



Batman İli Şartlarında Enerji Etkin Barmak Tasarımı

Hazal Boydak
Figen Balo

Dicle Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Diyarbakır, Türkiye
Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Üretim Matelurjisi, Elazığ, Türkiye

Doi: 10.55024/buyasambid.1116679

Makale Bilgisi

Özet

Makale geçmişi:

İlk gönderim tarihi: 14.05.2022
Düzeltilme tarihi
Kabul tarihi: 02.11.2022
Yayın tarihi: 30.12.2022

Anahatar Kelimeler:

Enerji Analizi, Enerji Verimliliği,
Green Building Studio, Revit, Yeşil
Bina.

* Hazal BOYDAK

E-mail address:
hazalboydakeru@gmail.com
Orcid:

0000-0002-1188-4732

* Figen BALO

E-mail address:
figenbalo@gmail.com
Orcid: 0000-0001-5886-730X

Nüfus miktarının artması nedeniyle enerji tüketimi hızlı bir şekilde artmaktadır. Hızlı enerji tüketiminin oluşturduğu çevresel sorunlara yönelik sürdürülebilir ve enerji etkin tasarım yaklaşımları yaygınlaşmaktadır. Binalarda enerji etkin iyileştirme ve enerji etkin tasarım konuları enerji sorunlarının çözümünde ve sürdürülebilirliğin sağlanmasında önemli bir etkidir. Bununla birlikte gelişen bilgisayar modellemeleri ve simülasyon yazılımları ile birlikte mimari tasarımda enerji etkin tasarım planlaması her geçen gün kolaylaşmaktadır. Çalışma kapsamında, projelerin tasarım aşamasında enerji etkin tasarım parametrelerinin projeye eklenmesi ile enerji tasarrufu sağlamak amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda öncelikle Bina Bilgi Modelleme (BBM) tabanlı programlar açıklanarak bu programların tasarıma eklenmesinin yararları belirtilmiştir. Daha sonra enerji etkin tasarıma yönelik Batman ili iklim şartlarında tasarlanan tavuk çiftliğinin parametreleri belirlenmiştir. Belirlenen parametreler çiftliğin güney cephesi üzerinden oluşturulmuştur. İlk alternatif olarak güney cephede bimsblok kullanılmıştır. İkinci alternatifte ise güney cephesinde trombe duvar uygulaması 5 cm havalandırma boşluğu ile kullanılmıştır. Üçüncü, dördüncü ve beşinci alternatifler sırasıyla trombe duvarın 10, 15 ve 20 cm havalandırma boşluğu ile oluşturulmuştur. Oluşturulan 5 alternatifte içten yalıtımlı olarak XPS (ekstrude polistren köpük) yalıtım malzemesinin eklenmesiyle 10 adet alternatif oluşturulmuştur. Tasarlanan tavuk çiftliği Autodesk Revit 2021 programında modellenerek bina enerji modeli oluşturulmuştur. On alternatifin her biri için oluşturulan bina enerji modelleri, gbXML dosyası olarak kaydedilmiştir. Daha sonra kaydedilen dosyaların Autodesk Green Building Studio ile enerji analizleri yapılmıştır. Çalışmanın sonuç bölümünde her bir alternatif için belirlenen ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim miktarları değerlendirilmiştir. Batman ili iklim şartları için yapılan karşılaştırmada optimum koşullar sağlayan alternatifler belirlenmiştir.

Energy Efficient Shelter Design in Batman Provincial Conditions

Hazal BOYDAK

Figen BALO

Dicle University, Faculty of Architecture, Department of Architecture, Diyarbakır, Türkiye
Fırat University, Engineering Faculty, Production Metallurgy, Elazığ, Türkiye

Doi: 10.55024/buyasambid.1116679

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article history:

Received: 14.05.2022

Received in revised form

Accepted: 02.11. 2022

Available online: 30.12.2022

Key words:

Energy Analysis, Energy Efficiency,
Green Building, Green Building
Studio, Revit.

* Hazal BOYDAK

E-mail address:

hazalboydakeru@gmail.com

* Figen BALO

E-mail address:

figenbalo@gmail.com

Orcid: 0000-0001-5886-730X

Due to the increase in the amount of population, energy consumption is increasing rapidly. Sustainable and energy efficient design approaches are becoming widespread for environmental problems caused by rapid energy consumption. Energy efficient improvement and energy efficient design issues in buildings are an important factor in solving energy problems and ensuring sustainability. In addition, with the developing computer models and simulation software, energy efficient design planning in architectural design is facilitating day by day. Within the scope of the study, it is aimed to save energy by adding energy efficient design parameters to the project during the design phase of the projects. For this purpose, first of all, Building Information Modeling (BIM) based programs are explained and the benefits of integrating these programs into the design are stated. Then, the parameters of the chicken farm designed in Batman province climatic conditions for energy efficient design were determined. The determined parameters were created on the south façade of the farm. As the first alternative, pumice block was used on the south façade. In the second alternative, the trombe wall application on the south façade was used with a 5 cm ventilation gap. The third, fourth and fifth alternatives were created with a 10, 15 and 20 cm ventilation gap of the trombe wall, respectively. With the addition of XPS (extruded polystyrene insulation) insulation material as internally insulated to the 5 alternatives created, 10 alternatives were created. The designed chicken farm was modeled in the Autodesk Revit 2021 program and a building energy model was created. Building energy models created for each of the ten alternatives were saved as gbXML file. Then, energy analyzes of the recorded files were made with Autodesk Green Building Studio. In the conclusion part of the study, the heating, cooling and total energy consumption amounts determined for each alternative were evaluated. In the comparison made for the climatic conditions of Batman province, alternatives providing optimum conditions were determined.

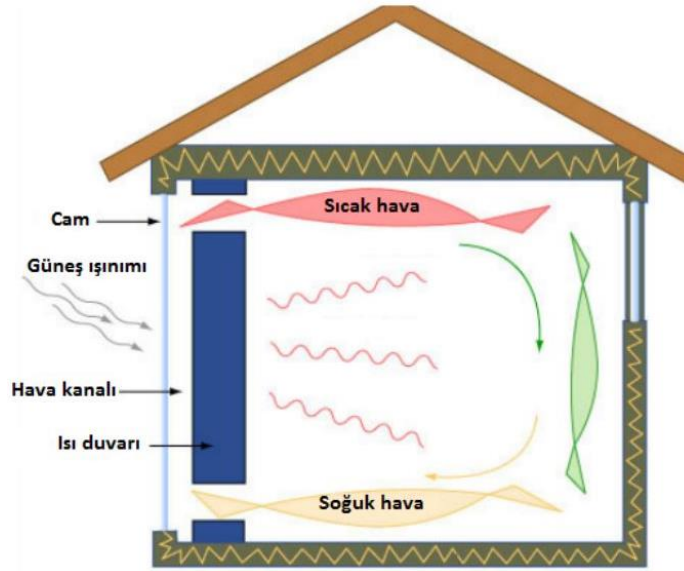
1. GİRİŞ

Enerji kavramı geçmişten günümüze önemli bir olgu olmuştur. Endüstri devrimi ile başlayıp günden güne artan sanayileşme, gelişen teknolojiler, kentleşme ve nüfus gibi etmenler enerji ihtiyacını arttırmıştır [1]. Artan enerji ihtiyacı geleneksel enerji kaynağı kullanımının artmasına sebep olmuştur. Tüketilen enerji kaynaklarından en çok kullanılanı ise fosil kaynaklı petrol ve kömürdür. Bu kaynakların rezervleri günümüzde azalmaktadır. Bununla birlikte fosil yakıtlar atmosferde emisyon gazları oluşturarak küresel ısınma ve küresel çevre sorunları yaratmaktadır [2]. Bu nedenle günümüzde enerji korunumu ve minimum enerji tüketimi önemli bir konu haline gelmiştir.

