



DÜŞÜK EMİSYONLU YEŞİL BİNA TASARIMI VE HESAPLAMASI: ANKARA İLİ İÇİN ÖRNEK BİR ÇALIŞMA

Low Emission Green Building Design and Calculations: A Case Study in Ankara Province

Halil İbrahim Çalık
Muammer Özgören

ÖZET

Yeşil ev ya da yaklaşık sıfır enerjili bina doğal kaynakları (güneş, rüzgâr, hava, toprak vs.) etkin ve verimli şekilde kullanacak şekilde tasarlanan veya yenilenerek inşa edilen binalara verilen genel isimdir. Avrupa Parlamentosu tarafından 2010 yılında yayımlanan Binalarda Enerji Performans Direktifi (EPBD) ile binalar için yaklaşık sıfır enerji kavramı ortaya çıkmıştır. Avrupa Birliği'nde, 2019 yılından itibaren yeni yapılacak tüm kamu binalarının, 2021 yılından itibaren ise yeni yapılacak tüm binaların, yaklaşık sıfır enerji seviyesinde olması EPBD ile zorunlu kılınmıştır. Yeşil ev veya çevreci bina uygulamaları ile enerji tasarrufu, doğayı koruma, yenilebilir enerjinin kullanımı ve konforlu bir yaşam ortamı ve aynı zamanda gelecek için temiz bir çevre bırakma hedeflenmektedir. Bu çalışmada; iki katlı bir evin elektrik ihtiyacını karşılayacak fotovoltaik panel sistemi hesaplamaları yapılmıştır. Yalıtım hesaplamaları yapılarak yeşil bina yalıtım sınıfı "Süper Enerji Verimli Bina" olarak tespit edilmiştir. Yeşil Ev ısı kaybı hesabı TS2164 e göre 21,13 kW ve Isıtma Derece Saat Yöntemine (IDS Yöntemi) göre ise 13,33 kW olarak hesaplanmıştır. Isı kazancı hesaplaması iki farklı yöntemle yapılmıştır; CLTD/SCL/CLF yönteminde ısı kazancı 37,01 kW, RTS (Işınım Zaman Serileri Metodu) yöntemi ile ısı kazancı 32,5 kW olarak hesaplanmıştır. Yeşil evin ısıtma sistemi için dikey toprak kaynaklı ısı pompası hesaplamaları yapılmış ve bina emisyon verimliliği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çevreci bina, Isı pompası, Yenilenebilir enerji, Yeşil ev, Fotovoltaik panel, Isıtma yükü, Soğutma yükü.

ABSTRACT

Green house or nearly zero-energy building is the general name given to the buildings that are designed to use natural resources (sun, wind, air, soil, etc.) effectively and efficiently or renovated. With the Energy Performance in Buildings Directive published by the European Parliament in 2010, the concept of nearly zero energy for buildings emerged. In the European Union, it is mandatory that all public buildings to be built since 2019 and all new buildings to be built since 2021 must be at approximately zero energy level by EPBD. With green house or environmental building applications, energy saving, nature protection, use of renewable energy and a comfortable living environment are aimed. At the same time, it is aimed to leave a clean environment for the future. In this study, photovoltaic panel system calculations have been made to meet the electricity needs of a two-storey house. The green building insulation class was determined as "Super Energy Efficient Building" by making insulation calculations. Green House heat loss calculation was calculated as 21.13 kW according to TS2164 and 13.33 kW according to Heating Degree Hour Method (IDS Method). Green House heat gain calculation was calculated according to two different methods. The heat gain was calculated as 37.01 kW in the CLTD / SCL / CLF method and 32.5 kW in the RTS (Radiation Time Series) method. Vertical ground source heat pump calculations were made for the heating system of the green house and the building emission efficiency was determined.

Key Words: Green house, Heat pump, Renewable energy, Photovoltaic panel, Heating load, Cooling load.

1. GİRİŞ

Yapılan araştırmalarda, elektriğin yaklaşık %60'ı, kullanılan içme suyunun yaklaşık %15'i binalarda tüketilmekte olup, binalardan kaynaklı sera gazı üretimi ise yaklaşık % 30 oranında oluşmaktadır [1]. Geleneksel binaların ısıtma, soğutma, aydınlatma ve elektrikli aletlerin çalıştırılması için harcanan enerjinin %85'i fosil yakıt kaynakları olan petrol, kömür ve doğalgazdan sağlanırken, yenilenebilir olan hidroelektrik, güneş, rüzgâr, hava ve toprak enerjisinin tüketimdeki payı düşük oranlarda kalmaktadır. Sürdürülebilir yeşil binalar ile bu oranlar tam tersine döndürülerek binalarda fosil yakıt tüketimi %25 mertebelerine düşürülebilir. Enerjiye olan talepteki artışlar neticesinde enerjide dışa bağımlılığın ve buna bağlı cari açığın büyümesinin önlenmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımında yaygınlaşmanın artması ile sağlanabilecek olup bu nedenle de enerji tüketiminde önemli yer teşkil eden binaların enerji tüketiminde de yeşil bina tasarım uygulamalarının yaygınlaşması önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, villa tipi bir yapının elektrik enerjisi üretimi fotovoltaik paneller, ısıtma-soğutma için ısı pompası, vakum tüplü güneş kolektörü ile su ısıtma sistemi tasarım ve hesaplamaları, CO₂ emisyon verimliliği hesaplamalarını içeren yeşil ev ya da çevreci bina olarak adlandırılan enerji tasarruflu ve yenilenebilir enerji kullanan Ankara ili için örnek bir bina tasarımı ile hesaplamalarına ilişkin esaslar izah edilecektir.

3. MATERYAL VE METOT

Hesaplamalara yeşil evin TS 825 standardına göre bina özgül ısı kaybı ve yıllık ısıtma enerjisi hesabıyla başlanılmıştır. Devamında ısıtma ve soğutma yük hesaplamaları yapılarak ısı pompasının kapasitesi belirlenmiştir. Yeşil bina elektrikli cihazlar ve aydınlatma armatürlerinin harcadığı elektrik miktarı belirlenerek elektrik üretiminde kullanılacak fotovoltaik panel hesaplamaları yapılmıştır. Bina ısıtma yükünü karşılayacak toprak kaynaklı ısı pompası tasarım hesaplamaları yapılmıştır. Yeşil bina tasarımında kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları ile fosil yakıtlı sistem durumuna göre yeşil binanın CO₂ emisyon verimliliği hesaplamaları yapılmıştır. Ayrıca yeşil binanın farklı iki yöntemle yapılan ısıtma ve soğutma yükü hesaplamalarının analiz ve kıyaslamaları yapılmıştır.

3.1. Yeşil Binanın Özgül Isı Kaybı ve Yıllık Isıtma Enerjisi Hesabı

TS 825'e göre binanın özgül ısı kaybı H değeri, iletim yoluyla oluşan ısı kaybı (H_T, W/K) ve havalandırma yoluyla oluşan ısı kaybı (H_V, W/m²) değerinin toplanması ile elde edilir.



Şekil 1. Binanın mimari çizim ön görünüşü.

$$H = H_T + H_v \quad (\text{W/K}) \quad (1)$$

İletim yoluyla oluşan ısı kaybı (2) eşitliği ile bulunur.

$$H_T = \sum A \cdot U = U_D \cdot A_D + U_{\text{Bet}} \cdot A_{\text{Bet}} + U_p \cdot A_p + U_K \cdot A_K + 0,8 \cdot U_T \cdot A_T + 0,5 \cdot U_t \cdot A_t \quad (\text{W/K}) \quad (2)$$

Havalandırma yoluyla oluşan ısı kaybı ise (3) ve (4) eşitlikleriyle bulunur.

$$H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h \quad (\text{W/K}) \quad (3)$$

$$V_h = 0,8 \cdot V_{\text{brüt}} \quad (\text{m}^3) \quad (4)$$

(4) eşitliğinde yer alan $V_{\text{brüt}}$ hacmi bina taban alanı ile bina yüksekliğinin(kot hariç) çarpımı ile bulunur. Tasarımı yapılan yeşil bina kabuğunun; iletim yoluyla oluşan bina özgül ısı kaybı (H_T) hesaplamasında kullanılan yapı elemanlarının ısıl geçirgenlik katsayıları ve binanın mimari projesinden belirlenen yüzey alanı değerleri Tablo 1. de gösterilmiştir.

Tablo 1. Tasarımı yapılan yeşil bina kabuğunun U ısıl geçirgenlik katsayıları ve yüzey alanı değerleri

Dış duvar dış havaya açık (tuğla, bims) ısı geçirgenlik katsayısı (U_{D1}) *	0,305 W/m ² K
Dış duvarın(tuğla, bims) dış havaya açık yüzey alanı (A_{D1})**	263,35 m ²
Dış duvar dış havaya açık(ıslak hacim) ısı geçirgenlik katsayısı (U_{D2})*	0,305 W/m ² K
Dış duvarın (seramik-ıslak hacim) dış havaya açık yüzey alanı (A_{D2})**	12,54 m ²
Pencerelerin ısıl geçirgenlik katsayısı (U_p)*	2,1 W/m ² K
Pencerelerin yüzey alanı (A_p)**	57,74 m ²
Bina dış kapısının ısıl geçirgenlik katsayısı (U_K)*	4 W/m ² K
Bina dış kapısının yüzey alanı (A_K)**	3,3 m ²
Tavanın ısıl geçirgenlik katsayısı (U_T)*	0,289 W/m ² K
Tavanın yüzey alanı (A_T)**	125,06 m ²
Zemin kat (parke) döşemesinin ısıl geçirgenlik katsayısı (U_{t1})*	0,284 W/m ² K
Zemin kat (parke) döşemesinin yüzey alanı (A_{t1})**	122,36 m ²
Zemin kat (seramik-ıslak hacim) döşemesinin ısıl geçirgenlik katsayısı (U_{t2})*	0,685 W/m ² K
Zemin kat (seramik-ıslak hacim) döşemesinin yüzey alanı (A_{t2})**	2,7 m ²
Not: *Bina yapı elemanlarının ısı geçirgenlik katsayısı U hesaplamaları (5) eşitliğiyle bulunmuştur. Pencere ve dış kapının ısı geçirgenlik katsayısı U değerleri TS2164'ten alınmıştır. ** Mimari proje üzerinden ölçülerek yüzey alanı değerleri hesaplanmıştır.	

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} \quad \text{m}^2\text{K/W} \quad (5)$$

Bina yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı $Q_{\text{yıl}}$ hesabı; aşağıda yer alan (6) ve (7) eşitlikleri doğrultusunda yapılmaktadır, aylık ısıtma enerjisi ihtiyaçlarının (Q_{ay} , joule) toplamı bina yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacını oluşturmaktadır.

$$Q_{\text{yıl}} = \sum Q_{\text{ay}} \quad \text{joule} \quad (6)$$

$$Q_{ay} = [H (\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay}) - \eta_{ay} (\emptyset_{i,ay} + \emptyset_{s,ay})] \cdot t \quad \text{joule} \quad (7)$$

TS 825 standardında yer alan illere göre derece gün bölgeleri listesinden Ankara ilinin 3. bölgede olduğu tespit edilmiştir, ayrıca bu standarttaki konutlar için hesaplamalarda kullanılacak aylık ortalama iç sıcaklık $\theta_{i,ay}$ değerleri ile TS 825 standardındaki 3. Bölge aylık ortalama dış sıcaklık ($\theta_{e,ay}$) değerleri alınarak bu değerler ile aylara göre bina ısı kaybı $[H \cdot (\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})]$ hesaplamaları yapıp Tablo 2. de gösterilmiştir.

Tablo 2. $\theta_{i,ay}$, $\theta_{e,ay}$ değerleri ve aylara göre bina ısı kaybı $[H \cdot (\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})]$ hesaplamaları

Aylar	Bina Isı Kaybı				
	Özgül Isı Kaybı	Aylık Ortalama İç Sıcaklık Değeri	Aylık Ortalama Dış Sıcaklık Değeri	Sıcaklık Farkı	Isı Kaybı
	$H = H_r + H_v$ (W/K)	$\theta_{i,ay}$ (°C)	$\theta_{e,ay}$ (°C)	$\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay}$ (°C)	$H \cdot (\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$ (Watt)
Ocak	441,4482	19	-0,3	19,3	8519,95
Şubat			0,1	18,9	8343,37
Mart			4,1	14,9	6577,57
Nisan			10,1	8,9	3928,88
Mayıs			14,4	4,6	2030,66
Haziran			18,5	0,5	220,72
Temmuz			21,7	-2,7 (hesaba katılmaz)	-
Ağustos			21,2	-2,2 (hesaba katılmaz)	-
Eylül			17,2	1,8	794,60
Ekim			11,6	7,4	3266,71
Kasım			5,6	13,4	5915,40
Aralık			1,3	17,7	7813,63

TS 825 standardına göre aylık ortalama (her bir ay için tek değer hesaplanır) iç kazançlar $\emptyset_{i,ay}$ ve aylık ortalama (her bir ay için hesaplanır) güneş enerjisi kazançları $\emptyset_{s,ay}$ aşağıdaki (8) ve (10) eşitlikleri doğrultusunda yapılmaktadır. Aylara göre bina ısı kazancı $[\eta_{ay} (\emptyset_{i,ay} + \emptyset_{s,ay})]$ hesaplamaları yapıp Tablo 3. te gösterilmiştir.

$$\emptyset_{i,ay} = A_n \cdot 5 \quad (\text{konutlar, normal donanımlı binalar}) \quad (\text{W}) \quad (8)$$

$$A_n = V_{\text{brüt}} \cdot 0,32 \quad (\text{m}^2) \quad (9)$$

$$\emptyset_{s,ay} = \sum \Gamma_{i,ay} \cdot g_{i,ay} \cdot (l_{i,ay} \cdot A_i) \quad (\text{W}) \quad (10)$$

$$g_{i,ay} = F_w \cdot g_L = 0,8 \cdot g_L \quad (\text{birimsiz}) \quad (11)$$

(7) eşitliği ile belirlenen aylara göre bina ısı kazancı hesaplamasındaki kazanç kullanım faktörü η_{ay} değerleri aşağıda yer alan (12) ve (13) eşitliklerine göre yapılmıştır.

$$\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})} \quad (\text{birimsiz}) \quad (12)$$

$$KKO_{ay} = (\emptyset_{i,ay} + \emptyset_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay}) \quad (\text{birimsiz}) \quad (13)$$

KKO_{ay} oranı 2,5 ve üzerinde olduğunda o ay için ısı kaybı olmadığı kabul edilir.

Tablo 3. Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı değerleri ve binanın toplam yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (Q_{yil}) değeri

Aylar	Isı Kaybı	Isı Kazançları			t zaman (saniye)	Isıtma Enerjisi İhtiyaçları (Q_{ay}) (kJ)
	Isı Kayıpları $H (\theta_{i,Ocak} - \theta_{e,Ocak})$ (W)	İç Isı Kazancı $\Phi_{i,ay}$ (W)	Güneş Enerjisi Isı Kazancı $\Phi_{s,ay}$ (W)	Kazanç kullanım faktörü (η_{ay})		
Ocak	8519,95	1330,55	1613	0,94	86400 · 30	14.911.810,37
Şubat	8343,37		1966	0,92		13.764.932,59
Mart	6577,58		2253	0,84		9.246.690,90
Nisan	3928,89		2461	0,65		3.795.676,80
Mayıs	2030,66		2773	0,39		1.115.278,55
Haziran	220,72		2913	0		0
Temmuz	-1191,91		2835	0		0
Ağustos	-971,19		2692	0		0
Eylül	794,61		2334	0		0
Ekim	3266,72		1961	0,63		3.092.360,15
Kasım	5915,41		1516	0,88		8.839.865,35
Aralık	7813,63		1419	0,94		13.553.713,51
Q_{yil} (kJ) = 68.320.328,22						

$Q_{yil} = 68.320.328,22$ kJ olarak bulunan değer binanın toplam yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacıdır. Bu değer için $1 \text{ kJ} = 0,278 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}$ eşitliğine göre birim dönüşümü yapıldığında, $Q_{yil} = 18993,051 \text{ kWh}$ birim cinsinden de ifade edilebilir.

Birim (hacim ya da alan) başına düşen binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı Q değeri aşağıda yer alan (14) eşitliğine göre yapılmıştır. Buradaki h değeri binanın bir katına ait yüksekliği ifade etmektedir.

$$h \leq 2,6 \text{ metre durumu için } Q = Q_{yil} / A_n \quad (\text{kWh/m}^2) \quad (14)$$

$Q = Q_{yil} / A_n = \frac{18993,051 \text{ kWh}}{2666,11 \text{ m}^2} = 71,37 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yıl}$ olarak birim alan başına düşen binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı bulunur.

TS 825 standardında yer alan ve Q' olarak ifade edilen bina için izin verilen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı sınır değeri; Tablo 4. ve Tablo 5. den $A_{top}/V_{brüt}$ oranları bağlı olarak seçilecek ya da hesaplanacaktır.

Tablo 4. En büyük ve en küçük $A_{top}/V_{brüt}$ oranları için Q' ısıtma enerjisi sınır değerleri [2].

		$A_{top}/V_{brüt} < 0,2$	$A_{top}/V_{brüt} > 1,05$	
1. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{1,DG}$	19,2	56,7	$\text{kWh/m}^2 \cdot \text{yıl}$
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{1,DG}$	6,2	18,2	
2. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{2,DG}$	38,4	97,9	$\text{kWh/m}^2 \cdot \text{yıl}$
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{2,DG}$	12,3	31,3	
3. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{3,DG}$	51,7	116,5	$\text{kWh/m}^2 \cdot \text{yıl}$
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{3,DG}$	16,6	37,3	
4. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{4,DG}$	67,3	137,6	$\text{kWh/m}^2 \cdot \text{yıl}$
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{4,DG}$	21,6	44,1	

Tablo 5. Bölgelere göre $A_{top}/V_{brüt}$ oranları için Q' ısıtma enerjisi sınır değer hesaplama formülleri [2].

1. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{1.DG} = 44,1 \cdot A_{top}/V_{brüt} + 10,4$ [kWh/m ² · yıl]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{1.DG} = 14,1 \cdot A_{top}/V_{brüt} + 3,4$ [kWh/m ³ · yıl]
2. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{2.DG} = 70 \cdot A_{top}/V_{brüt} + 24,4$ [kWh/m ² · yıl]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{2.DG} = 22,4 \cdot A_{top}/V_{brüt} + 7,8$ [kWh/m ³ · yıl]
3. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{3.DG} = 76,3 \cdot A_{top}/V_{brüt} + 36,4$ [kWh/m ² · yıl]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{3.DG} = 24,4 \cdot A_{top}/V_{brüt} + 11,7$ [kWh/m ³ · yıl]
4. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{4.DG} = 82,8 \cdot A_{top}/V_{brüt} + 50,7$ [kWh/m ² · yıl]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{4.DG} = 26,5 \cdot A_{top}/V_{brüt} + 16,3$ [kWh/m ³ · yıl]

Tasarımı yapılan yeşil binanın A_{top} olarak ifade edilen değeri bina kabuğunun taban yüzey alanı, tavan yüzey alanı ve yan yüzey alanı toplamıdır. Mimari proje üzerinden 588,93 m² olarak hesaplanmıştır.

