

## Türkiye'nin Soğuk İklimdeki Kentler İçin Binaların Isınma Enerjisi Tüketim Tahmininde Kullanılan Aylık Isınma Derece-Gün Sayıları Hesabı

Ömer Altan DOMBAYCI<sup>1</sup>, Hilmi Cenk BAYRAKÇI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pamukkale Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, 20100, Denizli.

<sup>2</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, 32260, Isparta.

**Özet:** Bu çalışmada, Türkiye'nin dördüncü iklim bölgesinden seçilen en soğuk iklim şartlarına sahip 16 kent (Ağrı, Ardahan, Artvin, Bayburt, Bitlis, Erzincan, Erzurum, Gümüşhane, Hakkâri, Kars, Kastamonu, Kayseri, Muş, Sivas, Van ve Yozgat) ve beş farklı kontrol sıcaklıkları ( $T_k= 14, 16, 18, 20$  ve  $22$  °C) için ısınma dönemi, aylık ısınma derece-gün sayılarının hesabı yapılmıştır. Seçilen aylar ve baz sıcaklıklarında, Ardahan en yüksek derece-gün sayısını verirken, Artvin en düşük derece-gün sayısını vermiştir.  $18$  °C kontrol sıcaklığı ve Ocak ayı için, Ardahan'ın ısınma enerji tüketiminin Artvin'e göre %47 daha fazla olduğu tahmin edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Isınma enerjisi, Aylık ısınma derece-gün sayısı, Isınma enerji tüketimi

## The Calculation Of Monthly Heating Degree-Day Numbers Used To Prediction Of Heating Energy Consumption Of Buildings For In Cold Climate Provinces Of Turkey

**Abstract:** In this paper, the monthly heating degree-day numbers of heating season was calculated for selected from 16 cities of Turkey's 4th climate region (Ağrı, Ardahan, Artvin, Bayburt, Bitlis, Erzincan, Erzurum, Gümüşhane, Hakkari, Kars, Kastamonu, Kayseri, Muş, Sivas, Van and Yozgat) which have the coldest climate conditions and for five different control temperature ( $T_k = 14, 16, 18, 20$  ve  $22$  °C). Ardahan was given the highest degree-day number although Artvin was given the lowest degree-day number in terms of selected months and control temperatures. For  $18$ °C control temperature and for the month of January, energy consumption for heating of Ardahan was predicted 47% more than Artvin.

**Keywords:** Heating Energy, Monthly heating degree-day numbers, Heating energy consumption

### 1. Giriş

Toplumsal gelişimin temeli olan enerji, Dünya nüfusunun ve yaşam standardının sürekli olarak artmasıyla önemli bir kaynak ve güç nedeni olmuştur; bu nedenle, enerjinin ucuz ve sürekli temini ekonomik ve sosyal gelişimin güvencesidir. 21. yüzyılın ilk çeyreğini yaşadığımız bu günlerde

gelişmekte olan ülkelerin en önemli sorunlarından biri de sınırlı enerji kaynakları

ve gereksiz enerji tüketiminin sebep olduğu çevre problemidir (Wang ve Feng, 2003).

Enerji tüketimi; sanayi, bina, ulaşım ve tarım gibi dört ana sektör arasında incelenebilir. Pek çok ülkede, bina sektörü toplam enerji

tüketiminin en önemli kısmını oluşturur (Ucar ve Balo, 2009). Avrupa Enerji Komisyonunun raporuna göre bina sektörünün yıllık enerji tüketimindeki payı %40'tır. Binalarda tüketilen enerjinin önemli bir miktarı da bina ısıtılmasında kullanılmaktadır (Papadopoulos ve Giama, 2007); yaklaşık olarak %24 elektrik enerjisi, %76 ısınma (Ucar ve Balo, 2009). Bu verilere göre son kullanım enerji verimliliğini iyileştirmenin en etkili yöntemlerinden biri bina sektöründe enerji tüketiminin azaltılmasıdır (Al-Ghandour vd., 2009). Çünkü Dünya'da birincil enerji kaynakları rezervleri sınırsız değildir ve enerji fiyatları günden güne artmaktadır. Binalardaki enerji tüketiminin azaltılması, yakıt tüketimi ve maliyetini azaltmakla kalmaz, aynı zamanda atmosfere salınan sera gazlarının da azalmasına neden olur (Koroneos ve Kottas, 2007).

