



Farklı İklim Bölgelerinde Çatı Türünün Bina Isıtma ve Soğutma Yüküne Etkisi

Gökçenur Orhan^{1*}, Betül Bektaş Ekici²

^{1*} Fırat Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Elazığ, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-6314-6021), gokcenurorhan@hotmail.com

² Fırat Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Elazığ, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0142-0587), bbektas@firat.edu.tr

(4th International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences ICAENS 2022, November 10 - 13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1190487)

ATIF/REFERENCE: Orhan G. & Bektaş Ekici B. (2022). Farklı İklim Bölgelerinde Çatı Türünün Bina Isıtma ve Soğutma Yüküne Etkisi. *European Journal of Science and Technology*, (43), 110-115.

Öz

Günümüzde dünya nüfusunun hızla artmasına bağlı olarak enerji gereksinimi artmış ve doğal kaynaklar bu tüketimi karşılayamayacak seviyelere yaklaşmıştır. Dünya üzerinde kullanılan enerjinin %30-40'ının binalarda tüketildiği bilinmektedir. Kullanılan bu enerjinin büyük bir kısmının fosil kaynaklardan elde edilmesine bağlı olarak atmosfere salınan kirletici gazların ve son zamanlarda kentlerin yüz yüze kaldığı kentsel ısı adası etkisinin artış gösterdiği görülmektedir. Bu sorunların minimuma indirilmesi için bina ölçeğinde gerçekleştirilen bazı sürdürülebilir uygulamalar mevcuttur. Çatılar, yapıları dış ortam koşullarından koruyan en önemli yapı bileşenleri olmalarının yanı sıra binalardaki enerji kayıp ve kazançları üzerinde etkisi de oldukça fazladır. Bu sebeple binalarda enerjinin etkin kullanılabilmesi için çatıların iklim koşulları gözeticilerle tasarlanması ve uygulanması son derece önemlidir. Bu çalışmada farklı iklim bölgelerinde farklı çatı tiplerinin ısıtma ve soğutma yükleri bakımından gösterdiği performansları incelenmiş olup örnek bir binanın; TS825 Standardına göre farklı iklim bölgelerinde bulunan 5 ilde (Hatay, Bursa, Elazığ, Sivas, Kars) farklı çatı tipleri (kıрма, teras ve yeşil çatı) ile kurgulanan senaryolara ait ısıtma ve soğutma enerjisi yükleri DesignBuilder programında benzetim yolu ile belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çatı, Isıtma Ve Soğutma Enerjisi, Designbuilder, Enerji Performansı, Enerji Simülasyonu

The Effect Of Roof Type On Building Heating And Cooling Loads In Different Climate Zones

Abstract

Today, due to the rapid increase in the world population, the need for energy has increased and natural resources have approached levels that cannot meet this consumption. It is known that 30-40% of the energy used in the world is consumed in buildings. It is seen that the pollutant gases released into the atmosphere due to the fact that most of this energy is obtained from fossil sources and the effect of the urban heat island, where cities are faced, has increased recently. There are some sustainable practices carried out at the building scale to minimize these problems. Roofs are the most important building components that protect buildings from outdoor conditions, as well as have a great impact on energy losses and gains in buildings. For this reason, it is extremely important to design and apply the roofs considering the climatic conditions in order to use energy effectively in buildings. In this study, the performances of different roof types in terms of heating and cooling loads in different climatic regions were examined. According to the TS825 Standard, the heating and cooling energy loads of the scenarios constructed with different roof types (hip, terrace and green roof) in 5 provinces (Hatay, Bursa, Elazığ, Sivas, Kars) located in different climatic regions were determined by simulation in the DesignBuilder.