$\frac{A_{top}}{V_{brüt}} = \frac{588,93}{831,60} = 0,7082$ olduğu için Tablo 4. den Q' değeri alınmamıştır. Tablo 5. den formül ile Q' değeri hesaplanacaktır. Ankara 3. Bölgede olduğu için Tablo 5. den seçilen Q' formülü yeşil binanın mimari projesinden alınan kat yüksekliği 2,6 metrenin altında olduğu için A_n ile ilişkili olan formül kullanılarak;

$$Q'_{3.DG} = 76,3 \cdot A_{top}/V_{brüt} + 36,4$$

$Q'_{3.DG} = 90,43$ kWh/m² · yıl olarak izin verilen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı sınır değeri bulunur.

Eğer $Q < Q'$ sonucu elde edilmiş olursa bina için yapılmış olan ısı yalıtımı TS 825 standardına uygundur. Yukarıda hesaplaması yapılan $Q=71,372$ kWh/m²·yıl binanın birim alan başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı değeri için;

$71,372$ kWh/m²·yıl $< 90,43$ kWh/m² · yıl ($Q < Q'$) olup, yeşil bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı değerinin, izin verilen yıllık ısıtma enerjisi sınır değeri altında olduğu görülmektedir. Bina yalıtımı TS 825 standardına uygundur.

Binanın enerji verimliliği indeksi hesaplaması;

$$Q \leq 0,9999 \cdot Q' \text{ ise C tipi (Normal enerji verimli) bina } [71,372 \leq 90,4209]$$

$$Q \leq 0,90 \cdot Q' \text{ ise B tipi (İyi enerji verimli) bina } [71,372 \leq 81,3870]$$

$$Q \leq 0,80 \cdot Q' \text{ ise A tipi (Süper enerji verimli) bina } [71,372 \leq 72,3367]$$

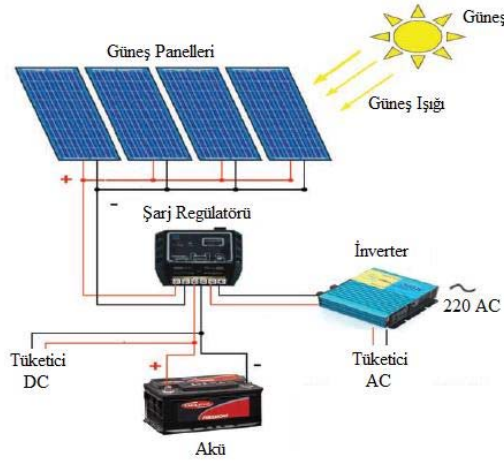
şeklinde yapılmıştır. Yeşil binanın A tipi (Süper enerji verimli) bina sınıfında tasarımı yapılmıştır.

3.2. Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi Hesaplamaları

Güneş Paneli Sistemi tasarımında; öncelikle yıllık ortalama ışınım değeri (Wh/m²) ve günlük ortalama güneşlenme süresi (h) ile güneş paneli sisteminin yapılacağı yeşil evdeki kullanılacak elektrikli cihazların günlük ortalama tüketim (yük) değerlerinin (Wh) belirlenmesi gerekmektedir.

Fotovoltaik sistemler; şebekeye bağlı veya şebekeden bağımsız olarak kullanılabilir. Yeterli sayıda fotovoltaik modülün, enerji kaynağı olarak kullanılması şebekeden bağımsız sistemlerde görülen uygulamadır. Güneşin yetersiz olduğu veya bulunmadığı zamanlarda genellikle sistemde akümülatör bulundurulur. Fotovoltaik modüller; gün içerisinde ürettiği elektrik enerjisini akümülatörde depolar, yüke gerekli olan enerji akümülatörden alınır.

Şekil 2. de şebekeden bağımsız sisteme ait (off grid) fotovoltaik hücrelerin ve diğer sistem elemanlarının genel çalışma düzeni gösterilmiştir.



Şekil 2. Fotovoltaik güneş paneli sistemi - off grid [3].

Yeşil Binada kullanılan cihazların elektrik tüketim değerleri ve aydınlatma için harcanan elektrik enerjisi bilgileri Tablo 6. da gösterilmiştir. Cihazların elektrik tüketim değerleri piyasadaki yüksek enerji verimli üretici firmalarının tüketim değerleri göz önüne alınarak belirlenmiştir.

Tablo 6. Yeşil Binada kullanılan cihazlar ile aydınlatma armatürlerinin elektrik tüketim değerleri

Cihaz	Cihaz adedi	Günlük Çalışma Süresi (saat)	Saatlik Tüketimi (Wh)	Günlük Tüketimi (kWh/gün)
Buzdolabı	1	8	86,30	0,6904
Bulaşık Makinası	1	3,5	262,8571	0,92
Çamaşır Makinası	1	1	790,90	0,6909
Fırın	1	1	810	0,81
Elektrik Süpürgesi	1	1	900	0,90
Ütü	1	0,5	1200	1,20
Televizyon	2	8	220	0,88
Bilgisayar (dizüstü)	3	9	204,75	0,6142
Bina İç Aydınlatma	12	7	174	1,2180
Bina Dış Aydınlatma	7	12	42	0,5040
HKIP İç Ünite	7	4	300	1,2
HKIP Dış Ünite	1	4	5490	21,96
Toprak Kaynaklı Isı Pompası	1	8	4808	38,47

Yeşil Bina iç aydınlatmasında 1521 lm ve 14,5 W kapasiteli olan enerji tasarruflu 12 adet led ampul kullanılmıştır. Çevre(dış) aydınlatmada ise 470 lm ve 6 W kapasiteli enerji tasarruflu 7 adet led ampul kullanılmıştır. Toprak kaynaklı ısı pompası(TKIP) ve hava kaynaklı ısı pompası(multi split klima sistemi) aynı anda kullanılmayacaktır. TKIP(Toprak Kaynaklı Isı Pompası) sistemi kış sezonunda 7 ay içinde yaklaşık 1500 saat kullanılacaktır. Multi split klima sistemi ise yaz aylarında yaklaşık 360 saat iklimlendirme amacıyla kullanılacaktır. Bir günde ısı pompalarının harcadığı elektrik tüketim değeri; $(4808 \text{ watt} \times 1500 \text{ saat})/365 \text{ gün} + (5790 \text{ watt} \times 360 \text{ saat})/365 \text{ gün} = 25469,59 \text{ Wh/gün}$ olarak hesaplanmıştır.

Yeşil binadaki Tablo 6. da yer alan; diğer elektrikli cihazlar ile aydınlatma armatürlerinin günlük harcadığı elektrik enerjisi 8427,5 Wh/gün değerindedir.

Bu durumda yeşil binada bir günde 25469,59 Wh/gün + 8427,5 Wh/gün = 33897,092 Wh/gün olan bina elektrik tüketim değerinin fotovoltaik panellerden üretilen elektrik enerjisi ile karşılanması gerekmektedir.

Ankara ilinin yıllık ortalama güneşlenme miktarı 1589,74 kWh/m²-yıl değerindedir. Ankara ilinin yıllık ortalama güneşlenme süresi 2611,58 saat/yıl'dır [4]. Günlük güneşlenme süresi ortalama 7,1550 saat değerindedir [5].

Güneş panelinin (1 adet) günlük ürettiği enerji miktarı (E_{GP}); Tablo 7. de belirtilen 330 W güneş panel güç değeri (P_{GB}) ve 7,1550 saat günlük güneşlenme süresi ($t_{g,s}$) değeri göz önüne alınarak (15) eşitliğine göre yapılmıştır [6].

$$E_{GP} = P_{GB} \cdot t_{g,s} \quad (\text{adet}) \quad (15)$$

$$E_{GP} = P_{GB} \cdot t_{g,s} = 330 \text{ W} \cdot 7,1550 \text{ saat/gün} = 2361,10 \text{ Wh/gün} \text{ olarak belirlenmiştir.}$$

Güneş panel sistem verimi değeri (η_{sis}); panel üretici kataloğundan alınan 0,97 güneş panel verimi değeri de göz önüne alınarak aşağıdaki şekilde bulunmuştur.

$$\eta_{sis} = \eta_{GP} \cdot \eta_{Akü} \cdot \eta_{inv} = 0,97 \cdot 0,75 \cdot 0,96 = 0,6984$$

Yeşil binada kullanılacak güneş panel sayısı (PS); bina günlük elektrik tüketim ($E_{g,e,i}$) 33,8971 kWh/gün miktarı, sistem verimliliği (η_{sis}), Ankara ilinin günlük güneşlenme süresi ($t_{g,s}$) ve güneş panelinin (1 adet) günlük ürettiği enerji miktarı (E_{GP}) değerleri göz önüne alınarak aşağıda yer alan (16) eşitliğine göre yapılmıştır [6].

$$PS = \frac{E_{g,e,i} / \eta_{sis}}{E_{GP}} \quad (\text{adet}) \quad (16)$$

$$PS = \frac{33,8971 \text{ kWh/gün} : 0,6984}{2,3611 \text{ kWh/gün}} = 20,55 \sim 20 \text{ adet} \text{ olarak panel sayısı belirlenmiştir.}$$

Yeşil Binanın elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamak için kullanılacak fotovoltaik (PV) panele ilişkin teknik parametreler Tablo 7. de sıralanmıştır.

Tablo 7. Yeşil Bina tasarımında kullanılan PV panelin (1 adet) parametreleri

Maksimum güç P_{max} (W)	330 W
Maksimum güç voltajı V_{mp} (V)	58 V
Maksimum güç akımı I_{mp} (A)	5,70 A
Açık devre voltajı V_{oc} (V)	69,7 V
Kısa devre akımı I_{sc} (A)	6,07 A
Maksimum sistem voltajı (V)	1000 V
Panel yüksekliği (mm)	1590 mm
Panel genişliği (mm)	1053 mm

Yeşil Binanın günlük elektrik enerjisinin akü (batarya)'dan sağlanacağı süre 1 gün olarak düşünülmektedir. Bu şekilde fotovoltaik panellerden elektrik enerjisi üretimi olmadan 1 gün süreyle bataryada

depolanan elektrik enerjisi kullanılarak yeşil binanın elektrik ihtiyacı karşılanacaktır. Akü (batarya) sayısı (17) eşitliğine göre yapılmıştır [6].

$$A. S. = \frac{E_{g,e,i} \cdot A_k \cdot D_s \cdot A_{sıc}}{V_a \cdot K_a} \quad (\text{adet}) \quad (17)$$

(17) eşitliğinde A_k batarya deşarj oranını (genellikle 0,5 alınır), D_s (gün) depolama süresini ve $A_{sıc}$ akü sıcaklık katsayısını (tablolardan 1,16 alınır) ifade etmektedir.

$$A.S. = \frac{33,8971 \cdot 10^3 \text{ Wh/gün} \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 1,16}{12 \text{ V} \cdot 190 \text{ A}} = 8,62 \sim 8 \text{ adet olarak akü sayısı belirlenmiştir.}$$

Aküyü aşırı şarjdan ve elektrik boşalmasından korumak için elektronik bir şarj regülatörü kullanılması şarttır. Kurulan bir fotovoltaik panel sisteminde maksimum verim alabilmek için maksimum güç sağlayıcılarının (MPPT) kullanılması gerekmektedir. MPPT şarj regülatörleri kullanılan akünün tam dolu olmasını da sağlamaktadır [3]. Şarj regülatörü kapasitesi-adedi (Ş.R.K.) aşağıda yer alan (18) eşitliği ile hesaplanmıştır [6].

$$\text{Ş. R. K.} = \frac{I_{mp} \cdot PS}{I_R} \quad (\text{adet}) \quad (18)$$

(18) eşitliğinde I_{mp} (A) PV panel (1 adet) akımını ve I_R (A) şarj regülatörünün (1 adet) giriş akımını ifade etmektedir.

$$\text{Ş.R.K.} = \frac{5,7 \text{ A} \cdot 20 \text{ adet}}{40 \text{ A}} = 2,85 \sim 3 \text{ adet olarak şarj regülatör sayısı belirlenmiştir.}$$

Yeşil Binada kullanılan elektrikli cihazlar 220 V ve 50 Hz alternatif akımla çalışmaktadır. Ama fotovoltaik sistemde güneş ışığından üretilen elektrik 12 volt doğru akımdır [3]. Fotovoltaik sistemle üretilen doğru akımın alternatif akıma dönüştürülmesi için inverter gereklidir. İnverter kapasitesi (İ.K.) hesabı (19) eşitliğine göre yapılmıştır [6].

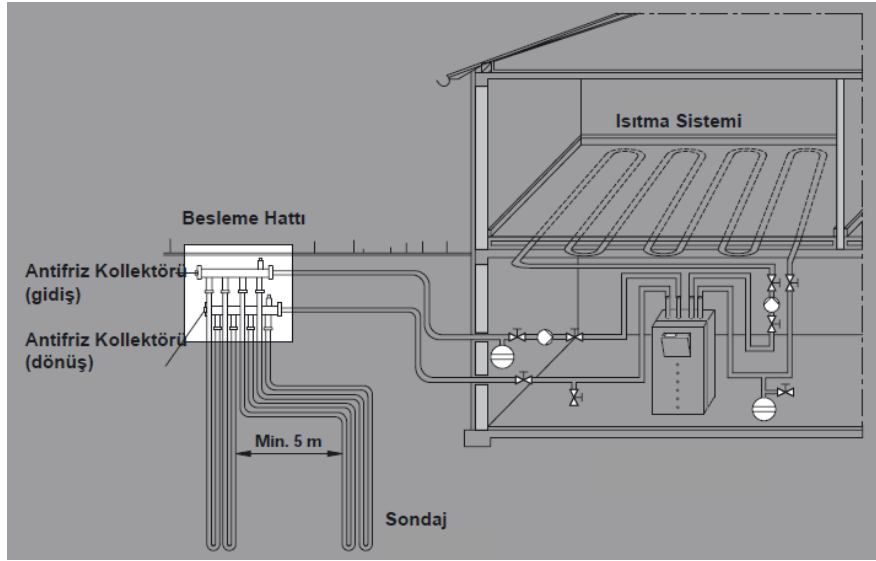
$$\text{İ.K.} = \text{Panel Sayısı} \times \text{Bir PV Panelin Üreteceği Güç} \quad (\text{watt}) \quad (19)$$

İ.K. = 17 x 330 W = 5610W inverter kapasitesi bulunmuştur, üretici firma kataloglarından 6000W kapasiteli inverter PV panel sistemi için seçilmiştir.

3.3. Dikey Tip Toprak Kaynaklı Isı Pompası (DTKIP) Tasarımı ve Hesaplamaları

Toprak kaynaklı ısı pompaları, buharlaştırıcısında topraktan çekilen ısıyı kullanan ısı pompalarıdır. Toprakla olan ısı alış-verişi toprağa yatay veya dikey olarak gömülmüş "toprak ısı değiştiricisi" ile gerçekleştirilir. Toprak altına gömülen borulardan salamura (antifrizli-su) geçirilir [7].

Toprağı ısı kaynağı olarak kullanan ısı pompası sistemlerinin en önemli bileşeni; toprağa döşenen ısı değiştiricileridir. Boruların toprak altına yerleşiminde kullanılan ölçüler ve boru boyları bu tip ısıtma sisteminin en önemli parametreleridir [7]. Şekil 3. de dikey tip toprak kaynaklı ısı pompası sistemi gösterilmiştir.



Şekil 2. Dikey tip toprak kaynaklı ısı pompası sistemi [8].

Yeşil Bina ısı kaybı değeri 17232,15 W ve sıcak su(°C) ihtiyacı için boyler kapasitesi 10600 W olarak tespit edilmiştir. Bu durumda binanın toplam ısıtma yükü 27832,15 W değeri göz önüne alınarak ısıtma sisteminde kullanılacak dikey tip toprak kaynaklı ısı pompası ısıtma kapasitesi 29,2 kW olarak üretici firma kataloğundan belirlenmiştir.

Isıtma modunda kullanılacak DTKIP toplam ısı değıştircisi boru uzunluğu (20) ve (21) eşitliklerine göre belirlenmektedir [9].

$$\frac{572 \left[\frac{COP_I - 1}{COP_I} \right] \cdot [R_{bd} + (R_t \cdot F_I)]}{(T_I - T_{min}) [^{\circ}C]}$$

$$L_{Isıtma} = \quad \quad \quad (m) \quad (20)$$

$$\Sigma L_{Isıtma} = \quad \cdot \quad L_{Isıtma} \frac{Q_{Isıtma}}{3,515 \text{ kW}} \quad \quad \quad (m) \quad (21)$$

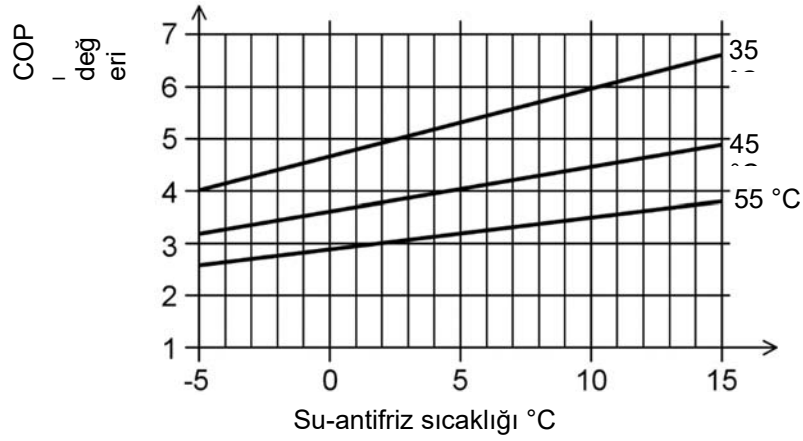
(20) ve (21) eşitliklerindeki; 3,515 kW ısıtma kapasitesi için gerekli toprak ısı değıştircisi boru uzunluğu ($L_{Isıtma}$, m), hesaplaması yapılan bina ısıtma yükünü karşılamak için gerekli olan toplam toprak ısı değıştircisi boru uzunluğu ($\Sigma L_{Isıtma}$, m), seçilen DTKIP cihazının ısıtma tesir katsayısı (COP_I , birimsiz), boru direnci (R_{bd} , m°C/W), toprak direnci (R_t , m°C/W), çalışma faktörü ısıtma modu için (F_I birimsiz), düşük toprak sıcaklığı (T_I , °C), cihaza giren minimum su tasarım sıcaklığı (T_{min} , °C) ve yeşil binanın toplam ısıtma yükü ($Q_{Isıtma}$, kW) olarak ifade edilmektedir.

Seçilen ısı pompasının teknik özellikleri Tablo 8. de belirtilmiştir.

Tablo 8. Dikey tip toprak kaynaklı ısı pompası üretici katalog teknik özellikleri

Isı Pompası Modeli	BW 226
Isıtma Kapasitesi	29,2 kW
Primer devre (toprak ısı değiştiricisi tarafı) minimum su debisi	7,2 m ³ /h
Sekonder devre (ısıtma suyu tarafı) minimum su debisi	2,4 m ³ /h
Primer devre antifrizli su giriş sıcaklığı	4,2 °C
Sekonder devre ısıtma gidiş suyu sıcaklığı	55 °C
Isıtma tesir katsayısı COP₁	3,2

Seçilen ısı pompasının primer devre antifriz su sıcaklığı ve sekonder devre ısıtma gidiş suyu sıcaklık değerlerine göre üretici firmanın ısıtma tesir katsayısı (COP₁) değişimi grafiği Şekil 3. de gösterilmiştir.

