

Investigation of A Different Method In Free Heating Degree Hours Calculations for Aydın Province

Erdem Yaşar¹, Mustafa Ertürk^{2*}

erdemyasar@ucalfa.com, ORCID: 0009-0004-4202-0429
mustafaerturk@subu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0517-6940

¹Department of Mechanical Engineering, Sakarya University of Applied Sciences

²Department of Mechanical Engineering, Sakarya University of Applied Sciences Graduate Education Institute

Abstract: The total energy used in the buildings is mainly spent on heating the premises during winter season. To reduce the energy need for heating without disturbing the comfort of residents, insulation on the outer walls, columns, beams, and double-glazing application on the windows is recommended for significant reduction in energy consumption. Free heating systems can also be used to reduce the energy requirement for heating. In this system, when the outdoor air temperature is above the indoor reference temperature (20 ° C), the heating systems (full air conditioning systems) meet the energy needs of the space by sending the fresh air taken from the outside environment directly into the space by bypassing the heating batteries. To carry out the design phase of this system, the frequency of reliable outdoor temperature distributions of 24 hours, separately for all months in the heating season, constitutes an important parameter. In this study, analyses were made with 5 different programs written on visual basic. According to the results of the analysis; The system will meet the heating loads for the province of Aydın at any time of any month during the heating period, without commissioning the seasonal free heating working times and heating systems for each month in the season between any two time zones. Free Heating Degree Hour Value (SIDSD) was introduced to the literature for the first time. The maximum seasonal SIDSD in Aydın province is 746.4 between 13:00-14:00, the maximum SIDSD in the heating season is 276.4 between 14:00-15:00 in April, the maximum SIDSD in the months of the heating period is 2505.4 in April. 24 hours total SIDSD was estimated for Aydın for the first time.

Keywords: Aydın, outdoor temperature, heating degree hour, free heating degree hour

Aydın İli Serbest Isıtma Derece Saat Hesaplamalarında Farklı Bir Yöntemin Araştırılması

Özet: Binalarda kullanılan toplam enerji ihtiyacı ağırlıklı olarak kış sezonu boyunca mahallerin ısıtılması için harcanmaktadır. Konfor şartlarını bozmadan ısıtma amaçlı enerji ihtiyacının azaltmada dış duvar, kolon, kirişlerde yalıtım yapılması ve pencerelerde çift cam uygulaması enerji tüketimini önemli ölçüde azalmasına neden olmaktadır. Isıtma amaçlı enerji ihtiyacının düşürülmesinde serbest ısıtma (free heating) sistemleri de kullanılabilir. Bu sistemde dış hava sıcaklığı, iç ortam referans sıcaklığının (20°C) üzerinde olduğu zaman diliminde ısıtma sistemleri (tam havalı iklimlendirme sistemleri) dış ortamdan alınan taze havayı ısıtma bataryalarını bypass ederek doğrudan mahal içerisine göndererek mahalin enerji ihtiyacını karşılamaktadır. Bu sistemin projelendirme aşamasında yapılabilmesi için ısıtma sezonundaki tüm ayların 24 saatlik güvenilir dış hava sıcaklık dağılımlarının görülme sıklığı önemli parametre oluşturmaktadır. Bu çalışmada visual basic tabanlı yazılan 5 farklı bilgisayar programı yazılımlarıyla analizler yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre; Aydın ili için ısıtma mevsimindeki her ayın her saatinde, herhangi iki saat arasında sezondaki her ay için ve mevsimlik free heating çalışma süreleri ve ısıtma sistemlerini devreye almadan ısıtma yüklerini karşılayacak Serbest Isıtma Derece Saat Değeri (SIDSD) ilk defa literatüre kazandırılmıştır. Aydın ili en fazla sezonluk SIDSD 746,4, saat 13:00-14:00 arasında olacağı, ısıtma sezonunda en fazla SIDSD 276,4 olarak nisan ayı saat 14:00-15:00 arasında olacağı, ısıtma dönemi ayları içinde en fazla SIDSD nisan ayı 24 saatlik toplam SIDSD'nin 2505,4 olacağı ilk defa Aydın için tahmin edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Aydın, dış hava sıcaklığı, ısıtma derece saat, serbest ısıtma süreleri, serbest ısıtma derece saat

Reference to this paper should be made as follows (bu makaleye aşağıdaki şekilde atıfta bulunulmalı):

Erdem Yaşar, Mustafa Ertürk, 'Investigation of A Different Method in Free Heating Degree Hours Calculations for Aydın Province', Elec Lett Sci Eng , vol. 19(1), (2023), 17-28.

*Corresponding author; mustafaerturk@subu.edu.tr

1. GİRİŞ

Dünyada sürekli olarak artan insan sayısı konut ihtiyaçlarını sürekli olarak artırmaktadır. Sanayide birincil enerji kaynağı olarak fosil türü yakıtların kullanılması her geçen gün küresel ısınmanın artmasına neden olmaktadır.