Keywords: Roof, Heating and Cooling Energy, DesignBuilder, Energy Performance, Energy Simulation

* Sorumlu Yazar: gokcenurorhan@hotmail.com

1. Giriş

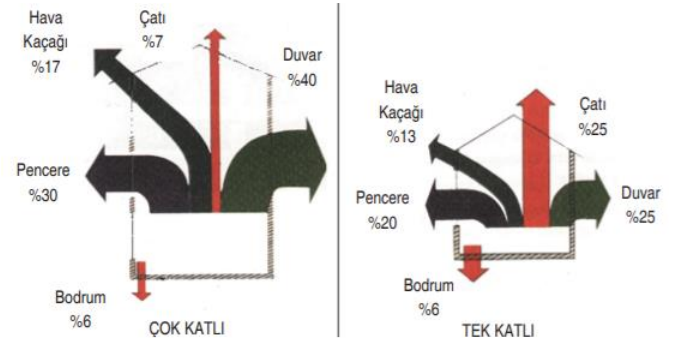
Günümüzde dünyada meydana gelen hızlı nüfus artışı ve beraberinde gelen kentleşme, yeşil alanların azalmasına, artan enerji talebinin fosil kaynaklardan karşılanamayacak seviyeye gelmesine neden olmuştur. Yenilenemeyen enerji kaynaklarının hızla tüketilmesi beraberinde birçok çevre sorununu getirmiştir. Fosil yakıtların aşırı kullanımı atmosferdeki kirli gazların ve ısının artmasına bağlı olarak küresel bir iklim değişikliğine yol açmaktadır. Kentlerde meydana gelen kontrolsüz yığılmalar neticesinde yaşanan çevre sorunları ile birlikte şehirler kentsel ısı adası etkisi ile karşı karşıya kalmış ve yapılarda konfor koşullarının sağlanması amacı ile kullanılan enerjinin artmasına yol açmıştır [1].

X Azalan enerji kaynakları ve çevreye verilen zararın giderek artması enerjinin etkin kullanılması fikrini gerekli kılmıştır. Bundan dolayı, doğal kaynakların aşırı kullanımını önleyen ve ekolojik yaşamı koruyarak enerji tasarrufunu destekleyen bir tasarıma olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır [2].

Binalar, dünyada kullanılan enerjinin büyük kısmından sorumludur. İmar faaliyetleri her yıl küresel olarak kullanılan enerjinin %40'ını tüketmektedir [3]. Konut binaları bu faaliyetlerin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Bu nedenle konutlarda enerji tüketimini minimum düzeyde tutmak ve enerjinin verimli kullanılmasını sağlamak bu yapıların çevresel etkilerini azaltmak oldukça önemlidir. Binalarda enerji kullanımının azaltılması ve enerjinin etkin bir şekilde kullanılması için yapının ilk tasarım aşamasından kullanım aşamasına kadar yapılacak birçok uygulama ve önlemler bulunmaktadır. Bu uygulamalar sürdürülebilir mimarlık üst başlığında enerji etkin yapılar olarak karşımıza çıkmaktadır.

Enerji etkin yapılar; çevresel sorumluluk anlayışıyla, iklime ve o yere özgü şartlara uygun, kaynakları minimum düzeyde tüketen, yenilenebilir enerji kaynak kullanımını öncüleyen, doğal ve atık üretmeyen malzemelerin kullanılmasını teşvik eden, ekosistemlere duyarlı yapılar olarak tanımlanabilirler [4]. Yapılarda enerji gereksinimini etkileyen en önemli faktörlerden biri bina formudur. Binanın formu; bina cephesinin derinliğine oranı, bina yüksekliği, çatı tipi (düz, beşik, kırma), çatı eğimi ve cephe gibi parametrelerle tanımlanabilir [5].

Çatı, binaların en üstünde bulunan ve binayı dış etkenlerden koruyan en önemli yapı elemanıdır. Gün boyu dış ortam ve iklim koşullarına maruz kalan çatılar binaların enerji kullanımında önemli rol oynamaktadır. Bir binada ısı kayıplarının yaklaşık %10'u döşemelerden, %10-25'i pencerelerden, %30-60'ı duvarlardan ve %25'i de tavan ve çatılardan gerçekleştiği ifade edilmektedir. Isınan havanın yükselmesi sonucunda bina içerisindeki ısı da çatıdan dışarıya çıkmaya çalıştığından, binanın ısı performansında dikkat edilmesi gereken yapı elemanlarından biri olmaktadır [6]. Az ve çok katlı binalarda bina ısı yüklerine farklı oranlarda etki etmekte olan çatılar (Şekil 1) iklim bölgelerinin koşullarına göre öncelikle yağmur ve kar sularının birikmemesi için farklı eğimlerde ve formlarda kurgulanabilmektedir (Şekil 2).



