ön görülmektedir. 2000-2020 döneminde yıllık olarak ortalama %3,1 oranında artış gösteren birincil enerji tüketiminin, 2020-2035 döneminde yaklaşık %2,2 düzeyinde artacağı ön görülmektedir. 2020 yılında 1,7 tep/kişi olan kişi başı birincil enerji tüketim miktarı 2,1 tep/kişi seviyesine çıkmaktadır. 2020 yılında %16,7 seviyesinde olan birincil enerji tüketim miktarı içindeki yenilenebilir enerji kaynaklarının oranı 2035 yılına kadar %23,7 seviyesine yükselmesi ön görülmektedir. Nükleer enerjinin payının ise 2035 yılına kadar %5,9'luk paya ulaşacağı ve 2020 yılında %83,3 olan fosil kaynakların payının 2035 yılına kadar %70,4'e düşeceği planlanmaktadır. Ayrıca Şekil 6'ya göre ön görülen yıllarda, kömürün payı %21,4'e düşerken, petrol %26,5, doğal gaz %22,5'e gerilemektedir (Enerji Piyasası düzenleme kurumu, 2024).

Güncel görünüm olarak IEA, Türkiye için 2016 yılında yaptığı araştırma ile 2021 yılında yaptığı araştırmanın karşılaştırmalı sonuçlarını raporlamıştır. Raporla,

Türkiye'nin uyguladığı enerji politikalarının ve piyasa reformunun, enerji sektöründe güvenliği artırmakta olduğu açıklanmıştır. Son yirmi yılda yaşanan hızlı ekonomik büyüme ve nüfus artışı, enerji talebinde istikrarlı bir yükselişe neden olmuş, bununla birlikte enerji ithalatına olan bağımlılığı da artırmıştır. Bu durum, Türkiye'yi enerji sisteminde köklü değişimlere yöneltmiştir. Enerji talebindeki bu hızlı artışın sürdürülebilirliği, tüketici refahı ve enerji güvenliği açısından önemli riskler taşımaktadır. Bu bağlamda, Türkiye, enerji sistemini yeniden yapılandırma sürecine girerek enerji talebindeki büyümeyi rasyonel bir çerçevede yönetmeyi, enerji fiyatlarını düşürmeyi ve ithalat bağımlılığını azaltmayı hedeflemektedir. Bu kapsamda yürütülen reformlar, yerli üretim kapasitesini artırmaya yönelik modernizasyon, liberalizasyon ve özel sektör ile yabancı yatırımın teşviki gibi çok yönlü bir yaklaşımı benimsemektedir. Rapora göre Türkiye son on yılda enerji karmasını önemli ölçüde çeşitlendirmiştir. Özellikle yenilenebilir enerji üretimi ve kaynakları etkileyici bir büyüme göstermiş ve yenilenebilir elektrik üretimi son on yılda üç katına çıkmıştır. Türkiye'nin ilk nükleer enerji santralinin 2023 yılında devreye girmesinin, ülkenin kullandığı yakıt türlerini daha da çeşitlendireceği raporda açıklanmıştır. Yine de fosil yakıtlar, özellikle petrol ve doğal gaz (sırasıyla %93 ve %99) olmak üzere ithalata büyük ölçüde bağımlı olan Türkiye ekonomisini yönlendirmeye devam etmektedir. Rapora göre Türkiye, enerji ithalatına bağımlılığını azaltmaya yardımcı olmak için yerli petrol veya doğalgaz arama ve üretimin genişletilmesine öncelik vermektedir (IEA, 2021).

Türkiye'de, Uluslararası Enerji Planı'nın çalışması, sürdürülebilirlik ve enerjide dışa bağımlık açısından olumlu bir gösterge niteliği taşımaktadır. Çalışmanın sonuçlarını IEA'nın Türkiye için yaptığı araştırmanın raporunu destekler niteliktedir. Raporda, Türkiye'nin uyguladığı enerji politikalarındaki rehber ilkelerin, piyasa reformunu ve enerji güvenliğini sağlamaya yönelik olarak uygulanmakta olduğu açıklanmıştır. Ayrıca, son yıllarda gerçekleşen nüfus artışının ve hızlı ekonomik büyümenin, enerji talebini arttırmasına karşın, Türkiye'nin bu enerji talebindeki büyümeyi yönetmek için enerji sistemini yeniden yapılandırmaya yönelik planları uyguladığı vurgulanmıştır.

Türkiye'de nüfus artışı ve ekonomik büyümeyle birlikte enerji talebi de istikrarlı bir şekilde yükselmektedir. Bu durum, teknolojik gelişmeler, yaşam standartlarının yükselmesi, sanayileşme ve taşımacılık sektöründeki büyüme gibi faktörler tarafından tetiklenmektedir. Ülkeler enerji ihtiyacını fosil yakıtlar, yenilenebilir enerji kaynakları ve

nükleer enerji gibi çeşitli kaynaklardan karşılamakta olup, Türkiye'nin enerji karması da bu genel eğilimi takip etmektedir. Ancak, Türkiye'nin fosil yakıt rezervlerinin sınırlı olması ve mevcut kömür rezervlerinin ömrünün kısa olması, ülkenin enerji güvenliği açısından önemli riskler taşımaktadır (Yılankıran ve Doğan, 2020). Bu bağlamda hane halkının ve sektörlerde kullanılan enerji kaynaklarının yeterliliği, Türkiye için tartışılmaz bir önem taşımaktadır. Ülke kaynaklarına bakıldığında ise 2022 yılı itibarıyla Türkiye Kömür İşletmeleri'ne (TKİ) göre Türkiye'nin 2019 yılı itibarıyla 19.32 milyar ton linyit ve 1.511 milyar ton taşkömürü rezervi bulunmaktadır. Linyit rezervleri, taşkömürüne göre kayda değer miktarda daha fazla olduğu söylenebilmektedir. Bu durum, linyit rezervlerinin temiz kömür çıkartma teknolojileri sayesinde daha verimli bir duruma getirilmesi, enerji arz güvenliğini ve sürdürülebilir kalkınmayı destekleyecektir. Temiz kömür teknolojileri, linyitten daha fazla enerji üretmek ve sera gazı emisyonlarını azaltmak için önemli bir potansiyele sahiptir.

Türkiye'de petrol rezervleri ise Türk Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) çalışmalarına göre ülke kara alanlarında 2022 yılı itibarıyla 507 milyon varil, doğal gaz rezervi ise 3,1 milyar m³ olarak kaydedilmiştir. Mevcut rezervler göre petrolün ömrü 20-25 yıl olarak tahmin edilmektedir. Doğal gazın ise, yeni kaynaklar bulunmadığı takdirde mevcut ömrü 9-10 yıl olarak tahmin edilmektedir. Türkiye enerjisinin Avrupa'ya ulaşması açısından bir nevi köprü görevi görmektedir. Türkiye sınırları içinde önem arz eden bazı projeler şu şekildedir; Mavi Akım Gaz Boru Hattı, Rusya – Türkiye Doğal Gaz Boru Hattı (Batı Hattı), Bakü-Tiflis-Erzurum Doğal Gaz Boru Hattı, Doğu Anadolu Doğal Gaz Ana İletim Hattı (İran – Türkiye), Trans-Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı Projesi, Türk Akım Gaz Boru Hattı Projesi Türkiye-Yunanistan Doğal Gaz Enterkonneksiyonu (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2024).

1.3. TRANS ANADOLU DOĞAL GAZ BORU HATTI PROJESİ (TANAP)

Anadolu Trans Doğal Gaz Boru Hattı (TANAP), Azerbaycan'dan Türkiye ve Avrupa'ya doğal gaz taşımak için inşa edilmiş bir boru hattı projesidir. Proje, Güney Gaz Koridoru'nun önemli bir bileşenidir ve bölgenin enerji güvenliğini ve çeşitliliğini artırmayı amaçlamaktadır. TANAP projesi 2008 yılında Azerbaycan ve Türkiye tarafından imzalanan bir anlaşma ile başlatılmıştır. İnşaat çalışmaları 2013 yılında başlamış ve 2019 yılında tamamlanmıştır. TANAP boru hattının geçiş güzergahı Şekil

7’de görülmektedir TANAP boru hattı, 1.850 kilometre uzunluğunda ve 56 inç çapındadır. Hat, Azerbaycan'ın Şah Deniz gaz sahasından başlar ve Türkiye'nin Edirne ilinde Yunanistan sınırında TAP boru hattına bağlanır. TANAP'ın kapasitesi yılda 31 milyar metreküptür. TANAP boru hattı, Azerbaycan, Gürcistan ve Türkiye'den geçmektedir. Şekil 7’den görüleceği üzere Türkiye’de ise boru hattı Ardahan, Kars, Erzurum, Erzincan, Bayburt, Gümüşhane, Giresun, Sivas, Yozgat, Kırşehir, Kırıkkale, Ankara, Eskişehir, Bilecik, Kütahya, Bursa, Balıkesir, Çanakkale, Tekirdağ ve Edirne illerinden geçmektedir. TANAP projesinin, Azerbaycan, Türkiye ve Avrupa için önemli ekonomik ve jeopolitik etkileri vardır. Proje, bölge ülkelerine enerji güvenliği sağlayarak, ekonomik kalkınmalarına katkıda bulunmaktadır. Ayrıca, TANAP, Avrupa'nın doğal gaz kaynaklarını çeşitlendirmesine ve Avrupa'nın Rusya'ya olan bağımlılığını azaltmasına yardımcı olmaktadır (Boru Hatları İle Petrol Taşıma Anonim Şirketi, 2024, Trans Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı Projesi, 2024, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2024).



Şekil 7. Trans Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı Projesinin Geçtiği İller

Kaynak: Trans Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı Projesi, 2024

1.4. AKKUYU NÜKLEER GÜÇ SANTRALİ PROJESİ

12 Mayıs 2010 tarihinde Türkiye Cumhuriyeti ve Rusya Federasyonu arasında imzalanan anlaşma ile Mersin'in Akkuyu ilçesinde, VVER-1200 tipi 4 reaktörlü, 4800 MW toplam kurulu güce sahip bir nükleer güç santrali (NGS) inşa edilmesi kararı alınmıştır. Bu anlaşma, Türkiye'nin nükleer enerji alanındaki ilk büyük yatırımı olma niteliğindedir. Projenin tamamlanmasıyla birlikte Türkiye'nin enerji ihtiyacının önemli bir kısmının bu santralden karşılanması planlanmaktadır. Proje kapsamında 4 reaktörden ilkinin 2023 yılında, diğerlerinin ise 2025 ve 2026 yıllarında faaliyete geçmesi öngörülmektedir. NGS'nin inşası için gerekli finansman Rus devlet bankası Rosatom tarafından sağlanmakta ve projenin toplam maliyeti 20 milyar dolar olarak tahmin edilmektedir. Akkuyu NGS projesi, Türkiye ekonomisine önemli katkılar sağlamaktadır. Projenin inşasında yaklaşık 25.000 kişi istihdam edilmekte ve bu kişilerin %80'i Türk vatandaşlarıdır. Ayrıca, projenin uzun vadeli sürdürülebilirliği için Türk öğrencilere Rusya'da nükleer mühendisliği eğitimi verilmektedir. Eğitimlerini tamamlayan öğrenciler, Akkuyu NGS'de ve Türkiye'nin diğer nükleer enerji projelerinde istihdam edilmektedir.

Akkuyu NGS projesinin Türkiye ekonomisine ve jeopolitiğine önemli etkileri bulunmaktadır. Proje, Türkiye'nin enerji güvenliğini ve çeşitliliğini artırarak, enerji ithalatına olan bağımlılığını azaltacaktır. Ayrıca proje kapsamında, Türkiye'de nükleer enerji teknolojisi ve insan kaynağı geliştirmeye yönelik yatırımlar da yapılmaktadır. Bu yatırımlar, Türkiye'nin nükleer enerji alanındaki bilgi birikimini ve becerilerini geliştirerek, ülkenin bu alanda öncü bir aktör haline gelmesine katkıda bulunacaktır. Nükleer enerji santrallerinin çevreye bazı olumsuz etkileri olabilmektedir. Akkuyu NGS projesi kapsamında da bu konuda bazı endişeler dile getirilmektedir. Bu endişeler; nükleer atık yönetimi, radyasyon kazaları ve santralin su kaynaklarına etkisi gibi konularda yoğunlaşmaktadır. Proje yetkilileri, bu endişeleri gidermek için gerekli tüm önlemleri aldıklarını ve çevreye zarar vermeden faaliyet göstereceklerini ifade etmektedir. Akkuyu NGS projesi, Türkiye'nin enerji politikası açısından oldukça önemli bir projedir. Projenin tamamlanmasıyla birlikte Türkiye'nin enerji ihtiyacının önemli bir kısmının bu santralden karşılanması ve enerji güvenliğinin artması beklenmektedir. Projenin çevresel etkileri ile ilgili endişeler olsa da bu endişelerin giderilmesi için gerekli önlemler alınmaktadır.

(Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2024; Akkuyu Nükleer A.Ş. 2024; Nükleer Düzenleme Kurumu 2024).

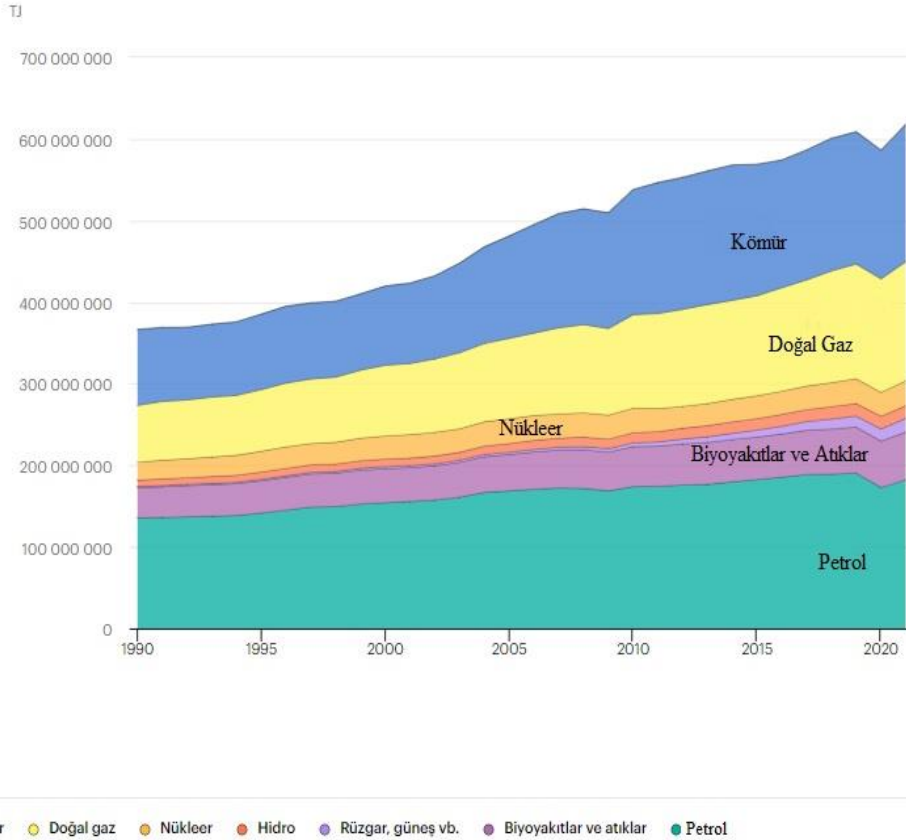
1.5. DÜNYADA ENERJİ

İnsanlık tarihi boyunca ilk çağlardan itibaren enerji, sosyal ve ekonomik ilerlemenin temel bileşenlerinden biri olarak kabul edilmiştir. Günümüzde ise enerjinin kullanım alanı, hemen hemen tüm alanları kapsayacak şekilde genişlemiştir. Sosyal refah ve küresel düzeyde ortalama gelirin artması ile enerji talebinin de paralel şekilde yükselişi göz önüne alındığında, özellikle ekonomik kalkınma açısından uygun maliyetli, sürekli ve sürdürülebilir bir enerji temini son derece kritik bir önem taşımaktadır. Bu bağlamda, enerji kaynakları her geçen gün daha da kritik bir konuma gelmektedir. Tarihi açıdan bakıldığında, farklı enerji kaynaklarının kullanımının, dönemlere göre değişmekte olduğu görülmektedir. İlk çağlarda odun ve kömür gibi biyokütle kaynakları yaygın olarak kullanılırken, Sanayi Devrimi ile birlikte kömür kullanımında bir artış gerçekleşmiştir. 20. yüzyılda ise petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtlar ön plana çıkmıştır. Günümüzde ise enerji kaynaklarının çeşitliliği ve sürdürülebilirliği gitgide daha önemli hale gelmektedir (Fanchi, 2023).

Enerji kaynaklarının ekonomik kalkınmadaki rolü çok yönlüdür. Enerji; üretim, ulaşım, ısınma ve aydınlatma gibi birçok alanda temel bir girdi olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle, uygun fiyatlı ve güvenilir bir enerji arzı, ekonomik büyümenin ve kalkınmanın ön şartlarından biridir. Ayrıca enerji konusu; enerji kaynaklarının çeşitliliği ve sürdürülebilirliği, enerji güvenliği ve enerji bağımsızlığı konularını da beraberinde getirmektedir. Sonuç olarak, enerji kaynakları, sosyal ve ekonomik kalkınma için kritik bir öneme sahiptir. Ekonomik kalkınmanın sürdürülebilir olması için uygun fiyatlı, sürekli ve sürdürülebilir bir enerji temini sağlanmalıdır. Bu bağlamda, yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yapmak ve enerji verimliliğini artırmak için çalışmalar yapmak son derece önemlidir (Sorensen, 2007).

Dünya genelinde enerji, modern toplumların işleyişi için hayati bir unsurdur. Geleneksel olarak, fosil yakıtlar küresel enerji tüketiminin büyük bir kısmını oluştururken, iklim değişikliği ve çevresel sürdürülebilirlik konularındaki artan endişeler, yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgiyi artırmıştır. Bu artışın seyri Şekil 8’ görülmektedir. Enerji sektörü, ekonomik büyüme, sanayileşme ve teknolojik ilerlemenin

temel itici gücü olmaya devam ederken, enerji güvenliği, erişilebilirlik ve verimlilik, küresel enerji politikalarının merkezinde yer almaktadır. Bu dinamik, uluslararası iş birliklerini ve yenilikçi çözümleri teşvik eden, sürekli evrilen bir enerji manzarasını şekillendirmektedir (Fanchi, 2023).



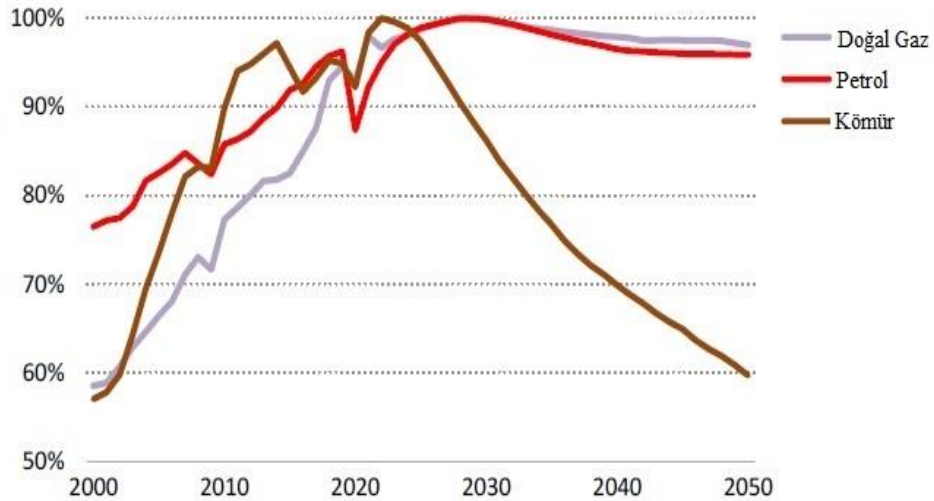
Şekil 8. Kaynağa Göre Toplam Enerji Arzı (TES) 1990-2021 (Dünya)

Kaynak: IEA, 2024

Dünya enerji sistemi, çeşitli kaynaklar ve teknolojiler aracılığıyla üretilen, dağıtılan ve tüketilen enerjinin küresel ağını ifade eder. Bu sistem, fosil yakıtlar (petrol, doğalgaz ve kömür), yenilenebilir enerji kaynakları (güneş, rüzgâr, hidroelektrik, jeotermal ve biyokütle) ve nükleer enerji gibi çeşitli enerji formlarını kapsamaktadır. Küresel enerji talebi; ekonomik büyüme, nüfus artışı, sanayileşme ve yaşam standartlarındaki iyileşmelerle doğrudan ilişkilidir. Enerji sektörü, karbon emisyonları ve çevresel etkiler açısından önem taşımaktadır. Enerji güvenliği konusu ise, enerjiye erişim, fiyat istikrarı ve enerji verimliliği üzerine odaklanmaktadır. Enerji ile ilgili çalışmalar genel olarak; enerji dönüşümü süreçlerini, sürdürülebilirlik ve iklim değişikliği ile mücadele stratejilerini, aynı zamanda enerji sistemlerinin ekonomik ve sosyo-politik etkilerini

detaylı bir şekilde inceler. Bu bağlamda, küresel enerji manzarası, teknolojik yenilikler, uluslararası iş birlikleri ve politik düzenlemeler ile şekillenen dinamik ve çok boyutlu bir alan olarak öne çıkmaktadır (Barbir ve Ulgiati, 2008).

Dünya enerji görünümü, jeopolitik çatışmaların enerji güvenliği ve iklim hedefleri üzerinde yarattığı olumsuz etkileri vurgulayan endişe verici bir tablo sunmaktadır. Ukrayna'daki savaş ve Orta Doğu'daki olası istikrarsızlık, fosil yakıtlara olan bağımlılığın kırılganlığını gözler önüne sermekte ve daha sürdürülebilir bir enerji sistemine geçişin acil ihtiyacını ortaya koymaktadır. Maliyet enflasyonu, tedarik zinciri kesintileri ve artan borçlanma maliyetleri, temiz enerji projelerinin önünde önemli engeller oluşturmaktadır. Buna karşın, temiz enerji sektörü küresel enerji yatırımlarının en dinamik alanı olmaya devam etmektedir. Temiz enerjinin gelecekteki büyümesi, politika ve piyasa güçlerinin etkisiyle şekillenecek ve Dünya Enerji Görünümünde öngörülen farklı senaryolarda yer alan çeşitli yörüngeleri ve sonuçları belirlemede kritik bir rol oynayacaktır (International Energy Agency, 2023). IEA'nın 2023'te yayınladığı Dünya Enerji Görünümü (WEO) raporuna göre Belirtilen Politikalar Senaryosu (STEPS) 2000-2050 yılları arası tahmini birincil enerji tüketimi ve tahmini Şekil 9'da resmedilmiştir.



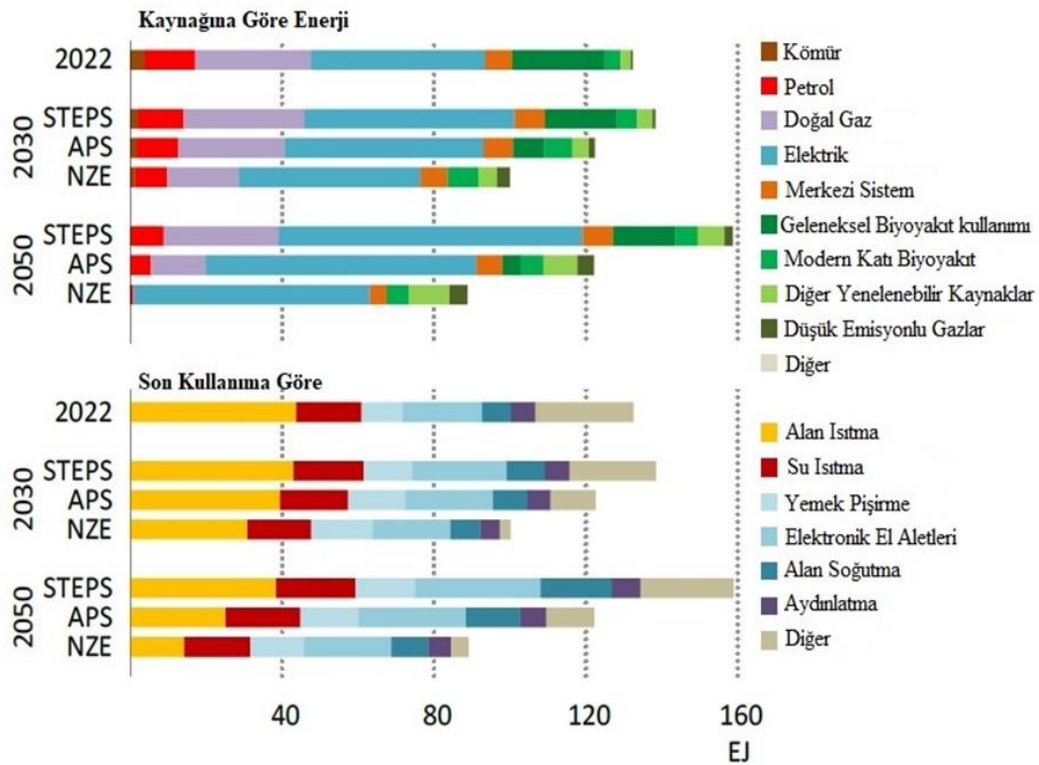
Şekil 9. Birincil Enerji Tüketimi 2000-2050

Kaynak: International Energy Agency, World Energy Outlook 2023

Bu değişimler, üç fosil yakıt kategorisinin her birinin artık 2030 yılına kadar zirveye ulaşması beklendiği anlamına gelmektedir. Bu daha önce STEPS'te hiç görülmemektedir.

Tahminlerdeki bu değişiklikler, düşük emisyonlu elektrik ve yakıtların Dünya'nın giderek artan enerji ihtiyaçlarının bir bölümünü karşılaması ve enerji verimliliği iyileştirmelerinin bu ihtiyaçları dengelemeye yardımcı olmasıyla, enerji sisteminin nasıl değiştiiğini vurgulamaktadır. STEPS'te fosil yakıtlara olan toplam talep, 2020'lerin ortalarından 2050'ye kadar yılda ortalama 3 eksajoule (EJ) azalmaktadır. Ayrıca STEPS'teki enerji kaynaklı CO₂ emisyonlarındaki zirve noktasının 2020'lerin ortalarına kadar gelmesi beklenmektedir (International Energy Agency, 2023).

STEPS'te son on yılda bina sektöründe toplam enerji tüketimi ortalama olarak yılda %1 oranında artarak 2022 yılında 133 eksajul (EJ)'a ulaşmıştır. Rusya'nın Ukrayna'yı işgalinin ve ılıman bir kışın ardından doğalgaz talebi 2022'de düşüş göstermiştir. Bu düşüş en çok Avrupa'da olmakla birlikte, doğal gaz halen dünya genelinde binalardaki enerji ihtiyacının %23'ünü karşılamaktadır. Elektrik artık bina sektöründe enerji kullanımının üçte birinden fazlasını sağlamaktadır. Elektrikli cihaz ve klima sahipliğinin artması, ısıtma ve yemek pişirme alanlarının elektrikle edilmesiyle birlikte elektriğin payı sürekli olarak yükselmektedir. Modern biyoenerji, binalardaki enerji ihtiyacının %4'ünü karşılamakta olup, güneş ısı ve jeotermal ısıtma gibi diğer yenilenebilir kaynakların doğrudan kullanımı ise son on yılda iki katından fazla artarak, küresel enerji ihtiyacının %2'sini karşılamaktadır. Senaryolara göre kaynak ve son kullanıma göre bina sektörü enerji talebi Şekil 10' daha detaylı resmedilmiştir (IEA, World Energy Outlook, 2023).



Şekil 10. Senaryolara Göre Kaynak ve Son Kullanıma Göre Bina Sektörü Enerji Talebi, 2022-2050

Şekil 10

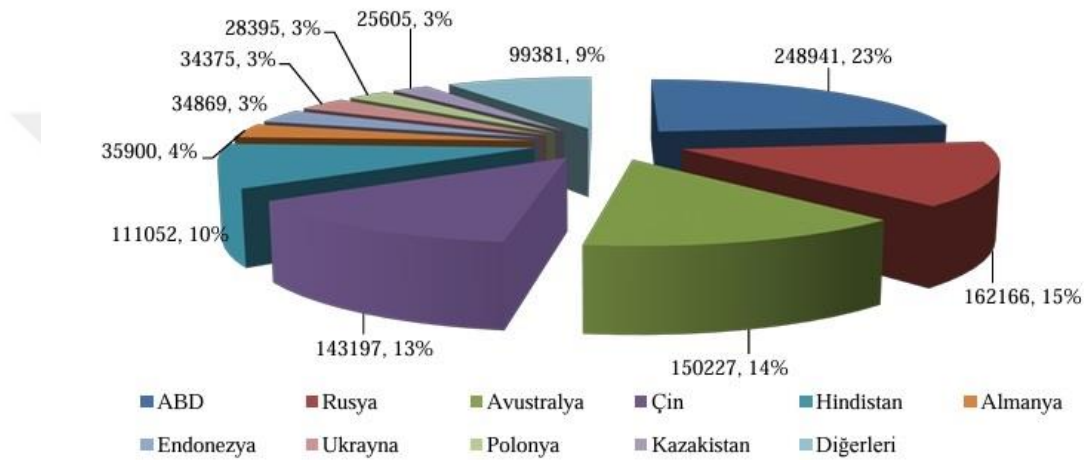
Kaynak: International Energy Agency, World Energy Outlook, 2023

IEA'nın verilerine göre, binalar 2022 yılında doğrudan CO2 emisyonlarının yaklaşık %9'unu oluşturmuştur. Bu emisyonlar, büyük ölçüde binalarda kullanılan enerjinin fosil yakıtlara dayalı olması ve ısıtma, soğutma, aydınlatma ve diğer işlemler için elektrik kullanımından kaynaklanmaktadır (IEA, World Energy Outlook, 2023).

1.6. KÖMÜR

Kömür milyonlarca yıl önce ölen bitkilerin ve hayvanların basınç ve ısı altında fosillere dönüşmesiyle oluşan kayaç kökenli bir yakıttır. Siyah veya kahverengi renkte, katı ve kırılabilir bir yapıya sahiptir. Farklı türleri ve kaliteleri bulunan kömür, enerji üretiminde, ısınmada ve sanayide önemli bir rol oynar. Kömürün en önemli özelliği, yanarken yüksek miktarda ısı üretmesidir. Bu ısı, elektrik santrallerinde elektrik üretmek, evleri ve binaları ısıtmak ve çeşitli sanayi üretim süreçlerinde kullanılır. Kömür, çeliğin üretiminde de önemli bir hammadDEDİR. Kömürün çıkarılması, işlenmesi ve kullanımı

çevreye önemli zararlar verebilir. Kömür madenciliği, hava ve su kirliliğine, arazi tahribine ve sera gazı emisyonlarına neden olabilir. Kömürün yakılması da hava kirliliğine ve sera gazı emisyonlarına yol açar. Bu çevresel sorunlara rağmen kömür, halen dünya genelinde önemli bir enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Kömür kullanımının azaltılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş, çevrenin korunması için büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda ülkelerin sahip olduğu kömür rezervleri konusu ön plana çıkmaktadır (O’Keefe vd., 2013).