Bir binanın serbest soğutma veya serbest ısıtma kapasitesi, dış hava sıcaklığı, iç ortam sıcaklığı yoğunluğu, bina dış kabuğundaki bileşenler, dış kabuk bileşenlerinin ısı iletim ve toplam ısı transfer katsayıları ve havalandırma modu gibi birçok faktörlere bağlıdır. Bir yerleşim birimindeki binada, eğer dahili ısı kaynağı yoğunluğu ve hava değişim oranı çok değişmezse, binanın ısı performansını duvarın termofiziksel özellikleri arasındaki yakın bir ilişki vardır. Bundan dolayı, duvar konstrüksiyonunun ve termofiziksel özelliklerinin duvarın termal performansı üzerindeki çalışmalar yapılmıştır [1-7]. Literatürde serbest soğutma (free cooling) çalışmaları bulunmaktadır. Konutlarda ısıtma amaçlı harcanan enerjinin azaltılmasında kullanılan sistemlerden birisi de, tam havalı iklimlendirme sistemleri için serbest soğutma sistemleri kullanılmaktadır. Serbest soğutma sistemlerinde, iç ortam referans sıcaklığı veya entalpisinin dış ortam sıcaklığı veya entalpisinde büyük olması durumunda doğrudan dış ortam havası iç ortama taşınarak mahalin konfor sıcaklığına ulaşması sağlanır. Bu çevrim ekonomizer çevrimi olarakta adlandırılabilir [8]. Serbest soğutma sistemlerinde, dış hava sıcaklığı veya entalpi kontrolüyle belirlenmektedir [9]. Entalpi kontrolü yapılan uygulamalarda çeşitli problemlerin ortaya çıkmasıyla sıcaklık kontrollü sistemler tercih edilmeye başlanmıştır [10]. Serbest soğutma sistemlerinde doğrudan dış hava ortama gönderilmesi iç hava kalitesinde artmasına neden olmaktadır. Bu sistemlerde yüksek kaliteye ulaşan iç ortam havası, dünyanın bir çok bölgesindeki iç ortam havasına göre iç hava kalitesini % 5-10 artırabilmektedir [11]. Serbest soğutma sistemleri yalnız başına soğutma yüklerini karşılayamayacağı yani mekanik soğutma sistemlerinin tamamen yerini alamayacağı yani, mekanik soğutma sistemlerine destekleyen sistemler olduğu düşünülmelidir [12]. Bu sistemler soğutma yükü büyük olan uygulamalarda mekanik soğutma sisteminin kapasitesi azaltılabilir. Bu uygulamalarda gündüz saatlerinde yapı bileşenleri tarafından absorbe edilen ısı enerjisi, gece saatlerinde serbest soğutma yapılarak yapı malzemeleri tarafından absorbe edilen ısı uzaklaştırılmış olur [13]. Gece serbest soğutma yapılan bir binada, yapı bileşenleri ısı kapasitesine bağlı, yapının toplam soğutma enerji ihtiyacının %27-36 oranında azaltılabileceğini hesaplamışlardır [14]. Serbest soğutma sistemlerinde mekanik soğutma yükünün düşük olması nedeniyle mekanik iklimlendirme sisteminin ilk yatırım maliyeti, işletme ve bakım giderlerinde azalmasına neden olur [8]. Serbest soğutma kapasitesi, mekanik soğutma sistemini bypass eden, soğutma enerji ihtiyacını dış ortam havasıyla karşılayan bir sistemin ölçüsü olarak açıklanabilir [15]. Serbest soğutma kapasitesi dış hava sıcaklık dağılımlarına göre farklılık göstermektedir [16].

Serbest soğutma kapasitesi hesaplamalarında her yerleşim birimi için en az on yıllık geçmiş yıllara ait günün 24 saati için kayıt altına alınmış dış hava sıcaklığı meteorolojik veri setine ihtiyaç duyulmaktadır.

Literatürde serbest ısıtma çalışmalarıyla ilgili akademik düzeyde çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmanın literatüre katkıları aşağıda verilmiştir.

I. Aydın ili için ilk defa dış hava sıcaklık dağılımları yılın her ayının herhangi bir saatinde herhangi iki zaman arasında dış hava sıcaklık dağılımları aylık ($30 \times 24 = 720$ saat) içerisindeki görülme sıklıkları oransal ve saat olarak 1°C sıcaklık farkıyla ilk defa bu çalışmayla ortaya konulmuştur.

II. Aydın için ilk defa ısıtma mevsimi serbest ısıtma saatleri, ısıtma sezonundaki her ayının herhangi bir zamanında, herhangi iki zaman arasında dış hava sıcaklık dağılımları aylık görülme sıklıkları oransal ve saat olarak 1°C sıcaklık farkıyla ilk defa bu çalışmayla ortaya konulmuştur.

III. Aydın için ilk defa SİDSD literatüre kazandırılmıştır.

IV. Aydın ilinin SIDS ortaya konulmasıyla kış mevsimindeki her ayın her saatinde, herhangi iki saat arasında, mevsimlik olarak da saatlik bazda tasarruf edilecek ısıtma enerji ihtiyacı tahmin edilebilecektir.

V. Bu çalışmanın ortaya konulmasıyla dış hava bağlantılı merkezi sulu sistemlerin ve kombi sistemleri konusunda çalışmalar gündeme gelecektir.

BÖLÜM 2. HESAPLAMA YÖNTEMİ VE ANALİZ

Konutlarda, ofislerde, okullarda, resmi dairelerde, alışveriş merkezlerinde, endüstriyel işletmeler için konfor şartlarının sağlanması bu yapılarda bulunan insan sağlığı ve verimliliği açısından çok önem arz etmektedir. Konfor şartlarının sağlanması ısıtma, soğutma sistemleri, iklimlendirme sistemleriyle gerçekleştirilmektedir.

Derece zaman hesaplama yöntemleriyle bu sistemlerin soğutma yükleri ve ısıtma yükleri bulunabilmektedir. Bunların yanı sıra yaz (soğutma) ve kış (ısıtma) sezonları belirlenmesinde, yaşam mahallerinin ısıtmada kullandıkları yakıt miktarlarının belirlenmesinde, doğalgaz boru çaplarının belirlenmesinde, optimum dış duvar yalıtım kalınlıklarının belirlenmesinde, tarımda ekme biçme işlemlerinin ve hasat zamanının belirlenmesinde, yumurtacı bıldırcın kümeslerinin ısıtma-soğutma hesaplamalarında, tarımda toprak verimliliğinin artması için verilecek mücadelelerin zamanlamasının planlamasında derece zaman yöntemleri kullanılmaktadır[17-22]. Derece zaman hesaplamaları ısıtma-soğutma enerji ihtiyacından, optimum yalıtım kalınlığı hesaplamalarına kadar birçok uygulamalarda ağırlıklı olarak kullanılmaktadır. Literatüre bakıldığında derece saat değerleri sezonluk olarak (ısıtma veya soğutma) farklı iç ortam referans sıcaklıklarında hem Türkiye, hem de dünyanın birçok ülkesi için hesaplanmıştır[23-27].

2.1 Derece-Zaman Yöntemlerinin Açıklanması

Yıllık ve aylık sıcaklık dağılımları küresel ısınmanın da etkisiyle her yıl farklılık göstermekte ve önceki senelerle aynı değerlerde olmamaktadır. Bundan dolayı belirlenen herhangi bir iç ortam referans sıcaklığına bağlı gerçekleşen Isıtma Derece Saat Değeri (IDSD) farklılık göstermektedir. Derece zaman hesaplamalarında en önemli parametre en az 10 yıl geçmiş yıllara ait dış hava kuru termometre sıcaklık verileridir. Geçmiş yıllara ait veriler yıl sayısı arttıkça tahmin edilen IDSD'de daha hassas olarak ortaya konulmuş olacaktır.

Derece zaman hesaplama yöntemleri ile alakalı literatürde 3 değişik (derece saat yöntemi, derece bin yöntemi ve derece gün yöntemi) yöntemin olduğu bilinmektedir. Makale metninin uzamaması için bu bölümde derece saat yöntemi açıklanacaktır.