Türkiye, kıtalar arası (Avrupa ve Asya) jeopolitik ve jeostratejik açıdan oldukça önemli ve enerji köprüsü konumunda olan bir ülkedir. Yüzölçümü 779.452 km<sup>2</sup>, nüfusu 78.741.053 kişidir. Demografik olarak ülke nüfusunun yaklaşık %71'inin şehir merkezlerinde yaşadığı Türkiye'de kişi başına ortalama yıllık gelirin 9233 US\$, ekonomik açıdan son yıllardaki büyüme miktarının ise %7 olduğu tahmin edilmiştir. Bu ekonomik ve sosyal gelişme nedeniyle enerji ihtiyacı hızla artmaktadır. Fosil kökenli enerji kaynakları arasında yer alan petrol ve doğalgaz gereksinimini büyük ölçüde ithalata bağımlı olarak gideren Türkiye, özellikle fosil enerji rezervleri bakımından fakir ülkeler arasında yer almaktadır. Ulusal enerji rezervleri açısından değerlendirildiğinde, Türkiye'nin sahip olduğu kaynaklar, linyit ve hidroliktir. Elektrik enerjisi ihtiyacının karşılanmasında ana kaynak doğalgazdır ve diğer enerji kaynaklarıyla karşılaştırıldığında, doğalgazın elektrik enerjisi üretimindeki payı %50'dir. Elektrik üretiminin geri kalan kısmı ise kömür ve hidrolik kaynaklardan karşılanmaktadır (Demirbaş, 2002). 1973

yılında küresel ölçekte yaşanan petrol krizi ve 1980 yılından itibaren ithalata dayalı enerji tüketiminin önemli ölçüde artması, petrol ithal eden ülkelerde ısınmaya bağlı enerji tüketim payının büyük olduğu konularda, enerji tasarrufunu gündeme getirmiştir (Ozkahraman, ve Bolatturk, 2006). Konutların enerji tüketim ve tasarrufunu anlamada, karmaşık ve gelişmiş yöntemler kullanılmaktadır. Ancak, enerji tüketim tahmin ve analizinde basit ve oldukça etkili bir yöntem de Derece-Gün analiz yöntemidir. Konutların enerji ihtiyacı ile birlikte enerji tüketimi tahmininde

Derece-Gün analizi kullanıldığında, hesaba katılması gereken değişkenler, ısıtılması düşünülen ortam sıcaklığı (iç ortam), baz sıcaklık olarak da adlandırılan kontrol sıcaklığı ve çevre (dış ortam) sıcaklığıdır. Sürekli ortam kabulünde, ısıtılması düşünülen konut ortamının sıcaklığı ile bu ortamdaki ısı kazançlarının sabit değerlerde olması halinde, konut enerji ihtiyacı ve tüketim değerleri doğru bir şekilde tahmin edilebilir (Büyükalaca vd., 2001).

Türk Standartları Enstitüsü konutlarda enerji tasarruf yönetmeliğine göre (TS 825), Türkiye'de Derece-Gün bölgesi sayısı dördür. İklimsel koşullar ise, konutların ısı ihtiyacı ve buna bağlı ısı enerji tüketimini belirleyen önemli bir etkidir (Şişman vd., 2007). Yapılan çalışmada, dördüncü Derece-Gün bölgesinden seçilen en soğuk 16 il merkezi (Ağrı, Ardahan, Artvin, Bayburt, Bitlis, Erzincan, Erzurum, Gümüşhane, Hakkari, Kars, Kastamonu, Kayseri, Muş, Sivas, Van ve Yozgat) ve mevsimsel olarak ısınma dönemi için aylık ısınma Derece-Gün değerleri (AIDG) hesaplanmıştır. AIDG değerlerinin hesabında beş adet farklı kontrol sıcaklık değerleri kullanılmıştır ( $T_k = 14, 16, 18, 20$  ve  $22$  °C). Kentlerin coğrafik konumları Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Seçilen kentlerin Türkiye haritasındaki yerleri