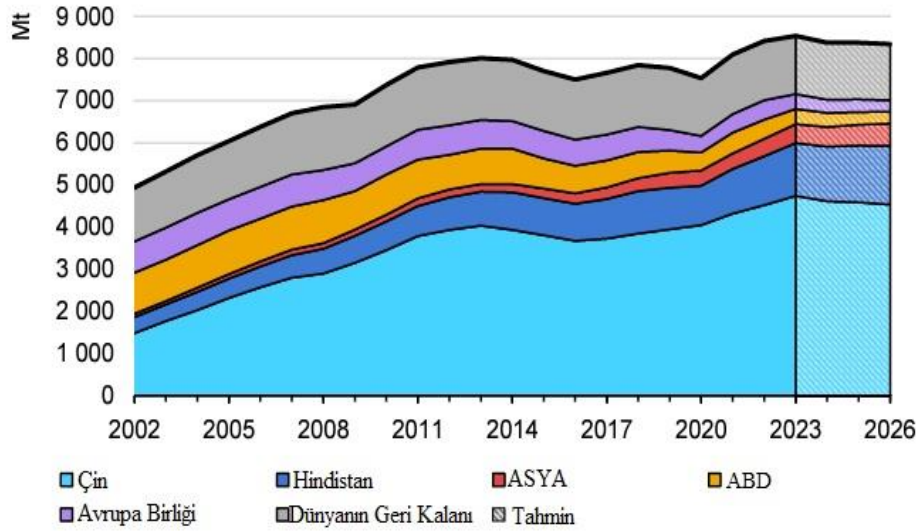
Şekil 11. Küresel Kömür Rezervlerinin Ülkelere Göre Dağılımı 2020 (Milyon Ton)

Kaynak: BP, 2021; Arı ve Yılmaz, 2023

Şekil 11’de görüldüğü üzere dünyadaki kömür rezervlerinin büyük bir çoğunluğu dört ülkede olduğu ve bu ülkeler rezervlerinin büyüklüğüne göre ABD (%23), Rusya (%15), Avustralya (%14) ve Çin (%13) 2020 yılı itibari ile kömür rezervleri toplam 1074 milyar tondur (BP, 2021).

IEA’nın kömür ile ilgili yayınladığı 2023 raporuna göre; 2022 yılı, küresel enerji krizinin gölgesinde kömür talebinin rekor seviyeye ulaştığı bir yıl olmuştur. Bir önceki yıla göre %4’lük bir artışla 8,42 milyon tona çıkan bu talepte, Asya ülkeleri başı çekmektedir. Çin’de %4,6, Hindistan’da %9 ve Endonezya’da ise %32’lik artışlar olmuştur. Buna karşın, ABD’de talepte %8’lik bir düşüş yaşanırken, Avrupa’da ise %4,3’lük bir artış gerçekleşmiştir. Bu tablonun arkasında yatan temel etken, küresel enerji krizinin yol açtığı arz sıkıntıları ve fiyat artışlarıdır. Özellikle doğalgaz fiyatlarındaki yükseliş, birçok ülkeyi kömüre yönelmeye teşvik etmiştir. Ekonomik durgunluk ve ılıman

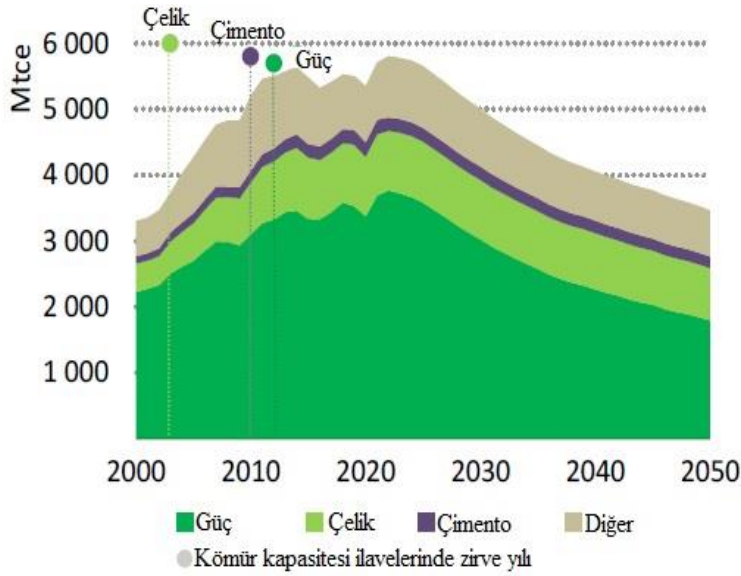
bir kış ise Avrupa'da kömür talebinin beklenenden daha az artmasına neden olmuştur (IEA Coal, 2023). IEA'nın küresel kömür tüketimine bilgi ve tahminler Şekil 12'de milyon ton cinsinden gösterilmektedir.



Şekil 12. Küresel Kömür Tüketimi, 2002-2026

Kaynak: International Energy Agency, Coal, 2023

Şekil 12'ye göre tahmin dönemleri olan 2026 yılına kadar, 2024'ten itibaren küresel kömür talebinde düşüş eğiliminin ortaya çıkmasını beklenmektedir. Hindistan ve Asya ülkelerindeki artış, Avrupa Birliği ve Amerika Birleşik Devletleri'ndeki (ABD) düşüşleri telafi etmesi beklense bile, küresel kömür talebi eğiliminin belirlenmesinde Çin hala belirleyici bir konumda olmaya devam etmektedir. Yenilenebilir enerjideki büyümenin toplam elektrik talebi artışından daha fazla olması muhtemelen küresel kömür tüketimini aşağı doğru bir yörüngeye itecektir. Bu durum, kömür talebinin 2023 yılında zirveye ulaşması anlamına gelmektedir (IEA Coal, 2023).



Şekil 13. STEPS'te Sektörlere Göre Küresel Kömür Talebi, 2000-2050

Kaynak: IEA, World Energy Outlook 2023

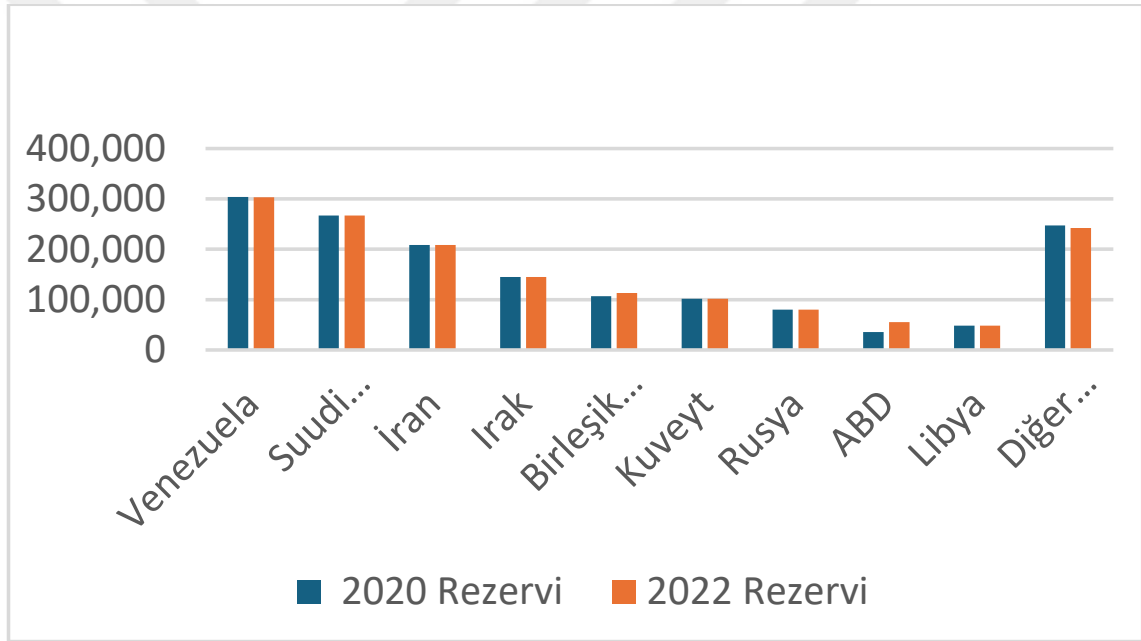
Sektörlere göre kömür talebi ve olası senaryolar Şekil 13'te görülmekte olup IEA'ya göre son on yıl boyunca istikrarlı bir yükseliş gösteren küresel kömür talebi, önümüzdeki birkaç yıl içinde azalma eğilimine girmeye hazırlanmaktadır. Bu düşüş, özellikle kömür kullanan termik santraller ve kömür bazlı demir-çelik üretimindeki kapasite artışlarının yavaşlamasıyla açıklanabilir. Bu iki sektör, toplam kömür tüketiminin sırasıyla yaklaşık %65 ve %16'sını oluşturur. 2006 yılında %45 ile zirveye ulaşan kömür yakıtlı enerji projelerindeki yeni kapasite artışları, 2022 yılı itibarıyla %11'e düşmüştür. Kömür kapasitesindeki yıllık artış, 2012'de 100 gigawatt (GW) seviyesini aşarken, 2022'de bu rakam 50 GW'a gerilemiştir. Kömür üretimine yapılan büyük ölçekli yatırımlar hızla azalmakta ve ilgili yatırımlar güneş ve rüzgâr enerjisi gibi yenilenebilir kaynaklar elektrik sistemlerinin genişlemesinde daha baskın hale gelmektedir. (IEA World Energy Outlook, 2023).

1.7. PETROL

Petrol, dünya ekonomisi ve global politikada kritik bir rol oynamaktadır. 19. yüzyılın sonlarına doğru, özellikle endüstriyel devrimle birlikte petrolün önemi artmıştır. 20. yüzyıl boyunca, petrol, küresel ekonomik büyümenin temel taşlarından biri haline

gelmiş ve enerji kaynağı olarak hâkimiyetini sürdürmüştür. Özellikle Ortadoğu bölgesindeki büyük petrol rezervleri, bu coğrafyayı küresel siyasetin merkez üssü haline sayılabilecek bir duruma getirmektedir. Petrol fiyatlarında yaşanan dalgalanmalar, dünya ekonomileri üzerinde doğrudan etkiler yaratmaktadır (Balaam ve Dillman, 2015).

Geçmişte yaşanan petrol krizleri, ülkelerin enerji politikalarını çeşitlendirmelerine neden olmuştur. Yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yapma eğilimi, çevresel endişeler ve iklim değişikliği ile mücadele çabaları, petrolün gelecekteki rolünü belirsizleştirmektedir. Teknolojik gelişmeler, fosil yakıtların yerini alacak alternatif enerji kaynaklarını daha erişilebilir ve ekonomik hale getirmektedir. Bu durum, petrolün küresel enerji pazarındaki hakimiyetini azaltabilirken, geleceğin enerji stratejilerinin şekillenmesinde belirleyici olacaktır (BP Energy Outlook, 2023).



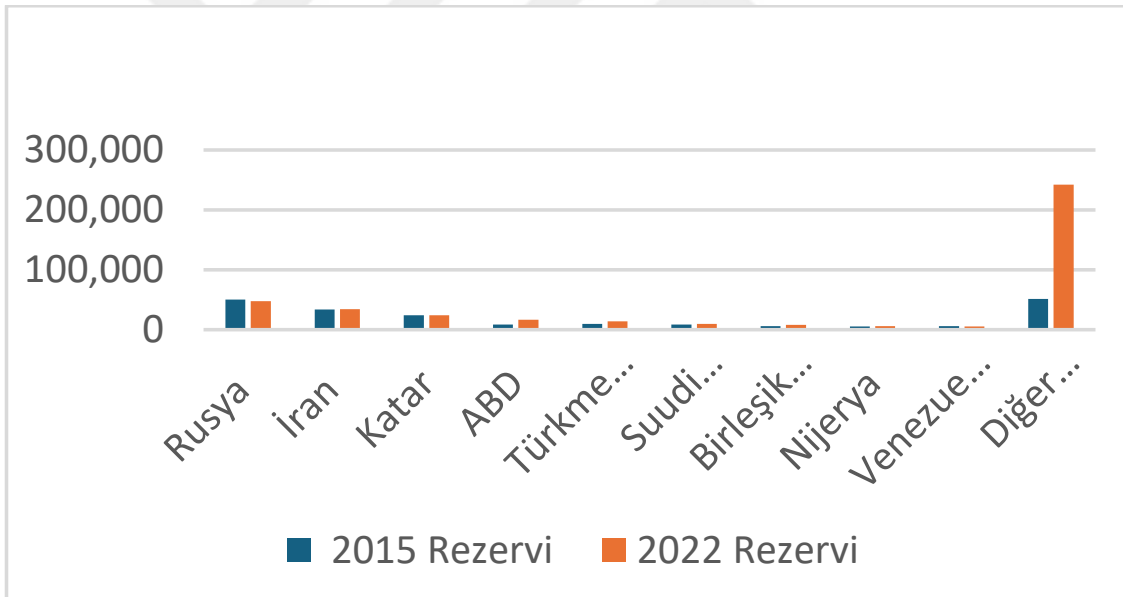
Şekil 14. Ülkelere Göre Petrol Rezervi (milyon varil) 2020-2022

Kaynak: Enerji Atlası, 2024

Ülkelerin ortalama petrol rezervi Şekil 14'te görülmekte olup Enerji Atlası verilerine göre dünyada petrol rezervinde önemli bir paya sahip olan ülkeler şu şekildedir; Venezuela (%19,38), Suudi Arabistan (%17,08), İran (%13,33), Irak (%9,27), Birleşik Arap Emirlikleri (%7,22), Kuveyt (%6,49), Rusya (%5,11), ABD (%3,53), Libya (%3,09).

1.8. DOĞAL GAZ

Diğer fosil yakıtlara kıyasla, doğal gazın atmosfere saldığı zararlı emisyonlar oldukça düşüktür. Bu özelliğiyle, çevre üzerindeki olumsuz etkileri azaltan bir enerji kaynağı olarak ön plana çıkar. Doğal gaz, ısınma ve elektrik üretimi gibi temel yaşamsal ihtiyaçların karşılanması için kullanılır, bu kullanımıyla günlük hayatta vazgeçilmez bir role sahiptir. Doğal gazın bu özellikleri, onu modern enerji sistemlerinde önemli bir unsur yapmaktadır. Doğal gaz, ısınma, elektrik üretimi, pişirme, sanayi ve ulaşım gibi birçok alanda kullanılır. Evlerde doğalgaz, ısınma ve ısıtma amaçlı kullanılırken, sanayide ise hammadde olarak ve çeşitli kimyasalların üretiminde kullanılır. Ulaşımında ise CNG (Sıkıştırılmış Doğal Gaz) ve LNG (Sıvılaştırılmış Doğal Gaz) olarak araçlarda kullanılır. Doğal gaz, günümüzde en çok kullanılan enerji kaynaklarından biridir. Temiz ve verimli bir enerji kaynağı olması nedeniyle öne çıkan doğal gazın, gelecekte de önemli bir rol oynaması öngörülmektedir. Şekil 15'te ülkelere göre doğal gaz rezervleri görülmektedir.



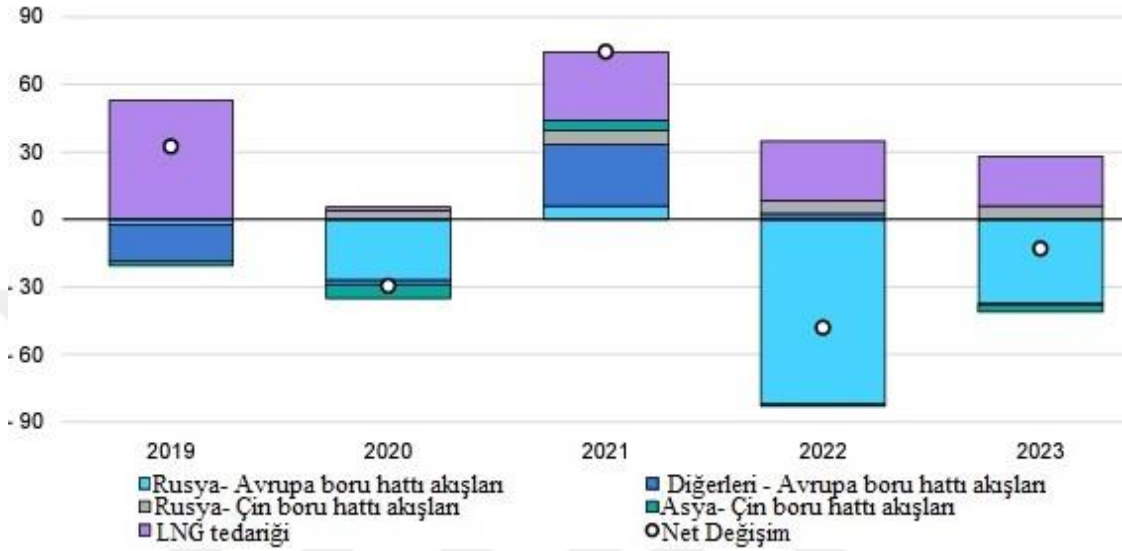
Şekil 15. Ü ülkelere Göre Doğal Gaz Rezervi 2015-2022

Kaynak: Enerji Atlası, 2024

Enerji Atlası verilerine göre dünyada en çok doğal gaz rezervi bulunan ülkeler şu şekilde sıralanabilir; Rusya (%22,74), İran (%16,18), Katar (%11,34), ABD (%7,81), Türkmenistan (%6,64), Suudi Arabistan (%4,53), Birleşik Arap Emirlikleri (%3,91), Nijerya (%2,81) ve Venezuela (%2,62)'lik bir rezerve sahiptir. Enerji Atlası verilerine göre 2015 yılı sonunda dünyada 203,6 trilyon m3 olan toplam rezerv, 2022 sonunda 210

trilyon m³ seviyesine ulaşmıştır. OPEC tarafından hazırlanan bu verilere göre 2015-2022 yılları arasında kanıtlanmış, üretilebilir doğalgaz rezervleri tüketime rağmen % 3,15 artmıştır (Enerji Atlası, 2024).

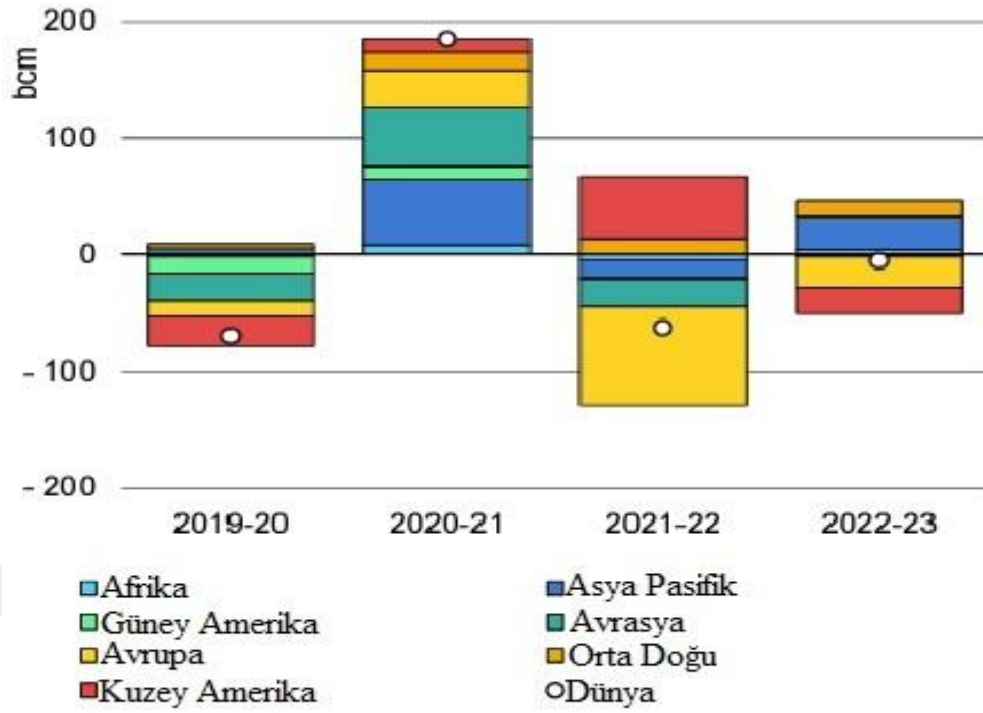
IEA'nın yayınladığı Gaz Piyasası Raporunun verilerine küresel doğal gaz arzındaki 2019-2023 yılları arası değişimler Şekil 16'da resmedilmiştir.



Şekil 16. Küresel Doğal Gaz Arzında Yıldan Yıla Değişim (2019-2023)

Kaynak: International Energy Agency, Gas Market Report, (Q2-2023)

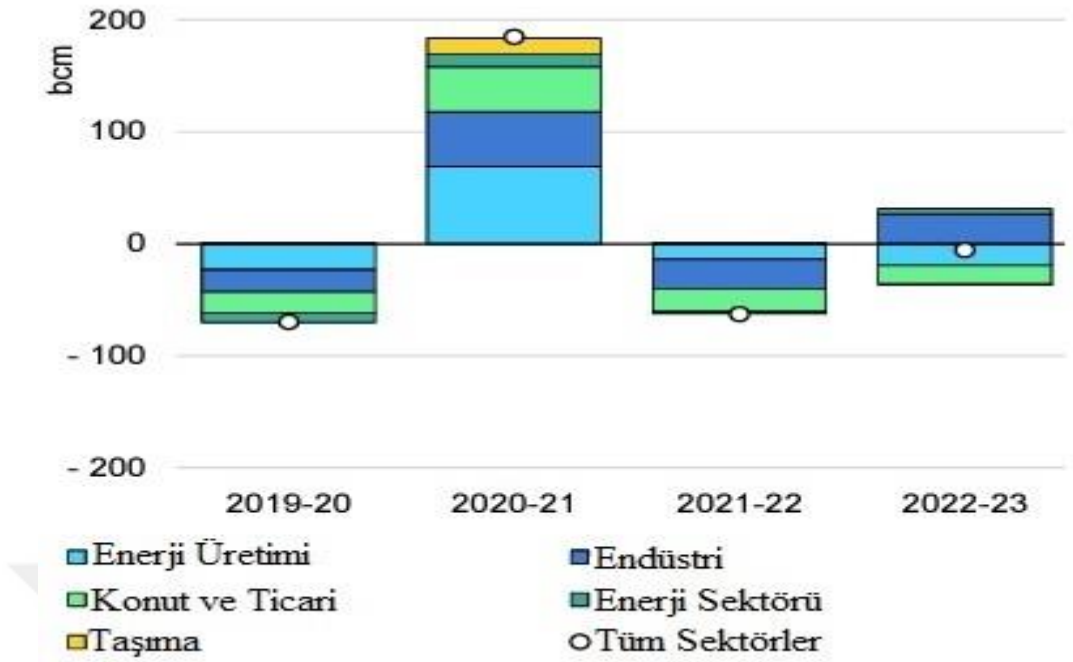
Şekil 16'ya göre Avrupa'ya yapılan Rusya boru gazı teslimatlarının düşmesi, küresel arzı sıkıntıya sokmaktadır. Küresel LNG arzının 2023 yılında sadece %4 (20 milyar metreküpün üzerinde) artması beklenmektedir. LNG arzındaki %4'lük artış, bu açığı kapatmaya yetmemekle birlikte ABD'nin LNG ihracatçısı olarak lider konuma yükselmesi beklenmektedir. Rusya gaz endüstrisinin karşı karşıya olduğu zorluklara ek olarak, 2023'te Rusya'nın üretimini 50 bcm'den fazla düşürmesi beklenmektedir (IEA Gas Market Report, 2023). Şekil 17'de ise doğal gaz talebinin bölgelere göre ayrımı verilmektedir.



Şekil 17. Doğal Gaz Talebinin Bölgelere Göre Dağılımı 2020-2023

Kaynak: International Energy Agency, Gas Market Report, (Q2-2023)

Şekil 17'ye göre küresel doğal gaz talebinin 2023 yılında durgun seyredeceği, Asya Pasifik ve Orta Doğu'daki artan talebin, Avrupa ve Kuzey Amerika'daki beklenen düşüşleri karşılayacağı öngörülmektedir. Asya'da gaz talebinin %3'e yakın bir artış göstermesi beklenirken, bu artışın ana sebepleri Çin ve Hindistan olacağı tahmin edilmektedir. Sektörlere göre doğal gaz talebi ise Şekil 18'de yer almaktadır.



Şekil 18. Sektörlere Göre Doğal Gaz Talebi 2019-2023

Kaynak: International Energy Agency, Gas Market Report, (Q2-2023)

2023 yılında Çin'deki doğal gaz talebinin %6'nın üzerinde artması öngörülmektedir. Bu artış, ekonomik aktivitedeki toparlanma ve potansiyel olarak sanayide daha fazla gaz kullanımına bağlanmaktadır. Orta Doğu'da ise doğal gaz talebinin İran ve Suudi Arabistan öncülüğünde %2 artması beklenmektedir. Avrupa'daki gelişmiş ekonomilerde ise hızla yaygınlaşan yenilenebilir enerji kaynakları gazla çalışan elektrik üretimini baskıladığı için gaz talebinin %5 oranında düşmesi öngörülmektedir. 2022'deki güçlü büyümenin ardından, Kuzey Amerika'daki gaz talebinin, mekân ısıtma, elektrik üretimi ve sanayi için daha az gaz kullanımı nedeniyle %2 düşmesi beklenmektedir (IEA Gas Market Report, 2023).

1.9. ENERJİ DÖNÜŞÜMÜ

Enerji dönüşümü, mevcut enerji sistemlerinin daha sürdürülebilir, düşük emisyon ve çevre dostu alternatiflere doğru evrilmesini ifade etmektedir. Bu dönüşüm, fosil yakıtlara bağımlılığın azaltılması, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması, enerji verimliliğinin iyileştirilmesi ve enerji depolama teknolojilerinin geliştirilmesi gibi çeşitli stratejileri içerir. Enerji dönüşümünün temel amacı, iklim değişikliği ile mücadele etmek ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmaktır. Fosil

yakıtların yakılması, sera gazı emisyonlarının başlıca kaynağıdır ve küresel ısınmaya neden olmaktadır. Bu nedenle, enerji dönüşümü, iklim değişikliğinin etkilerini azaltmak için kritik bir öneme sahiptir. Yenilenebilir enerji kaynakları (güneş, rüzgâr, hidroelektrik, jeotermal ve biyokütle), enerji dönüşümünün temel taşlarını oluşturur. Bu kaynaklar, tükenmez nitelikte ve çevre dostu olmaları nedeniyle, fosil yakıtların yerini almada önemli bir potansiyele sahiptir. Ayrıca, enerji verimliliği teknolojileri (LED aydınlatma, yüksek verimli ısıtma ve soğutma sistemleri, elektrikli araçlar), enerji talebini azaltarak enerji dönüşümüne katkıda bulunmaktadır. Enerji dönüşümü, sadece çevresel faydalar sağlamakla kalmaz, aynı zamanda ekonomik büyüme ve istihdam yaratma potansiyeline de sahiptir. Yenilenebilir enerji sektörü, dünya genelinde milyonlarca insan için istihdam imkânı sunmakta ve ekonomik kalkınmayı desteklemektedir. Ancak, enerji dönüşümü karmaşık bir süreçtir ve çeşitli zorluklarla karşı karşıyadır. Bu zorluklar arasında yüksek yatırım maliyetleri, mevcut enerji altyapısının dönüştürülmesi, enerji güvenliği endişeleri ve politik engeller yer almaktadır. Bu zorlukların üstesinden gelmek için, uluslararası iş birliği, yenilikçi finansman mekanizmaları ve destekleyici politikalar gereklidir (International Renewable Energy Agency (IRENA), 2023; Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2022; IEA, 2023; International Labour Organization (ILO), 2022; United Nations Department of Economic and Social Affairs (UNDESA), 2023).

IRENA'nın yayınladığı World Energy Transitions Outlook raporuna göre, dünya iklim değişikliğinin yıkıcı sonuçlarından ve enerji sürdürülebilirliğinin yok olmasından kaçınılması için önümüzdeki 30 yıl içinde küresel enerji sisteminde derin ve sistematik bir dönüşüm gerçekleşmelidir. Bu kısıtlı zaman dilimi, karbon emisyonlarını azaltırken aynı zamanda kapsayıcı küresel ekonomiyi destekleyici bir enerji sistemi ihtiyacını ortaya koymaktadır. Bu nedenle planlama, teknolojinin sınırlarının ötesine geçerek, yeni enerji sisteminin ve bunun sürdüreceği ekonomilerin daha geniş gerekliliklerine odaklanmalıdır. Daha dirençli, üretken ve adil bir dünyanın gerçekleştirilmesi için fiziksel, politika ve kurumsal yapıların aynı anda, proaktif bir şekilde yeniden şekillendirilmesi hayati önem taşımaktadır. Bu dünyayı sunmak için gereken enerji dönüşümünün dayanakları şunlardır:

1. Fiziksel altyapı; yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesini depolanmasını, dağıtımını, iletimini ve tüketimini kolaylaştırmak için karada ve denizde destekleyici altyapının ileriye dönük planlanması, modernizasyonu ve

genişletilmesi. Altyapı, yeni arz-talep dinamikleri için ulusal, bölgesel ve küresel stratejilere olanak sağlamalıdır.

2. Politika ve Düzenleyici Etkinlikler; bu kavram, yenilenebilir kaynaklara dayalı enerjinin kullanımına alınmasını, entegrasyonunu ve ticaretini kolaylaştıran, sosyo-ekonomik ve çevresel çıktıları iyileştiren, eşitlik ve kapsayıcılığı destekleyen politika ve düzenleyici çerçevelerin tasarımını kapsar. Bu destekleyicilerin, yerelden küresele çeşitli düzeylerde enerji dönüşümünü mümkün kılması ve yeni arz-talep dinamiklerini yansıtmaları gerekir.
3. Beceri ve Kapasiteler; farkındalık yaratma ve kapasite geliştirme kurumları, topluluklar ve bireylerin, enerji dönüşümünü yönlendirmek ve sürdürmek için gerekli becerileri, bilgiyi ve uzmanlığı edinmelerini sağlamaktır. Güçlendirilmiş kurumlar sosyal diyalog ve toplu pazarlık, daha fazla sosyo-ekonomik faydanın elde edinmesine katkıda bulunacaktır (IRENA World Energy Transitions Outlook, 2023).