2.1.1 Derece saat yöntemi

Sürekli çalışan ısıtma sistemleri (Konut, hastane vb), kesintili çalışan ısıtma sistemleri (okul, resmi daireler, alışveriş merkezleri vb) için ısıtma amaçlı enerji ihtiyacıyla hesaplanabilir. Bu sistem kış mevsimindeki her bir ayın her saatinde, iki saat arasında veya herhangi iki zaman diliminde IDSD hesaplaması diğer sistemler göre en önemli üstünlüğüdür.

Derece saat yöntemi kapalı bir hacmin ısıtma ve soğutma amaçlı enerji gereksinimi, dış hava sıcaklığı ve denge noktası sıcaklığı arasındaki farkla orantılıdır. Bu yöntemde ilk olarak belirlenen bir denge noktasına göre derece saat değerlerinin tespitinin yapılması gerekmektedir. Bu hesaplamalar için ise yıl içerisinde bulunan toplam saat (24x360) olan 8760 saatlik ölçüm değerlerinin elde edilmesi gerekir. Denge noktası sıcaklığı, bir kapalı hacimde soğutma ve ısıtma ihtiyacının bulunmadığı durumdaki dış hava sıcaklığıdır. Genellikle yalıtımsız bir bina için derece saat değerleri soğutmada 25 °C, ısıtmada ise 18°C denge sıcaklığı göz önüne alınarak hesaplanır.

SDS ve IDS değerleri denklem (6) ve denklem (7)'deki gibi hesaplanır. Denklem (6) ve denklem (7) aşağıda verilmiştir[28].

$$IDS = (1 \text{ saat}) \sum_{\text{saatler}} (T_{ios} - T_{dhs})^+ \quad (6)$$

$$SDS = (1 \text{ saat}) \sum_{\text{saatler}} (T_{dhs} - T_{ios})^+ \quad (7)$$

Denklem (6) ve denklem (7)'de + işareti görünen yerler sadece pozitif değerler ile hesaplama yapılacağını göstermektedir. SDS ve IDS'ler kullanılarak, yıllık ve aylık ısıtma enerjisi gereksinimi Q_1 , soğutma enerjisi gereksinimi Q_s , kWh değeri cinsinden aşağıdaki denklem (8) ve denklem (9) yardımıyla hesaplanabilir

$$Q_1 = \frac{K_{top}}{\eta} IDS \left(\frac{1}{1000} \right) \quad (8)$$

$$Q_s = \frac{K_{top}}{COP} SDS \left(\frac{1}{1000} \right) \quad (9)$$

Yukarıdaki denklemlerde binanın toplam ısı transfer katsayısı K_{top} [$W/^\circ C$], ısıtma sistemi verimi η , binada kullanılan soğutma sisteminin etkinlik katsayısı COP ile ifade edilir.

2.2 Derece Saat Hesaplamalarında Kullanılan Meteorolojik Veri Seti Özelliklerinin Açıklanması

Derece saat hesaplamalarında geçmişe dönük en az on yıllık saatlik olarak kayıt altına alınan kuru termometre sıcaklıkları veri seti önem arz etmektedir. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nce elde edilen bu veri setlerinde günün 24 saati, yılın her ayı için (30x24) 720 saat, aylık toplam (720x12) 8760 saat olmak üzere kayıt altına alınan kuru termometre sıcaklıkları bulunmaktadır. Derece saat hesaplamalarında geçmişe dönük veri setleri ne kadar genişletilerek temin edilirse hesaplamalarda da o denli hassas sonuçlar elde edilir. Ertürk, yapmış olduğu doktora tez çalışmasında geçmişe dönük 32 yıllık meteorolojik veri setini elde ederek bir il için (32x8760) 280320 adet veriyle hassas bir çalışma ortaya koymuştur. Ertürk 79 il için toplam (79x280320) 22145320 adet veri ile çalışmıştır[29].

2.2.1 Dış hava sıcaklık dağılımlarının bulunması

Dış hava sıcaklık dağılımlarının tespitinde Aydın ili için Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden elde edilen meteorolojik ham veri seti kullanılmıştır. Bu set 1974-2018 yılları (32 yıl) arasında bulunan dış hava kuru termometre sıcaklıklarıdır. Ham veri seti işlenerek Excel dosyası haline getirilmiştir. Aydın için excel dosyasındaki veriler visual basic tabanlı yazılan 1.bilgisayar programına aktarılarak yılın on iki ayı için ayrı ayrı toplam yıllık günün her saati için (24 saat) analizler yapılmıştır. Analiz değerlendirmelerinde maksimum ve minimum sıcaklıklar ve ikisi arasında görülen sıcaklıkları yıllık 8760 saat içerisinde yüzde olarak toplam hangi yüzdede bulunduğu ortaya koyulmuştur. 10C'lik farklarla yılın her ayı için ayrı ayrı ve ortalama yıllık sıcaklık dağılımı Tablo 1'de saat 10:00-11:00 verilmiştir. Bu dağılım günün 23 saati içinde yapılmıştır. Makale metninin uzamaması için diğer 23 Tablo metin içinde verilmemiştir. Bu tabloda ilk kolonda 1°C aralıkla DHS değerleri, ayların bulunduğu kolonda her ay için ortalama dış hava sıcaklıkları o ay içerisinde toplamda görülen sıcaklıkların yüzde olarak adeti 1 °C farkla görülmekte, son kolonda ise on iki ayın ortalaması yıllık ortalama dış hava sıcaklık dağılımı (YODHSD) verilmiştir.

