

Research Article / Araştırma Makalesi
**THE DETERMINATION OF MONTHLY COOLING DEGREE-DAY NUMBERS
FOR IN THE WARMEST CLIMATE PROVINCES OF TURKEY****Ö. Altan DOMBAYCI****Pamukkale Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, Kınıklı-DENİZLİ***Received/Geliş: 24.04.2009 Revised/Düzeltilme: 23.07.2009 Accepted/Kabul: 28.09.2009****ABSTRACT**

In this study, the monthly cooling degree-day numbers of cooling season was calculated for selected 8 provinces (Adana, Adıyaman, Antakya, Antalya, Aydın, Diyarbakır, İzmir and Şanlıurfa) from 1st degree-day region that the warmest climate region of Turkey and six different base temperature ($T_b = 18, 20, 22, 24, 26$ and 28°C). Şanlıurfa has the highest degree-day number although İzmir has the lowest degree-day number in terms of selected months and base temperatures. The cooling energy consumption of Şanlıurfa was predicted more 42% than İzmir for 22°C base temperature and August.

Keywords: Cooling energy, monthly cooling degree-day numbers, cooling energy consumption.

**TÜRKİYE’NİN EN SICAK İKLİM BÖLGESİNDEKİ KENTLERİ İÇİN AYLIK SOĞUTMA
DERECE-GÜN SAYILARININ BELİRLENMESİ****ÖZET**

Bu çalışmada, Türkiye’nin en sıcak iklim bölgesi olan birinci derece-gün bölgesinden seçilen 8 kent (Adana, Adıyaman, Antakya, Antalya, Aydın, Diyarbakır, İzmir ve Şanlıurfa) ve altı farklı baz sıcaklıkları ($T_b = 18, 20, 22, 24, 26$ ve 28°C) için soğutma dönemi, aylık soğutma derece-gün sayılarının hesabı yapılmıştır. Seçilen aylar ve baz sıcaklıklarında, Şanlıurfa en yüksek derece-gün sayısına sahipken, İzmir en düşük derece-gün sayısına sahiptir. 22°C baz sıcaklığı ve ağustos ayı için, Şanlıurfa’nın soğutma enerjisi tüketiminin İzmir’e göre %42 daha fazla olduğu tahmin edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Soğutma enerjisi, aylık soğutma derece-gün sayısı, soğutma enerjisi tüketimi.

1. GİRİŞ

Nüfus artışı, kentleşme, kırsal bölgelerden büyük kentlere göç oranının yükselmesi ve yaşam kalitesindeki iyileşmeler nedeniyle enerji tüketimi hızla artmaktadır [1]. Artan enerji ihtiyacı ve çevre bilinci, tüm dünya’da enerji kaynaklarının daha verimli kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir [2]. Pek çok ülkede, enerji tüketiminin yapısı farklı tüketim gruplarıyla karakterize edilir; toplam nihai enerji ihtiyacının %40’ını ise bina sektörü (konut/ticari) oluşturur [3].

Asya, Avrupa ve Afrika kıtalarının birleşme noktasında bulunan Türkiye, Asya ve Avrupa arasında köprü görevi görmektedir. Yüzölçümü 779452 km^2 , 2007 sonu itibarıyla nüfusu 70 487 917’ dir. Nüfusun %70.5’inin kentlerde yaşamakta olduğu Türkiye’de kişi başına ortalama

* e-mail/e-ileti: adombayci@pamukkale.edu.tr, tel: (532) 740 03 50

Yıllık gelir 9233 US\$ ve son beş yılda ekonomik büyüme oranı yaklaşık %7 dir. Bu ekonomik ve sosyal gelişme nedeniyle enerji ihtiyacı hızla artmaktadır. Büyük ölçekte petrol ve gaz rezervlerinin olmaması nedeniyle petrol ve doğalgaz ihtiyacının hemen hemen tamamını ithalata karşılayan Türkiye'nin ulusal enerji kaynakları linyit ve hidroliktir. Elektrik ihtiyacının %50'si doğalgazlı termik santrallerden, geri kalan kısmı da kömürlü ve hidrolik santrallerden karşılanmaktadır [4]. 1980 yılından itibaren ithalata dayalı enerji tüketimindeki hızlı artış ve özellikle 1973 enerji krizinden sonra Türkiye'de, ısıtma enerji tüketiminde en fazla paya sahip olan konutlarda enerji tasarrufu gündeme gelmiştir [5].