2020 yılında, yenilenebilir kaynaklar, dünya genelinde toplam enerji tüketiminin %19,1'ini karşılayarak 2015 yılındaki %16,7'lik orana kıyasla önemli bir artış göstermiştir. Bu artış, güneş, rüzgâr ve jeotermal enerji gibi modern yenilenebilir kaynakların kullanımının artmasıyla sağlanmıştır. Ancak geleneksel biyokütle kullanımının (açık ocak veya sobalarda odun yakılması gibi), hala yaygın olduğunu ve 2020 yılında toplam yenilenebilir enerji kullanımının üçte birinden fazlasını oluşturduğunu belirtmek önem arz etmektedir. Bu durum, hava kirliliği ve ormansızlaşma gibi çevresel sorunlara yol açmaktadır. Fakat modern yenilenebilir kaynakların kullanımı da son yıllarda artmaktadır. Bu oran, 2015 yılında toplam enerji tüketiminin %10'u iken 2020 yılında %12,5'e yükselmiştir. Yenilenebilir kaynakların toplam enerji tüketimine en yüksek katkısı ise elektrik sektöründe görülüyor (2020 yılında %28,2). Buna karşın, ısıtma ve ulaşım sektörlerinde son on yılda sınırlı bir ilerleme kaydedilmiştir. Bu sektörlerdeki talep artışı, yenilenebilir enerji kullanımının yaygınlaşma hızını aşmıştır (UNDP The Sustainable Development Goals Report, 2023).

Temiz enerjiye geçiş, sürdürülebilir kalkınma ve iklim değişikliğinin etkilerini azaltma için kritik önem taşımaktadır. Bu bağlamda, gelişmekte olan ülkelerin yenilenebilir enerji yatırımlarını desteklemek için uluslararası kamu fon akışları önemli bir rol oynamaktadır. UNDP'nin yayınladığı The Sustainable Development Goals

Report'una göre gelişmekte olan ülkelere yönelik temiz enerjiyi destekleyen uluslararası kamu fon akışları endişe verici bir şekilde azalmaktadır. Bu düşüş eğilimi, COVID-19 salgınından önce başlamış ve 2021 yılında da devam etmiştir. 2021 yılında bu fonlar 10,8 milyar dolar seviyesine gerilemiştir. Bu, 2020 yılına göre neredeyse %12'lik bir azalmayı ve 2010-2019 arasındaki on yıllık ortalamadan %35 daha düşük bir rakamı temsil etmektedir. 2017'deki 26,4 milyar dolarlık zirve noktasının ise yarısından bile azdır. 2021 yılında, teknoloji bazındaki fon akışı dağılımında önemli bir kayış yaşanmıştır. Güneş enerjisi, %43'lük payla en büyük yatırımı alan teknoloji haline gelmiştir. Bunu diğer yenilenebilir enerji kaynakları (%33) takip etmektedir. Hidroelektrik (%16) ve rüzgâr ile jeotermal enerjinin (%8 toplam) aldığı pay ise en düşük seviyededir (Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı UNDP, The Sustainable Development Goals Report, 2023). Uluslararası kamu fon akışlarının temiz enerjiye desteğini artırmak acil bir ihtiyaçtır. Bu, gelişmekte olan ülkelerin enerji sistemlerini dönüştürmelerine ve iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir rol oynamalarına yardımcı olacaktır. Yatırımların artırılması ve fonların adil bir şekilde dağıtılması için uluslararası toplumun ve kalkınma kuruluşlarının ortak çabası ve dayanışması ile gerçekleştirilebilir. Enerji dönüşümü adı altında yapılan yenilikler aşağıdaki gibidir;

1. Güneş Enerjisi: Küresel enerji dönüşümünde kritik bir rol oynamakta ve bu nedenle hem ulusal hem de uluslararası düzeyde önemli yatırımların odağında yer almaktadır. Türkiye'de, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından lisanslanan büyük ölçekli güneş enerjisi santralleri (GES) projeleri, enerji üretiminde dikkate değer bir kapasite oluşturmaktadır. Ayrıca, binaların enerji ihtiyacını karşılamak ve şebekeye enerji sağlamak amacıyla çatı GES uygulamaları da yaygınlaşmaktadır. Tarım ve enerji sektörlerini entegre eden tarımsal GES projeleri ve güneş enerjili sulama sistemleri, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada önemli birer araç olarak görülmektedir (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK), Lisanslı GES Projeleri; Güneş Enerjisi Derneği (GÜNDER), Çatı GES Uygulamaları; Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal GES Projeleri; Devlet Su İşleri (DSİ), Güneş Enerjili Sulama Sistemleri). Uluslararası alanda ise, Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) verilerine göre, güneş enerjisi yatırımları özellikle Çin, ABD, Hindistan ve Avrupa Birliği ülkelerinde yoğunlaşmaktadır. BloombergNEF tarafından yapılan projeksiyonlar, güneş

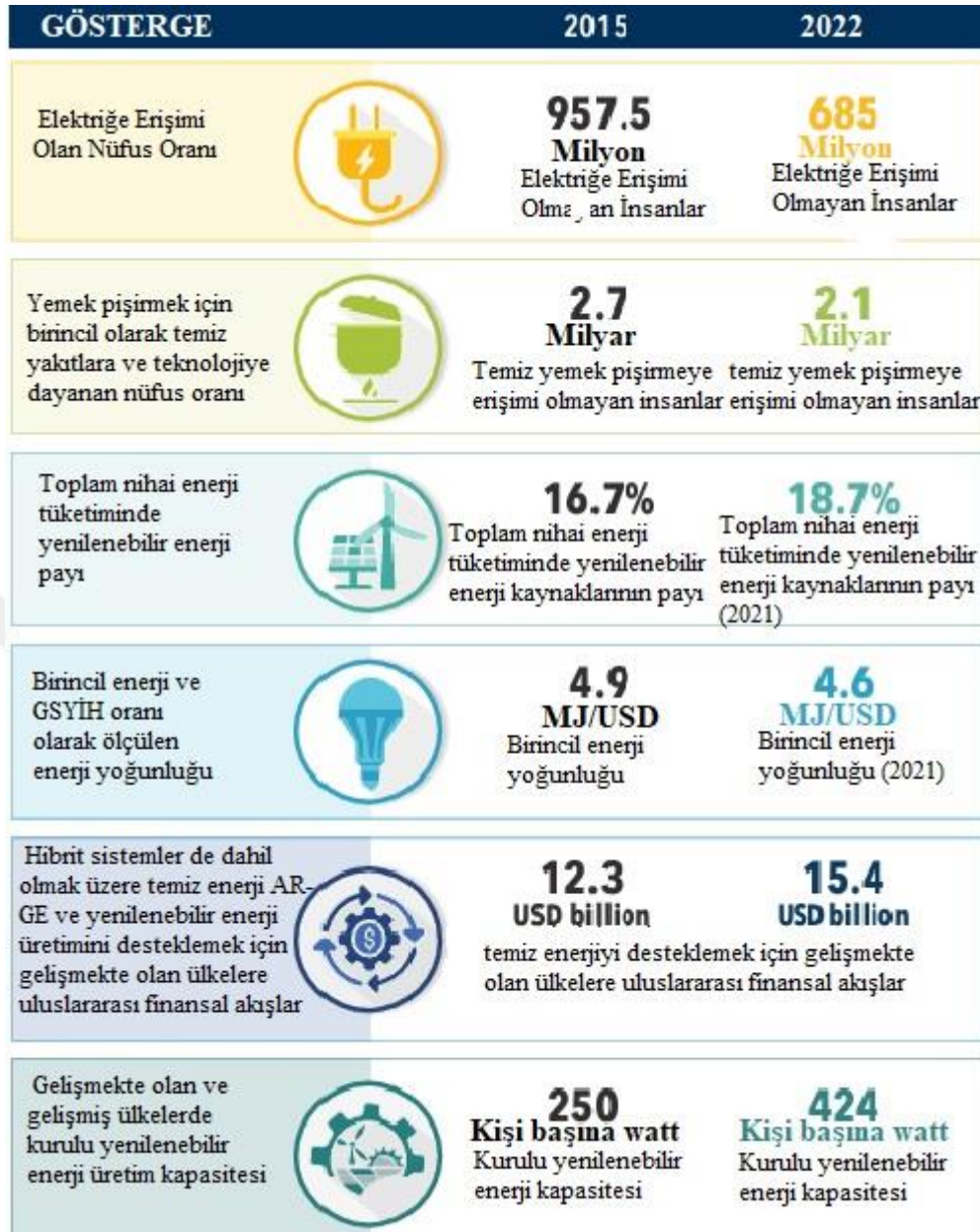
enerjisi yatırımlarının özellikle gelişmekte olan ülkelerde artarak devam edeceğini öngörmektedir. Bu artışta, güneş enerjisine erişimin kolaylaşması ve maliyetlerin düşmesi gibi faktörlerin etkili olması beklenmektedir. Güneş enerjisi, temiz, yenilenebilir ve sürdürülebilir bir enerji kaynağı olarak gelecekteki enerji ihtiyacının karşılanmasında önemli bir rol oynamaya devam edecektir. Bu nedenle, güneş enerjisi yatırımlarının hem niceliksel hem de niteliksel olarak artarak devam etmesi beklenmektedir (Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), Solar Energy Market Report; BloombergNEF New Energy Outlook).

2. Rüzgâr enerjisi: Enerji güvenliği, iklim değişikliğiyle mücadele ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri açısından büyük önem taşıdığından hem Türkiye'de hem de dünya genelinde rüzgâr enerjisi yatırımlarının artarak devam etmesi beklenmektedir. Rüzgâr enerjisi, küresel enerji portföyünde artan önemiyle ulusal ve uluslararası düzeyde önemli yatırımlara konu olmaktadır. Türkiye özelinde, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından lisanslanan büyük ölçekli rüzgâr enerjisi santralleri (RES) projeleri, enerji üretiminde dikkate değer bir kapasite oluştururken, Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları (YEKA) ihaleleri ile hayata geçirilen projeler, yerli üretim ve teknoloji transferine odaklanarak sektörün gelişimine katkı sağlamaktadır. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın sağladığı teşvikler de RES yatırımlarını destekleyerek sektörün büyümesini hızlandırmaktadır (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK), Lisanslı RES Projeleri; Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı YEKA Projeleri; Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Rüzgâr Enerjisi Teşvikleri, 2023). Küresel ölçekte, Global Wind Energy Council (GWEC) raporlarına göre, rüzgâr enerjisi yatırımları her yıl artış göstermekte olup, Çin, ABD, Hindistan, Brezilya ve Avrupa ülkeleri başta olmak üzere birçok ülke bu alana önemli yatırımlar yapmaktadır. BloombergNEF projeksiyonları ise, rüzgâr enerjisinin maliyetinin düşmeye devam etmesiyle birlikte yatırımların daha da hızlanacağını öngörmektedir. Özellikle deniz üstü rüzgâr enerjisi projeleri, gelecekte önemli bir büyüme potansiyeline sahiptir (Global Wind Energy Council (GWEC), 2024; BloombergNEF New Energy Outlook, 2024).
3. Hidrojen enerjisi: Temiz ve sürdürülebilir bir enerji kaynağı olarak geleceğin enerji sistemlerinde önemli bir rol oynama potansiyeli taşımaktadır. Bu bağlamda

hem küresel çapta hem de Türkiye özelinde hidrojen enerjisi alanında yapılan çalışmalar son yıllarda hız kazanmıştır. Türkiye, Ulusal Hidrojen Stratejisi'ni 2021 yılında yayınlayarak hidrojen enerjisine verdiği önemi ortaya koymuştur. Strateji, 2030 yılına kadar 2 GW, 2035 yılına kadar 5 GW, 2053 yılına kadar ise 70 GW hidrojen üretim kapasitesine ulaşmayı hedeflemektedir. Bu kapsamda, Enerjisa Üretim tarafından Balıkesir'de kurulan Türkiye'nin ilk yeşil hidrojen üretim tesisi ve Güney Marmara Hidrojen Kıyısı projesi gibi önemli projeler hayata geçirilmiştir. Ayrıca, hidrojen yakıt hücreli araçların geliştirilmesi ve test edilmesi ile hidrojen dolum istasyonları ve dağıtım ağları kurulması gibi konularda da çalışmalar devam etmektedir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Türkiye Hidrojen Teknolojileri Stratejisi ve Yol Haritası, 2021; Enerjisa Üretim, 2024). Küresel ölçekte, özellikle yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak suyun elektroliz yoluyla ayrıştırılmasıyla elde edilen "yeşil hidrojen" üretimi üzerine odaklanılmaktadır. Avrupa Birliği, ABD, Japonya ve Avustralya gibi gelişmiş ülkeler, yeşil hidrojen üretimi için büyük ölçekli yatırımlar yapmaktadır. Bu ülkeler aynı zamanda hidrojen yakıt hücreleri, hidrojen depolama ve taşıma teknolojileri ile hidrojen altyapısı geliştirme konularında da önemli Ar-Ge çalışmaları yürütmektedir (Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), The Future of Hydrogen, 2019). Hidrojen enerjisi, Türkiye'nin enerji dönüşümü hedeflerine ulaşmasında ve küresel hidrojen ekonomisinde söz sahibi olmasında kritik bir rol oynayabilir. Bu nedenle, Türkiye'nin hidrojen enerjisi alanındaki çalışmalarını sürdürmesi ve uluslararası iş birliklerini güçlendirmesi büyük önem taşımaktadır.

Enerji dönüşümü, sürdürülebilir bir gelecek için kaçınılmaz bir gerekliliktir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaştırılması, enerji verimliliğinin artırılması ve temiz enerji teknolojilerine yatırım yapılması hem çevresel sürdürülebilirliği sağlamak hem de ekonomik kalkınmayı desteklemek için kritik öneme sahiptir. Ancak, bu dönüşümün adil ve kapsayıcı bir şekilde gerçekleşmesi, gelişmekte olan ülkelerin de bu sürece tam olarak katılımını sağlamak ve enerji yoksulluğunu sona erdirmek için uluslararası iş birliği ve finansman mekanizmalarının güçlendirilmesini gerektirir. Unutulmamalıdır ki, enerji dönüşümü sadece bir hedef değil, aynı zamanda daha adil, müreffeh ve yaşanabilir bir dünya için bir fırsattır.

Sürdürülebilir kalkınma hedefleri, insanlığın ve gezegenin refahını güvence altına almak için küresel çapta benimsenmiş bir yol haritasını temsil etmektedir. Bu hedefler, yoksulluğu sona erdirmek, eşitsizlikleri azaltmak, iklim değişikliğiyle mücadele etmek ve sürdürülebilir ekonomik büyümeyi teşvik etmek gibi geniş bir yelpazede acil sorunlara odaklanmaktadır. 2015 yılında Birleşmiş Milletler tarafından kabul edilen bu hedefler, 2030 yılına kadar ulaşılması amaçlanan evrensel bir çağrı niteliğindedir. Ancak, bu hedeflere ulaşmak için tüm ülkelerin ve paydaşların ortak çabaları ve kapsamlı politikalar geliştirmesi gerekmektedir. Sürdürülebilir kalkınma hedefleri, sadece bugünün değil, gelecek nesillerin de ihtiyaçlarını karşılayabilecek adil ve müreffeh bir dünya yaratma vizyonunu temsil etmektedir. Sürdürülebilir kalkınma hedefleri arasında yer alan Sustainable Development Goal 7 (Erişilebilir ve Temiz Enerji) başlığı altında küresel ilerlemenin başlıca göstergeleri Şekil 19'da detaylı bir şekilde resmedilmiştir.



Şekil 19. Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine Yönelik Küresel İlerlemenin Başlıca Göstergeleri

Kaynak: UNDP The Energy Progress Report 2024

Son yirmi yılda küresel enerji erişiminde kaydedilen ilerlemelere rağmen, özellikle Sahra Altı Afrika başta olmak üzere bazı bölgelerde elektrik ve temiz pişirme erişimi konusunda önemli eksiklikler devam etmektedir. COVID-19 pandemisi ve Ukrayna'daki savaş gibi küresel krizler bu sorunu daha da derinleştirmiştir. Ancak, güneş enerjisi sistemleri gibi yenilenebilir enerji çözümleri, özellikle kırsal ve uzak bölgelerde enerji erişimini iyileştirme ve sosyoekonomik kalkınmayı destekleme potansiyeline sahiptir.

2030 yılına kadar herkes için sürdürülebilir enerji hedeflerine ulaşmak için, yenilenebilir enerji kaynaklarının daha hızlı devreye alınması, farklı enerji erişim modellerinin entegre bir şekilde kullanılması ve ilgili paydaşlar arasında iş birliğinin güçlendirilmesi gerekmektedir. 2010-2021 döneminde küresel enerji yoğunluğunda iyileşmeler gözlemlenmesine rağmen, 2030 enerji verimliliği hedeflerine ulaşmak için daha hızlı bir ilerleme kaydedilmesi gerekmektedir. Kuzey Amerika ve Avrupa gibi bölgelerde enerji yoğunluğundaki iyileşmelerin yavaş seyretmesi, küresel çabaların yetersiz kaldığını göstermektedir. Buna karşın, bazı ülkelerde enerji verimliliği alanında kaydedilen önemli gelişmeler, fosil yakıtların daha verimli kullanımı, yenilenebilir enerji kaynaklarının artan entegrasyonu ve son kullanım alanlarının elektrifikasyonu gibi faktörlere bağlanabilir. Bununla birlikte, 2022'de temiz enerji yatırımlarına yönelik uluslararası kamu finansmanındaki artış, 2016'daki zirve seviyesinin altında kalmıştır. Bu durum, özellikle az gelişmiş ülkelerin temiz enerji araştırmalarına ve teknolojilerine erişimini kısıtlayarak küresel enerji dönüşümü hedeflerine ulaşılmasını zorlaştırmaktadır (UNDP The Energy Progress Report 2024).

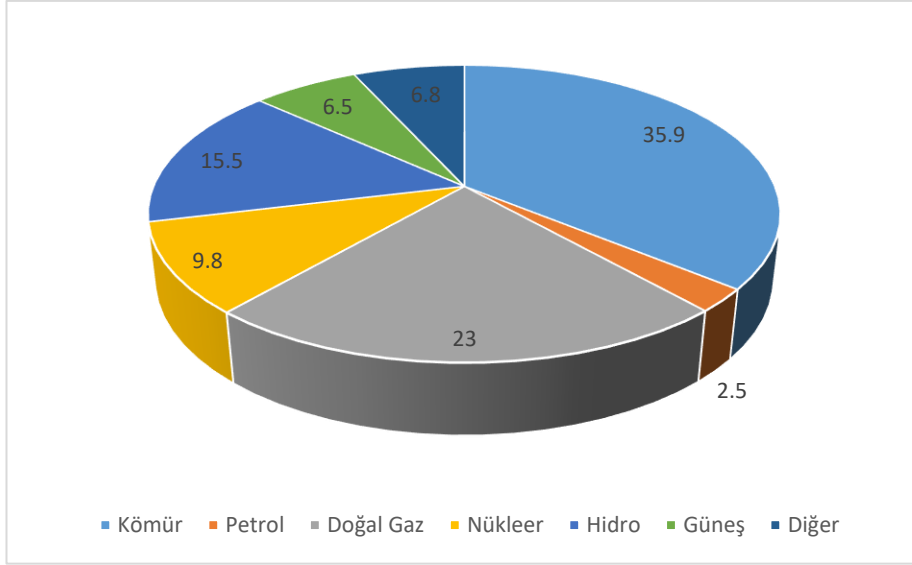
1.10. ELEKTRİK

Elektrik, modern yaşamın temelini oluşturan ve çeşitli alanlarda kullanılan bir enerji biçimidir. Atomaltı parçacıkların hareketlerinden doğan elektriksel potansiyel ve akım, teknolojinin gelişmesi ve günlük hayatımızın kolaylaşmasında hayati rol oynamaktadır. Elektrik enerjisinin keşfi ve geliştirilmesi, insanlık tarihinde dönüm noktası olmuştur. Sanayileşmenin ve teknolojik ilerlemenin önünü açmıştır. Elektrik, endüstriyel tesislerden ev aletlerine kadar geniş bir yelpazede kullanılmakta olup, aydınlatma, ısıtma, iletişim, ulaşım ve bilgi işlem gibi alanlarda kritik bir rol oynamaktadır. Ayrıca, yenilenebilir kaynaklardan elde edilen elektrik, sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin bir parçası olarak enerji sektöründe giderek artan bir öneme sahiptir. Elektriğin bu çeşitli kullanımları ve sürekli gelişen teknolojileri, enerji politikalarının, çevresel etkilerin yönetilmesinin ve enerji güvenliğinin sağlanmasının merkezinde yer almasını sağlamaktadır. Bu bağlamda, elektriğin sağlıklı bir şekilde üretilmesi, iletilmesi ve kullanılması, modern toplumların sürdürülebilir bir şekilde ilerlemesi için hayati bir öneme sahiptir.

IEA'nın yayınladığı World Energy Outlook raporuna göre 2010'dan bu yana, dünya çapında elektriğe erişimi olmayan insan sayısı, %45'ten fazla azalarak önemli bir ilerleme kaydetmiştir. Bu düşüş, özellikle gelişmekte olan Asya ülkelerdeki kalkınmanın etkisiyle gerçekleşmiştir. Buna rağmen, halen 760 milyon insan elektriğe erişememektedir. Bu durum, enerji yoksulluğunun küresel bir sorun olmaya devam ettiğini göstermektedir. Elektrik erişimindeki en acil ihtiyaç, insanların yaklaşık %80'inin elektriğe erişimi olmayan Sahraaltı Afrika'daki ülkelere aittir. Sahraaltı Afrika'da son yıllarda elektrik erişiminde bazı iyileşmeler olsa da nüfus artışı bu iyileşmeleri gölgede bıraktı ve bölgede 2010'dan bu yana elektriğe erişimi olmayan kişi sayısı %2,5 artmıştır (IEA World Energy Outlook, 2023).

Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP)'nin yayınladığı The Sustainable Development Goals Report'na göre Dünya, sürdürülebilir enerji hedeflerine doğru ilerleme kaydetmektedir. Ancak bu ilerleme, küresel enerji talebinin artması ve iklim değişikliğinin acil tehditleri göz önüne alındığında yeterince hızlı değildir. Mevcut gidişata göre, 2030 yılına kadar yaklaşık 660 milyon insan hala elektriğe erişemeyecek ve yaklaşık 2 milyar insan yemek pişirmek için geleneksel yakıtlara ve teknolojilere bağımlı kalacağını ve bu durum, enerji adaletsizliğini ve küresel yoksulluğu sürdürmektedir (UNDP, 2023).

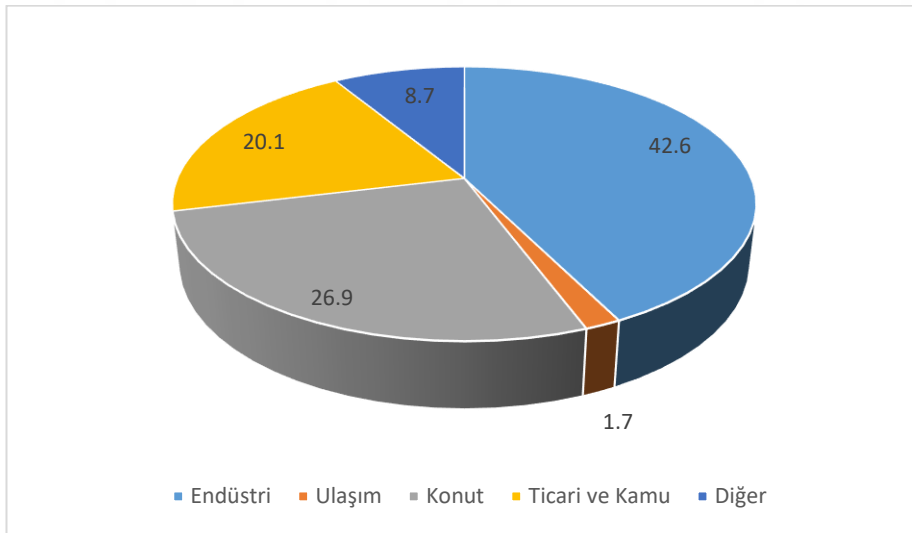
Modern toplumların işleyişi, güvenilir ve ekonomik enerji kaynaklarına erişime bağlıdır. Ancak, enerji tüketimi, iklim değişikliğinin temel itici gücü olarak önemli bir sorun teşkil etmektedir. IEA'nın verilerine göre, enerji sektörü, küresel sera gazı emisyonlarının yaklaşık %60'ını oluşturarak iklim değişikliğine en büyük katkıyı sağlamaktadır. Bu durum, enerji üretimi ve tüketim modellerinde sürdürülebilirliğe geçişin aciliyetini ortaya koymaktadır. Özellikle, elektrik enerjisine erişimin artması, enerji talebini daha da yükseltmektedir. Dünya Bankası verilerine göre ise, 2015 yılında dünya nüfusunun %87'si elektrik enerjisine erişebilirken, bu oran 2021 yılında %91'e yükselmiştir. Bu artış, enerji kaynaklarının daha verimli ve çevre dostu bir şekilde kullanılması gerekliliğini vurgulamaktadır (IEA, World Energy Outlook 2022; The World Bank, 2023; Sustainable Development Goals, 2023). Ayrıca Dünyada elektrik üretim kaynaklarına ilişkin oranlar Şekil 20'de verilmiştir.



Şekil 20. Dünyadaki Elektrik Üretim Kaynakları, 2021

Kaynak: IEA Electricity, 2024

Şekil 20'ye göre dünyanın en büyük elektrik üretim kaynakları şu şekildedir; kömür (%35.9), doğal gaz (%23), hidro (%15.5), rüzgâr (%6.5), petrol (%2.5) ve diğer kaynakların toplamı (%16.6)'dır. Ayrıca dünyadaki nihai elektrik tüketiminin sektörlere göre dağılımı Şekil 21'de resmedilmiştir.

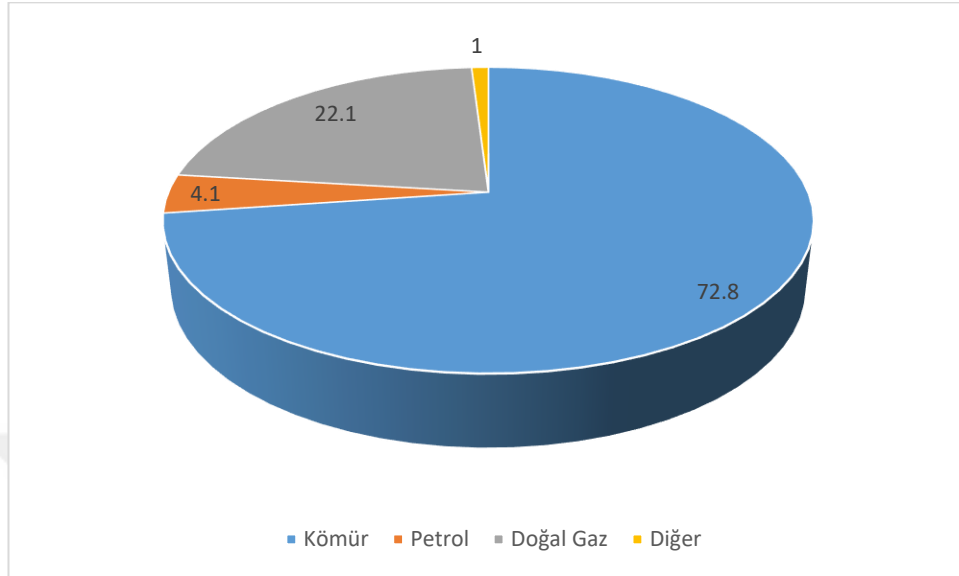


Şekil 21. Sektörlere Göre Nihai Elektrik Tüketimi, Dünya, 2021

Kaynak: IEA Electricity, 2024

Şekil 21'e göre sektörlere göre nihai elektrik tüketimi sırasıyla endüstri (%42.6), konut (%26.9), ticari ve kamu hizmetleri (%20.1) ulaşım (%1.7) olduğu gözlemlenmektedir. Bu noktada elektrik üretimi kaynaklı sera gazı salınımı konusu önem

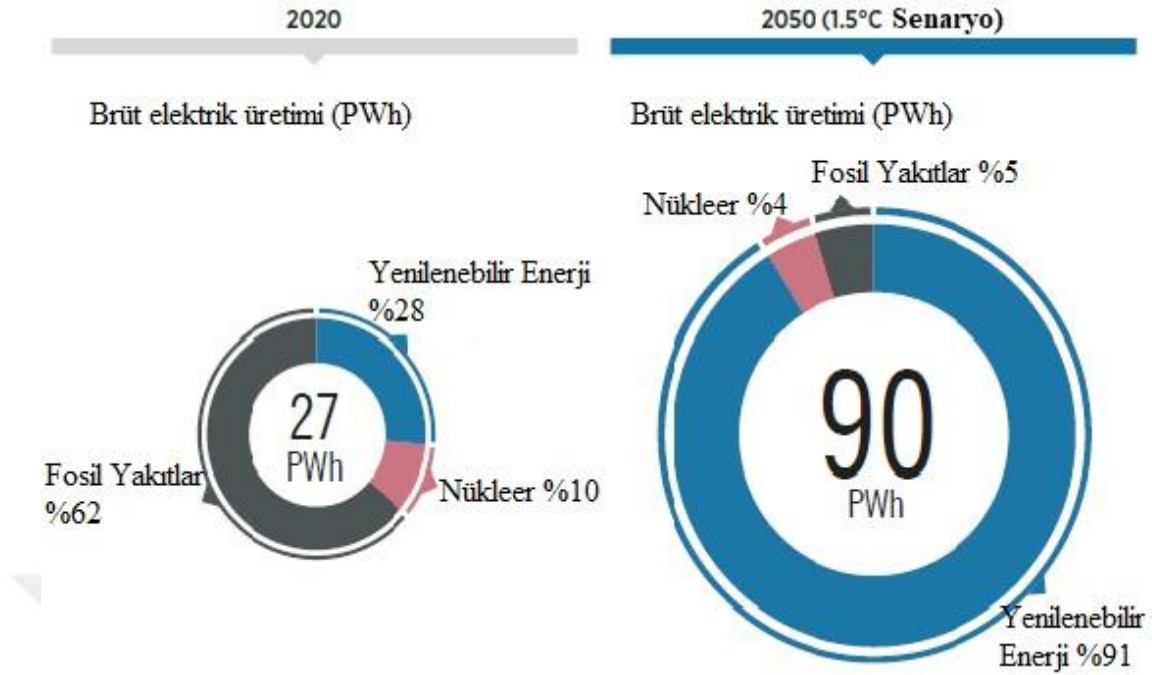
arz etmektedir. Şekil 22’de ise kaynağa göre elektrik üretiminden kaynaklanan emisyon oranları yer almaktadır.



Şekil 22. Kaynağa Göre Elektrik Üretiminden Kaynaklanan Emisyonlar, Dünya, 2021

Kaynak: International Energy Agency Electricity, 2024

International Renewable Energy Agency (IRENA)’nın yayınladığı World Energy Transitions Outlook 2023 raporuna göre küresel ısınmayı 1,5°C ile sınırlama hedefine ulaşmak, enerji sistemimizde köklü bir dönüşümü gerektirmektedir. Bu dönüşümün temelini, fosil yakıtlardan yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş oluşturmaktadır. Bu bağlamda, 1,5°C Senaryosu, 2050 yılına kadar elektrik üretim sisteminde nasıl değişimler olacağını Şekil 23’te gösterilmiştir (International Renewable Energy Agency, World Energy Transitions Outlook, 2023).