Günümüz koşullarında güneş enerjisinden ısı enerjisi üretimi ve bu enerjinin çeşitli alanlarda kullanımı yaygınlaşmaktadır. Güneş enerjisini kullanarak elektrik ve termal enerji üreten birçok güneş enerjisi sistemi bulunmaktadır. Bu sistemler aktif ve pasif sistemler olarak ayrılmaktadır. Güneş enerjisi sistemlerinin aktif sistemleri; harici güneş kolektörleri, pompalar, depolama kapları, ek sıvı, ek bir enerji kaynağı ve fanlar gibi özelliklere sahiptir [3], [4]. Pasif bir güneş sistemi ise hava hareketi için doğal veya zorlanmış konveksiyonun kullanılan doğrusal bir bina yapısıdır [3]. Pasif güneş sistemlerinin aktif sistemlere göre birçok avantajı bulunmaktadır. Pasif güneş sistemlerinin, yapının inşasında birincil maliyetleri düşük ve işletme maliyetleri minimum seviyededir. Pasif sistemlerin işletim hizmet ömrü binanın kendisinin işletim hizmet ömrü seviyelerinde olduğu belirtilmektedir [5], [6]. Bunlara ek olarak birlikte binaların soğutulması ve ısıtılması amacıyla kullanılan enerji miktarı ise dünya genelindeki toplam enerji tüketiminin %30 unu oluşturmaktadır [7]. Bu nedenle binaların büyük miktarlardaki enerji tüketimini azaltmak amacıyla pasif sistemler kullanılabilir. Böylelikle binaların ısıtma ve soğutma ihtiyacını azaltılarak enerji tasarrufu sağlanabilir.

Güneş ışınları binaya çaptığında, bina malzemeleri bu ışınları yansıtır, geçirir veya emer. Oluşturulabilecek bir hava kanalı sayesinde, güneş tarafından üretilen ısı bir hava hareketine yol açmaktadır. Bu amaçla binaların ısıtılması, doğal kaynak olan güneş sayesinde yapılabilir. Çalışmada pasif ısıtma sistemlerinden Trombe duvar kullanılmıştır. Trombe duvarı, pasif sistemler arasındaki en yaygın kullanım alanına sahip olan pasif güneş enerjisi ısıtma sistemidir [8], [9]. Trombe duvar inşasının tarihi 19. yüzyıl sonlarına dayanmaktadır. Edward Morse, 1881 yılında güneş enerjisinin binanın sisteminde kullanılması fikrini ortaya atarak konuyu araştırmıştır ve bir odayı bir odayı ısıtmak için cihaz patentini almıştır [10]. Morse, cihaz konseptini, oda havası ile cihaz boşluk arasındaki konveksiyondan olduğu yargısına dayandırmıştır [10]. Fred Keck 1940 yılında bir ev tasarlayarak iç oda duvarlarını ve zeminini siyaha boyamıştır [11]. Güneş radyasyonunu termal enerjiye dönüştürebileceğini ve bu enerjiyi geceleri odayı ısıtmak için kullanabileceğini kanıtlamıştır. Arthur Brown 1946 yılında, yaşam alanlarının güney cephesinin camlı bir koridorla çevrildiği bina projesi geliştirmiştir [12]. Bu koridorda tüm duvarlar ve zemin siyaha boyanmıştır. Bu durum geceleri binayı ısıtmak için güneş radyasyonundan elde edilen termal enerjinin birikmesine katkıda bulunmuştur. 1967 yılında Felix Trombe ve Jacques Michel, patentli pasif güneş ısıtma sistemini ilk kez kullanan bir apartman tasarlamıştır [13]. Bu sistem klasik Trombe duvar olarak bilinmektedir.

Trombe duvar bir kolektör sistemidir. Trombe duvar, duvardan belirli bir mesafe uzaklığa yerleştirilen cam yüzeyden oluşturulmaktadır. Trombe duvarın oluşturulduğu yüzey güney cepheye bakmaktadır ve güneş ışınlarını emici etki yaratmaktadır. Bu sistemde camdan geçen ışınlar, Trombe duvar tarafından emilerek depolanmaktadır. Bilindiği üzere ısınan hava genişler ve sıcaklığı artarken Trombe duvar tarafından emilerek depolanmaktadır. Bilindiği üzere ısınan hava genişler ve sıcaklığı artarken yoğunluğu azalır. Böylelikle kanal içerisinde bulunan hava kaldırma kuvveti etkisiyle yükselmektedir. Isınan hava üst havalandırma ile oda içerisine girerek sahip olduğu ısı enerjisini oda içerisine aktarmaktadır. Soğuk oda havası ise Trombe duvarın alt bölümünde bulunan havalandırmadan kanala geçer. Kanala geçen hava cam ile duvar arasında ısınarak yükselir ve tekrar oda içerisine aktarılır. Kanaldaki doğal konveksiyon (termo sirkülasyon) ile ısının taşınımı duvarın alt ve üst bölümündeki havalandırma delikleri ile yapılmaktadır. Bu sayede kış aylarının güneşli günlerinde odaya ek ısı kazancı sağlanmaktadır. Trombe duvar sistemlerinde duvarın güneşe bakan yüzeyi ısıyı absorbe etmesi için koyu renkte olmalıdır. Şekil 1.'de Trombe duvarın çalışma durumu gösterilmektedir [14].



Şekil 1. Trombe duvarlı bir sistemde hava akışı

Bina sektöründe son yıllarda Bina Bilgi Modelleme (BBM) kavramı sıklıkla kullanılmaktadır. BBM, yapının tasarım aşamasında tutarlı, işlenebilir ve koordine veri yaratmakla birlikte parametrik çalışabilme imkanı sunmaktadır. BBM tabanlı programlar aracılığı ile projelerin tasarım aşamasında maliyet, bina performansı ve planlama bakımından tasarım test edilebilmektedir [15].

Günümüzde en sık kullanılan BBM yazılımı Autodesk Revit programıdır. Autodesk Revit programı kullanıcılarına kolaylık sağlayan ara yüzü ile yapı, elektrik, mekanik ve mimari projelendirme sağlamaktadır. Bunlara ek olarak metraj, görselleştirme, gün ışığı analizleri ve enerji simülasyonları yapma imkanı tanmaktadır. Bu çalışma kapsamında, örnek bina modeli Autodesk Revit aracılığı ile yapılmıştır.

Green Building Studio (GBS) ise enerji simülasyonu yapmak için DOE-2 motorunu kullanan web tabanlı bir uygulamadır. GBS projelerin, enerji ile su kullanımı, malzeme maliyetleri, karbon ayak izi ve daha fazlasının simülasyonunu yapmaktadır. Tasarım aşamasında birçok alternatifin

karşılaştırılarak hızlı tasarım kararı alınmasına imkan vermektedir [16]. GBS ve Revit arasında bilgilerin aktarılması gbXML formatı ile yapılmaktadır.