Tablo.1 Aydın saat 10:00- 11:00 yıllık ortalama dış hava sıcaklık dağılımı

AYDIN SAAT 10:00-11:00													
DHS (°C)	AYLIK VE YILLIK ORTALAMA DIŞ HAVA SICAKLIK DAĞILIMI (% ADET)												YODHSD (% ADET)
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
-1,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
-0,5	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,018333
0,5	0,18	0,11	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0325
1,5	0,99	0,65	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,161667
2,5	0,63	0,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39	0,139167
3,5	2,25	2,27	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	1,77	0,5825
4,5	4,14	2,16	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	1,77	0,730833
5,5	4,68	5,08	1,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	3,25	1,194167
6,5	6,56	5,19	1,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,72	5,02	1,558333
7,5	10,16	7,46	2,22	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	1,34	7,00	2,374167
8,5	12,32	8,43	5,14	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,26	9,26	3,151667
9,5	10,52	10,92	5,14	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,67	12,51	3,505833
10,5	9,71	11,46	7,26	1,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	4,62	10,25	3,728333
11,5	9,08	10,16	7,26	1,55	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	5,76	12,02	3,844167
12,5	6,03	8,76	7,76	2,37	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	6,99	10,54	3,5875
13,5	4,59	9,30	8,17	3,71	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	8,94	7,98	3,640833
14,5	2,88	5,51	10,28	7,01	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	1,61	9,97	5,52	3,59
15,5	1,44	3,46	10,58	6,60	0,40	0,10	0,00	0,00	0,10	2,01	10,48	4,43	3,3
16,5	1,08	2,49	10,79	9,07	1,40	0,00	0,00	0,00	0,10	4,62	10,59	2,27	3,534167
17,5	1,62	1,73	6,96	9,79	1,50	0,21	0,00	0,00	0,31	4,12	10,28	1,28	3,15
18,5	0,27	0,86	5,44	8,76	2,41	0,10	0,00	0,00	0,10	6,12	8,43	1,18	2,805833
19,5	0,09	0,32	3,93	9,48	4,41	0,21	0,00	0,00	0,62	6,73	5,55	0,59	2,660833
20,5	4,14	0,43	2,82	10,41	6,22	0,31	0,00	0,00	0,72	9,54	3,91	0,49	3,249167
21,5	3,42	0,11	1,01	8,14	7,82	0,52	0,00	0,00	1,45	10,84	3,19	0,39	3,074167
22,5	2,25	1,19	0,50	7,42	8,32	1,35	0,18	0,00	2,07	11,75	1,03	0,89	3,079167
23,5	0,99	0,65	0,60	5,67	10,13	1,66	0,00	0,00	4,66	8,73	0,41	0,10	2,8
24,5	0,00	0,22	0,10	2,89	11,74	2,90	0,36	0,39	7,56	8,33	0,92	0,89	3,025
25,5	0,00	0,22	0,20	1,55	10,63	5,80	0,63	0,88	11,70	9,44	0,10	0,00	3,429167
26,5	0,00	0,00	0,10	1,44	8,73	6,63	1,89	2,74	12,63	5,92	0,92	0,00	3,416667
27,5	0,00	0,00	0,10	0,41	8,53	10,46	2,34	5,68	15,73	3,71	0,10	0,00	3,921667
28,5	0,00	0,00	0,00	0,31	7,02	11,49	5,14	10,48	14,60	2,41	0,21	0,00	4,305
29,5	0,00	0,00	0,00	0,21	3,51	12,73	9,28	12,83	12,01	1,10	0,10	0,00	4,314167
30,5	0,00	0,00	0,00	0,62	2,41	12,73	15,41	18,22	6,94	0,90	0,00	0,00	4,769167
31,5	0,00	0,00	0,00	0,10	1,91	10,77	15,23	15,48	4,87	0,10	0,00	0,00	4,038333
32,5	0,00	0,00	0,00	0,21	0,70	9,11	15,23	13,52	2,07	0,20	0,00	0,00	3,42
33,5	0,00	0,00	0,00	0,10	0,60	7,14	10,45	9,30	0,93	0,10	0,00	0,00	2,385
34,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	3,42	6,67	3,92	0,10	0,10	0,00	0,00	1,200833
35,5	0	0	0,00	0	0,1	1,45	3,96	2,25	0,10	0,00	0,00	0,00	0,655
36,5	0	0	0,00	0	0,2	0,21	1,53	1,27	0,21	0,00	0,00	0,00	0,285
37,5	0	0	0,00	0	0,1	0,1	0,99	0,20	0,10	0,00	0,00	0,00	0,124167
38,5	0	0	0,00	0	0,1	0,21	0	1,67	0,21	0,00	0,00	0,00	0,1825
39,5	0	0	0,00	0	0	0,1	0,09	1,08	0,10	0,00	0,00	0,00	0,114167
40,5	0	0	0,00	0	0	0,21	6,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,535833
41,5	0	0	0,00	0	0	0,1	2,97	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,264167
42,5	0	0	0,00	0	0	0	1,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,105
43,5	0	0	0,00	0	0	0	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,015

2.2.1.1 Isıtma Dönemi dış hava sıcaklık dağılımlarının bulunması

Visual basic tabanlı yazılan 2.bilgisayar programıyla Aydın ili ısıtma dönemi ayları ve dış hava sıcaklığı görülme sıklıkları her saat için ayrı ayrı olmak üzere araştırılmıştır.

Tablo.2 Aydın İli Isıtma dönemi ayları için dış hava sıcaklığı görülme sıklıkları

ISITMA MEVSİMİ AYDIN SAAT 10:00-11:0							
DHS (°C)	Isıtma Dönemi Ortalama Dış Hava Sıcaklık Dağılımı (% Adet)						Isıtma Dönemi Ortalama Dış Hava Sıcaklık Dağılımı (% Adet)
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Kasım	Aralık	
-1,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
-0,5	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,018333
0,5	0,18	0,11	0,10	0,00	0,00	0,00	0,0325
1,5	0,99	0,65	0,10	0,00	0,00	0,20	0,161667
2,5	0,63	0,65	0,00	0,00	0,00	0,39	0,139167
3,5	2,25	2,27	0,60	0,00	0,10	1,77	0,5825
4,5	4,14	2,16	0,60	0,00	0,10	1,77	0,730833
5,5	4,68	5,08	1,01	0,00	0,31	3,25	1,194167
6,5	6,56	5,19	1,21	0,00	0,72	5,02	1,558333
7,5	10,16	7,46	2,22	0,21	1,34	7,00	2,374167
8,5	12,32	8,43	5,14	0,41	2,26	9,26	3,151667
9,5	10,52	10,92	5,14	0,31	2,67	12,51	3,505833
10,5	9,71	11,46	7,26	1,24	4,62	10,25	3,728333
11,5	9,08	10,16	7,26	1,55	5,76	12,02	3,844167
12,5	6,03	8,76	7,76	2,37	6,99	10,54	3,5875
13,5	4,59	9,30	8,17	3,71	8,94	7,98	3,640833
14,5	2,88	5,51	10,28	7,01	9,97	5,52	3,59
15,5	1,44	3,46	10,58	6,60	10,48	4,43	3,3
16,5	1,08	2,49	10,79	9,07	10,59	2,27	3,534167
17,5	1,62	1,73	6,96	9,79	10,28	1,28	3,15
18,5	0,27	0,86	5,44	8,76	8,43	1,18	2,805833
19,5	0,09	0,32	3,93	9,48	5,55	0,59	2,660833
20,5	4,14	0,43	2,82	10,41	3,91	0,49	3,249167
21,5	3,42	0,11	1,01	8,14	3,19	0,39	3,074167
22,5	2,25	1,19	0,50	7,42	1,03	0,89	3,079167
23,5	0,99	0,65	0,60	5,67	0,41	0,10	2,8
24,5	0,00	0,22	0,10	2,89	0,92	0,89	3,025
25,5	0,00	0,22	0,20	1,55	0,10	0,00	3,429167
26,5	0,00	0,00	0,10	1,44	0,92	0,00	3,416667
27,5	0,00	0,00	0,10	0,41	0,10	0,00	3,921667
28,5	0,00	0,00	0,00	0,31	0,21	0,00	4,305
29,5	0,00	0,00	0,00	0,21	0,10	0,00	4,314167
30,5	0,00	0,00	0,00	0,62	0,00	0,00	4,769167
31,5	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	4,038333
32,5	0,00	0,00	0,00	0,21	0,00	0,00	3,42
33,5	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	2,385
34,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,200833
35,5	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0,655
36,5	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0,285
37,5	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0,124167
38,5	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0,1825
39,5	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0,114167
40,5	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0,535833
41,5	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0,264167
42,5	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0,105
43,5	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0,015