Not: PWh = petawatt saat.

Şekil 23. Kaynağa Göre Elektrik Üretimi 2020-2050 Senaryosu

Kaynak: IEA, World Energy Transitions Outlook, 2023

Şekil 23'e göre 1,5°C Senaryosu kapsamında, elektrik üretimi 2020'den 2050'ye kadar üç kat artacağını öngörülmektedir. Bu artışın büyük kısmı yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması planlanmaktadır. 2050 yılında, toplam elektrik arzının %91'i güneş, rüzgâr, hidroelektrik, jeotermal ve biyokütle gibi yenilenebilir kaynaklardan elde edileceği düşünülmektedir. Bu oran, 2020'deki %28'lik orana kıyasla önemli bir artış temsil etmektedir. Kömür ve petrol bazlı elektrik üretimi yüzyılın ortalarına doğru on yıl boyunca keskin bir düşüş yaşayacağını ve 2050 yılına gelindiğinde, doğal gaz toplam elektrik ihtiyacının %5'ini karşılayacak, kalan %4'lük kısım ise nükleer enerji santralleri tarafından karşılanacağını öngörmektedir. Bu hızlı dönüşüm, yenilenebilir enerji teknolojilerinin maliyetlerinin düşmesi ve verimliliğinin artmasıyla mümkün olmaktadır. Ulaşım, ısıtma ve diğer son kullanım alanlarının elektrifikasyonu, 1,5°C hedefine ulaşmak için kritik önem taşımaktadır (IEA World Energy Transitions Outlook, 2023).

1.11. ENERJİ ve HAVA KİRLİLİĞİ

Enerji üretimi her yönüyle, dünya çapında endüstriyel gelişmenin ve insan yaşam kalitesinin temelini oluşturan kritik unsurlardan biridir. Ancak, enerji üretim süreçleri genellikle çevresel etkilere yol açar ve bu da özellikle hava kirliliği gibi önemli çevresel sorunlara neden olabilmektedir. Fosil yakıtların yanması, endüstriyel emisyonlar ve taşıt trafiği gibi enerji tüketimine bağlı faaliyetler, atmosfere zararlı gaz ve partiküllerin salınmasına yol açarak hava kalitesini olumsuz etkimektedir. Bu nedenle, enerji üretimi ve kullanımı ile hava kirliliği arasındaki ilişki, çevre koruma ve sürdürülebilirlik açısından önemli konulardan biridir.

Enerji, modern yaşamın temel taşıdır. Evleri aydınlatmak, çeşitli cihazları çalıştırmak, ulaşım araçlarını kullanmak ve sanayi türlerini işletmek için enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Ne yazık ki, enerji üretimi ve kullanımı, hava kirliliği de dahil olmak üzere birçok çevresel soruna yol açmaktadır. Fosil yakıtlar (kömür, petrol ve doğalgaz), enerji üretmek için en yaygın kullanılan yakıtlardır. Bu yakıtlar yakıldığında, atmosfere sera gazları ve diğer zararlı kirleticiler salınır. Bu kirleticiler, kalp hastalıkları, kanser ve diğer çeşitli sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Ayrıca, asit yağmuru ve ozon tabakasının incilmesi gibi çevresel problemlere de katkıda bulunurlar. Hava kirliliği, insan sağlığı ve çevre üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tahminlerine göre, hava kirliliği yılda 7 milyon insan ölümüne neden olmaktadır. Ayrıca, hava kirliliği, su kaynaklarının kirlenmesine, tarımsal verimde azalmaya ve binalarda ve altyapıda hasara yol açmaktadır. Hava kirliliği, küresel ölçekte en önemli sağlık tehditlerinden biri olarak kabul edilmektedir. WHO'nun verilerine göre, hava kirliliğine maruz kalma, dünya genelinde ölümle sonuçlanan hastalıklar arasında metabolik risk faktörleri, sağlıksız beslenme alışkanlıkları ve sigara kullanımının ardından dördüncü sırada yer almaktadır. Bu durum, hava kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki ciddi etkilerini ve bu sorunun çözümüne yönelik acil önlemlerin alınması gerektiğini göstermektedir. (WHO, Ambient Air Quality Database, 2024; IEA World Energy Outlook, 2022; Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Sixth Assessment Report (AR6), 2023). Hava kirliliğinin etkileri sadece solunum yolu hastalıkları ile sınırlı değildir. Kalp-damar hastalıkları, kanser, nörolojik bozukluklar ve hatta erken ölümler gibi ciddi sağlık sorunlarına da neden olabilmektedir. Vohra ve diğerleri (2021) tarafından yapılan bir araştırmaya göre fosil yakıtların yakılması sonucu oluşan ince partikül maddelerin küresel

ölçekte ölümlere neden olmaktadır. Araştırmacılar, 2018 yılında fosil yakıt kaynaklı ince partikül maddelere (PM) maruz kalma nedeniyle dünya genelinde yaklaşık 3.6 milyon erken ölüm meydana geldiğini tahmin etmektedir. Bu ölümlerin büyük bir kısmı (%80), Asya kıtasında gerçekleşmiştir (Vohra ve diğerleri, 2021).

İklim değişikliğinin en önemli itici güçlerinden biri olan enerji tüketimi, özellikle fosil yakıtların yakılmasıyla ortaya çıkan sera gazı emisyonlarının artışında belirleyici rol oynamaktadır. Küresel çapta emisyonları azaltma yönünde önemli adımlar atılmasına rağmen, mevcut CO₂ salınım seviyeleri, iklim değişikliğinin yıkıcı etkilerinden kaçınmak için gerekli olanın çok üzerinde seyretmektedir. Bu durum, enerji tüketimi ve üretim süreçlerinin yeniden değerlendirilmesini ve daha sürdürülebilir alternatiflere yönelik acil bir dönüşüm ihtiyacını ortaya koymaktadır (IEA, 2024).

Küresel ısınma ve iklim değişikliği alanında bazı önemli adımlar atılmıştır. Bunlar Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşması; Kyoto Protokolü, iklim değişikliği ve küresel ısınma ile mücadele çabalarında dönüm noktası niteliğinde bir uluslararası anlaşmadır. 11 Aralık 1997 tarihinde Japonya'ya bağlı Kyoto şehrinde kabul edilen bu protokol, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne (BMİDÇS) taraf ülkelerin sera gazı emisyonlarını azaltma taahhüdünü içermektedir. Kyoto Protokolü, iklim değişikliği ve küresel ısınma ile mücadelede önemli bir adım olsa da bazı eleştiriler de almıştır. Özellikle gelişmiş ülkelere bağlayıcı emisyon azaltım hedefleri getirilmiş ve gelişmekte olan ülkelerin emisyon azaltım yükümlülüklerinin olmaması ve bazı gelişmiş ülkelerin protokolden çekilmesi, protokolün etkinliğini sınırlamıştır. Ancak, Kyoto Protokolü, iklim değişikliğiyle mücadelede uluslararası iş birliğinin önemini vurgulayan ve sonraki anlaşmalara zemin hazırlayan önemli bir kilometre taşıdır (İklim Değişikliği Başkanlığı, 2024; Dışişleri Bakanlığı, 2024).

Paris Anlaşması, küresel iklim değişikliği ile mücadelede dönüm noktası niteliğinde bir uluslararası anlaşmadır. 12 Aralık 2015 tarihinde Fransa'nın başkenti Paris'te düzenlenen 21. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Taraflar Konferansı'nda (COP21) kabul edilen bu anlaşma, 2020 sonrası dönem için küresel iklim eylemlerinin çerçevesini çizmektedir. Paris Anlaşması'nın temel hedefleri şunlardır: Küresel ortalama sıcaklık artışını sanayi öncesi döneme göre 2°C'nin altında tutmak ve 1.5°C ile sınırlandırmak için çaba göstermek, iklim değişikliğinin kötü sonuçlarına uyum sağlama kapasitesini artırmak ve daha az sera gazı emisyonlu kalkınmaya destek olmak ve Finansal akışları

düşük sera gazı emisyonlu ve iklim değişikliğine dirençli kalkınma ile uyumlu hale getirmek. Paris Anlaşması, tüm ülkelerin sera gazı emisyonlarını azaltma taahhüdünde bulunmasını öngören ilk evrensel iklim anlaşmasıdır. Anlaşma, ülkelerin kendi ulusal katkı beyanlarını (NDC) belirlemelerine ve bu katkıları zaman içinde artırmalarına dayanmaktadır. Ayrıca, gelişmiş ülkelerin geliştirmekte olan ülkelere finansal ve teknolojik destek sağlamalarını da teşvik etmektedir (Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, 2024; Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2024).

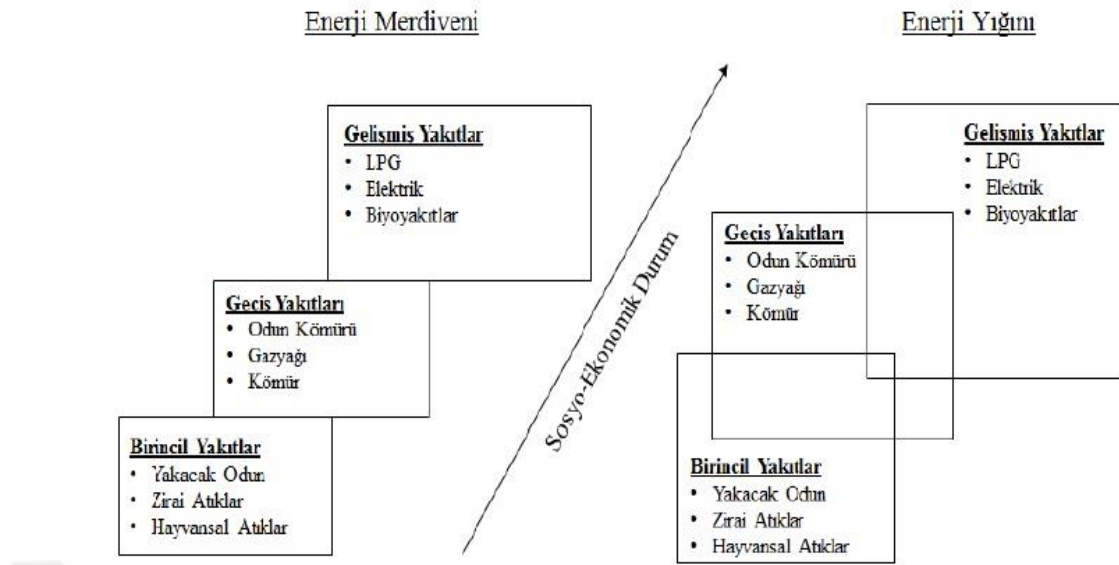
1.12. ENERJİ YİĞİNİ MODELLERİ ve ENERJİ MERDİVENİ

Enerji merdiveni kavramı, ekonomik refah düzeyi ile enerji tüketim tercihleri arasındaki ilişkiyi açıklamada kullanılan bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, gelir seviyesi yükseldikçe hanelerin daha sofistike ve temiz enerji kaynaklarına yöneldiğini varsayar. Geleneksel yakıtlar olarak kabul edilen odun ve tarımsal atıklar, düşük gelirli hanelerin öncelikli tercihi olurken, elektrik ve petrol gibi modern enerji kaynakları daha yüksek gelirli haneler tarafından tercih edilir. Bu durum, neoklasik tüketici teorisindeki, gelir arttıkça tüketicilerin daha kaliteli ürünlere yönelmesi varsayımıyla paralellik gösterir. Enerji merdiveni kavramı, enerji politikalarının tasarlanmasında ve enerjiye erişim sorunlarının çözümünde önemli bir araç olarak kullanılabilir (Hosier ve Dowd, 1987).

Enerji merdiveni kavramı, geçmişte hanelerin enerji tüketim davranışlarını açıklamada sıklıkla kullanılan bir model olarak öne çıkmıştır. Bu modelde, geleneksel biyokütle ve benzeri yakıtlar ile düşük teknoloji uygulamalar merdivenin alt basamaklarını oluştururken, elektrik, doğalgaz gibi modern enerji kaynakları ve ileri teknolojiler üst basamaklarda yer almaktadır. Hanelerin gelir düzeylerindeki artış, enerji merdiveninde yukarı doğru tırmanmalarına olanak tanır. Bu yükseliş, daha verimli, temiz ve kullanıcı dostu olan modern enerji kaynakları ve teknolojilerine geçişi ifade eder. Düşük gelirli haneler için daha erişilebilir olan geleneksel yakıt ve teknolojiler, modern alternatiflerine kıyasla daha az tercih edilir hale gelir. Enerji merdiveni modeli, yakıt ve teknoloji fiyatlarının göreceli durumu, yerel altyapının gelişmişlik düzeyi ve enerji sistemlerinin güvenilirliği gibi unsurların enerji tercihlerini etkilediğini kabul etse de gelir seviyesini hanelerin enerji merdivenindeki yükselişinin temel belirleyicisi olarak konumlandırır (Leach, 1992; Barnes ve Floor, 1996; Pachauri 2004; Tiwari, 2000).

Enerji merdiveni modelinde, hanelerin enerji tüketim alışkanlıklarındaki değişim üç aşamalı doğrusal bir süreç olarak ele alınır. Sosyoekonomik statüleri yükseldikçe, haneler verimsiz, düşük maliyetli ve çevresel etkisi yüksek teknolojilerden uzaklaşarak daha temiz ve verimli alternatiflere yönelirler. İlk aşamada biyokütle yakıtlarına bağımlı olan haneler, ikinci aşamada gazyağı, kömür ve odun kömürü gibi geçiş yakıtlarını tercih etmeye başlarlar. Son aşamada ise, LPG ve elektrik gibi modern ve temiz enerji kaynaklarına geçiş gözlemlenir. Bu süreç, hanelerin ekonomik gelişimiyle birlikte enerji tercihlerinin de daha sürdürülebilir ve çevre dostu seçeneklere doğru evrildiğini göstermektedir (Heltberg, 2004).

Gelişmekte olan ülkelerdeki enerji geçiş süreçlerini anlamak ve açıklamak için, hane halklarının yakıt tercihlerini ve kullanım alışkanlıklarını inceleyen enerji merdiveni ve enerji yığını modelleri sıklıkla başvurulan kavramsal çerçeveler olmaktadır (Hosier ve Dowd, 1987; Leach, 1992). Enerji merdiveni modeli, gelir seviyesindeki artışla birlikte hanelerin daha temiz ve verimli yakıtlara geçiş yaptığını varsayarken, enerji yığını modeli, hanelerin aynı anda birden fazla yakıt türünü kullanabileceğini ve bu tercihlerin gelir dışında sosyo-kültürel faktörlerden de etkilendiğini öne sürmektedir (Elias ve Victor, 2005). Bununla birlikte, hane halkı enerji tüketimi üzerine yapılan ampirik çalışmaların artan sayısı, enerji geçişinin basamaklı bir süreç olarak gerçekleşmediğini, aksine çoklu yakıt kullanımının yaygın olduğunu ortaya koymaktadır. Ekonomik refah düzeyindeki artış, hanelerin geleneksel yakıtların yerine tamamen geçmeyen, ancak kısmi olarak ikame eden yeni yakıtlar ve teknolojileri benimsemesine yol açmaktadır. Bu bulgu, enerji geçiş sürecinin daha karmaşık ve çok yönlü olduğunu göstererek, enerji merdiveni modelinin varsayımlarını sorgulamaktadır (Campbell vd. 2003; Davis, 1998; van der Kron vd. 2013; Masera vd. 2000).



Şekil 24. Enerji Merdiveni ve Enerji Yığını Modelleri

Kaynak: Schlag ve Zuzarte, 2008

Şekil 24'te görüldüğü üzere, enerji merdiveni ve enerji yığını modelleri, hane halkı enerji tüketim davranışlarını farklı şekillerde açıklamaktadır. Enerji merdiveni modeli, keskin geçişlerle karakterize edilen bir süreç önerirken, enerji yığını modeli, mevcut koşula göre yakıtların öncelik sırası bağlamında birlikte kullanılmasını öngörmektedir. Her iki model de hanelerin sosyoekonomik durumları iyileştikçe geleneksel yakıtlardan modern yakıtlara geçişini destekler. Bu geçişin teşvik edilmesi, karbondioksit ve sera gazı salınımı gibi insan kaynaklı hava kirleticilerinin azaltılması açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Enerji merdiveni modeli, hanelerin gelir düzeylerindeki artışla birlikte daha temiz ve verimli enerji kaynaklarına geçiş yaptığını varsayar. Bu modelde, geleneksel yakıtlar ve modern yakıtlar arasında net bir ayrım vardır ve hanelerin bir yakıttan diğerine tamamen geçiş yapması beklenir. Enerji yığını modeli ise, hanelerin aynı anda birden fazla yakıt kullanabileceğini ve bu yakıtların kullanım oranlarının gelir düzeyi, yakıt fiyatları ve diğer faktörlere bağlı olarak değişebileceğini kabul eder. Bu modelde, enerji geçişi daha esnek ve dinamik bir süreç olarak görülür.

2. BÖLÜM

TÜRKİYE’DE HANEHALKLARININ KONUT ISITMA AMACIYLA TERCİH ETTİĞİ TEMEL YAKIT TÜRLERİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN MULTİNOMİNAL LOGİT VE MULTİNOMİNAL PROBİT MODELLERİ İLE ARAŞTIRILMASI

2.1. KESİKLİ TERCİH MODELLERİ

Karar vericilerin belirli alternatifler arasında seçim yapması durumunu konu edinen kesikli tercih modellerinde bazı durumlarda bağımlı değişkenin değeri, bazı dönemler veya bazı birimler için geçersiz hale gelmektedir. Örneğin, bağımlı değişken, ailelerin dayanıklı mallar için yaptığı harcama iken, bazı aileler incelenen dönemde dayanıklı mallar için hiç harcama yapmamışsa, o aileler için bağımlı değişken gözlemlenmemiş kabul edilmekte, harcama yapan aileler için ise yapılan harcama, bağımlı değişkenin değeri olarak alınmaktadır (Tatoğlu, 2012).

Karar verme süreçleri, bireylerden firmalara kadar geniş bir yelpazedeki karar vericiyi ve herhangi bir nesne veya durumu kapsayan alternatifleri içerebilmektedir. Kesikli tercih modelleri, bu süreçleri modellemek için kullanılan güçlü araçlardır. Bu modellerin temel dayanaklarından biri, karar vericinin alternatifleri bağımsız olarak değerlendirmesi ve her bir alternatifin diğerlerine göre ayrı bir tercih düzeyine sahip olmasıdır. Ayrıca, modelin kapsamlı olabilmesi için, karar vericinin tüm olası alternatifleri göz önünde bulundurması gerekmektedir. Son olarak, tercih kümesinin sonlu olması, yani karar vericinin tüm alternatifleri sayabilmesi ve sıralayabilmesi, modelin uygulanabilirliği açısından önemli bir koşuldur. Bu üç temel nitelikten ilk ikisi, yani alternatiflerin bağımsızlığı ve kapsamlılık, modelin genel geçerliğini sınırlayan koşullar olarak kabul edilmemektedir (Train, 2009).

İktisadi seçimleri gözlemlemek için boyut olarak küçük alternatif kümeler arasında yapılan tercihlere ilişkin kontrollü gözlemler, tüketicilerin para ile ölçülebilen kaynakları ve pazar fiyatlarıyla belirlenen büyük alternatif tercih kümeleri arasında yapılan tercihler ile ilgili araştırmalar ile belirli bir coğrafi bölgede tüketicilerin toplam gelir, tüketim ve pazar fiyatlarıyla ilişkili zaman serisi verileri olarak üç farklı tür veri kaynağı

bulunmaktadır (Marschak, 1959). Ayrıca tercih analizine ilişkin belirlenmiş ve açıklanmış tercih verileri olarak iki temel veri kaynağından literatürde bahsedilmektedir. Belirlenmiş tercih verileri varsayım temeline dayanan durumlarda yapılan seçimlere karşılık gelirken; açıklanmış tercih verileri ise yapılan tercihin gerçek pazar koşullarında fiilen gerçekleştiği durumlara karşılık gelmektedir. Varsayım dayalı tercih verileri, gerçek tercih verileri ile aynı alternatiflere sahip olmasına karşın gerçek pazar ortamında gözlemlenen verilere göre farklı seviyelerde tanımlanmaktadır. Varsayım dayalı tercih verileri, özellikle yeni ve mevcut alternatifler göz önünde bulundurulduğunda faydalı olmaktadır. Yeni alternatifler ise gerçek tercih verilerinde gözlemlenmemektedir (Hensher vd., 2015).

Tüketicilerin mal ve hizmet tercihlerinin heterojen bir karakteristiğe sahip olduğu bilindiği için iktisadi ve ekonomik analizlerde bu heterojen yapıyı, aynı zamanda tüketicilerin bireysel özelliklerini göz önünde bulundurmak, modelleri tarafsız bir şekilde tahmin etmek ve talep tahminlerinde bulunmak adına önemli fayda sağlamaktadır. Ayrıca heterojen tercihlere dikkat etmek ve bu tercihleri anlayabilmek, kaynak kullanım kararları alma veya yeni politikalar üretme konularında önemli bilgiler sağlamaktadır (Boxall ve Adamowicz, 2002). Ayrıca tüketici tercih analizinde, tüketicilerin beğenileri arasındaki farklılıklar uygun bir biçimde ele alınmazsa tüketici talebinin, kendi fiyat esnekliğine ve çapraz fiyat esnekliğine ait tahminlerinde önemli düzeyde sapmalar gerçekleşebilmektedir (Fiebig vd. 2010). Çoğu insan davranışının, iyi tanımlanmış alternatifler içinden ardışık olarak kötü ya da iyi tercihler serisine dayalı olduğu görülmektedir (Bock ve Jones, 1968). Bununla birlikte önceki tecrübeler dayanan klasik tüketici teorisinin mevcut altyapısı insan davranışlarını, iki aşamalı ve tekrarlı bir sürecin sonucu olarak değerlendirmektedir. İlk aşamada, dış unsurlar nedeniyle bir tercih problemi ile karşı karşıya kalınırken, ikinci aşamada ise kişiler, iyi tanımlanmış bir tercih kümesindeki kendilerine uygun alternatifler arasında bir seçim gerçekleştirmektedir. Benzer olarak, işgücüne katılım, konut tercihi, seyahat rotası tercihi vb. gibi gözleme dayanan kararların çoğu, kesikli alternatifler arasından tercih yapma prensibine dayanmaktadır. Fakat kesikli tercih davranışının, geleneksel sınırlı tüketici teorisi kullanılarak analizinin yapılması, çoğu zaman pratikte uygulanabilir sonuçlar ortaya koymamaktadır. Bu nedenle kesikli tercihler için olasılıklı tüketici teorisine odaklanılmaktadır (McFadden, 1981). Kesikli tercih modelleri konusu birçok alt başlık

içermekte olup bu araştırmada, sıralı olmayan bağımlı değişkenli modeller arasında yer alan “multinomial probit model” (MNP) ve “multinomial logit model” (MNP) kullanılmıştır. Bu bağlamda ilgili iki model sonraki başlıklarda açıklanmıştır.

2.2. TESADÜFİ FAYDA MODELİ

Tesadüfi fayda teorisi, karar vericinin, karşılaştığı alternatifler arasında kendisine en yüksek faydayı sağlayacak seçimi yapma yetisine sahip olduğu varsayımına dayanır. Bu teorinin modelleri, gözlemlenebilir özellikleri temsil eden deterministik bileşenler ile gözlemlenemeyen ve belirsizlikleri barındıran stokastik bileşenlerden oluşur. (Hensher vd., 2015).

Standart rastgele fayda modelinin çerçevesi Şekil 1'de gösterilmiştir. Model, bireyin bir alternatif seçerek fayda elde ettiği düşüncesine dayanmaktadır. Fayda U , gizli değişkenlerdir ve gözlemlenebilir tercih göstergeleri y , altta yatan faydaların tezahürleridir. Faydaların, karar verici n 'i ve alternatif i 'yi tanımlayan bir dizi açıklayıcı değişken olan X 'in bir fonksiyonu olduğu varsayılmaktadır. Ortaya çıkan fayda denklemi şu şekilde yazılabilir:

$$U_{in} = V(X_{in}; \beta) + \varepsilon_{in} \quad (1)$$

Formülde U_{in} , karar verici $n[n=1, \dots, N]$ için $i[i=1, \dots, J_n]$ alternatifine ilişkin faydayı ifade eder (U_{in} , karar verici n için bir fayda vektörüdür). X_{in} , alternatif i ve karar verici n 'i tanımlayan açıklayıcı değişkenlerin bir vektörüdür (X_{in} , tüm alternatifleri ve karar verici n 'i tanımlayan açıklayıcı değişkenlerin bir matrisidir); β , bilinmeyen parametrelerin bir vektörüdür ve V (sistemik fayda olarak adlandırılır), açıklayıcı değişkenlerin ve bilinmeyen parametreler β 'nin bir fonksiyonudur. Formüldeki ε_{in} , i ve n için tesadüfi bir hatadır ($\varepsilon_{in}, \varepsilon_{in} \sim D(\theta_\varepsilon)$ dağılımına sahip tesadüfi hataların vektörüdür ve burada θ_ε bilinmeyen parametredir). Tesadüfi fayda modelinin, temel varsayımı fayda maksimizasyonu olup bu durumda karar verici n , ancak ve ancak tüm $j \in C_n$ için

$$U_{in} \geq U_{jn} \quad (2)$$

ise i 'yi seçer.

Burada C_n , n 'in karşılaştığı J_n alternatiflerinin kümesidir. Bu durumda seçim olasılığı denklemi şu şekildedir:

$$P(i|X_n; \beta, \theta_\varepsilon) = \text{Prob}[U_{in} \geq U_{jn}, \forall j \in C_n] \quad (3)$$

Tesadüfi fayda modelinin formülasyonu, klasik mikroekonomik tüketici teorisine dayanmaktadır. Model, Thurstone (1927), Marschak (1959) ve Luce (1959) tarafından öncülük edilen rastgele fayda paradigmasını içermekte, ayrıca Lancaster (1966) ve McFadden (1972) tarafından geliştirilen fayda belirleme yöntemini de kapsamaktadır (Walker ve Ben-Akiva, 2002).

2.3. ÇOK DURUMLU MODELLER

2.3.1. Multinomial Logit Model

Bağımlı değişkenin ikiden fazla kategoriye sahip olduğu, kategorilerin birbirinden ayrık ve nominal özellik taşıdığı; ancak bu kategoriler arasında herhangi bir sıralama bulunmadığı durumlarda, bağımlı değişkenin çok terimli dağılım gösterdiği çok terimli lojistik regresyon modeli tercih edilmektedir. Bu model, iki durumlu lojistik regresyonun bir genişletilmiş versiyonu olarak değerlendirilebilir. Çok terimli lojistik modelin, bağımlı değişkenin " J " adet kategoriye sahip olduğu durumlarda, " $J-1$ " adet lojistik regresyon modeli içermesi gerekmektedir (Liao, 1994).

Denklem olarak MNL modeli oluşturulduğunda ve denklemde bireylerin olduğu varsayımı altında i , i 'inci bireyi temsil etmekte, y_i , kategorileri, $1, \dots, J$ arasında kodlanmış polytomik sonuç değişkenini ifade etmektedir. Her bir kategori ile ilişkilendirilen bir cevap olasılığı ($P_{i1}, P_{i2}, \dots, P_{ij}$), i 'inci katılımcının belirli kategorilere girme olasılıklarını temsil etmektedir. Alışıldık indeks-fonksiyon notasyonunu kullanarak, cevap olasılıklarının doğrusal fonksiyonun $x_i' \beta_j = \sum_{k=0}^K \beta_{jk} x_{ik}$ doğrusal olmayan dönüşümlerine bağlı olmasına izin verilir. Burada, K , öngörücülerin sayısını temsil eder. İkili ve sıralı logit modellerindeki durumlardan farklı olarak, multinomial logit modellerindeki parametrelerin kategoriler arasında değişkenlik gösterdiğini not etmek önemlidir.

MNL modeli, ikili logit modelinin bir uzantısı olarak, sonuç değişkeninin birden fazla sırasız kategoriye sahip olduğu durumlar için yorumlanabilir. Örneğin Üç kategori durumunda ($J = 3$), olasılıkları şu şekilde yazılabilir (Powers ve Xie, 2000);

$$Pr(y_i = 1 | x_i) = P_{i1} = \frac{1}{1 + \exp(x_i' \beta_2) + \exp(x_i' \beta_3)}$$

$$Pr(y_i = 2 | x_i) = P_{i2} = \frac{\eta_{i2}}{\eta_{i1} + \eta_{i2} + \eta_{i3}}, \quad (4)$$

$$Pr(y_i = 3 | x_i) = P_{i3} = \frac{\exp(x_i' \beta_3)}{1 + \exp(x_i' \beta_2) + \exp(x_i' \beta_3)}$$

Formülde, β_2 ve β_3 ikinci ve üçüncü yanıt kategorilerine ait kovaryans etkilerini belirtirken, birinci kategori referans olarak alınmaktadır. P_{i1} denklemi, üç olasılığın toplamının 1 olması gerekliliğinden türetilmiştir yani;

$$P_{i1} = 1 - (P_{i2} + P_{i3}) \quad (5)$$

Denklem 4'te yer alan olasılıklar ise doğrusal terimlerin üssel fonksiyonu olarak şu şekilde ifade edilebilir $\eta_{ij} = \exp(x_i' \beta_j)$;

$$P_{i1} = \frac{\eta_{i1}}{\eta_{i1} + \eta_{i2} + \eta_{i3}},$$

$$P_{i2} = \frac{\eta_{i2}}{\eta_{i1} + \eta_{i2} + \eta_{i3}}, \quad (6)$$

$$P_{ij} = \frac{\eta_{ij}}{\sum_{j=1}^J \eta_{ij}}$$

Normalizasyon $\beta_1 = 0$ olacak şekilde yapılır, bu durumda $\eta_{i1} = 1$ olur.