Türkiye'nin yıllık enerji ihtiyacı 1995 ve 2004 yılları arasında %6.6 artmış ve 2005-2015 arasında %8.5 artacağı tahmin edilmektedir. Elektrik tüketimi 2004'te 150 milyar kWh iken, bu tüketimin 2020 yılına kadar dört kat artarak 499 milyar kWh'a ulaşacağı tahmin edilmektedir. Bu durumda 2005'te 38500 MW olan kurulu kapasiteyi 2020'ye kadar 96,000 MW olacak şekilde üç kat artırmak gerekecektir. Türkiye dinamik ekonomik gelişme ve hızlı nüfus artışına sahip bir ülke olması nedeniyle enerji ihtiyacı her yıl artmaktadır [6]. Ancak, 1994 yılından bu yana belirli dönemlerde meydana gelen ciddi ekonomik krizler, büyüyen enerji ihtiyacını karşılayacak yatırımların yapılmasını engellemektedir.

Türk Standartları(TS) 825'e göre Türkiye dört farklı derece-gün bölgesine sahiptir ve İklim şartları binalardaki enerji ihtiyaçlarını(ısıtma/soğutma) belirleyen en önemli faktörlerdir [2]. Bu çalışmada, Türkiye'nin en sıcak derece-gün bölgesinden (1. Bölge) seçilen 8 kent (Adana, Adıyaman, Antakya, Antalya, Aydın, Diyarbakır, İzmir ve Şanlıurfa), altı farklı baz sıcaklıkları ($T_b = 18, 20, 22, 24, 26$ ve 28 °C) ve soğutma ihtiyacının en yoğun olduğu Haziran, Temmuz, Ağustos ve ayları için aylık soğutma derece-gün sayılarının (ASDG) hesabı yapılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Yağış ve sıcaklık kayıtları bir bölgenin iklim koşulları hakkında önemli bilgiler verir. Sıcaklıktaki değişimler tarımı, mimariyi, enerji üretimi ve tüketimini ve karın ermesini etkilemesinin yanında; buzlanma ve donma, taşıma sistemlerini, çiçeklenme ve hasat günlerini, konutlardaki ısıtma-soğutma elektrik gücünü ve klima sistemlerini etkiler. Bunların tümü günlük ve saatlik dış ortam sıcaklıklarına ve sistem dizayn değerlerine bağlıdır [7]. Bir bölgenin derece-gün sayıları (ısıtma/soğutma) aylara ve yıllara göre değişik değerler alabilir; bu nedenle derece-gün sayılarının hassasiyeti uzun yıllara dayalı dış ortam sıcaklık verilerine bağlıdır [8]. Bu çalışmada, seçilen kentlerin aylık soğutma derece-gün sayılarının hesabında Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden [9] elde edilen ve bu kentlere ait 21 yıllık (1985–2005) günlük maksimum ve minimum dış ortam sıcaklık değerleri kullanılmıştır. Kentlerin meteorolojik istasyonlarına ait koordinatlar Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Seçilen kentlerin meteorolojik koordinatları

| KENTLER | Enlem | Boylam | Rakım (m) |
|------------|-------|--------|-----------|
| ADANA | 36.98 | 35.35 | 27 |
| ADİYAMAN | 37.75 | 38.28 | 672 |
| ANTAKYA | 36.2 | 36.17 | 100 |
| ANTALYA | 36.88 | 30.7 | 47.33 |
| AYDIN | 37.85 | 27.85 | 56.3 |
| DİYARBAKIR | 37.9 | 40.23 | 649 |
| İZMİR | 38.43 | 27.17 | 28.55 |
| ŞANLIURFA | 37.13 | 38.77 | 549.35 |

