



Megaron

<https://megaron.yildiz.edu.tr> - <https://megaronjournal.com>
DOI: <https://doi.org/10.14744/MEGARON.2022.46959>

MEGARON

Makale [Article in Turkish]

Cephe yönelmesinin tarihi konutların enerji kullanımına etkileri: Güneybatı Anadolu’da dış sofalı konutlar

Barış Ali TİMUR¹, Tahsin BAŞARAN², Başak İPEKOĞLU^{3*}

¹Serbest Mimar

²İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, İzmir, Türkiye

³İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mimarlık Fakültesi, Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü, İzmir, Türkiye

¹Freelance Architect

²Department of Architecture, Faculty of Architecture, İzmir Institute of Technology, İzmir, Turkey

³Department of Conservation and Restoration of Cultural Heritage, Faculty of Architecture, İzmir Institute of Technology, İzmir, Turkey

MAKALE BİLGİSİ

Makale Hakkında

Geliş: 08 Eylül 2021

Revizyon: 03 Mart 2022

Kabul: 04 Mart 2022

Anahtar sözcükler:

Dış sofalı konut; ısı simülasyonu;
tarihi yapı; yönelme

ARTICLE INFO

Article history

Received: 08 September 2021

Revised: 03 March 2022

Accepted: 04 March 2022

Key words:

Historical house with exterior
hall; thermal simulation; historical
building, orientation

The effects of facade orientation to the energy use of historical houses: Houses with exterior hall (sofa) in Southwestern Anatolia

EXTENDED ABSTRACT

Sustainable urbanism and energy-efficient updating of built-up environments have become the subject of extensive academic literature and an industrious implementation area for the construction sector. This interest mostly stems from a worldwide trend of national legislative and financial initiatives originating from a well-justified consensus of the international society on promoting the conservation of natural resources and preventing climate change. In the analytical essence of research that supports these initiatives, there lies the inquiry of specifying thermal behaviour and energy requirements of buildings. Among many variables such as thermophysical properties of construction materials, building form, urban pattern and local weather conditions; facade orientation is accepted as a significant design parameter determining energy consumption rates of buildings. Especially in the new building design field, this parameter has often been examined for distinct settlements and building types to develop case-specific optimisation decisions. However, studies that analysed the correlation between orientation and the energy consumption of historical buildings are very limited, even though such studies would have the potential of determining thermal properties and the capabilities of historical structures to re-identify the technical and cultural values of this heritage as well as establishing supporting data for planning and conservation of historical settlements. The aim of this study is to investigate whether there is a significant relationship between the dominant facade orientation preference of a specific historical building type and its energy demand rates. The method of the study is thermal modelling and simulations on DesignBuilder v5.4.0.21 software. Complementary to these works, on-site thermal measurements of outside air temperature and relative humidity parameters, and laboratory analyses on thermophysical properties of sample historical construction materials were also conducted. With the study, orientation input of a virtual building model, which was formed using architectural features of an example 19th century historical house, was altered between cardinal and ordinal directions, and the model was simulated accordingly to calculate and compare its heating and cooling energy demands. Functional

*Sorumlu yazar / Corresponding author

*E-mail adres: basakipekoglu@iyte.edu.tr



Published by Yıldız Technical University Press, İstanbul, Turkey

Copyright 2022, Yıldız Technical University. This is an open access article under the CC BY-NC license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

schemes for the spaces of the building model were scheduled as if the building was utilised by its original users. Simulations were executed for two comparative result sets as firstly thermal calculations were performed for the building model with surrounding masses and landscape elements, and secondly for the model without these components. This study is based on experimental examinations of quantitative data. Historical houses with exterior halls were chosen for the study case as they are a very common building type in the Anatolian geography and Muğla city was selected for sample settlement as it inhabits a significant portion of well-conserved historical houses of this type. The numerical result sets of this study reflect the conditions specified for the study case-building type within the sample settlement, yet the conclusions have the potency of generalisation once being supported by possible future works. Through the simulations, final system loads, which are independent of the types and efficiency rates of heating and cooling instruments as well as the consumed fuel types, were calculated as an indicator of annual energy demand rate per unit area (kWh/m^2). It was specified that the energy demand rate difference between the optimum and the worst orientation cases is very minimal and between 1.3% and 2.2%. Also, complementary to this result, it was determined that the effects of surrounding masses and landscape elements on the building energy use are very nominal too; as only an average 5.0% energy demand difference was found between the simulation results of building models with and without these surrounding components. According to simulation results, it was determined that the energy use of historical houses with the exterior hall is mostly independent of the change in orientation and therefore, there is not a noteworthy correlation between the dominant orientation preferences observed in the example settlement, Muğla and the building energy demand rates of the examined building type. As trying to establish one of the initial research attempts on a very scarcely-studied, yet - with academic and practical potentials - being an important research topic that is the examination of facade orientation preferences of Anatolian historical buildings, with this study, it was sought to call attention to the importance of determining the thermal properties of the architectural heritage of this geography as to support the conservation and planning decision-making.

ÖZ

Cephe yönlenme durumu, yapıların enerji kullanım miktarlarını etkileyen önemli bir tasarım parametresi olarak kabul edilmektedir. Bu parametre özellikle yeni yapı tasarımı alanında, yönlenme optimizasyon kararları geliştirmek üzere birçok araştırmada incelenmiştir. Buna karşılık, tarihi yapıların yönlenmesi ve enerji kullanım miktarları arasındaki ilişkiyi irdeleyen çalışmalar sınırlıdır. Bu çalışmanın amacı, Anadolu coğrafyasında yaygın bir tarihi yapı türü olan dış sofalı konutların Muğla kenti örnek yerleşimindeki hâkim yönlenme durumları ile enerji kullanım düzeyleri arasında belirgin bir ilişki olup olmadığının araştırılmasıdır. Araştırma yöntemi, DesignBuilder v.5.4.0.21 yazılımında gerçekleştirilmiş olan yapı ısı modellemesi ve simülasyonudur. Çalışmada, örnek bir tarihi konutun mimari özellikleri kullanılarak oluşturulmuş sanal bir yapı modelinin sofa yönlenme durumu, ana ve ara yönlere göre değiştirilerek ısı simülasyonları gerçekleştirilmiş ve simülasyonlar sonucu hesaplanan ısıtma ve soğutma enerji ihtiyaçları karşılaştırılmıştır. Simülasyonlar, karşılaştırmalı olarak önce yapı çevresindeki kütle ve peyzaj elemanlarıyla sonra bu elemanlar olmadan iki sonuç seti için gerçekleştirilmiştir. Simülasyonlar sonucunda, örnek yapı türü için en iyi ve en verimsiz yönlenme durumları arasında enerji kullanımı açısından hesaplanan oransal farkın %1,3 ile %2,2 arasında olduğu saptanmıştır. Bu sonuca göre, örnek yapı türü enerji kullanım durumunun çok yüksek oranda yönlenmeden bağımsız olduğu, bu nedenle de örnek yerleşimdeki dış sofalı konutlar için hâkim yönlenme tercihi ile yapı enerji kullanım düzeyleri arasında dikkate değer bir ilişki olmadığı belirlenmiştir.

Atıf için yazım şekli: Timur BA, Başaran T, İpekoğlu B. The effects of facade orientation to the energy use of historical houses: Houses with exterior hall (*sofa*) in Southwestern Anatolia. Megaron 2022;17(1):23–34. [Article in Turkish]

GİRİŞ

Yapıların enerji kullanım düzeyi, dış ortam sıcaklık ve nem değerleri, güneş ışınımı miktarı, hâkim rüzgâr yönü ve hızı gibi çevresel faktörler ile yapı formu, saydam/opak yüzey alanı oranları, yönlenme, yapı malzemelerinin termofiziksel özellikleri, gölgeleme elemanlarının varlığı, çevredeki yapılar, ayrıca ağaç, havuz ve yüksek avlu duvarı gibi peyzaj elemanlarının durumu, yapı ısıtma, soğutma ve aydınlatma sistemlerinin verimi ile yapı kullanım türü ve yoğunluğu gibi tasarım parametrelerine bağlıdır (Bektas Ekici ve Aksoy, 2011; Pacheco ve ark., 2012). Bu parametreler arasında öne çıkan yapı yönlenme seçimi, birçok araştırmaya konu olmuş önemli bir değişkendir (Andersson ve ark., 1985; Gupta ve Ralegaonkar, 2004; Chwieduk ve Bogdanska, 2004; Aksoy ve Inalli, 2006; Pacheco ve ark., 2012; Dhar ve ark., 2014; Kontoleon, 2015; Amaral ve ark.,