## 2. Materyal ve Metot

Doğru ve güvenilir hava verisi, binaların enerji benzetimleri ve analizlerinde hayati bir öneme sahiptir; bu nedenle, enerji analizlerinde kullanılan hava verilerinin uzun bir döneme verilerden oluşması tahminlerin doğru yapılması açısından son derece önemlidir (Büyükalaca vd., 2001). İl merkezlerinin AIDG değerlerinin belirlenmesinde, 1985 ve 2005 yıllarındaki (21 yıl) günlük maksimum ve minimum çevre sıcaklıkları kullanılmıştır. Hesaplamalarda, belirlenen 16 il merkezine ait meteorolojik veriler Çizelge 1'de gösterilmiştir (DMİGM).

Çizelge 1. İl Merkezlerinin Meteorolojik Verileri (DMİGM)

Seçilen İller	Enlem	Boylam	Yükseklik
Ağrı	39.73	43.05	1632
Ardahan	41.12	42.72	1829
Artvin	41.18	41.82	628.35
Bayburt	40.25	40.23	1584
Bitlis	38.37	42.1	1573
Erzincan	39.75	39.5	1218.22
Erzurum	39.9	41.28	1869
Gümüşhane	40.47	39.47	1219
Hakkâri	37.57	43.77	1727.74
Kars	40.62	43.1	1775
Kastamonu	41.37	33.78	799.91
Kayseri	38.75	35.48	1093
Muş	38.73	41.52	1322.76
Sivas	39.75	37.02	1285
Van	38.47	43.35	1670.52
Yozgat	39.82	34.8	1298.43

## 2.1. Aylık Isınma Derece-Gün Sayılarının Hesabı

Yüksek yakıt maliyetleri ve giderek artan çevre bilinci, her boyuttaki ısınma tesislerinde verimliliğin artırılması çalışmalarını gündeme getirmektedir. Derece-gün yöntemi bu verimliliğin belirlenmesine yardımcı olmak için kullanılan bir yöntemdir. Yöntemin kullanılması ile enerji tüketimi hesaplamalarında, iklimsel etkilerin büyük ölçüde bertaraf edilmesinin yanı sıra; iki ayrı ısınma dönemi arasında verimlilik karşılaştırılması yapılırken, hava şartlarındaki değişikliklerin de hesaba katılması mümkün olur (EİEİ,1991).

Derece-Gün değerlerinin hesaplanmasında genellikle günlük ortalama sıcaklık değerleri kullanılmaktadır ancak, bu yaklaşımda hata payı büyüktür. Bu çalışmada, ortalama günlük sıcaklık değerlerini kullanmak yerine, hata payının çok az olduğu günlük minimum ve maksimum çevre sıcaklık değerleri kullanılmıştır. Seçilen illerin ısınma dönemi Derece-Gün değerlerinin hesaplanmasında kullanılan algoritma ve denklemler aşağıda gösterilmiştir (Moss, 1997);

$$\text{if } T_{\text{maksimum}} > T_k, T_{\text{minimum}} < T_k \text{ and } (T_{\text{maksimum}} - T_k) < (T_k - T_{\text{minimum}}) \text{ then} \\ \text{AIDG} = 0.5(T_k - T_{\text{minimum}}) - 0.25(T_{\text{maksimum}} - T_k) \quad (1)$$

$$\text{if } T_{\text{maksimum}} > T_k, T_{\text{minimum}} < T_k \text{ and } (T_{\text{maksimum}} - T_k) > (T_k - T_{\text{minimum}}) \text{ then} \\ \text{AIDG} = 0.25(T_k - T_{\text{minimum}}) \quad (2)$$

$$\text{if } T_{\text{maksimum}} < T_k, T_{\text{minimum}} < T_k \text{ then} \\ \text{AIDG} = T_k - 0.5(T_{\text{maksimum}} + T_{\text{minimum}}) \quad (3)$$