Genel olarak, J kategorili bir sonuç değişkeni için, olasılık P_{ij} şu şekilde modellenebilir;

$$P_{ij} = \frac{\eta_{ij}}{\sum_{j=1}^J \eta_{ij}} = \frac{\exp(x_i' \beta_j)}{\sum_{j=1}^J \exp(x_i' \beta_j)} \quad (7)$$

Herhangi bir i için $\sum_{j=1}^J P_{ij} = 1$ olması gerekliliğiyle ve yaygın bir normalizasyon ile $\beta_1 = 0$ olacak şekilde $\eta_{i1} = 0$ alınır. Bu durumda denklem 7 şu şekilde ifade edilir;

$$Pr(d_{ij} = j \mid x_i) = P_{ij} = \frac{\exp(x_i' \beta_j)}{1 + \sum_{j=2}^J \exp(x_i' \beta_j)}, \quad j > 1 \text{ için}, \quad (8)$$

ve

$$Pr(y_i = 1 \mid x_i) = P_{i1} = \frac{1}{1 + \sum_{j=2}^J \exp(x_i' \beta_j)} \quad (9)$$

Böylece, K bağımsız değişkenli bir model için, toplamda $(K + 1) \times (J - 1)$ parametrenin tahmin edilmesi gerekmektedir. Multinomial logit modelinin binary logit modelini kapsadığını görebiliriz: $J = 2$ olduğunda, $y = 2$ sonucuna karşılık gelen tek bir parametre seti, referans kategori olarak $y = 1$ ile tahmin edilir. Binary logit modeli ile multinomial logit modeli arasındaki bu yakın ilişki, binary bağımlı değişkenin sıklıkla (1, 2) yerine (0, 1) olarak kodlanmasıyla gölgelenebilir. Kodlamadaki bu farkın ötesinde, binary logit modeli multinomial logit modelinin özel bir hali olarak görülebilir (Powers ve Xie, 2000).

2.3.1.1. İlişkisiz Alternatiflerin Bağımsızlığı Varsayımı

İlişkisiz alternatiflerin bağımsızlığı (IIA), özellikle multinomial logit modellerde kullanılan temel bir varsayımdır. Bu varsayıma göre, belirli bir kategoriye ait bir bireyin başka bir kategoriye geçiş yapma olasılığı, modelde yer alan diğer seçeneklerin varlığından ya da sayısından etkilenmez. Diğer bir deyişle, yeni bir alternatifin eklenmesi ya da mevcut alternatiflerden birinin kaldırılması, gözlemin farklı bir kategoriye geçiş yapma oranını değiştirmez (Train, 2009). IIA varsayımı, Rasch¹ modeline dayanan stokastik seçim teorisinde köklü bir yere sahiptir (Krabbe, 2013; Labutov vd., 2016).

¹ Rasch modeli, ölçme sürecinin nesnelliğini sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. Modelin en belirgin özelliği, parametre ayrıştırmasıdır; yani bir kişinin yeteneği, soruların zorluk derecesinden bağımsız olarak tahmin edilir. Bu, modelin sağlam ve güvenilir ölçümler üretmesini sağlar. Ayrıca Rasch modeli, iki kişi arasındaki yetenek farkının her soru için aynı olduğu varsayımına dayanır, bu da test sonuçlarının karşılaştırılabilirliğini artırır (Arons ve Krabbe, 2014).

McFadden (1974) tarafından geliştirilen logit modelleri ile daha sistematik bir çerçeveye oturtulmuştur. Multinomial logit modelinde, seçim olasılıkları şu şekilde ifade edilir:

$$P(y = j | x) = \frac{\exp(x'_i \beta_j)}{\sum_{k=1}^J \exp(x'_i \beta_k)} \quad (10)$$

Burada $P(y = j | x)$, bireyin j -inci seçeneği seçme olasılığını temsil eder. IIA varsayımı altında, herhangi bir j ve k alternatifi arasındaki seçim olasılıklarının oranı, diğer alternatiflerin varlığından bağımsızdır ve şu şekilde yazılır:

$$\frac{P(y = j | x)}{P(y = k | x)} = \frac{\exp(x'_i \beta_j)}{\exp(x'_i \beta_k)} = \exp(x'_i (\beta_j - \beta_k)) \quad (11)$$

Bu oran, modeldeki diğer seçeneklerden bağımsızdır; yani yeni bir alternatif eklenmesi ya da mevcut alternatiflerden birinin kaldırılması bu oranı değiştirmez. Bu varsayım, modelin basitliğini ve uygulanabilirliğini sağlarken, aynı zamanda belirli koşullarda sınırlayıcı olabilir.

Her ne kadar IIA varsayımı birçok pratik durumda kullanışlı olsa da gerçek dünyadaki seçim davranışlarını her zaman doğru bir şekilde temsil etmez. Özellikle alternatifler arasındaki yakınlık ve benzerlik göz önüne alındığında, IIA varsayımı sıklıkla eleştirilir. Örneğin, bireylerin A, B, ve C gibi üç ulaşım seçeneği (otobüs, araba, tren) arasında seçim yaptığını varsayalım. Bu durumda, IIA varsayımı, yeni bir otobüs hattı eklenmesinin otobüs ve araba arasında tercih edilen oranı değiştirmeyeceğini öne sürer. Ancak gerçek hayatta yeni bir otobüs hattının eklenmesi, bireylerin otobüs ile araba arasında tercih oranlarını etkileyebilir. Dolayısıyla, alternatiflerin birbirine yakın olduğu durumlarda, IIA varsayımı geçersiz hale gelebilir (Ben-Akiva & Lerman, 1985).

IIA varsayımının geçerliliğini test etmek için kullanılan en yaygın yöntemlerden biri Hausman ve McFadden (1984) tarafından geliştirilen Hausman testi'dir. Bu test, tüm alternatifler dahil edilerek tahmin edilen modelin sonuçları ile alternatiflerden biri hariç tutularak tahmin edilen modelin sonuçları arasındaki farkı karşılaştırır. Eğer iki model arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değilse, IIA varsayımı geçerli kabul edilir (Hausman ve McFadden, 1984).

2.3.1.2.Small- Hsiao Testi

Small ve Hsiao (1985), *MTT* testinin sıfır hipotezini kabul etme noktasında asimptotik olarak sapmalı olduğunu ispatlamıştır ve bu sorunu düzeltmek adına düzeltilmiş bir *MTT* testi öne sürmüşlerdir. İlk olarak, örnek tesadüfi olarak yaklaşık eşit büyüklükte *A* ve *B* gibi iki alt örneğe ayrılmıştır ve tam model tahmini, $\hat{\beta}_A^f$ ve $\hat{\beta}_B^f$ katsayı tahminleri vektörlerinin kapsadığı tahmin değerleri yoluyla gerçekleşmektedir. İlgili iki alt örnekten elde edilen katsayıların ağırlıklı ortalaması,

$$\hat{\beta}_{AB}^f = \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \right) \hat{\beta}_A^f + \left[1 - \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \right) \right] \hat{\beta}_B^f \quad (13)$$

şeklinde olmaktadır. *B* alt örneğinden bağımlı değişkenin belirli bir kategorisine ait tüm durumların dışlandığı bir sınırlandırılmış alt örnek türetilmektedir. Keyfi olarak *J* kategorisi sınırlandırılmış alt örnekten dışlandığı durumda sınırlandırılmış tercih kümesi, L_r olabilirlik oranın fonksiyonu ve $\hat{\beta}_B^r$ tahminlerine sahip sınırlandırılmış alt örnek kullanılarak tahmin edilmektedir. Bu şekilde, sınırlandırılmış tercih kümesindeki parametre sayısına eşit serbestlik dereceli asimptotik olarak ki-kare dağılımına sahip Small-Hsiao test istatistiği,

$$SH = -2 \left[L_r \left(\hat{\beta}_{AB}^{f*} \right) - L_r \left(\hat{\beta}_B^r \right) \right] \quad (14)$$

şeklinde tanımlanmaktadır (Cheng ve Long, 2007).

2.3.2.Multinomial Probit Model (MNP)

İlişkisiz alternatiflerin bağımsızlığı özelliği, pek çok uygulamada önemli kısıtlamalar doğurabilmektedir ve bu durum araştırmacılar için güçlük yaratmaktadır. Bu kısıtlamaya bir alternatif olarak önerilen yaklaşımlardan biri, tesadüfi fayda modelinde hata terimlerinin çok değişkenli normal dağılım gösterdiği çok durumlu probit modeli olarak bilinmektedir. Söz konusu model ilk kez Thurstone (1927) tarafından ortaya konulmuş ve daha sonra Bock ve Jones (1968) tarafından psikolojik tercih verilerinin analizi için uygulanmıştır. Hausman ve Wise (1978) ise ulaşım tercihi problemi bağlamında MNP modelini kullanmış ve hata terimlerinin bağımsız normal dağılım

gösterdiği tek probit modeli (bağımsız probit) ile çok kategorili logit modeli (MNL) sonuçlarını karşılaştırmıştır (Maddala, 1983: 62).

Bu modelin kullanımı, IIA varsayımına bir çözüm sunması açısından özellikle dikkate değerdir, çünkü bağımsız probit modelindeki bağımsızlık varsayımının aksine, MNP modeli hata terimlerinin korelasyonuna izin vermektedir. Bu özellik, çeşitli durumlarda daha esnek ve gerçekçi modellemelere olanak tanımaktadır. IIA varsayımının sürdürülemez olduğu durumlarda, çoğunluğu multinominal probit modeli varyasyonlarını içeren birkaç alternatif yaklaşım önerilmiştir. Hausman ve Wise (1978) tarafından geliştirilen MNP modeli alternatifler arasındaki bağımsız hata varsayımını esnekletirmektedir. Bu en iyi şekilde gizli değişken yaklaşımıyla açıklanır. MNP modeli için fayda fonksiyonu şu şekilde yazılabilir;

$$u_{ij} = x_i' \beta_j + z_i' \alpha + \varepsilon_{ij} \quad (15)$$

Burada $\varepsilon_{ij}, \dots, \varepsilon_{ij}$ ortalaması 0 olan ve kovaryans matrisi Σ ile tanımlanan normal dağılımlı hata terimleridir. Üç seçenekli bir modelde, üçüncü alternatifin seçilme olasılığı şu şekilde ifade edilir:

$$\Pr(y_i = 3) = \Pr(u_{i3} > u_{i2}, u_{i3} > u_{i1}) \quad (16)$$

$$= \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{u_2} \int_{-\infty}^{u_3} f(u_1, u_2, u_3) du_1 du_2 du_3,$$

Formüldeki $f(\cdot, \cdot, \cdot)$, üç değişkenli normal yoğunluk fonksiyonudur. Bu yaklaşımın önemi, alternatifler arasındaki hataların kovaryanslarını (bu durumda $\sigma_{12}, \sigma_{13}, \sigma_{23}$) tahmin etme yeteneğinde yatmaktadır. Bu durum, alternatifler arasındaki ilişkiler hakkında bilgi sağlamaktadır. MNP modelinin başlıca dezavantajı, çok yakın zamana kadar, çok değişkenli integral hesaplamalarından kaynaklanan teknik sorunların, bu modelleri çoğu araştırmacı için pratik olmayan hale getirmesidir. Bilgisayar algoritmalarının tasarımındaki ilerlemeler ve bu modellerin standart istatistiksel paketlere dahil edilmesi, bu modelleri uygulanabilir hale getirmiştir (Powers ve Xie, 2000).

2.4. LİTERATÜR TARAMASI

Marjinal fayda teorisine göre tüketiciye en yüksek faydayı sağlayacak tercihin birçok alternatif arasından belirlenmesine dayanan tüketici tercihi süreci, birçok ilişkili

belirleyicinin etkisiyle gerçekleşen oldukça karmaşık bir süreçtir. Hane halklarının yakıt türü tercihi de böyle bir sürecin sonucu olup birçok ilişkili belirleyiciden etkilenmektedir. Bu başlık altında konuya ilişkin literatürdeki çalışmalar özetlenmiştir.

Farsi vd. (2007), kentsel Hint hanelerindeki genel olarak yakıt tercihlerini ve pişirmede tercih edilen yakıt türlerini incelemek için 46.918 gözlemden oluşan geniş bir veri tabanı üzerinde sıralı kesikli tercih modelini kullanmıştır. Oluşturulan model, tercih edilen yakıt türlerinin; verimliliği, kullanım kolaylığı ve temizliği açısından belirli bir tercih edilebilirlik sırasına sahip olduğunu varsayarak, yakıt seçimini gelir, alternatif yakıt fiyatları, sosyo-demografik ve coğrafi özellikler gibi faktörlere göre analiz etmektedir. Bulgular, gözlemlenen yakıt kullanım modellerinin klasik "enerji merdiveni" teorisiyle tutarlı olduğunu, ancak yakıt seçiminin sadece ekonomik faktörlerle değil, eğitim ve hane reisinin cinsiyeti gibi sosyo-demografik faktörlerle de ilişkili olduğunu göstermektedir. Özellikle kentsel alanlarda, gelir artışı, eğitim düzeyi ve kadınların güçlenmesi gibi faktörler, daha temiz ve verimli yakıtların benimsenmesini teşvik etmektedir. Bu sonuçlar, Hindistan'da daha sürdürülebilir ve etkili enerji politikaları tasarlamak için yakıt fiyat sübvansiyonlarının ötesinde, eğitim, kadınların güçlendirilmesi ve LPG sobaları gibi daha temiz pişirme teknolojilerine erişimi kolaylaştıran politikaların önemini vurgulamaktadır.

Braun (2010), Almanya'daki hanelerin kullandığı ısıtma teknolojisinin belirleyicilerini sosyo-ekonomik, bölgesel özellikler ve bina özellikleri bağlamında incelemektedir. Multinomial logit modeli kullanılarak yapılan analizlerin sonuçları; gelir düzeyinin ısıtma tercihleri üzerinde sınırlı bir etkiye sahip olduğunu, bina özellikleri ve bölgesel konumun ise daha belirleyici olduğunu göstermektedir. Ayrıca, ev sahipleri ve kiracılar arasında ısıtma teknolojisi seçiminde benzerlikler görülmekle birlikte, bina özellikleri ve bölgesel etkilerin büyüklüğü açısından farklılıklar tespit edilmiştir. Çalışma bulguları, enerji politikalarının bu heterojenliği ve bölgesel farklılıkları dikkate alarak tasarlanması gerektiğini ve tüketici eğitiminin önemini vurgulamaktadır.

Barnes vd. (2011), Bangladeş'in kırsal bölgelerinde enerji yoksulluğu sınırını belirlemek için talep odaklı bir yaklaşım benimsemişlerdir. Bu yaklaşımda, enerji yoksulluk sınırı, hane halkı gelirindeki artışla birlikte enerji tüketiminin artmaya başladığı eşik değer olarak tanımlanmıştır. Çalışma, kırsal hanelerin %58'inin enerji yoksulu, %45'inin ise gelir yoksulu olduğunu ortaya koymuştur. Yazarlar, iyileştirilmiş biyoyakıt

sobalarının kullanımının yayılması ve kırsal elektrifikasyonun teşvik edilmesi enerji yoksulluğunu azaltmada etkili olabileceği sonucuna varmışlardır.

Couture vd. (2012), Fransa'daki hanehalklarının yakacak odun talebini ve odun kullanım türünü (ana ısıtma kaynağı veya yedek) belirleyen faktörleri ekonometrik bir modelle incelemektedir. Odun kullanım türünün endojen olarak modellendiği çalışmada, gelir düzeyi ve sosyo-ekonomik özelliklerin hanehalkının odun kullanım tercihlerini etkilediği, odunun ana ısıtma kaynağı olarak kullanıldığı durumlarda fiyat esnekliğinin anlamlı olduğu bulunmuştur. Ayrıca, hanehalkı özellikleri ve konut tipinin de odun talebi üzerinde etkili olduğu gözlenmiştir.

Rouvinen ve Matero (2012), Finlandiya'daki eski müstakil ev sahiplerinin ısıtma sistemi tercihlerini incelemiş ve bölgesel ısıtma mevcudiyeti, mevcut ısıtma sistemi gibi faktörlerin tercihlerde heterojenliğe yol açtığı sonucuna ulaşmışlardır. Bölgesel ısıtma ve yerden ısıtma en çok tercih edilen sistemler olarak öne çıkarken, odun bazlı enerji kullanımının da potansiyel taşıdığı görülmüştür. Çalışma, yatırım ve işletme maliyetlerinin yanı sıra finansal olmayan değişkenlerin ve tüketici tercihlerindeki çeşitliliğin, pazar segmentasyonu ve hedeflenmiş politika önlemleri geliştirme açısından önemli bilgiler sunduğunu vurgulamaktadır.

Metin Özcan vd. (2013) tarafından Türkiye'de yürütülen araştırma, bireylerin refah düzeyi ve eğitim seviyesinin enerji kaynağı tercihlerinde belirleyici olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, yaş faktörünün de enerji tercihlerini etkilediği tespit edilmiştir. Bu çalışma, gelir düzeyinin enerji tüketimi ve modern enerji kaynaklarına yönelim üzerindeki olumlu etkisini vurgulayarak literatürdeki diğer çalışmalarla paralellik göstermektedir.

Emeç vd. (2015), Türkiye'deki hanelerin ısınma tercihlerini belirleyen faktörleri analiz etmek için 2012 yılı TÜİK Hanehalkı Bütçe Anketi verileri üzerinde multinominal logit modelini kullanmışlardır. Analiz sonuçları, hane büyüklüğünün artmasıyla birlikte odun, kömür, tezek ve elektrik gibi yakıtların doğal gazla göre tercih edilme olasılığının arttığını, gelir düzeyinin yükselmesiyle ise doğalgaz kullanımının daha yaygın hale geldiğini ortaya koymaktadır.

Qadi vd. (2018), Filistin El Halil'deki konutlarda ısınmada kullanılan enerji tüketimini, 322 hanenin katılımıyla gerçekleştirilen bir anket çalışmasıyla incelemişlerdir. Yapılan bu anket yoluyla, konutların fiziksel özellikleri (konut tipi, duvar

yalıtımı, yapı malzemesi, yaş), hanelerin sosyoekonomik durumu, ısınma alışkanlıkları (ısıtılan alan, kullanılan yakıt türü, ısıtma sistemi, ısıtılan ay sayısı) gibi detaylı veriler elde edilmiştir. Bu veriler kullanılarak geliştirilen çoklu doğrusal regresyon modeli, ısınma enerjisi tüketimini %60,6 doğrulukla tahmin edebilmektedir. Model, konutun fiziksel özelliklerinin enerji tüketimi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca analiz bulgularına göre, ailenin aylık geliri ve ikamet süresi gibi sosyoekonomik faktörler de enerji tüketimini etkilemektedir. Daha yüksek gelirli haneler daha fazla alanı ısıtma ve daha uzun süre ısıtma sistemlerini kullanma eğilimindedir.

Çelik ve Oktay (2019), Türkiye’de hanelerin ısınma amaçlı yakıt tercihlerine etki eden faktörleri, 2003-2011 döneminde 93.119 hane verisi kullanarak sıralı (Ordered Logit, Ordered Probit) ve sırasız (Multinomial Logit) kesikli tercih modelleri ile analiz etmişlerdir. Sonuçlar, yakıt tercihlerinin hane reisi cinsiyeti, meslek grubu, gelir, hane büyüklüğü, konut ve ısınma sistemi türü gibi demografik ve yapısal özelliklerle güçlü bir ilişkiye sahip olduğunu göstermektedir. Özellikle kırsal bölgelerde geleneksel yakıt kullanımı yaygındır. Üç farklı senaryoda yapılan analizlerde, sıralı yanıt modellerinin belirli koşullarda sırasız yanıt modellerine kıyasla daha iyi performans gösterdiği bulgusu elde edilmiştir.

Zhu vd. (2020), Kuzey Çin'deki hanelerin ısınma durumunu ve yakıt tercihlerini analiz etmek için saha araştırması verilerini kullanmışlardır. Bulgular, kırsal bölgelerdeki hanelerin çoğunda yalıtımın yetersiz olduğunu ve kömür ile odunun yaygın olarak kullanıldığını göstermektedir. Kentsel bölgelerdeki hanelerde ise yalıtım daha iyi olup, kömür ve elektrik tercih edilmektedir. Hane geliri arttıkça temiz yakıt kullanımının arttığı ve hanelerin yakıt tercihlerinde çevresel faktörleri ve güvenliği de dikkate aldığı gözlemlenmiştir. Çalışma, Çin'in temiz ısınma potansiyeline dikkat çekmekte ve kırsal alanlarda temiz kömür kullanımının teşvik edilmesi, soba kalitesinin iyileştirilmesi ve ısı yalıtımının güçlendirilmesi gibi politikalar önermektedir.

Chen (2021), Çin'in kırsal kesimlerindeki hane halklarının ısıtma enerjisi tercihlerini incelemek için Sichuan Eyaleti'nden elde edilen anket verilerini kullanarak bir kesikli seçim deneyi (KSE) modeli uygulamıştır. Bulgular, gelir ve eğitim düzeyinin artmasının, yakacak odun yerine bölgesel elektrikli ısıtma ve kömür gibi daha temiz ve verimli seçeneklerin tercih edilme olasılığını artırdığını göstermektedir. Ayrıca, duman seviyesi ve güvenlik riski gibi enerjiye özgü özellikler ile hane halkı demografik

özellikleri ve coğrafi konumun da ısıtma tercihlerini etkileyen önemli faktörler olduğu tespit edilmiştir.

Iraganaboina ve Eluru, (2021), Konut Enerji Tüketim Anketi verilerini kullanarak ABD'deki konut enerji kullanımını tahmin etmek için bir Çoklu Sürekli-Ayrık Değişkenli Ekonometrik Model (MDCEV) geliştirmeyi amaçlamaktadır. Model, enerji kaynağı seçimi ve kullanımını konum, hane halkı, konut özellikleri, cihaz kullanımı ve iklim gibi faktörlerle ilişkilendirerek, enerji kullanımındaki bölgesel farklılıkları ve çeşitli sosyo-demografik ve konut özelliklerinin enerji tüketimine etkisini ortaya koymaktadır. Çalışma ayrıca, modelin enerji karışımı ve kullanımının duyarlılık analizini yaparak politika önerileri sunmakta ve gelecekteki enerji talebi simülasyonları ve elektrikli araçların enerji kullanımına entegrasyonu gibi potansiyel uygulamaları tartışmaktadır.

Çebi Karaaslan vd. (2022), Türk hanelerinin yakıt tercihlerini, 2015-2018 Hanehalkı Bütçe Anketi verilerini kullanarak iki farklı ekonometrik modelle incelemiştir. Bulgular, modern konutlarda yaşayan, daha yüksek gelirli ve eğitilmiş hanelerin gelişmiş yakıtları tercih etme eğiliminde olduğunu göstermektedir. Covid-19 pandemisi sonrası ekonomik zorluklar ve artan enerji fiyatları, haneleri daha düşük kaliteli yakıtlara yönlendirebileceği ve enerji dönüşümünü olumsuz etkileyebileceği belirtilmektedir. Çalışma, Türkiye'nin yenilenebilir enerjiye yönelik sübvansiyonları artırarak ve hanelere uygun fiyatlı temiz enerji seçenekleri sunarak bu süreci desteklemesi gerektiğini önermektedir.

Belaïd ve Massié (2022), 2016 yılı Fransa Hanehalkı Anketi verilerini kullanarak Multinomial Logit modeliyle, konutlarda ısıtma enerjisi kaynağı tercihini etkileyen faktörleri incelemiştir. Bulgular, konut özelliklerinin (yaş, tip) ve konumun (kentsel yoğunluk, iklim) yanı sıra sosyo-demografik özelliklerin (yaş, cinsiyet vb.) de ısıtma tercihlerini önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir. Çalışma ayrıca, klasik enerji merdiveni modelinin geçerliliğini sorgulamakta ve enerji tüketiminin çoklu enerji kullanımlarından oluştuğunu öne süren enerji yığını modelini desteklemektedir.

Schleich vd. (2022), Polonya, İsveç ve Birleşik Krallık'ta gerçekleştirilen bir anket çalışması ve mixed logit modelleri kullanarak, modern ısıtma sistemlerine yönelik sübvansiyonların ve diğer faktörlerin hane halkı tercihlerine etkisini incelemiştir. Bulgular, her üç ülkede de katılımcıların, kamu ve özel sübvansiyonlara parasal olmayan bir değer atfettiğini ve ısıtma maliyeti tasarruflarını dikkate aldığını göstermektedir.

İsveç'te kamu kaynaklı sübvansiyonların özel sübvansiyonlara göre daha etkili olduğu görülmüştür. Ayrıca, Polonya'da 'zahmet maliyetleri'nin de önemli bir faktör olduğu tespit edilmiştir. Çalışma, politika yapıcılar ve şirketler için, verimli ısıtma sistemlerinin benimsenmesini teşvik etmek için sübvansiyonların yanı sıra garanti süreleri ve kurulum kolaylığı gibi faktörlerin de dikkate alınması gerektiğini vurgulamaktadır.

İpek ve İpek (2022), Türkiye'deki hanelerin ısıtma tercihlerini belirleyen faktörleri inceledikleri çalışmada, "Gelir ve Yaşam Koşulları Boylamsal Mikro Veri Setini" sıralı logit modelini kullanarak analizleri gerçekleştirmişlerdir. Bulgular, eğitim, gelir ve konut tipi gibi sosyo-ekonomik ve konutla ilgili faktörlerin, hanelerin odun, kömür, doğalgaz ve elektrik gibi yakıtları tercih etme olasılığını etkilediğini göstermektedir. Yüksek eğitim ve gelir seviyesi, doğalgaz ve elektrik kullanımını artırırken, kırsal alanlardaki müstakil konutlarda geleneksel yakıtlar tercih edilmektedir. Bu sonuçlar, Türkiye'de enerji tüketim kalıplarının enerji merdiveni hipoteziyle uyumlu olduğunu ortaya koymaktadır.

Bai vd. (2023), Çin'deki kırsal hanelerin enerji tercihlerini etkileyen faktörleri belirlemek için iki aşamalı regresyon modeli ve yapısal eşitlik modellemesi kullanarak anket verilerini analiz etmiştir. Bulgular, enerji merdiveni hipotezini çürütmekte olup enerji tüketim alışkanlıkları ve çoklu yakıt kullanımının tercihleri şekillendirdiğini göstermektedir. Demografik özellikler ve eğitim seviyesi ısıtma enerjisi tercihlerinde önemli rol oynarken, temiz ısıtma için ödeme istekliliğinde çevre algısı, sosyo-ekonomik durum ve devlet sübvansiyonu talebinin etkili olduğu görülmektedir. Çalışma, düşük karbon politikaları, temiz enerji teknolojileri ve sübvansiyonların, temiz ısıtmaya geçişi hızlandırabileceğini vurgulamaktadır.

Vo vd. (2024), Vietnam'daki kırsal hanelerin enerji tercihlerini ve tarım sektörünün bu tercihlere etkisini incelemek için 2016-2020 Vietnam Yaşam Standartları Anketi (VHLSS) verilerini kullanarak multinomial probit modeli uygulamıştır. Bulgular, ilgili hanelerdeki gelir artışının düşük kaliteli enerji kaynaklarından (biyokütle gibi) daha yüksek kaliteli kaynaklara geçişi sağlamadığını, diğer bir ifadeyle "enerji istifleme" hipotezini doğrulamaktadır. Ayrıca elde edilen bulgularda, tarım sektöründe çalışan hanelerin, kömür-biyokütle kullanma olasılığının daha yüksek olduğu görülmüştür. Eğitim ve hane büyüklüğü gibi faktörlerin de enerji tercihlerini etkilediği, ancak bu

etkinin, üretim ve günlük kullanım amaçlı enerji seçimleri arasında farklılaştığı tespit edilmiştir.

Rilling vd. (2024), Almanya'da 512 hane halkı ile gerçekleştirilen Ayrık Seçim Deneyi, yenilenebilir gaz tarifelerine yönelik tercihleri incelemiş ve deney sonuçları Hiyerarşik Bayes (HB) tahmini ile analiz edilmiştir. Sonuçlar, tüketicilerin fiyatı önceliklendirdiğini, biyometanı Sentetik Doğal Gaz (SNG)'ye tercih ettiğini ve bilgi eksikliği yaşadığını göstermiştir. Çalışma sonuçlarında marka ve kullanılan gaz karışımının içeriği orta düzeyde etkili bulunurken, bölgesellik ve tedarikçi türü önemsiz değişkenler olarak bulunmuştur. Bu bulgular, bilinçli karar vermeyi teşvik etmek için tüketici farkındalığının ve bilgi standardizasyonunun önemini vurgulamaktadır.