**Şekil 3.** Dikey tip toprak kaynaklı ısı pompası COP₁ değeri değişimi, üretici firma grafiği [11].

Isıtma tesir katsayısı (COP₁) değeri; aşağıda hesaplaması yapılan 4,2 °C primer devre (toprak ısı değiştiricisi tarafı) antifrizli su giriş sıcaklığı ve 55 °C sekonder devre ısıtma gidiş suyu sıcaklığı göz önüne alınarak Şekil 3. de yer alan üretici firma grafiğinden 3,2 olarak tespit edilmiştir.

Yeşil bina tasarımında kullanılan DTKIP sisteminde; PE SCH40 iki borulu 1 1/2" çaplı toprak ısı değiştiricisi kullanılacaktır. 1 1/2" çap için ağır kuru toprak veya hafif(yumuşak) nemli toprak tipinin R_t toprak direnci 0,94 olarak tespit edilmiştir [9].

PE SCH40 iki borulu 1 1/2" çaplı toprak ısı değiştiricisinin Tablo 9. da 1 1/2" çap ve PE SCH40 boru malzemesi için R_{bd} boru direnci 0,080 olarak seçilmiştir. Tablo 9. da R_b olarak verilen değerler yatay döşenen, R_{bd} olarak verilen değerler ise dikey döşenen toprak ısı değiştiricisi boru direnç değerleridir.

Tablo 9. R_{bd} boru direnci değerleri [9]

		R _b R _{bd}			
		PE SCH 40	PE SDR-11	PB SDR-17	PB SDR-13.5
BORU ÇAPı (inch)	¾	0.17 .116			
	1	.159 .109			
	1-1/4	.130 .089	.144 .096	0.16 0.11	0.20 0.14
	1-1/2	.117 .080			
	2	.098 .068			

T_m ortalama yıllık toprak sıcaklığı (22) eşitliğine göre belirlenmektedir [9].

$$T_m = T + 1,1 \quad (^\circ\text{C}) \quad (22)$$

Ankara ili için ortalama hava sıcaklığı (yıllık) MGM verilerinden T=11,9 °C olarak alınmıştır [10].

T_m = T + 1,1 = 11,9 + 1,1 = 13 °C olarak hesaplanmıştır.

TI düşük toprak sıcaklığı değeri (23) eşitliğiyle hesaplanmaktadır [9].

$$T_I = T_m - 3,3 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (^\circ\text{C}) \quad (23)$$

TI düşük toprak sıcaklığı değeri; yıllık ortalama toprak sıcaklığı (T_m) değerinden, deneyimler sonucu tercih edilen 3,3°C -8,25°C aralığında olan toprak sıcaklığı değişim (TSD) değerinin çıkarılmasıyla TI değeri tespit edilmektedir. TSD değeri (23) nolu eşitlikte 3,3°C olarak alınmıştır.

$$T_I = T_m - 3,3 \text{ } ^\circ\text{C} = 13 \text{ } ^\circ\text{C} - 3,3 \text{ } ^\circ\text{C} = 9,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

T_{min} cihaza giren antifrizli-su sıcaklığı değeri (24) eşitliği ile belirlenmektedir [9].

$$T_{\min} = T_m - 3,3 \text{ } ^\circ\text{C} - \Delta T \quad (^\circ\text{C}) \quad (24)$$

T_{min} cihaza giren antifrizli-su sıcaklığı değeri; yıllık ortalama toprak sıcaklığı (T_m) değerinden ısıtma modu için 3,3°C olarak alınan toprak sıcaklığı değişim (TSD) değerinin, ΔT olarak 5,5°C değerinin - düşük toprak sıcaklığı (TI) ile toprak serpantini içinde dolaşan antifrizli-su arasında ısı transferi oluşturmak için seçilen sıcaklık farkı ΔT'nin- çıkarılmasıyla T_{min} yani ısı pompası toprak ısı değiştiricisine giren antifrizli-su sıcaklık değeri tespit edilmektedir.

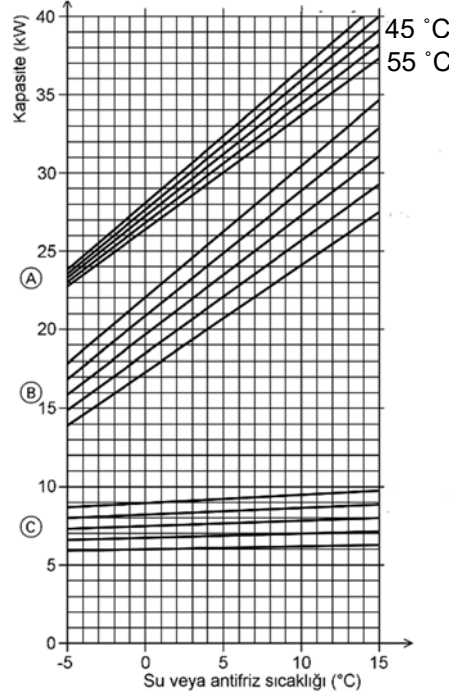
$$T_{\min} = T_m - 3,3 \text{ } ^\circ\text{C} - \Delta T = 13 \text{ } ^\circ\text{C} - 3,3 \text{ } ^\circ\text{C} - 5,5 \text{ } ^\circ\text{C} = 4,2 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

F₁ çalışma faktörü (25) eşitliğiyle belirlenmektedir [9].

$$F_1 = \frac{\text{Ortalama Isı Kaybı(kW)}/\text{Çalışma Saati}}{\text{Isı Pompası Isıtma Kapasitesi (kW)}} \quad (\text{birimsiz}) \quad (25)$$

Binanın ısı kaybı 17232,15 W ve sıcak su sıcak su ihtiyacı için boiler kapasitesi 10600 W değerinden oluşan toplam ısıtma yükü 27832,15 W değeri, ortalama ısı kaybı olarak alınmıştır.

Isı pompasının ısıtma sezonunda günlük çalışma süresi ortalama 8 saat olarak alınmıştır. Isı pompası kapasitesine ilişkin üretici firma verileri Şekil 4. te yer almaktadır.



Şekil 4. BW 226 model DTKIP'na ait üretici kapasite değerleri [11].

Şekil 4.'te $T_{\min} = 4,2$ °C (antifrizli su sıcaklığı) ve 55 °C olan sekonder (ısıtma hattı) sıcak su sıcaklığı değerleri için DTKIP kapasite değeri 29,2 kW alınmıştır. Bu durumda F_1 çalışma faktörü (25) eşitliği ile aşağıda belirlenmiştir.

$$F_1 = \frac{\text{Ortalama Isı Kaybı} - \text{ısıtma yükü (kW)} / \text{Çalışma Saati}}{\text{Isı Pompası Isıtma Kapasitesi (kW)}} = \frac{27,8321 \text{ kW} / 8}{29,2 \text{ kW}}$$

$F_1 = 0,1191$ olarak bulunur.

Isıtma modunda kullanılacak DTKIP toplam ısı değiştiricisi boru uzunluğu yukarıda yer alan (20) ve (21) eşitlikleri göz önüne alınarak,

$$- L_{\text{Isıtma}} = \frac{572 \left[\frac{\text{COP}_I - 1}{\text{COP}_I} \right] \cdot [R_{bd} + (R_t \cdot F_1)]}{(T_I - T_{\min}) [^\circ\text{C}]} = \frac{572 \left[\frac{3,2 - 1}{3,2} \right] \cdot [0,080 + (0,94 \cdot 0,1191)]}{(9,7 - 4,2) [^\circ\text{C}]} = 13,72 \text{ m (3,5 kW ısıtma kapasitesi için)}$$

$$- \Sigma L_{\text{Isıtma}} = \frac{Q_{\text{Isıtma}}}{3,515 \text{ kW}} \cdot L_{\text{Isıtma}} [\text{m}] = \frac{27,8321 \text{ kW}}{3,515 \text{ kW}} \cdot 13,7247 \text{ m}$$

$\Sigma L_{\text{Isıtma}} = 108,67 \text{ m}$ olarak toprak ısı değiştiricisi boru uzunluğu bulunmuştur.

Tek U-bükme çevrimde her sondajda iki boru kullanılmaktadır [9]. Tasarımı yapılan yeşil binada 2 sondaj yapıp toplam 4 boru kullanılacaktır. Bu durumda;

- Sondaj derinliği = $\frac{108,67 \text{ m}}{4} = 27,16 \sim 28$ metre olarak bulunur.

- Toprak ısı değiştiricisi olarak 1 ½" (Ø50) aplı polietilen-40(PE-40) boru 28 metre derinlikte tek U-bükme çevrim olarak kullanılacaktır.

Boruların yerleşimi için 2 sondaj yapılacak ve sondaj derinliği de 28 metre olacaktır. Sondaj apları Tablo 10. ile belirlenmektedir [9].

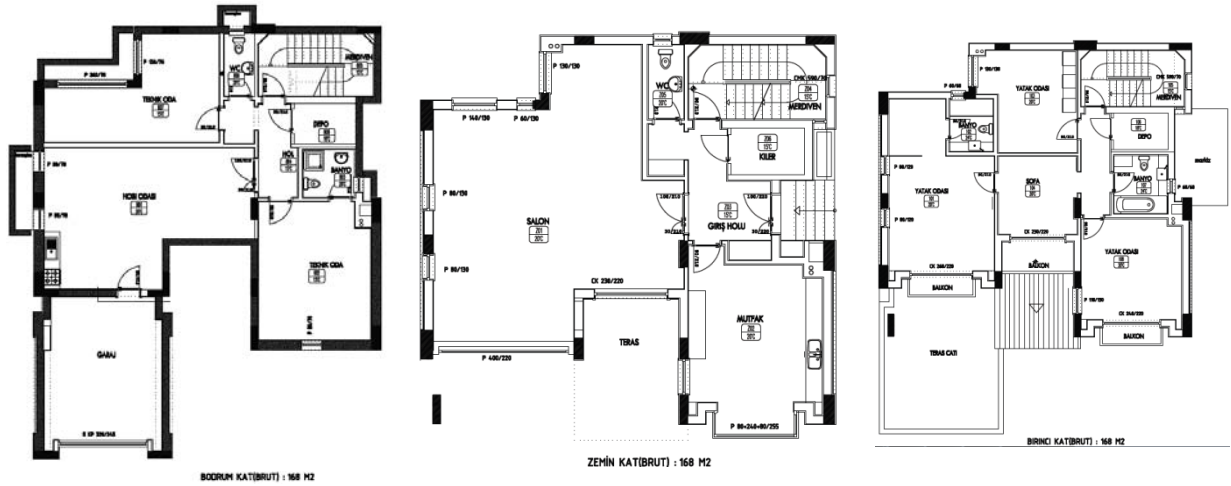
Tablo 10. Sondaj için minimum çap değerleri [9].

SONDAJ İÇİN MİNİMUM ÇAP		
Boru apı	Tek U-bükme	ift U-bükme
¾"	3 ¼"	4 ½"
1"	3 ½"	5 ½"
1 ¼"	4"	5 ¾"
1 ½"	4 ¾"	6"
2"	6"	7"

-Boruların yerleşimi için dikey olarak 2 adet tek U-bükme şeklinde yapılacak sondaja ait Tablo 10. dan (1 ½" aplı PE-40 toprak ısı değiştiricisi boru için) toprağa açılacak her bir sondaja ait çap değeri 4 ¾" olarak seçilir. Yeterli bir ısı transferi sağlamak için açılan 2 sondaj kuyusu arasında 6 m boşluk bırakılacaktır.

3.4. Yeşil Binanın Isı Kaybı ve Isı Kazancı Hesaplamaları

Yeşil binanın kat planları Şekil 5. de gösterilmiştir. Binanın ısı kaybı TS 2164 ve IDS (Isıtma Derece-Saat) yöntemleri ile hesaplanıp bulunan ısıtma yükü değerleri karşılaştırılmış ve her iki yöntemle bulunan sonuçların ortalaması ısıtma yükü olarak alınmıştır. Bina ısı kazancı ise CLTD/SCL/CLF (Soğutma Yükü Sıcaklık Farkı/Güneş Soğutma Yükü/Soğutma Yükü arpanı) ve Işınım Zaman Serisi (Radiant Time Series-RTS) yöntemleri ile hesaplanmıştır.



Şekil 5. Binanın kat planı çizimleri

3.4.1. Bina Isı Kaybı Hesaplaması (TS 2164 Kalorifer Tesisatı Projelendirme Yöntemi)

TS2164 Kalorifer Tesisatı Projelendirme Kurallarına göre ısı kaybı hesaplaması iki aşamada yapılacaktır. İlk olarak ısı kaybına ilişkin veriler belirlenecektir, veri toplama işlemi kabuller ve seçimleri içerecektir. İkinci aşamada toplanan bu veriler göz önüne alınarak yapı bileşenlerinden olan ısı

kayıbı(transmisyon) ile hava sızıntı ısı kaybı (enflitrasyon) ayrı ayrı hesaplanarak toplamları mahallin(odanın) ısı kaybı değerini oluşturacaktır.

Isı kaybı hesaplamasında birinci aşama da belirlenecek veriler şunlardır; Ankara ili için dış sıcaklık ve rüzgâr durumu bilgisi TS 2164 Ek III.1'den -12 °C Rüzgârlı olarak alınmıştır. Tasarımı yapılan yeşil binanın ısıtılacak odalarına ait iç hava sıcaklık değerleri TS 2164 Ek III.2'den alınarak aşağıdaki Tablo 11. de belirtilmiştir.

Birinci aşama kapsamında ısı kaybı hesaplaması için belirlenecek diğer önemli veri ise artırımlar (zamlar)'dır. Bunlar birleştirilmiş artırım katsayısı (Z_D), yön artırım katsayısı (Z_H) ve kat yükseklik artırım katsayısı (Z_w) şeklindedir. Birleştirilmiş artırım katsayısı (Z_D) değeri TS 2164 Ek III.7'den, ısıtma sisteminin çalıştırılmasında verilen araya göre tanımlanan işletme durumuna göre seçilmektedir. Yön artırım katsayısı (Z_H) değeri TS 2164 Ek III.8'den bir dış duvarı olan odalar için dış duvarın baktığı yön, iki dış duvarı olan odalar için köşegenin yönü esas alınarak eğer ikiden fazla dış duvara sahip olan oda ise en yüksek yön zammı esas alınarak seçilmektedir. Kat yükseklik artırım katsayısı (Z_w) belli kat yüksekliğinden sonra artan rüzgâr etkisine bağlı olarak üst katlarda hava sızıntı ısı kaybı ve taşınım katsayısı artar ayrıca dik olan kolon tesisat borularında ısı kaybı dolayısıyla su sıcaklığı düşmesine bağlı olarak üst kat radyatörlerinde verim düşmektedir bu oluşun olumsuz etkileri karşılamak için TS 2164 Ek III.9'dan yararlanarak kat yükseklik artırım kat sayısı (Z_w) değeri de ısı kaybı hesaplanan oda (mahal) için seçilmektedir.

Tablo 11. Tasarımı yapılan yeşil bina odalarının iç sıcaklık değerleri

Mahal (Oda) Numarası	Mahal Adı	İç Hava Sıcaklık Değerleri (°C)	Mahal (Oda) Numarası	Mahal Adı	İç Hava Sıcaklık Değerleri (°C)
B01	Hobi Odası	20	Z05	WC	20
B02	Teknik Oda	15	Z06	Kiler	15
B03	Banyo	24	101	Yatak Odası	20
B04	Depo Odası	18	102	Banyo	24
B05	Merdiven	15	103	Yatak Odası	20
B06	WC	20	104	Sofa	20
B07	Teknik Oda	15	105	Merdiven	15
Z01	Salon	20	106	Depo	18
Z02	Mutfak	20	107	Banyo	24
Z03	Giriş Holü	15	108	Yatak Odası	20
Z04	Merdiven	15	-	-	-

Isı kaybı hesaplamasında ikinci aşamada; yukarıda açıklandığı üzere toplanan veriler dikkate alınarak ısı kaybı hesaplamaları yapılır. Tablo 12. de hesaplaması yapılan 103 nolu yatak odası mahallinin ısıtma yükü için öncelikle artırımsız (zamsız) ısı kaybı(Q_0) hesabı (26) eşitliği göz önüne alınarak yapılmıştır. U ısı geçiş katsayılarının değerleri Tablo 1. den alınmıştır.

$$Q_0 = U \cdot A \cdot \Delta T \quad (W) \quad (26)$$

103 nolu yatak odasının; artırımsız yapı bileşenlerinden olan ısı kaybı $Q_0 = 474,04$ W olarak Tablo 12. de hesaplanmıştır. 103 nolu yatak odası mahallinin yapı bileşenlerinden olan ısı kaybı (Q_i) hesaplaması ise artırımsız ısıtma yükü(Q_0) değerine artırımlar eklenerek (27) eşitliğinde belirtilen şekilde yapılmıştır.

$$Q_i = Q_0 \cdot (1 + \%Z_D + \%Z_H + \%Z_w) \quad (W) \quad (27)$$

103 nolu yatak odası mahallinin yapı bileşenlerinden olan ısı kaybı $Q_i = 530,93$ W olarak Tablo 12. de hesaplanmıştır.

Isı kaybı hesaplamasında ikinci aşamasındaki diğer hesaplama da hava sızıntı (enfilitrasyon) ısı kaybı hesaplamasıdır. Hava sızıntı ısı kaybı (Q_s) değeri (28) eşitliğine göre yapılmıştır.

$$Q_s = \sum a \cdot L \cdot R \cdot H \cdot Z_e \cdot \Delta T \quad (W) \quad (28)$$

Tablo 12. de hava sızıntı (enfilitrasyon) ısı kaybı hesaplaması yapılan 103 nolu yatak odası mahallinde; a sızdırganlık değeri için TS 2164 Ek III.10 tablosundan yararlanılarak yeşil bina tasarımında kullanılan plastik çerçeveli çift camlı pencereye karşılık gelen değer bu tablodan seçilmiştir. L değeri ise odadaki dışarıya açılan pencere ve/veya kapıların açılan kısımlarının çevre uzunluğunu ifade etmekte olup mimari projeden ölçülerek alınan uzunluk değeri Tablo 12. de hava sızıntı ısı kaybı hesaplamasında kullanılmıştır. R değeri oda durum katsayısını ifade etmektedir, odanın içine giren havanın akıp gidebilme durumunu belirtir. Çoğu halde pencereler vasıtası ile içeri sızan hava iç kapılardan dışarı sızar ve en olumsuz halde odaya giren hava kadar hava dışarı sızar. R katsayısının tam olarak hesabı imkânsızdır. R oda durum katsayısı TS 2164 Ek III.12 tablosundan yararlanılarak yeşil bina tasarımında normal ebatta pencere ve iç kapı kullanıldığı için Tablo 12. de görüldüğü üzere 103 nolu yatak odası mahalli için $R=0,9$ alınmıştır. H bina durum katsayısı TS 2164 Ek III.13 tablosundan Ankara ili rüzgârlı durum bilgisi, yeşil binanın mimari proje vaziyet planında da görülen tek ev ve serbest durum bilgisi bu tablodan seçilerek H bina durum katsayısı 0,97 olarak belirlenmiştir. Z_e köşe pencere zammı değeri de hava sızıntı ısı kaybında kullanılan diğer bir değer olup hesap yapılan odanın dışa bakan her iki duvarında(ve üstü) pencere var ise 1,2 olarak alınır. Eğer hesap yapılan odanın sadece bir duvarında pencere varsa Z_e köşe pencere zammı değeri 1 olarak alınır. Hava sızıntı ısı kaybındaki son değer olan ΔT ise hesap yapılan odanın iç hava sıcaklık değeri(konfor sıcaklığı) ile dış ortam sıcaklık değeri arasındaki farktır. Tablo 12. de hava sızıntı (enfilitrasyon) ısı kaybı hesaplaması yapılan 103 nolu yatak odası mahallindeki iç hava sıcaklık değeri 20°C ile dış ortam sıcaklık değeri -12°C arasındaki sıcaklık farkı $\Delta T= 32^\circ\text{C}$ olarak belirtilmiştir. 103 nolu yatak odasının; hava sızıntı (enfilitrasyon) ısı kaybı $Q_s = 290,53$ W olarak Tablo 12. de hesaplanmıştır.