Bu çerçevede çalışmanın temel amacı, Bina Bilgi Modelleme (BBM) yazılımları aracılığıyla tasarım aşamasında bina parametrelerinin irdelenmesi ve enerji performansı açısından en uygun parametrelerin belirlenmesidir. BBM araçlarının tasarım evresinde mimari tasarıma entegre edilmesinin enerji etkin tasarımdaki etkisini ortaya koymak ve böylelikle tasarımcılara geleneksel tasarım yaklaşımlarından farklı olarak BBM araçları sayesinde iklimsel veriler dikkate alınarak daha enerji etkin yapılar tasarlanabileceği konusunda farkındalık yaratmak istenmiştir.

Ülkemizde enerjinin büyük bir bölümü binalarda kullanılmakta ve bu enerjinin %85 i binaları ısıtmak amacıyla harcanmaktadır [17]. Bu nedenle çalışma kapsamında Batman ili iklim şartlarında en az enerji tüketimi sağlamaya yönelik alternatifler geliştirilmiştir. Çalışmada ayrıca bina tasarım parametrelerinden yapı kabuğu parametresi ile sınırlandırılmıştır. Bu parametrenin binanın ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketimlerine etkisi üzerinde durulmuştur. Enerji etkin bina tasarımı kriterleri arasında en önemlilerinden biri bina kabuğu parametresinin tasarımıdır [18].

Örnek bina modeli Autodesk Revit 2021 programında yapılmıştır. Daha sonra alternatifler üzerinden bina enerji modeli oluşturulmuştur. Örnek bina analizleri Autodesk Green Building Studio (GBS) üzerinden yapılmıştır. Fakat analizlerin yapıldığı BBM tabanlı Autodesk Revit ve Green Building Studio (GBS) oluşturuldukları ülkenin yapı sistemlerine uygun veriler içermektedir. Bu sebeple bazı seçenekleri sınırlı olmakla birlikte ülkemizde karşılığı yoktur. Bu sınırlılık Türkiye kullanımı için dezavantaj oluştururken sağladığı karşılaştırmalı analizler sayesinde binanın tasarım aşamasında alınacak kararları yönlendirmede etkili bir araç olmuştur.

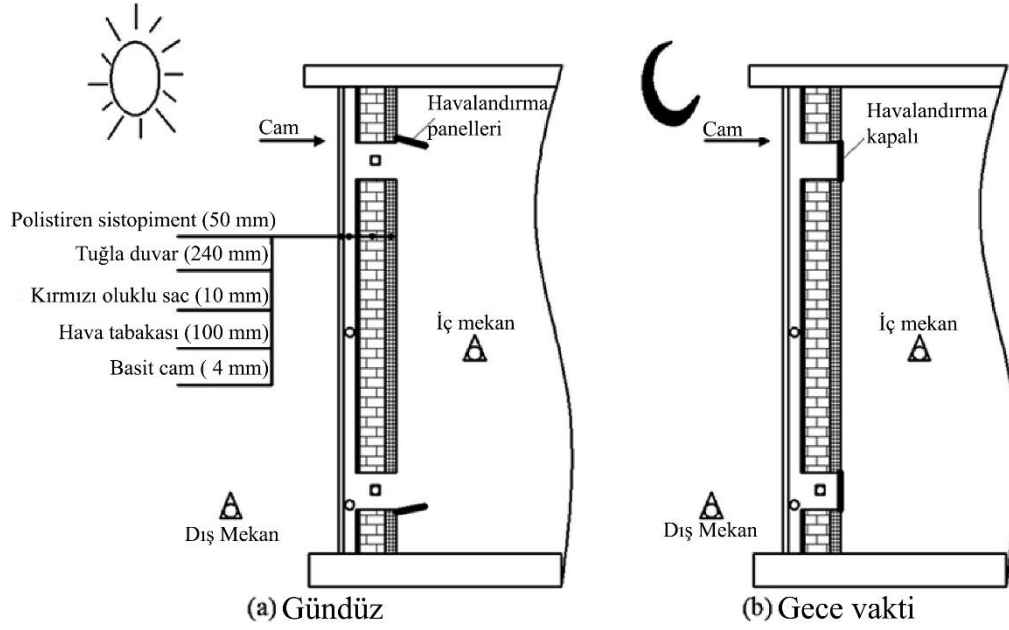
Bu kapsamda çalışmada örnek tavuk çiftliği binası, BBM tabanlı tasarım araçları ile modellenerek Green Building Studio aracılığıyla enerji analizleri yapılmıştır. Oluşturulan farklı alternatifler karşılaştırılarak optimum tasarımlar belirlenmiştir. Oluşturulan duvar katmanlarının bina ısıtma, soğutma ve toplam enerji yüklerine etkisi araştırılmıştır.

1.1. Trombe Duvar Çeşitleri ve Sınıflandırılması

Günümüzde 9 farklı trombe duvar türü bulunmaktadır [19], [20]: değiştirilmiş trombe duvarı, kompozit trombe duvarı, faz değiştiren malzemeli trombe duvarı, fotovoltaik trombe duvarı, zikzak trombe duvarı, güneş trans-duvarı, güneş su duvarı, hibrit duvar-arazisi, akışkanlaştırılmış trombe duvar.

1.2. Değiştirilmiş Trombe Duvar

Klasik trombe duvarın ısı verimliliğini artırmak amacıyla çeşitli duvar konstrüksiyon tasarım çözümleri uygulanmıştır. Fanlar, otomatik hava menfezleri, koruyucu yalıtım kaplamaları, havalandırma panjurları vb. çözümler bulunmaktadır [21], [22]. Değiştirilmiş trombe duvar Şekil 2.'de verilmiştir. [21].



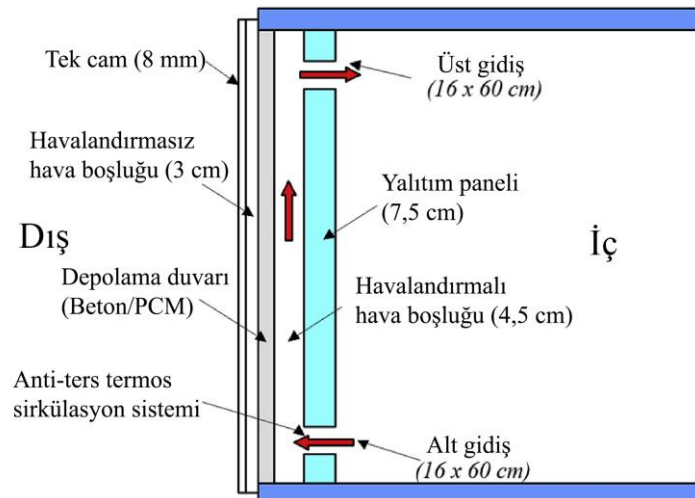
Şekil 2. Değiştirilmiş trombe duvar

Değiştirilmiş trombe duvarda; kış aylarındaki ısı kaybını kontrol etmek amacıyla havalandırma panelleri uygulanmıştır [23], [24]. Bu panellerin bir tarafı emici diğer tarafı yansıtıcı malzeme ile oluşturulmuştur. Böylelikle basit bir sistemle soğutma ve aşırı ısınma ile alakalı sorunlar çözülmüştür.