Şekil 1. Az ve çok katlı yapılar için genel olarak ısı kayıp oranları (Figure 1. Heat loss rates in general for low and very rigid structures) [7]



Şekil 2. Farklı eğimlerle farklı iklim bölgeleri için oluşturulmuş çatı örnekleri (Figure2. Examples of roofs created for different climatic zones with different slopes)

Çatılardan kaynaklanan enerji kayıp ve kazançların belirlenebilmesi ve çatıların bina enerji performansı üzerindeki etkilerini analiz edebilmek amacıyla birçok çalışma yapılmıştır. Kılıç Turan ve Gülten [8], yaptıkları çalışmada taban alanı aynı olan farklı formlardaki binaların teras çatılı ve yeşil çatılı olması durumunda soğutma yüküne olan etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada Elazığ ve Antalya illerine ait iklim verileri kullanılmıştır. Yeşil çatı elemanının hesaplamalara dâhil edilmesi ile her iki il için de bina soğutma yükünün azaldığı görülmüştür. Yao ve diğ.[9], geleneksel bir çatı ile yeşil çatı uygulamasının performanslarını eQuest yazılımı kullandıkları benzetim tabanlı çalışmaları ile kıyaslamışlardır. Çalışmada yeşil çatı uygulamasıyla ısıtma ve soğutma enerjisinden tasarruf sağlanırken, yeşil çatının barındırdığı ek katmanlar nedeniyle yaşam döngüsü maliyetinin arttığı ve çevresel etkinin daha az olduğu sonucuna varılmıştır. Ayçam ve Kınalı [10], ofis binalarında yeşil çatıların bina ısıtma ve soğutma yüklerine etkisini incelemişlerdir. Çalışmada sıcak ve soğuk iki iklim bölgesi kullanılmış ve standart teras çatı ile seyrek bitkili yeşil çatı karşılaştırılmıştır. Ferrante ve diğ.[11], Palermo şehrinde geleneksel bir çatı ile yeşil çatının enerji tasarrufuna olan katkısını incelemişlerdir. Sonuçlar yeşil çatılı kurgulanan simülasyonun daha etkin bir enerji tasarrufu sağladığını göstermektedir.

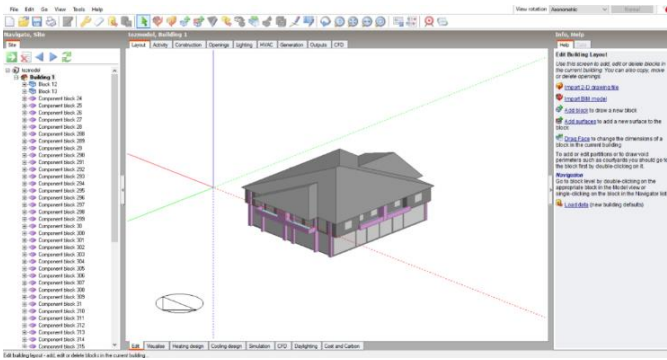
2. Materyal ve Metot

Çalışmada bodrum, zemin ve 1 normal kattan oluşan örnek bir konut binası kullanılmış olup, yapının mevcut halinde bulunan kırma çatıya ek olarak düz teras çatı ve yeşil çatı uygulamalarına ait farklı senaryolar üretilmiştir. Bu senaryolar TS 825 Standardındaki beş farklı iklim bölgesinde seçilmiş olan iller (Hatay (1. Bölge), Bursa (2. Bölge), Elazığ (3.Bölge), Sivas (4. Bölge) ve Kars (5. Bölge) için göz önünde bulundurulmuş ve

bütün senaryolar için binanın ısıtma ve soğutma değerleri DesignBuilder programında hesaplanmıştır.