Isı kaybı yapılan odanın toplam ısı yükü (Q_h) değeri; yapı bileşenlerinden olan ısı kaybı (Q_i) ve hava sızıntı (enfilitrasyon) ısı kaybı (Q_s) toplanarak elde edilir.

$$Q_h = Q_i + Q_s \quad (W) \quad (29)$$

103 nolu yatak odasının; toplam ısı yükü $Q_h = 821,47$ W olarak Tablo 12. de hesaplanmıştır.

Tablo 12. Yatak O. 103 nolu odaya ait TS 2164 Kalorifer Tesisatı Projelendirme Yöntemi ile hesaplanan ısı kaybı tablosu

Projeyle İlişkin Ada No: 488				Parsel No: 4				Proje Dış Sıcaklığı: -12°C Rüzgârlı				Sayfa No:				
Yapı Özelliği				ISI KAYBI HESABI								Kat No:			1. Kat	
20°C - Yatak O. 103												Tesisatın Cinsi			Isıtma	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
ALAN HESABI				ISI KAYBI HESABI								ARTIRIMLAR				
Yapı bileşeni işareti	Yönü	Kalınlığı	Uzunluk	Yükseklik veya Genişlik	Toplam alan	Miktar	Çıkarılan alan	Hesaba giren alan	Toplam ısı geçiş katsayısı	Sıcaklık farkı	Zamsız ısı kaybı	Birleştirilmiş artırım katsayısı	Yön artırımı katsayısı	Kat yükseklik artırım katsayısı	Toplam artırım katsayısı	Toplam ısı ihtiyacı
								A	U	ΔT	Q_0	Z_D	Z_H	Z_W	Z	$Q_h=Q_i+Q_s$
		cm	m	m	m ²	tane	m ²	m ²	W/m ² K	°C	W	%	%	%	%	W
ÇP	B	-	1,3	1,3	1,69	1	-	1,69	2,1	32	113,568					
DD	B	35	2,25	2,9	6,525	1	1,69	4,835	0,305	32	47,1896					
DD	K	35	4,45	2,9	12,91	1	-	12,91	0,305	32	125,9528					
Ta	-	44	-	-	17,27	1	-	17,27	0,289	23	114,7605					
İK	D	-	0,9	2,1	1,89	1	-	1,89	2	5	18,9					
İD-15	D	15	4,5	2,55	11,48	1	1,89	9,585	1,12	5	53,676					
											474,0469	7	5	0	1,12	
																q _i : 530,93
				a: 2		L: 5,2		R: 0,9		H: 0,97		ΔT : 32		Z _E : 1		
																Q _s : 290,53
																Q _h : 821,47

103 nolu yatak oda mahallinin Tablo 12. de hesaplanan ısı kaybı hesaplamasına benzer şekilde diğer odalarında hesaplamaları yapılmıştır. Tablo 13. de ise tasarımı yapılan yeşil binanın, diğer mahallerinin TS 2164 Kalorifer Tesisatı Projelendirme Yöntemi ile hesaplanan ısı kaybı değerleri gösterilmiştir.

Tablo 13. Yeşil Binanın TS 2164 Kalorifer Tesisatı Projelendirme Yöntemi ile hesaplanan mahal (oda) ısı ihtiyacı değerleri

Mahal(Oda) Numarası	Mahal Adı	Toplam ısı ihtiyacı(Q _h) kW	Mahal(Oda) Numarası	Mahal Adı	Toplam ısı ihtiyacı(Q _h) kW
B01	Hobi Odası	1,7220	Z05	WC	0,2590
B02	Teknik Oda	0,8545	Z06	Kiler	0,0428
B03	Banyo	0,4804	101	Yatak Odası	2,0620
B04	Depo Odası	0,1145	102	Banyo	0,6967
B05	Merdiven	0,2361	103	Yatak Odası	0,8215
B06	WC	0,3455	104	Sofa	1,0390
B07	Teknik Oda	1,2152	105	Merdiven	0,7041
Z01	Salon	3,8010	106	Depo	0,1268
Z02	Mutfak	2,3270	107	Banyo	0,5293
Z03	Giriş Holü	0,9239	108	Yatak Odası	2,2060
Z04	Merdiven	0,6269	TS 2164'e göre hesaplanan toplam ısı ihtiyacı:		21,13 kW

3.4.2. Bina Isı Kaybı Hesaplaması (IDS-Isıtma Derece Saat Yöntemi)

Isıtma Derece Saat (IDS) Yöntemi ile ısıtma yükü hesaplamasında; bir saatlik dış ortam sıcaklığı(T_d) ve ısıtma yükü hesaplanacak mahallin(odanın) ısıtma konfor sıcaklığı(T_b) arasındaki fark, saatlik olarak ısıtma uygulamalarında kullanılır. Isıtma sezonu Ankara ili için Ekim, Kasım, Aralık, Ocak, Şubat ve Mart ayları olarak belirlenmiştir.

Isıtma Derece Saat Yöntemi (IDS) ile ısıtma yükü; (30), (31) ve (32) eşitlikleri ile yapılan hesaplamalarla belirlenmektedir [12].

$$IDS = (1 \text{ saatlik}) \sum_{\text{saatler}} (T_b - T_d)^+ \quad (^\circ\text{C/yıl}) \quad (30)$$

IDS (Isıtma derece – saat) değeri hesaplamaları; öncelikle Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilen 2014-2018 yıllarına ait Ankara ilinin saatlik dış sıcaklık değerleri ortalaması alınarak ısıtma sezonu olarak yukarıda belirtilen ayların her bir saatine (toplam $n = 4320$ saat) ait dış sıcaklık değerleri (T_d) tespit edilmiştir. Mahal iç sıcaklıkları (T_b) 15°C , 18°C , 20°C ve 24°C için 30 nolu eşitlikle IDS-15, IDS-18, IDS-20 ve IDS-24 olarak Isıtma Derece Saat(IDS) değerleri hesaplanmış, Tablo 14. de hesaplama sonuçları verilmiştir.

Tablo 14. Ankara ili için ısıtma derece-saat(IDS) değerleri

Tb	IDS DEĞERLERİ (n:4320 saat)						Toplam
	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	
IDS-15	1856,54	5145,9	9156,72	10240,94	6594,88	4983,805	37978,79
IDS-18	3450	7296,54	11388,72	12472,94	8610,88	7190,545	50409,63
IDS-20	4709,54	8736,54	12876,72	13960,94	9954,88	8678,545	58917,17
IDS-24	7612,04	11616,54	15852,72	16936,94	12642,88	11654,55	76315,67

$$Q_h = L \cdot IDS \quad (\text{Wh/yıl}) \quad (31)$$

(31) eşitliğinde; toplam yıllık ısıtma yükü (Q_h , Wh/yıl), ısı kaybı hesaplanan mahal için toplam ısı transfer katsayısı (L , Wh/ $^\circ\text{C}$) olarak ifade edilmektedir.

$$L = \sum_{j=1}^m U \cdot A + I \cdot (\rho \cdot C_p)_{\text{hava}} \cdot \frac{V}{3600} \quad (\text{Wh}/^\circ\text{C}) \quad (32)$$

(32) eşitliğinde; mahallin(odanın) ısının dışarıya kaybedildiği alanlar (m , adet), saatlik hava değişim oranı 0,5 ile 2 arasında alınabilmekte 1 olarak alınmıştır (I , sa^{-1}), havanın hacimsel ısı kapasitesi ($\rho \cdot C_p$, $1200 \text{ J/m}^3\text{K}$) ve mahallin(odanın) hacmi(V , m^3) olarak ifade edilmektedir.

(31) ve (32) eşitlikleriyle ifade edilen mahal yıllık ısıtma yükü, (33) eşitliğinde aşağıdaki şekilde belirtilmiştir. Tablo 15. de hesaplaması yapılan 103 nolu yatak odası mahallinin ısıtma yükü (33) eşitliği göz önüne alınarak yapılmıştır.

$$Q_h = q_i + q_s = \sum_{j=1}^m K \cdot A \cdot IDS + I \cdot (\rho \cdot C_p)_{\text{hava}} \cdot \frac{V}{3600} \cdot IDS \quad (\text{Wh/yıl}) \quad (33)$$

Tablo 15. de 103 nolu yatak odası mahalli iç sıcaklığı (T_b) 20°C için ısıtma derece-saat değerinin $58917,17^\circ\text{C h}$ olduğu (yukarıda Tablo 14. de belirtildiği üzere) görülmektedir. Tablo 15. de Ta-tavan yapı bileşeni için 99360°C h olarak ısıtma derece-saat değeri alınmıştır. Sebebi bu yapı bileşeni dış havaya açık olmayıp çatı arasına komşudur çatı arası sıcaklığı TS 2164 Ek III.3'ten -3°C alınmış olup bu nedenle sıcaklık farkı $\Delta T = 23^\circ\text{C}$ için $23^\circ\text{C} \cdot 4320 \text{ saat} = 99360^\circ\text{C-h}$ olarak ısıtma derece-saat değeri elde edilmiştir. Benzer şekilde İK-iç kapı ve İD-15 iç duvar yapı bileşenleri içinde TS 2164 Ek III.2'den koridor mahalli sıcaklığı 15°C alınmış olup sıcaklık farkı $\Delta T = 5^\circ\text{C}$ için $5^\circ\text{C} \cdot 4320 \text{ saat} = 21600^\circ\text{C-h}$ olarak ısıtma derece-saat değeri elde edilmiştir.

Tablo 15. Yatak O. 103 nolu odaya ait Isıtma Derece Saat (IDS) yöntemi ile hesaplanan ısı kaybı tablosu

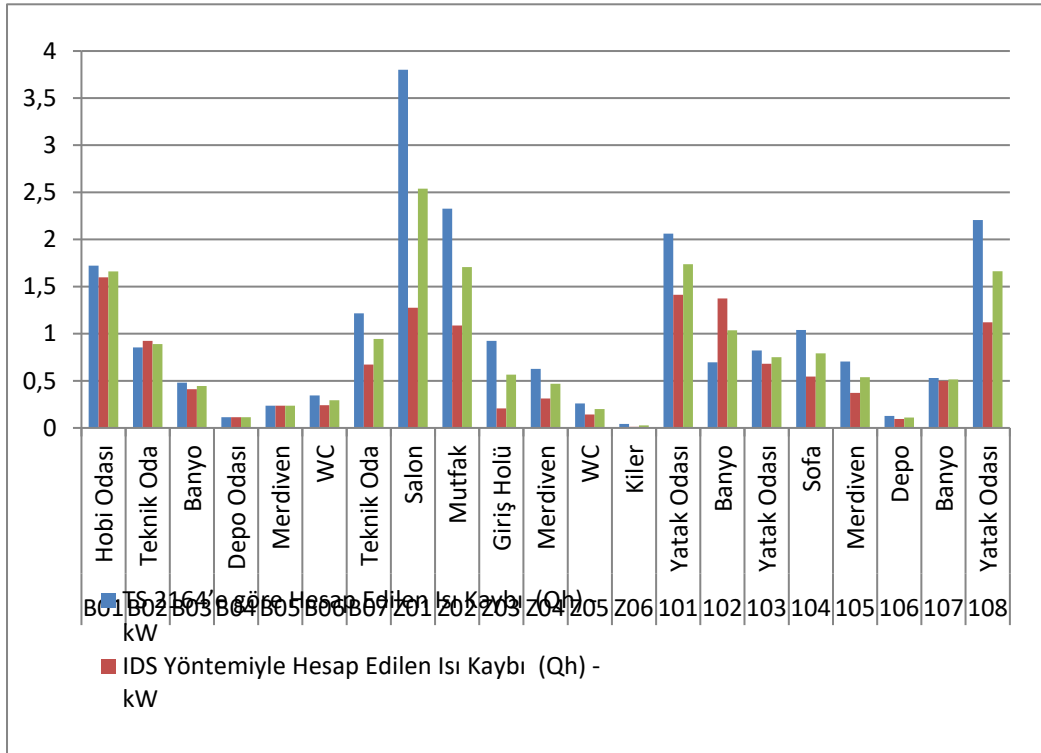
Proje İlişkin Ada No: 488			Parsel No: 4			Proje Dış Sıcaklığı: -12°C Rüzgârli			Sayfa No:										
Yapı Özelliği			Yapı			ISIRI KAYBI HESABI			Kat No:										
20°C - Yatak O. 103						ISIRI KAYBI HESABI			Tesisatın Cinsi										
			ALAN HESABI			ISIRI KAYBI HESABI			ARTIRIMLAR										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
Yapı bileşeni işareti			Yönü	Kalınlığı	Uzunluk	Yükseklik veya Genişlik	Toplam alan	Miktar	Çıkarılan alan	Hesaba giren alan	Toplam ısı geçiş katsayısı	Isıtma Derece Saat	Zamsız yıllık ısıtma yükü	Birleştirilmiş artırım katsayısı	Yön artırımı katsayısı	Kat yükseklik artırım katsayısı	Toplam artırım katsayısı	Toplam yıllık ısıtma yükü	Toplam ısı ihtiyacı
çm	m	m	m	m ²	tanə	m ²	A	U	IDS-20°C	q _o	Z _D	Z _H	Z _W	Z	q _h = q _o + q _s	q _h = $\frac{q_h}{4320 \text{ s.a.}}$	KWh/yıllık	KW	
ÇP	B	-	1.3	1.3	1.69	1	-	1.69	2.1	58917,17	209097								
DD	B	35	2,25	2,9	6,525	1	1,69	4,835	0,305	58917,17	86883,68								
DD	K	35	4,45	2,9	12,91	1	-	12,91	0,305	58917,17	231899,5								
Ta	-	44	-	-	17,27	1	-	17,27	0,289	99360	495765,2								
İK	D	-	0,9	2,1	1,89	1	-	1,89	2	21600	81648								
ID-15	D	15	4,5	2,55	11,48	1	1,89	9,585	1,12	21600	1337174	7	5	0		1,12			
				I: 2	p 1,2		Cp: 1000	V: 44,03	IDS: 58917	f: 1/3600	qs = (I*p*Cp*V*IDS) / (3600*1000)			q _h : 2938,675				0,6802	

103 nolu yatak oda mahallinin Tablo 15. de hesaplanan ısı kaybı hesaplamasına benzer şekilde diğer odalarında hesaplamaları yapılmıştır. Tablo 16. da tasarımı yapılan yeşil binanın, diğer mahallerinin Isıtma Derece Saat (IDS) Yöntemi ile hesaplanan toplam ısı ihtiyacı değerleri gösterilmiştir.

Tablo 16. Yeşil Binanın ısıtma derece-saat (IDS) yöntemi ile hesaplanan mahal(oda) ısı ihtiyacı değerleri

Mahal(Oda) Numarası	Mahal Adı	Toplam Isı İhtiyacı(Q _h) kW	Mahal(Oda) Numarası	Mahal Adı	Toplam Isı İhtiyacı(Q _h) kW
B01	Hobi Odası	1,5977	Z05	WC	0,14
B02	Teknik Oda	0,9242	Z06	Kiler	0,01
B03	Banyo	0,4102	101	Yatak Odası	1,41
B04	Depo Odası	0,1145	102	Banyo	1,37
B05	Merdiven	0,2361	103	Yatak Odası	0,68
B06	WC	0,2412	104	Sofa	0,54
B07	Teknik Oda	0,6725	105	Merdiven	0,37
Z01	Salon	1,2753	106	Depo	0,09
Z02	Mutfak	1,0864	107	Banyo	0,50
Z03	Giriş Holü	0,2068	108	Yatak Odası	1,12
Z04	Merdiven	0,3117	IDS yöntemiyle hesaplanan toplam ısı ihtiyacı:		13,33 kW

Tasarımı yapılan yeşil binanın ısı kaybı hesaplamasına ilişkin; TS 2164'e göre hesaplanan mahal ısı ihtiyacı değerleri, ısıtma derece-saat (IDS) yöntemiyle hesaplanan mahal ısı ihtiyacı değerleri ve her iki yöntemin ortalaması alınarak bulunan mahal ısı ihtiyacı değerleri Tablo 17. de, ayrıca Şekil 6. da grafik olarak gösterilmiştir.



Şekil 6. Tasarımı yapılan yeşil bina odalarının; TS 2164'e göre hesap edilen, ısıtma derece-saat(IDS) yöntemine göre hesap edilen ve ortalama ısı kaybı değerleri

Tablo 17. Tasarımı yapılan yeşil binanın TS 2164, ısıtma derece-saat (IDS) ve ortalama ısı kaybı değerleri

Mahal(Oda) Numarası	Mahal Adı	TS 2164'e göre Hesap Edilen Isı Kaybı	IDS Yöntemiyle Hesap Edilen Isı Kaybı	İki Yöntemin Ortalaması Alınarak Hesap Edilen Isı Kaybı
		(Q _h) kW	(Q _h) kW	(Q _h) kW
B01	Hobi Odası	1,7220	1,5977	1,6599
B02	Teknik Oda	0,8545	0,9242	0,8894
B03	Banyo	0,4804	0,4102	0,4453
B04	Depo Odası	0,1145	0,1145	0,1145
B05	Merdiven	0,2361	0,2361	0,2361
B06	WC	0,3455	0,2412	0,2934
B07	Teknik Oda	1,2152	0,6725	0,9439
Z01	Salon	3,8010	1,2753	2,5382
Z02	Mutfak	2,3270	1,0864	1,7067
Z03	Giriş Holü	0,9239	0,2068	0,5654
Z04	Merdiven	0,6269	0,3117	0,4693
Z05	WC	0,2590	0,143	0,2010
Z06	Kiler	0,0428	0,0118	0,0273
101	Yatak Odası	2,0620	1,4123	1,7372
102	Banyo	0,6967	1,3738	1,0353
103	Yatak Odası	0,8215	0,6802	0,7509
104	Sofa	1,0390	0,545	0,7920
105	Merdiven	0,7041	0,3727	0,5384
106	Depo	0,1268	0,0947	0,1108
107	Banyo	0,5293	0,5	0,5147
108	Yatak Odası	2,2060	1,12	1,6630
Yeşil Bina toplam ısı ihtiyacı:		21,1342 kW	13,3301 kW	17,2322 kW

3.4.3. Bina Isı Kazancı Hesaplaması (CLTD/SCL/CLF Yöntemi)

ASHRAE tarafından geliştirilen TFM (geçiş fonksiyonu yöntemi)'den türetilmiş olan CLTD/SCL/CLF (Soğutma Yükü Sıcaklık Farkı/Güneş Soğutma Yükü/Soğutma Yükü Çarpanı) yöntemi doğrudan soğutma yükünü hesaplayan bir yöntemdir. CLTD değerleri soğutma şartlarında dış yüzeylerde taşınım ve ışınım etkilerini birlikte göz önüne alan ve yapı elemanlarının ısı depolama etkilerini de kapsayan eşdeğer sıcaklık farkıdır [13]. SCL değeri pencere etrafında herhangi bir gölgeleme elemanı olup olmasına göre bir referans pencere yüzeyinin birim alanı başına birim zamandaki güneş ışınımından oluşan soğutma yüküdür. Bu yöntemde;

- Opak yüzeylerden (dış duvar, çatı vs.) iletimle olan ısı kazancı,
 - Camlardan iletimle ısı kazancı,
 - Camlardan ışınım ile oluşan ısı kazancı,
 - İç bölmelerin ısı kazancı,
 - Hava sızıntısı ile oluşan ısı kazancı,
 - İnsanlardan oluşan duyulur ve gizli ısının meydana getirdiği ısı kazancı,
 - Aydınlatma armatürleri ve elektrikli cihazların oluşturduğu ısı kazancı,
- hesaplamaları tasarımı yapılan yeşil bina için aşağıda yapılmıştır.