Otomatik havalandırma kanallarının kullanılması bir odanın iç sıcaklığını önemli ölçüde iyileştirebilmektedir [25]. Özellikle havalandırma kanallarının gün doğduktan 2-3 saat sonra açılıp, gün batımından 1 saat önce kapatılması önemli etki oluşturmaktadır. Bununla birlikte camdaki ek havalandırma açıklıkları, yaz aylarında binaların aşırı ısınmasını engellemeye yardımcı olmaktadır [26], [27].

1.3. Kompozit Trombe Duvar

Kompozit trombe duvar; cam, hava boşluğu, havalandırma kanalları bulunmayan duvar, hava tabakası ve havalandırma kanalları olan ısı yalıtımlı duvar tabakalarından oluşmaktadır [28], [29]. Kompozit trombe duvar Şekil 3.'de verilmiştir [30].



Şekil 3. Kompozit trombe duvar

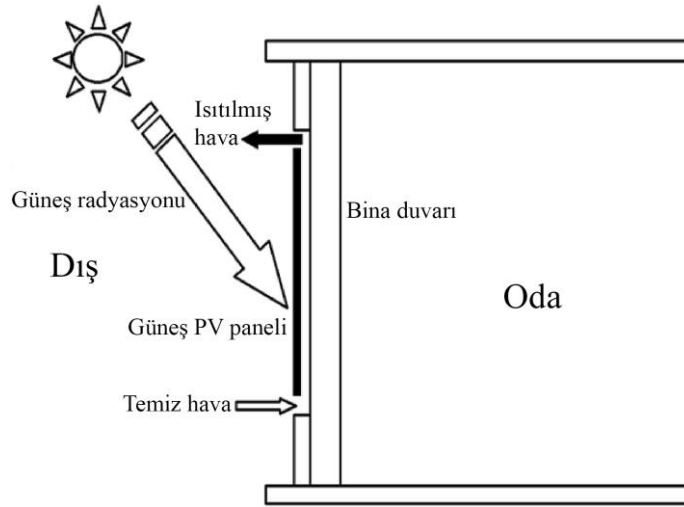
1.4. PCM (Phase Change Material) Malzemeleri ile Trombe Duvar

Bu trombe duvar çeşidi faz değişim malzemeleri ile oluşturulmuştur. Faz değişikliği olan malzemeler yüksek füzyon ısısına sahiptir. Hal değiştirdiğinde büyük miktarda termal enerjiyi biriktirir veya yayar [31], [32]. Faz değiştiren malzemeler genellikle duvarın dış yüzeyinde bulunur. Fakat duvar yüzeyinin içine de yerleştirilebilir.

İki tip PCM malzemesi bulunmaktadır. Bunlar organik ve inorganik malzemeler olmak üzere ikiye ayrılır [32]. İnorganik malzemeler tuz hidratları ve bunların türevlerini içermektedir. Bu malzemelerin ısı indeksi yüksek maliyeti ise düşüktür. Fakat bu malzemeler korozyon ve soğuktan büyük ölçüde etkilenmektedir [33]. Organik malzemeler arasında ise parafin ve yağ asitleri bulunmaktadır. Bu tür malzemeler termal olarak daha kararlıdır. Aşırı soğutma ve korozyon bulunmaz. Fakat bu malzemeler düşük ısı iletimine sahip olmakla birlikte son derece yanıcı özelliğe sahiptir [32].

1.5. Fotovoltaik Trombe Duvar

Fotovoltaik trombe duvar tipinde; hava boşlukları ve fotovoltaik modüller bulunmaktadır. Fotovoltaik trombe duvar Şekil 4.'de verilmiştir [34].



Şekil 4. Fotovoltaik trombe duvar

Bu duvar tasarımı sayesinde güneş radyasyonu termal ve elektrik enerjisine dönüştürülebilmektedir [34], [35]. Fakat elde edilen sonuçlara göre fotovoltaik trombe duvarı şiddetli iklim koşullarına uygun değildir [35], [36]. Bu durumun sebebi, fotovoltaik trombe duvarın odayı 14,2 dereceye kadar ısıtabilmesidir [35].

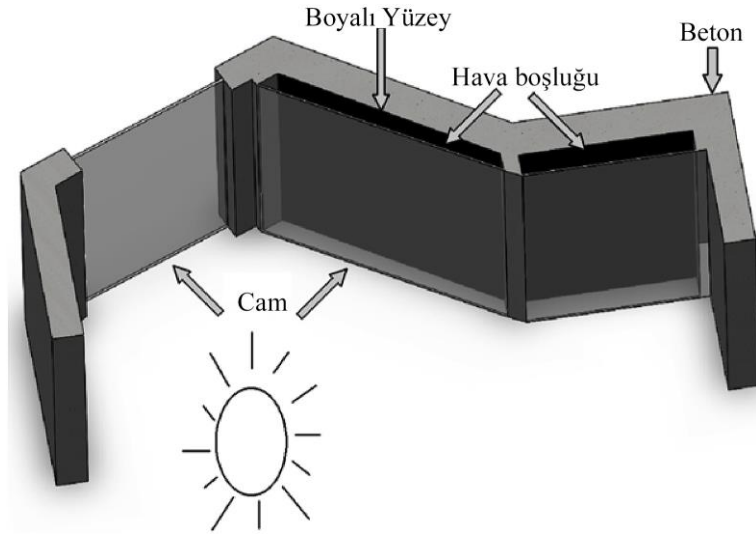
1.6. Güneş Su Trombe Duvar

Güneş su trombe duvarı, klasik trombe duvar ile aynı prensiplerde çalışır [37]. Fakat, su duvarı güneş enerjisini biriktirmek için su depolarını kullanmaktadır [38]. Bu seçim, suyun özgül ısısının betonarme ve tuğlaya göre birkaç kat daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır [39].

Yapılan araştırmalara göre güneş su trombe duvar, karmaşık ve çok kullanışlı değildir [40]. Isıyı çok iyi ileteneğinden geceleri ısı kayıplarının artmasına sebep olmaktadır. İkinci olarak, şiddetli iklim koşullarında geceleri suyun sıcaklığı 0'a yaklaşabilir. Böylece gündüz güneş ışınımının çoğu tanklardaki suyun erimesi için kullanılmaktadır. Üçüncü olarak ise, güneş su duvarı bir odanın geniş bir bölümünü kaplayarak pencere açıklığı açılmamasına sebep olmaktadır. Bu durumlardan dolayı şiddetli iklim koşullarında güneş su duvarının kullanılması mümkün değildir.

1.7. Zikzak Trombe Duvar

Zikzak trombe duvar, termal enerji biriktirmek ve odaya yeterli miktarda gün ışığı alabilmek için güneş radyasyonunun maksimum kullanılmasını sağlayan ideal bir çözümdür. Zikzak trombe duvar Şekil 5.'de verilmiştir [41].