3. AYLIK SOĞUTMA DERECE-GÜN SAYILARININ HESABI

Binaların enerji analizinde kullanılan karmaşık ve gelişmiş yöntemler olmasına rağmen, en basit enerji tahmin yöntemlerinden biri olan Derece-gün yöntemi geçerliliğini korumaktadır. Derece-gün yönteminde, bir binanın enerji ihtiyacı iç ortam sıcaklığı, kontrol sıcaklığı olarak da adlandırılan baz sıcaklık ve dış ortam sıcaklığı ile doğru orantılıdır. Binanın iç ortam sıcaklığı ve iç ısı kazançları sabit ise, derece-gün yönteminde hesaplanan değerlerle, binaların soğutma, ısıtma enerji ihtiyaçları ve enerji tüketimleri iyi bir hassasiyetle tahmin edilebilir [10]. Bir bölgenin gerçek derece-gün sayısı, günlük ortalama dış ortam sıcaklıkları yerine, günlük maksimum (T_{\max}) ve minimum (T_{\min}) dış ortam sıcaklıkları kullanılarak hesaplanır. Seçilen kentlerin soğutma derece-gün sayıları aşağıdaki algoritma ve denklemler yardımıyla hesaplanmıştır [8];

$$\begin{aligned} & \text{Eger } T_{\max} > T_b, T_{\min} < T_b \text{ ve } (T_{\max} - T_b) < (T_b - T_{\min}) \text{ ise} \\ & ASDG = 0.25(T_{\max} - T_b) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} & \text{Eger } T_{\max} > T_b, T_{\min} < T_b \text{ ve } (T_{\max} - T_b) > (T_b - T_{\min}) \text{ ise} \\ & ASDG = 0.5(T_{\max} - T_b) - 0.25(T_b - T_{\min}) \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} & \text{Eger } T_{\max} > T_b \text{ ve } T_{\min} > T_b \text{ ise} \\ & ASDG = 0.5(T_{\max} + T_{\min}) - T_b \end{aligned} \quad (3)$$

Denklemlerde ASDG aylık soğutma derece-gün sayısı, T_{\max} ve T_{\min} aynı gün için sırasıyla günlük maksimum ve minimum dış ortam sıcaklıkları, T_b , baz sıcaklık değeridir. Yukarıdaki denklemlerden her ay için elde edilen soğutma derece-gün sayılarının 21 yıl için toplanmasıyla 21 yıllık veri aralığı için aylık soğutma derece-gün sayıları elde edilir. Baz sıcaklık, bina iç ortam sıcaklığından, binada ısı kazanç kaynaklarından (aydınlanma, elektrikli ev aletleri, bina sakinlerinin vücutlarından yayılan ısı, vb.) oluşan sıcaklığın çıkarılmasıyla elde edilen ve bina sakinlerinin ısı konforunu belirleyen denge sıcaklığıdır. Şen ve Kadioğlu [7] binalarda ısı konfor sıcaklığını 15-24 °C olarak tanımlamışlar, 15°C'nin altında ısıtma, 24°C'nin üzerinde soğutma ihtiyacının oluştuğunu belirtmişlerdir. Büyükalaca ve arkadaşları [10] Türkiye için soğutma derece-gün sayısı hesabında, baz sıcaklık değerlerini 18°C ile 28°C arasında alarak bu baz sıcaklıklarında 16 yıllık ortalama sıcaklık değerlerini kullanarak soğutma derece-gün sayılarını hesaplamışlardır. Bu çalışmada, Büyükalaca ve arkadaşları tarafından seçilen baz sıcaklık değerleri kullanılmıştır. (1), (2) ve (3) numaralı denklemlerin toplamından elde edilen aylık soğutma derece-gün sayıları kullanılarak bir binanın aylık soğutma enerji tüketimi aşağıdaki (4) denklemi yardımıyla hesaplanabilir [10];

$$ASET = \frac{ASDG \cdot 24 \cdot UA}{1000 \cdot \eta} \quad (4)$$

Denklemden, ASET binanın aylık soğutma enerji tüketimi, UA binanın toplam ısı iletim katsayısı ve η soğutma sisteminin mevsimsel verimidir.

