

# KONUTSAL DOĞALGAZ TALEBİNİN TAHMİNİ

**Haydar ARAS**

*Osmangazi Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü,*

**Nil ARAS**

*Anadolu Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü,*

## ÖZET

*Ekonomi politikasının, ekonomik davranışları yönlendiren teorilerin belirlenmesi, rekabetin sağlanması, ekonomik istikrar ve büyüme, adil gelir dağılımı ve kaynakların etkin kullanım ve dağılımının sağlanması gibi fonksiyonları yerine getirmesinde, enerji ile ilgili kararlar önemli bir yer tutmaktadır. Enerji politikası sürdürülebilir enerji yaklaşımı çerçevesinde; ihtiyaç duyulan enerjinin düşük maliyetle, en az çevresel ve sosyal maliyetle ve sürekli olarak sağlanmasına yönelik politika, teknoloji ve uygulamaları kapsamaktadır. Ülke ekonomisi açısından; enerji kaynaklarının sosyal ve ekonomik kalkınmayı en iyi şekilde sağlayacak biçimde kullanılarak, toplumun refah seviyesinin yükseltilmesi hedeflenmelidir.*

*Bu çalışmada, konutlarda kullanılan doğal gazın ısıtma dönemine ait aylardaki tüketiminin tahmin edilmesi için geliştirilen zaman serisi modelleri tanıtılmaktadır. Doğal gaz tüketimiyle, zaman ve derece günlerle ifade edilen hava değişkenleri arasındaki dinamik ilişkiler araştırılmakta, ayrıca doğal gaz fiyatı, dolar satış kuru ve tüketici fiyat endekslerini kapsayan çeşitli ekonomik göstergelerin doğal gaz kullanımına olan etkisi analiz edilmektedir. Modeller, Türkiye’de konutlarda doğal gaz kullanılan beş ilden biri olan Eskişehir’e ait gözlem verileri kullanılarak oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlar, zaman ve hava değişkenlerinin yanında tüketicilere yönelik ekonomik göstergelerinde konutlardaki doğal gaz talebi üzerinde belirleyici bir rol oynadığını göstermektedir.*

**Anahtar Kelimeler:** Doğal Gaz Tüketimi, Zaman Serileri, Derece Gün

## 1. GİRİŞ

Gelişmekte olan ülkelerin sanayileşme çabaları ve gelişmiş ülkelerdeki sosyal refah ve teknolojinin ilerlemesi; yerel, bölgesel ve küresel enerji kaynakları üzerindeki baskıyı sürekli arttırmaktadır. Enerji arzının zaman içerisinde artan talebe oranla yeterince arttırılamaması ve uzun dönemde tükeneyeceğinin bilinmesi, enerjinin gelecekte de önemli bir sorun olma özelliğini sürdüreceğini göstermektedir. Günümüzde enerji-ekonomi-çevre arasındaki karşılıklı etkileşimler, enerjiye çeşitli boyutlar kazandırmaktadır. Toplumlar bir yandan sürekli artan nüfuslarının refahını yükseltmek için üretim yapmak, diğer yandan da temiz bir çevresel ortamda yaşamlarını sürdürmek istemektedirler. Bunun sağlanabilmesi için, öncelikle enerjinin elde edilmesi daha sonra da, rasyonel ve verimli olarak kullanılması gerekmektedir. Dünyada hızla artan enerji talebine karşı, mevcut enerji kaynaklarının giderek azalması ve çevre bilincinin gelişmesi, enerjinin daha verimli bir şekilde kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir. 1970'li yıllarda yaşanan petrol darboğazından beri, çok sayıda araştırmacı çeşitli enerji konularını analiz etmiş ve özellikle enerji talep tahmin modelleri üzerinde yoğunlaşmıştır. Enerji kaynaklarının daha etkin kullanımı için tahmin hatalarını azaltacak uygun modellerin geliştirilmesi önemlidir. Enerji talebindeki artışın sonucu olarak doğal gaz talebinde de yüksek bir artış söz konusudur. Doğal gaz konutlarda genel olarak üç amaç için kullanılmaktadır: Mekan ısıtma, yemek pişirme ve sıcak su sağlama. Pişirme ve sıcak su amaçlı gaz ihtiyacı iklim koşullarından az etkilenmediği için yıl boyunca tüketimi hemen hemen sabittir. Mekan ısıtma ise özellikle dış ortam sıcaklığı, rüzgar, nem gibi iklimsel şartlara bağlıdır. Konutlarda doğal gaz talebini tahmin etmeye yönelik farklı yöntemleri kullanan çalışmalar bulunmaktadır [1-24]. Yerel gaz üretimi çok az olan ve doğal gazın neredeyse hepsini ithal eden Türkiye, bütün sektörlerde doğal gaz kullanımına ilk kez 1987 yılında başlamıştır. Eskişehir, Türkiye'de konutsal kullanıma doğal gaz verilen beş şehirden biridir ve 1996 yılında başlatılan konutlarda doğal gaza dönüşüm çalışmaları halen devam etmektedir. Bu çalışmanın amacı, Eskişehir iline ait aylık verileri kullanarak, konutlarda doğal gaz tüketiminin değişim yapısını belirleyen ve kısa dönem gaz talebini tahmin etmeye yarayan uygun zaman serisi modelleri geliştirilmesidir. Modeller, modelin deterministik kısmının çoklu regresyon modeliyle, aralarında otokorelasyon olması muhtemel sapmaların bir otoregresif modelle temsil edildiği iki ayrı kısımdan oluşan çıkarımsal zaman

serileridir. Türkiye’de konutlarda kullanılan doğal gazın başlıca kullanım amacı mekan ısıtma olduğu için, ısıtma dönemindeki doğal gaz tüketimi zamanın, derece günlerle ifade edilen havanın ve çeşitli ekonomik göstergelerin bir fonksiyonu olarak modellenmektedir.