Araştırma sonuçlarına göre; Aydın ilinde ısıtma dönemi kasım ayında başlayıp nisan ayında sona erdiği, dış hava sıcaklığı görülme sıklığı 1°C farkla günün 24 saati için ayrı ayrı olmak üzere tablolar halinde ortaya konulmuştur. Bu çalışmada örnek olarak saat 10:00-11:00 arasındaki dış hava sıcaklığı görülme sıklığı Tablo 2’de verilmiştir.

3. AYDIN İLİ 24 SAATLİK IDSD HESAPLANMASI

Aydın ili için saat 10:00- 11:00 arasında Tablo 2’de ortaya konulan dağılımlar diğer 23 saat içinde yazılımla hesaplanmıştır. 24 saatlik dış hava sıcaklık dağılımları 3. yazılıma transfer edilmiştir. Yalıtımsız binalarda dış ortam sıcaklığı 18 C ve altındaki sıcaklıklarda ısıtma ihtiyacı olmaktadır. Visual basic tabanlı yazılan 3 yazılımla, ısıtma mevsimindeki tüm aylar için 24 saatlik IDSD hesaplanmıştır. Yazılım sonuçları birleştirilerek 24 saatin birleştirilmiş hali Tablo 3’te verilmiştir. TS 825 ısı yalıtım kurallarına göre ısı kaybı hesaplamalarında iç ortam referans sıcaklığı 20°C alınmaktadır. Yazılma bu referans sıcaklığı girilerek Aydın ili için 24 saatlik IDSD Tablo 3’te sunulmuştur.

Tablo.3 Aydın ili 20°C iç ortam referans sıcaklığına göre Isıtma Derece Saat Değerleri

GÜNÜN 24 SAATİ	20 C İÇ ORTAM REFERANS SICAKLIĞINA GÖRE AYDIN ISITMA DÖNEMİ AYLARI IDSD [Derece-Saat]						SEZONLUK IDSD [Derece-Saat]
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Kasım	Aralık	
00:01	418,5	406,1	341,4	236,2	291,0	378,0	2071,1
01:02	425,5	414,9	351,1	247,9	299,8	383,3	2122,5
02:03	433,3	422,6	360,3	257,8	308,0	390,8	2172,7
03:04	439,3	429,7	368,6	267,4	316,0	397,6	2218,6
04:05	446,8	438,0	377,4	275,9	322,2	404,0	2264,4
05:06	452,2	444,7	384,5	279,1	329,0	409,2	2298,8
06:07	457,8	449,0	382,4	250,1	332,6	413,0	2284,9
07:08	454,7	438,2	348,6	197,1	316,0	408,9	2163,5
08:09	417,9	393,3	292,1	142,5	262,7	374,4	1882,8
09:10	332,4	340,4	238,2	98,8	201,0	327,1	1537,9
10:11	292,9	288,7	187,9	68,1	146,2	279,4	1263,3
11:12	256,2	240,9	152,8	50,6	109,4	242,8	1052,7
12:13	233,7	214,7	127,4	41,5	85,1	210,3	912,7
13:14	216,5	202,2	113,1	38,7	69,5	183,4	823,4
14:15	213,1	196,5	110,5	38,5	70,9	189,9	819,4
15:16	218,7	198,0	115,9	42,2	84,2	207,1	866,2
16:17	246,6	215,3	134,1	50,6	124,5	248,4	1019,5
17:18	295,7	262,2	172,8	70,0	171,5	285,3	1257,6
18:19	333,5	298,2	211,5	102,1	201,6	306,6	1453,4
19:20	360,4	359,2	241,7	129,4	225,8	329,5	1646,1
20:21	374,3	350,0	264,6	133,3	246,1	340,5	1708,7
21:22	393,1	368,6	288,2	177,5	264,4	353,7	1845,5
22:23	403,7	403,7	307,4	199,6	276,3	361,0	1951,7
23:24	412,2	394,4	323,3	218,1	283,3	368,4	1999,6
Toplam IDSD [Derece-Saat]	8529,0	8169,4	6195,9	3613,2	5337,0	7792,6	39637,1

Tablo3 Aydın ili için literatüre kazandırılmıştır. Bu tabloda fazla ısıtma ihtiyacı ocak ayında, en az ısınma ihtiyacı ise Nisan ayında olacağı tahmin edilmiştir. Aydın ilinin ısıtma dönemindeki her ayın her saatinde, herhangi iki saat arasındaki IDSD ve sezonluk IDSD ayrıntılı olarak görülmektedir.

3.1 AYDIN İLİ SERBEST ISITMA DERECE SAAT (FREE HEATING DEGRE HOUR) DEĞERLERİNİN HESAPLANMASI

Serbest ısıtma sistemleri dış hava sıcaklığı iç ortam referans sıcaklığının (20°C) üzerinde olduğu zaman diliminde ısıtma sistemleri(tam havalı iklimlendirme sistemleri) dış ortamdaki taze havayı ısıtma bataryalarını bypass edip doğrudan mahal içerisine göndererek mahalın enerji ihtiyacını karşılamaktadır. Bu sistemin projelendirme aşamasında yapılabilmesi için ısıtma sezonundaki tüm aylar için yirmi dört saatlik güvenilir dış hava sıcaklık dağılımlarının görülme sıklığı önemli parametre oluşturmaktadır. Bu çalışmada Aydın ili için ısıtma mevsimindeki her ayın her saatinde, herhangi iki saat arasında ısıtma mevsimindeki her ay için ve mevsimlik free heating çalışma süreleri ve ısıtma sistemlerini devreye almadan ısıtma yüklerini karşılayacak Serbest Isıtma Derece Saat Değeri (SIDS) ilk defa literatüre kazandırılmıştır.

3.1.1 Serbest Isıtma Derece Saat (Free Heating Degre Hour) Değeri hesaplama aşamaları

Serbest ısıtma değerleri hesaplamaları için iç ortam referans sıcaklığının üzerindeki dış ortam sıcaklıklarının görülme sıklıkları en önemli parametrelerdir.