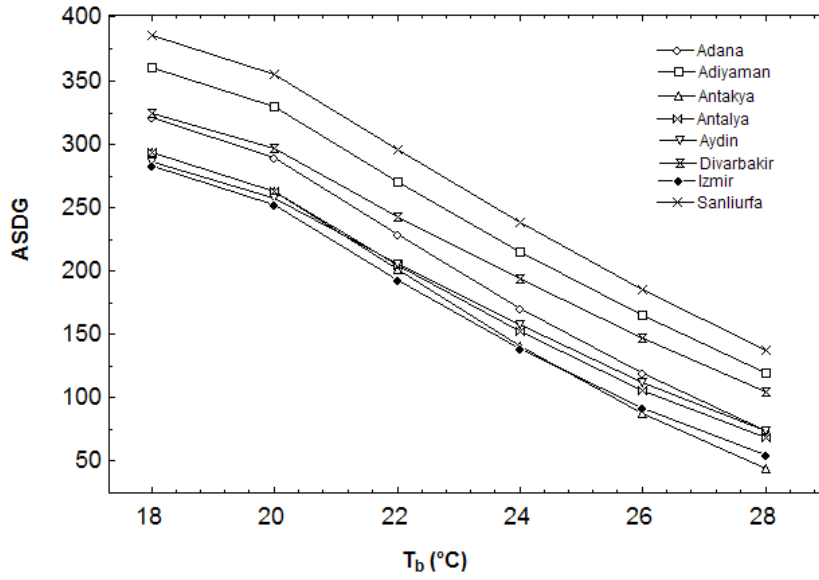
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Seçilen kentlerin 1985-2005 yılları için elde edilen sıcaklık verilerine dayanan aylık soğutma derece-gün sayıları 18, 20, 22, 24, 26 ve 28 °C baz sıcaklıkları için (1), (2) ve (3) denklemleri kullanılarak hesaplanmış ve Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Seçilen kentlerin aylık soğutma derece-gün sayıları