2016; Chandel ve ark., 2016). Bu değişken, yapı ısı davranışını özellikle güneş ışınımı kaynaklı ısı kazancı ile gökyüzü ışınımı ve hâkim rüzgâr yönü kaynaklı ısı kayıp mekanizmalarıyla etkilemektedir. Bu mekanizmalar açısından farklı yönlenmelerdeki yapı opak ve saydam yüzeylerinin konumu, oranı ve termofiziksel özellikleri önemli bir belirleyici olmaktadır. Ayrıca farklı yönlenmelerde, yapı çeperinde bulunan çevre kütleler ile peyzaj ve gölgeleme elemanları, güneş ve gökyüzü ışınım düzeylerine etkileri ve rüzgâr kesici işlevleriyle bu mekanizmaların ısı açıdan farklı işleme-yine yol açabilmektedir. Yapı enerji kullanımını ve yönlenme durumu arasındaki ilişkiyi araştıran çalışmalar, genellikle belli coğrafya/iklim koşulları altındaki yapı tasarımları için optimum kütle formu ve cephe yönlenme kriterlerini belirleyerek yapı ısıtma ve soğutma enerji kullanım miktarlarını azaltmaya odaklanmıştır. Bu araştırmalar arasında

incelediği örnekleri çağdaş yapılardan seçenler (Andersson ve ark., 1985; Gupta ve Ralegaonkar, 2004; Chwieduk ve Bogdanska, 2004; Aksoy ve Inalli, 2006; Dhar ve ark., 2014; Kontoleon, 2015; Amaral ve ark., 2016) olduğu gibi tarihi yapıları irdeleyen çalışmalar da vardır. Tarihi yapıları araştıran sınırlı sayıdaki bu çalışmalar, genellikle yerel mimari geleneklerin yüzyıllardır süregelen kültürel aktarım ve deneme yanılma yöntemleriyle elde ettiği yapı enerji kullanımını konusundaki birikimlerini değerlendirerek yeni yapı tasarımları için enerji verimi sağlayan yere ve iklime uyumlu mimari çözümler oluşturmayı amaçlamaktadır. Ayrıca tarihi yapılarda bulunan mekânların yapı kütlesi içindeki konumu ve yönlenmesi ile kullanıcıları için sağlayabileceği ısı konfor durumlarının ilişkilendirilerek çözümlenmesi de önemli bir araştırma alanıdır. Oikonomou ve Bougiatioti (2011), Yunanistan'ın Florina kenti için gerçekleştirdikleri çalışmalarında geleneksel konutların yapı sistemleri ile ısı ve aydınlanma konfor özelliklerini incelemiştir. Yerinde ölçüm ve yapı simülasyonu araçlarının kullanıldığı çalışmada, yapıların hâkim kütle yönlenme eğiliminin daha çok güney ve doğuya doğru olduğu; bu seçimin en önemli nedeninin ise güneş radyasyonu ve hâkim rüzgâr yönünün en iyi şekilde kullanımı olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, araştırma sonucunda yerel iklim ve yapı malzemelerinin geleneksel konutların plan ve cephe tipolojilerinin oluşumunda tek başına etkili olmadığı; bu parametrelere tamamlayıcı olarak sosyokültürel değişkenlerin etkin olduğunun belirtilmesi dikkati çekmektedir. Harrouni (2015), Fas'ın Medine kentindeki geleneksel bir konut için yürüttüğü çalışmasında yönlenme, gölgeleme elemanı, kat yüksekliği, çevre kütle yükseklikleri, ısı yalıtım durumu ve hava sızdırmazlık parametrelerini değiştirerek ısı simülasyonlar gerçekleştirmiş ve bu parametrelerin yapı ısı davranışına etkilerini, yeni konut tasarımlarına yardımcı bir kaynak oluşturması için değerlendirmiştir. Çalışma sonucunda, kış sezonu özelinde yapı cephe yönlenme durumunun iç mekân ısı durumuna etkisinin düşük olduğu belirtilmiştir. Bayraktar ve arkadaşları (2017) yaptıkları çalışmada, İzmit/Türkiye'deki tarihi bir okul yapısı için farklı yönlenmelere sahip sınıflardaki mekân içi sıcaklık, nem ve hava hızı değerleri ile ısı konfor durumlarını karşılaştırmışlardır. Çalışmada yöntem olarak yerinde ısı ölçümler ve kullanıcı anketleri kullanılmıştır. Almumar (2019), yaptığı çalışma ile Erbil/İrak'taki tarihi konutlarda, genel bir mimari gelenek olarak, avlu mekânının yapı parselleri geometri ve yöneliminden bağımsız biçimde konumlandırıldığını, bu geleneğin ise konut mekânları için optimum yönlenme avantajı oluşturduğunu göstermiştir. Çalışmada doğu, güneydoğu, güney ve güneybatı yönlerinin mekânlar için daha iyi bir yönlenme sağladığı belirtilmiştir. ElAzhary ve arkadaşları (2019) yaptıkları çalışmada, Fas'ta sıcak/kurak iklime sahip Rissani kentindeki geleneksel bir yapının farklı yönlenmelerdeki ısı davranış değişimlerini belirlemişlerdir. Isı davranış gösterge parametreleri olarak iç mekân

sıcaklık değişimi ve duvarlar tarafından absorbe edilen toplam güneş radyasyonu değerleri kullanılmıştır. Alwetaishi ve arkadaşlarının (2020) yaptıkları araştırma ile Suudi Arabistan'ın Taif kentindeki iki tarihi saray yapısının enerji ihtiyaçları ve mekânsal ısı konfor durumları, yerinde ısı ölçüm, ısı görüntüleme ve bina enerji simülasyonu araçlarıyla belirlenmiştir. Çalışmanın sonucunda, güney ve batı yönelimli mekânların buldukları iklim için en verimsiz ısı performansı sergiledikleri belirtilmiştir. Bu çalışmalara ek olarak, yapı yönlenme ve enerji davranışı ilişkisini araştırma kapsamının ana odağında bulundurmamalarına rağmen tarihi yapıları kullanıcı ısı konforu, enerji verimi veya sürdürülebilir mimari tasarım kriterleri gibi değişkenlere göre analiz eden ve bu analizlerinde inceledikleri yönlenme değişkeninin de önemine dikkati çeken çalışmalar bulunmaktadır (Anna-Maria, 2009; Ayçam ve Varshabi, 2016; Soflaei ve ark., 2016; Philokyprou ve ark., 2017).

Tarihi yapıların buldukları iklim ve yerleşme bağlamında hâkim yönlenme durumları bakımından çözümlenmesi, mimari miras örneklerinin ne türden tasarım değişkenleri gözetilerek oluşturulduğunun belirlenmesi bakımından da önem taşır. Bu belirleme, mimarlık ve şehircilik tarihi araştırmaları açısından yeni analitik bakış açıları geliştirilmesine olanak sağlayacağı gibi tarihi yapıların ısı özellikleri bakımından daha iyi tanınması ile bu yapıların bulunduğu yerleşmeler için geliştirilecek koruma ve planlama kararları kapsamında daha gerçekçi ve yerleşmeye özel önlemler alınmasına yardımcı olacaktır. Bu bağlamda, bu çalışmanın amacı, yaygın bir tarihi yapı türü ve bu yapı türünün yoğun gözlemlendiği örnek bir yerleşme için hâkim yönlenme tercihleri ile bu yapıların enerji kullanım durumları arasında belirgin bir ilişki olup olmadığını sayısal verilerle araştırmaktır. Çalışma kapsamında, çevredeki kütlelerin tarihi yapıların enerji kullanımına gösterdiği olası etkiler de belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışma, tarihi yerleşmeler için hâkim cephe yönlenme durumunu sayısal verilerle irdeleyen literatürdeki sınırlı sayıdaki araştırmalara katkıda bulunmayı ve özellikle Anadolu mimari miras örneklerinin bu konuda değerlendirilmesinin önemine dikkati çekmeyi hedeflemektedir.

ÖRNEK YAPI TÜRÜ VE YERLEŞME

Çalışmada, dış sofalı tarihi konutların yönlenme durumu, Batı Anadolu'da yer alan Muğla kent merkezinde incelenmiştir. Dış sofalı konutların çalışma konusu olarak seçilmesi, bu plan tipinin Anadolu'da yaygın bir konut plan türü olmasına dayalıdır. Muğla kent merkezindeki tarihi konutların da yaklaşık üçte ikisi (%63) dış sofalı yapılar olarak inşa edilmiştir (Değer, 2012). Bu yapılardaki kapı ve pencere açıklıkları genellikle tek cephede konumlanmış ve sofaya açılır şekilde tasarlanmıştır. Bu durum, bu konut tipinin sofa mekânı odaklı belirgin bir cephe yönlenme tercihi ile tasarlanmış olduğunu göstermektedir. Yerleşmedeki tarihi konutların sofa cepheleri, %74 oranında güney ve güneye

komşu ara yönler (%43 güney, %13 güneydoğu ve %18 güneybatı), %10 oranında doğuya, %4 oranında batıya ve %12 oranında kuzey ve kuzeye komşu ara yönler yönlenmiştir (Değer, 2012). Yapıların güneye yönlendirilerek tasarlanmasının, kuzey yarım kürede bulunan yerleşmeler için optimum yönlenme sağlayacağı genel bir kabuldür (Mingfang, 2002). Muğla kentindeki tarihi konut yapılarının genel olarak bu mimari çözümden faydalandığı ileri sürülebilir.