## 2. VERİ ANALİZİ ve DERECE GÜN KAVRAMI

Veri kümesi, 1996 yılı Aralık ayı ile 2002 yılı Mart ayı arasındaki 64 aya ait Eskişehir ilindeki konutlarda tüketilen doğal gaz miktarları, günlük ortalama sıcaklık değerleri, aylık doğal gaz fiyatı, dolar satış kuru ile tüketici fiyat endeksinde oluşmaktadır. Konutlardaki doğal gaz tüketimleri (birimi  $\text{sm}^3$ -standart  $\text{m}^3$ ) ile doğal gaz satış fiyatları (TL), Boru Hatları ile Petrol Taşıma A.Ş. (BOTAŞ)’den elde edilmiştir. BOTAŞ, Türkiye’de doğal gazın ithali, taşımacılığı, fiyatlandırma ve satışından sorumlu şirkettir. Aylık derece-gün değerlerini hesaplamada kullanılan günlük ortalama sıcaklık değerleri Devlet Meteoroloji İşleri Eskişehir Bölge Müdürlüğünden sağlanmıştır ve birimi santigrattır ( $^{\circ}\text{C}$ ). Dolar satış kuru ve tüketici fiyat endeksi değerleri ise Devlet İstatistik Enstitüsünden elde edilmiştir. Tablo-1’de Eskişehir’de gözlenen aylık doğal gaz tüketim miktarları ve doğal gazın satış fiyatı verilmiştir.

Bir ısıtma sürecindeki derece gün sayısı, ısıtma günlerindeki ısıtılan ortam sıcaklığı ile dış ortam hava sıcaklığı farklarının toplamına eşittir. Isıtma sürecindeki derece gün değeri;

$Z$  : Isıtma sürecinin uzunluğu

$T_i$  : Isıtılan ortam sıcaklığı / iç sıcaklık [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$T_{do}$  : Dış ortamın günlük ortalama sıcaklığı [ $^{\circ}\text{C}$ ]

DG : Derece gün değeri olmak üzere;

$$DG = \sum_{j=1}^Z (T_i - T_{do})_j \quad \text{Derece Gün} \quad (1)$$

olarak hesaplanır. Çoğu ülkelerde  $T_i=20^{\circ}\text{C}$  ve  $T_{do} \leq 15^{\circ}\text{C}$  olarak kabul edilmektedir [25].

**Tablo-1.** Veri Listesi (Aralık 1996 - Mart 2002)

Zaman	Doğal Gaz Tüketimi (sm <sup>3</sup> )	Doğal Gaz Fiyatı (TL/sm <sup>3</sup> )	Zaman	Doğal Gaz Tüketimi (sm <sup>3</sup> )	Doğal Gaz Fiyatı (TL/sm <sup>3</sup> )
1	4.549.989	20.220	33	184.952	84.200
2	6.948.812	20.600	34	495.684	87.500
3	6.844.381	24.500	35	5.502.644	91.900
4	6.251.496	24.500	36	12.889.084	97.700
5	5.022.280	29.700	37	15.126.727	105.600
6	130.704	32.200	38	22.189.135	115.400
7	102.594	32.200	39	17.351.729	117.700
8	43.341	33.400	40	12.259.583	120.200
9	*	36.000	41	6.253.691	126.300
10	500.000	36.000	42	1.634.217	129.000
11	3.993.947	36.700	43	589.744	131.300
12	6.960.464	36.700	44	404.894	133.000
13	10.391.856	38.100	45	544.988	133.000
14	10.553.101	40.500	46	617.336	135.800
15	8.714.721	44.500	47	5435.888	140.800
16	9.202.882	47.000	48	9.674.119	144.700
17	2.339.841	49.100	49	19.837.694	148.200
18	1.193.865	48.400	50	15.972.465	148.200
19	124.030	49.800	51	12.849.652	151.300
20	151.058	51.500	52	7.869.716	166.400
21	94.931	51.500	53	5.811.491	201.300
22	177.251	52.100	54	2.539.495	223.400
23	3.144.441	52.100	55	619.539	242.200
24	8.199.243	54.300	56	538.608	255.300
25	11.190.028	57.600	57	612.192	276.700
26	14.570.732	59.900	58	780.570	294.700
27	10.211.995	62.500	59	6.463.253	329.700
28	10.117.662	67.200	60	13.406.460	341.000
29	4.109.878	70.400	61	17.158.176	324.000
30	772.787	74.400	62	20.706.715	290.944
31	279.050	77.500	63	15.667.313	277.761
32	274.494	80.600	64	12.467.989	277.761

\* BOTAŞ'tan bu ay için veri sağlanamamıştır.