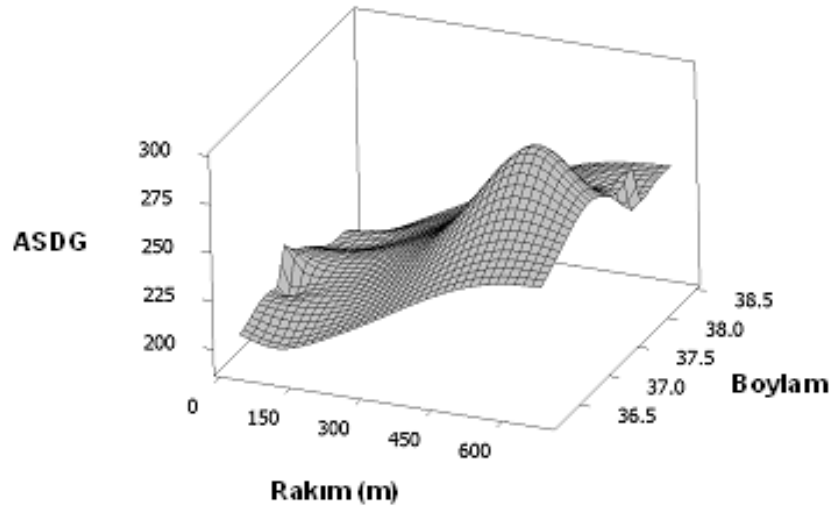
| Haziran | | | | | | |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Baz Sıcaklıklar (°C) | | | | | | |
| KENTLER | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 |
| ADANA | 210.89 | 183.47 | 132.79 | 88.62 | 52.88 | 28.94 |
| ADİYAMAN | 231.66 | 205.58 | 156.78 | 113.9 | 78.42 | 50.25 |
| ANTAKYA | 184.26 | 156.04 | 103.84 | 60.72 | 30.16 | 13.63 |
| ANTALYA | 198.18 | 172.46 | 125.38 | 85.87 | 55.21 | 32.91 |
| AYDIN | 223.83 | 198.95 | 152.91 | 111.23 | 76.17 | 49.62 |
| DİYARBAKIR | 205.1 | 181.7 | 138.58 | 101.06 | 70.03 | 46.4 |
| İZMİR | 207.69 | 180.41 | 130.16 | 86.88 | 52.94 | 29.11 |
| ŞANLIURFA | 272.53 | 244.85 | 192.42 | 144.61 | 103.26 | 69.32 |
| Temmuz | | | | | | |
| Baz Sıcaklıklar (°C) | | | | | | |
| | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 |
| ADANA | 304.28 | 273.38 | 212.36 | 154.85 | 104.58 | 60.85 |
| ADİYAMAN | 371.94 | 341.32 | 281.65 | 225.8 | 174.6 | 128.31 |
| ANTAKYA | 269.66 | 238.76 | 177.29 | 118.34 | 68.82 | 31.68 |
| ANTALYA | 299.99 | 269.59 | 211.35 | 158.23 | 112.31 | 74.7 |
| AYDIN | 301.61 | 272.44 | 218.91 | 170.58 | 125.11 | 84.83 |
| DİYARBAKIR | 345.42 | 316.14 | 260.4 | 209.16 | 161.81 | 118.17 |
| İZMİR | 291.44 | 260.7 | 200.7 | 146.42 | 99.29 | 60.02 |
| ŞANLIURFA | 404.21 | 373.29 | 312.28 | 253.78 | 199.59 | 150.32 |
| Ağustos | | | | | | |
| Baz Sıcaklıklar (°C) | | | | | | |
| | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 |
| ADANA | 320.37 | 289.42 | 228.21 | 169.88 | 118.58 | 73.35 |
| ADİYAMAN | 359.75 | 329.04 | 269.74 | 214.69 | 164.84 | 119.05 |
| ANTAKYA | 293.63 | 262.68 | 201.05 | 140.51 | 86.82 | 43.28 |
| ANTALYA | 293.18 | 262.67 | 204.35 | 151.81 | 105.16 | 68.28 |
| AYDIN | 285.53 | 256.82 | 204.6 | 156.78 | 111.79 | 73.68 |
| DİYARBAKIR | 324.32 | 295.96 | 242.57 | 193.26 | 146.75 | 104.34 |
| İZMİR | 283.04 | 252.26 | 192.39 | 138.47 | 91.74 | 53.99 |
| ŞANLIURFA | 386.13 | 355.29 | 294.85 | 237.73 | 185.16 | 136.98 |
| Eylül | | | | | | |
| Baz Sıcaklıklar (°C) | | | | | | |
| KENTLER | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 |
| ADANA | 195.48 | 169.32 | 122.92 | 81.18 | 49.26 | 20.69 |
| ADİYAMAN | 216.54 | 191.47 | 144.84 | 103.48 | 69.07 | 43.89 |
| ANTAKYA | 168.63 | 143.64 | 96.25 | 55.31 | 21.96 | 15.91 |
| ANTALYA | 192.96 | 167.13 | 119.88 | 79.14 | 48.65 | 28.02 |
| AYDIN | 182.89 | 159.86 | 117.21 | 80.36 | 52.39 | 33.66 |
| DİYARBAKIR | 185.82 | 163.3 | 120.98 | 85.3 | 58.21 | 39.81 |
| İZMİR | 163.9 | 138.48 | 93.55 | 57.34 | 31.75 | 16.12 |
| ŞANLIURFA | 247.94 | 220.89 | 170.76 | 140.28 | 85.82 | 55.05 |