Hane halkı yakıt tercihinine ilişkin yapılan çalışmalara ait kapsamlı literatür taraması Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Hane Halkı Yakıt Tercihine İlişkin Literatür Taraması

Çalışma (Yayın Yılı)	Ülke	Veri Seti	Araştırma Yılı	Kullanılan Model	İstatistiksel Anlamlı Değişkenler
Schuler vd. (2000)	Almanya	Hane Halkı Anketi (44.000)	1988	Regresyon Analizi	Gelir, Hane Halkı Büyüklüğü, Eğitim Düzeyi, Meslek, Yaş
Nesbakken (2001)	Norveç	Hane Halkı Anketi (551)	1990-1995	Kesikli- Sürekli Tercih Modeli	Yatırım Maliyeti, Yakıt Gideri Maliyeti, Hane Halkı Özellikleri
Kim ve Shin (2002)	Kore	Kore Hane Halkı Panel Çalışması Anketi	1995/96 2010/11	MNP	Gelir, Hane Halkı Büyüklüğü, Yaş, Eğitim, Meslek, Bölge, Konut Tipi
Rehdanz (2007)	Almanya	Anket Yöntemi (12.000)	1998-2003	Regresyon Analizi	Binanın Özellikleri, Tapulu Ev Sahipliği(Gelir, Servet, Eğitim), Kiralık Ev Sahipliği(Gelir, Mali Güvencesizlik, Kontrol Eksikliği), Enerji Fiyatları
Sardianou (2008)	Yunanist an	Hane Halkı Anketi	2003	Probit, Tobit Model	Hane Halkı Büyüklüğü, Çocuk Sayısı, Gelir Seviyesi, Konut Sahipliği,
Steemers ve Yun (2009)	ABD	Konut Enerji Tüketimi Araştırması (RECS) (4.822)	2001	Genel Doğrusal Model (GLM)	İklim, Bina Özellikleri, Kullanıcı Davranışları

Tablo 2 (Devam). Hane Halkı Yakıt Tercihine İlişkin Literatür Taraması

Meier ve Rehdanz (2010)	İngiltere	İngiliz Hane Halkı Panel Araştırması (BHPS) (5000)	1991-2005	Panel veri yöntemi	Gelir Seviyesi, Aile Yapısı, Eğitim Düzeyi, Bina Özellikleri, Isıtma Teknolojileri, Hava Koşulları
Braun (2010)	Almanya	Alman Sosyo-ekonomik Panel	1984-2003	MNL	Gelir, Eğitim Düzeyi, Meslek, Bina Özellikleri, Bölgesel Şartlar
Jeong, Kim ve Lee (2011)	Kore	Temep Hane Halkı İct (İnternet İletişim Teknolojisi) / Enerji Araştırması (Thies).	2006-2008	MDCEV	Hane Halkı Gelir Düzeyi, Hane Büyükülüğü, İklim Koşulları
Michelsen ve Madlener (2012)	Almanya	Almanya Hane Halkı Anketi	2009-2010	MNL	Yaş, Eğitim, Gelir, Ev Sahipliği Süresi, Ev Tipi,
Couture, Garcia ve Reynaud (2012)	Fransa	Midi-Pyrénées Regional Enerji Gözlemevi (Oremip) Hane Halkı Anketi	2004-2005	MNL	Gelir, Eğitim, Yaş, Ev Tipi, Bölgesel Farklılıklar, Aile Büyükülüğü, Meslek
Laureti ve Secondi (2012)	İtalya	Ev Bütçesi Anketi	2009	MNL	Hane Halkı Gelir Seviyesi, Hane Büyükülüğü, Bina Yaşı, Konutun İnşa Yılı
Rouvinen ve Matero (2013)	Finlandiya	Hane Halkı Anketi (1008)	2010	Çoklu Seçim Deneyi (DCE) MNL	Yatırım Maliyeti, Yıllık İşletme Maliyeti, Karbondiyoksit Emisyonu,
Özcan, Gülay ve Üçdoğruk (2013)	Türkiye	Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)	2002-2006	MNL	Hane Halkı Gelir Düzeyi Yaşı, Yerleşim Yeri,

Tablo 2 (Devam). Hane Halkı Yakıt Tercihine İlişkin Literatür Taraması

Stolyarova vd. (2015)	Fransa	Ulusal Konut Anketi Hane Halkı Anketi	2006 2013	MNL	Yaş, Gelir Düzeyi, Eğitim Seviyesi, Aile Büyüklüğü, Ev Sahipliği Durumu, Konutun Özellikleri (Büyüklüğü, Yaşı, Tipi, Isıtma Sistemi Türü)
Eyre ve Baruah (2015)	İngiltere	Department Of Energy And Climate Change (Decc) (Uk).	Senaryo 2030-2050	Senaryo Analizi	Fosil Yakıt Bağımlılığı, Bina Yalıtım Seviyesi
Ruokamo (2016)	Finlandiya	Hane Halkı Anketi (432 Kişi)	2012-2014	MXL, Conditiona lLogit (CL) Model	Sistem Maliyetleri, Yürütme Maliyeti, Yaş, Yaşam Ortamı, Eğitim Düzeyi
Hecher vd. (2017)	Avusturya	Ev Sahipleri Anketi (484 Kişi)	2015	Lojistik Regresyon	Devlet Teşvikleri, Alt Yapı Geliştirmeleri
Zhang ve Hassen (2017)	Çin	Hane Halkı Anketi (8)	1989-2009	Ordered Probit Model	Yakıt Fiyatları, Hane Ekonomisi Büyüklüğü, Hane Reisinin Eğitimi
Qadi, Sodagar ve Elnokaly (2018)	Filistin	Hane Halkı Anketi (322)	2016	Ridge Regresyon Analizi	Konut Tipi, Yaşı, Yapı Malzemesi, Duvar Yalıtımı, Aylık Gelir
Çelik ve Oktay (2019)	Türkiye	Türkiye İstatistik Kurumu (93.119) (TÜİK)	2003-2011	OLOGİT, OPROBİT, GOLOGİT, MNL, MNP	Hane Halkı Reisinin Cinsiyeti, Mesleği, Geliri, Konut Tipi, Oda Sayısı, Yerleşim Yeri ve Bölgesi

Tablo 2 (Devam). Hane Halkı Yakıt Tercihine İlişkin Literatür Taraması

Wu vd. (2020)	Çin	Hane Halkı Kömür İkame Programı	2016-2017	PSM	Gelir, Eğitim, Aile Büyüklüğü, Ev Tipi
Zhu vd. (2020)	Çin	Anket Çalışması – Saha Araştırması (525)	2017-2018	MNL	Hane Halkı Gelir Düzeyi, Tüketici Bilinci, Devlet Teşviki
Iraganaboina ve Eluru (2021)	ABD	Konut Enerji Tüketim Anketi (Recs)	2015	MDCEV	Bölgesel Özellikler, Hane Halkı Geliri, Hane Halkı Büyüklüğü, Çocuk Sayısı Vb. Sosyo-Demografik Özellikler
Chen (2021)	Çin	Hane Halkı Anketi (570 Kişi)	2013-2014	MNL, Conditional Logit (ASCL) Model	Gelir Düzeyi, Eğitim Seviyesi, Hane Demografik Yapısı, Konumu, Enerji Maliyeti, Enerji Kaynağının Kalitesi
Karaaslan, Algül ve Karaaslan (2022)	Türkiye	Türkiye İstatistik Kurumu (47.573) (TÜİK)	2015-2018	Nested Logit model	Mevsimsel Farklar, Hane Halkı Gelir Seviyesi, Pandemi Etkileri, Hükümet Teşvikler
Belaïd ve Massié (2022)	Fransa	Hane Halkı Anketi	2016	MNL	Konut Tipi, Bina Yaşı, Ev Konumu, Sosyo-Demografik
İpek ve İpek (2022)	Türkiye	Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)	2016-2019	Ordered Logit	Gelir, Eğitim, Aile Büyüklüğü, Ev Sahipliği, Konut Özellikleri

Tablo 2 (Devam). Hane Halkı Yakıt Tercihine İlişkin Literatür Taraması

Bai vd. (2023)	Çin	Hane Halkı Anketi	2017-2019	İki Aşamalı Regresyon ve Yapısal Denklem Modeli	Hane Halkı Enerji Talebi, Yaş, Eğitim Düzeyi, Cinsiyet, Aile Büyüklüğü
Rilling vd. (2024)	Almanya	Hane Halkı Anketi (512)	2021	HB, MNL	Isınma Sistemlerindeki Tüketici Bilinci Seviyesi

2.5. ARAŞTIRMANIN AMACI ve ÖNEMİ

Ev hanelerinin mekân ısıtması için yakıt türü tercihinin belirlenmesi, hanelerin enerji kullanım miktarının tahmin edilmesi ve etkili yakıt türü seçimi veya enerji tasarrufu programlarının geliştirilmesi açısından önemlidir (Train, 2003). Hane halkları, özellikle son zamanlarda hanelerdeki doğrudan enerji tüketimine giderek artan tutarda bir bütçe harcamaktadır. Özellikle ılıman bölgelerde hanelerde tüketilen enerjinin yaklaşık dörtte üçü konutların ısıtılmasına ayrılmaktadır. Enerji kaynaklarının verimli kullanımına sürekli bir biçimde dikkat edilmesi nedeniyle, hanelerin enerji ile ilgili davranışlarının belirlenmesi önem arz etmektedir (Braun, 2010). Buna ek olarak, gelişmekte olan birçok ülkede, hane halkının yakıt seçimi ve yakıt değiştirme davranışı politika yapımında önemli bir bakış açısı sağlamakta ve birçok ülke hane halkının daha az olumsuz çevresel, sosyal ve sağlık etkileri olan daha verimli yakıtlara geçmesini teşvik eden ve sağlayan girişimleri desteklemektedir. Bu noktada kamu politikalarının etkin bir şekilde düzenlenmesi, öncelikle hane halklarının yakıt seçimlerini ve tüketim davranışlarını etkileyen belirleyicilerin araştırılmasını ve analiz edilmesini gerektirmektedir (Farsi vd. 2007). Bununla birlikte, yakıt istifleme ile yakıt değiştirmenin göreceli önemi, hala bir araştırma konusu niteliği taşımaya devam etmektedir (Heltberg, 2005).

İlgili açıklamalar ışığında bu tezin temel amacı, “Multinaminal Logit” ve “Multinomial Probit” modelleri olarak adlandırılan sırasız kesikli tercih modellerinin karşılaştırılması yoluyla, Türkiye’de hane halklarının alan ısıtması için yakıt türü seçimini araştırmaktır. Bu çalışma, veri seti, değişken seçimi ve MNL ile MNP modellerinin

karşılaştırılması açısından literatürde yapılmış daha önceki çalışmalardan önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Buna ek olarak, Türkiye'deki geçmiş ve mevcut enerji politikaları, Türkiye'nin ekonomik kalkınması için birçok açıdan hayati önem taşıyan sürdürülebilir modern yakıtların benimsenmesi için yetersiz görüldüğünden, Türkiye hane halkının yakıt türü seçimleri, dönemsel olarak daha fazla ilgiyi hak etmektedir. Küresel, ekonomik ve jeopolitik belirsizliklerin nispeten yüksek olması nedeniyle Türkiye ekonomisi, Morgan Stanley'in ekonomik büyüme için ağırlıklı olarak yabancı yatırımlara dayanan ekonomiler için belirlediği kırılgan beş ülke (kırılgan beşli) arasında yer almaktadır. Türkiye ekonomisi, COVID-19 salgınının olumsuz etkileri ve bölgesinde devam eden jeopolitik çatışmalar nedeniyle bir süredir yüksek enflasyon sorunuyla karşı karşıyadır. Türkiye ekonomisi son yirmi yılda hızlı bir ekonomik büyüme yaşamış olsa da bu durumla doğru orantılı olarak, özellikle petrol (%93) ve doğal gaz (%99) olan yüksek ithalat bağımlılığı da önemli ölçüde artmıştır. Bu noktada, enerji sisteminin yeniden yapılandırılması, enerji talebi artışını rasyonelleştirerek, enerji fiyatlarını düşürerek ve ithalat artış hızını yavaşlatarak Türkiye ekonomisi için hayati bir rol oynayabilir. Türkiye'de konutlarda enerji tüketimi son yıllarda biyoyakıt ve petrolden, doğal gaz ve elektriğe kayda değer bir geçiş göstermiş olsa da biyoenerji tüketimi 2008 yılından bu yana %76 oranında azalmıştır. Bu dönemde doğal gaz ve elektrik kullanımı dört katına çıkmış, konutlardaki enerji tüketimi ise iki katına çıkmıştır. Ancak, son göstergeler Türkiye'deki hanelerin, CO₂ emisyonlarının özellikle mekân ısıtması için hala nispeten yüksek olduğunu göstermektedir. 2018 yılında Türkiye'deki hanelerin toplam enerji tüketimi, %70'ini alan ve su ısıtması için gerçekleşmiştir (IEA Turkey, 2021). Böyle bir durumda, hanehalklarının alan ısıtması için yakıt türü seçimi davranışı, fosil yakıtlardan modern yenilenebilir enerji kaynaklarına hızlı geçişini sağlamak için, Türkiye'nin geçmiş ve mevcut enerji politikalarında önemli bir yer tutmaktadır. Hanehalklarının yakıt türü seçiminin ana belirleyicilerini ve fosil yakıtlara güvenmenin ana nedenlerini daha iyi anlamak, CO₂ emisyonlarının potansiyel azaltım önlemlerini belirlemek, Türkiye ekonomisinin yüksek ithalat bağımlılığını azaltmak ve 2050 yılına kadar sürdürülebilir kalkınma hedeflerine katkıda bulunmak için gelecekteki enerji politikaları için verimli bilgiler sağlayacaktır.

Türkiye'de enerjinin geçmiş ve mevcut durumuyla ilgili açıklamaların birçoğu tezin birinci bölümünde yapılmış olup ikinci bölümde ise özellikle mevcut literatür gözden

geçirilmekte ve yine mevcut bölümde MNL ve MNP modelleri kapsamında hanehalkı yakıt türü seçiminin metodolojik çerçevesi hakkında teorik bilgi verilmektedir. Ayrıca ikinci bölümde veri toplama, MNL ve MNP modellerinde kullanılan bağımlı ve bağımsız değişkenler tanıtılmaktadır. Yine aynı bölümde ampirik bulgular ayrıntılı olarak sunulmakta ve yorumlanmaktadır. Çalışma, bu çalışmanın kısıtları ve gelecekteki araştırmalar için önerilerle son bulmaktadır.

2.6. VERİ SETİ ve YÖNTEM

Bu çalışmada, çok durumlu Logit ve çok durumlu Probit modellerinin Stata/MP 16.0 paket programı yardımıyla ekonometrik analizi gerçekleştirilmiştir. Bu amaç bağlamında, 2018 yılı TÜİK Bütçe Araştırması meta veri setinden (Türkiye İstatistik Kurumu, 2018) faydalanılarak Türkiye’de hane halklarının ısınmak amacıyla kullandıkları birinci yakıt türü tercihlerini etkileyen faktörler tespit edilmeye çalışılmaktadır. 2018 TÜİK Hane halkı Bütçe Araştırması, 11.828 hane ve 40.688 kişiye uygulanmıştır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) Hanehalkı Bütçe Araştırması, 1987 yılından beri süregelen ve 2002 yılından itibaren yıllık olarak tekrarlanan, geniş kapsamlı yatay kesit verileri içeren bir araştırmadır. TÜİK Hanehalkı Bütçe Araştırmaları, hane halklarının sosyoekonomik yapılarını, yaşam düzeylerini ve tüketim alışkanlıklarını anlamak ve uygulanan sosyoekonomik politikaların etkinliğini değerlendirmek amacıyla tasarlanmıştır. Bu araştırmalar, bireylerin ve hanelerin tüketim yapılarını ve gelir düzeylerini, kır-kent, bölgesel ve sosyoekonomik sınıflandırmalara göre ortaya koymayı hedeflemektedir (Türkiye İstatistik Kurumu, 2018a).

Her bir hanehalkı bütçe araştırması, Türkiye genelinde bir yıl boyunca aylık değişen örneklem büyüklükleriyle uygulanmaktadır. Bu araştırmalarda, hane, fert ve tüketim olmak üzere üç farklı veri seti bulunmakta ve bu veri setleri hanehalkı bülten numaraları aracılığıyla birbiriyle eşleştirilebilmektedir. Araştırmalarda kırsal yerleşim yerleri, Türkiye Cumhuriyeti sınırları içinde nüfusu 20.000 ve altında olan yerleşim yerleri olarak tanımlanırken, kentsel yerleşim yerleri ise nüfusu 20.000'den fazla olan yerleşim yerleri olarak tanımlanmaktadır.

TÜİK Hanehalkı Bütçe Araştırmaları'nın örnekleme tasarımında ilk aşama, örnekleme birimi olan ve yerleşim yerlerinin büyüklüklerine göre belirlenen blokların seçilmesidir. Bu blokların seçiminde Ulusal Adres Veri Tabanı dikkate alınmakta ve nihai

örnekleme birimleri olarak hanehalkları seçilmektedir. Bu sayede, TÜİK Hanehalkı Bütçe Araştırmaları için tabakalı iki aşamalı küme örnekleme yöntemi kullanılmaktadır. Araştırma sonuçlarında kullanılan ağırlık katsayıları ise Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi'ne göre güncel nüfus projeksiyonları dikkate alınarak hesaplanmaktadır. (Türkiye İstatistik Kurumu, 2018).

2018 Türkiye İstatistik Kurumu Hane halkı Bütçe Araştırması'nda söz konusu bağımlı değişkene ait 16 değişken kategorisi bulunmaktadır. İlgili kategoriler; “kömür ve kömür türevleri”, “odun”, “talaş”, “kabuk (fındık, ceviz vb.)”, “prina”, “tezek”, “yakıt-yağ”, “doğalgaz”, “LPG”, “elektrik”, “buhar-sıcak su enerjisi”, “güneş enerjisi”, “jeotermal enerji”, “rüzgâr enerjisi”, “hidroelektrik enerjisi” ve “diğer yakıt türleri” olarak listelenmektedir. Bununla birlikte, frekans olarak daha az tercih edilen enerji türleri, gerçekleştirilecek ekonometrik tahmin sonuçlarını önemli ölçüde etkilememesi adına diğer yakıt türleri kategorisinde birleştirilerek hane halklarının ısınmak amacıyla tercih ettikleri en yüksek frekans değerlerine sahip dört kategori üzerinden değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda, MNL ve MNP modelleri uygulaması için kullanılan nihai bağımlı değişken kategorileri; “kömür ve kömür türevleri”, “odun”, “doğalgaz” ve “diğer yakıt türleri” olarak sıralanabilmektedir. Benzer şekilde, uygulamada kullanılan bazı bağımsız değişken kategorilerinde de yüksek derecede çoklu doğrusal bağlantı problemlerinden kaçınmak ve düşük frekanslı kategorilerin analiz sonuçlarını etkilememesi adına benzer kategorilerin mantıksal birleştirilmesi yoluna gidilmiştir.

2.7. TANIMLAYICI İSTATİSTİKLER

Tablo 3'te çok durumlu MNL ve MNP modellerinin tahmini amacıyla kullanılan veri setindeki değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler sunulmaktadır.

Tablo 3. Değişkenlere İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler

Değişkenler	Frekans (%)
Bağımlı Değişken	
Yakıt Türü	
Kömür/Kömür türevleri	4,155 (35.13)
Yakacak odun	1,739 (14.70)
Doğal gaz	5,052 (43.71)
Diğerleri*	882 (7.46)
Bağımsız Değişkenler	
Hane tipi	
Tek kişi	1,149 (9.71)
Çekirdek aile	8,949 (75.66)
Diğerleri*	1,730 (14.63)
Konut tipi	
Müstakil ev	3,877 (67.22)
İki ev*	1,491 (12.61)
3–9 ev	3,125 (26.42)
> 9 ev	3,335 (28.20)
Konut kullanım süresi	
Ev sahibi tarafından kullanılan	7,184 (60.74)
Kiracı	2,764 (23.37)
Diğerleri*	1,880 (15.89)
İkamet edilen yıl(lar)	
≤ 1*	1,232 (10.42)
2–5	2,818 (23.82)
6–10	2,111 (17.85)
11–15	1,233 (10.42)
> 15	4,434 (37.49)
Konut inşaat süresi	
Önce 1971*	1,364 (11.53)
1971–1980	1,602 (13.54)
1981–1990	2,265 (19.15)
1991–2000	2,684 (22.69)
2001–2005	1,284 (10.55)
Sonra 2005	2,665 (22.53)
Oda sayısı	
Konut boyutu (m²)	
< 100	4,664 (39.43)
100–149	5,923 (50.08)
≥ 150*	1,241 (10.49)
Zemin tipi	
Parke	6,689 (56.55)
Ahşap	1,414 (11.95)
Fayans	1,213 (10.26)
Siyah beton	1,639 (13.86)
Diğerleri*	685 (5.79)

Tablo 3 (Devam). Değişkenlere İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler

Isıtma sistemi tipi	
Düz ısıtma/kombi (kombi vb.)	4,538 (38.37)
Soba (yakacak odun, kömür, doğal gaz, elektrik, tüp, vb.)*	5,753 (48.64)
Ortak/merkezi ısıtma	1,134 (9.59)
Diğerleri	403 (3.41)
İkinci ev sahipliği	
Evet	995 (8.41)
Hayır*	10,833 (91.59)
Otomobil sahipliği	
Evet	5,110 (43.20)
Hayır*	6,718 (56.80)
Tasarruf durumu	
Evet	4,540 (38.38)
Hayır*	7,288 (61.62)
Hane halkı yıllık harcanabilir geliri (log)	
Hane halkı büyüklüğü	
Hane reisinin cinsiyeti	
Erkek	10,002 (84.56)
Kadın*	1,826 (15.44)
Hane reisinin yaşı	
Hane halkı reisinin eğitim düzeyi	
Okuma yazma bilmiyor *	1,317 (11.13)
Birincil	6,696 (56.61)
İkincil	2,041 (17.26)
Üçüncül	1,774 (15.00)
Hane halkı reisinin medeni durumu	
Evli	9,662 (81.69)
Bekar*	2,166 (18.31)
Hanehalkı reisinin meslek grubu	
Kanun yaıcılar, üst düzey yöneticiler ve direktörler	561 (4.74)
Profesyonel meslek grupları	676 (5.72)
Yardımcı profesyonel meslek grupları	431 (3.64)
Ofis ve müşteri hizmetleri	377 (3.19)
Servis ve satış çalışanları	1,338 (11.31)
Nitelikli tarım, ormancılık ve su ürünleri çalışanları	1,482 (12.53)
El sanatları ve diğer ilgili işler	1,211 (10.24)
Tesis ve makine operatörleri ve montajcılar	956 (8.08)
Temel meslek grupları	884 (7.47)
Diğerleri*	3,912 (33.07)
İstihdam türü	
Tam zamanlı	4,550 (38.47)
Yarı zamanlı	302 (2.55)
Geçici	297 (2.51)
Diğerleri*	6,679 (56.47)

Tablo 3'te görüldüğü gibi, uygulamada kullanılan birçok değişken, değişken kategorilerinin bağımlı değişken üzerindeki etkisini yansıtmak için kukla değişkenler olarak tanımlanmıştır. Ancak oda sayısı, hanehalkı yıllık kullanılabilir geliri, hanehalkı büyüklüğü ve hanehalkı reisinin yaşı sürekli değişkenler olarak kullanılmıştır. Tablo 5, MNL modelinin maksimum olabilirlik tahmin sonuçlarını sunmaktadır. Tablo 5'de görüldüğü üzere, tahmin edilen MNL modeli %1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır (Prob > chi 2 = 0.000). Tablo 5'te görüleceği üzere ise tahmin edilen MNL modeli 11.828 gözlem ile 8 iterasyonda sonuç vermiştir (log-likelihood: -6,496, 7772). MNL modelini tahmin etmek için hesaplanan Pseudo-R2 değeri 0,5447'dir. Bu değer, önceki çalışmalarda kesikli tercih modelleri için önerilen Pseudo-R2 değerlerine kıyasla istatistiksel olarak yüksek uyum iyiliği göstermektedir (Louviere vd., 2000). MNP modeli, genellikle MNL modelinin ilişkisiz alternatiflerin bağımsızlığına ilişkin kısıtlayıcı varsayımı ihlal ettiği durumlarda tercih edilen çok terimli bir kesikli seçim modelidir. Tablo 5 ayrıca MNP modelinin maksimum olabilirlik tahmin sonuçlarını da göstermektedir. MNP modeli 11.828 gözlem ve 4 iterasyon ile tahmin edilmiştir. Tahmin edilen MNP modeli %1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır (Prob > chi2 = 0.000). Tablo 5, MNP modelinin düzeltilmiş Pseudo-R2 değerinin 0,597 olduğunu ve yüksek bir uyum iyiliğine işaret ettiğini göstermektedir (Louviere vd., 2000).

MNL modeli tahmin sonuçları, her bir bağımlı değişken kategorisi için bağımsız değişkenlerin tahmin sonuçlarını ayrı ayrı hesaplamaktadır. MNL modelinin tahmin sonuçları bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin yönü hakkında bilgi vermektedir. İlişkinin büyüklüğü hakkında bilgi edinmek için göreceli risk oranı, marjinal etkiler ve esneklik değerleri gibi istatistiksel analizler hesaplanmıştır. Bu bölümde, MNL modeli tahmin sonuçlarının ayrıntılı yorumu, kesikli seçim modelleri için marjinal etkiler ve göreceli risk oranlarından daha iyi sonuçlar verdiği gösterilen ortalama doğrudan sözde esnekliklere dayanmaktadır (Washington vd. 2011). Tablo 4'te, maksimum olabilirlik yöntemiyle tahmin edilen MNL ve MNP modelleri, log-olabilirlik değerleri, serbestlik dereceleri ve Akaike (AIC) ve Schwarz bilgi (BIC) kriterleri kullanılarak istatistiksel kesinlik açısından karşılaştırılmaktadır. Tablo 4'te görüldüğü gibi, tüm değişkenler için tahmin edilen iki multinomial model birbirine yakın değerler vermiştir. Mevcut literatür, daha düşük AIC ve BIC değerlerine sahip kesikli seçim modellerinin istatistiksel olarak daha basit olduğunu göstermektedir. Mevcut çalışmada, BIC değerleri en iyi model

uyumunu belirlemek için ana kriter olarak kabul edilmiştir, çünkü BIC ek parametreler için daha yüksek bir ceza uygulamak için benimsenmiştir (Williams, 2016; Dziak vd., 2020). Bu bağlamda, Tablo 4'te görüldüğü üzere, daha düşük BIC değerlerine (ve daha düşük AIC) sahip MNL modeli, uygulamada kullanılan veri seti için MNP modelinden istatistiksel olarak daha uygulanabiliridir.

Tablo 4. MNL ve MNP Modellerinin Uyum İyiği Karşılaştırması

Model	N	LL (Null)	LL (Full)	AIC	BIC	Pseudo-R ²
MNL	11,828	– 14,268.09	–6,496.78	13,293.55	14,400.29	0.5447
MNP	11,828	–6,535.77	–6,514.20	13,328.40	14,435.13	0.5870

2.8. MODEL TAHMİN SONUÇLARI

Tablo 5, maksimum olabilirlik yöntemiyle tahmin edilen hem MNL hem de MNP modelleri için ortalama esneklikleri göstermektedir. Buna göre hanehalkı tipinin, Türk hanehalklarının yakıt seçimi üzerinde önemli bir etkisi olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Ayrıca, kömür seçimi için elde edilen esneklik değerleri, tek kişilik hanelerin diğer hane tiplerine kıyasla konutlarını ısıtmak için kömür ve kömür türevlerini seçme olasılığının yaklaşık %2 ($-0,023$; $p < 0,01$) daha düşük olduğunu göstermektedir. Tek kişilik hanelerin diğer yakıt türlerini seçme olasılığının da diğer hane türlerine göre %9 ($0,087$; $p < 0,01$) daha fazla olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Çekirdek ailelerin kömür ve türevlerini seçme olasılığı diğer hane türlerine göre yaklaşık %10 ($-0,095$; $p < 0,01$) daha azdır. Özellikle, çekirdek ailelerin modern yakıtları seçme olasılığı diğer hane türlerine göre daha yüksektir. Sonuçlar, çekirdek ailelerin mekan ısıtma amacıyla doğal gazı seçme olasılığının diğer hane türlerine göre %21 ($0,213$; $p < 0,05$) daha yüksek olduğunu ortaya koymaktadır. Müstakil evlerde yaşayan hanehalklarının, ısınma için daha ilkel (örn. odun) ve geçiş dönemi (örn. kömür/kömür türevleri) yakıt türlerini daha fazla, modern yakıt (örn. doğal gaz) türünü ise daha az tercih ettiği tespit edilmiştir. Sayısal olarak, müstakil konutlarda ikamet eden hanelerin kömür ve kömür türevlerini seçme olasılığı, iki haneye sahip konutlarda ikamet eden hanelere göre yaklaşık %6 ($0,058$; $p < 0,01$) daha fazladır. Konut tipinin müstakil konut olması durumunda ise, yakacak odun tercih etme olasılığı, iki haneli konutlarda yaşayan hanelere göre yaklaşık %11 ($0,110$; $p < 0,01$) daha yüksektir. Müstakil konutlarda yaşayan hanelerin, doğal gaz tercih etme olasılığının, iki

haneli konutlara göre %18 (-0.183 ; $p < 0.01$) daha düşük olduğu bulgusu elde edilmiştir. Bu sonuç yakın zamanda yapılan bazı çalışmalarla paralellik göstermektedir (İpek ve İpek, 2022; Belaïd ve Massié, 2022). Benzer şekilde, daha fazla haneye sahip konutlarda yaşayan Türk halkının (örn. 3-9 hane ve örn. > 9 hane), modern yakıtlardan olan doğal gazı seçme olasılığı daha yüksekken, daha ilkel (örn. yakacak odun) ve geçiş yakıtlarını (örn. kömür/kömür türevleri) seçme olasılığı daha düşük orandadır. Bu durum ise yakın zamanda yapılan bazı araştırmalarla uyumludur (Karaarslan vd., 2022). 3-9 haneli binalarda ve on veya daha fazla haneli binalarda ikamet eden Türk halkının, kömür ve kömür türevlerini seçme olasılığı, iki haneli konutlarda ikamet eden hanelere göre, sırasıyla yaklaşık %15 (-0.153 ; $p < 0.01$) ve %32 (-0.321 ; $p < 0.01$) daha düşüktür. Bu sonuç önceki diğer bazı araştırmalarla tutarlılık göstermektedir (Jaime vd., 2020). 3-9 haneli konutlarda ve 10 veya daha fazla haneli binalarda yaşayan hanelerin doğal gazı tercih etme olasılığı sırasıyla %36 (0.355 ; $p < 0.01$) ve %68 (0.685 ; $p < 0.01$) daha yüksektir. Bununla birlikte, 3-9 haneli konutlarda ve 10 veya daha fazla haneli konutlarda ikamet eden hanelerin yakacak odun tercih etme olasılığı, iki haneli konutlarda ikamet edenlere kıyasla sırasıyla, yaklaşık %10 (-0.104 ; $p < 0.01$) ve %15 (-0.149 ; $p < 0.01$) daha düşüktür. Son olarak, 3-9, 10 veya daha fazla hanede ikamet eden Türk halkının, diğer yakıt türlerini seçme eğilimi %12 (0.122 ; $p < 0.01$) ve %37 (0.370 ; $p < 0.01$) daha fazladır. Bu sonuçlar daha önceki çalışmalarla paralellik göstermektedir (Vaage, 2000; Couture vd., 2012).

Araştırma sonuçlarına göre, konutun kullanım süresinin, Türkiye’de hanehalklarının alan ısıtması için yakıt türü tercihi üzerinde önemli bir etkisi olduğu bulgusu elde edilmiştir. Ev sahibi olan hanelerin doğal gazı seçme olasılığı %15 (-0.149 ; $p < 0.01$) daha düşük ve diğer yakıt türlerini seçme olasılığı %20 (0.198 ; $p < 0.01$) daha yüksektir. Öte yandan, kiracıların yakacak odun seçme olasılığı %7 (-0.688 ; $p < 0.01$) daha düşük bulunmuştur. Rehdanz (2007) yaptığı çalışmada, ev sahiplerinin enerji tasarruflu ısıtmaya sahip olma ihtimalinin daha yüksek olduğunu ve kiracıların ise mevcut ısıtma koşullarını iyileştirme ihtimalinin daha düşük olduğunu savunmaktadır. Konutlarında 6-10 yıldır yaşayan hanelerin, kömür ve kömür türevlerini tercih etme olasılığı, evlerinde bir yıl veya daha az süredir yaşayan hanelere göre yaklaşık %3 (0.026 ; $p < 0.01$) daha fazladır. Evlerinde 11-15 yıl ve 15 yıldan fazla süredir yaşayan hanelerin ise diğer yakıt türlerini seçme olasılığı %8 (-0.082 ; $p < 0.01$) ve %26 (-0.262 ; $p < 0.01$)

daha düşüktür. 1981-1990 (0.034; $p < 0.01$), 1991-2000 (0.027; $p < 0.01$), 2001-2005 (0.027; $p < 0.01$) ve 2006 ve sonrasında (0.031; $p < 0.05$) inşa edilen binalarda ikamet eden hanelerin kömür ve türevlerini tercih etme olasılığı 1970 ve öncesinde inşa edilen binalarda ikamet eden hanelere göre yaklaşık %3 daha fazladır. Bu bulgular daha önce yapılan bazı araştırmalarla tutarlı sonuçlar göstermektedir (İpek ve İpek, 2022; Iraganaboina ve Eluru, 2021; Belaid ve Massie, 2022; Qadi vd., 2018). Oda sayısının, Türk hanehalklarının kömür/kömür türevlerini tercih etme olasılığını %17 (0,171; $p < 0,01$) artırdığı, ancak alan ısıtması için diğer yakıt türü tercihlerini %90 (- 0,903; $p < 0,01$) azalttığı bulgusu da araştırmanın diğer başka sonuçlarından biridir. Bu bulgu Vaagen'in (2000) yaptığı çalışma bulgularından farklı sonuçlar göstermektedir. Konut büyüklüğünün, Türk hanehalklarının alan ısıtması için yakıt türü seçiminde bir diğer önemli faktör olduğu görülmektedir. Buna göre, 100-149 m² konutlarda ikamet eden hanelerin kömür ve kömür türevlerini seçme olasılığı, 150 m² ve daha büyük konutlarda ikamet eden hanelere göre %7 (0.072; $p < 0.01$) daha yüksek olduğu görülmektedir. MNL modeli, doğal gaz seçme olasılığının, 100 m² 'den küçük konutlarda, 150 m² ve daha büyük konutlara kıyasla %11 (0.113; $p < 0.10$) daha yüksek ve 100-149 m² 'lik konutlarda %14 (-0.141; $p < 0.05$) daha düşük olduğunu ortaya koymuştur. Konut büyüklüğü 100 m² 'den az olduğunda, diğer yakıt türlerini seçme olasılığı %21 (-0.211; $p < 0.01$) azalmaktadır. Bu sonuçlar ise daha önceki çalışmalarla uyumludur (Iraganaboina ve Eluru, 2021; Belaid ve Massie, 2022; Jaime vd., 2020; Bai vd., 2023).