Devlet Meteoroloji İşleri Eskişehir Bölge Müdürlüğünden temin edilen 1996 Aralık- 2002 Mart ayları arasındaki 64 ayın günlük ortalama hava sıcaklığı değerlerinden faydalanılarak, Eskişehir'de ısıtma dönemine ait aylar için derece gün sayıları hesaplanmıştır. Isıtma dönemi 1 Ekim – 30 Nisan arası olmak üzere 7 ayı kapsamaktadır. Isıtılan ortamın sıcaklığı 20°C sabit tutularak, ısıtma döneminde günlük ortalama sıcaklık 15 °C ve altına düştüğünde o güne ait derece gün değeri

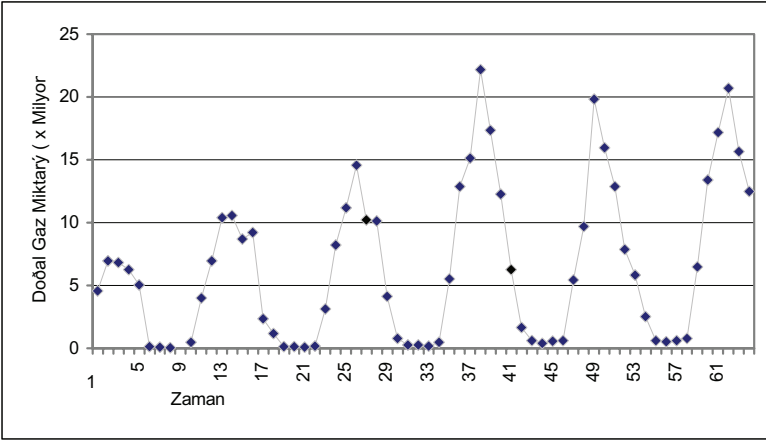
hesaplanmaktadır. Isıtma sürecinin başlamasını sağlayan 15°C değeri, taban sıcaklığı olarak adlandırılır. Taban sıcaklığı insan konfor ihtiyaçlarına bağlı olup bir bölgeden diğerine değişir. Dışarıdaki hava belli bir sıcaklığın üzerindeyse binayı ısıtmaya ihtiyaç duyulmaz. Eğer ortalama dış ortam sıcaklığı belli bir taban sıcaklığın altındaysa ısıtmaya ihtiyaç duyulur. Aylık derece gün değerleri toplamı, günlük derece gün sonuçları birleştirilerek elde edilmektedir.

Tablo-2’de yıllar itibarıyla konutlarda toplam ve ısıtma döneminde tüketilen doğal gaz miktarları ve yıllık toplam derece gün sayıları verilmektedir. Yıllık tüketimin yaklaşık %94-98’nin ısıtma dönemine ait aylarda gerçekleşmesi, doğal gazın başlıca kullanım amacının mekan ısıtma olduğunu göstermektedir. Yıllık ortalama derece gün sayısı, beş yılın ortalaması alındığında Eskişehir için 3117,52 olarak bulunmaktadır. Doğal gaz kullanan konut sayısı her yıl artmasına rağmen 2001 yılındaki tüketim bir önceki yıldan daha az gerçekleşmiştir. Bu yıla ait derece gün sayısının da ortalamanın altında olması, doğal gaz tüketimi ve derece gün sayısı arasındaki kuvvetli ilişkiye kanıttır. Dış ortam ne kadar sıcak olursa derece gün değeri o kadar küçük olmakta ve binaları ısıtmak için daha az enerji gerekmektedir.

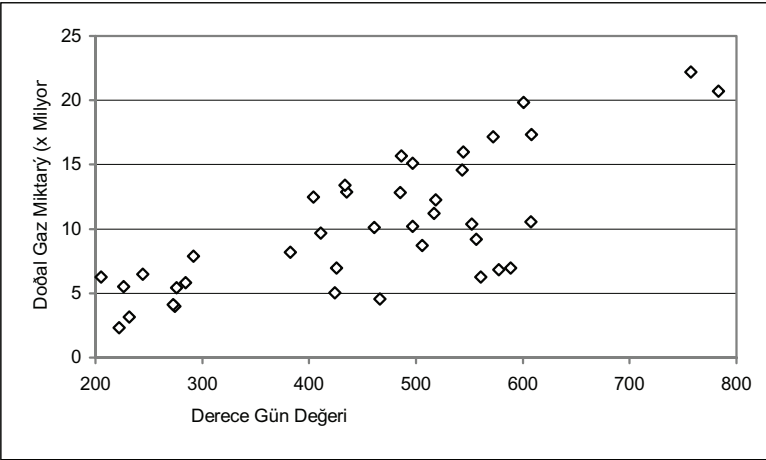
**Tablo-2.** Eskişehir’de Tüketilen Doğal Gaz Miktarları ve Derece Gün Sayıları

Yıllar	1997	1998	1999	2000	2001
Yıllık Toplam Tüketim Miktarı (sm <sup>3</sup> )	47.189.875	55.085.392	74.535.689	96.793.018	84.621.617
Isıtma Dönemindeki Tüketim Miktarı (sm <sup>3</sup> )	46.413.236	53.344.257	72.528.722	93.001.839	79.531.213
Derece Gün Sayısı	3.402,60	3.022,50	2.930,80	3.376,40	2.855,30

Şekil-1’de aylık doğal gaz tüketiminin zamana göre değişimi görülmektedir. Mevsimsel hava değişimi etkisinin çok açık olduğu tüketim verisi eğrisinde, mevsimsel etkinin zamanla birlikte arttığı göze çarpmaktadır. Şekil-2’de ki serpm diyagramında, ısıtma dönemindeki aylık derece gün sayılarına karşılık gelen doğal gaz tüketim miktarları görülmektedir. Beş yıllık verilerden elde edilen sonuçlara göre Eskişehir’de ısıtma dönemindeki aylık derece gün sayıları 226,10 ile 783,20 arasında değişmektedir. İki değişken arasında kuvvetli pozitif yönlü bir ilişkinin olduğu ve derece gün sayısı ne kadar fazlaysa o kadar çok doğal gaz tüketildiği açıktır. Mekan ısıtmada enerji talebi havanın ne kadar soğuk olduğuna bağlı olarak değişmektedir.