3.4.3.1. Opak yüzeylerden (dış duvar) iletimle olan ısı kazancı

$$Q_{\text{opak}} = A \cdot U \cdot \text{CLTD}_d \quad (W) \quad (34)$$

Tablo 18. de ısı kazancı hesaplaması yapılan 103 nolu yatak odası mahallinin; opak yüzeylerden iletimle olan ısı kazancı (Q_{opak}) (34) nolu eşitlik göz önüne alınarak yapılmıştır. Tablo 18. deki hesaba



giren opak yüzey alanı (A) değerleri mimari projeden ölçülerek tespit edilmiştir. CLTD_d düzeltilmiş soğutma yükü sıcaklık farkı değeri (35) nolu eşitliğe göre yapılmıştır.

$$CLTD_d = CLTD + (25,5 - t_i) + (t_o - 29,4) \quad (^\circ\text{C}) \quad (35)$$

$t_i = 25^\circ\text{C}$ olarak oda konfor sıcaklık değeri seçilmiştir.

$$t_o = \text{en yüksek dış ortam sıcaklığı} - \frac{\text{günlük sıcaklık farkı}}{2}$$

MMO/663 Klima Tesisatı yayınının Tablo 16.5.13A Türkiye'nin Çeşitli İllerinde Dış Hava Tasarım Şartları tablosundan; Ankara ilinin yaz tasarım şartları 34°C kuru termometre sıcaklığı, 20°C yağ termometre sıcaklığı ve 15°C günlük sıcaklık farkı olarak tespit edilmiştir.

$$t_o = \text{en yüksek dış ortam sıcaklığı} - \frac{\text{günlük sıcaklık farkı}}{2} = 34^\circ\text{C} - \frac{15^\circ\text{C}}{2}$$

$t_o = 26,5^\circ\text{C}$ olarak hesaplanmıştır.

MMO/663 Klima Tesisatı yayınının Tablo 16.5.12 Duvar Tiplerinde Kullanılan Tabakaların Kod Numaraları tablosundan, tasarımı yapılan yeşil bina dış duvarları için C16 ve C7 kodları seçilmiştir. MMO/663 Klima Tesisatı yayınının Tablo 16.5.10A Duvar Tipleri (Ana Kütle Yalıtımın İç Tarafında) tablosundan kaba sıva veya ince sıva duvar malzemesi durumu ve $R=3,28 \text{ m}^2\text{K/W}$ dış duvar ısı iletkenlik direnci ile temel duvar malzemesi C7 kodu için bu tablodan duvar tipi 15 olarak tespit edilmiştir. MMO/663 Klima Tesisatı yayınının Tablo 16.5.9 Temmuz Ayı Soğutma Yükü Sıcaklık Farkları (CLTD) tablosundan 15 numaralı duvar tipi için CLTD değerleri;

- 15 numaralı duvar, duvar yönü: Kuzey, saat:15:00 için CLTD = 5°C
- 15 numaralı duvar, duvar yönü: Doğu, saat:15:00 için CLTD = 17°C
- 15 numaralı duvar, duvar yönü: Güney, saat:15:00 için CLTD = 7°C
- 15 numaralı duvar, duvar yönü: Batı, saat:15:00 için CLTD = 6°C

olarak belirlenmiştir. (35) nolu eşitliğe göre düzeltilmiş soğutma yükü sıcaklık farkı değerleri;

$$- CLTD_d = CLTD + (25,5 - t_i) + (t_o - 29,4) = CLTD + (25,5 - 25) + (26,5 - 29,4)$$

$$- CLTD_d = CLTD - 2,4^\circ\text{C}$$

$$- \text{Kuzey yöndeki duvarın; } CLTD_{d,kuzey} = CLTD - 2,4^\circ\text{C} = 5^\circ\text{C} - 2,4^\circ\text{C} \rightarrow CLTD_{d,kuzey} = 2,6^\circ\text{C}$$

$$- \text{Doğu yöndeki duvarın; } CLTD_{d,doğu} = CLTD - 2,4^\circ\text{C} = 17^\circ\text{C} - 2,4^\circ\text{C} \rightarrow CLTD_{d,doğu} = 14,6^\circ\text{C}$$

$$- \text{Güney yöndeki duvarın; } CLTD_{d,güney} = CLTD - 2,4^\circ\text{C} = 7^\circ\text{C} - 2,4^\circ\text{C} \rightarrow CLTD_{d,güney} = 4,6^\circ\text{C}$$

$$- \text{Batı yöndeki duvarın; } CLTD_{d,batı} = CLTD - 2,4^\circ\text{C} = 6^\circ\text{C} - 2,4^\circ\text{C} \rightarrow CLTD_{d,batı} = 3,6^\circ\text{C}$$

olarak duvarların düzeltilmiş soğutma yükü sıcaklık farkı değerleri hesaplanmış ve (34) nolu eşitlik göz önüne alınarak Tablo 18. de 103 nolu yatak odası mahallinin; opak yüzeylerden iletimle olan ısı kazancı $Q_{opak} = 15,54 \text{ W}$ olarak bulunmuştur.

3.4.3.2. Camlardan iletimle olan ısı kazancı

$$Q_{\text{cam, iletim}} = A \cdot U \cdot \text{CLTD}_{\text{pen}} \quad (\text{W}) \quad (36)$$

Tablo 18. de ısı kazancı hesaplaması yapılan 103 nolu yatak odası mahallinin; camlardan iletimle olan ısı kazancı ($Q_{\text{cam, iletim}}$) (36) nolu eşitlik göz önüne alınarak yapılmıştır. Pencerelemelere ait U ısı geçiş katsayısı $2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak TS2164 standardından alınmıştır. Tablo 18. deki hesaba giren cam alanı(A) değeri mimari projeden ölçülerek $1,12 \text{ m}^2$ olarak tespit edilmiştir. MMO/663 Klima Tesisatı yayınının Tablo 16.5.11 Camlardan İletimle Isı Kazancı Hesaplaması İçin Kullanılan Soğutma Yükü Sıcaklık Farkları CLTD değerleri tablosundan saat 15:00 için CLTD_{pen} değeri $8 \text{ }^\circ\text{C}$ olarak belirlenmiştir. (36) nolu eşitlik göz önüne alınarak Tablo 18. de 103 nolu yatak odasının; camdan iletimle olan ısı kazancı $Q_{\text{cam, iletim}} = 19,8744 \text{ W}$ olarak bulunmuştur.

3.4.3.3. İç bölmelerin ısı kazancı

$$Q_{\text{iç bölme}} = A \cdot U \cdot (T_{\text{komşu}} - T_{\text{oda}}) \quad (\text{W}) \quad (37)$$

Tablo 18. de ısı kazancı hesaplaması yapılan 103 nolu yatak odası mahallinin; iç yüzeylerden (iç duvarlar, iç kapı) iletimle olan ısı kazancı ($Q_{\text{iç bölme}}$) (36) nolu eşitlik göz önüne alınarak yapılmıştır. İç kapının U ısı geçiş katsayısı değeri TS 2164'den alınmış ve iç duvarın ise (5) nolu eşitliğe göre hesaplanarak bulunmuştur. Tablo 18. deki hesaba giren iç duvar ve iç kapı alanı(A) değerleri mimari projeden ölçülerek tespit edilmiştir. $T_{\text{oda}} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ olarak oda konfor sıcaklık değeri seçilmiştir.

$$T_{\text{komşu}} = \frac{T_{\text{dış}} + T_{\text{oda}}}{2} = \frac{34 \text{ }^\circ\text{C} + 25 \text{ }^\circ\text{C}}{2}$$

$T_{\text{komşu}} = 29,5 \text{ }^\circ\text{C}$ olarak hesaplanmıştır. (37) nolu eşitlik göz önüne alınarak Tablo 18. de ısı kazancı hesaplama tablosunda 103 nolu yatak odası mahallinin; iç bölmelerden (iç duvarlar, iç kapı) iletimle olan ısı kazancı $Q_{\text{iç bölme}} = 54,35 \text{ W}$ olarak bulunmuştur.

3.4.3.4. Camlardan ışınlama ile olan ısı kazancı

$$Q_{\text{cam, ışınlama}} = A \cdot SC \cdot SCL \quad (\text{W}) \quad (38)$$

Tablo 18. de ısı kazancı hesaplaması yapılan 103 nolu yatak odası mahallinin; camlardan ışınlama ile olan ısı kazancı ($Q_{\text{cam, ışınlama}}$) (38) nolu eşitliğe göre yapılmıştır.

SC gölgeleme katsayısı pencerenin iç ve dış kısmında gölgeleme elemanları bulunması nedeniyle ve yaz şartlarında güneş ışınlarının dik geliş açısından ışınlama azaltma etkisini temsil eden boyutsuz bir çarpandır. MMO/663 Klima Tesisatı yayınının Tablo 16.6.3 Tek Cam ve Çift Cam İçin Gölgeleme Katsayıları (SC) tablosundan, çift cam(3mm kalınlıkta) için $SC = 0,88$ olarak tespit edilmiştir.

SCL güneş ışınlamından oluşan soğutma yükü hesaplamasında; öncelikle tasarımı yapılan yeşil binanın cephelerindeki (bina kabuğundaki) pencerelerin alanları mimari projeden tespit edilip yönlerine göre Tablo 19. da gösterilmiştir. SCL güneş ışınlamından oluşan soğutma yükleri Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim ayları için hesaplanmıştır. Tablo 19.'da Ekim ayına ilişkin SCL güneş ışınlamından oluşan soğutma yükü hesaplaması gösterilmiştir. MMO/663 Klima Tesisatı yayınının Tablo 16.3.1 Camdan Geçen Güneş Radyasyonu tablosundan Ekim ayına ilişkin kuzey, doğu, güney ve batı yönlerindeki saatlik birim cam alanına gelen güneş radyasyonu değerleri alınmış aşağıda Tablo 19. daki Ekim ayına ilişkin SCL güneş ışınlamından oluşan soğutma yükü hesaplama tablosuna işlenmiştir. Tablo 19. saat 12:00'de [en yüksek toplam cam ışınlama soğutma yükünün ($22130,7 \text{ W}$) olduğu saat baz alınarak] pencere yüzeyinin birim alanı başına güneş ışınlamından oluşan soğutma yükü (SCL) değeri hesaplamaları görülmektedir. Bunlar;

- Bina **Kuzey yönü pencerelerinden**, Ekim ayı (23 Ekim) saat:12:00 için **SCL = 45,98 W/m²**
 - Bina **Doğu yönü pencerelerinden**, Ekim ayı (23 Ekim) saat:12:00 için **SCL = 45,98 W/m²**
 - Bina **Güney yönü pencerelerinden**, Ekim ayı(23 Ekim) saat:12:00 için **SCL = 617,1 W/m²**
 - Bina **Batı yönü pencerelerinden**, Ekim ayı (23 Ekim) saat:12:00 için **SCL = 45,98 W/m²**
- birim alanı başına güneş ışınlamından oluşan soğutma yükü SCL değerleridir.

(38) nolu eşitlik göz önüne alınarak Tablo 18. de ısı kazancı hesaplamasında 103 nolu yatak odasının; camdan ışınlama olan ısı kazancı $Q_{cam, ışınlama} = 68,38 \text{ W}$ olarak bulunmuştur.

Tablo 19. Ekim ayında bina camlarında güneş ışınlamından oluşan soğutma yükü (SCL) hesaplama tablosu.

YÖN	Saat	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	A (m ²)	5,62	5,62	5,62	5,62	5,62	5,62	5,62	5,62	5,62	5,62
K	(W/m ²)	7,26	22,99	37,51	42,35	45,98	45,98	45,98	42,35	37,51	22,99
KD	(W/m ²)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Toplam(W)	40,80	129,20	210,80	238,0	258,40	258,40	258,40	238,0	210,80	129,20
	A (m ²)	4,84	4,84	4,84	4,84	4,84	4,84	4,84	4,84	4,84	4,84
D	(W/m ²)	325,49	446,49	465,85	336,38	148,83	45,98	45,98	42,35	37,51	22,99
GD	(W/m ²)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Toplam(W)	1575,3	2161,01	2254,71	1628,08	720,33	222,54	222,54	204,974	181,54	111,27
	A (m ²)	34,37	34,37	34,37	34,37	34,37	34,37	34,37	34,37	34,37	34,37
G	(W/m ²)	79,86	225,06	396,88	523,93	588,06	617,1	588,06	523,93	396,88	225,06
GB	(W/m ²)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Toplam(W)	2744,7	7735,31	13640,8	18007,5	20211,6	21209,7	20211,6	18007,5	13640,8	7735,31
	A (m ²)	9,57	9,57	9,57	9,57	9,57	9,57	9,57	9,57	9,57	9,57
B	(W/m ²)	7,26	22,99	37,51	42,35	45,98	45,98	148,83	336,38	465,85	446,49
KB	(W/m ²)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Toplam(W)	69,47	220,01	358,97	405,29	440,03	440,03	1424,3	3219,16	4458,18	4272,91
	A (m ²)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Yatay	(W/m ²)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Toplam(W)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOPLAM (W)		4430,4	10245,5	16465,3	20278,8	21630,4	22130,7	22116,9	21669,6	18491,3	12248,7

103 nolu yatak oda mahallinin Tablo 19. da hesaplanan Ekim ayında bina camlarında güneş ışınlamından oluşan soğutma yükü (SCL) hesaplamasına benzer şekilde; MMO/663 Klima Tesisatı yayınının Tablo 16.3.1 Camdan Geçen Güneş Radyasyonu tablosundan haziran, temmuz, ağustos, eylül aylarına ilişkin kuzey, doğu, güney ve batı yönlerindeki saatlik birim cam alanına gelen güneş radyasyonu değerleri alınarak haziran, temmuz, ağustos, eylül ayları SCL hesaplamaları da yapılmıştır. Ekim ayı için Tablo 19.'da hesaplanan bina camlarında güneş ışınlamından oluşan soğutma yükü (SCL) toplam değeri 22130,7 W diğer ayların her birindeki toplam SCL yük değerinden fazla olduğu için Ekim ayı saat 12:00'daki pencere yönlerine göre birim cam alanına gelen güneş radyasyonu değerleri (kuzey, doğu, batı yön pencereleri için 45,98W/m² ve güney yön pencereleri için 617,1 W/m²) hesaplamalarda kullanılmıştır.

3.4.3.5. Hava sızıntısı ile oluşan ısı kazancı

$$Q_{sızıntı} = M \cdot c_p \cdot (T_{dış} - T_{iç}) \quad (W) \quad (39)$$

Tablo 18. de ısı kazancı hesaplaması yapılan 103 nolu yatak odası mahallinin; hava sızıntısı ile oluşan ısı kazancı ($Q_{sızıntı}$) (39) ve (40) nolu eşitlikler göz önüne alınarak yapılmıştır. (39) ve (40) eşitliklerdeki M (kg/sn) oda havasının kütleli debisini, c_p (j/kgK) havanın özgül ısı, V (m³) oda(mahal) hacmi, ρ (kg/m³) havanın yoğunluğu ve n (sa⁻¹) saatteki hava değişim sayısı olarak ifade edilmektedir.

$$M = V \cdot \rho \cdot n \quad (kg/sn) \quad (40)$$

(39) ve (40) nolu eşitlikler göz önüne alınarak Tablo 18. de ısı kazancı hesaplamasında 103 nolu yatak odasının; hava sızıntısı ile oluşan ısı kazancı $Q_{sızıntı} = 270,76W$ olarak bulunmuştur.

3.4.3.6. Aydınlatmadan oluşan ısı kazancı

$$Q_{\text{Aydınlatma}} = q \cdot F_{\text{kul}} \cdot F_{\text{arm}} \cdot \text{CLF} \quad (\text{W}) \quad (41)$$

q aydınlatma soğutma yükü $10\text{-}30 \text{ W/m}^2$, kullanma çarpanı F_{kul} konut ve otel odaları için $0.30\text{-}0.50$, ofislerde $0.70\text{-}0.85$ ve endüstriyel mekânlarda $0.80\text{-}0.90$ alınabilir. Armatür çarpanı F_{arm} 32 W gücünde tek floresan lambası olan devrelerde 2.19 ve 40 W gücünde tek floresan lambası olan devrelerde 1.18 alınabilir [13]. $F_{\text{kul}}= 0.5$ ve $F_{\text{arm}}=2.19$ olarak seçilmiştir.

MMO/663 Klima Tesisatı yayınının Tablo 16.6.2B SCL ve CLF Tabloları ile Kullanılacak Zon Tipleri tablosundan; Cam-Güneş zon tipi B, İnsanlar ve Makinalar zon tipi B ve Aydınlatma zon tipi B olarak seçilmiştir.

MMO/663 Klima Tesisatı yayınının Tablo 16.8.3 Aydınlatma İçin Soğutma Yükü Çarpanları (CLF) tablosundan B zon tipine göre; Salon-Z01 mahalli için $\text{CLF}=0.95$, Mutfak-Z02 mahalli için $\text{CLF}=0.93$ ve diğer odalar için $\text{CLF}=0,85$ olarak seçilmiştir.

(41) nolu eşitlik göz önüne alınarak Tablo 18. de ısı kazancı hesaplamasında 103 nolu yatak odasının; aydınlatmadan oluşan ısı kazancı $Q_{\text{Aydınlatma}} = 321,38 \text{ W}$ olarak bulunmuştur.

3.4.3.7. İnsanlardan oluşan duyulur ısı kazancı

$$Q_{\text{İnsan duy.}} = N \cdot q_{1\text{kişiduy.}} \cdot \text{CLF} \quad (\text{W}) \quad (42)$$

Tablo 18. de ısı kazancı hesaplaması yapılan 103 nolu yatak odası mahallinin; insanlardan oluşan duyulur ısı kazancı ($q_{\text{İnsan duy.}}$) (42) eşitliği göz önüne alınarak yapılmıştır. MMO/663 Klima Tesisatı yayınının Tablo 16.8.1 Şartlandırılmış Ortamlardaki İnsanlardan Kaynaklanan Anlık Isı Kazancı Miktarları tablosundan bir kişiden oluşan duyulur ısı kazancı $q_{1\text{kişiduy.}} = \text{SHG} = 70 \text{ W}$ olarak seçilmiştir. Odadaki kişi sayısı değeri $N=2$ olarak alınmıştır. MMO/663 Klima Tesisatı yayınının Tablo 16.8.2 İnsanlar ve Davlumbazsız Cihazlar İçin Soğutma Yükü Çarpanları (CLF) tablosundan B zon tipi ve süre 6 saat için $\text{CLF}=0.91$ olarak belirlenmiştir.

(42) eşitliği göz önüne alınarak Tablo 18. de ısı kazancı hesaplamasında 103 nolu yatak odasının; insanlardan oluşan duyulur ısı kazancı $Q_{\text{İnsan duy.}} = 127,40\text{W}$ olarak bulunmuştur.