Şekil 5. Zikzak trombe duvar

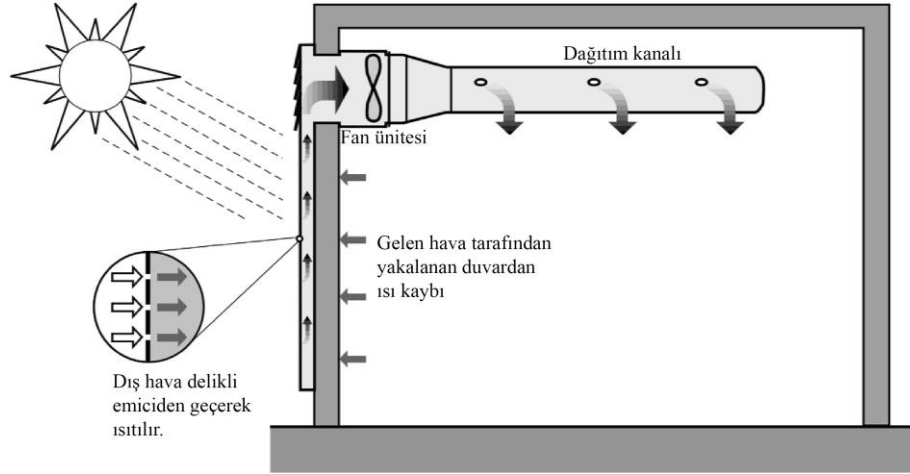
Zikzak trombe duvarda odaların yeterince ısıtılması için güney cephedeki tüm pencere açıklıkları güneydoğu bölgesine yönlendirilmiştir. Termal duvar ise güneşli bir gün sonrasında maksimum miktarda güneş enerjisinden yararlanabilmesi için güneybatıya yönlendirilmiştir [20].

1.8. Güneş Geçiş Duvarı

Güneş geçiş duvarı, güneş su trombe duvarına çok benzemektedir. Fakat güneş geçiş duvarı, metal bir çerçeve üzerindeki şeffaf cam modüllerden oluşmaktadır. Bu şeffaf cam modüller su ile birlikte hava geçirmeyen bir kap oluşturmaktadır. Bu kaplar arasında emici bir plaka bulunmaktadır. Güneş ışığı sayesinde bu levha ısınır ve daha sonra enerjisini suya aktarır [42], [43].

1.9. Güneş Hibrit Duvarı (Güneş Çapraz Duvarı)

Güneş hibrit duvarı kışın ısıtma ve yazın soğutma için etkili olan bir çözümdür [13], [19]. Güneş hibrit duvarının temel özelliği, kış aylarında güneş ışınımının 0,8 mm'lik metal levhayı ısıtmasıdır. Ayrıca sac eşanjör, hava boşluğunda bulunan havayı konvektif ısı yoluyla ısıtarak hava kanalından dağıtım bölümüne iletir. [44]. Yaz aylarında hava güneş radyasyonunun etkisine maruz kalmadan sokaktan odaya doğrudan verilir. Güneş hibrit duvarı Şekil 6.'da verilmiştir [44].



Şekil 6. Güneş hibrit duvarı

1.10. Akışkanlaştırılmış Trombe Duvar

Akışkanlaştırılmış trombe duvarının hava boşluğunda yüksek düzeyde emici ve düşük yoğunluklu bir sıvı bulunmaktadır [19], [45]. Akışkanlaştırılmış trombe duvarının çalışma prensibi şu şekildedir: öncelikle odadaki hava fan ile emici sıvının bulunduğu hava boşluğuna verilir ve hava bu sıvıdan geçerek ısıtılır daha sonra odaya geri döner.

Trombe duvar ile ilgili literatürde birçok çalışmaya rastlamak mümkündür. Fakat optimum oda sıcaklığının sağlanmasına yönelik termal performansın artırılması ile alakalı sınırlı çalışma bulunmaktadır.

Zalewski ve arkadaşları [46], çalışmalarında, farklı iklim koşullarında, dört farklı ısı depolama duvarı ile 3 yıllık verileri sayısal veriler ile kullanarak deneysel çalışmışlardır.

Yedder ve Bilgen [47], çalışmalarında, Trombe bir duvarın termal performansını sayısal olarak incelemişlerdir.

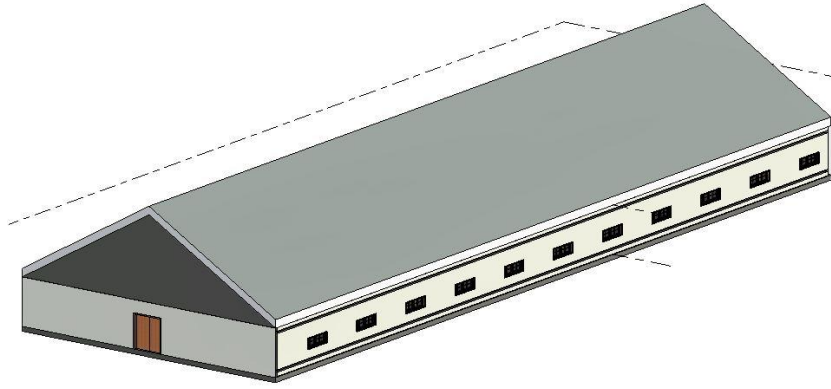
Onbaşıoğlu ve Eğrican [48], çalışmalarında, pasit ısıtma sistemlerinin termal performanslarını sıcaklık, hız ve akı ölçümleri yaparak, ısı kazancı üzerindeki etkilerini incelemiştir.

Zamora ve Kaiser [49], çalışmalarında, uniform sıcaklık şartlarını ve uniform ısı akısı koşullarını kullanarak, iki duvar arasındaki ısı transferini ve optimum mesafeyi sayısal olarak incelemiştir.

2. YÖNTEM

Enerji harcamalarının azaltılması enerji etkin bina tasarım parametreleri ile ilgilidir. Bu çalışma kapsamında, projelerin tasarım aşamasında enerji etkin tasarım parametrelerinin projeye eklenmesi ile enerji tasarrufu sağlamak amaçlanmıştır. Bu amaçla bina ölçeğinde parametreler geliştirilmiş ve analizleri yapılmıştır. Analizler tasarım sürecinde sıkça kullanılmaya başlayan BBM tabanlı Autodesk Revit 2021 programı ve Autodesk Green Building Studio yazılımı aracılığı ile yapılmıştır.

Bu doğrultuda öncelikle enerji etkin tasarıma yönelik Batman ili iklim şartlarında 54m*18m boyutlarında tavuk çiftliği tasarlanmıştır. Tasarlanan tavuk çiftliği Autodesk Revit 2021 programında modellenmiştir. Tavuk çiftliği modeli Şekil 7.'de verilmiştir.



Şekil 7. Tavuk çiftliği BBM modeli

Tavuk çiftliği iç mekan sıcaklığının 21°C civarında olması gerekmektedir [50]. Tasarlanan tavuk çiftliği yapısı Batman ili iklim şartlarında tasarlanmıştır. Batman ili iklim verileri ise programda proje konumu belirlendiğinde otomatik olarak en yakın hava istasyonundan alınmaktadır. En yakın hava istasyonu verileri Şekil 8.'de verilmiştir.