2.1. DesignBuilder

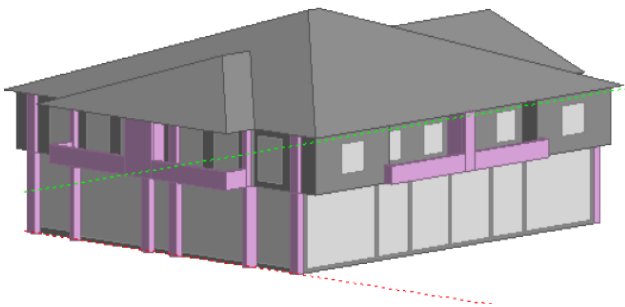
Design Builder, değişken koşullarda bina enerji performansını analiz eden Energy Plus tabanlı bir enerji benzetim yazılımıdır. Kolay kullanıma olanak sağlayan ve anlaşılır arayüzü sayesinde tüm binaların modellenmesi, ısıtma, soğutma, aydınlatma yüklerinin belirlenmesi, gün ışığı analizi, CO2 salımı vb. gibi birçok hesaplamayı aynı anda yapılabilme özelliğine sahiptir [12]. Yapı malzemeleri ve yapım teknikleri açısından alt yapısında oldukça geniş bir kütüphanesi bulunan yazılım ayrıca özel yapım elemanları, malzemeleri ve boyutlarına ait veri girişini de sağlayarak, farklı tasarımlardaki binaları modellemeye olanak vermektedir. Günümüzde enerjinin etkin ve doğru kullanımı gibi konuların giderek hayati önem arz etmesi sebebiyle Design Builder ve benzeri enerji benzetim programları bu alanlarda gelişmeye devam etmektedir. Programa ait kullanıcı arayüzü Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. DesignBuilder arayüzü (Figure 3. DesignBuilder interface)

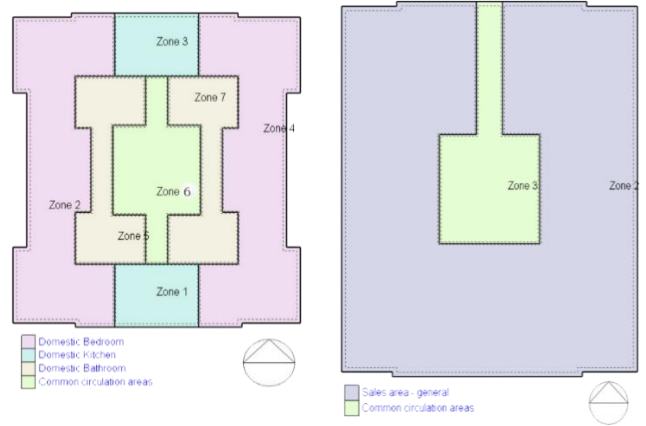
2.2. Örnek Bina ve Özellikleri

Çalışmada 3D modeli Şekil 4'te gösterilen bir konut yapısı ele alınmıştır. Bina zemin+1 kat olarak tasarlanmış zemin kat ticari alan olarak kullanıma ayrılmıştır. Ayrıca binanın bodrum katında depo alanları ve otopark bulunup bu bölümler hesaplamalara dahil edilmemiştir. Yapıda; normal katta 4 konut dairesi ve zemin katta 6 adet ticari alan yer almaktadır. Bina betonarme taşıyıcı sisteme sahip olup dış ve iç duvarlar tuğladır. Binanın mevcut çatısı geleneksel kırma çatı olup çatı elemanları ve diğer bileşenlerle birlikte Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 4. Mevcut binanın modeli (Figure 4. Model of existing building)

Binanın diğer yapı elemanları sabit tutularak çatı bileşenleri değiştirilmiş ve buna bağlı senaryolar oluşturulmuştur. 3 farklı çatı tipi kullanılarak oluşturulan senaryolar 5 farklı il için ayrı ayrı değerlendirilmiş ve hesaplamalar bu şekilde yapılmıştır. Öncelikle Design Builder programında mevcut konut bloğu modellenmiş ve iklim, etkinlik ve yapı malzemeleri modele tanımlanmıştır. Yapıda ısıtma yükleri birbirlerine yakın olan mekanlar birlikte ele alınmış ve bina zonlara (ısıtma bölgelerine) ayrılmıştır. Normal katlarda 7 ısıtma bölgesi oluşturulurken zemin kat 2 ısıtma bölgeye ayrılmıştır. Konut ve ticari alanlara ait belirlenmiş olan ısıtma bölgeleri Şekil 5'te verilmiştir. Meteorolojik veriler yazılımından [URL-1] Hatay, Bursa, Elazığ, Sivas ve Kars illeri için temin edilen meteorolojik veriler programa girilmiş ve her senaryo için bina ısıtma ve soğutma yüklerine ait hesaplamalar gerçekleştirilmiştir.