Tüm baz sıcaklıkları için aylık soğutma derece-gün sayılarının en yüksek değerleri Ağustos ayına, en düşük değerleri de Eylül ayına aittir. Tüm aylar ve baz sıcaklıklarında, en yüksek soğutma derece-gün sayısına sahip il Şanlıurfa olurken, en düşük soğutma derece-gün sayısına sahip il ise İzmir'dir. Ağustos ayı ve 22°C baz sıcaklığında Şanlıurfa'nın soğutma derece-gün sayısı Eylül ayına göre %42 daha fazladır; Ağustos ayında Eylül ayına göre aynı bina karakteristiği için Şanlıurfa'daki binalarda, %42 daha fazla enerji tüketilmektedir. Aynı ay ve baz sıcaklığı için Şanlıurfa'nın soğutma derece-gün sayısı, İzmir'in soğutma derece-gün sayısından yine %42 daha fazladır; yani, bu ilde İzmir'e göre %42 daha fazla soğutma enerji tüketilmektedir. 24 °C baz sıcaklığı için bu oran %40'tır. Baz sıcaklıkları arttıkça soğutma derece-gün sayıları önemli ölçüde azalmaktadır. Şekil 1, seçilen iller için aylık soğutma derece-gün sayısının baz sıcaklığına göre değişimini göstermektedir; baz sıcaklığı arttıkça soğutma derece-gün sayısı azalmaktadır. Örneğin; Şanlıurfa ili için Ağustos ayında 18°C baz sıcaklığı için tüketilen soğutma enerjisi, 28°C'ye göre %64.5 daha fazladır. Bunun anlamı, yüksek baz sıcaklığında enerji tüketiminin daha az olacağıdır; enerji tasarrufu açısından soğutma döneminde binalardaki baz sıcaklığının yüksek tutulması sağlayacak tedbirlerin alınması gerekir.

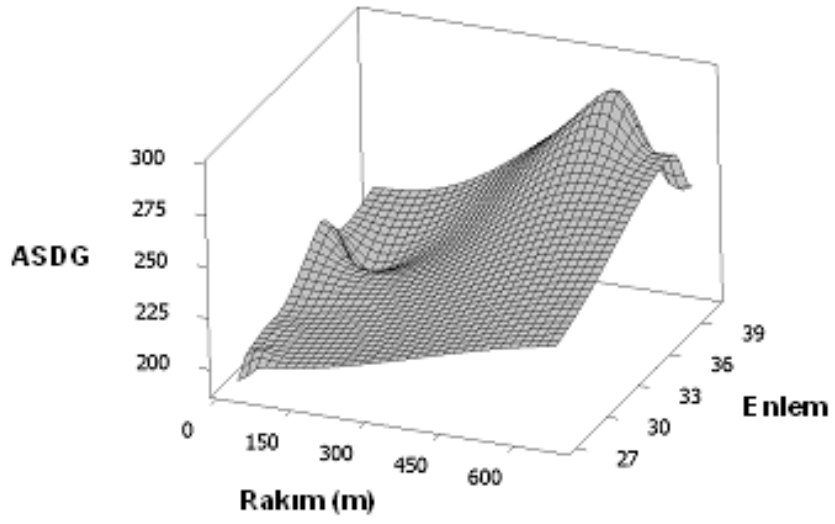


Şekil 1. Aylık soğutma derece-gün sayısının baz sıcaklıklarına göre değişimi

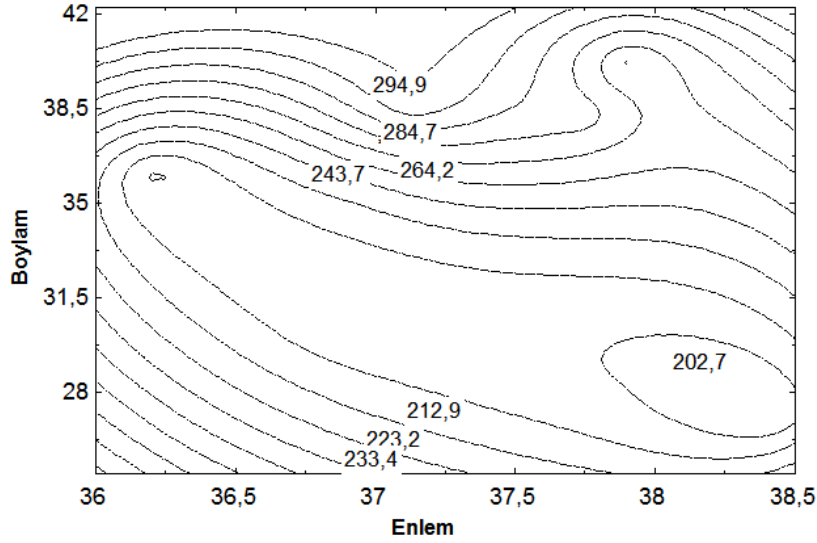
Aylık soğutma derece-gün sayısının boylam ve rakıma, enlem ve rakıma bağlı değişimi üç boyutlu grafik halinde sırasıyla, Şekil 2 ve 3'te gösterilmiştir. Düşük boylam ve yüksekliklerde aylık soğutma derece-gün sayıları da artmaktadır. Enlem ve boylama bağlı derece-gün sayılarındaki değişim Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 2. Aylık soğutma derece-gün sayısının rakım ve boylamla değişimi (22 °C, Ağustos)