Muğla kenti, Anadolu'nun güneybatısında bulunmaktadır. Yaz aylarını kuru ve sıcak, kış aylarını ise ılıman ve bol yağışlı geçiren kent (Tablo 1), Köppen-Geiger İklim Sınıflandırma Sistemi'ne göre *tipik Akdeniz (Csa)* iklim türü özellikleri sergilemektedir (Kottek ve ark., 2006). Kent ve yakın çevresi, Türkiye coğrafyasında Artvin-Rize bölgesinden sonra en çok yağış alan bölgelerdendir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü 1). Kentte hâkim rüzgâr yönü kuzeybatıdır.

Bu çalışmanın ısı analiz modellerinin hazırlanması için Muğla tarihi kent merkezi Sekibaşı Caddesi üzerinde bulunan Gürsel Evi örnek yapı olarak belirlenmiştir (Şekil 1). Yapının inşaa dönemi, 19. yüzyılın ikinci yarısıdır. Yapı, 670 metre rakımda bulunmaktadır. Dış sofalı tasarlanmış yapının sofa bölümü, kuzeyde bulunan avluya yönelmiştir (Şekil 2). Oldukça yoğun bir kent dokusu içinde konumlanan yapının batı ve doğu yönlerinde komşu yapı kütleleri, güney yönünde ise dar bir sokak bulunmaktadır. İki katlı yapının giriş katında Z2, Z3 ve Z4 kapalı mekânları, üst katında ise 1K2 ve 1K3 kapalı mekânları vardır. İçinde özgün ocak elemanı bulunan Z2, 1K2 ve 1K3 mekânlarının Anadolu geleneksel konutu başlıca mekânlarından olan çok fonksiyonlu birim oda (Kuban, 1995) özelliği gösterdikleri, ocak bulunmayan Z3 mekânının ise özgün durumda depo olarak

kullanıldığı kabul edilmiştir. Zemin kattaki Z4 mekânının, yapının giriş katındaki sofanın batı kanadının sonradan kapatılmasıyla elde edildiği anlaşılmaktadır. Bu nedenle, özgün tasarımda bulunmayan bu mekân, yapıyı örnek olarak oluşturulmuş ısı analiz modellerine eklenmemiştir. Ayrıca, Muğla tarihi konutlarında yaygın olarak görülmeyen üst kattaki güney yol cephesi pencereleri de ısı modellerde işlenmemiştir. Böylece örnek yerleşmedeki tarihi konutlar için daha genel bir tercih olarak gözlenen açıklıkların sadece sofa cephesinde konumlanmış olması özelliğinin değerlendirilmesi sağlanmıştır. Sofa cephesinde, toplam pencere alanının cephe alanına oranı %14,2'dir. Yapının özgün kullanımında ısıtıldığı düşünülen mekânlar (Z2, 1K2 ve 1K3) için hesaplanmış toplam ısı transfer yüzey alanının brüt hacme oranı 1,26'dır (Tablo 2). Yapının toplam oturma alanı 95,5 m²'dir. Yapıda ısıtılan mekânların net kullanım alanları toplamı 57,4 m²'dir (Z2/14,2 m², 1K2/20,9 m², 1K3/22,3 m²). Yapının giriş katındaki duvarlar, yığma taş örgüdür. Bu kattaki duvarların kalınlıkları 41 cm ve 60 cm, toplam ısı geçiş katsayıları (U-değerleri) ise 3,087 ve 2,595 W/m²K aralığında değişmektedir. Bu taş duvarlar, yapının doğu ve batı cephelelerinde üst katta da devam eder. Üst kattaki diğer duvarlar, ahşap iskelet arası kerpiç dolgu sistemde olup bu duvarların kalınlığı 16 cm, toplam ısı geçiş katsayıları (U-değerleri) ise 2,416 W/m²K'dır. Yapıdaki kapı ve pencere doğramaları ahşaptır. Pencerelerin özgün durumda tek camlı olduğu düşünülmüş ve analiz modellerindeki pencereler bu şekilde oluşturulmuştur. Yapının katlar arası döşeme sistemini, yükseklikleri 8 ile 12 cm arasında değişen ahşap kirişler üzerine yerleştirilmiş 2 cm kalınlığındaki kaplama tahtaları oluşturmaktadır. Bu sistem, alttan kaplamasız yani kirişler açıkta bırakılmış şekilde inşaa edilmiştir.

Tablo 1. Muğla kentine ait mevsim normalleri/1991-2020 (Meteoroloji Genel Müdürlüğü 2)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ortalama sıcaklık (°C)	5,4	6,2	9,0	12,8	18,0	23,4	27,0	27,0	22,2	16,5	10,6	6,7	15,4
Ortalama en yüksek sıcaklık (°C)	10,4	11,6	15,1	19,4	25,1	30,6	34,5	34,6	30,0	23,8	17,2	11,8	22,0
Ortalama en düşük sıcaklık (°C)	1,6	2,1	3,9	7,1	11,6	16,7	20,4	20,5	15,6	10,6	5,7	3,0	9,9
Ortalama güneşlenme süresi (saat)	3,0	3,6	5,2	6,7	7,8	9,2	10,0	9,8	8,4	5,9	3,6	2,5	6,3
Ortalama yağışlı gün sayısı	13,4	13,0	11,1	10,5	8,7	4,4	2,5	2,2	3,4	6,8	9,4	13,8	99,3
Aylık toplam yağış miktarı ortalaması (mm)	219,6	169,5	119,6	74,4	56,9	27,7	15,1	14,9	25,9	72,8	139,2	229,6	1165,2

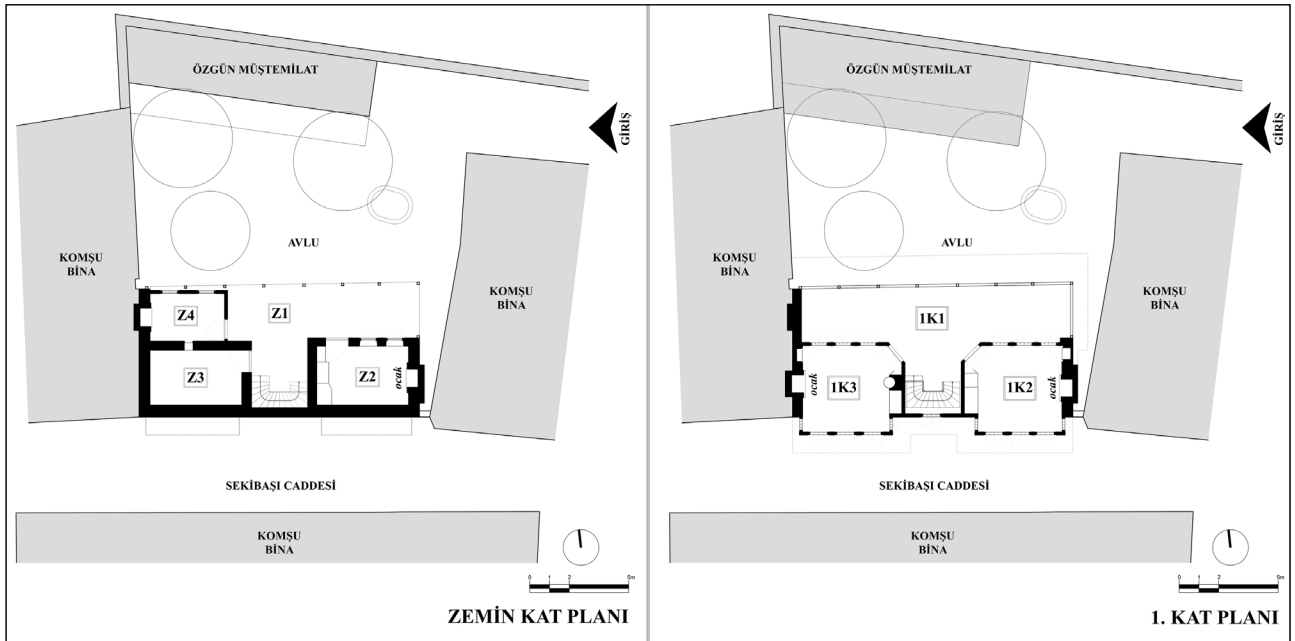


Şekil 1. Gürsel Evi/avludan görünüm.