Tablo.4 Aydın Serbest Isıtma Dış Hava Sıcaklığı Görülme Sıklığı Saat 10:00-11:0

AYDIN SERBEST ISITMA DIŞ HAVA SICAKLIĞI GÖRÜLME SIKLIĞI SAAT 10:00-11:0							
DHS (°C)	Isıtma Dönemi Ortalama Dış Hava Sıcaklık Dağılımı (% Adet)						Isıtma Dönemi Ortalama Dış Hava Sıcaklık Dağılımı (% Adet)
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Kasım	Aralık	
20,5	4,14	0,43	2,82	10,41	3,91	0,49	3,249167
21,5	3,42	0,11	1,01	8,14	3,19	0,39	3,074167
22,5	2,25	1,19	0,50	7,42	1,03	0,89	3,079167
23,5	0,99	0,65	0,60	5,67	0,41	0,10	2,8
24,5	0,00	0,22	0,10	2,89	0,92	0,89	3,025
25,5	0,00	0,22	0,20	1,55	0,10	0,00	3,429167
26,5	0,00	0,00	0,10	1,44	0,92	0,00	3,416667
27,5	0,00	0,00	0,10	0,41	0,10	0,00	3,921667
28,5	0,00	0,00	0,00	0,31	0,21	0,00	4,305
29,5	0,00	0,00	0,00	0,21	0,10	0,00	4,314167
30,5	0,00	0,00	0,00	0,62	0,00	0,00	4,769167
31,5	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	4,038333
32,5	0,00	0,00	0,00	0,21	0,00	0,00	3,42
33,5	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	2,385
34,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,200833
35,5	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0,655
36,5	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0,285
37,5	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0,124167
38,5	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0,1825
39,5	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0,114167
40,5	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0,535833
41,5	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0,264167
42,5	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0,105
43,5	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0,015
44,5	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0

Aydın için saat 10:00-11:00 zaman aralığı için Tablo 2’de Isıtma dönemi dış hava sıcaklık dağılımı verileri düzenlenerek Tablo 4 elde edilmiştir. Tablo 4’te dış hava sıcaklığı 20 °C’nin üzerinde olan dış hava sıcaklıklarının görülme sıklıkları verilmiştir. Saat 10:00-11:00 için düzenlenen Tablo 4, günün 22 saati içinde ayrı ayrı hesaplanmıştır. Tablo 4 visual basic tabanlı yazılan 4 yazılıma

aktarılarak Saat 10:00-11:00 için serbest ısıtma derece saat değerleri hesaplanmıştır. Diğer 23 saat içinde ayrı ayrı hesaplamalar yapılmıştır. Hesaplama sonuçları tek tablo halinde Tablo 5'te verilmiştir.

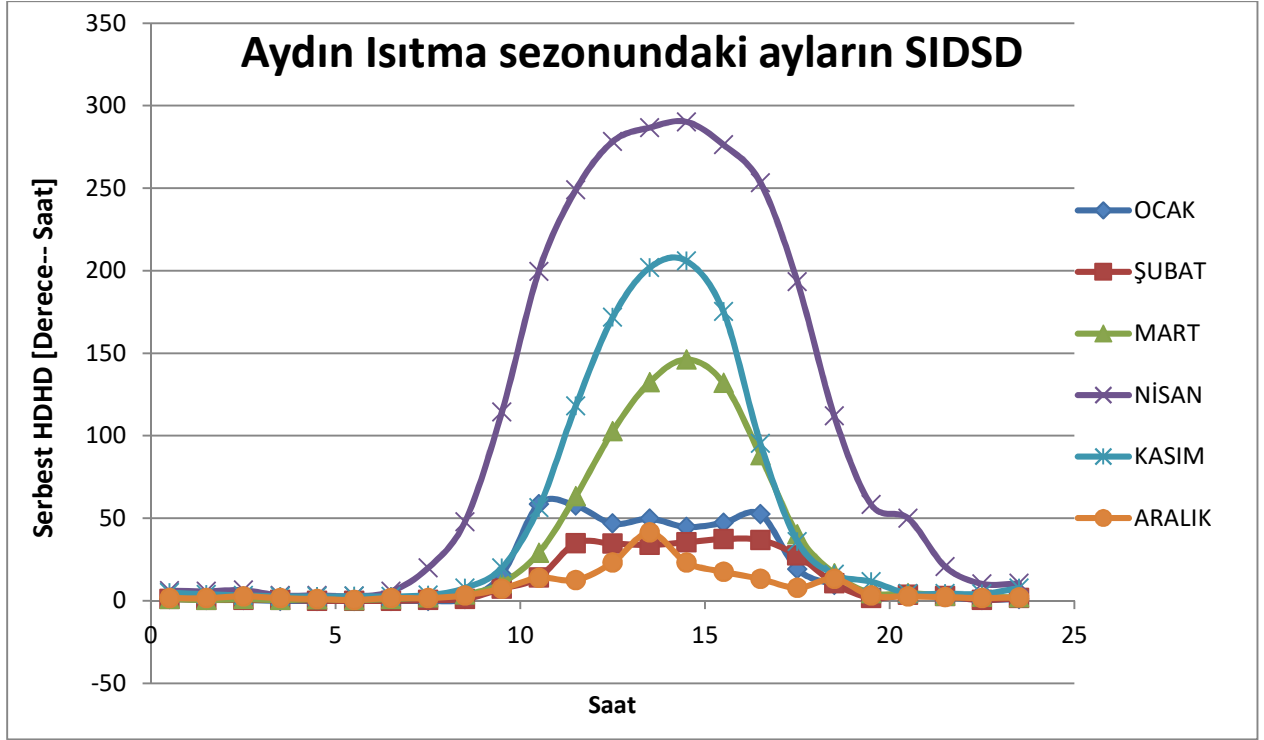
Tablo 4'deki Saat 10:00-11:00 için oluşturulan serbest ısıtma dönemi dış hava sıcaklığı görülme sıklıkları 5 yazılıma aktarılarak Aydın ilinin ısıtma dönemindeki herhangi ayının herhangi bir saatinde, iki saat periyodu arasında SIDS D hesaplanmıştır. Bu çalışma diğer 23 saat içinde ayrı ayrı yapılarak 5 yazılıma girilmiştir. Yazılım sonuçları birleştirilerek Tablo 5 elde edilmiştir.