Eşitliklerde AIDG, ısınma dönemi aylık Derece-Gün değeri,  $T_{\text{min}}$  ve  $T_{\text{mak}}$ , günlük minimum ve maksimum çevre sıcaklıkları,  $T_k$ , kontrol sıcaklık değeridir. Konutlarda kontrol sıcaklığı, ısıtılan ortam sıcaklığından elektrikli aletler, aydınlanma sakinlerin vücut sıcaklıkları gibi kaynaklardan gelen ısı kazancı sıcaklık değerinin çıkarılmasıyla elde

edilir. Kontrol sıcaklığı ısı konforu temsil eden sıcaklık değeridir. Şen ve Kadioğlu, konutlarda ısı konfor sıcaklığının 15-24 °C arasında değiştiğini hesaplamış ve kontrol sıcaklığının 15 °C'nin altına düşmesi durumunda ısınma, kontrol sıcaklığının 24 °C'nin üzerine çıkmasıyla serinleme ihtiyacı şartlarının oluştuğunu belirtmişlerdir (Şen ve Kadioğlu, 1998). Büyükalaca ve arkadaşları, 14°C-22 °C aralığındaki kontrol sıcaklıkları için, ısınma dönemi Derece-Gün değerlerini ortalama günlük çevre sıcaklıklarına göre hesaplamışlardır. Yapılan çalışmada, Büyükalaca ve arkadaşları tarafından belirlenen kontrol (ya da baz) sıcaklıkları kullanılmıştır (Büyükalaca vd., 2001). AIDG değerleri, (1), (2) ve (3) denklemlerinden hesaplanmıştır. Elde edilen AIDG değerleri kullanılarak bir konutun ısıtılması için gerekli enerji tüketim değeri ise (Moss, K.J., 1997);

$$AET = \frac{AIDG \cdot 24 \cdot 3600 \cdot UA}{\eta} \quad (4)$$

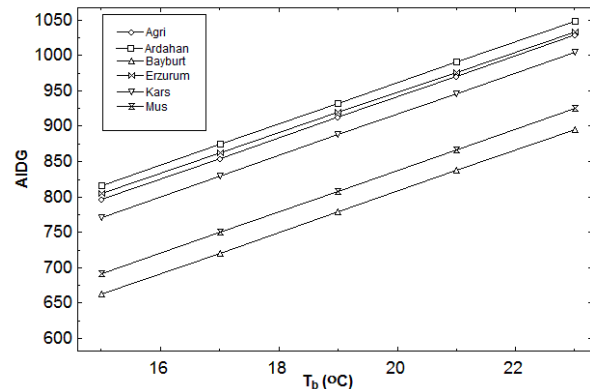
(4) eşitliğindeki AET, konutun aylık ısınma için tüketilen enerji miktarı, UA konutun toplam ısı transfer katsayısı ve  $\eta$  ısıtma cihazı verimidir.

#### 4. Tartışma ve Sonuç

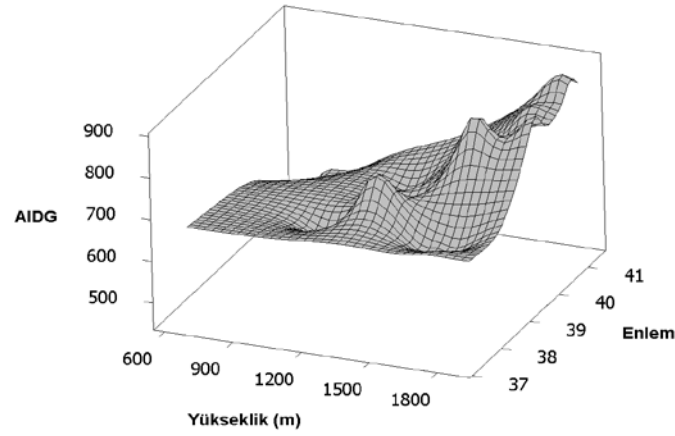
Mevsimsel ısınma döneminde, 21 yıllık sıcaklık değerleri ve 14, 16, 18, 20 ve 22 °C kontrol sıcaklıkları için seçilen il merkezlerinde konutların AIDG değerleri (1), (2) ve (3) eşitliklerinden yararlanılarak hesaplanmış ve Çizelge 2'de gösterilmiştir. Konutlardaki enerji tüketim tahmininde genellikle yıllık derece-gün sayıları kullanılmaktadır. Ancak, Isınma döneminde her ay için farklı derece-gün sayılarının kullanılmasıyla tahminlerin daha hassas olacağı açıktır. Çalışmada, Nisan ve Mayıs aylarının ısınma dönemine dâhil edilmeleri yadırganabilir; bu aylarda Ülkemizin sıcak iklim bölgelerindeki kentlerde ısınma ihtiyacı duyulmayabilir. Fakat Çizelge 2'deki değerlerin sıfır değerinden çok büyük olması, seçilen kentlerde Nisan ve Mayıs aylarında

ısınma ihtiyacının doğduğunu göstermektedir.