YÖNTEM

Araştırma yöntemi, örnek yapının ısı davranışına etkiyen değişkenlerin belirlenmesi için gerçekleştirilmiş veri toplama aşaması ile bu aşamayı takip eden modelleme ve simülasyon etabından oluşmaktadır (Şekil 3). Veri toplama

ma aşamasında, yerinde gerçekleştirilmiş mimari belgeleme çalışmaları ile yapının geometrisi, yapım sistemleri ve mimari eleman özellikleri belirlenmiş; laboratuvar incelemeleri ile yapıda kullanılmış tarihi yapım malzemelerinin termofiziksel özellikleri tespit edilmiş; literatür araştırması sonucu özgün kullanıcı profili oluşturulmuş; yerinde alınan ısı ölçümler, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen iklim istatistikleri (Meteoroloji Genel Müdürlüğü 3) ve *Meteororm v.6.1* yazılımı kullanılarak simülasyon iklim verisi hazırlanmıştır. Modelleme ve simülasyon etabında ise veri toplama aşamasında belirlenmiş yapı özellikleriyle oluşturulmuş üç boyutlu yapı modelinin sofa yönlenme durumu, ana ve ara yönlere göre değiştirilmiş; her durum için modelin zamana bağlı, dinamik ısı simülasyonları gerçekleştirilmiş ve bu simülasyonlar sonucu hesaplanan ısıtma ve soğutma ihtiyaçları karşılaştırılmıştır. Yapı modelleme ve simülasyon işlemleri, *DesignBuilder v.5.4.0.21* yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yapı modelleri, komşu kütleler ve müstemilat gibi çevre yapılar ile ağaç ve avlu duvarı gibi peyzaj elemanlarının ısı etkilerinin de değerlendirilebilmesi için; önce bu elemanlarla birlikte ve sonra karşıla-

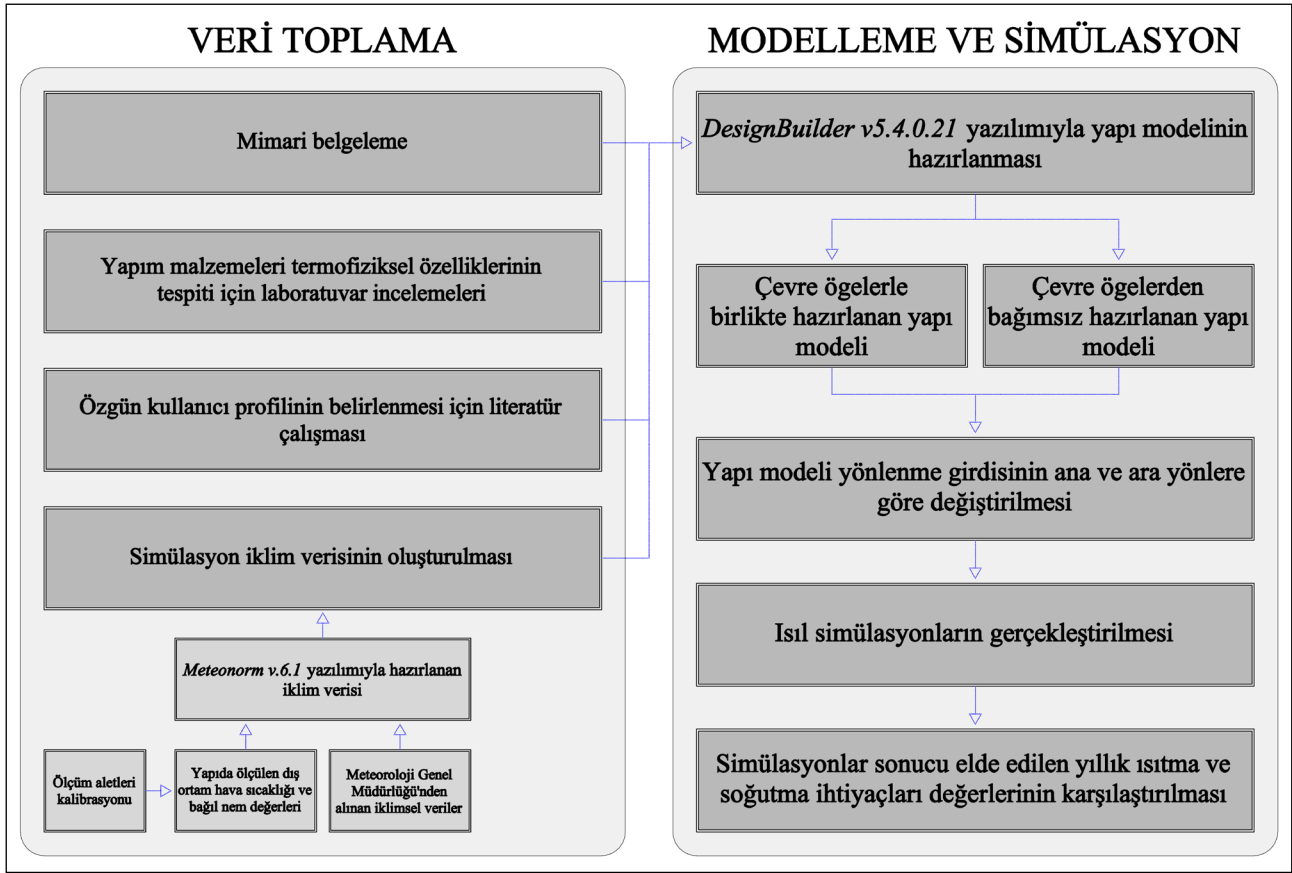


Şekil 2. Rölöve kat planları/Gürsel Evi.

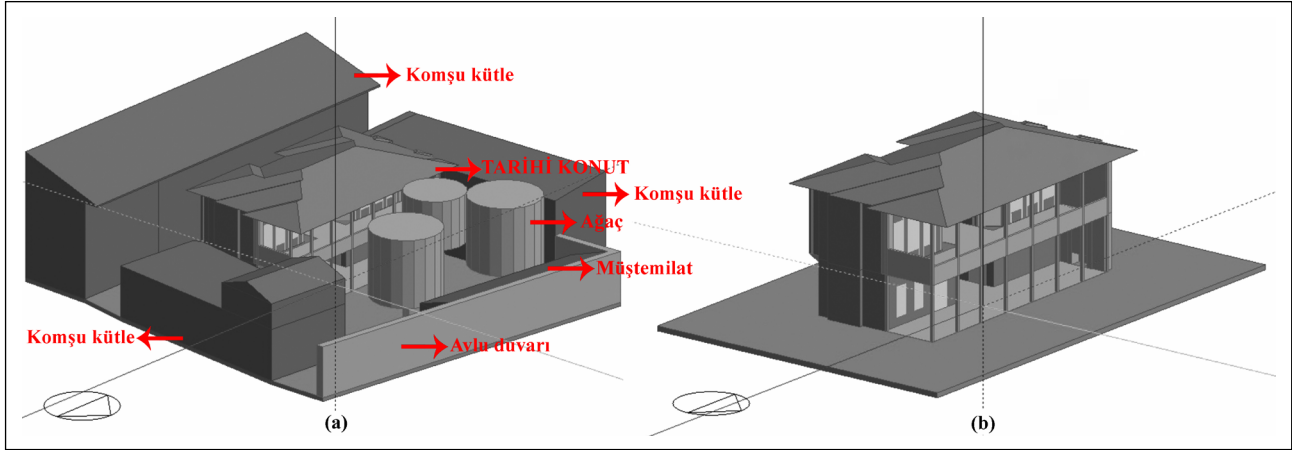
Tablo 2. Örnek yapıdaki ısıtılan mekânların toplam ısı transfer alanı ve brüt hacim değerleri

Isıtılıp/soğutulan mekânlar	Toplam dış duvar alanı (m ²)	Tavan alanı (m ²)	Taban alanı (m ²)	Toplam ısı transfer yüzey alanı (m ²)	Hacim (brüt/m ³)
Z2	55,2	22,9	22,9	78,1	64,1
1K2	68,8	25,4	25,4	96,6	84,9
1K3	69,9	25,7	25,7	121,3	86,1
Yapı toplamı	-	-	-	296,0	235,1

* Yapıdaki Z2 ve 1K2 mekânları üst üste konumlanmıştır. Bu nedenle, yapının toplam ısı transfer yüzey alanı hesabında Z2 ve 1K2 mekânlarının ortak kullandığı Z2 mekânı tavanının alanı dikkate alınmamıştır.



Şekil 3. Çalışma akış şeması.



Şekil 4. Analizlerde kullanılan yapı modelleri: Komşu kütle ve çevredeki peyzaj elemanlarıyla (a) ve bu öğeler olmadan (b).

tırma yapmak üzere bu elemanlar olmadan, iki set halinde oluşturulmuştur (Şekil 4).