Tablo.5 Aydın Günün 24 Saati İçin Aylık ve Sezonluk Serbest Isıtma Derece Saat Değerleri

GÜNÜN 24 SAATI	20 C İÇ ORTAM REFERANS SICAKLIĞINA GÖRE AYDIN ISITMA DÖNEMİ AYLARI İÇİN IDSD [Derece-Saat]						Serbest IDSD [Derece-Saat]
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Kasım	Aralık	Toplam
00:01	1,1	1,2	1,1	6,2	5,0	1,7	16,4
01:02	0,6	0,6	0,5	5,9	3,9	1,6	13,2
02:03	0,6	0,6	1,1	6,5	3,2	2,8	14,8
03:04	0,0	0,6	0,5	3,3	2,7	1,6	8,8
04:05	0,0	0,0	1,0	3,3	2,6	1,1	8,1
05:06	0,0	0,0	0,4	2,9	2,8	0,5	6,7
06:07	0,0	0,0	1,1	5,8	2,7	1,7	11,2
07:08	0,0	0,6	2,1	19,9	3,5	1,6	27,7
08:09	1,1	1,2	3,8	48,0	7,7	3,3	65,2
09:10	16,0	7,4	10,7	114,4	20,0	7,4	175,9
10:11	58,6	14,2	29,1	199,7	56,4	14,0	371,9
11:12	57,7	34,9	63,5	249,0	118,1	12,6	535,9
12:13	46,8	34,7	102,8	278,3	171,9	23,3	657,8
13:14	49,8	34,0	132,5	286,8	202,0	41,4	746,4
14:15	44,8	35,5	146,3	290,2	206,0	23,2	746,1
15:16	47,3	37,5	132,0	276,4	175,3	17,6	686,2
16:17	52,6	36,8	88,2	253,4	95,4	13,3	539,7
17:18	19,2	27,6	40,3	193,4	36,0	7,9	324,4
18:19	9,7	10,7	16,6	112,0	16,1	13,3	178,4
19:20	2,8	1,7	4,7	58,3	11,7	3,2	82,3
20:21	3,4	3,8	4,7	50,0	4,4	2,7	69,1
21:22	2,3	2,9	3,2	20,8	4,4	2,3	35,8
22:23	0,5	0,5	2,6	10,3	4,2	1,7	19,9
23:24	1,1	1,8	2,1	10,7	7,8	2,1	25,6
Toplam Serbest IDSD [Derece-Saat]	416,1	289,0	790,9	2505,4	1164,0	202,1	5367,5

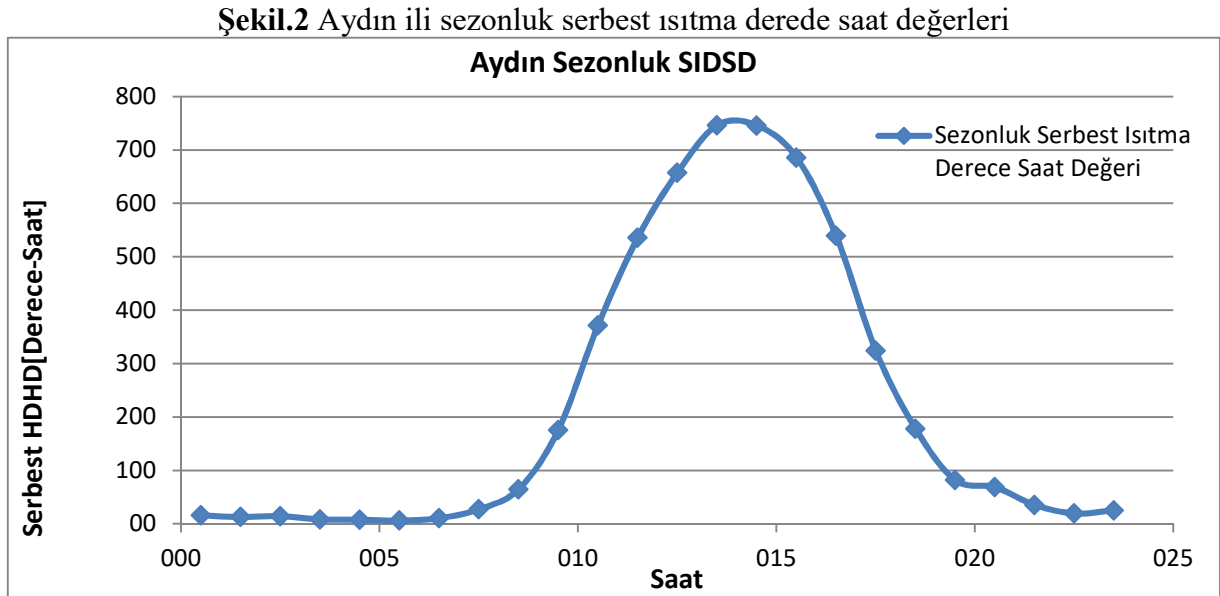
Tablo 5'te en fazla sezonluk SIDS D 746,4 saat 13:00-14:00'te olacağı, ısıtma sezonunda en fazla SIDS D 276,4 olarak nisan ayı saat 14:00-15:00 arasında olacağı, ısıtma dönemi ayları içinde en fazla SIDS D nisan ayı 24 saatlik toplam SIDS D'nin 2505,4 olacağı ilk defa Aydın için tahmin edilmiştir.

Tablo 5 verileri Şekil 1'de verilmiştir. Bu şekil Aydın iline ait yıllık 8760 saat olmak üzere toplam 32 yıllık dış hava sıcaklıkları verilerinin 5 yazılım sonucu olarak özet olarak verilmiş halidir.



Şekil.1 Aydın ili Isıtma sezonundaki ayların serbest ısıtma derede saat değerleri

Ayrıca Tablo 5 verileri dikkate alınarak ısıtma sezonundaki tüm ayların SIDSD Şekil 2’de verilmiştir.



4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada visual basic tabanlı yazılan 5 farklı bilgisayar programı geliştirilip analizler yapılarak Aydın için literatüre katkıda bulunulmuştur. Geliştirilen visual basic tabanlı bilgisayar programlarıyla; 1. bilgisayar programıyla dış hava sıcaklık dağılımları 8760 saat içerisinde görülme sıklıkları 12 ay için ve 24 saatlik olmak üzere 24 tablo oluşturulmuştur. Oluşturulan bu tablo geliştirilen 2 yazılım için girdi olarak kullanılmıştır. 2. bilgisayar programıyla Aydın ili ısıtma dönemi ayları ve dış hava sıcaklığı görülme sıklıkları her saat için ayrı ayrı olmak üzere yirmi dört tablo oluşturulmuştur. 3. bilgisayar programıyla ısıtma mevsimindeki herhangi bir zamanındaki herhangi bir saatinde, herhangi iki saat dilimi arasında herhangi bir ayında ve sezonluk olarak ortaya konulmuştur. 4. bilgisayar programıyla 24 saat için ayrı ayrı olmak üzere günün her saati için serbest ısıtma dönemi için dış hava sıcaklığı görülme sıklıkları hesaplanmıştır. 5. bilgisayar programıyla Aydın ilinin ısıtma dönemindeki herhangi ayının herhangi bir saatinde, iki saat periyodu arasında SİDSD ilk defa literatüre kazandırılmıştır. Bu çalışmayla Aydın ilinin ısıtma mevsimindeki her ay için ve sezonluk olmak üzere günün 24 saati için serbest ısıtma saatleri ve serbest ısıtma derece saatleri ayrıntılı olarak ilk literatüre kazandırılmıştır. Bu yaklaşım Aydın ilinde serbest ısıtmayla yapılacak enerji tasarrufunu ayrıntılı olarak açıklamaktadır.