Seçilen kontrol sıcaklıklarının tümünde AIDG sayılarının en büyük değeri Ocak ayında, en küçük değerleri de Mayıs ayındadır. Isınma dönemi, aylar ve kontrol sıcaklıkları açısından değerlendirildiğinde en büyük AIDG değeri Ardahan'da, en küçük AIDG değeri ise Artvin'dir. 18 °C kontrol sıcaklığında Ocak ayı için Ardahan'ın AIDG değeri, Mayıs ayına göre %70 daha fazladır ve Ocak ayında ısınma için tüketilen enerji miktarı Mayıs ayına göre %70 daha fazladır. Ardahan ve Artvin Ocak ayı ve 18 °C kontrol sıcaklığı için karşılaştırıldığında, Ardahan'ın AIDG değerinin Artvin'e göre %47 daha fazla olduğu görülmektedir. Ocak ayında Ardahan'ın ısınma enerji tüketimi Artvin'e göre %47 daha fazladır. Şekil 2 de görüldüğü gibi, Kontrol sıcaklıkları ile AIDG değerleri arasında doğru orantı vardır. Kontrol sıcaklıkları arttıkça, AIDG değerleri doğrusal olarak artmaktadır. Sonuç olarak, yüksek kontrol sıcaklığındaki enerji tüketimi daha büyüktür; bu nedenle, ısınma enerji tüketiminin azaltılması veya ısınma enerji tasarrufu için kontrol sıcaklığının düşük değerlerde tutulması gerekmektedir. Kontrol sıcaklığının düşük değerlerde tutulmasının etkili yöntemi de konutlarda ısı izolasyon, güneş ışığından etkin bir şekilde yararlanma gibi düzenlemelerdir. Şekil 2'de, kontrol sıcaklığına göre AIDG değeri değişiminin anlaşılabilir olması açısından il merkezlerinden altı tanesi kullanılmıştır.



Şekil 2. Kontrol sıcaklıklarına göre AIDG değerlerinin değişimi

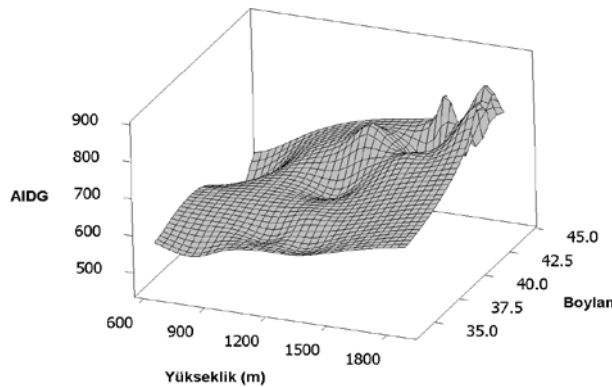


Şekil 3. Seçilen illerin aylık ısınma derece-gün sayılarının enlem ve yükseklikle değişimi ( $T_k=18\text{ }^\circ\text{C}$ , Ocak)