Yapım Malzemeleri Termofiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi

Yapı simülasyonları ile yürütülen zamana bağlı ısı analizlerinde; yapısal sistemlerin ve mimari elemanların yapı ısı davranışına etkilerinin hesaplanabilmesi için bu elemanları oluşturan yapı malzemelerinin termofiziksel özelliklerinin

bilinmesi ve eleman düzeyinde simülasyon yazılımında tanımlanması gerekmektedir. Bunun için örnek yapıyla aynı mimari özelliklerde, dönem benzerliği gösteren yıkılmış tarihi konutlardan örnek yapı malzemeleri toplanmış ve bu malzemelerin ısı iletkenlik, özgül ısı ve yoğunluk özellikleri, laboratuvar incelemeleriyle tanımlanmıştır (Timur, 2019). Özellikleri belirlenen yapı malzemeleri, iç sıva, dış sıva, zemin ve tavan döşemelerinden kaplama ahşapları, yığma duvarlarda kullanılmış taş örnekleri ve çatı kiremitleridir (Tablo

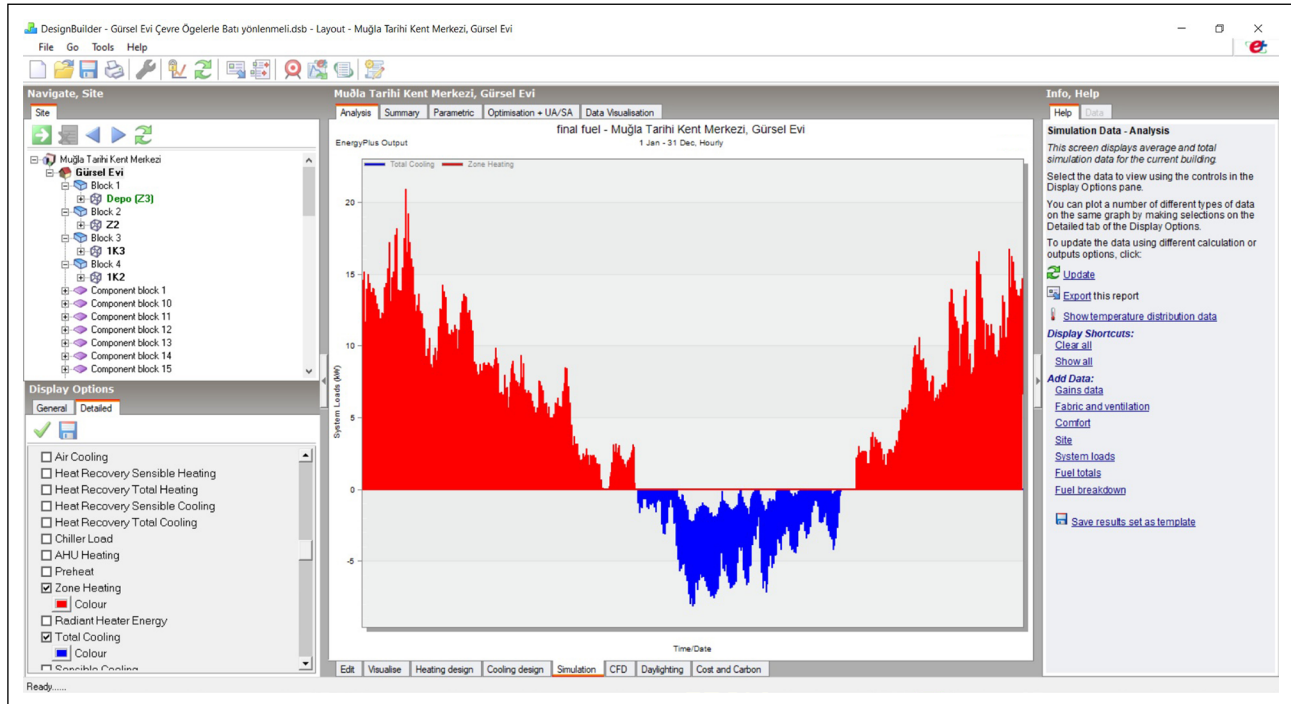
Tablo 3. Yapım malzemelerinin termofiziksel özellikleri

Örnek malzeme	Yoğunluk (kg/m ³)	Isıl iletkenlik (W/mK)	Öz ısı (J/kgK)
İç sıva	1738	0,72	1430
Dış sıva	1779	0,81	1100
Taş (yığma duvar)	2596	3,09	1550
Çatı kiremidi	1532	0,48	770
Ahşap zemin döşemesi	673	0,19	2190
Ahşap tavan döşemesi	615	0,14	1500
Kerpiç dolgu	1650	0,70	900

3). Örnek yapının üst katındaki ahşap iskelet duvarlar arası dolgu olarak kullanıldığı düşünülen kerpiç malzeme için laboratuvar analizlerine elverişli örnek temin edilemediğinden bu malzemenin ısıl özellikleri için literatürdeki (Ulukavak Harputlugil ve Çetintürk, 2005) bilgiler kabul edilmiştir. Isıl iletkenlik ölçümleri için KEM QTM 500, özgül ısı ölçümleri için TA Instruments Q-10 araçları kullanılmıştır. Bu ölçümler, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Jeotermal Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde (JEOMER) gerçekleştirilmiştir. Ahşap örneklerin yoğunluk değerleri tespitinde TS 2472-Odunda, Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Birim Hacim Ağırlığı Tayini (Türk Standartları Enstitüsü, 1976) standardı kullanılmıştır. Diğer örneklerin yoğunluk tespiti ise standart test yöntemleriyle gerçekleştirilmiştir (RILEM, 1980). Malzeme yoğunluk tespitleri, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü Malzeme Koruma Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

Özgün Kullanıcı Profili

Bu çalışma ile tarihi konutların inşa edildiği dönemdeki kullanıcıların tercih ettiği hâkim yönlenme seçimi incelendiği için analizi yapılan örnek yapının da özgün kullanıcıları tarafından, özgün işlevinde kullanıldığı kabul edilmiştir. Keleş (2002), 19. yüzyıl ortalarında Muğla geleneksel konutlarının genellikle anne ve baba, evli erkek çocuk ve eşi ile evlenmemiş torun ve çocuklar tarafından kullanıldığını, hane büyüklüğünün ise ortalama 7-8 kişiden oluştuğunu belirtmiştir. Bu bilgi doğrultusunda, örnek evde bulunan ve içinde ocak bulduran odaların çocuk odası (1K3), birinci ebeveyn odası/evli erkek çocuk ve eşi için oda (1K2) ve ikinci ebeveyn odası/anne ve baba için oda (Z2) olarak kullanıldığı kabul edilmiştir. Odaların sadece kullanıldığı saatlerde ısıtılıp/soğutulduğu düşünülmüştür. Yapı analiz modellerinde (*DesignBuilder yazılımının Edit arayüzündeki Activity/Environmental Control* sekmesi ile),



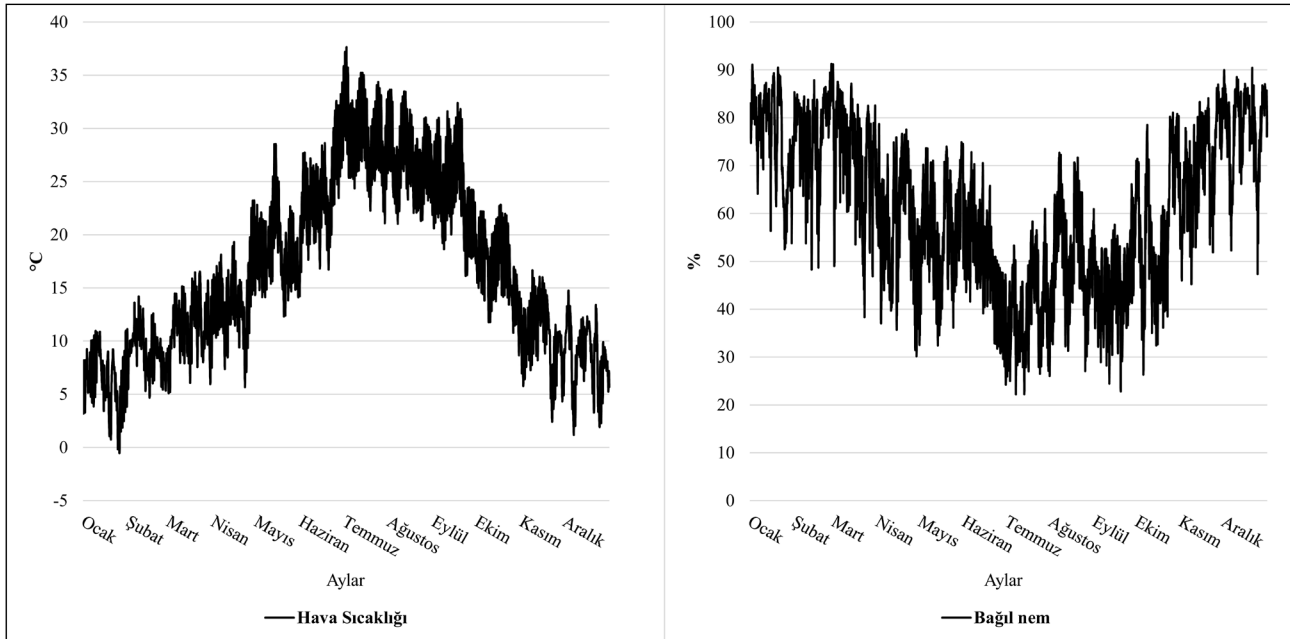
Şekil 5. Yapı modelinin çevre öğelerle birlikte oluşturulmuş, batı yönelimli versiyonu için simülasyon sonuçları ekran görünümü.