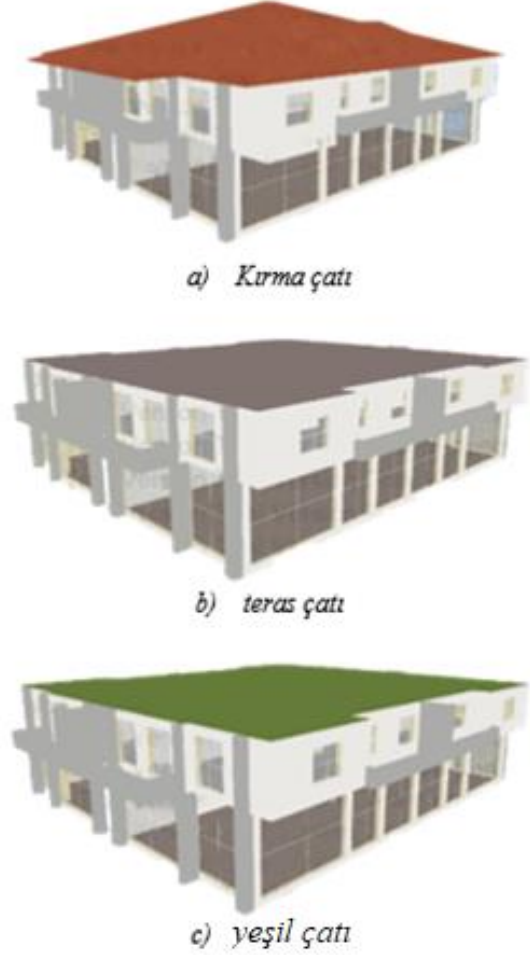
Şekil 5. Bina ısıtma Bölgeleri (Figure 5. Building thermal zones)

Tablo 1. Yapı elemanları (Table 1. structural elements)

Yapı Elemanları	Katmanlar (dıştan içe)	Kalınlık (mm)	İletkenlik (w/mk)	Yoğunluk (kg/m ³)
Duvar	sıva	30	0.5	1300
	taş yünü	40	0.03	100
	AAC blok	200	0.11	2800
	Alçı sıva	20	0.4	1000
Döşeme	Döşeme betonu	200	1.4	2100
	Taş yünü	50	0.03	100
	Tesviye betonu	60	0.38	1200
	Kaplama	2.5	1.8	2560
Pencere	Cam	3	Güneş geçirgenliği insidansı: 0.83 Güneş yansımaları insidansı: 0.75 Görünür geçirgenlik insidansı: 0.89 Görünür yansımaları insidansı: 0.81	
	Hava boşluğu	13		
	cam	3		

2.3. Oluşturulan Senaryolar ve Çatı Özellikleri

Binanın mevcut çatı türü olan kırma çatının yapı elemanları ve parametreleri programa girilerek hesaplama yapıldıktan sonra oluşturulan senaryolardaki çatı türleri için de kurgulanan parametreler programa dahil edilip hesaplamalar yapılmıştır. Kullanılan çatı elemanları Tablo 2'de gösterilmiştir. Farklı çatı türlerine ait görseller Şekil 6'da görüldüğü gibidir.



Şekil 6. Çatı türleri (Figure 6. Roof types)

Tablo 2. Çatı elemanları (Table 2. Roof elements)