Tablo 5. MNL ve MNP Modellerinin Ortalama Doğrudan Esneklik Değerlerinin Ağırlıklı Tahmin Sonuçları

Bağımsız değişken	Kömür/Kömür türevleri		Yakacak odun		Doğal gaz		Diğerleri	
	MNL	MNP	MNL	MNP	MNL	MNP	MNL	MNP
Hane tipi								
Tek kişi	-2.33*	-2.72*	1.47	0.10	2.23	1.86	8.69*	8.02*
Çekirdek aile	-9.50*	-9.55*	2.27	2.01	21.30**	15.23***	1.11	3.10
Konut tipi								
Müstakil ev	5.79*	5.32*	11.05*	15.03*	-18.32*	-16.02*	3.54	5.89
3-9 evler	-15.32*	-14.54*	-10.43*	-12.02*	35.52*	25.93*	12.19*	10.65*
> 9 evler	-32.07*	-32.11*	-14.92*	-21.77*	68.47*	52.89*	36.99*	32.29*
Konut kullanım süresi								
Ev sahibi tarafından kullanılan	3.24	2.39	2.88	3.25	-14.90*	-12.25**	19.76*	21.30*
Kiracı	0.02	0.46	-6.88*	-7.82**	2.27	2.30	-1.76	-2.06
İkamet süresi								
6-10	2.56*	2.32**	-4.10	-4.45	3.30	3.33	-5.24	-4.77
11-15	1.24***	1.39**	-1.19	-1.05	0.11	0.42	-8.23*	-7.73*
> 15	2.92	2.91	-4.61	-4.92	3.02	4.81	-26.21*	-25.57*
Konut inşaat süresi								
1981-1990	3.43*	3.74*	-0.02	0.08	-7.03**	-6.49*	-3.03	-1.07
1991-2000	2.71**	3.13**	-1.03	-0.05	-5.97	-5.83***	-0.03	1.42
2001-2005	2.72*	3.04*	1.76	2.82	-6.85*	-6.45*	-0.04	0.06
Sonra 2005	3.06**	3.57**	-2.69	-1.83	-4.82	-4.45	-4.78	-3.91
Oda sayısı	17.10**	21.05**	-10.80	-4.55	-7.81	-9.18	-90.31*	-80.86*
Konut boyutu (m ²)								
< 100	-1.37	-0.45	-4.08	-3.37	11.32***	8.91***	-21.10*	-21.50*
100 - 149	7.21*	8.02*	-1.03	0.06	-14.05**	-11.63**	-8.15	-8.24
Zemin tipi								
Parke	-1.83	-0.95	-9.93***	-12.20***	10.08	9.01	-7.98	-10.73
Ahş	2.24*	2.36*	3.77*	4.79*	-5.41*	-4.82*	-3.35	-2.57
Fayans seramik	3.63*	3.27*	3.11**	3.74**	-12.83*	-10.55*	10.15*	10.97*

Tablo 5 (Devam). MNL ve MNP Modellerinin Ortalama Doğrudan Esneklik Değerlerinin Ağırlıklı Tahmin Sonuçları²

Bağımsız değişken	Kömür/Kömür türevleri		Yakacak odun		Doğal gaz		Diğerleri	
	MNL	MNP	MNL	MNP	MNL	MNP	MNL	MNP
Siyah beton	6.79*	6.20*	4.06**	5.14**	-21.55*	-17.31*	13.19*	14.46*
Isıtma sistemi tipi								
Düz ısıtma/kombi	-47.74*	-49.01*	-124.56*	-132.33*	175.10*	150.66*	-70.67*	-69.35*
Ortak/merkezi ısıtma	3.20*	3.19*	-40.03*	-38.39*	12.79*	12.75*	-23.41*	-19.58*
Diğerleri	-1.96*	-2.13*	-5.14*	-5.76*	2.11**	0.74	12.95*	14.62*
İkinci ev sahipliği, evet	-0.98**	-1.08**	2.62*	3.21*	2.25**	1.50***	-2.41	-1.78
Otomobil sahipliği, evet	3.71*	4.15*	6.61**	9.29**	-8.38*	-7.92*	-7.70***	-7.02
Tasarruf durumu, evet	4.50*	4.76*	4.21	7.15**	-11.12*	-10.42*	-2.55	-0.07
HH yıllık harcanabilir gelir (log)	-304.02*	-306.72*	-198.33*	-292.91*	730.03*	605.23*	155.65	84.82
Hane halkı büyüklüğü	0.29	-0.03	-10.91	-14.43	-13.09	-10.62	49.41*	47.66*
HH'nin cinsiyet; erkek	5.84	5.06	23.81**	28.46**	-26.52*	-21.97**	16.00	12.66
HH'nin yaşı (log)	10.20	19.18	71.34	108.10	87.65	68.35	-418.28*	-413.11*
HH'nin eğitim seviyesi								
Birincil	-0.61	-1.77	10.09***	11.49***	-0.68	-0.04	-3.49	-1.21
HH'nin meslek grubu								
Kanun yapıcılar, üst düzey yöneticiler ve direktörler	0.90**	1.01*	0.14	0.07	-1.80**	-1.56**	-1.11	-0.74
Profesyonel meslek grupları	1.99*	2.32*	0.14	0.29	-5.01*	-4.48*	0.88	0.89
Yardımcı profesyonel meslek grupları	0.58	0.71**	-1.85	-0.20	-1.06	-0.98	0.85	1.08
Ofis ve müşteri hizmetleri	1.04*	1.19*	-2.92**	-3.06**	-0.90	-0.61	-1.91	-1.67
Servis ve satış çalışanları	2.03*	2.26*	2.44	3.20	-5.66*	-5.34*	0.32	1.07
Nitelikli tarım, ormancılık ve su ürünleri çalışanları	6.64*	5.80*	13.04*	16.60*	-21.45*	-17.77*	5.09**	7.19*
El sanatları ve diğer ilgili işler	1.08***	1.41**	-0.04	-0.03	-0.07	-1.03	-5.12**	-4.13**
Tesis ve makine operatörleri ve montajcılar	1.21**	1.56*	-1.93	-2.32	-0.14	-1.27	-2.58	-2.29
Temel meslekler	1.90*	1.98*	0.66	0.82	-4.19*	-3.48*	-1.55	-0.81
İstihdam türü								

² Notlar: * p < 0.01; ** p < 0.05; *** p < 0.10; HH: Hane reisi; Sadece istatistiksel olarak anlamlı değerler sunulmuştur. Her değişkene ait (bir satırda) en az bir hücre istatistiksel olarak anlamlı ise, tutarlılık sağlamak amacıyla bu bağımsız değişken için anlamlı olmayan değerler de sunulmuştur.

Tablo 5’ya göre MNL modeli tahmin sonuçları, oturma odasında parke, karo taşı, seramik ve siyah beton zemin yapısına sahip olmanın, mekan ısıtması için kömür ve türevlerinin tercih edilme olasılığını, sırasıyla yaklaşık %2 (0,022; $p < 0,01$), %4 (0,036; $p < 0,01$) ve %7 (0,068; $p < 0,01$) oranında artırdığını ortaya koymuştur. Sert ahşap zeminli binalarda ısınma için yakacak odun seçme olasılığı diğer zemin yapılarına göre %10 (-0,099; $p < 0,10$) daha az olma eğilimindedir. Konutun zemininin karo seramik veya siyah beton olması durumunda doğalgaz tercih etme olasılığı, diğer zemin türlerine kıyasla sırasıyla %13 (-0,128; $p < 0,01$) ve %22 (-0,216; $p < 0,01$) oranında olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Zemin tipi karo seramik ve siyah beton olduğunda diğer yakıt türlerini seçme olasılığı ise sırasıyla %10 (0,102; $p < 0,01$) ve %13 (0,132; $p < 0,01$) oranlarında artmaktadır. Isıtma sistemi olarak, kat kaloriferi/kombi kullanan haneler, kömür ve kömür türevlerini, sobalı konutlarda ikamet eden hanelere göre yaklaşık %48 (-0,477; $p < 0,01$) daha az tercih etmektedir. Tahmin sonuçları, hanelerdeki ısıtma sistemi düz ısıtma/kombi sistemi olduğunda, ısınma amacıyla yakacak odun tercih etme olasılığının, sobaya kıyasla %125 (-1,246; $p < 0,01$) azaldığını göstermiştir. Benzer şekilde, ısıtma sisteminin binada merkezi ısıtma olması durumunda, hanelerin ısınma için yakacak odun seçme olasılığı, %40 (-0,400; $p < 0,01$) oranında olduğu görülmektedir. Bu bulgu, daha önceki bazı girişimlerle paralellik göstermektedir (İpek ve İpek, 2022). Isıtma sistemi düz ısıtma/kombi sistemi ise hanelerin, diğer yakıt türlerine oranla doğal gaz seçme olasılığı %175 daha fazla iken, ısıtma sistemi merkezi ısıtma ise %13 (0,128; $p < 0,01$) oranında daha fazladır. Diğer yakıt türlerini seçme olasılığı, ısıtma sistemi düz ısıtma/kombi, ortak/merkezi ısıtma ve diğer ısıtma sistemleri olduğunda sırasıyla %71 (-0,707; $p < 0,01$) ve %23 (-0,234) oranında azalmakta ve %13 (0,130; $p < 0,01$) oranında artmaktadır. Bu bulgu önceki bazı çalışmalarda elde edilen bulguların aksine (Belaid ve Maisse, 2022; Çebi Karaarslan vd., 2022), ikinci ev sahipliğinin hanehalkının alan ısıtması için yakıt türü seçimi üzerinde, istatistiksel olarak anlamlı fakat küçük etkileri olduğunu göstermektedir. Ayrıca ikinci ev sahiplerinin kömür seçiminde %1 (-0,011; $p < 0,05$) daha az, yakacak odun (0,026; $p < 0,01$) ve doğal gaz (0,032; $p < 0,01$) seçiminde ise %3 daha fazla eğilime sahip olduğu araştırmanın bulguları arasındadır. Otomobil sahibi olan haneler, otomobil sahibi olmayanlara kıyasla kömür ve kömür türevlerini yaklaşık %4 (0,037; $p < 0,01$), yakacak odunu ise %7 daha fazla tercih etmektedir. Otomobil sahiplerinin doğal gaz (-0,084; $p < 0,01$) ve diğer yakıt türlerini (-0,078; $p <$

0.10) seçme eğilimleri de sırasıyla %8 daha azdır. Tasarruf eden hanelerin doğal gazı seçme olasılığı, tasarruf etmeyen hanelere göre %11 (-0.111; $p < 0.01$) daha azdır. Bu durum ilgili literatürle uyumludur (Çebi Karaarslan vd., 2022). Bu tezin ampirik bulguları, hanehalklarının modern yakıt (yani doğal gaz) tercihindeki artışın, hanehalkı yıllık harcanabilir gelirindeki artışla önemli ölçüde doğru orantılı olduğunu göstermektedir. Buna karşılık, ilkel (örn. yakacak odun) ve geçiş dönemi (örn. kömür/kömür türevleri) yakıt kullanımı, hanehalkı yıllık harcanabilir geliri arttığında önemli ölçüde azalmaktadır. Hanehalkının yıllık kullanılabilir geliri arttığında, kömür ve kömür türevlerini kullanma olasılığı %304 (-3,04; $p < 0,01$) oranında azalmaktadır. Kömür kategorisinde olduğu gibi yakacak odun kategorisinde de hanehalkının yıllık kullanılabilir gelirindeki bir artış, yakacak odun tercih etme olasılığını yaklaşık %198 (-1,983; $p < 0,01$) oranında azaltırken, hanehalkının yıllık kullanılabilir gelirindeki bir artış, doğal gaz tercih etme olasılığını %730 (7,300; $p < 0,01$) oranında artırmaktadır. Bu bulgu, Türkiye hanehalklarının mekan ısıtma amaçlı yakıt türü seçim davranışının, enerji merdiveni modeline uygun olduğunu göstermektedir. Daha önce yapılan birçok çalışmada da (Lee, 2013; Nlom ve Karimov, 2015; İpek ve İpek, 2022; Chen, 2021; Vaage, 2000; Iraganaboina ve Eluru, 2021; Jaime vd., 2020; Couture vd., 2012; Rehdanz, 2007; Bakaloglou ve Charlier, 2019; Zhu vd., 2020) hanehalkı gelirindeki artışın, temiz enerji kullanma olasılığını artırdığı bulgusuna ulaşılmıştır. Hanehalkı büyüklüğünde diğer yakıt türleri kapsamına giren yakıtları seçimini %50 artırdığı bulgusu elde edilmiştir (0.494; $p < 0.01$). Bu bulgu daha önce yapılan çalışmalarla benzerlik göstermektedir (Nesbakken, 2001; Çebi Karaarslan vd., 2022). Bu tezin ampirik bulguları, erkek hane reislerinin yakıt türü olarak yakacak odunu seçme olasılığının daha yüksek, doğal gazı seçme olasılığının ise daha düşük olduğunu ortaya koymaktadır. Erkek hane reislerinin yakacak odunu seçme olasılığı %24 (0,238; $p < 0,05$) daha yüksek, doğalgazı seçme olasılığı ise %27 (-0,265; $p < 0,05$) daha düşüktür. Bu bulgu, daha önce yapılan bazı çalışmalarla benzerlik gösterirken (Mensah ve Adu, 2015), bazıları ile farklı sonuçlar göstermektedir (Ogwumike vd., 2014; Nesbakken, 2001). Hanehalkı reisinin yaşının, diğer yakıt türlerini seçme üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve negatif (-4.183; $p < 0.01$) bir etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Couture vd'nin (2012) yaptığı çalışmada, hane reisinin yaşı ile yakacak odun kullanım tercihi arasında anlamlı ve negatif bir ilişki olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Zhu vd. (2023) ise hane reisinin yaşının artmasının, temiz

yakıt kullanma olasılığını artırdığı bulgusunu elde etmiştir. Bu tezin ampirik bulguruna göre, hane reisi ilkokul mezunu olduğunda, yakacak odun tercih etme olasılığı %10 artmakta olduğu görülmektedir ($0.101; p < 0.01$). Bu bulgu daha önceden yapılan bazı araştırmalarla (İpek ve İpek, 2022; Chen, 2021; Zhu vd., 2023; Bai vd., 2023) paralellik göstermektedir, ancak bazıları (Çebi Karaarslan vd., 2022) ile farklılık arz etmektedir. Öte yandan, erkek hane reislerinin literatürdeki bazı çalışmalarla (Mensah ve Adu, 2015; Rahut vd., 2014; Farsi vd., 2007; Zhang ve Hassen, 2017; İpek ve İpek, 2022) tutarlı olarak modern yakıtları (yani doğal gaz) seçme eğiliminin daha az olduğu bulgusu elde edilmiştir. Kurulan modelin tahmin sonuçları, vasıflı tarım, ormancılık ve su ürünleri işçisi olarak çalışan hanelerin yakacak odun, kömür ve diğer yakıt türlerini seçme olasılığının daha yüksek, doğal gazı seçme olasılığının ise daha düşük olduğunu göstermektedir. Nitelikli tarım, ormancılık ve su ürünleri çalışanları diğer meslek gruplarına kıyasla sırasıyla yaklaşık %7 ($0.066; p < 0.01$) ve %13 ($0.130; p < 0.01$) oranlarda daha fazla kömür ve kömür türevleri ile yakacak odun tercih etmektedir. Nitelikli tarım, ormancılık ve su ürünleri yetiştiriciliğinde çalışan Türk hanehalklarının konutlarında ısınma için doğalgazı tercih etme olasılığı %22 ($-0.215; p < 0.01$) oranında daha düşük olduğu bulgusu elde edilmiştir. Nitelikli tarım, ormancılık ve su ürünleri çalışanları, diğer meslek gruplarına göre ısınma için yakacak odunu yaklaşık %13 ($0.130; p < 0.01$) oranında daha fazla tercih etmektedir. Hizmet ve satış sektörü çalışanları ile profesyonel mesleklerde çalışan hanehalklarının ısınma amacıyla doğalgazı tercih etme olasılığı daha düşük olduğu görülmektedir. Zanaatkarlar ve diğer ilgili işlerde çalışanlar ile profesyonel meslek mensuplarının da sırasıyla diğer yakıt türlerini ($-0.051; p < 0.05$) ve doğalgazı ($-0.050; p < 0.01$) seçme olasılığı %5 daha düşüktür. Hanehalkı reisi halen ilköğretim düzeyinde bir işte çalışıyorsa, doğal gaz seçme olasılığı %4 oranında azalmaktadır ($-0.042; p < 0.01$). Hanehalkı reisinin sürekli bir işi varsa, kömür ve kömür türevleri ile diğer yakıt türlerini seçme olasılığı sırasıyla yaklaşık %4 ($-0.042; p < 0.05$) ve %24 ($-0.244; p < 0.01$) oranında azalmaktadır. Buna karşılık, hane reisinin sürekli bir işi varsa, doğal gaz seçme olasılığı diğer istihdam türlerine kıyasla %18 ($0.176; p < 0.01$) oranda artmaktadır. Bu bulgu daha önce yapılan bazı çalışmalarla benzerlik göstermektedir (Çebi Karaarslan, 2022).

2.9. MODELLERE AİT SPESİFİKASYON TESTLERİ

MNL ve MNP modellerini tahmin etmeden önce, bağımsız değişkenler arasında önemli bir çoklu bağlantı sorununun varlığının test edilmesi gerekmektedir. Varyans şişirme faktörü (VIF) değerleri uygulamada çoklu doğrusal bağlantıyı test etmek için sıklıkla kullanılmaktadır.

Tablo 6. Değişkenlere Ait VIF Testi Sonuçları

Bağımsız Değişkenler	VIF	Bağımsız Değişkenler	VIF
Hane halkı tipi		Kat kaloriferi sistemi (Kombi vb.)	2.46
Tek kişilik hane halkı	2.75	Soba (odun, kömür, doğalgaz, elektrik, tüp, vb.)*	
Çekirdek aile	2.05	Bina içi merkezi kalorifer sistemi	1.72
Oturulan konutun tipi		İkinci konut sahipliği	1.07
Tek konutlu	2.66	Otomobil sahipliği	1.27
3-9 konutlu	2.70	Tasarruf yapma durumu	1.27
10 ve daha fazla konutlu	3.34	Yıllık hane halkı kullanılabilir gelirin logaritması	2.23
Konuta mülkiyet durumu		Hanenin büyüklüğü	1.95
Ev sahibi	2.16	Hane halkı sorumlusunun cinsiyeti	2.11
Kiracı	2.22	Hane halkı sorumlusunun yaşının logaritması	2.21
Konutta oturma süresi (yıl)		Hane halkı sorumlusunun eğitim durumu	
2 – 5 yıl	2.61	İlköğretim	3.22
6 – 10 yıl	2.55	Ortaöğretim	2.89
11 – 15 yıl	2.27	Yükseköğretim	3.59
15 yıldan fazla	4.91	Hane halkı sorumlusunun medeni durumu	2.94
Binanın yapılış tarihi		Hane halkı sorumlusunun meslek kodu	
1971 – 1980 yılları arası	1.95	Yöneticiler	1.47
1981 – 1990 yılları arası	2.38	Profesyonel meslek mensupları	2.19
1991 – 2000 yılları arası	2.66	Teknisyenler, teknikerler ve yardımcı profesyonel meslek mensupları	1.52
2001 – 2005 yılları arası	2.15	Büro hizmetlerinde çalışan elemanlar	1.53
2006 yılı ve sonrası*	3.42	Hizmet ve satış elemanları	2.04
Konut oda sayısı	1.90	Nitelikli tarım, ormancılık ve su ürünleri çalışanları	1.53
Konutun büyüklüğü (m ²)		Sanatkârlar ve ilgili işlerde çalışanlar	2.11
100 m ² 'den küçük	4.90	Tesis ve makine operatörleri ve montajcıları	2.01
100 – 149 m ²	3.48	Nitelik gerektirmeyen işlerde çalışanlar	2.00
Konutun salon zemin yapısı		İstihdam edilme şekli	
Parke	4.42	Sürekli iş	2.94
Tahta	2.38	Belirli süreli sözleşmeli iş (geçici)	1.25
Karo seramik	2.25	Sözleşmesiz arada sırada çalışılan iş	1.26
Şap (Kara beton)	2.64		
Konutun ısıtma sistemi			
Ortalama VIF: 2.38			

Tablo 6'dan görüleceği üzere genel olarak, VIF değerinin 5'ten küçük olması bağımsız değişkenler arasında önemli bir çoklu bağlantı sorunu olmadığını gösterir. Bu aşamada, bir bağımsız değişken (örneğin kırsal ve kentsel yerleşim yerleri) çoklu bağlantı sorunu nedeniyle nihai MNL ve MNP modellerinden çıkarılır. Tüm bağımsız değişkenlerin VIF değerleri tavsiye edilen 5 değerinin (Gujarati, 2011) altında olduğu için, kullanılan bağımsız değişkenler arasında tahmin sonuçlarını etkileyebilecek önemli bir çoklu bağlantı sorunu olmadığı tespit edilmiştir. MNL modelinin en kritik varsayımı IIA'dır ve varsayımı analiz etmek için kullanılan testlerden biri Small-Hsiao'dur (Small ve Hsiao, 1985). Tablo 7'de Tahmin edilen MNL modeli için Small-Hsiao test sonuçları görülmektedir.

Tablo 7 İlişkisiz Alternatiflerin Bağımsızlığı Varsayımının Testi

Yakıt türü	lnL (Full)	lnL (Omit)	Chi-square	
Kömür/Kömür türevleri	-821.972	-771.889	100.166	0.477
Yakacak odun	-1,498.486	-1,453.931	89.111	0.774
Doğal gaz	-2,483.606	-2,427.163	112.887	0.178
Diğerleri	-2,315.701	-2,258.721	113.960	0.161

Tablo 7'in en sağdaki sütun, tahmin edilen modelin bağımlı değişken kategorileri için istatistiksel anlamlılık sonuçlarını göstermektedir. Tahmin edilen MNL modelinin IIA varsayımını ihlal etmediğini istatistiksel olarak ifade etmek için anlamlılık sonuçlarının 0,10'dan yüksek olması gerekmektedir. Tablo 7'de görüldüğü üzere, uygulamada tahmin edilen MNL modelinin hesaplanan bağımlı değişken istatistiksel anlamlılık değerleri 0,10'dan yüksek olduğu için tahmin edilen MNL modeli Small-Hsiao testine göre IIA varsayımını karşılamaktadır.

SONUÇ

Enerji, modern toplumların sürdürülebilir gelişimini sağlayan temel unsurlardan biridir. Gelişen teknoloji ve artan nüfusla birlikte enerji talebinin hızla yükselmesi, enerji kaynaklarının verimli kullanımı ve sürdürülebilir enerji politikalarının geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Küresel enerji sistemleri, fosil yakıtların yoğun kullanımı nedeniyle çevresel, ekonomik ve toplumsal zorluklarla karşı karşıya kalmaktadır. Bu bağlamda, yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin bir şekilde entegre edilmesi, çevresel etkilerin azaltılması ve enerji güvenliğinin sağlanması, ulusal ve uluslararası düzeyde tartışılan öncelikli konular arasında yer almaktadır (International Energy Agency, 2023; BP, 2023). Dünya genelinde sürdürülebilir enerji sistemlerinin kurulması, sadece enerji arz güvenliği açısından değil, aynı zamanda iklim değişikliği ve çevresel sürdürülebilirlik açısından da kritik önem taşımaktadır.

Türkiye'de enerji sektörü, artan sanayileşme, kentleşme ve nüfus artışına paralel olarak hızlı bir dönüşüm sürecindedir. Bu kapsamda Türkiye, enerji arz güvenliğini sağlamak, ithal enerji bağımlılığını azaltmak ve çevresel sürdürülebilirliği artırmak için yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik önemli adımlar atmaktadır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022). Özellikle güneş ve rüzgâr enerjisi alanında yapılan yatırımlar, Türkiye'nin enerji portföyünü çeşitlendirme stratejisinin temel bileşenlerinden biri olarak öne çıkmaktadır (International Renewable Energy Agency, 2023). Bu süreç, ülkenin ekonomik kalkınmasına katkıda bulunurken aynı zamanda enerji sektöründe çevresel etkilerin azaltılmasına yönelik küresel hedeflerle de uyumlu bir gelişim sergilemektedir. Bu bağlamda, Türkiye'nin enerji sektöründe yaşanan dönüşüm süreci, sadece yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimle sınırlı kalmamakta, aynı zamanda hane halklarının enerji tüketim tercihlerinde de önemli değişiklikler yaratmaktadır.

Bu tezin ampirik bulguları, enerji merdiveni hipotezini Türkiye'deki hane halklarının ısıtma için yakıt türü seçiminin geçerli olduğunu göstermektedir. Tam zamanlı çalışan hane halkı reislerinin, hane halkı geliriyle ilişkili olarak modern yakıtları kullanmaya daha fazla eğilimli olduğu da ortaya konmuştur. Gelirleri arttığında Türk haneleri modern yakıtları kullanma konusunda açık niyetlerini göstermelerine rağmen, Türkiye ekonomisi, hanelerin satın alma gücü paritesi üzerinde olumsuz etkiye sahip olan nispeten yüksek enflasyondan mustarıptır. Ülke genelinde ücretlerde önemli bir artış

olmasına rağmen, yakıt fiyatları da artmıştır. Türkiye'de kişi başına enerji tüketimi, 2022'de 2000'e kıyasla %116 gibi çok dikkat çekici bir şekilde artmaktadır (IEA, 2024). Türkiye'de ilkel yakıtlardan modern yakıtlara doğru bir geçiş yaşanmaktadır. 2021 yılında Türk hanelerinin %62'si doğal gazla erişebilmektedir (IEA, 2021) ve doğal gaz, konutlardaki toplam nihai enerji tüketiminin %58'ini oluşturmaktadır (IEA, 2024). Bu çalışmada, konut tipi (dokuzdan fazla konut), bu enerji tüketimine uygun olarak, Türk hanelerinin doğal gaz seçimini artırdığı bulunmuştur. Ancak, diğer modern yenilenebilir enerji kaynaklarının ısıtma için kullanımı, büyük olasılıkla görece yüksek fiyatlardan dolayı hala çok nadirdir.

Türkiye'de 2023 ve 2024 arasında geçerli olmak üzere, her ay doğal gaz faturalarının belirli bir bölümünü ödemeye başlamıştır. Bu başarılı uygulama kalıcı hale getirilmeli ve yüksek enflasyon sorununun olumsuz etkileri büyük ölçüde çözülene kadar hükümetin ödediği pay artırılmalıdır. Böylece, Türk haneleri yakıtları modern yakıtlara geçmeye teşvik edilecektir. Diğer enerji politikaları, artan enerji talebini karşılamak ve modern yakıtları hanelerde dağıtmak için artan yakıt fiyatlarına, özellikle modern yakıtlara uygun bir çözüm bulmaya odaklanmalıdır. Türkiye, özellikle Karadeniz'de doğal gaz arama sürecine kararlılıkla devam etmektedir ve bu, daha yüksek modern yakıt fiyatları ve doğal gaz ithalatına bağımlılığı için kalıcı bir çözüm olabilir. Ayrıca, 2020'nin başlarında devreye alınan TurkStream doğal gaz projesinin, doğal gazın bu tür fiyatlandırma sorunlarının çözümüne önemli katkılar sağlaması beklenmektedir. Bu arada, konutlarda doğal gazın baskınlığıyla birlikte diğer modern yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmak için daha verimli başka politikalar geliştirilebilir. Bu çalışmadan elde edilen kanıtlar, kombi/merkezi ısıtmanın bir ısıtma sistemi olarak modern yakıtları seçme olasılığını artırdığını göstermektedir. Bu sonuç beklenen bir durumdur, çünkü doğal gaz birçok ısıtma sisteminde, özellikle apartmanlarda baskın yakıttır ve doğal gaz arzı Türkiye'nin neredeyse 81 iline de sağlanmaktadır. Bununla birlikte, kırsal yerleşimlerde yaşayan birçok Türk hanesi hala çeşitli soba türlerini kullanmakta ve ısıtma için fosil yakıtlar kullanmaktadır. Ampirik bulgular ayrıca müstakil evlerde yaşayan hanelerin kömür ve odun kullanma olasılığının daha yüksek, doğal gaz kullanma olasılığının ise daha düşük olduğunu ortaya koymuştur. Nitelikli tarım, ormancılık ve su ürünleri yetiştiriciliği işçilerinin de doğal gaz kullanma eğiliminin daha az olduğu tespit edilmiştir. Türkiye'de özellikle kırsal yerleşimlerde müstakil evde yaşamak çok yaygındır

ve bunların çoğu hala ısınma için fosil yakıtlar (yani tezek, odun) kullanmaktadır. Bu hanelerin modern yakıtları kullanması konusunda farkındalığı artırmak için daha fazla girişimde bulunulmalıdır. Pek çok kırsal yerleşimde doğal gaz altyapısının kurulumu devam etmektedir ve fosil yakıt kullanımından kaçınmak için hem doğal gazın hem de diğer modern yakıtların avantajları dikkatle açıklanmalıdır.