mekânların ısıtılması için iç ortam optimum sıcaklık değeri 22°C, soğutulması için ise 25°C olarak belirlenmiştir. Bu sıcaklık değerlerinin sağlandığı mekânların kullanıcıları için düzenli ısıl konfor sağladığı kabul edilmiştir (ASHRAE, 2017). Çocuk odasının (1K3) sabah ve öğleden sonra saatleri (08.00-17.00) arasında kullanılmadığı, diğer odaların tüm saatlerde kullanıldığı düşünülmüştür. Ayrıca odaların ocak ve mangallarla ısıtıldığı ve bu ısı elemanlarındaki ateşin uyku esnasında tazelenemeyeceği göz önünde bulundurulmuş, böylece ısınmanın geç geceden sabah saatlerine (02.00-08.00) kadar kesintiye uğrayacağı öngörülmüştür. Ekim ayından mayıs ayına kadar geçen süre ısıtma sezonu, haziran ayından eylül ayına kadar geçen süre ise soğutma sezonu olarak belirlenmiştir. Soğutma sezonunda yapı içi serinlemeye yardımcı olması için pencerelerin akşamüstünden sabaha kadar açık tutulduğu (19.00-08.00), pencere kepenklerinin ise gündüz saatlerinde (08.00-19.00) kapalı bulundurulduğu düşünülmüştür. Bu dönem konutlarının özgün kullanımında doğal havalandırma harici herhangi bir aktif soğutma sistemi olmadığı bilinmektedir. Ancak yapıların soğutma ihtiyaçlarının belirlenebilmesi için yapı ısıl modellerine soğutma sistemi tanıtılmıştır. Sonuç bölümünde detaylı olarak sunulacak, simülasyonlar sonucu elde edilen ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyacını gösterir değerler, ısıtma ve soğutma sistemlerinin türü veya verimi gibi değişkenler ile bu sistemlerde kullanılan yakıt özelliklerinden bağımsız olarak hesaplanmış nihai sistem yüküdür. Bu yük değerleri belirlenirken, ısıtma değerleri için, önce *DesignBuilder* yazılımının *Simulation/Analysis* (Simülasyon/Analiz) sonuç arayüzünde bulunan *system loads/zone*

heating (sistem yükleri/mekân ısıtma) sekmesi aktif hale getirilerek saatlik yük verileri elde edilmiştir (Şekil 5). Bu saatlik değerler, yıllık bazda toplanmış sonra da bu toplam yük değeri, yapının ısıtılıp/soğutulan mekânlarının alanları toplamına (57,4 m²) bölünerek yapıda birim alan başına düşen ısıtma enerji ihtiyacı bulunmuştur. Soğutma ihtiyacı değerleri bulunurken de aynı yöntem izlenmiştir. Fakat bu değerler hesaplanırken yazılımın *Simulation/Analysis* (Simülasyon/Analiz) sonuç arayüzünde bulunan *system loads/total cooling* (sistem yükleri/toplam soğutma) sekmesinin sunduğu soğutma ihtiyacı değerleri kullanılmıştır (Şekil 5).

Simülasyon İklim Verisinin Oluşturulması

Yapı ısıl simülasyonları, bölgesel hava durumu değişkenlerinin yapılarda oluşturduğu ısıl etkileri hesaplayabilmek için tüm yıl için oluşturulmuş sayısal iklim verilerini kullanır. Simülasyonlarını *EnergyPlus* simülasyon motoru altyapısı ile gerçekleştiren *DesignBuilder* yazılımına bu veriler, .epw formatında tanıtılmaktadır (U.S. Department of Energy, 2020). İklim verisinin oluşturulması için öncelikle dış ortam hava sıcaklığı ve nem değerleri, örnek yapı Gürsel Evi'nde saatlik değerler biçiminde tüm yıl için ölçülmüştür (Şekil 6). Bu veriler, Nisan 2017 ve Mart 2018 tarihleri arasında *Onset HOBO U12-012* veri kaydedicileri kullanılarak toplanmıştır (Timur, 2019). Veri kaydediciler, ısıl ölçüm sürecinin sonunda İzmir Makine Mühendisleri Odası Kalibrasyon Laboratuvarı'nda kalibrasyon sürecine tabi tutulmuştur. Ölçülen veriler, her kaydedici için ayrı ayrı belirlenen kalibrasyon formülleriyle kalibre edildikten sonra kullanılmıştır. Bu etabı takiben *Meteonorm v.6.1* yazılımıyla



Şekil 6. Örnek yapıda yerinde ölçülen dış ortam saatlik hava sıcaklığı ve bağıl nem değerleri (Nisan 2017 ve Mart 2018 tarihleri arasında toplanmış bu değerler, simülasyon iklim verisinde kullanıldığı şekliyle yıllık ısıl eğilimleri, ocak ayından aralık ayına doğru gösterecek şekilde sunulmuştur).

Muğla kenti için tüm yılı kapsayan saatlik ortalama değerler biçiminde oluşturulan iklim verisi üzerine Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden sağlanan saatlik ortalama güneş radyasyonu, atmosferik basınç, bulutluluk miktarı, rüzgâr hızı ve yönü değerleri (Meteoroloji Genel Müdürlüğü 3) ile yerinde ölçüm hava sıcaklığı ve bağıl nem değerleri eklenecek simülasyon iklim verisi hazırlanmıştır. Yerinde ölçülen veri setinin simülasyon iklim verisi içine eklenmesi, kent içi mikroklima özelliklerinin yapı enerji davranışına etkilerinin de hesaba katılabilmesine olanak sağlamıştır.

Modelleme ve Simülasyonlar İçin Yazılım Kabulleri

DesignBuilder yazılımının yapı modellerinin rüzgâra maruz kalma durumunu tarifleyen *exposure to wind* ayarı, çevre yapı ve peyzaj elemanları ile birlikte oluşturulmuş model için korunaklı (*sheltered*), çevre ögeleri olmadan oluşturulan model için *normal* olarak seçilmiştir. Yazılımın yapıların hava geçirgenliğine karşı gösterdiği direnç olarak tariflenebilecek *genel çatlak şablonu (general crack template)* ayarı, her iki model için de *zayıf (poor)* olarak girilmiştir. Ayrıca modellerin tüm mekânlarında doğal havalandırmaya maruz kaldığı düşünülmüş; modellerin *doğal havalandırma (natural ventilation/infiltration)* ayarı *hesaplamalı (calculated)* olarak kabul edilmiştir. Yazılım, bu ayar seçeneğiyle, yapı enerji kullanımı açısından önemli bir değişken olan mekânlar içi *saatlik hava değişimi oranını (air change per hour-ACH)* önceden öngörülmesi zor sabit değerler yerine, zamana ve model girdilerine göre dinamik olarak hesaplamaktadır.

SİMÜLASYON SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Isıl modellerin simülasyonu sonucu sofa yönlenme durumuna göre hesaplanmış birim yapı kullanım alanına düşen yıllık toplam enerji ihtiyacı değerleri (kWh/m²), Tablo 4, Tablo 5 ve Tablo 6'da sunulmuştur. Tablolar, ısıtma yükü, soğutma yükü ve toplam (ısıtma + soğutma) yük değerlerini gösterecek şekilde üç parametre için hazırlanmıştır. Ayrıca her parametre özelinde, yapının çevresindeki ögelerle (komşu kütle, müstemilat, ağaç ve avlu duvarı) ve bu öge-

lerden bağımsız durumları için hesaplanmış enerji kullanım değerleri karşılaştırması da gösterilmiştir. Tablolarda, ilgili parametre için aynı satırdaki en az enerji kullanımına karşılık gelen en iyi yönlenme durumu, açık gri arka plan dolgusuyla, en çok enerji kullanımına karşılık gelen en verimsiz yönlenme durumu ise koyu gri arka plan dolgusuyla belirtilmiştir. Tablolardaki Fark (%) satırı, aynı yönlenme için çevre ögelerin dikkate alındığı ve alınmadığı durumların enerji kullanım farkını yüzdelik değer olarak belirtmektedir.

Tablo 4'te sofa yönlenme durumuna göre değişen yıllık toplam ısıtma enerjisi ihtiyacı değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre, örnek yapı modeli çevre ögeleri birlikte simüle edildiğinde en düşük enerji ihtiyacı değeri, 404,4 kWh/m² ile doğu yönlenme durumunda kaydedilmiştir. En yüksek enerji ihtiyacı ise 413,9 kWh/m² ile batı yönlenme durumunda tespit edilmiştir. Yapı modeli, çevre ögeleri olmadan simüle edildiğinde enerji ihtiyacı değerlerinin arttığı görülmüştür. Bu artış, %5,4 ile %8,1 aralığında ve ortalama olarak yaklaşık %6,6 oranında olmaktadır. Bu durumun en önemli sebebinin, yapının çevresindeki kütle ve ögeleri birlikte yerel iklim şartlarının serinletici rüzgâr etkisinden korunduğu bir kentsel mikroklima içinde konumlanmış bulunması olduğu düşünülebilir. Model, çevre ögeleri olmadan simüle edildiğinde en düşük enerji ihtiyacı değeri 430,2 kWh/m² ile kuzeydoğu yönlenme durumunda kaydedilmiştir. En yüksek enerji ihtiyacı ise 443,8 kWh/m² ile güneybatı yönlenme durumunda tespit edilmiştir.