Hava İstasyonu: GBS_06M12_18_170243
Projenize uzaklık 4,3 mil (6,9 km)
Enlem = 37.6833 , Boylam = 41.3000

Soğutma Derecesi Günü		Isıtma Derecesi Günü	
Eşik	Değer	Eşik	Değer
18.3 °C	1427	18.3 °C	1969
21.1 °C	1007	15.6 °C	1460
23.9 °C	647	12.8 °C	1019
26.7 °C	353	10 °C	631

IP si

Eşik	Yıllık Tasarım Koşulları			
	Soğutma		Isıtma	
	Kuru Ampul(°C)	MCWB(°C)	Kuru Ampul(°C)	MCWB(°C)
%0.1	43.6	18.9	-13.5	-13.7
%0.2	43.3	18.9	-12.5	-13.1
%0.4	42.6	18.5	-8.2	-9.1
%0.5	42.2	19.0	-6.7	-7.6
%1	41.2	18.4	-4.3	-5.7
%2	39.8	17.9	-2.5	-4.4
%2.5	39.2	17.8	-1.8	-3.7
%5	37.1	17.6	0.3	-1.6

Şekil 8. Hava istasyonu verileri

Daha sonra tasarlanan tavuk çiftliğinin parametreleri belirlenmiştir. Belirlenen parametreler çiftliğin güney cephesi üzerinden oluşturulmuştur. İlk alternatif olarak güney cephede bimsblok

kullanılmıştır. İkinci alternatifte ise güney cephesinde trombe duvar uygulaması 5 cm havalandırma boşluğu ile kullanılmıştır. Üçüncü, dördüncü ve beşinci alternatifler sırasıyla trombe duvarın 10, 15 ve 20 cm havalandırma boşluğu ile oluşturulmuştur. Oluşturulan 5 alternatife içten yalıtımlı olarak XPS yalıtım malzemesinin eklenmesiyle 10 adet alternatif oluşturulmuştur. Oluşturulan alternatiflerin detaylı gösterimi Tablo 1.'de verilmiştir.

Tablo 1. Oluşturulan alternatiflerin detaylı gösterimi

Tip	Kuzey-Doğu-Batı Cepheleri Dış Duvar (İçten - Dışa(cm))								Güney Cephe Dış Duvar (İçten - Dışa(cm))				Çatı Türü		
Tip-1	Boya (0.10)	Sıva (2.00)	Bimsblok (20.00)	XPS (5.00)	Sıva (2.00)	Boya (0.10)	Boya (0.10)	Sıva (2.00)	Bimsblok (20.00)	Sıva (2.00)	Boya (0.10)		Kenet Çatı		
Tip-2	Boya (0.10)	Sıva (2.00)	Bimsblok (20.00)	XPS (5.00)	Sıva (2.00)	Boya (0.10)	Boya (0.10)	Sıva (2.00)	Bimsblok (20.00)	Sıva (2.00)	Boya (0.10)	5 cm hava boşluğu	Cam	Kenet Çatı	
Tip-3	Boya (0.10)	Sıva (2.00)	Bimsblok (20.00)	XPS (5.00)	Sıva (2.00)	Boya (0.10)	Boya (0.10)	Sıva (2.00)	Bimsblok (20.00)	Sıva (2.00)	Boya (0.10)	10 cm hava boşluğu	Cam	Kenet Çatı	
Tip-4	Boya (0.10)	Sıva (2.00)	Bimsblok (20.00)	XPS (5.00)	Sıva (2.00)	Boya (0.10)	Boya (0.10)	Sıva (2.00)	Bimsblok (20.00)	Sıva (2.00)	Boya (0.10)	15 cm hava boşluğu	Cam	Kenet Çatı	
Tip-5	Boya (0.10)	Sıva (2.00)	Bimsblok (20.00)	XPS (5.00)	Sıva (2.00)	Boya (0.10)	Boya (0.10)	Sıva (2.00)	Bimsblok (20.00)	Sıva (2.00)	Boya (0.10)	20 cm hava boşluğu	Cam	Kenet Çatı	
Tip-6	Boya (0.10)	Sıva (2.00)	Bimsblok (20.00)	XPS (5.00)	Sıva (2.00)	Boya (0.10)	Boya (0.10)	Sıva (2.00)	XPS (5.00)	Bimsblok (20.00)	Sıva (2.00)	Boya (0.10)		Kenet Çatı	
Tip-7	Boya (0.10)	Sıva (2.00)	Bimsblok (20.00)	XPS (5.00)	Sıva (2.00)	Boya (0.10)	Boya (0.10)	Sıva (2.00)	XPS (5.00)	Bimsblok (20.00)	Sıva (2.00)	Boya (0.10)	5 cm hava boşluğu	Cam	Kenet Çatı
Tip-8	Boya (0.10)	Sıva (2.00)	Bimsblok (20.00)	XPS (5.00)	Sıva (2.00)	Boya (0.10)	Boya (0.10)	Sıva (2.00)	XPS (5.00)	Bimsblok (20.00)	Sıva (2.00)	Boya (0.10)	10 cm hava boşluğu	Cam	Kenet Çatı
Tip-9	Boya (0.10)	Sıva (2.00)	Bimsblok (20.00)	XPS (5.00)	Sıva (2.00)	Boya (0.10)	Boya (0.10)	Sıva (2.00)	XPS (5.00)	Bimsblok (20.00)	Sıva (2.00)	Boya (0.10)	15 cm hava boşluğu	Cam	Kenet Çatı
Tip-10	Boya (0.10)	Sıva (2.00)	Bimsblok (20.00)	XPS (5.00)	Sıva (2.00)	Boya (0.10)	Boya (0.10)	Sıva (2.00)	XPS (5.00)	Bimsblok (20.00)	Sıva (2.00)	Boya (0.10)	20 cm hava boşluğu	Cam	Kenet Çatı

Örnek proje alternatifleri oluşturulurken kullanılan malzeme türlerinden binanın enerji tüketimini etkileyen duvar örgü malzemelerinin, yalıtım malzemesinin ve çatı türünün termal değerleri Tablo 2. ve Tablo 2.'de verilmiştir [51], [14], [52].

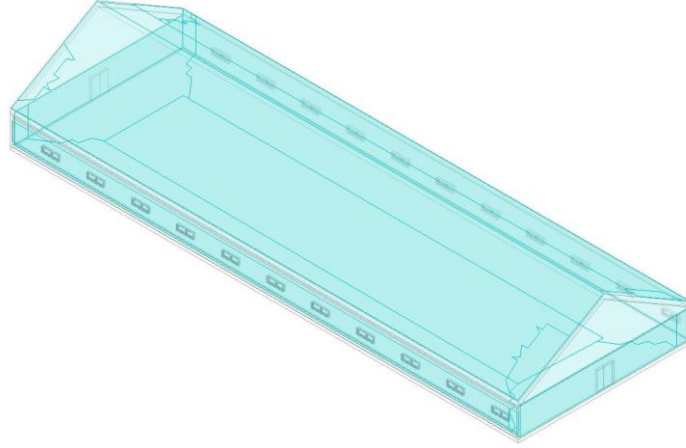
Tablo 2. Malzeme termal değerleri

	Isı İletkenlik	Yoğunluk
Bims Blok	0.190 W/(m·K)	600.00 kg/m ³
XPS	0.030 W/(m·K)	25.00 kg/m ³
Cam	1.400 W/(m·K)	2500.00 kg/m ³

Tablo 3. Çatı türü termal değeri

Çatı Türü		
	Isı Transfer Katsayısı (U)	Termal Direnç (R)
Kenet Çatı	0.145 W/(m ² ·K)	6.865 (m ² ·K)/W

Autodesk Revit 2021 programında modellenen tavuk çiftliğinin daha sonra bina enerji modeli oluşturulmuştur. Bina enerji modeli Şekil 9.'da verilmiştir. On alternatifin her biri için oluşturulan bina enerji modelleri, gbXML dosyası olarak kaydedilmiştir. Daha sonra kaydedilen dosyaların Autodesk Green Building Studio ile enerji analizleri yapılmıştır.