References

- [1] H. Asan, Y.S. Sancaktar, Effects of wall's thermophysical properties on time lag and decrement factor, *Energy and Buildings* 28 (1998) 159–166.
- [2] H. Asan, Effects of wall's insulation thickness and position on time lag and decrement factor, *Energy and Buildings* 28 (1998) 299–305.
- [3] V. Cheng, E. Ng, B. Givoni, Effect of envelope colour and thermal mass on indoor temperatures in hot humid climate, *Solar Energy* 78 (4) (2005)528–534.
- [4] B. Givoni, Characteristics, design implications, and applicability of passive solar heating systems for buildings, *Solar Energy* 47 (6) (1991)425–435.
- [5] J. Maloney, T.Wan, B. Chen, J. Thorp, Thermal network predictions of the daily temperature fluctuations in a direct gain room, *Solar Energy* 29 (3)(1982) 207–223.
- [6] M.S. Sodha, J.K. Nayak, N.K. Bansal, I.C. Goyal, Thermal performance of a solarium with removable insulation, *Building and Environment* 17 (1)(1982) 23–32.
- [7] R.J. Duffin, A passive wall design to minimize building temperature swings, *Solar Energy* 33 (3/4) (1984) 337–342.
- [8] Aktacir, M. A., Bulut, H. 2007. Kayseri İlının Serbest Soğutma Potansiyelinin İncelenmesi, Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, 30 May – 2 June, 2007, Kayseri.
- [9] Kreider, J.F., Rabl, A., *Heating and Cooling of Buildings*, McGraw-Hill Inc., McGraw Hill Inc., New York, 1994.]
- [10] Isısan, Enerji Ekonomisi, Isısan Çalışmaları No:351, İstanbul, 2005.
- [11] Fanger, P.O., How to make indoor air quality one hundred times better while saving energy, VI. International HVAC+R Technology Symposium, Istanbul, 2004.].
- [12] Olsen, E.L., Qinyan, Y.C., Energy consumption and comfort analysis for different low-energy cooling systems in a mild climate, *Energy and Buildings* 35, 561–571, 2003.
- [13] Kolokotroni, M., Aronis A., Cooling-energy reduction in air-conditioned offices by using night ventilation, *Applied Energy* 63, 241-253, 1999
- [14] Balaras, C.A., The Role of thermal mass on the cooling load of buildings: an overview of computational methods, *Energy and Buildings* 24, 1-10. 1996.
- [15][Ghiaus, C., Allard, F., Potential for free-cooling by ventilation, *Solar Energy* 80(4), 402-413, 2006].

- [16] Geros, V., Santamouris, M., Karatasou S., Tsangrassoulis, A., Papanikolaou, N., On the cooling potential of night ventilation techniques in the urban environment, *Energy and Buildings* 37, 243–257, 2005.
- [17] Lopez, G. and Dejong, T.M. (2007). Spring temperatures have a major effect on early stages of peach fruit growth. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 82 (4), 507–512.
- [18] Grossman, Y., I. and Dejong T., M. (1994). Carbonhydrate requirements for dark respiration by peach vegetative organs. *The Journal of Tree Physiology*, Heron Publishing, Canada, 14, 37-48.
- [19] Guttman, N.B. and Lehman, R. L. (1992). Estimation of daily degree-hours. *Journal of Applied Meteorology*, California, 31, 797-810.
- [20] Bulut, H., Buyukalaca, O. and Yilmaz, T. (2002). Determination and application of the data used in energy estimation methods for Istanbul. *Proceedings of 5th International HVAC&R Technology Symposium*, İstanbul, Turkey, 1-11.
- [21] Balo F., Uçar A. ve İnallı M. (2011). Yapıların Dış Duvarlarında Optimum Yalıtım Kalınlığının Üç Farklı Metotla Tespiti. *X Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir, 1, 273-285.
- [22] Bolattürk A. (2006). Determination of optimum insulation thickness for building walls with respect to various fuels and climate zones in Turkey. *Applied Thermal Engineering*, 26, (11–12), 1301–1309.
- [23] Coşkun, C., Ertürk, M., Oktay, Z. ve Diñer, İ. (2010). Aylık bazda saatlik derece-saat değerlerinin tespitini mümkün kılan yeni bir yaklaşım. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*. 49-55.
- [24] Coşkun, C., Oktay, Z. ve Ertürk, M. (2011). Konutların Isıtma Sezonunda Seçilen İç Ortam Sıcaklık Parametresinin Enerji-Maliyet-Çevre Açısından Değerlendirilmesi ve Bir Uygulama Örneği, *Tesisat Mühendisliği*, 10(22), 11-18.
- [25] Durmazayaz, A., Kadioğlu M. (2003). Heating energy requirements and fuel consumptions in the biggest city centers of Turkey. *Energy Conversion and Management*, 44 (7), 1177–1192.
- [26] Işık, E., İnallı, M. & Celik, E. ANN and ANFIS Approaches to Calculate the Heating and Cooling Degree Day Values: The Case of Provinces in Turkey. *Arab J Sci Eng* 44, 7581–7597 (2019). <https://doi.org/10.1007/s13369-019-03852-4>
- [27] Işık E., İnallı M. Artificial neural networks and adaptive neuro-fuzzy inference systems approaches to forecast the meteorological data for HVAC: The case of cities for Turkey, *Energy*, 154 (2018), pp. 7-16 <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.04.069>
- [28] Büyükalaca, O. ve Bulut, H. (2003). Detailed weather data for the provinces covered by the Southeastern Anatolia Project(GAP) of Turkey. *Applied Energy*, 77, 187–204.
- [29] Ertürk. M.. “Isıtma ve Soğutma Derece Saat Hesaplamalarında Farklı Bir Yöntemin Araştırılması ve Geliştirilmesi. Doktora Tezi. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 2012. Balıkesir.