3.4.3.8. İnsanlardan oluşan gizli ısı kazancı

$$Q_{\text{İnsan giz.}} = N \cdot q_{1\text{kişigiz.}} \quad (\text{W}) \quad (43)$$

Tablo 18. de ısı kazancı hesaplaması yapılan 103 nolu yatak odası mahallinin; insanlardan oluşan gizli ısı kazancı ($Q_{\text{İnsan, giz.}}$) (43) nolu eşitlik göz önüne alınarak yapılmıştır. MMO/663 Klima Tesisatı yayınının Tablo 16.8.1 Şartlandırılmış Ortamlardaki İnsanlardan Kaynaklanan Anlık Isı Kazancı Miktarları tablosundan bir kişiden oluşan gizli ısı kazancı $q_{1\text{kişigiz.}} = \text{LHG} = 45 \text{ W}$ olarak seçilmiştir. Odadaki kişi sayısı değeri $N=2$ olarak alınmıştır.

(43) nolu eşitlik göz önüne alınarak Tablo 18. de ısı kazancı hesaplamasında 103 nolu yatak odasının; insanlardan oluşan gizli ısı kazancı $Q_{\text{İnsan, giz.}} = 90 \text{ W}$ olarak bulunmuştur.

3.4.3.9. Elektrikli Cihazdan oluşan ısı kazancı

$$Q_{\text{Elekt. cih.}} = q_{\text{cih.}} \cdot F_{\text{kul}} \cdot F_{\text{rad}} \cdot \text{CLF} \quad (\text{W}) \quad (44)$$

Tablo 18. de ısı kazancı hesaplaması yapılan 103 nolu yatak odası mahallinin; elektrikli cihazlardan oluşan ısı kazancı ($Q_{\text{Elekt. cih.}}$) (44) nolu eşitlik göz önüne alınarak yapılmıştır. Kullanma çarpanı $F_{\text{kul}}=1$ ve cihaz ışınım çarpanı $F_{\text{rad}}=1$ olarak alınmıştır. Elektrikli cihaz soğutma yük çarpanı (CLF); yukarıda insanlar için duyulur ısı kazancı hesaplama kısmında belirlenen değer ile aynı olup $\text{CLF}=0.91$ değerindedir. q_{cih} elektrikli cihaz ısı kazancı değeri MMO/663 Klima Tesisatı yayınının Tablo 16.8.9 ve

16.8.10 Büro Makinaları ve Cihazlardan Oluşan Isı Kazancı tabloları dikkate alınarak $q_{\text{cih}} = 1000\text{W}$ olarak 103 nolu yatak odası mahallindeki bilgisayarın oluşturduğu ısı kazancı belirlenmiştir.

(44) nolu eşitlik göz önüne alınarak, Tablo 18. de ısı kazancı hesaplama tablosunda 103 nolu yatak odasının; elektrikli cihazlardan oluşan ısı kazancı $Q_{\text{Elekt. cih.}} = 910\text{ W}$ olarak bulunmuştur.

Bu şekilde yukarıda hesaplamaları yapılan 103 nolu yatak odasının; toplam soğutma yükü değeri de Tablo 18. de 1877,70W olarak hesaplanmıştır.

103 nolu yatak oda mahallinin Tablo 18. de hesaplanan ısı kazancı hesaplamasına benzer şekilde diğer odalarında hesaplamaları yapılmıştır. Tablo 20. de tasarımı yapılan yeşil binanın, diğer mahallerinin CLTD/SCL/CLF (Soğutma Yükü Sıcaklık Farkı/Güneş Soğutma Yükü/Soğutma Yükü Çarpanı) Yöntemi ile hesaplanan toplam soğutma yükü değerleri gösterilmiştir.

Tablo 20. Yeşil Binanın CLTD/SCL/CLF (Soğutma Yükü Sıcaklık Farkı/Güneş Soğutma Yükü/Soğutma Yükü Çarpanı) yöntemi ile hesaplanan mahal (oda) soğutma yükü değerleri

Mahal(Oda) Numarası	Mahal Adı	Toplam Soğutma Yükü (kW)	Mahal(Oda) Numarası	Mahal Adı	Toplam Soğutma Yükü (kW)
B01	Hobi Odası	2,6458	Z05	WC	0,2266
B02	Teknik Oda	-	Z06	Kiler	0,2661
B03	Banyo	-	101	Yatak Odası	5,7817
B04	Depo Odası	-	102	Banyo	0,2741
B05	Merdiven	-	103	Yatak Odası	1,8777
B06	WC	-	104	Sofa	4,4256
B07	Teknik Oda	-	105	Merdiven	1,4763
Z01	Salon	4,1539	106	Depo	0,3319
Z02	Mutfak	8,0781	107	Banyo	0,4327
Z03	Giriş Holü	0,4775	108	Yatak Odası	5,2194
Z04	Merdiven	1,3511	CLTD/SCL/CLF yöntemiyle hesaplanan toplam soğutma ihtiyacı:		37,01 kW

3.4.4. Bina Isı Kazancı Hesaplaması (RTS-Işınım Zaman Serileri Yöntemi)

ASHRAE Fundamentals Handbook 2001 yayınında soğutma yük hesabı için iki yöntem sunulmuştur, bunlar Isı Dengesi (Heat Balance-HB) ve Işınım Zaman Serisi (Radiant Time Series-RTS) yöntemleridir. RTS yöntemi HB prosedüründen türetilen bir yöntemdir [13]. Tasarımı yapılan yeşil binanın RTS yöntemi ile soğutma yükü hesaplanırken aşağıdaki işlem sırası takip edilmiştir.

- Opak yüzeylerden (duvar vs.) iletilen ısı enerjisine iletim zaman serileri olarak adlandırılan CTS katsayıları uygulanarak ısı kazançları hesap edilir.
- Saydam yüzeylerden(pencere) olan ısı kazançları yayılı ve doğrudan olarak ayrı ayrı hesaplanmıştır.
- İç ısı kaynaklarından olan ısı kazançları hesaplanmıştır.
- Tüm ısı kazançları toplanıp, belirli oranlarda taşınım ve ışınım ısı kazançlarına ayrılmıştır.
- Işınım ısı kazancına, ışınım zaman serisi katsayısı olarak tanımlanan RTS uygulanarak ışınımdan kaynaklanan soğutma yükü hesaplanmıştır.
- Son olarak, ışınım ve taşınım soğutma yükü toplanarak toplam soğutma yükü bulunmuştur [13].

RTS yönteminde hesaplar, CLTD/SCL/CLF yöntemine göre daha fazla işlem gerektirmektedir. Buda hesapların daha detaylı olarak yapılmasından kaynaklanmaktadır. Dış hava sıcaklığı ve ısı depolamalar zamanın fonksiyonu (24 saat) olarak hesaplanmaktadır. Ancak bir bilgisayar programı hazırlanmasıyla işlem adımları daha kolay bir şekilde takip edilebilir [13]. Bu nedenle daha önce Excel'de hazırlanmış program yardımıyla; aşağıdaki eşitliklere göre hesaplamalar yapılmıştır [14].

3.4.4.1. Opak yüzeylerden(dış duvar) iletim ve ışınlama olan ısı kazancı (Q_{duvar})

Dış duvarlardan (opak yüzeylerden) iletimle olan ısı kazancı: İletim zaman serileri (CTS) kullanılarak hesaplanır. CTS katsayıları ASHRAE Fundamentals 2001 yayınından seçilmiştir.

$$q_{i,q-n} = K \cdot A \cdot (t_{e,q-n} - t_{r,c}) \quad (W) \quad (45)$$

(45) eşitliğinde $q_{i,q-n}$ (W) yüzey için n saat önceki iletimsel ısı girişlerini, K (W/m²K) yüzey için toplam ısı geçiş katsayısını, A (m²) opak yüzey(dış duvar) alanını, $t_{e,q-n}$ (°C) n saat önceki güneş-hava sıcaklığını ve $t_{r,c}$ (°C) tahmin edilen sabit oda(şartlandırılmış ortam) sıcaklığını ifade etmektedir.

Duvarlar ve/veya çatılardan iletimle olan ısı kazancı (q_q); geçerli saat ve önceki 23 saat için, iletimsel ısı girişleri kullanılarak hesaplanabilir.

$$q_q = C_0 \cdot q_{i,q} + C_1 \cdot q_{i,q-1} + C_2 \cdot q_{i,q-2} + \dots + C_{23} \cdot q_{i,q-23} \quad (W) \quad (46)$$

(46) eşitliğinde q_q (W) dış duvar için iletimsel ısı kazancını, $q_{i,q}$ (W) geçerli(seçilen) saat için iletimsel ısı girişini, $q_{i,q-n}$ (W) yüzey için n saat önceki iletimsel ısı girişini ve $C_0, C_1, C_2, \dots, C_{23}$ iletim zaman serilerini(birimsiz) ifade etmektedir.

$$Q_c = q_q \cdot TO \quad (W) \quad (47)$$

(47) eşitliğinde Q_c (W) duvar soğutma yükünün iletim-taşıma kısmını ifade etmektedir. TO toplam duyulur ısı kazancının dış duvar taşıma oranı olup 0.37 olarak alınmıştır [15].

Dış duvarlardan (opak yüzeylerden) ışınlama olan ısı kazancı: RTS metodunda; dış duvarlardan (opak yüzeylerden) ışınlama olan ısı kazancı, ışınlama zaman serileri (RTS) kullanılarak hesaplanır. RTS mevcut ve önceki ısı kazançlarına dayanılarak geçerli(seçilen) saat için soğutma yükünü hesaplamak amacıyla kullanılır.

$$Q_{r,\theta} = r_0 \cdot q_{r,\theta} + r_1 \cdot q_{r,\theta-1} + r_2 \cdot q_{r,\theta-2} + \dots + r_{23} \cdot q_{r,\theta-23} \quad (W) \quad (48)$$

(48) eşitliğinde $Q_{r,\theta}$ (W) geçerli-seçilen θ saati için duvar soğutma yükünün ışınlama kısmını, $q_{r,\theta}$ (W) geçerli saat θ için güneş ışınlama ısı kazancını, $q_{r,\theta-n}$ (W) n saat önceki güneş ışınlama ısı kazancını ve $r_0, r_1, r_2, \dots, r_{23}$ ışınlama zaman serilerini ifade etmektedir [15].

$$Q_{duvar} = Q_c + Q_{r,\theta} \quad (W) \quad (49)$$

(49) eşitliğindeki Q_{duvar} (W) duvardan oluşan taşıma ve ışınlama ısı kazançlarını toplamı sonucu oluşan duvardan kaynaklı soğutma yüküdür.

(45), (46), (47), (48) ve (49) eşitlikleri göz önüne alınarak Tablo 21. de ısı kazancı hesaplaması excel programı tablosunda 103 nolu yatak odası mahallinin; dış duvarlardan (opak yüzeylerden) taşıma ve ışınlama oluşan soğutma yükü (Q_{duvar}) değeri saatlik olarak bulunmuştur.

3.4.4.2. RTS metoduyla pencere soğutma yükü hesabı ($Q_{pencere}$)

$$Q_{pencere} = Q_b + q_{d,ts} + q_{c,ts} \quad (W) \quad (50)$$

(50) eşitliğinde $q_{d,ts}$ (W) tasarım saati için yayılı güneş ışınlama ısı kazancını, $q_{c,ts}$ (W) tasarım saati için iletimle olan ısı kazancını ve Q_b (W) direk güneş ışınlama sonucu pencereye gelen direk güneş ışınlama soğutma yükünü ifade etmektedir.

$$q_{d,ts} = A \cdot (E_d + E_r) \cdot \langle SHGC \rangle_D \cdot IAC \quad (W) \quad (51)$$

(51) eşitliğinde A (m²) pencere alanını, E_d (W/m²) düşey yüzeye gelen yayılı güneş ışınlamını, E_r (W/m²) yerden yansıyan güneş ışınlamını ve $\langle SHGC \rangle_D$ yayılı güneş ışınlama katsayısını ifade etmektedir.

$$q_{c_ts} = K \cdot A \cdot (T_d - T_i) \quad (W) \quad (52)$$

$$Q_b = r_o \cdot q_{b_ts} + r_1 \cdot q_{b_01} + r_2 \cdot q_{b_02} + \dots + r_{23} \cdot q_{b_23} \quad (W) \quad (53)$$

(53) eşitliğinde q_{b_ts} (W) tasarım saati için direkt güneş ışıınımı ısı kazancı, q_{b_01} , q_{b_02} ,... q_{b_23} (W) tasarım gününde diğer her bir saatin direkt güneş ışıınım ısı kazançlarını ve r_o , r_1 , r_2 , r_{23} ışıınım zaman serilerini ifade etmektedir.

$$q_{b_ts} = A \cdot E_D \cdot SHGC(\theta) \cdot IAC \quad (W) \quad (54)$$

(54) eşitliğinde E_D (W/m²) tasarım saati için direk güneş ışıınımını, SHGC(θ) : Güneş enerjisi ısı kazancı katsayısını ve IAC iç gölgeleme katsayısını ifade etmektedir.

(50), (51), (52), (53) ve (54) eşitlikleri göz önüne alınarak Tablo 21. de ısı kazancı hesaplaması excel programı tablosunda 103 nolu yatak odası mahallinin; pencerelerden yayılı ve doğrudan ışıınım ısı kazançları ile pencerelerden iletim ısı kazançlarından oluşan soğutma yükü ($Q_{pencere}$) değeri saatlik olarak bulunmuştur.

3.4.4.3. RTS metoduyla iç yüzeylerden (iç duvar) oluşan soğutma yükü hesabı (Q_i)

İletim zaman serileri (CTS) kullanılarak hesaplanır.

$$q_{i,q} = K \cdot A \cdot (t_b - t_i) \quad (W) \quad (55)$$

$$Q_i = C_0 \cdot q_{i,q} + C_1 \cdot q_{i,q-1} + C_2 \cdot q_{i,q-2} + \dots + C_{23} \cdot q_{i,q-23} \quad (W) \quad (56)$$

(56) eşitliğinde K (W/m²K) yüzey için toplam ısı geçiş katsayısını, A (m²) İç yüzey(iç duvar vs.) alanını, t_b (°C) bitişik ortamın ortalama hava sıcaklığını ve t_i (°C) şartlandırılmış ortamın sıcaklığını ifade etmektedir.

İç yüzeylerden (iç duvar vs.) iletimle olan ısı kazancından oluşan soğutma yükü (Q_i); geçerli saat ve önceki 23 saat için, iletimsel ısı girişleri kullanılarak hesaplanabilir. Duvar için toplam duyulur ısı kazancının taşınım yüzde (TO) değeri 0,37 olarak alınmıştır [15].

(55) ve (56) eşitlikleri göz önüne alınarak Tablo 21. de ısı kazancı hesaplaması excel programı tablosunda 103 nolu yatak odası mahallinin; iç yüzeylerden (iç duvar vs.) oluşan soğutma yükü (Q_i) değeri saatlik olarak bulunmuştur.

3.4.4.4. RTS metoduyla aydınlatmadan oluşan soğutma yükü hesabı ($Q_{aydınlatma_ts-toplam}$)

$$Q_{aydınlatma_ts-toplam} = Q_{aydın_c-ts} + Q_{aydın_r-ts} \quad (W) \quad (57)$$

Kullanılan lambanın ısı kazancı (q_{lambda}) hesaplanarak işlemlere başlanır.

$$q_{lambda} = W \cdot F_{ul} \cdot F_{sa} \quad (W) \quad (58)$$

(58) eşitliğinde W (watt) aydınlatma cihazlarının (lambda vs.) toplam aydınlatma gücünü, F_{ul} kullanma faktörünü (0,3 alınabilir) ve F_{sa} armatür faktörünü (1 alınabilir) ifade etmektedir.

Lambalar için soğutma yükü hesaplanan odaya ilişkin çalışma saati tablosu hazırlanır ve lambaların çalışma yüzdesi ve (58) eşitliği ile hesaplanan lambda ısı kazancı değerleri (günün her bir saati için) bu tabloya işlenir. ısı kazancının taşınımsal kısmı için lambda taşınım oranı 0,41 değeri seçilir [15].

$$Q_{aydın_c-ts} : W \cdot F_{ul} \cdot F_{sa} \cdot TO \quad (W) \quad (59)$$

TO toplam duyulur ısı kazancının lambda taşınım oranı 0,41 olarak seçilir [15].

(59) eşitliğinde $Q_{aydın_c-ts}$ (W) aydınlatma soğutma yükünün taşınımsal kısmını ifade etmektedir.

$$Q_{\text{aydin_r-ts}} = r_0 \cdot IO \cdot q_{\text{lamba_t,s}} + r_1 \cdot IO \cdot q_{\text{lamba_t,s-1}} + \dots + r_{23} \cdot IO \cdot q_{\text{lamba_t,s-23}} \quad (W) \quad (60)$$

IO toplam duyulur ısı kazancının lamba ışınım oranı 0,59 olarak seçilir [15].

$q_{\text{lamba_t,s}}$, $q_{\text{lamba_t,s-1}}$,... $q_{\text{lamba_t,s-23}}$ değerleri (58) eşitliği ile hesaplanan lamba ısı kazancı değerleridir. (60) eşitliğinde $Q_{\text{aydin_r-ts}}$ (W) aydınlatma soğutma yükünün ışınımsal kısmını ifade etmektedir.

(57), (58), (59), ve (60) eşitlikleri göz önüne alınarak Tablo 21. de ısı kazancı hesaplaması excel programı tablosunda 103 nolu yatak odası mahallinin; aydınlatmadan oluşan soğutma yükü ($Q_{\text{aydinlatma_ts-toplam}}$) değeri saatlik olarak bulunmuştur.

3.4.4.5. RTS metoduyla insanlardan oluşan soğutma yükü hesabı ($Q_{\text{duy-ins}}$ ve $Q_{\text{giz-ins}}$)

$$Q_{\text{duy-ins}} = N \cdot q_d \cdot CLF \quad (W) \quad (61)$$

(61) eşitliğinde $Q_{\text{duy-ins}}$ (W) insanlardan oluşan duyulur soğutma yükünü ve N insan sayısını (mahaldeki) ifade etmektedir. q_d insandan oluşan duyulur ısı kazancı, 70 W alınmıştır [15]. CLF kapatma(depolama) yükü faktörü (CLF=1 alınabilir) dür.

$$Q_{\text{giz-ins}} = N \cdot q_g \quad (W) \quad (62)$$

(62) eşitliğinde $Q_{\text{giz-ins}}$ (W) insanlardan oluşan gizli soğutma yükünü ifade etmektedir, q_g insandan oluşan gizli ısı kazancı, 45 W alınmıştır [15].

(61) ve (62) eşitlikleri göz önüne alınarak Tablo 21. de ısı kazancı hesaplaması excel programı tablosunda 103 nolu yatak odası mahallinin; insanlardan oluşan soğutma yükü ($Q_{\text{duy-ins}}$ ve $Q_{\text{giz-ins}}$) değeri saatlik olarak bulunmuştur.