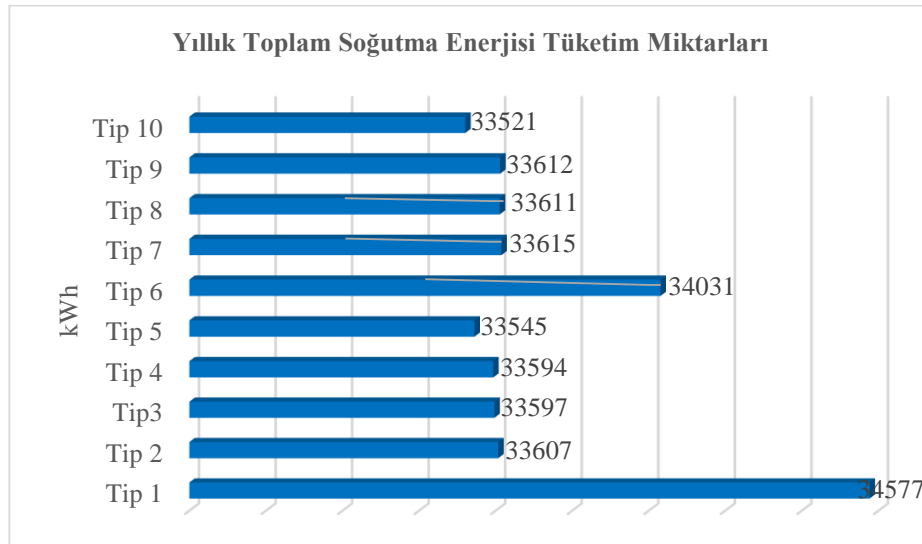


Şekil 9. Tavuk çiftliği bina enerji modeli

Tüm alternatiflerin Green Building Studio’da simülasyonu yapılarak enerji tüketim miktarları hesaplanmıştır. Çalışmada belirlenen parametrelerin etki edeceği ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim miktarları açısından değerlendirme yapılmıştır.

3. BULGULAR

Analizler incelendiğinde yıllık toplam soğutma enerjisi bakımından en olumlu alternatif 33521 kWh ile Tip 10 olarak belirlenmiştir. Yıllık toplam soğutma enerjisi bakımından en olumsuz alternatif ise 34577 kWh ile Tip 1 olarak belirlenmiştir. Tüm alternatiflerin yıllık toplam soğutma enerjisi tüketim miktarları Şekil 10.’da verilmiştir. Soğutma enerjisi tüketimi bakımından en olumlu alternatif en olumsuz alternatife göre yıllık %3’lük enerji tasarrufu sağlamaktadır.



Şekil 10. Yıllık toplam soğutma enerjisi tüketim miktarları

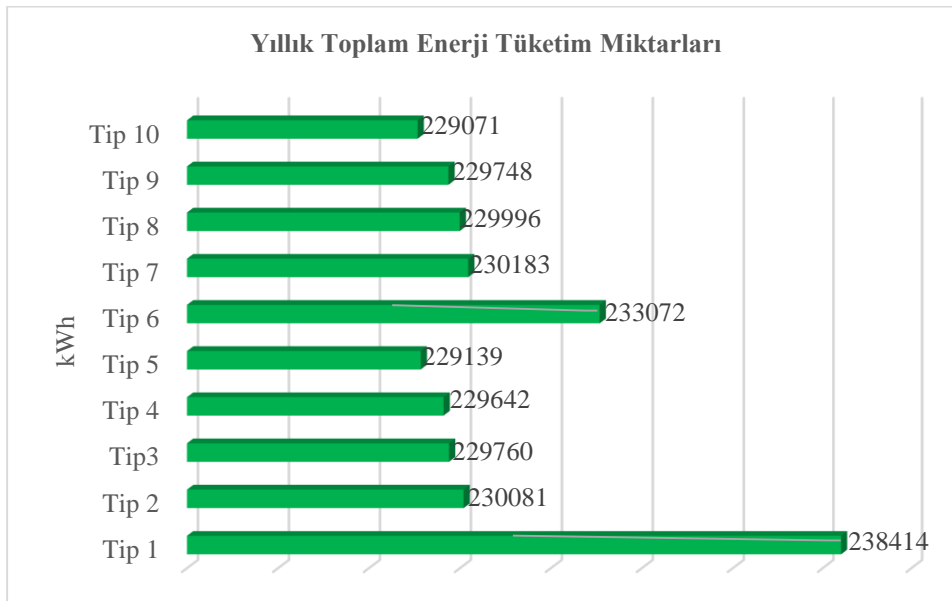
Analizler incelendiğinde yıllık toplam ısıtma enerjisi bakımından en olumlu alternatif 12908 kWh ile Tip 5 olarak belirlenmiştir. Yıllık toplam ısıtma enerjisi bakımından en olumsuz alternatif ise

19708 kWh ile Tip 1 olarak belirlenmiştir. Tüm alternatiflerin yıllık toplam ısıtma enerjisi tüketim miktarları Şekil 11.'de verilmiştir. Isıtma enerjisi tüketimi bakımından en olumlu alternatif en olumsuz alternatife göre yıllık %34,5'lik enerji tasarrufu sağlamaktadır.



Şekil 11. Yıllık toplam ısıtma enerjisi tüketim miktarları

Analizler incelendiğinde yıllık toplam enerji tüketimi bakımından en olumlu alternatif 229071 kWh ile Tip 10 olarak belirlenmiştir. Yıllık toplam enerji tüketimi bakımından en olumsuz alternatif ise 238414 kWh ile Tip 1 olarak belirlenmiştir. Tüm alternatiflerin yıllık toplam enerji tüketim miktarları Şekil 12.'de verilmiştir. Toplam enerji tüketimi bakımından en olumlu alternatif en olumsuz alternatife göre yıllık %3,9'luk enerji tasarrufu sağlamaktadır.



Şekil 12. Yıllık toplam enerji tüketim miktarları

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Analiz sonuçlarına göre Batman ili iklim şartlarında tasarlanan tavuk çiftliği projesinin enerji tüketim miktarları değerlendirilmiştir. Öncelikle soğutma enerjisi tüketimi bakımından değerlendirme yapıldığında, trombe duvarın soğutma enerjisi tüketimini azaltmada etkili olduğu fark edilmiştir. Trombe duvarın yaz aylarında sıcak havanın akışını mekan dışına sağlaması soğutma enerjisi tüketimini azalttığı sonucuna varılmıştır. Trombe duvar sisteminde cam ile duvar arasındaki mesafenin artması genel olarak soğutma enerjisi tüketimini azaltmıştır. Bununla birlikte trombe duvar kullanılmayan alternatifte yalıtım malzemesinin eklenmesi soğutma enerjisi tüketimini azaltmıştır. Bu durumun sebebi yalıtım malzemesinin ısı iletkenliğini azaltmasıdır.