Çizelge 2. Seçilen illerin aylık ısıtma derece-gün değerleri

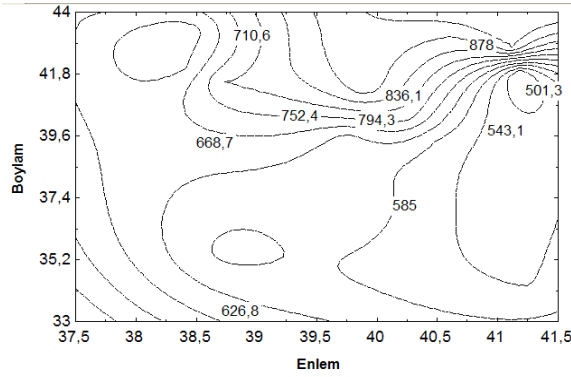
Seçilen İller	Ekim Kontrol Sıcaklıkları ( $^\circ\text{C}$ )					Kasım Kontrol Sıcaklıkları ( $^\circ\text{C}$ )				
	14	16	18	20	22	14	16	18	20	22
Ağrı	196.64	249.45	304.83	347.98	407.41	410.66	470.25	530.23	575.23	635.23
Ardahan	270.12	326	384.42	429.5	490.78	456.55	516.4	576.39	621.39	681.39
Artvin	80.95	121.83	170.24	210.04	266.31	203.36	259.77	318.35	363.05	422.97
Bayburt	198.39	251.75	307.86	351.61	411.5	378.37	438.02	498	543	603
Bitlis	126.43	174.36	227.28	269.13	327.38	305.57	364.51	424.21	469.15	529.15
Erzincan	122.79	167.78	218.36	258.8	315.02	294.52	352.44	411.47	456.31	516.3
Erzurum	210.4	282.75	320.98	370.08	434.72	442.08	492.07	545.23	592.43	650.22
Gümüşhane	143.89	192.34	245.28	286.87	344.29	313.67	372.56	432.15	477.04	537.04
Hakkâri	110.39	156.41	207.94	249.48	307.46	306.45	365.54	425.23	470.17	530.17
Kars	244.91	300.26	357.99	402.71	463.53	442.74	502.45	562.39	607.39	667.39
Kastamonu	159.03	209.46	263.79	306.47	364.85	311.08	369.55	428.87	473.71	533.63
Kayseri	150.6	197.13	248.15	288.43	344.17	304.23	360.51	418.72	463.2	523.02
Muş	111.31	155.81	206.18	246.47	302.9	321.36	379.93	439.42	484.35	544.35
Sivas	157.57	206.74	260	301.74	359.54	330.14	388.25	447.6	492.47	552.44
Van	132.98	183.65	238.88	282.89	343.75	299.81	359.59	419.59	464.59	524.59
Yozgat	163.23	213.58	267.9	310.55	369.53	315.92	374.03	433.39	478.29	538.27
Seçilen İller	Aralık Kontrol Sıcaklıkları ( $^\circ\text{C}$ )					Ocak Kontrol Sıcaklıkları ( $^\circ\text{C}$ )				
	14	16	18	20	22	14	16	18	20	22
Ağrı	665.35	727.35	789.35	835.85	897.85	796.25	858.25	920.25	966.75	1028.75
Ardahan	711.27	773.27	835.27	881.77	943.77	816.02	878.02	940.02	986.52	1048.52
Artvin	352.41	414.17	476.14	522.64	584.64	397.43	459.43	521.43	567.93	629.93
Bayburt	576.15	638.15	700.15	746.65	808.65	662.7	724.7	786.7	833.2	895.2
Bitlis	489.78	551.77	613.77	660.27	722.27	548.37	610.37	672.37	718.87	780.87
Erzincan	469.38	531.36	593.36	639.86	701.86	544.84	606.84	668.84	715.34	777.34
Erzurum	680.45	740.17	805.34	850.41	910.23	805.19	860.46	921.19	970.93	1033.06
Gümüşhane	461.13	523.13	585.13	631.63	693.63	526.78	588.78	650.78	697.28	759.28
Hakkâri	527.51	589.5	651.5	698	760	604.85	666.85	728.85	775.35	837.35
Kars	666.82	728.82	790.82	837.32	899.32	771.47	833.47	895.47	941.97	1003.97
Kastamonu	455.92	517.89	579.89	626.39	688.39	487.37	549.34	611.34	657.84	719.84
Kayseri	453	514.76	576.72	623.2	685.2	509.97	571.93	633.93	680.43	742.43
Muş	568	630	692	738.5	800.5	692.08	754.08	816.08	862.58	924.58
Sivas	491.31	553.3	615.3	661.8	723.8	566.48	628.48	690.48	736.98	798.98
Van	466.99	528.99	590.99	637.49	699.49	548.14	610.14	672.14	718.64	780.64
Yozgat	461.5	523.49	585.49	631.99	693.99	518.98	580.98	642.98	689.48	751.48