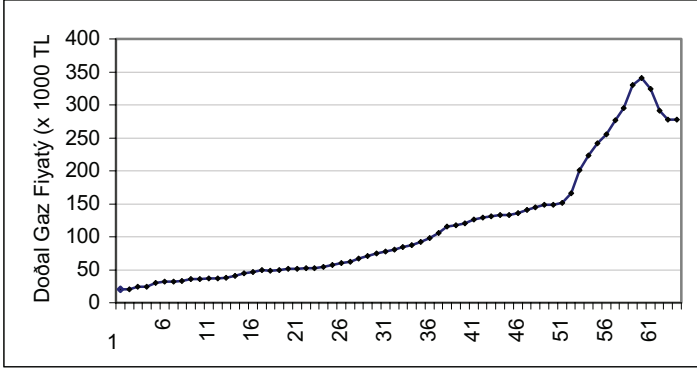


Şekil-1. Aylık doğal gaz tüketiminin (sm<sup>3</sup>) zamana göre değişimi

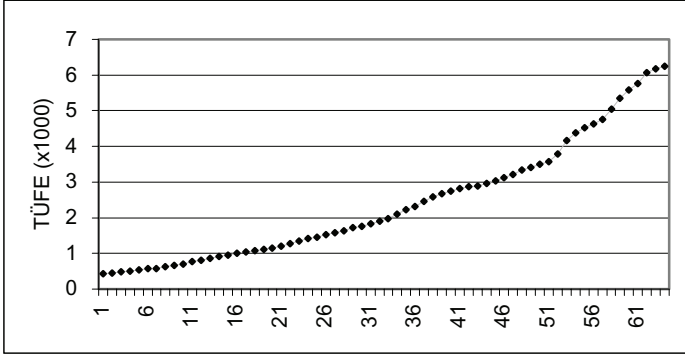


Şekil-2. Aylık derece gün değerlerine karşı gelen doğal gaz tüketim miktarları (sm<sup>3</sup>)

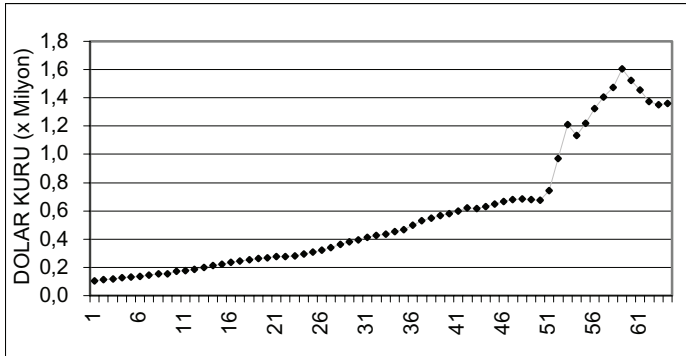
Tüketicilerin satın alma gücünün ya da bütçe kısıtlarının konutlardaki enerji tüketimini etkileyebileceği düşüncesiyle, tüketicilere yönelik üç ayrı ekonomik göstergenin de doğal gaz talebi üzerindeki etkisi analiz edilmektedir. Fiyat ya da bütçe değişkenleri olarak adlandırılabilen bu göstergeler; doğal gaz satış fiyatı (TL), dolar satış kuru ve tüketici fiyat endeksi (TÜFE)'dir. Şekil -3a, 3b ve 3c'de bu değişkenlerin zamana göre değişimi görülmektedir. Bütün şekillerde göze çarpan nokta, yaklaşık ellinci aydan sonra fiyat değişkeni eğrisinin eğimindeki hızlı artıştır. Bunun en büyük sebebi 2001 yılı başlarında Türkiye'de yaşanan ekonomik krizdir.



Şekil 3a. Doğal gaz fiyatının (TL) zamana göre değişimi



Şekil 3b. Tüketici fiyat endeksinin (1994=100) zamana göre değişimi



Şekil 3c. Dolar satış kurunun zamana göre değişimi

### 3. OTOREGRESİF ZAMAN SERİSİ MODELLERİNİN OLUŞTURULMASI

1996 Aralık - 2001 Eylül ayları arasındaki ısıtma dönemi aylarına ait gözlem verileri yardımıyla doğal gaz tüketimi tahmin modelleri tanımlanıp oluşturulmaktadır. Bunları izleyen 2001 Ekim - 2002 Mart ayları arasındaki son 6 aylık gözlem verisi ise geliştirilen modelin tahmin performansını karşılaştırmak amacıyla kullanılmaktadır.