Tablo 5'te sofa yönlenme durumuna göre değişen yıllık toplam soğutma enerjisi ihtiyacı değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre, örnek yapı modeli çevre ögeleri birlikte simüle edildiğinde en düşük enerji ihtiyacı değeri 82,0 kWh/m² ile batı yönlenme durumunda kaydedilmiştir. En yüksek enerji ihtiyacı ise 86,4 kWh/m² ile kuzeydoğu yönlenme durumunda tespit edilmiştir. Yapı modeli, çevre ögeleri olmadan simüle edildiğinde enerji ihtiyacı değerlerinin azaldığı görülmüştür. Bu azalış %0,5 ile %6,6 aralığında ve ortalama olarak yaklaşık %2,7 oranında olmaktadır. Model, çevre ögeleri olmadan simüle edildiğinde en düşük enerji

Tablo 4. Sofa yönlenme durumuna göre değişen yıllık nihai enerji ihtiyacı toplamı/Isıtma (kWh/m²) değerleri

	Kuzey	Kuzeydoğu	Doğu	Güneydoğu	Güney	Güneybatı	Batı	Kuzeybatı
Çevre ögeleri birlikte	408,7	406,5	404,4	406,8	410,0	411,5	413,9	411,8
Çevre ögelerden bağımsız	430,9	430,2	431,4	435,6	443,3	443,8	440,5	433,9
Fark	%5,4	%5,8	%6,7	%7,1	%8,1	%7,8	%6,4	%5,4

Tablo 5. Sofa yönlenme durumuna göre değişen yıllık nihai enerji ihtiyacı toplamı/Soğutma (kWh/m²) değerleri

	Kuzey	Kuzeydoğu	Doğu	Güneydoğu	Güney	Güneybatı	Batı	Kuzeybatı
Çevre ögeleri birlikte	84,3	86,4	85,8	83,0	82,5	82,8	82,0	83,6
Çevre ögelerden bağımsız	81,0	85,3	85,4	80,9	77,4	79,4	81,4	82,8
Fark	%4,1	%1,4	%0,5	%2,6	%6,6	%4,3	%0,8	%1,0

Tablo 6. Sofa yönlenme durumuna göre değişen yıllık nihai enerji ihtiyacı toplamı/Isıtma ve soğutma toplam (kWh/m²) değerleri

	Kuzey	Kuzeydoğu	Doğu	Güneydoğu	Güney	Güneybatı	Batı	Kuzeybatı
Çevre ögelerle birlikte	493,0	492,9	490,2	489,8	492,6	494,3	496,0	495,5
Çevre ögelerden bağımsız	511,9	515,5	516,8	516,5	520,7	523,2	521,8	516,7
Fark	%3,8	%4,6	%5,4	%5,5	%5,7	%5,8	%5,2	%4,3

İhtiyacı değeri 77,4 kWh/m² ile güney yönlenme durumunda kaydedilmiştir. En yüksek enerji ihtiyacı ise 85,4 kWh/m² ile doğu yönlenme durumunda tespit edilmiştir. Isıtma ve soğutma ihtiyaç değerleri karşılaştırıldığında (Tablo 4 ve Tablo 5) yapıda ısıtma için gerekli enerji değerlerinin soğutma için gerekli enerjinin yaklaşık beş katı olduğu görülmektedir. Bu durum, örnek yapı ve yerleşme açısından kış sezonunun enerji ihtiyaçlarının belirlenmesi bakımından daha baskın bir zaman aralığı olduğu sonucunu gösterir.

Tablo 6'da sofa yönlenme durumuna göre değişen yıllık ısıtma ve soğutma toplam enerji ihtiyacı değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre, örnek yapı modeli çevre ögelerle birlikte simüle edildiğinde en düşük enerji ihtiyacı değeri 489,8 kWh/m² ile güneydoğu yönlenme durumunda kaydedilmiştir. En yüksek enerji ihtiyacı ise 496,0 kWh/m² ile batı yönlenme durumunda tespit edilmiştir. Ancak bu iki değer arasındaki fark, 6,2 kWh/m² (%1,3) ile simülasyon sonuçları gösterilmiş diğer parametrelerde (sadece soğutma ve sadece ısıtma) olduğu gibi oldukça düşük bir düzeydedir. Ayrıca ısıtma yükleri simülasyon hesaplarındakine (Tablo 4) benzer şekilde, yapı modeli çevre ögeler olmadan simüle edildiğinde toplam enerji ihtiyaç değerlerinin yine arttığı görülmektedir. Bu artış, %3,8 ile %5,8 aralığında ve ortalama olarak yaklaşık %5,0 oranında olmaktadır. Model, çevre ögeler olmadan simüle edildiğinde en düşük enerji ihtiyacı değeri 511,9 kWh/m² ile kuzey yönlenme durumunda kaydedilmiştir. En yüksek enerji ihtiyacı ise 523,2 kWh/m² ile güneybatı yönlenme durumunda tespit edilmiştir. Örnek tarihi yapı için hesaplanan bu enerji ihtiyacı değerleri (Tablo 6), düşük enerji tüketen çağdaş yapılara göre, hava sızıntısı enerji kayıplarının yüksek, bina kabuğundaki ısı transfer dirençlerinin düşük ve binanın ısı transfer yüzey alanının brüt hacme oranının yüksek olması gibi parametrelere bağlı olarak görece yüksektir. Çevre ögelerle birlikte hazırlanan modellerde olduğu gibi çevre ögeler olmadan oluşturulan modellerde de en iyi ve en verimsiz yönlenme arasındaki enerji ihtiyaçları bakımından fark, 11,3 kWh/m² (%2,2) ile oldukça düşük düzeydedir. Veriler, bu çalışma ile incelenen tarihi yapı türü olan dış sofalı konutların Akdeniz iklimi koşulları altında, görece ılıman hava durumu özelliklerine sahip Muğla kenti özelinde, yönlenmeden bağımsız bir ısıl davranış sergilediğini göstermektedir. Bu sonuç, çalıştıkları tarihi yapı türü ve yerleşme örnekleri özelinde, yönlenme durumu ve ısıl davranış özellikleri arasında dikkate değer bir bağ olmadığını savunan Oikonomou ve Bougiatioti (2011)'nin çalışması ve Harrouni

(2015)'nin araştırması ile de paralellik göstermektedir. İlgili araştırmaların kullandıkları analiz süreçleri ve sonuç veri setlerindeki belirgin farklılıklar nedeniyle Muğla kenti için yürütülmüş bu çalışma ile sayısal yönden karşılaştırılması mümkün olmamıştır.

SONUÇ

Çalışma kapsamında hesaplanan yapı toplam (ısıtma + soğutma) enerji ihtiyacı verileri doğrultusunda, örnek yerleşme Muğla kenti ve örnek yapı tipi dış sofalı geleneksel konutlar özelinde aşağıdaki sonuçlar belirlenmiştir:

- Örnek yapı tipi için cephe yönlenme durumu ve enerji kullanım miktarı arasında belirgin bir ilişki görülmemiştir. Bundan dolayı, genellikle güney ve güneye komşu ara yönlere yönlendirilmiş Muğla tarihi konutlarının hâkim yönlenme tercihi nedenleri, doğal aydınlanmanın güneye bakan yönlerde maksimum düzeyde tutulmaya çalışılması ile olası başka sosyal (korunma, güvenlik, mahremiyet vb.), topografik (hâkim coğrafi yönelim, hâkim rüzgâr yönü, yapılaşmaya uygun eğim vb.) ve kentsel (kent içi fonksiyonel dağılım, kadastral örüntü, kentsel sirkülasyon sistemi vb.) değişkenlerde ya da bu değişkenlerin birlikte oluşturduğu kurguda aranmalıdır.
- Dış sofalı konutların yüksek oranda yönlenmeden bağımsız biçimde enerji kullanım davranış sergilemelerinin en önemli nedeninin, örnek yapıların sofa cephesi dışındaki diğer yüzeylerinde açıklık bulundurmamaları ve bundan dolayı ilgili cephe yüzeylerinin yönlenmeye bağlı olmadan benzer termofiziksel davranış göstermeleri olduğu söylenebilir. Ayrıca açıklıklı cephenin, sofa mekânı ve geniş çatı saçakları ile güneş ışınması ve rüzgâr etkisine karşı korunaklı halde tasarlanmış olması da bir diğer önemli etkidir.
- Yönlenme durumunda olduğu gibi çevredeki yapı kütleleri ile ağaç ve yüksek avlu duvarı gibi peyzaj elemanlarının varlığı da örnek yapı tipinin enerji kullanımında yaklaşık ortalama %5,0'lik oransal bir fark ile oldukça az bir etki yapmaktadır. Ayrıca her ne kadar yönlenme durumunun etkisinin çok düşük olduğu gösterilmiş olsa da en iyi yönlenme tercihinin çevre ögeli modeller için güneydoğu, çevre ögelerden bağımsız modeller için ise neredeyse tam tersine kuzey olarak tespit edilmesi dikkat çekicidir.