	Şubat					Mart				
	Kontrol Sıcaklıkları (°C)					Kontrol Sıcaklıkları (°C)				
	14	16	18	20	22	14	16	18	20	22
<b>Ağrı</b>	689.18	745.65	802.13	844.49	900.96	581.74	643.65	705.62	752.1	814.1
<b>Ardahan</b>	715.55	772.03	828.5	870.86	927.34	608.88	670.85	732.85	779.35	841.35
<b>Artvin</b>	345.42	401.59	458.05	500.41	556.88	278.42	336.68	396.61	442.33	503.92
<b>Bayburt</b>	594.7	651.17	707.65	750	806.48	489.28	551.09	613.04	659.51	721.51
<b>Bitlis</b>	485.41	541.89	598.37	640.72	697.2	417.81	479.54	541.46	587.95	649.95
<b>Erzincan</b>	464.49	520.96	577.44	619.8	676.27	349.81	410.1	471.33	517.59	579.5
<b>Erzurum</b>	696.82	755	816.14	858.31	906.03	584.37	632.15	715.85	760.1	820.72
<b>Gümüşhane</b>	464.62	521.09	577.57	619.93	676.4	379.2	439.82	501.21	547.52	609.45
<b>Hakkâri</b>	525.33	581.81	638.28	680.64	737.12	427.91	489.48	551.32	597.74	659.65
<b>Kars</b>	666.32	722.8	779.27	821.63	878.1	558.8	620.73	682.72	729.22	791.22
<b>Kastamonu</b>	412.8	468.98	525.4	567.76	624.24	342.99	401.96	462.1	507.79	569.3
<b>Kayseri</b>	435.43	491.56	547.92	590.28	646.75	341.51	400.14	460.32	506.11	567.71
<b>Muş</b>	597.16	653.63	710.11	752.47	808.94	460.53	522.01	583.81	630.24	692.23
<b>Sivas</b>	498.59	555.07	611.55	653.9	710.38	394.41	454.93	516.3	562.57	624.47
<b>Van</b>	489.26	545.74	602.21	644.57	701.05	421.5	483.38	545.36	591.85	653.85
<b>Yozgat</b>	462.36	518.82	575.3	617.66	674.13	389.02	449.73	511.18	557.53	619.5
	Nisan					Mayıs				
	Kontrol Sıcaklıkları (°C)					Kontrol Sıcaklıkları (°C)				
	14	16	18	20	22	14	16	18	20	22
<b>Ağrı</b>	270.55	327.02	384.93	429.09	488.83	145.17	194.88	248.39	290.42	348.93
<b>Ardahan</b>	327.12	385.33	444.63	489.45	549.4	204.87	259.53	316.75	361.29	422
<b>Artvin</b>	132.05	176.96	227.27	267.58	323.65	66.34	102.23	145.33	181.84	234.69
<b>Bayburt</b>	254.7	311.18	369.24	413.55	473.19	149.02	199.07	253.27	295.71	354.4
<b>Bitlis</b>	222.56	278.51	336.41	380.47	439.93	106.7	150.85	201.86	242.34	299.31
<b>Erzincan</b>	154.69	204.02	257.71	299.82	357.41	71.72	106.74	149.88	186.54	239.19
<b>Erzurum</b>	286.67	335.07	394.83	450.74	493.22	170.27	210.07	265.32	312.75	355.08
<b>Gümüşhane</b>	190.94	242.62	297.26	339.75	397.8	106.93	149.47	198.44	237.87	293.28
<b>Hakkâri</b>	221.02	276.77	334.5	378.63	438.16	87.85	129.3	178.07	218.34	275.33
<b>Kars</b>	293.82	351.24	409.94	454.51	514.31	181.79	235.07	291.31	335.17	395.52
<b>Kastamonu</b>	184.95	235.55	289.32	331.06	388.34	99.99	141.28	189.28	228.54	283.68
<b>Kayseri</b>	169.54	217.79	269.88	310.7	367.18	95.81	134.84	180.61	218.33	271.97
<b>Muş</b>	187.46	240.38	296.18	339.29	398.02	77.94	114.31	159.46	197.58	251.47
<b>Sivas</b>	193.99	246.43	301.67	344.44	402.64	106.95	150.25	199.67	239.92	296.34
<b>Van</b>	223.09	279.91	338.43	382.94	442.74	109.21	156.54	209.73	252.3	311.64
<b>Yozgat</b>	209.47	263.28	319.63	363.03	421.95	118.24	163.46	214.48	255.93	313.72



Şekil 4. Seçilen illerin Aylık ısınma derece-gün sayılarının enlem ve boylamla değişimi ( $T_k = 18$  °C, Ocak)

AIDG değerlerinin enlem-yükseklik ve boylam-yüksekliğe göre değişimi üç boyutlu olarak Şekil 3 ve Şekil 4'te gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi, AIDG değerleri, enlem, boylam ve yükseklik değerleri arttıkça artmaktadır.