Şekil 3. Aylık soğutma derece-gün sayısının rakım ve enlemle değişimi (22 °C, Ağustos)



Şekil 4. Aylık soğutma derece-gün sayılarının enlem ve boylama göre değişimi ($T_b=22\text{ }^\circ\text{C}$, Ağustos)

Sonuç olarak binalarda, gerek ısıtma ve gerekse soğutma enerji tüketimlerinde genellikle yıllık derece-gün sayıları kullanılmaktadır. Ancak, yaz sıcaklıklarının en şiddetli hissedildiği aylarda soğutma derece-gün sayıları değerleri birbirinden farklıdır; bu nedenle her ay için farklı sayıların kullanılması enerji tüketim tahmininin daha hassas yapılmasını sağlar.

5 Aralık 2008 tarihinde Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından “Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği” hazırlanmış, bu yönetmeliğe göre binalarda enerjinin gereğinden fazla tüketilmesi önlenmektedir. Bu noktada binalarda enerji tüketim planlaması açısından ısıtma ve soğutma derece-gün sayıları oldukça önemli hale gelmiştir. Bu çalışmada, belirtilen kent merkezleri için hesaplanan aylık soğutma derece-gün sayıları bu kentlerdeki binaların enerji analizinde yararlı olabilecektir. Sonuç olarak, binalardaki enerji tüketim tahminlerinin doğru yapılması hem enerji tasarrufu, hem de çevresel faktörler açısından oldukça önemlidir.

SEMBOLLER

| | |
|------------|---|
| ASET | Binanın aylık soğutma enerji tüketimi (kWh) |
| ASDG | Aylık soğutma derece-gün sayısı ($^\circ\text{C}/\text{Ay}$) |
| UA | Binanın toplam ısı iletim katsayısı ($\text{W}/^\circ\text{C}$) |
| T_{\max} | Maksimum dış ortam sıcaklığı ($^\circ\text{C}$) |
| T_{\min} | Minimum dış ortam sıcaklığı ($^\circ\text{C}$) |
| T_b | Baz sıcaklık ($^\circ\text{C}$) |
| η | Soğutma sisteminin mevsimsel verimi |

REFERENCES / KAYNAKLAR

- [1] Bolattürk A., “Optimum insulation thickness for building walls with respect to cooling and heating degree-hours in the warmest zone of Turkey”, Building and Environment, 43, 1055-1064, 2008.

- [2] Şişman N., Kahya E., Aras N., Aras, H., “Determination of optimum insulartion thickness of the external walls and roof (ceiling) for Turkey’s different degree-day regions”, *Energy Policy* 35, 5151-5155, 2007.
- [3] Chwieduk D.,” Towards sustainable-energy buildings”, *Applied Energy*, 76, 211-7, 2003.
- [4] Demirbaş A., “Energy balance, energy sources, energy policy, future developments and energy investments in Turkey”, *Energy Conversion & Management*, 42, 1239-1258, 2002.
- [5] Ozkahraman H.T., Bolatturk A., “The useof tuff Stone cladding in buildings for energy conservation. *Construction and Building Materials*”, 20, 435-440, 2006.
- [6] Ucar A., Balo F., “Effect of fuel type on optimum thickness of selected insulation materials for the four different climatic regions of Turkey”, *Applied Energy* 86, 730-736, 2009.
- [7] Şen Z., Kadioğlu M., “Heating degree-days for arid regions”, *Energy*, 23, 1089-1094, 1998.
- [8] Moss K.J., “Energy management and operating costs in buildings”, thirt edition, E&FN SPON, London 1998.
- [9] Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİGM), Ankara.
- [10] Büyükalaca O., Bulut H., Yılmaz T., “Analysis of variable-base heating and cooling degree-days for Turkey”, *Applied Energy* 69, 269-283, 2001.