Senaryo	Çatı Bileşenleri	Kalınlık (mm)	İletkenlik (W/mK)	Öz Isı (J/kgK)	Yoğunluk (kg/m ³)
Mevcut Durum Kırma Çatı (U değeri: 0,51 W/m ² K)	Kiremit	25	2.00	837	2243
	Su Yal.	6	0.190	840	960
	Ahşap Kaplama	20	1.340	1340	1010
	Eğim Betonu	50	1.400	650	2100
	Isı Yal.	110	0.035	1400	35
	Su Yal.	5	0.190	840	960
	Bet. Döş.	150	2.500	1000	2400
	Tavan Sıvası	25	0.510	960	1120
Senaryo 2 Yeşil Çatı (U değeri: 0,19 W/m ² K)	Bitki Katmanı	100	0.300	1000	1000
	Toprak	100	0.069	880	260
	Filter Katmanı	1	0.220	1800	910
	Drenaj	25	0.500	1800	980
	Ayrılcı Tabaka	5	0.190	1200	1400
	Eğim Betonu	50	1.400	650	2100
	Isı Yal.	110	0.025 2	1000	700
	Su Yal.	5	0.036	840	160
	Bet. Döş.	150	2.500	1000	2400
	Tavan Sıvası	25	0.510	960	1120
Senaryo 3 Teras Çatı (U değeri: 0,72 W/m ² K)	Çakıl	50	0.520	180	2050
	Keçe	10	0.05	1300	120
	Eğim Betonu	50	1.400	650	2100
	Isı Yal.	70	0.035	1400	35
	Su Yal.	5	0.190	840	960
	Bet. Döş.	150	2.500	1000	2400
	Tavan Sıvası	25	0.510	960	1120

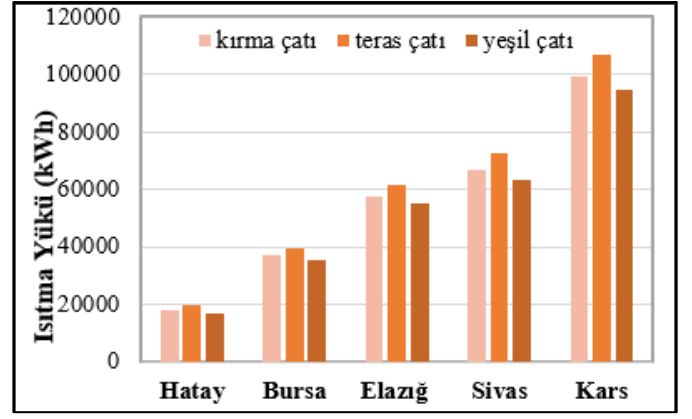
3. Bulgular ve Değerlendirme

Bu çalışmada bir konut bloğunun farklı iklim bölgelerinde hangi çatı türüyle en iyi enerji performansı göstereceği araştırılmıştır. Farklı iklim bölgelerinden olmak üzere 5 farklı il seçilmiş ve senaryolar bu iller üzerinden kurulmuştur. Elde edilen veriler tablo ve grafiklerle açıklanmış ve karşılaştırmalı sonuçlar gösterilmiştir. Her il için farklı senaryolara ait sonuçlar tablo şeklinde belirtilmiş ve illerin karşılaştırılması grafiklere aktarılmıştır.

Tablo 3. Elde edilen veriler (Table 3. The data obtained)

Çatı Türleri	Elazığ	
	Isıtma yükü (kWh)	Soğutma yükü (kWh)
Kırma çatı	57334.69	43625.8
Teras çatı	61892.25	45513.5
Yeşil çatı	54929.75	42882.2
Çatı Türleri	Hatay	
	Isıtma yükü (kWh)	Soğutma yükü (kWh)
Kırma çatı	18088.74	83261.05
Teras çatı	20052.02	85022.33
Yeşil çatı	16872.66	81042.94
Çatı Türleri	Kars	
	Isıtma yükü (kWh)	Soğutma yükü (kWh)
Kırma çatı	99570	10550
Teras çatı	107110	11130
Yeşil çatı	94745.39	9965
Çatı Türleri	Sivas	
	Isıtma yükü (kWh)	Soğutma yükü (kWh)
Kırma çatı	66627.58	18467.4
Teras çatı	72554.82	18606
Yeşil çatı	63320.61	18020.6
Çatı Türleri	Bursa	
	Isıtma yükü (kWh)	Soğutma yükü (kWh)
Kırma çatı	36964.95	45234.16
Teras çatı	39617.31	49787.98
Yeşil çatı	35295.99	43576.2

Elde edilen sonuçlara göre tüm iklim bölgelerinde yeşil çatı uygulamalarıyla hem ısıtma hem de soğutma yükü bakımından daha olumlu sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 7-8). Sonuçlar değerlendirildiğinde:



Şekil 7. Farklı çatı türleri için ihtiyaç duyulan ısıtma yükleri (Figure 7. Heating loads needed for different roof types)

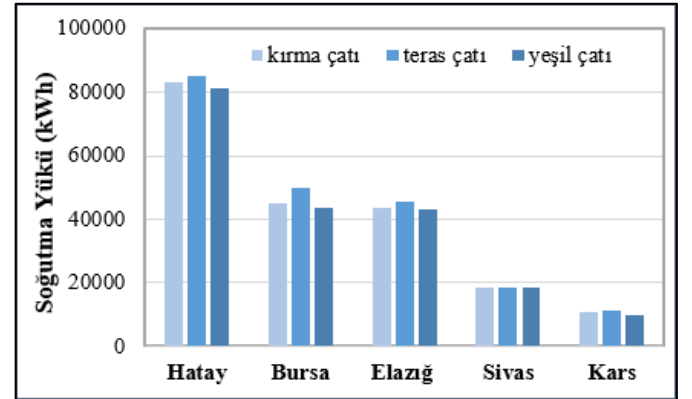
• Yeşil çatıların bina ısıtma yüküne olumlu etkisi sırasıyla Elazığ'da %4.2, Hatay'da %6.7, Kars'ta %4.9, Sivas'ta %5 ve Bursa'da %4.5 olarak hesaplanmıştır.

• Yeşil çatıların bina soğutma yükü üzerindeki olumlu etkisi sırasıyla; Elazığ'da %2, Hatay'da %2.7, Kars'ta %5.4, Sivas'ta %2.5 ve Bursa'da %3.7 olarak hesaplanmıştır.

Teras çatılar ise mevcut kırma çatıya ve yeşil çatıya göre daha olumsuz sonuçlar ortaya çıkarmıştır. Buna göre:

• Teras çatıların bina ısıtma yüküne olan etkisi kırma çatıya göre; Elazığ'da %8, Hatay'da %10.8, Kars'ta %7.5, Sivas'ta %8.8 ve Bursa'da %7 oranında artmıştır.

• Teras çatıların bina soğutma yüküne etkisi ise kırma çatıya göre; Elazığ'da %4.3, Hatay'da %2.2, Kars'ta %5.5, Sivas'ta %1 ve Bursa'da %10 oranında artış göstermiştir.



Şekil 8. Farklı çatı türleri için ihtiyaç duyulan soğutma yükleri (Figure 8. Cooling loads needed for different roof types)

Yeşil çatıların ısıtma yüküne etkisinin soğutma yüküne olan etkisinden daha fazla olduğu tüm illerde ortak olarak karşımıza çıkmaktadır. Yeşil çatıların ısıtma yüküne olumlu etkisi ele alınan iller bazında değerlendirildiğinde en fazla sıcak iklim bölgesinde (1. Bölge) yer alan Hatay (%6.7) ilinde görülmektedir. Daha sonra sırasıyla Sivas (%5), Kars (%4.9), Bursa (%4.5) ve Elazığ (%4.2) illeri takip etmektedir.

Yeşil çatıların soğutma yüküne etkisi ise en yüksek % 5.4 oranla Kars'ta (5. Bölge) ortaya çıkmıştır. Sırasıyla diğer illerde ise; Bursa (% 3.7), Hatay (%2.7), Sivas (% 2.5) ve Elazığ (%2) olarak görülmektedir.

Teras çatıların ısıtma yüküne etkisi iller bazında değerlendirildiğinde ise en fazla etkinin görüldüğü il yine Hatay

(1. Bölge) olarak karşımıza çıkmaktadır. Teras çatının normal kırma çatıya oranla %10.8 daha fazla enerji gereksinimi ortaya çıkardığı görülmüştür. Bunu sırasıyla Sivas (%8.8), Elazığ (%8), Kars (%7.5) ve Bursa (%7) takip etmektedir.

Teras çatıların soğutma yüküne etkisi incelendiğinde kırma çatı ve yeşil çatıya oranla daha fazla enerjiye ihtiyaç duyduğu saptanmıştır. Teras çatıların en fazla soğutma yüküne ihtiyaç duyduğu il olan Bursa'da (2. Bölge) normal kırma çatıya oranla %10 daha fazla bina soğutma enerjisi harcadığı görülmektedir. Sırasıyla diğer illerde ise soğutma yükünün Kars (%5.5), Elazığ (%4.3), Hatay (%2.2) ve Sivas (%1) olmak üzere daha fazla enerjiye ihtiyaç duyduğu görülmektedir.