Bir zaman serisi modelinin  $E(Y_t)$  ve  $R_t$  olmak üzere iki modelden oluştuğu ve zaman serisi modelinin bunların bileşimi olarak yazılabildiği söylenebilir:  $Y_t = E(Y_t) + R_t$ . İlk model trend ve mevsimsel bileşenleri göz önüne alan deterministik bileşeni içerirken, ikinci model aralarında korelasyon olan sapmalarla ilişkilidir. Rassal bileşen için kullanılabilen değişik modeller olsa da, otoregresif model çok esnek ve diğer modellere nazaran tahminlemede daha çok uygulanmaktadır [26]. Bu çalışmada, zaman serisi modellerinin deterministik kısmını çoklu regresyon modelleri içermekte, tahmin farkları arasında sıklıkla oluşan korelasyonlar için de birinci derece otoregresif modeller kullanılmaktadır.  $X_1, \dots, X_k$ , bağımsız değişkenler,  $R_t$  rassal fark,  $\rho$  korelasyonsuz hata olmak üzere; geliştirilen birinci derece otoregresif zaman serisi modellerinin genel formu;

$$Y_t = E(Y_t) + R_t = \rho_0 + \rho_1 X_1 + \dots + \rho_k X_k + \rho R_{t-1} + \rho_t, \quad -1 < \rho < 1 \quad (2)$$

şeklindedir.

Farklı modellerin performansını değerlendirmek için, belirlilik katsayısı ( $R^2$ ), tahmin modelinin oluşturulduğu örnek verilerinin hata kareleri ortalamasının karekökü ( $RMSE_{\text{örnek}}$ ) ve oluşturulan modelle tahminde bulunulan son altı ayın hata kareleri ortalamasının karekökü ( $RMSE_{\text{model}}$ ) değerleri karşılaştırılmaktadır. Hata kareleri ortalamasının karekökü,  $m$  gözlem sayısı,  $Y_t$  gözlem değeri,  $\hat{Y}_t$  tahmin değeri olmak üzere;

$$RMSE = \left[ \left( \frac{1}{m} \right) \sum_{t=1}^m (\hat{Y}_t - Y_t)^2 \right]^{1/2} \quad (3)$$

formülüyle hesaplanmaktadır. Modellerde kullanılan bağımlı ve bağımsız değişkenler için kullanılan kısaltmalar Tablo-3'te verilmiştir.



**Tablo-3.** Modellerde kullanılan değişkenlerin kısaltmaları

t	: Zaman indisi, gözlem yapılan ay, t=1, 2, ..., 64
Y	: Doğal gaz tüketim miktarı [sm <sup>3</sup> ]
X <sub>1</sub>	: Derece gün değeri
M <sub>1</sub>	: Ocak ayı için 1, değilse 0
M <sub>2</sub>	: Şubat ayı için 1, değilse 0
M <sub>3</sub>	: Mart ayı için 1, değilse 0
M <sub>4</sub>	: Nisan ayı için 1, değilse 0
M <sub>10</sub>	: Ekim ayı için 1, değilse 0
M <sub>11</sub>	: Kasım ayı için 1, değilse 0
X <sub>2</sub>	: Doğal gaz satış fiyatı [TL]
X <sub>3</sub>	: Dolar satış kuru
X <sub>4</sub>	: Tüketici fiyat endeksi
X <sub>5</sub>	: Doğal gaz fiyatının bir önceki aya göre değişim oranı
X <sub>6</sub>	: Dolar kurunun bir önceki aya göre değişim oranı
X <sub>7</sub>	: Tüketici fiyat endeksinin bir önceki aya göre değişim oranı

Mekan ısıtmada kullanılan enerjinin tüketimini en çok etkileyen değişken hava sıcaklığıdır. Çalışmada hava değişimi derece gün değerleriyle ifade edilmektedir. Doğal gaz tüketimi için ilk olarak fiyat değişkenlerinin gözardı edildiği, zaman, derece gün değeri ve bazı mevsimsel faktörleri içeren üç farklı model oluşturulmuştur. Doğal gaz kullanımı ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin doğrusal olduğunun varsayıldığı modellerin performans değerleri Tablo-4'te karşılaştırılmaktadır. Modellerin her biri için %1 anlam düzeyinde gerçekleştirilen tutarlık testleri, her üç modelin de bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi açıklayabilir nitelikte olduğunu göstermektedir.

İlk modelde aylık doğal gaz tüketimi, zamanın ve derece gün değerinin bir fonksiyonu olarak tanımlanmış ve izleyen tahmin modeli elde edilmiştir:

$$\hat{Y}_t = -7807284 + 169959(t) + 27918(X_1)_t + 0,3096(\hat{R}_{t-1}) \quad (4)$$

Isıtma dönemi için kurulan birinci derece otoregresif tahmin modeliyle, konutlardaki doğal gaz kullanım miktarındaki değişimin yaklaşık %89'u zaman ve derece gün değeri değişkenleriyle açıklanabilmektedir. Aylık doğal gaz tüketim miktarlarının yaklaşık %89'u, bu modelle tahmin edilen değerlerin  $\pm 2 \text{ RMSE}_{\text{örnek}} = 3353830 \text{ sm}^3$  aralığı içinde kalacaktır. Modelde derece gün değeri sabit tutulursa, zamandaki her 1 birimlik artış karşılığında doğal gaz tüketiminin  $169959 \text{ sm}^3$  artması beklenir. Zaman değeri sabit tutulursa, derece gün değerinin her 1 birimlik artışında doğal gaz tüketiminin  $27918 \text{ sm}^3$  artması beklenmektedir.