3.4.4.6. RTS metoduyla cihazlardan (elektrik motorlu) oluşan soğutma yükü hesabı (Q_{cihaz})

$$q_{\text{cih}} = [P/\eta] \cdot F_{UM} \cdot F_{LM} \cdot CLF \quad (W) \quad (63)$$

(63) eşitliğinde q_{cih} (W) cihazdan (elektrik motorlu) meydana gelen ısı kazancını, P (W) motorun gücünü, η motorun verimini, F_{LM} motor yük faktörünü (1,0 veya $< 1,0$) ve F_{UM} motor kullanım faktörünü (1,0 veya $< 1,0$) ifade etmektedir.

$$Q_{\text{cihaz}} = q_{\text{cih}} \cdot N_c \quad (W) \quad (64)$$

(64) eşitliğinde N_c (adet) soğutma yükü hesaplanan mahaldeki, cihaz (elektrik motorlu) sayısını ifade etmektedir.

(63) ve (64) eşitlikleri göz önüne alınarak Tablo 21. de ısı kazancı hesaplaması excel programı tablosunda 103 nolu yatak odası mahallinin; cihazlardan (elektrik motorlu) oluşan soğutma yükü (Q_{cihaz}) değeri saatlik olarak bulunmuştur.

3.4.4.7. RTS metoduyla havalandırma ve enfiltrasyon soğutma yükü hesabı ($Q_{\text{duy-szt}}$)

$$Q_{\text{duy-szt}} = D_K \cdot V_s \cdot \Delta T \quad (W) \quad (65)$$

(65) eşitliğinde $Q_{\text{duy-szt}}$ (W) havalandırma ve sızıntı ile mahal duyulur ısı kazancından oluşan soğutma yükünü, V_s (lt/sn) havalandırma ve/veya sızıntı ile mahale verilen hava debisini ve ΔT (°C) dış ortam ve mahal sıcaklıkları farkını ifade etmektedir.

(65) eşitliğindeki D_K duyulur ısı kazancı katsayısı=1,23 alınır (ASHRAE tarafından 101,325 kPa basınç değeri ve 1,2 kg/m³ hava yoğunluğu kabulü ile belirlenmiş olan değer).

(65) eşitliği göz önüne alınarak Tablo 21. de ısı kazancı hesaplaması excel programı tablosunda 103 nolu yatak odasının; hava sızıntısı ile oluşan ısı kazancı $q_{\text{sızıntı}}= 270,11W$ olarak bulunmuştur. Ayrıca 103 nolu yatak odası mahallinin yukarıda hesaplamaları açıklanan dış duvarlardan (opak yüzey),

pencerelerden, iç bölmelerden, aydınlatmadan, insanlardan ve elektrik cihazlardan olan ısı kazançları değerleri de Tablo 21. de gösterilmiştir.

Tablo 21. RTS Yöntemiyle 103 nolu yatak odasının soğutma yükü hesaplamaları

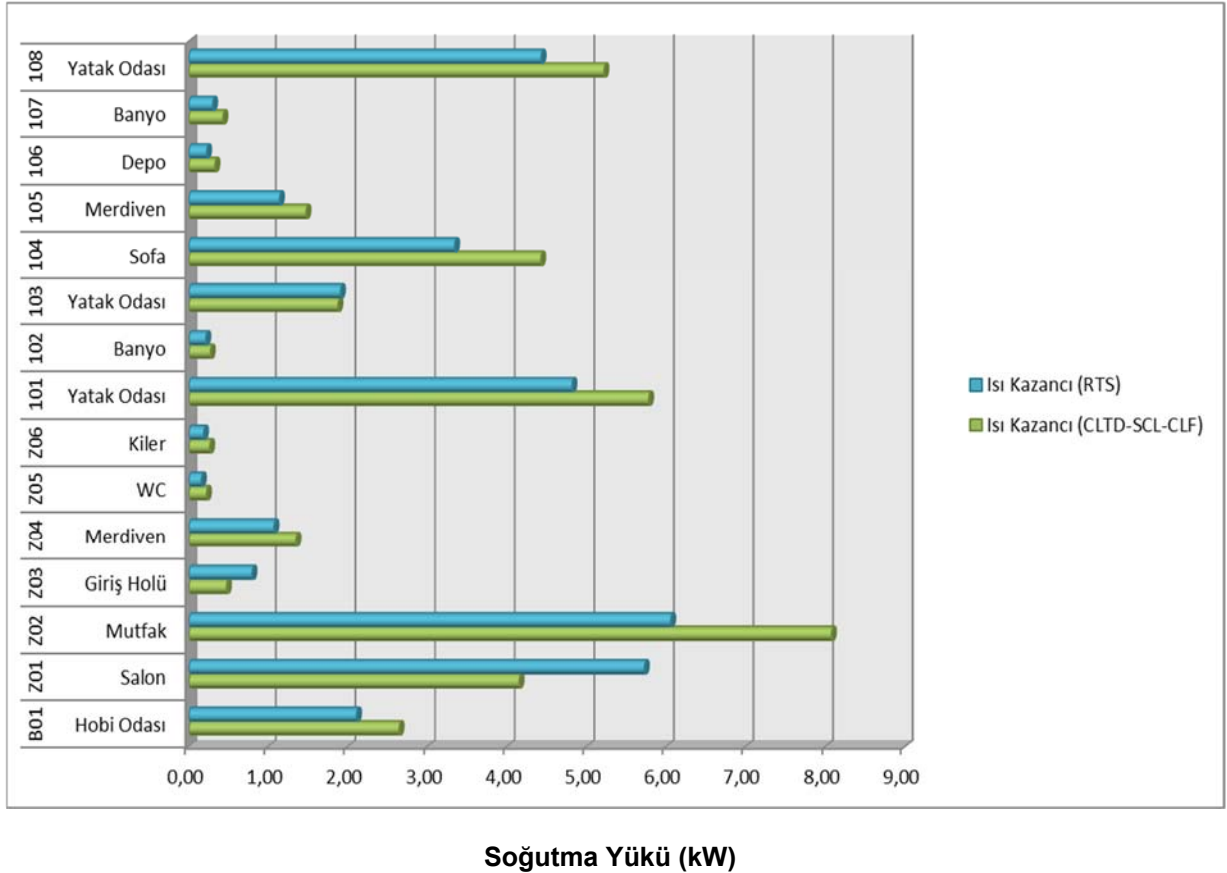
103 nolu YATAK ODASI ISI KAZANCI HESABI (RTS YÖNTEMİ)									TOPLAM SOĞUTMA YÜKÜ (W)		
Saat	Opak Yüzey Isı Kazancı	Cam Isı Kazancı	İç Bölme Isı Kazancı	Hava Sızıntı Isı Kazancı	Lamba Isı Kazancı	İnsan Duyulur	İnsan Gizli	Cihaz Isı Kazancı	Duyulur	Gizli	Toplamı
1	32,74	58,66	23,11	270,11	37,89	0,00	27,51	434,00	884,02	0,00	884,02
2	29,12	50,36	22,13	270,11	28,73	0,00	20,85	329,00	750,29	0,00	750,29
3	25,68	46,07	20,56	270,11	23,22	0,00	16,86	266,00	668,50	0,00	668,50
4	22,48	40,49	18,51	270,11	19,56	0,00	14,20	224,00	609,35	0,00	609,35
5	19,47	33,55	16,08	270,11	17,11	0,00	12,42	196,00	564,75	0,00	564,75
6	16,80	27,31	13,36	270,11	15,28	0,00	11,09	175,00	528,95	0,00	528,95
7	14,43	27,13	10,47	270,11	13,45	0,00	9,76	154,00	499,35	0,00	499,35
8	12,48	44,46	7,53	270,11	74,25	76,50	73,05	664,00	1145,89	76,5	1222,39
9	11,28	60,66	4,70	270,11	82,81	76,50	79,26	762,00	1270,82	76,5	1347,32
10	11,27	73,67	2,16	270,11	87,70	76,50	82,81	818,00	1345,73	76,5	1422,23
11	12,76	81,42	0,13	270,11	90,76	76,50	85,03	853,00	1393,21	76,5	1469,71
12	15,57	87,12	-1,19	270,11	92,59	76,50	86,36	874,00	1424,57	76,5	1501,07
13	19,47	124,01	-1,62	270,11	94,42	76,50	87,69	895,00	1489,08	76,5	1565,58
14	24,37	230,44	-1,07	270,11	95,64	76,50	88,58	909,00	1617,08	76,5	1693,58
15	30,28	346,50	0,48	270,11	96,87	76,50	89,47	923,00	1756,70	76,5	1833,20
16	36,84	406,07	2,90	270,11	97,48	76,50	89,91	930,00	1833,32	76,5	1909,82
17	43,20	282,48	6,02	270,11	98,09	76,50	90,36	937,00	1727,25	76,5	1803,75
18	47,82	197,11	9,53	270,11	98,70	76,50	90,80	944,00	1658,08	76,5	1734,58
19	49,55	154,05	13,14	270,11	99,31	76,50	91,24	951,00	1628,41	76,5	1704,91
20	48,86	127,03	16,52	270,11	99,31	76,50	91,24	951,00	1604,08	76,5	1680,58
21	46,68	104,74	19,39	270,11	99,31	76,50	91,24	951,00	1582,47	76,5	1658,97
22	43,64	87,12	21,55	270,11	99,31	76,50	91,24	951,00	1563,97	76,5	1640,47
23	40,15	75,19	22,90	270,11	99,31	76,50	91,24	951,00	1549,90	76,5	1626,40
24	36,43	67,07	23,40	270,11	99,92	76,50	91,69	958,00	1546,62	76,5	1623,12

103 nolu odanın soğutma yükü değeri en yüksek ısı kazancının olduğu 16:00 da ki 1909, 82 W olarak belirlenmiştir. 103 nolu yatak oda mahallinin Tablo 21. de hesaplanan ısı kazancı hesaplamasına benzer şekilde diğer odalarında hesaplamaları yapılmıştır. Tablo 22. de tasarımı yapılan yeşil binanın, diğer mahallerinin Işınım Zaman Serisi (Radiant Time Series-RTS) Yöntemi ile hesaplanan toplam soğutma yükü değerleri gösterilmiştir.

Tablo 22. Yeşil Bina'nın Işınım Zaman Serisi (Radiant Time Series-RTS) yöntemi ile hesaplanan mahal (oda) soğutma yükü değerleri

Mahal(Oda) Numarası	Mahal Adı	Toplam Soğutma Yükü (kW)	Mahal(Oda) Numarası	Mahal Adı	Toplam Soğutma Yükü (kW)
B01	Hobi Odası	2,12	Z05	WC	0,16
B02	Teknik Oda	-	Z06	Kiler	0,19
B03	Banyo	-	101	Yatak Odası	4,81
B04	Depo Odası	-	102	Banyo	0,21
B05	Merdiven	-	103	Yatak Odası	1,91
B06	WC	-	104	Sofa	3,34
B07	Teknik Oda	-	105	Merdiven	1,14
Z01	Salon	5,72	106	Depo	0,24
Z02	Mutfak	6,06	107	Banyo	0,30
Z03	Giriş Holü	0,80	108	Yatak Odası	4,43
Z04	Merdiven	1,07	RTS yöntemiyle hesaplanan toplam soğutma ihtiyacı:		32,50 kW

Tasarımı yapılan yeşil bina'nın ısı kazancı hesaplamasına ilişkin; CLTD/SCL/CLF (Soğutma Yükü Sıcaklık Farkı/Güneş Soğutma Yükü/Soğutma Yükü Çarpanı) yöntemine göre hesaplanan mahal soğutma yükü değerleri ile Işınım Zaman Serisi (Radiant Time Series-RTS) yöntemiyle hesaplanan mahal soğutma yükü değerleri Şekil 7. de grafik olarak gösterilmiştir.

**Şekil 7.** Tasarımı yapılan yeşil bina odalarının; RTS yöntemine göre ve CLTD/SCL/CLF yöntemine göre hesap edilen soğutma yükü değerleri karşılaştırması

3.5. Güneş Kollektörü (Vakum Tüplü) ile Su Isıtma Sistemi Tasarımı ve Hesaplamaları:

Vakum tüplü güneş kollektör sistemi ile Ankara ili için örnek yeşil bina tasarımında Mayıs Haziran Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında yeşil evin sıcak su temini sağlanacaktır.



Şekil 8. Vakum tüplü güneş kollektörü ile su ısıtma sistemi

Mayıs ayındaki ortalama ışınım değeri ile şebeke suyu sıcaklığı değeri yukarıda belirtilen diğer aylardan daha düşük olduğu için Mayıs ayına göre kollektör yüzeyi hesabı aşağıdaki eşitliklere göre yapılmıştır.

$$H_{\text{gerekli}} = m \cdot C \cdot (T_w - T_s) \quad (\text{kJ/gün}) \quad (66)$$

(66) eşitliğinde H_{gerekli} (kJ/gün) kullanım için gerekli olan enerjiyi, m (lt/gün, kg/gün) hazırlanacak su miktarını, C (4,18 kJ/kg°C) suyun ısınma ısısını, T_w (°C) sıcak suyun sıcaklığını ve T_s (°C) şebeke suyunun sıcaklığını ifade etmektedir [16].

Sıcak su sıcaklığı (T_w) ekonomik kullanım durumu düşünülerek 45°C seçilebilir [16]. Hazırlanacak sıcak su miktarı Tablo 23. ten konutlarda (orta gelirli) 60-100 lt/gün-kişi olarak alınabilir, tasarımı yapılan yeşil bina için 60 lt/gün-kişi olarak seçilmiştir. 4 kişilik aile için;

- $m = 60 \text{ lt/gün-kişi} \times 4 \text{ kişi} = 240 \text{ lt/gün}$ olarak hazırlanacak su miktarı belirlenmiştir.

Tablo 23. Bina Tiplerine Göre Sıcak Su İhtiyacı Tablosu [16].

Vakum Tüplü Güneş Kollektörü Konulacak Bina Tipi	Sıcak Su İhtiyacı (lt/gün-kişi)	
Konutlarda	Düşük Gelirlielerde	40 – 60
	Orta Gelirlielerde	60 – 100
	Yüksek Gelirlielerde	100 – 150
Otel, Pansiyon, Yurt ve Misafirhanelerde	Ortalama Değer	100
	Lüks Oteller	200
Atölye ve Endüstriyel Tesislerde	Ortalama Değer	50
	Lavabolarda	30
	Kapalı duşlarda	80
	Açık duşlarda	50

Ankara ili için Mayıs ayı şebeke suyu sıcaklığı 14,5 °C'dir [17]. (66) eşitliği göz önüne alınarak kullanım için gerekli olan enerji H_{gerekli} değeri;

- $H_{\text{gerekli}} = m \cdot C \cdot (T_w - T_s) = 240 \text{ lt/gün} \cdot 4,18 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \cdot (45^\circ\text{C} - 14,5^\circ\text{C})$
- $H_{\text{gerekli}} = 30597,6 \text{ kJ/gün}$ olarak hesaplanmıştır.

Tasarımı yapılan yeşil binada sıcak su temini için kullanılacak vakum tüplü güneş kolektöründen elde edilecek faydalı enerji $H_{\text{faydalı}}$ değeri aşağıda yer alan (67) eşitliğine göre belirlenmiştir [16].

$$H_{\text{faydalı}} = H \cdot R \cdot \eta_{\text{vt}} \cdot \eta_e \cdot \eta_m \cdot \gamma_1 \quad (\text{kJ/m}^2\text{-gün}) \quad (67)$$

(67) eşitliğinde H ($\text{kJ/m}^2\text{-gün}$) doğru ışınımın yatay yüzeye gelen bileşenini, R dönüşüm katsayısını, η_{vt} vakum tüplü kolektör toplayıcı verimini, η_e (0,50 – 0,80) vakum tüplü güneş kolektör eşanjör verimini, η_m toplayıcı kolektör dışında tesisat borulama ve depolama verimini (küçük tesisatlarda 0,40 – 0,66 ve büyük tesisatlarda 0,50 – 0,80 değerinde alınabilir) ve γ_1 toplayıcı kolektör azimutu düzeltme faktörünü ifade etmektedir.

Ankara ili için Mayıs ayında birim kolektör yüzeyine gelen güneş ışınım enerji miktarı TS 3817'den $H=4117,23 \text{ kcal/m}^2\text{-gün} = 17210,02 \text{ kJ/m}^2\text{-gün}$ olarak alınmıştır. R dönüşüm katsayısı değeri Tablo 24. den yararlanılarak aşağıdaki şekilde belirlenmiştir.

Tablo 24. Enlem, mevsim, toplayıcı eğim açısına göre R değerleri [16].

Enlem	Mevsim	θ_z	S			
			15°	30°	45°	60°
36°	Haziran-Ağustos	19,12	1,096	1,039	0,952	0,800
	Ekim-Mart	51,43	1,293	1,496	1,597	1,589
	Bütün yıl	36,00	1,154	1,229	1,221	1,129
38°	Haziran-Ağustos	20	1,060	1,059	0,964	0,815
	Ekim-Mart	51,87	1,296	1,503	1,608	1,603
	Bütün yıl	38	1,168	1,257	1,260	1,177
40°	Haziran-Ağustos	22,84	1,075	1,077	1,005	0,865
	Ekim-Mart	53,44	1,315	1,540	1,661	1,668
	Bütün yıl	40	1,183	1,286	1,301	1,227
42°	Haziran-Ağustos	24,28	1,083	1,096	1,026	0,891
	Ekim-Mart	55,98	1,349	1,607	1,755	1,783
	Bütün yıl	42	1,199	1,316	1,344	1,280

Vakum tüplü güneş kolektörünün güneşe yönelim eğim açısı(S) değeri yaz sezonu sıcak su temini için Ankara ilinin 39° enlem değerine göre;

- $S = \text{Enlem} - 25^\circ = 39^\circ - 25^\circ = 14^\circ$ (yaklaşık 15° kabul edilmiştir) göz önüne alınarak, Tablo 24. ten $R=1,0675$ olarak enterpolasyonla belirlenmiştir.

Toplayıcı kolektör azimutu düzeltme faktörü Tablo 25. ten yararlanılarak belirlenmiştir. Toplayıcı kolektör azimutu düzeltme faktörü γ_1 değeri Ankara ilinin 39° enlem değerine göre enterpolasyonla $\gamma_1=0,95$ olarak bulunmuştur. Ayrıca vakum tüplü güneş kolektörünün toplayıcı verimi $\eta_{\text{vt}} = 0,65$ olarak seçilmiştir [16].

Tablo 25. Kolektörün yerleştirileceği yörenin enlem derecesine göre γ_1 düzeltme faktörleri [16].

Y	Enlem	36°	38°	40°	42°
$\pm 45^\circ$		0,97	0,96	0,94	0,92

Yukarda verilen değerler ve (67) eşitliğindeki denkleme göre;

- $H_{\text{faydalı}} = H \cdot R \cdot \eta_{\text{vt}} \cdot \eta_e \cdot \eta_m \cdot \gamma_1 = 17210,02 \text{ kJ/m}^2\text{-gün} \cdot 1,0675 \cdot 0,65 \cdot 0,80 \cdot 0,65 \cdot 0,95$
- $H_{\text{faydalı}} = 5899,15 \text{ kJ/m}^2\text{-gün}$ olarak hesaplanmıştır.

Vakum tüplü güneş kolektörünün toplayıcı yüzey alanı (F_{vt} , m^2) (68) eşitliğine göre belirlenmiştir [16].

$$F_{vt} = \frac{H_{\text{gerekli}} \left(\frac{\text{kJ}}{\text{gün}} \right)}{H_{\text{faydalı}} \left(\frac{\text{kJ}}{m^2 \cdot \text{gün}} \right)} \quad (m^2) \quad (68)$$

$$- F_{vt} = \frac{30597,60 \text{ kJ/gün}}{5899,15 \text{ kJ}/m^2 \cdot \text{gün}}$$

- $F_{vt} = 5,19 \text{ m}^2$ olarak vakum tüplü güneş kolektör toplayıcı yüzey alanı hesaplanmıştır.