Örnek yerleşme özelinde tespit edilmiş bu sonuçların, dış sofalı tarihi konutların ısısal davranışları bakımından iklimsel ve coğrafi bağlamdan da bağımsız, genelleşebilir bir özelliğe işaret edip etmediğinin belirlenmesi, yeni çalışmalara yön verebilecek önemli bir araştırma konusu olarak değerlendirilebilir. Bu olası yeni çalışmalarda, benzer tipolojideki yapıların, farklı konum ve niteliklerdeki yerleşmelerde de karşılaştırmalı olarak incelenmesi yararlı olacaktır. Bu incelemelerin diğer tarihi yapı türleri için de genişletilmesi, mimari miras örneklerinin yeni bir analitik bakış açısıyla ısısal özellikleri bakımından daha iyi tanınmasına olanak sağlayacaktır.

ETİK: Bu makalenin yayınlanmasıyla ilgili herhangi bir etik sorun bulunmamaktadır.

HAKEM DEĞERLENDİRMESİ: Dış bağımsız.

ÇIKAR ÇATIŞMASI: Yazarlar, bu makalenin araştırılması, yazarlığı ve/veya yayınlanması ile ilgili olarak herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan etmemiştir.

FİNANSAL DESTEK: Bu çalışma, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü B Tipi Bilimsel Araştırma Projesi (Proje No: 2016IYTE66) fonuyla desteklenmiştir.

ETHICS: There are no ethical issues with the publication of this manuscript.

PEER-REVIEW: Externally peer-reviewed.

CONFLICT OF INTEREST: The authors declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

FINANCIAL DISCLOSURE: This study was supported by B-type Scientific Research Project Funding of İzmir Institute of Technology (No: 2016IYTE66).

KAYNAKLAR

- Aksoy, U. T., & Inalli, M. (2006). Impacts of Some Building Passive Design Parameters on Heating Demand for a Cold Region. *Building and Environment*, 41(12), 1742-1754. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.07.011>
- Almumar, M. M. (2019). Understanding the Environmental Performance of the Iraqi Traditional Courtyard House, Is There an Order of Façades Orientation in Randomly Oriented Land Plots? *Journal of Building Engineering*, 22, 140-146. <https://doi.org/10.1016/j.job.2018.12.004>
- Alwetaishi, M., Balabel, A., Abdelhafiz, A., Issa, U., Sharaky, I., Shamseldin, Al-Surf, M., Al-Harathi, M., & Gadi, M. (2020). User Thermal Comfort in Historic Buildings: Evaluation of the Potential of Thermal Mass, Orientation, Evaporative Cooling and Ventilation. *Sustainability*, 12(22), 9672. <https://doi.org/10.3390/su12229672>
- Amaral, A. R., Rodrigues, E., Gaspar, A. R., & Gomes, Á. (2016). A Thermal Performance Parametric Study of Window Type, Orientation, Size and Shadowing Effect. *Sustainable Cities and Society*, 26, 456–465. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.05.014>
- Anna-Maria, V. (2009). Evaluation of a Sustainable Greek Vernacular Settlement and its Landscape: Architectural Typology and Building Physics. *Building and Environment*, 44(6), 1095-1106. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.05.026>
- Andersson, B., Place, W., Kammerud, R., & Scofield, M. P. (1985). The Impact of Building Orientation on Residential Heating and Cooling. *Energy and Buildings*, 8(3), 205-224. [https://doi.org/10.1016/0378-7788\(85\)90005-2](https://doi.org/10.1016/0378-7788(85)90005-2)
- ASHRAE (The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers). (2017). Guideline 34P, Energy Guideline for Historic Buildings, Public Review Draft. ASHRAE. ABD.
- Ayçam, İ., & Varshabi, N. (2016). The Analysis of Form, Settlement Pattern and Envelope Alternatives on Building Cooling Loads in Traditional Yazd Houses of Iran. *Gazi University Journal of Science*, 29(3), 503-514.
- Bayraktar, N., Kishali, E., & Abudsamhadana, M. (2017). Investigation on the Effects of Thermal Parameters in Historic Primary School in İzmit in the Context of Refurbishment Process. *Journal of Polytechnic*, 20(2), 357-367.
- Bektas Ekici, B., & Aksoy, U. T. (2011). Prediction of Building Energy Needs in Early Stage of Design by Using ANFIS. *Expert Systems with Applications*, 38(5), 5352-5358. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.10.021>
- Chandel, S. S., Sharma, V., & Marwah, B. M. (2016). Review of Energy Efficient Features in Vernacular Architecture for Improving Indoor Thermal Comfort Conditions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 65, 459–477. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.07.038>
- Chwieduk, D., & Bogdanska, B. (2004) Some Recommendations for Inclinations and Orientations of Building Elements Under Solar Radiation in Polish Conditions. *Renewable Energy*, 29,1569-1581.
- Değer, G. (2012). Muğla Kent Merkezi Geleneksel Dokusunun Araştırılması: Muğla-Merkez, Ula ve Yeşilyurt Evlerinin Karşılaştırmalı Değerlendirilmesi (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Mimarlık Bölümü. Dokuz Eylül Üniversitesi. İzmir.
- Dhar, P., Borah, P., Singh, M. K., & Mahapatra, S. (2014). Thermal Characteristics of a Vernacular Building Envelope. In 30th International Plea Conference / Sustainable Habitat for Developing Societies / Choosing the Way Forward / 16-18 December 2014.

- (Vol. 3, pp. 109-116). Ahmedabad, India; CEPT University, Center for Advanced Research in Building Science & Energy.
- ElAzhary, K., Ouakarrouh, M., AlaouiSosse, J., Laaroussi, N., & Garoum, M. (2019). Impact of Orientation on the Thermal Performances in Vernacular Buildings in Hot Arid Climate. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 9(2), 4840-4847. <https://doi.org/10.35940/ijeat.b4568.129219>
- Gupta, R., & Ralegaonkar, R.V. (2004). Estimation of Beam Radiation for Optimal Orientation and Shape Decision of Buildings in India. *Architectural Journal of Institution of Engineers India*, 85, 27-32.
- Harrouni, K. E. (2015). Thermal Comfort in Sustainable Traditional Courtyard House. In 2nd International Sustainable Buildings Symposium 28-30 May 2015 (pp. 461-468). Ankara.
- Keleş, E. (2002). 19. yy Ortalarında Muğla'da Aile Yapısı (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Tarih Bölümü. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi. Muğla.
- Kontoleon, K. J. (2015). Glazing Solar Heat Gain Analysis and Optimization at Varying Orientations and Placements in Aspect of Distributed Radiation at the Interior Surfaces. *Applied Energy*, 144, 152-164. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.01.087>
- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., & Rubel, F. (2006). World Map of the Köppen-Geiger Climate Classification Updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15(3), 259-263. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>
- Kuban, D. (1995). *Türk Hayat'lı Evi*. İstanbul: Eren Yayıncılık.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü 1. E-kütüphane-Hidrometeoroloji. <https://www.mgm.gov.tr/genel/hidrometeoroloji.aspx?s=5>. (Erişim: Mart 2021).
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü 2. <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=H&m=MUGLA>. (Erişim: Mayıs 2021).
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü 3. Meteorolojik Veri Bilgi Sunum ve Satış Sistemi. <https://mevbis.mgm.gov.tr/mevbis/ui/index.html>. (Erişim: Mart 2021).
- Mingfang, T. (2002). Solar Control for Buildings. *Building and Environment*, 37, 659-664.
- Oikonomou, A., & Bougiatioti, F. (2011). Architectural Structure and Environmental Performance of the Traditional Buildings in Florina, NW Greece. *Building and Environment*, 46(3), 669-689. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.09.012>
- Pacheco, R., Ordóñez, J., & Martínez, G. (2012). Energy Efficient Design of Building: A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(6), 3559-3573. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.03.045>
- Philokyprou, M., & Michael, A. (2017). Thermal Performance Assessment of Vernacular Residential Semi-open Spaces in Mediterranean Climate. *Indoor and Built Environment*, 0(0), 1-19. <https://doi.org/10.1177/1420326X17699037>
- RILEM. (1980). Tests Defining the Structure. *Materials & Construction*, 13(73).
- Soflaei, F., Shokouhian, M., & Mofidi Shemirani, S. M. (2016). Traditional Iranian Courtyards as Microclimate Modifiers by Considering Orientation, Dimensions, and Proportions. *Frontiers of Architectural Research*, 5(2), 225-238. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2016.02.002>
- Timur, B. A. (2019). Thermal Retrofitting on Traditional Buildings with Exterior Hall (Sofa): Urban and Rural Houses of Muğla (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Mimari Restorasyon Bölümü. İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü. İzmir.
- Türk Standartları Enstitüsü. (1976). TS 2472-Odunda, Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler için Birim Hacim Ağırlığı Tayini.
- Ulukavak Harputlugil, G., & Çetintürk, N. (2005). Geleneksel Türk Evi'nde Isıl Konfor Koşullarının Analizi: Safranbolu Hacı Hüseyinler Evi. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 20(1), 77-84.
- U.S. Department of Energy. (2020). EnergyPlus™ Version 9.4.0 Documentation/Auxiliary Programs. U.S. Department of Energy. https://energyplus.net/sites/all/modules/custom/nrel_custom/pdfs/pdfs_v9.4.0/AuxiliaryPrograms.pdf. (Erişim: Nisan 2021).