Aşağıda verilen ikinci modelde, zamanla birlikte artan mevsimsel etkiyi gözönüne alarak trigonometrik bileşenler modele dahil edilmiştir.

$$\hat{Y}_t = -4169910 + 103402(t) + 20316(X_1)_t + 65604(t)\text{COSINUS}\left(\frac{2\pi}{12}t\right) + 92836(t)\text{SINUS}\left(\frac{2\pi}{12}t\right) + 0,2678(\hat{R}_{t-1}) \quad (5)$$

Modele trigonometrik değişkenlerin eklenmesiyle gaz tüketiminin bağımsız değişkenlerce açıklanabilme oranı %92'ye yükselmiş,  $RMSE_{\text{örnek}}$  değerinde de %11'lik bir azalma sağlanmıştır. Buna rağmen, son 6 ay için ikinci modelle yapılan tahminlerin  $RMSE$  değerinde birinci modele göre %27'lik bir artış vardır.

Üçüncü modelde ise Aralık ayı temel ay alınarak, ısıtma aylarına ait yapay değişkenler modele eklenmektedir.

$$\hat{Y}_t = -6559221 + 173401(t) + 27420(X_1)_t - 577342(M_1) - 1588002(M_2) - 2251364(M_3) - 1489008(M_4) - 1038868(M_{10}) - 676618(M_{11}) + 0,2063(\hat{R}_{t-1}) \quad (6)$$

Aylık yapay değişkenlere ait  $\beta$  sabitleri Aralık ayına göre, her ay için doğal gaz kullanım miktarındaki artış ya da azalışı belirlemektedir. Zaman ve derece gün değerinin yanında ısıtma aylarına ait yapay değişkenlerin modele eklenmesi ise  $RMSE$  değerini arttırmıştır.

**Tablo-4.** Model performanslarının karşılaştırılması

	$R^2$	$RMSE_{\text{örnek}}$	$RMSE_{\text{Model}}$
MODEL 1	0,89	1.676.915	1.985.512
MODEL 2	0,92	1.496.235	2.516.384
MODEL 3	0,91	1.744.759	2.371.672

Belirlilik katsayılarına bakıldığında, modellerin gözlem verilerine çok iyi uyduğu görülmektedir. Tahmin hatasındaki artışın son 6 aya özel bazı ekonomik ya da sosyal faktörlerden kaynaklanabileceği düşünülerek,  $RMSE_{\text{örnek}}$  değeri en düşük olan ikinci modelin kullanılması önerilebilir.

#### 4. FİYAT DEĞİŞKENLERİNİN ANALİZ EDİLMESİ

Tüketicilerin bütçe ya da gelir kısıtlarına bağlı olmayan zaman ve derece gün değerlerinin doğal gaz tüketiminde kuvvetli belirleyiciler olduğu görülmektedir.

Konutlarda kullanılan enerji kullanım miktarı üzerinde tüketicilere bağlı olan ekonomik kısıtların etkisini araştırmak için, üç farklı fiyat göstergesinden türetilen değişkenler ayrı ayrı ikinci modele beşinci bağımsız değişken olarak eklenmiş ve Tablo-5’de görölen sonuçlar elde edilmiştir. Doğal gaz tüketimi üzerinde etkisi araştırılan fiyat değişkenleri doğal gazın satış fiyatı, dolar kuru, tüketici fiyat endeksi, bu üç değişkenin bir önceki aya göre değişim oranları ve doğal logaritma değerleridir.

**Tablo-5.** Model performanslarının karşılaştırılması

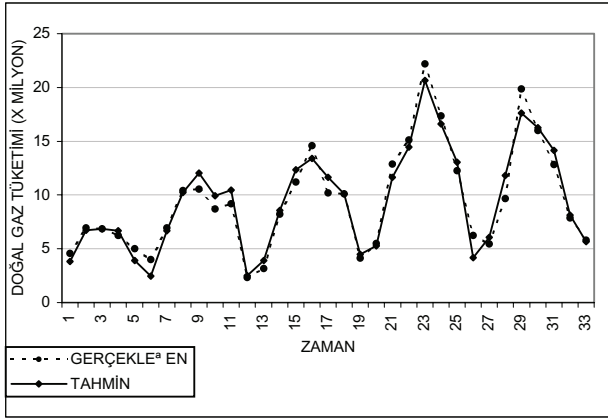
MODEL NO	Model-2’ye Eklenen Fiyat Değişkeni	R <sup>2</sup>	RMSE <sub>Örnek</sub>	RMSE <sub>Model</sub>
4	X <sub>2</sub>	0,92	1.490.888	2.915.192
5	X <sub>3</sub>	0,92	1.480.546	1.649.670
6	X <sub>4</sub>	0,93	1.431.637	3.309.132
7	X <sub>5</sub>	0,92	1.545.981	2.330.979
8	X <sub>6</sub>	0,92	1.510.033	3.084.429
9	X <sub>7</sub>	0,92	1.547.505	2.515.339
10	LN (X <sub>2</sub> )	0,95	1.262.650	4.830.006
11	LN (X <sub>3</sub> )	0,93	1.377.683	4.032.549
12	LN (X <sub>4</sub> )	0,95	1.190.047	2.054.857