Vakum tüplü güneş kolektörü tüp adedi hesaplamasında vakum tüpün iç içe borularından emici yüzey olan içteki borunun çapına göre hesaplama yapılmıştır. Üretici firma kataloğundan vakum tüp boru çapı 0,047m ve uzunluğu da 1,80 metre olarak alınmıştır. Bu durumda bir adet vakum tüp borunun yüzey alanı $0,047 \times 1,80 = 0,0846 \text{ m}^2$ olarak belirlenmiştir. $5,19 \text{ m}^2$ vakum tüplü güneş kolektör toplayıcı yüzey alanı için tasarlanan sistemde kullanılacak toplam vakum tüp boru adedi $5,19 \text{ m}^2 / 0,0846 \text{ m}^2 = 61,34$ olarak hesaplanmıştır. Üretici firma kataloglarından Tablo 26. da teknik özellikleri yer alan SX-BOY30-HP 170 model kodlu 30 adet vakum tüplü güneş kolektör ünitesinden 2 adet tasarımı yapılan yeşil bina için seçilmiştir.

Tablo 26. Vakum tüplü güneş kolektörü üretici firma katalog değerleri [18].

Ürün Kodu	Tüp Sayısı (Adet)	Tüp Ölçüleri (mm)	Sıcak Su Kapasitesi (lt)	Emniyet Ventili Basıncı (Bar)	Çalışma Basıncı (Bar)
SX-BOY 24 HP 150	24	Ø47 x 1800	150	6	3- 3,5 arası
SX-BOY 30 HP 170	30	Ø47 x 1800	170	6	3- 3,5 arası

Vakum tüplü güneş kolektörünün sıcak su depo hacmi (V) (69) eşitliğine göre belirlenmiştir [16].

$$V = B_1 \cdot F_{vt, d} \quad (m^3) \quad (69)$$

(69) eşitliğinde V (m^3) sıcak su depo hacmini, B_1 ($0,06 \text{ m}^3 / m^2$) toplayıcı yüzey alanını, $F_{vt, d}$ (m^2) üretici firma kataloğundan seçilen vakum tüplü boru toplam yüzey alanını ifade etmektedir.

- $F_{vt, d}$ = vakum tüplü boru adedi x bir adet vakum tüpü yüzey alanı

$$- F_{vt, d} = 60 \text{ adet} \times 0,0846 \text{ m}^2 = 5,076 \text{ m}^2$$

$$- V = B_1 \cdot F_{vt, d} = 0,06 \cdot 5,076 \text{ m}^2$$

- $V = 0,3045 \text{ m}^3 = 304,5$ litre olarak vakum tüplü güneş kolektör sistemi sıcak su depo hacmi bulunmuştur. Çizelge x.4'teki ürün kataloğundan seçilen SX-BOY30-HP 170 model vakum tüplü güneş kolektöründen tasarımı yapılan yeşil bina da 2 adet kullanılmıştır, sıcak su depo hacmi bu model için $170 \text{ lt} \times 2 \text{ adet} = 340 \text{ lt}$ olup, sıcak su deposu hacmi hesaplanan değeri karşılamaktadır.

3.6. Bina Emisyon Verimliliği Hesaplamaları

Tasarımı yapılan yeşil binanın CO_2 emisyon verimliliği ilk olarak konvansiyonel ısıtma sistemine göre kıyaslanarak belirlenmiştir. Yeşil binanın ısıtma sisteminde yenilenebilir temiz enerji sınıfında yer alan toprak kaynaklı ısı pompası ile binanın ısıtma ihtiyacı karşılanmıştır.

Konvansiyonel ısıtma sistemi olarak doğalgaz ile ısıtma yapılan geleneksel fosil yakıtlı ısıtma sistemi kullanılmış olsaydı oluşacak CO_2 salınımı aşağıdaki eşitliklere göre belirlenmiştir.

$$B_y = \frac{Q_{y1}}{H_u \cdot \eta_k} \quad (m^3) \quad (70)$$

(70) eşitliğinde $B_y(m^3)$ eğer doğalgaz kullanılmış olsaydı binanın yıllık yakıt tüketimini, $Q_{yıl}$ (kJ) tasarımı yapılan yeşil binanın toplam yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacını, H_u ($34526,2 \text{ kJ/m}^3$) doğalgaz alt ısı değerini ve η_k (0,95 olarak) ısıtma cihaz verimini ifade etmektedir.

Binanın net enerji tüketimine bağlı olarak kullanılan yakıt cinsine göre yıllık CO_2 emisyon miktarı yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacına göre (71) eşitliği ile hesaplanmıştır [19].

$$SEGM_Y = 0,278 \cdot 10^{-3} \cdot B_y \cdot H_u \cdot FSEG \quad (\text{kg } CO_2) \quad (71)$$

(71) eşitliğinde $SEGM_Y$ (kg eşd. CO_2) yıllık CO_2 emisyon miktarını ifade etmektedir. $FSEG$ (kg eşd. CO_2 /kWh) yakıt cinsine göre CO_2 emisyonu dönüşüm katsayısı olup bu değer 0,234'tür.

Tasarımı yapılan yeşil binanın toplam yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı $Q_{yıl}$ 68.320.328,22 kJ olarak bina yalıtım hesaplamaları bölümünde bulunmuştur. (70) ve (71) eşitliklerine göre;

$$- B_y = \frac{Q_{yıl}}{H_u \cdot \eta_k} = \frac{68.320.328,22 \text{ kJ}}{34526,2 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^3} \cdot 0,95}$$

$$- B_y = 2082,94 \text{ m}^3$$

$$- SEGM_Y = 0,278 \cdot 10^{-3} \cdot B_y \cdot H_u \cdot FSEG = 0,278 \cdot 10^{-3} \cdot 2082,94 \text{ m}^3 \cdot 34526,2 \text{ kJ/m}^3 \cdot 0,234$$

$$- SEGM_Y = 4678,28 \text{ kg } CO_2 \text{ olarak bulunmuştur.}$$

Yeşil bina tasarımında ısıtma sisteminde; geleneksel fosil yakıt yerine, yenilenebilir enerji kaynağı olan toprak kaynaklı ısı pompası kullanılarak yıllık 4678,28 kg değerinde CO_2 emisyonu azaltılmıştır.

Tasarımı yapılan yeşil binanın CO_2 emisyon verimliliği hesaplaması için ayrıca yeşil binanın elektrik tüketimi için temiz enerji kaynağı kullanılarak üretilen elektrik enerjinin sağlamış olduğu CO_2 emisyon verimliliği hesaplamaları aşağıda yapılmıştır. Yeşil binada kullanılan elektrikli cihazların ve aydınlatma armatürlerinin günlük elektrik tüketim değeri PV panel hesaplamaları bölümünde hesaplanmış 8,4275 kWh/gün değerinde olup elektrikli cihazların ve aydınlatma armatürlerinin $365 \times 8,4275 \text{ kWh/gün} = 3076,04 \text{ kWh}$ yıllık elektrik tüketim değeridir. Toprak kaynaklı ısı pompasının PV panel hesaplamaları bölümünde hesaplanmış olan yıllık elektrik tüketim değeri 8077,50 kWh değerindedir. Yaz sezonunda iklimlendirme amaçlı kullanılan ve 480 saat kullanım süresi belirlenen hava kaynaklı ısı pompası ise $5,79 \text{ kWh} \times 480 = 2779,2 \text{ kWh}$ yıllık elektrik tüketimine sahiptir. Tasarımı yapılan yeşil binanın yıllık elektrik tüketim değeri;

$$- 3076,04 \text{ kWh} + 8077,50 \text{ kWh} + 2779,2 \text{ kWh} = 13932,74 \text{ kWh değerindedir.}$$

Tasarımı yapılan yeşil binada yenilenebilir enerji kaynağı olarak PV panel sisteminden elektrik üretimi yapılmıştır. Fosil yakıtlı termik santralden eş değer elektrik üretimi için oluşacak CO_2 salınımı ise elektrik üretiminde kullanılan fosil yakıt miktarına ilişkin hesaplanmış olan emisyon faktörü değerine göre belirlenmiştir. Emisyon faktörü(EF) değeri 0,55kg/kWh olarak alınmıştır [20]. Bu durumda tasarımı yapılan yeşil bina da yıllık 13932,74 kWh elektrik tüketimi için;

$$- 13932,74 \text{ kWh} \cdot 0,55 \text{ kg } CO_2/\text{kWh} = 7663,01 \text{ kg } CO_2 \text{ olarak fosil yakıt kaynaklı termik santralden elektrik üretimi yapılması durumunda oluşacak } CO_2 \text{ emisyonu bulunmuştur.}$$

Yeşil bina tasarımında elektrik üretiminde; bina yenilenebilir enerji kaynağı olan PV panel sistemi ile binanın kendi elektriği üretildiği için yıllık 7663,01 kg değerinde CO_2 emisyonu azaltılmıştır.

Bu durumda yeşil bina tasarımı yapılarak ısıtma ve elektrik üretimi için toplamda yıllık $4678,28 \text{ kg} + 7663,01 \text{ kg} = 12341,29 \text{ kg}$ değerinde CO_2 emisyonu azaltılmıştır.

SONUÇ

Tasarımı yapılan Ankara ili için örnek yeşil bina uygulamasında; evin yıllık 12372,44 kWh elektrik tüketimi bina çatısına yerleştirilecek 20 adet fotovoltaik panelden üretilen elektrik enerjisi ile karşılanmıştır. PV panel sisteminde günlük elektrik enerjisinin akü (batarya)'den sağlanacağı süre 1 gün olarak düşünülmüş ve akü sayısı her biri 12V-190Amper kapasiteli 8 adet olarak hesaplanmıştır. Fotovoltaik sistemle üretilen doğru akımın alternatif akıma dönüştürülmesi için gerekli olan inverter hesaplamaları yapıp, 6000W kapasiteli inverter PV panel sistemi için belirlenmiştir. Ayrıca aküyü aşırı şarjdan ve elektrik boşalmasından korumak için kullanılan MPPT tip elektronik şarj regülatörü sayısı 40 Amper giriş akımlı 3 adet olarak hesaplanmıştır.

Bina yalıtım tasarım ve hesaplamalarında organik tortul bir taş olan 0,040 W/mK ısı iletim katsayılı toksik özelliği olmayan ve yeniden kullanılabilir olan 80 mm kalınlıkta genleşmiş perlit (GP) minareli seçilmiştir. Yapılan bina yalıtım hesabında yeşil evin yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı 71,37 kWh/m² olarak hesaplanarak yeşil bina yalıtım sınıfı "Süper Enerji Verimli Bina" olarak tespit edilmiştir.

Yeşil Ev ısı kaybı hesabı TS2164 e göre 21,1342 kW ve Isıtma Derece Saat Yöntemine(İDS Yöntemi) göre ise 13,3301 kW olarak hesaplanmıştır, binanın ısı kaybı her iki yöntemle bulunan sonuçların ortalaması olan 17232,15 W olarak belirlenmiştir. Yeşil Ev ısı kazancı hesaplaması iki farklı yöntemle hesaplanmış; CLTD/SCL/CLF yönteminde ısı kazancı 37,01 kW, RTS(Işınım Zaman Serileri Metodu) yöntemi ile ısı kazancı 32,5 kW olarak hesaplanmıştır.

Yeşil Bina ısı kaybı değeri 17232,15 W ve sıcak su ihtiyacı(°C) için boyler kapasitesi 10600 W olmak üzere binanın toplam ısıtma yükü 27832,15 W değeri göz önüne alınarak ısıtma sisteminde kullanılacak dikey tip toprak kaynaklı ısı pompası ısıtma kapasitesi 29,2 kW olarak belirlenmiş, yeşil binanın kış sezonunda ısıtma ve sıcak su temini DTKIP ile karşılanmıştır. Dikey toprak kaynaklı ısı pompasının (DTKIP) toprak ısı değiştiricisi hesaplamaları yapılmıştır. Toprak ısı değiştiricisi 1 ½" (Ø50) çaplı polietilen-40(PE-40) boru 28 metre derinlikte 2 adet tek U-bükme çevrim olarak hesaplanmıştır. Boruların yerleşimi için dikey olarak 2 adet tek U-bükme şeklinde yapılacak sondaja ait (1 ½" çaplı PE-40 toprak ısı değiştiricisi boru için) toprağa açılacak her bir sondaja ait çap değeri 4 ¾" olarak belirlenmiştir.

Vakum tüplü güneş kollektör sistemiyle Mayıs Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında yeşil evin sıcak su temini sağlanacak şekilde hesaplamalar yapılmıştır. Vakum tüp boru adedi için yapılan hesaplamalar neticesinde 30 adet vakum tüplü güneş kollektör ünitesinden 2 adet olarak tasarımı yapılan yeşil bina için seçilmiştir. Vakum tüplü güneş kollektör sistemi sıcak su depo hacmi 304,5 litre olarak hesaplanmıştır. Vakum tüplü güneş kollektör ünitesinin her birinin 170 lt sıcak su depo kapasitesi değeri üretici kataloglarından belirlenerek toplam sıcak su depo hacmi 340 lt olacak şekilde seçilmiştir.

Tasarımı yapılan yeşil binanın CO₂ emisyon verimliliği hesaplamaları yapılarak; ısıtma sisteminde yenilenebilir enerji kaynağı olan toprak kaynaklı ısı pompası kullanılması ve elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynağı olan PV panel sistemi ile binanın kendi elektriği üretildiği için toplamda yıllık 12341,29 kg CO₂ emisyon salınıminin azaltıldığı tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] KINCAI, O., "Sürdürülebilir Yeşil Binalar Ders Notu", 2015.
- [2] TS 825 "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları", 2000.
- [3] ÖZGÖREN, M., "Enerji Depolama Yöntemleri Yenilenebilir Enerji Uygulamaları Ders Notu", 2019.
- [4] Anonim, 2020, <https://www.gnssolar.com/icerik/860/turkiye-gunes-haritasi>, [Ziyaret tarihi:24.12.20]
- [5] YENİSEY, D., "İç Anadolu Bölgesi İçin Güneye Bakan Eğimli Yüzeye Gelen Günlük Global, Direkt ve Difüz Radyasyonun Hesaplanması", Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 2015.
- [6] KUTLU, N., "Isparta İlinde Bir Evin Elektrik İhtiyacını Karşılacak Panel Sayısı, Verimi ve Ekonomik Analizinin Hesabı, SDÜ Yalvaç Akademi Dergisi, 1, 41-52, 2016.

- [7] YAMANKARADENİZ R., HORUZ İ., ÇOŞKUN S., KAYNAKLI Ö., YAMANKARADENİZ N., “Soğutma Tekniği ve Isı Pompası Uygulamaları” Dora Basım-Yayın, 2017.
- [8] Anonim, 2020, <http://portal.canovateenerji.com/tr-TR/toprak-kaynali-isi-pompasi>, [Ziyaret tarihi: 17.12.2020]
- [9] “Klima Tesisatı” Makina Mühendisleri Odası Yayın No:663, 2016.
- [10] Anonim, 2020, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx>, [Ziyaret tarihi: 16.12.2020]
- [11] “Viessmann Mesleki Yayınlar Isı Pompaları”, Viessmann Isı Teknikleri Ticaret A.Ş.
- [12] COŞKUN C., OKTAY O., ERTÜRK M., “Konutların Isıtma Sezonunda Seçilen İç Ortam Sıcaklık Parametresinin Enerji-Maliyet-Çevre Açısından Değerlendirilmesi ve Bir Uygulama Örneği”, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 2009.
- [13] AKTACİR M. A., BULUT H., DURMAZ A. F., “İklimlendirme Sistemleri İçin Soğutma Yüğü Hesap Yöntemlerinin Karşılaştırılması”, Türk Tesisat Mühendisleri Derneği 7. Uluslararası Yapıda Tesisat Teknolojisi Sempozyumu, 2006.
- [14] YAVUZ H., “Isı kazancı hesaplamalarında CLTD/CLF ile RTS Metotlarının Karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2010.
- [15] Ashrae Fundamentals Handbook Fenestration, “Inc., Chapter 29-30”, 2001.
- [16] KINCAI, O., “Güneş Enerjisi Ders Notu”, 2015.
- [17] TS 3817 “Güneş Enerjisi- Su Isıtma Sistemlerinin Yapım Tesis ve İşletme Kuralları”, 1994.
- [18] Anonim, 2021, <http://www.sunmax.com.tr/index.php?t=urd&u=1&uk=8&i=16>, [Ziyaret tarihi: 07.01.2021]
- [19] YAZICI, H., “Denizli İlinde Bulunan Bir Bina nın TS 825 Hesap Yöntemine Göre Yıllık Isı İhtiyacının, Yakıt Maliyetinin Ve Emisyon Miktarının Belirlenmesi”, PAÜ Teknik Eğitim Fakültesi.
- [20] DULKADİROĞLU H., “Türkiye’de Elektrik Üretiminin Sera Gazı Emisyonları Açısından İncelenmesi”, Ömer Halis Demir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Sayı 1, 67-74, 2018.

ÖZGEÇMİŞ

Halil İbrahim ÇALIK

1983 yılı Dört yol-Hatay’da doğdu. 2004 yılında Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. 2006-2008 yılları arasında Beyaz Kâğıt Hijyenik ve Temizlik Ürünleri San. Tic. A.Ş. kimya-deterjan fabrikasının kurulumunda ve devamında bakım-onarım biriminde, 2008-2009 yılları arasında ABC Deterjan Sanayi ve Tic. A.Ş. fabrikasında bakım-onarım biriminde çalışmıştır. 2009 yılından beri DMO Genel Müdürlüğünde İnşaat-Emlak Şube Müdürlüğünde Teknik Uzman olarak çalışmaktadır. Mekanik Tesisat, Doğalgaz İç Tesisat, Endüstriyel Doğalgaz Tesisatı Yangın Tesisatı, Havalandırma Tesisatı, Soğutma Tesisatı ve Klima Tesisatı Uzman Mühendis Yetki Belgelerine sahiptir

Muammer ÖZGÖREN

1970 yılında Ereğli-Konya’da doğdu. Çukurova Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü’nden 1993 yılında lisans eğitimini tamamladı. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’nden 1996 yılında yüksek lisans ve 2000 yılında doktora diplomasını aldı. 1998-2000 yılları arasında Doktora Tez çalışmalarını yapmak üzere ABD’de Lehigh Üniversitesi’nde proje asistanı olarak çalıştı. 2000-2002 yılları arasında özel sektörde çalıştı. 2002-2003 yılları arasında doktora sonrası çalışmalar yapmak üzere burslu misafir araştırmacı olarak Lehigh Üniversitesi’nde çalıştı. 2003 yılında Selçuk Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü’nde yardımcı doçent olarak göreve başladı. 22 Şubat 2008 de Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Akışkanlar Mekaniği ve Aerodinamik uzmanlık dallarında Doçent oldu. 2013 yılında Profesör olarak atandı. Necmettin Erbakan Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Enerji Bilim Dalı’nda Öğretim üyesi olarak çalışmaktadır. Akışkanlar mekaniği, enerji yönetimi, ısı değiştiricileri, HVAC, konvansiyonel ve yenilenebilir enerji sistemleri ve uygulamaları üzerine çalışmakta ve çeşitli uluslararası ve ulusal yayınları bulunmaktadır. İngilizce bilmektedir. Evli ve üç çocuk babasıdır.