Konut büyüklüğü açısından, küçük evlerin doğal gazı büyük evlere göre daha fazla tercih ettiği görülmüştür. Konutlardaki oda sayısının kömür kullanımını artırdığı tespit edilmiştir. Oda sayısı ve konut büyüklüğü arttığında doğal gaz kullanmak daha maliyetli hale gelmekte ve bu nedenle Türk haneleri ısıtma için daha az temiz yakıt türlerine yönelmektedir. Ayrıca, eski konutlarda ikamet eden Türk hanelerinin doğal gaz kullanma eğiliminin daha az olduğu tespit edilmiştir. Bu kanıt, eski evlerin modern yakıtları kullanmak için yeterli altyapıya sahip olmamasıyla açıklanabilir. Kentsel dönüşüm kapsamında eski binalar yıkılmalı ve modern yakıtlara uyumlu yeni binalar bir an önce inşa edilmelidir. Çekirdek ailelerin doğal gaz kullanma eğiliminin yüksek olduğu ve hane halkı büyüklüğünün diğer yakıt türlerinin kullanımıyla ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Modern yakıtların kullanımı esas olarak bir hanedeki çalışan bireylerin sayısına bağlıdır. Çalışan bireylerle birlikte artan hane halkı geliri, modern yakıt türü seçimini kolaylaştırmaktadır. Hane halkı büyüklüğü değişkeni de daha fazla araştırmayı hak etmektedir, çünkü mevcut çalışmada hane halkı büyüklüğü arttığında modern yakıtların kullanımı doğrulanmamıştır. İkinci ev sahipleri diğer yakıt türlerini kullanmaya daha fazla eğilimliken, otomobil sahiplerinin doğal gazı diğer yakıt türlerine göre daha az kullandıkları tespit edilmiştir. Otomobil sahiplerinin odun kullanma eğiliminin daha fazla olduğu da tespit edilmiştir. Tasarruf eden hanelerin de doğal gaz seçme eğiliminin daha az olduğu görülmüştür. Bu bulgular, hane halkı gelirinin ısınma için modern yakıt seçimine harcanmadığı şeklinde yorumlanabilir. Konut ve otomobil sahipliği için alınan banka kredileri, geri ödemesi yıllar alan bir süreci kapsamaktadır. Konutlar ve/veya otomobiller banka kredisıyla alınmışsa, hanelerin modern yakıtları kullanmak için ek bütçesi olmayabilir ve zorunlu olarak odun gibi ilkel yakıtları kullanmaya devam edebilirler.

KAYNAKÇA

- Acaroğlu, M. (2013). *Alternatif Enerji Kaynakları*. Ankara: Nobel Yayınevi.
- Akkuyu Nükleer A.Ş Erişim Tarihi 13 Nisan 2024, <https://akkuyu.com/tr>.
- Al Qadi, S., Sodagar, B., & Elnokaly, A. (2018). Estimating the heating energy consumption of the residential buildings in Hebron, Palestine. *Journal of Cleaner Production*, 196, 1292-1305.
- Bai, C., Zhan, J., Wang, H., Yang, Z., Liu, H., Liu, W., ... and Teng, Y. (2023). Heating choices and residential willingness to pay for clean heating: Evidence from a household survey in rural China. *Energy Policy*, 178, 113617.
- Bakaloglou, S., and Charlier, D. (2019). Energy consumption in the french residential sector: How much do individual preferences matter?. *The Energy Journal*, 40(3), 77-100.
- Balaam, D. N. (2015). *Uluslararası ekonomi politiğe giriş*. Adres Yayınları.
- Barbir, F., & Ulgiati, S. (Eds.). (2008). Sustainable energy production and consumption: benefits, strategies and environmental costing. *Springer Science & Business Media*.
- Barnes, D. F., and Floor, W. M. (1996). Rural energy in developing countries: a challenge for economic development. *Annual review of energy and the environment*, 21(1), 497-530.
- Belaïd, F., and Massié, C. (2022). What are the salient factors determining the usage of heating energy sources in France? Evidence from a discrete choice model. *Energy and Buildings*, 273, 112386.
- Ben-Akiva, M., Lerman, S., 1985. *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Erişim Tarihi, 10 Haziran 2024, <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>
- Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı, The Sustainable Development Goals Report, 2023 Erişim Tarihi 1 Mayıs 2024, <https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/> .
- Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı, The Sustainable Development Goals, Energy, 2023, Erişim Tarihi 03 Haziran 2024, <https://www.un.org/sustainabledevelopment/energy/>.

- BloombergNEF New Energy Outlook, Erişim Tarihi 17 Haziran 2024, (<https://about.bnef.com/new-energy-outlook/>).
- Bock, R. D., and Jones, L. V. (1968). *The measurement and prediction of judgment and choice*. Holden-day.
- Boxall, P. C., and Adamowicz, W. L. (2002). Understanding heterogeneous preferences in random utility models: a latent class approach. *Environmental and resource economics*, 23, 421-446.
- BP Energy Outlook, 2023, [bp Energy Outlook 2023](#).
- Braun, F. G. (2010). Determinants of households' space heating type: A discrete choice analysis for German households. *Energy Policy*, 38(10), 5493-5503.
- Campbell, B. M., Vermeulen, S. J., Mangono, J. J., and Mabugu, R. (2003). The energy transition in action: urban domestic fuel choices in a changing Zimbabwe. *Energy Policy*, 31(6), 553-562.
- Celik, A. K., and Oktay, E. (2019). Modelling households' fuel stacking behaviour for space heating in Turkey using ordered and unordered discrete choice approaches. *Energy and Buildings*, 204, 109466.
- Chen, Q. (2021). District or distributed space heating in rural residential sector? Empirical evidence from a discrete choice experiment in South China. *Energy Policy*, 148, 111937.
- Cheng, S., & Long, J. S. (2007). Testing for IIA in the multinomial logit model. *Sociological methods and research*, 35(4), 583-600.
- Couture, S., Garcia, S., and Reynaud, A. (2012). Household energy choices and fuelwood consumption: An econometric approach using French data. *Energy Economics*, 34(6), 1972-1981.
- D.A. Powers, Y. Xie, *Statistical Methods for Categorical Data Analysis*, Academic Press, New York, 2000
- D.B. Rahut, S. Das, H. De Groote, B. Behera, Determinants of household energy use in Bhutan, *Energy* 69 (2014) 661–672
- Davis, M. (1998). Rural household energy consumption: the effects of access to electricity—evidence from South Africa. *Energy policy*, 26(3), 207-217.
- Decker, T., and Menrad, K. (2015). House owners' perceptions and factors influencing their choice of specific heating systems in Germany. *Energy Policy*, 85, 150-161.

- Devlet Su İşleri (DSİ) Güneş Enerjili Sulama Sistemleri, Erişim Tarihi 17 Haziran 2024, (<https://www.dsi.gov.tr/>).
- Dziak, J. J., Coffman, D. L., Lanza, S. T., Li, R., and Jermin, L. S. (2020). Sensitivity and specificity of information criteria. *Briefings in bioinformatics*, 21(2), 553-565.
- Ekholm, T., Krey, V., Pachauri, S., and Riahi, K. (2010). Determinants of household energy consumption in India. *Energy policy*, 38(10), 5696-5707.
- Elias, R. J., and Victor, D. G. (2005). Energy transitions in developing countries: a review of concepts and literature. *Program on Energy and Sustainable Development, Working Paper. Stanford: Stanford University*.
- Emeç, H., Altay, A., Aslanpay, E., and ozan Özdemir, M. (2015). Türkiye’de enerji yoksulluğu ve enerji tercihi profili. *Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar*, (608), 9-21.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) Lisanslı GES Projeleri, Erişim Tarihi 17 Haziran 2024, (<https://www.epdk.gov.tr/>)
- Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Akkuyu Nükleer Güç Santrali Projesi Erişim Tarihi 13 Nisan 2024 <https://enerji.gov.tr/neupgm-akkuyu-nukleer-guc-santrali-projesi>
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022 Faaliyet Raporu, Erişim Tarihi 28 Haziran 2024, [ETKB2023FR.pdf](#)
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, YEKA Projeleri Erişim Tarihi 17 Haziran 2024, (<https://www.enerji.gov.tr/>)
- Enerjisa Üretim, Erişim Tarihi 18 Haziran 2024 <https://www.enerjisauretim.com.tr/blog/hidrojen-enerjisinin-gecmisi-bugunu-ve-yesil-gelecegi>
- Eyre, N., and Baruah, P. (2015). Uncertainties in future energy demand in UK residential heating. *Energy Policy*, 87, 641-653.
- F. Belaïd, C. Massié, What are the salient factors determining the usage of heating energy sources in France? Evidence from a discrete choice model, *Energy Build.* 273 (2022)
- Fanchi, J. R. (2023). *Energy In The 21st Century: Energy In Transition*. World Scientific.
- Farsi, M., Filippini, M., and Pachauri, S. (2007). Fuel choices in urban Indian households. *Environment and Development Economics*, 12(6), 757-774.

- Fay, J. A., and Golomb, D. S. (2002). *Energy and the Environment*. Oxford University Press.
- Fiebig, D. G., Keane, M. P., Louviere, J., and Wasi, N. (2010). The generalized multinomial logit model: accounting for scale and coefficient heterogeneity. *Marketing science*, 29(3), 393-421.
- Gujarati, D. N., and Porter, D. C. (2009). *Basic econometrics*. McGraw-hill.
- Güneş Enerjisi Derneği (GÜNDER) Çatı GES Uygulamaları, Erişim Tarihi 17 Haziran 2024, (<https://www.gunder.org.tr/>)
- Hausman, J. A., and Wise, D. A. (1978). A conditional probit model for qualitative choice: Discrete decisions recognizing interdependence and heterogeneous preferences. *Econometrica: Journal of the econometric society*, 403-426.
- Hausman, J., and McFadden, D. (1984). Specification tests for the multinomial logit model. *Econometrica: Journal of the econometric society*, 1219-1240.
- Hecher, M., Hatzl, S., Knoeri, C., and Posch, A. (2017). The trigger matters: The decision-making process for heating systems in the residential building sector. *Energy Policy*, 102, 288-306.
- Heltberg, R. (2004). Fuel switching: evidence from eight developing countries. *Energy economics*, 26(5), 869-887.
- Heltberg, R. (2005). Factors determining household fuel choice in Guatemala. *Environment and development economics*, 10(3), 337-361.
- Hensher, D. A., Rose, J. M., and Greene, W. H. (2015). *Applied choice analysis*. Cambridge university press.
- Hiemstra-Van der Horst, G., and Hovorka, A. J. (2008). Reassessing the “energy ladder”: Household energy use in Maun, Botswana. *Energy Policy*, 36(9), 3333-3344.
- Hosier, R. H., and Dowd, J. (1987). Household fuel choice in Zimbabwe: an empirical test of the energy ladder hypothesis. *Resources and energy*, 9(4), 347-361.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Sixth Assessment Report (AR6), Erişim Tarihi 30 Nisan 2024, <https://www.ipcc.ch/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change Erişim Tarihi 03 Haziran 2024, <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>

- International Energy Agency (IEA) Erişim Tarihi 1 Mayıs 2024, <https://www.iea.org/countries/turkiye/emissions>
- International Energy Agency (IEA) World Energy Outlook 2022, Erişim Tarihi 30 Nisan 2024, <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>
- International Energy Agency (IEA), Energy Efficiency 2023 Erişim Tarihi 03 Haziran 2024, <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2023>
- International Energy Agency, Country Profile, Türkiye, 2024. <https://www.iea.org/countries/turkiye/emissions>
- International Energy Agency, Electricity, 2024, Erişim Tarihi 16 Mart 2024, <https://www.iea.org/reports/electricity-2024>
- International Energy Agency, Energy and Air Pollution, 2016. <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WorldEnergyOutlookSpecialReport2016EnergyandAirPollution.pdf>
- International Energy Agency, Gas Market Report, (Q2-2023) Erişim Tarihi 14 Mart 2024, <https://www.iea.org/reports/gas-market-report-q1-2023>
- International Energy Agency, Turkey 2021, Energy Policy Review, 2021. 746 <https://iea.blob.core.windows.net/assets/cc499a7b-b72a-466c-88de747>
- International Energy Agency, World Energy Outlook 2015 – Methodology for Energy Access Analysis, 2015. http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebiste/2015/EnergyAccess_Methodology_2015.pdf
- International Labour Organization (ILO), 2022 Renewable Energy and Jobs: Annual Review, <https://www.ilo.org/publications/renewable-energy-and-jobs-annual-review-2022>
- International Renewable Energy Agency, World Energy Transitions Outlook, 2023, Erişim Tarihi 3 Mayıs 2024, <https://www.irena.org/>
- Iraganaboina, N. C., and Eluru, N. (2021). An examination of factors affecting residential energy consumption using a multiple discrete continuous approach. *Energy and Buildings*, 240, 110934.
- İklim Değişikliği Bakanlığı, Erişim Tarihi 10 Haziran 2024, <https://iklim.gov.tr/kyoto-protokolu-i-35>

- İpek, Ö., and İpek, E. (2022). Determinants of energy demand for residential space heating in Turkey. *Renewable Energy*, 194, 1026-1033.
- J.J. Louviere, D.A. Hensher, J.D. Swait, *Stated Choice Methods: Analysis and Applications*, Cambridge University Press, Cambridge, 2000.
- Jaime, M. M., Chávez, C., and Gómez, W. (2020). Fuel choices and fuelwood use for residential heating and cooking in urban areas of central-southern Chile: the role of prices, income, and the availability of energy sources and technology. *Resource and Energy Economics*, 60, 101125.
- Jan, I., Khan, H., and Hayat, S. (2012). Determinants of Rural Household Energy Choices: An Example from Pakistan. *Polish Journal of Environmental Studies*, 21(3).
- Jeong, J., Kim, C. S., and Lee, J. (2011). Household electricity and gas consumption for heating homes. *Energy Policy*, 39(5), 2679-2687.
- Karaaslan, K. Ç., Algül, Y., and Karaaslan, A. (2022). Space heating preferences in households: Nested logit model approach in Turkey. *Energy and Buildings*, 273, 112353.
- Kim, Y., and Shin, S. Y. (2002). Residential Heating Fuel Choice in Korea-A Multinomial Probit Analysis. *Environmental and Resource Economics Review*, 11(4), 609-632.
- Koca, N. (2018). Beşerî coğrafya: Ekonomik coğrafya. *Pegem Atıf İndeksi*, 229-257.
- Koç, E., and Şenel, M. C. (2013). Dünyada ve Türkiye’de enerji durumu-genel değerlendirme. *Mühendis ve Makina*, 54(639), 32-44.
- Krabbe, P. F. (2013). A generalized measurement model to quantify health: the multi-attribute preference response model. *PLoS One*, 8(11), e79494.
- Labutov, I., Schalekamp, F., Luu, K., Lipson, H., and Studer, C. (2016, August). Optimally Discriminative Choice Sets in Discrete Choice Models: Application to Data-Driven Test Design. In *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining* (pp. 1665-1674).
- Lancaster, K. J. (1966). A new approach to consumer theory. *Journal of political economy*, 74(2), 132-157.
- Laureti, T., and Secondi, L. (2012). Determinants Of Households’ space Heating Type And Expenditures In Italy.

- Lay, J., Ondraczek, J., and Stoever, J. (2013). Renewables in the energy transition: Evidence on solar home systems and lighting fuel choice in Kenya. *Energy Economics*, 40, 350-359.
- Leach, G. (1992). The energy transition. *Energy policy*, 20(2), 116-123.
- Lee, L. Y. T. (2013). Household energy mix in Uganda. *Energy Economics*, 39, 252-261.
- Liao, T. F. (1994). Interpreting probability models: Logit, probit, and other generalized linear models. *Quantitative Application in the Social Science/Sage Publication*.
- Long, J. S. (1997). Regression Models for Categorical and Limited Dependent Variables. USA: Sage Publications, Inc.
- Long, J. S. ve Freeze, J. (2001). Regression Models for Categorical and Limited Dependent Variables. Texas: Stata Press Publications.
- Luce, R. D. (1959). *Individual choice behavior* (Vol. 4). New York: Wiley.
- Maddala, G. S. (1983). Methods of estimation for models of markets with bounded price variation. *International Economic Review*, 361-378.
- Marschak, J. (1959). Binary choice constraints on random utility indicators.
- Masera, O. R., Saatkamp, B. D., & Kammen, D. M. (2000). From linear fuel switching to multiple cooking strategies: a critique and alternative to the energy ladder model. *World development*, 28(12), 2083-2103.
- McFadden, D. (1972). Conditional logit analysis of qualitative choice behavior.
- McFadden, D. (1974). The measurement of urban travel demand. *Journal of public economics*, 3(4), 303-328.
- McFadden, D. L. (1984). Econometric analysis of qualitative response models. *Handbook of econometrics*, 2, 1395-1457.
- McFadden, D., Tye, W. B. ve Train, K. (1981). "An Application of Diagnostic Tests for the Independence from Irrelevant Alternatives Property of the Multinomial Logit Model". *Transportation Research Board Record*, 637, 39-46.
- Meier, H., and Rehdanz, K. (2010). Determinants of residential space heating expenditures in Great Britain. *Energy Economics*, 32(5), 949-959.
- Mensah, J. T., and Adu, G. (2015). An empirical analysis of household energy choice in Ghana. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 51, 1402-1411.

- Michelsen, C. C., and Madlener, R. (2012). Homeowners' preferences for adopting innovative residential heating systems: A discrete choice analysis for Germany. *Energy Economics*, 34(5), 1271-1283.
- Nesbakken, R. (2001). Energy consumption for space heating: a discrete–continuous approach. *Scandinavian Journal of Economics*, 103(1), 165-184.
- Nlom, J. H., and Karimov, A. A. (2015). Modeling fuel choice among households in Northern Cameroon. *Sustainability*, 7(8), 9989-9999.
- Nükleer Düzenleme Kurumu Erişim Tarihi 12 Nisan 2024, <https://www.ndk.gov.tr/akkuyu-nukleer-santrali>
- Ogwumike, F. O., Ozughalu, U. M., and Abiona, G. A. (2014). Household energy use and determinants: Evidence from Nigeria. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 4(2), 248-262.
- O'Keefe, J. M., Bechtel, A., Christanis, K., Dai, S., DiMichele, W. A., Eble, C. F., ... and Hower, J. C. (2013). On the fundamental difference between coal rank and coal type. *International Journal of Coal Geology*, 118, 58-87.
- Ouedraogo, B. (2006). Household energy preferences for cooking in urban Ouagadougou, Burkina Faso. *Energy policy*, 34(18), 3787-3795.
- Özcan, K. M., Gülay, E., and Üçdoğruk, Ş. (2013). Economic and demographic determinants of household energy use in Turkey. *Energy policy*, 60, 550-557.
- Öztürk, H. (2008). *Yenilenebilir enerji kaynakları ve kullanımı*. Teknik Yayınevi.
- Pachauri, S. (2004). An analysis of cross-sectional variations in total household energy requirements in India using micro survey data. *Energy policy*, 32(15), 1723-1735.
- Pachauri, S., Mueller, A., Kemmler, A., and Spreng, D. (2004). On measuring energy poverty in Indian households. *World development*, 32(12), 2083-2104.
- Petrol ve Doğal Gaz Platformu Derneği Erişim Tarihi 12 Nisan 2024, <https://www.petform.org.tr/arama-uretim-sektoru/petrol-nedir/#:~:text=Kelime%20K%C3%B6keni%20ve%20Bile%C5%9Fimi,bile%C5%9Fimdir%3B%20yal%C4%B1n%20bir%20form%C3%BCl%C3%BC%20yoktur.>
- Pundo, M. O., and Fraser, G. C. (2006). Multinomial logit analysis of household cooking fuel choice in rural Kenya: The case of Kisumu district. *Agrekon*, 45(1), 24-37.

- Rao, M. N., and Reddy, B. S. (2007). Variations in energy use by Indian households: An analysis of micro level data. *Energy*, 32(2), 143-153.
- Rehdanz, K. (2007). Determinants of residential space heating expenditures in Germany. *Energy Economics*, 29(2), 167-182
- Rilling, B., Kurz, P., and Herbes, C. (2024). Renewable gases in the heating market: Identifying consumer preferences through a Discrete Choice Experiment. *Energy Policy*, 184, 113857.
- Rouvinen, S., and Matero, J. (2013). Stated preferences of Finnish private homeowners for residential heating systems: A discrete choice experiment. *Biomass and Bioenergy*, 57, 22-32.
- Ruokamo, E. (2016). Household preferences of hybrid home heating systems—A choice experiment application. *Energy Policy*, 95, 224-237.
- S. Washington, M. Karlaftis, F. Mannering, *Statistical and Econometric Methods for Transportation Data Analysis*, CRC Press, Boca Raton, FL, 2011.
- Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Rüzgâr Enerjisi Teşvikleri Erişim Tarihi 17 Haziran 2024, (<https://www.sanayi.gov.tr/medya/haber/ruzgar-sektoru-turek-2023te-bulustu>)
- Sardianou, E. (2008). Estimating space heating determinants: An analysis of Greek households. *Energy and buildings*, 40(6), 1084-1093.
- Schlag, N., and Zuzarte, F. (2008). Market barriers to clean cooking fuels in sub-Saharan Africa: a review of literature.
- Schuler, A., Weber, C., and Fahl, U. (2000). Energy consumption for space heating of West-German households: empirical evidence, scenario projections and policy implications. *Energy policy*, 28(12), 877-894.
- Small, K. A., and Hsiao, C. (1985). Multinomial logit specification tests. *International economic review*, 619-627.
- Sorensen, B. (2007). Renewable energy conversion, transmission, and storage. *Elsevier*.
- Steemers, K., and Yun, G. Y. (2009). Household energy consumption: a study of the role of occupants. *Building Research & Information*, 37(5-6), 625-637.
- Stolyarova, E., Le Cadre, H., Osso, D., Allibe, B., and Maïzi, N. (2015). Residential space heating determinants and supply-side restrictions: discrete choice approach.
- Şenel, M. C. (2012). *Rüzgâr türbinlerinde güç iletim mekanizmalarının tasarım esasları-dinamik davranış* (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).

- Takama, T., Tsephel, S., and Johnson, F. X. (2012). Evaluating the relative strength of product-specific factors in fuel switching and stove choice decisions in Ethiopia. A discrete choice model of household preferences for clean cooking alternatives. *Energy Economics*, 34(6), 1763-1773.
- Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal GES Projeleri, Erişim Tarihi 17 Haziran 2024, (<https://www.tarimorman.gov.tr/>)
- Tatoğlu, F. Y. (2012). *İleri panel veri analizi: Stata uygulamalı*. Beta.
- The World Bank; Access to Electricity 2023, Erişim Tarihi 03 Haziran 2024, <https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.ACCS.ZS>
- Thurstone, L., 1927. A law of comparative judgment. *Psychological Review* 34, 273–286
- Tiwari, P. (2000). Architectural, demographic, and economic causes of electricity consumption in Bombay. *Journal of policy modeling*, 22(1), 81-98.
- Train, K. E. (2009). *Discrete choice methods with simulation*. Cambridge university press.
- Trans Anadolu Doğalgaz Boru Hattı Erişim Tarihi 13 Nisan 2024, <https://www.tanap.com/guzergah-yerustu-tesisleri>
- Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, erişim Tarihi 10 Haziran 2024 <https://csb.gov.tr/>
- Türkiye Cumhuriyeti Dışişleri Bakanlığı, Erişim Tarihi 25 Nisan 2024, <https://www.mfa.gov.tr/default.tr.mfa>
- Türkiye İstatistik Kurumu Hanehalkı Nihai Enerji Tüketim İstatistikleri, 2022, Erişim Tarihi 03 Şubat 2024 <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hanehalki-Nihai-Enerji-Tuketim-Istatistikleri-2022-53805>
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) Hanehalkı Bütçe Araştırması, 2018a.
- Türkiye İstatistik Kurumu, 2018 Hanehalkı Bütçe Anketi, Uygulama, Hanehalkı Bütçe Anketlerinin Yöntemi, Tanımlar ve Kavramlar, 2018b.
- Türkiye İstatistik Kurumu, 2021, Enerji Hesapları, 2023a. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Enerji-Hesaplari-2021-49751>
- Türkiye İstatistik Kurumu, 2022, Çevre Koruma Harcama İstatistikleri, 2023b. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Cevre-Koruma-Harcama-Istatistikleri-2022-49671>
- Türkiye Kömür işletmeleri, Erişim Tarihi 27 Nisan 2024, <https://www.tki.gov.tr/>

- Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, Erişim Tarihi 27 Nisan 2024
<https://www.tpao.gov.tr/>
- Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), Erişim Tarihi 18 Haziran 2024
<https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>
- Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), Solar Energy Market Report, Erişim Tarihi 17 Haziran 2024, <https://www.iea.org/energy-system/renewables/solar-pv>
- United Nations Department of Economic and Social Affairs (UNDESA), World Economic and Social Survey 2023: Sustainable Development Challenges, Erişim tarihi 03 Haziran 2024, <https://sdgs.un.org/un-system-sdg-implementation/united-nations-department-economic-and-social-affairs-undesa-54221>
- Vaage, K. (2000). Heating technology and energy use: a discrete/continuous choice approach to Norwegian household energy demand. *Energy economics*, 22(6), 649-666.
- Van der Kroon, B., Brouwer, R., and Van Beukering, P. J. (2013). The energy ladder: Theoretical myth or empirical truth? Results from a meta-analysis. *Renewable and sustainable energy reviews*, 20, 504-513.
- Vo, D. H., and Ho, C. M. (2024). Understanding the characteristics of the household energy transition in a developing country. *Heliyon*, 10(1).
- Vohra, K., Vodonos, A., Schwartz, J., Marais, E. A., Sulprizio, M. P., and Mickley, L. J. (2021). Global mortality from outdoor fine particle pollution generated by fossil fuel combustion: Results from GEOS-Chem. *Environmental research*, 195, 110754
- W.H. Greene, *Econometric Analysis*, Pearson Prentice-Hall, New Jersey, 2008
- Walker, J., and Ben-Akiva, M. (2002). Generalized random utility model. *Mathematical social sciences*, 43(3), 303-343.
- Williams, R. (2016). Understanding and interpreting generalized ordered logit models. *The Journal of Mathematical Sociology*, 40(1), 7-20.
- World Health Organization (WHO) Ambient air quality database, Erişim Tarihi 1 Mayıs 2024, <https://www.who.int/data/gho/data/themes/air-pollution/who-air-quality-database>

- Wu, S., Zheng, X., Khanna, N., and Feng, W. (2020). Fighting coal—Effectiveness of coal-replacement programs for residential heating in China: Empirical findings from a household survey. *Energy for Sustainable Development*, 55, 170-180.
- Yılankırkan, N., and Doğan, H. (2020). Türkiye'nin enerji görünümü ve 2023 yılı birincil enerji arz projeksiyonu. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 10(2), 77-92.
- Zhang, X. B., and Hassen, S. (2017). Household fuel choice in urban China: Evidence from panel data. *Environment and Development Economics*, 22(4), 392-413.
- Zhu, L., Liao, H., Hou, B., Cheng, L., and Li, H. (2020). The status of household heating in northern China: a field survey in towns and villages. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 16145-16158.

EKLER

EK 1. ETİK KURUL MUAFİYET FORMU

	ARDAHAN ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ TEZ ÇALIŞMASI ETİK KOMİSYON MUAFİYETİ FORMU										
ARDAHAN ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ İŞLETME ANA BİLİM DALI BAŞKANLIĞINA											
Tarih: 11/11/2024											
Tez Başlığı: TÜRKİYE'DE HANEHALKLARININ KONUT ISITMA AMACIYLA TERCİH ETTİĞİ TEMEL YAKIT TÜRLERİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN MULTİNOMİNAL LOGİT VE MULTİNOMİNAL PROBİT MODELLERİ İLE ARAŞTIRILMASI Yukarıda başlığı gösterilen tez çalışmam: 1. İnsan ve hayvan üzerinde deney niteliği taşımamaktadır, 2. Biyolojik materyal (kan, idrar vb. biyolojik sıvılar ve numuneler) kullanılması gerektirmemektedir. 3. Beden bütünlüğüne müdahale içermemektedir. 4. Gözlemsel ve betimsel araştırma (anket, mülakat, ölçek/skala çalışmaları, dosya taramaları, veri kaynakları taraması, sistem-model geliştirme çalışmaları) niteliğinde değildir. Tez çalışmamın yürütülebilmesi için herhangi bir Etik Kurul/Komisyon'dan izin alınmasına gerek olmadığını; aksi durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim. Gereğini saygılarımla arz ederim.											
Tarih ve İmza 11/11/2024											
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Adı Soyadı:</td> <td>BETÜL TAMER</td> </tr> <tr> <td>Öğrenci No:</td> <td>2100700012</td> </tr> <tr> <td>Anabilim Dalı:</td> <td>İŞLETME</td> </tr> <tr> <td>Programı:</td> <td>TEZLİ</td> </tr> <tr> <td>Statüsü:</td> <td>☒ Yüksek Lisans ☐ Doktora</td> </tr> </table>		Adı Soyadı:	BETÜL TAMER	Öğrenci No:	2100700012	Anabilim Dalı:	İŞLETME	Programı:	TEZLİ	Statüsü:	☒ Yüksek Lisans ☐ Doktora
Adı Soyadı:	BETÜL TAMER										
Öğrenci No:	2100700012										
Anabilim Dalı:	İŞLETME										
Programı:	TEZLİ										
Statüsü:	☒ Yüksek Lisans ☐ Doktora										
<u>DANIŞMAN GÖRÜŞÜ VE ONAYI</u> PROF. DR. ALI KEMAL ÇELİK Telefon: 0-4782117522 Detaylı Bilgi: https://www.ardahan.edu.tr Faks: 0-4782117523 E-posta: lisansustuegitim@ardahan.edu.tr											

EK 2. ORIJİNALLIK RAPORU FORMU

 ARDAHAN ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI ORIJİNALLIK RAPORU
ARDAHAN ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ İŞLETME ANA BİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA Tarih: 15/11/2024 Tez Başlığı: Türkiye'de Hanehalklarının Konut Isıtma Amacıyla Tercih Ettiği Temel Yakıt Türlerini Etkileyen Faktörlerin Multinomial Logit ve Multinomial Probit Modelleri ile Araştırılması Yukarıda başlığı gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş c) Ana bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 85 sayfalık kısmına ilişkin, 15/11/2024 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda işaretlenmiş filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı %9'dur. Uygulanan filtrelemeler: 1- ☒ Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç 2- ☒ Kaynakça hariç 3- ☒ Alıntılar dâhil 4- ☒ 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç Ardahan Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nde belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim. Gereğini saygılarımla arz ederim. Adı Soyadı: Betül TAMER Öğrenci No: 2100700012 Anabilim Dalı: İşletme Ana Bilim Dalı Programı: Tezli Statüsü: ☒ Yüksek Lisans ☐ Doktora
<u>DANIŞMAN ONAYI</u> UYGUNDUR. Prof. Dr. Ali Kemal ÇELİK

ÖZ GEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Betül TAMER

Doğum Yeri ve Tarihi :

Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Ardahan Üniversitesi /İşletme

Yüksek Lisans : Ardahan Üniversitesi / İşletme

Öğrenimi

Ön Lisans : Ardahan Üniversitesi / İş Sağlığı ve Güvenliği

Aldığı Belgeler : İş Sağlığı ve Güvenliği C Sınıfı Uzmanı

İş Deneyimi

Stajlar :

Projeler :

Çalıştığı Kurumlar :

İletişim

E-Posta Adresi

Tarih : 21 Kasım 2024