4. Sonuç

Tüm sonuçlar ele alındığında yeşil çatı sistemlerinin tüm iklim bölgelerinde bina ısıtma ve soğutma yüklerine etkisinin daha fazla olduğu görülmektedir. Yeşil çatılar hem mevcut kırma çatı sistemine hem de teras çatı sistemlerine göre daha avantajlı sonuçlar ortaya koymuştur. Bu nedenle yeşil çatılar enerji korunumu bakımından uygulanması en doğru seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır.

Çatılar yalnızca binanın üzerini örten yapı elemanı olarak değil aynı zamanda binanın enerji performansına etki eden, yapıya estetik değer katan ve yapının iç konfor şartlarını sağlamakta önemli payı olan sistemler olarak düşünülmelidir. Bu nedenle binalar enerji etkin yapılar kapsamında tasarlanırken en uygun çatı uygulamaları seçilmeli ve böylece çevresel ve ekonomik açıdan fayda sağlanmalıdır.

Kaynakça

- [1] Akyıldız, N. A. (2020). Evaluation of Public Tender Law Changes in Turkey in Context of Economic Sustainability. *International Journal of Scientific Research and Management*, 8(5), 18- 28.
- [2] Bektaş Ekici, B. and Akyıldız, N. A. (2021). 'Effect of Green Wall Systems on Building Heating and Cooling Loads in Sustainable Design.' *Architectural Sciences and Technology*, Livre De Lyon, Book Chapter, 281-299, ISBN: 978-2-38236-136-8.
- [3] Engin, N. (2012). Enerji Etkin Tasarımda Pasif İklimlendirme: Doğal Havalandırma, *Tesisat Mühendisliği*, 129, 62-70.
- [4] Efe Yavaşcan, Emel ve URAK, Zehra Gediz (2019), Geleneksel Niğde Evlerinde Enerji Etkin Yapı Tasarımının İncelenmesi, *İdil Sanat ve Dil Dergisi* 2019, 56, 503-513.
- [5] Berköz, B., Yılmaz Aygün, Z., Kocaaslan, G., Yıldız, E., Ak, F. (1995). Enerji etkin konut ve yerleşme tasarımı. *Tübitak-Intag*, Proje No:201, İ.T.Ü., İstanbul..
- [6] Koca, A. (2005). Farklı çatı tiplerinde laminar doğal konveksiyonla ısı transferinin sayısal olarak incelenmesi, *Doktora Tezi*, Fırat Üniversitesi, Elazığ.
- [7] Yaman, Ö., Şengül, Ö., Selçuk, H., Çalığıuş, O., Kara, İ., Erdem, Ş., Özgür, D. (2015). Binalarda Isı Yalıtımı ve Isı

Yalıtımı Malzemeleri, *Türkiye Mühendislik Haberleri (TMH)*, 487, 62-75.

- [8] Gülten, A. & Turan, B. K. (2020). Yeşil Çatıların Farklı Bina Formları İçin Soğutma Yüküne Etkisini İncelenmesi: Elazığ Ve Antalya Örneği. *Ejons International Journal*, 4(14), 220-239.
- [9] M Yao, Y., Zhu, S., Wang, H., Li, H., ve Shao, M. (2018). A spectroscopic study on the nitrogen electrochemical reduction reaction on gold and platinum surfaces. *Journal of the American Chemical Society*, 140(4), 1496-1501
- [10] Ayçam, İ. & Kınalı, M. (2013). Ofis Binalarında Yeşil Çatıların Isıtma ve Soğutma Yüklerine Olan Etkilerinin Analizi. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 135, 26-34..
- [11] Ferrante, P., La Gennusa, M., Peri, G., Scaccianoce, G. ve Sorrentino, G. (2015). Comparison between conventional and vegetated roof by means of a dynamic simulation. *Energy Procedia*, 78, 2917-2922.

[URL-1] <https://meteonorm.meteotest.ch/en/>