Şekil 5. Seçilen illerin aylık ısınma derece-gün sayılarının enlem ve boylamla değişimi ( $T_k=18$  °C, Ocak)

Aylık ısınma derece-gün sayısının enlem ve boylama bağlı değişimi Şekil 5'te gösterilmiştir. Enlem ve boylam arttıkça ısınma derece-gün sayısı genellikle artmaktadır.

Sonuçta, uzun dönem sıcaklık verilerine dayalı hesaplanan aylık ısınma derece-gün sayıları binaların ısınma dönemi enerji tüketim tahminlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Enerji fakiri olan ülkemizde, enerjinin verimli kullanılması açısından bireysel enerji tasarrufu bilincinin oluşması gerekir; çünkü enerjinin verimli kullanılması, enerji kaynaklarına harcanacak yatırımlarından daha ekonomiktir. Enerjinin verimli kullanılması anlamına gelen enerji tasarrufu ve çevresel etkiler açısından değerlendirildiğinde, konutlardaki enerji ihtiyacı ve buna bağlı enerji tüketimi tahminlerinin doğru yapılması oldukça önemlidir.

## Semboller

AET	Isınma dönemi aylık enerji tüketimi (W)
AIDG	Aylık ısınma derece-Gün değeri (°C/Ay)
UA	Konutun toplam ısı iletim katsayısı (W/°C)
$T_{maksimum}$	En yüksek çevre sıcaklığı (°C)
$T_{minimum}$	En düşük çevre sıcaklığı (°C)
$T_k$	Kontrol sıcaklığı (°C)
$\eta$	Isıtma sistemi verimi

## Kaynaklar

Al-Ghandoor, A., Jaber, J.O., Al-Hinti, I., Mansour, I.M., 2009. Residential past and future energy consumption: potential

savings and environmental impact, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13(6-7):1262-1274.

Binalarda Enerji Tasarrufu, Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) Serisi Kasım, 1991.

Büyükalaca, O., Bulut, H., Yılmaz, T., 2001. Analysis of variable-base heating and cooling degree-days for Turkey, *Applied Energy* 69, 269-283.

Demirbaş, A., 2002. Energy balance, energy sources, energy policy, future developments and energy investments in Turkey, *Energy Conversion & Management* 42, 1239-1258.

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİGM), Ankara.

Koroneos, C., Kottas, G., 2007. Energy consumption modeling analysis and environmental impact assessment of model house in Thessaloniki- Greece, *Building and Environment* 42, 122-138.

Moss, K.J., 1997. Energy management and operating costs in buildings, E&FN SPON, London, 179 s.

Ozkahraman, H.T., Bolatturk, A., 2006. The use of tuff Stone cladding in buildings for energy conservation, *Construction and Building Materials* 20, 435-440.

Papadopoulos, A.M., Giama, E., 2007. Environmental performance evaluation of thermal insulation materials and its impact on the building, *Building and Environment* 42, 2178-2187.

Şen, Z., Kadioğlu, M., 1998. Heating degree-days for arid regions, *Energy* 23, 1089-1094.

Şişman, N., Kahya, E., Aras, N., Aras, H., 2007. Determination of optimum insulation thickness of the external walls and roof

(ceiling) for Turkey's different degree-day regions, *Energy Policy* 35, 5151-5155.

Ucar, A., Balo, F., 2009. Effect of fuel type on the optimum thickness of selected insulation materials for the four different region of Turkey, *Applied Energy* 84, 730-736.

Wang, X., Feng, Z., 2003. Energy consumption with sustainable development in developing country: a case in Jiangsu, China, *Energy Policy*, 31, 1679-1684.