Belirlilik katsayılarına ve RMSE<sub>örnek</sub> değerlerine bakıldığında üç fiyat değişkeninin logaritma değerleriyle en iyi sonuçların alındığı, fiyat değişkenleri değişim oranlarının modele eklenmesinin bir katkı sağlamadığı görölmektedir. Logaritmik fiyat değişkenleri içinde en iyi performansı tüketici fiyat endeksi göstermektedir. Fiyat değişkeni olarak tüketici fiyat endeksinin logaritma değerinin ikinci modele eklenmesi, modelin bağımsız değişkenler tarafından açıklanabilme oranını %95’e yükseltmekte, RMSE<sub>örnek</sub> değerinde de ikinci modele göre %20’lik bir azalma sağlamaktadır. Bu değişken aynı zamanda logaritmik fiyat değişkenleri içinde tahmin hatası en düşük olmaktadır. Tahmin hatası, bu değişkenin ikinci modele dahil edilmesiyle birlikte %18 azalmaktadır. Fiyat değişkenlerinin ikinci modele eklenmesiyle elde edilen dokuz modelin performansı, son 6 ayın tahmin hatalarına göre karşılaştırılırsa en iyi performansı dolar satış kuru değişkeninin yer aldığı beşinci modelin gösterdiği, bunu da tüketici fiyat endeksinin logaritma değerini içeren on ikinci modelin izlediği görölmektedir.

Fiyat değişkenlerinin modele eklenmesiyle, hata oranlarında azalma sağlanmış ve doğal gaz tüketim miktarının bağımsız değişkenler tarafından açıklanma oranı yükselmiştir. %1 anlam düzeyinde gerçekleştirilen tutarlılık testlerine göre, fiyat değişkenlerini içeren dokuz model istatistiksel olarak anlamlıdır. Performans değerleri karşılaştırıldığında en iyi performansı gösteren 12 nolu tahmin modeli aylık doğal gaz tüketim miktarlarını belirlemek için uygun bir model olarak kullanılabilir. Bağımsız değişkenlerin her birine ait t-testi değerleri de anlamlı çıkan model aşağıda verilmektedir.

$$\hat{Y}_t = -73644770 - 358844(t) + 21457(X_1)_t + 67007(t)\text{COSINUS}\left(\frac{2\pi}{12}t\right) + 84577(t)\text{SINUS}\left(\frac{2\pi}{12}t\right) + 11163618(\text{LN}(X_4)) - 0,1150(\hat{R}_{t-1}) \quad (7)$$

Şekil-4'te 1996 Aralık - 2001 Eylül ayları arasındaki ısıtma aylarında gözlenen ve (7) ile elde edilen tüketim miktarlarının aylara göre değişimi görülmektedir. İki eğrinin birbirine çok yakın bir seyir izlemesi, tahmin modelinin gözlem verilerine çok iyi uyduğunu ve doğal gaz talebinin kısa dönem tahminlerinde kullanılabilirliğini göstermektedir.



Şekil-4. Isıtma yapılan aylara ait doğal gaz tüketiminin gözlem ve tahmin değerleri

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Son yıllarda Türkiye'nin enerji stratejisi doğal gaz üzerinde yoğunlaşmıştır. Türkiye'de doğal gaz piyasası ithalata dayalıdır ve sınırlı gaz iletim ve dağıtım sistemiyle hala gelişme aşamasında bulunmaktadır. Özellikle kış döneminde ortaya çıkan doğal gaz arz-talep dengesizliklerini gidermek için tüketim miktarlarının doğru tahmin

edilmesi gereklidir. Doğal gazın kullanım için gerekenden çok az ya da çok fazla tahsis edilmesi ağır ekonomik kayıplara sebep olabileceğinden, tahmin hatalarını azaltacak uygun talep modellerinin kullanılması önemlidir.

Türkiye’de konutlarda doğal gazın başlıca kullanım amacı mekan ısıtmadır. Mekan ısıtma amaçlı araçların kullanımını etkileyen en önemli faktör ise değişen hava sıcaklığıdır. Geçmiş çalışmalarda geliştirilen zaman serisi modellerinde hava değişkeni olarak genellikle dış ortam sıcaklığının alındığı ve doğal gaz fiyatı ile gelir dışındaki ekonomik göstergelerin analiz edilmediği görülmektedir. Çalışmada mekan ısıtma amaçlı kullanılan doğal gaz tüketimi ile zaman, derece gün değeri ve tüketicilere yönelik fiyat değişkenleri arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Hava sıcaklığı değişiminin bir ölçümü olarak aylık derece gün değerleri kullanılmasının sebebi, ihtiyaç duyulan enerji talebini belirlemede derece günlerin daha iyi bir belirleyici olduğuna inanılmasıdır. Fiyat değişkenleri analiz edildiğinde, doğal gaz tüketimi üzerinde hava sıcaklığı değişiminin yanında tüketicilerin bütçe kısıtlarının da etkili olduğu ortaya çıkmıştır. Modellerde, fiyat değişkeni olarak doğal gaz satış fiyatı yerine, dolar kuru ve tüketici fiyat endeksi logaritmasının kullanılmasının tüketim miktarı üzerinde daha açıklayıcı olduğu görülmektedir. Fiyat değişkenlerinin etkisi zamana göre değişebilir olup, ekonomik kriz sürecinde bulunan Türkiye’de doğal gaz tüketim miktarı üzerindeki yansımaları daha büyük olacaktır.

Geliştirilen zaman serisi modelleri, derece gün ve fiyat değişkeninin farklı değerlerini içeren birçok senaryo için gelecek dönemlerin tüketim tahminlerinin yapılmasına olanak vermektedir. Hedeflenen büyüme ve sosyal gelişmeleri desteklemek için, uygun tahmin modelleri kullanarak tüketicilere yeterli miktarlarda, sürdürülebilir ve rekabetçi fiyatlarla doğal gaz temin edilmesi gerekmektedir. Böylece, kısıtlı ve ithal bir enerji kaynağı olan doğal gazdan en ekonomik şekilde faydalanmak mümkün olacaktır.

## KAYNAKLAR

- [1] Campo, R, Ruiz, P. Adaptive weather sensitive short term load forecast. IEEE Transactions on Power Systems 1987; 2 (3): 592-600.
- [2] Hagan, MT, Behr, SM. The time series approach to short term load forecasting. IEEE Transactions on Power Systems 1987; 2 (3): 785-791.
- [3] Rahman, S, Bhatnagar R. An expert system based algorithm for short term load forecast. IEEE Transactions on Power Systems 1988; 3 (2): 392-399.
- [4] Papalexopoulos, AD, Hesterberg, TC. A regression based approach to short term system load forecasting. IEEE Transactions on Power Systems 1990; 5 (4): 1535-1544.

- [5] Charleson, LR, Weber JE. Energy forecasts for Western Australia 1992 - 2010. *Energy Economics* 1993; 15 (2): 111-122.
- [6] Hubele, NF, Cheng, CS. Identification of seasonal short term forecasting models using statistical decision functions. *IEEE Transactions on Power Systems* 1990; 5 (1): 40-45.
- [7] Lee, RS, Singh, N. Patterns in residential gas and electricity demand: An econometric analysis. *Journal of Business and Economic Statistics* 1994; 12: 233-241.
- [8] Hill, T, O'Connor, M and Remus, W. Neural network models for time series forecasts. *Management Science* 1996; 42 (7): 1082-1092.
- [9] Connor, JT. A robust neural network filter for electricity demand prediction. *Journal of Forecasting* 1996; 15: 437-458.
- [10] Bartels, R, Fiebig, DG. Residential end-use electricity demand: Results from a designed experiment. *Energy Journal* 2000; 21 (2): 51-81.
- [11] Bohi, DR. Analyzing demand behavior: a study of energy elasticities. Baltimore: John Hopkins Univ. Press, 1981.
- [12] Hartman, RS. Frontiers in energy demand modeling. *Annual Review of Energy* 1979; 4: 433-466.
- [13] Liu K, Subbarayan, S and Shoultz, RR. Comparison of very short-term load forecasting techniques. *IEEE Transactions on Power Systems* 1996; 11 (2): 877-882.
- [14] Taylor, JW, Majithia, S. Using combined forecasts with changing weights for electricity demand profiling. *Journal of the Operational Research Society* 2000; 51: 72-82.
- [15] Herbert, F. An analysis of monthly sales of natural gas to residential customers in the United States. *Energy System and Policy* 1987; 10 (2): 127-147.
- [16] Liu, LM, Lin, MW. Forecasting residential consumption of natural gas using monthly ve quarterly time series. *International Journal of Forecasting* 1991; 7: 3-16.
- [17] Eltony, MN. Demand for natural gas in Kuwait: An empirical analysis using two econometric models. *International Journal of Energy Research* 1996; 20 (11): 957-963.
- [18] Smith, P, Husein, S and Leonard, DT. Forecasting short term regional gas demand using an expert system. *Expert Systems with Applications* 1996; 10 (2): 265-273.
- [19] Bartels, R, Fiebig, DG and Nahm, D. Regional end use gas demand in Australia. *The Economic Record* 1996; 72 (219): 319-331.
- [20] Hobbs, BF, Helman, U and Jitprapaikularn, S. Artificial neural networks for short term energy forecasting: Accuracy and economic value. *Neurocomputing* 1998; 23: 71-84.
- [21] Brown, RH. Development of artificial neural networking models to predict daily gas consumption. *Am. Gas Assoc. Forecasting Rev.* 1996; 5: 1-22.
- [22] Knowles, TW, Wirick, JP. The peoples gas light and coke company plans gas supply. *Interfaces* 1998; 28 (5): 1-12.
- [23] Durmayaz, A, Kadioğlu, M and Ően, Z. An application of the degree-hours method to estimate the residential heating energy requirement and fuel consumption in İstanbul. *Energy* 2000; 25: 1245-1256.
- [24] Gümrah, F, Katırcıoğlu, D, Aykan, Y, OkumuŐ, S and Kılınçer, N. Modeling of gas demand using degree day concept: case study for Ankara. *Energy Sources* 2001; 23:101-114.
- [25] Dağsöz, AK. Türkiye’de derece gün sayıları, Ulusal enerji tasarruf politikası yapılarında ısı yalıtımı. İstanbul, 1995.
- [26] Mendenhall, W, Sincich, TA. Second Course in Statistics: Regression Analysis. New Jersey: Prentice Hall Inc, 1996.