Isıtma enerjisi tüketimi bakımından değerlendirme yapıldığında, trombe duvarın ısıtma enerjisi tüketimini azaltmada etkili olduğu fark edilmiştir. Trombe duvarın kış aylarında sıcak havanın akışını mekan içerisine sağlaması ısıtma enerjisi tüketimini azalttığı sonucuna varılmıştır. Trombe duvar sisteminde cam ile duvar arasındaki mesafenin artması genel olarak ısıtma enerjisi tüketimini azaltmıştır. Aynı şekilde trombe duvar kullanılmayan alternatifte yalıtım malzemesinin eklenmesi ısıtma enerjisi tüketimini azaltmıştır. Bu durumun sebebi aynı şekilde yalıtım malzemesinin ısı iletkenliğini azaltmasıdır.

Toplam enerji tüketimi bakımından değerlendirme yapıldığında, trombe duvarın ısıtma enerjisi ve soğutma enerjisi tüketimini azaltmada etkili olmasına bağlı olarak toplam enerji tüketimini de azalttığı fark edilmiştir.

5. KAYNAKÇA

- Bayraç, H. N. (2010). Küresel enerji politikaları ve Türkiye: petrol ve doğal gaz kaynakları açısından bir karşılaştırma. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(1), 115-142.
- Karaca, M., & Varol, Ç. (2012). Konut alanlarında enerji etkinliği: toplu konut idaresi başkanlığı (TOKİ) toplu konut projeleri üzerine eleştirel bir değerlendirme.
- Golovanova, L., & Blyum, E. (2012). Energy efficient building design and technology. *Scientific notes of PNU*, 5, 247-250.
- Kabir, E., Kumar, P., Kumar, S., Adelodun, A. A., & Kim, K. H. (2018). Solar energy: Potential and future prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 894-900.
- Ekins-Daukes, N. J. (2009). Solar energy for heat and electricity: the potential for mitigating climate change. *Briefing paper*, (1), 1-12.
- Vesnina, V. (2014). Features of solar energy storage for heating residential buildings. *News KSTU them. I. Razzakova*, 31, 179-182.
- Aydin, M. (2016). Enerji Verimliliğinin Sürdürülebilir Kalkınmadaki Rolü: Türkiye Değerlendirmesi. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 14(28), 409-441.

- Hami, K., Draoui, B., & Hami, O. (2012). The thermal performances of a solar wall. *Energy*, 39(1), 11-16.
- Duan, S., Jing, C., & Zhao, Z. (2016). Energy and exergy analysis of different Trombe walls. *Energy and Buildings*, 126, 517-523.
- Denzer, A. (2017). *de la source The solar house: pioneering sustainable design*. distributeur Rizzoli.
- Barber, D. A. (2016). *A house in the sun: Modern architecture and solar energy in the Cold War*. Oxford university press.
- Denzer, A., Arch, M., & Novikova-Kinney, P. (2010). Arthur T. Brown: pioneer of passive solar architecture. In *the SOLAR 2010 Conference Proceedings*.
- Hu, Z., He, W., Ji, J., & Zhang, S. (2017). A review on the application of Trombe wall system in buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 976-987.
- Doğan, A., & Pırasacı, T. Farklı Tipte Modellenmiş Güneş Duvarlarının Isıl Performansının Sayısal Olarak İncelenmesi.
- Krygiel, E., & Nies, B. (2008). *Green BIM: successful sustainable design with building information modeling*. John Wiley & Sons.
- Douglass, C. D. (2011). Instructional modules demonstrating building energy analysis using a building information model.
- Yaman, Ö., Şengül, Ö., Selçuk, H., Çalikuş, O., Kara, İ., Erdem, Ş., & Özgür, D. (2015). Binalarda Isı Yalıtımı ve Isı Yalıtım Malzemeleri. *Türkiye Mühendislik Haberleri (TMH)*, 487(4), 62-75.
- Aste, N., Angelotti, A., & Buzzetti, M. (2009). The influence of the external walls thermal inertia on the energy performance of well insulated buildings. *Energy and buildings*, 41(11), 1181-1187.
- Saadatian, O., Sopian, K., Lim, C. H., Asim, N., & Sulaiman, M. Y. (2012). Trombe walls: A review of opportunities and challenges in research and development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(8), 6340-6351.
- Saadatian, O. M. I. D. R. E. Z. A., Haw, L. C., Sopian, K., Salleh, E. L. I. A. S., & Ludin, N. J. A. I. E. (2012). Solar walls: The neglected components of passive designs. *Advanced in Environment, Biotechnology and Biomedicine*, 2012(120–6).
- Liu, Y., Wang, D., Ma, C., & Liu, J. (2013). A numerical and experimental analysis of the air vent management and heat storage characteristics of a trombe wall. *Solar Energy*, 91, 1-10.
- Khedari, J., Lertsatitthanakorn, C., Pratinthong, N., & Hirunlabh, J. (1998). The modified Trombe wall: a simple ventilation means and an efficient insulating material. *International Journal of Ambient Energy*, 19(2), 104-110.
- Hu, Z., Luo, B., & He, W. (2015). An experimental investigation of a novel Trombe wall with venetian blind structure. *Energy Procedia*, 70, 691-698.
- Hong, X., He, W., Hu, Z., Wang, C., & Ji, J. (2015). Three-dimensional simulation on the thermal performance of a novel Trombe wall with venetian blind structure. *Energy and Buildings*, 89, 32-38.

- Liu, Y., Wang, D., Ma, C., & Liu, J. (2013). A numerical and experimental analysis of the air vent management and heat storage characteristics of a trombe wall. *Solar Energy*, *91*, 1-10.
- Rabani, M., Kalantar, V., Dehghan, A. A., & Faghieh, A. K. (2015). Experimental study of the heating performance of a Trombe wall with a new design. *Solar Energy*, *118*, 359-374.
- Stazi, F., Mastrucci, A., & di Perna, C. (2012). The behaviour of solar walls in residential buildings with different insulation levels: an experimental and numerical study. *Energy and Buildings*, *47*, 217-229.
- Zalewski, L., Chantant, M., Lassue, S., & Duthoit, B. (1997). Experimental thermal study of a solar wall of composite type. *Energy and Buildings*, *25*(1), 7-18.
- Zrikem, Z., & Bilgen, E. (1987). Theoretical study of a composite Trombe-Michel wall solar collector system. *Solar Energy*, *39*(5), 409-419.
- Hu, Z., He, W., Ji, J., & Zhang, S. (2017). A review on the application of Trombe wall system in buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *70*, 976-987.
- Zalewski, L., Joulin, A., Lassue, S., Dutil, Y., & Rouse, D. (2012). Experimental study of small-scale
- Demirbas, M. F. (2006). Thermal energy storage and phase change materials: an overview. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, *1*(1), 85-95.
- Pomianowski, M., Heiselberg, P., & Zhang, Y. (2013). Review of thermal energy storage technologies based on PCM application in buildings. *Energy and Buildings*, *67*, 56-69.
- Ghazali, A., Salleh, E., Haw, L. C., Sopian, K., & Mat, S. (2016). Photovoltaic Façade in Malaysia: The Development and Current Issues. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, *13*(8), 652-663.
- Chow, T. T., Hand, J. W., & Strachan, P. A. (2003). Building-integrated photovoltaic and thermal applications in a subtropical hotel building. *Applied thermal engineering*, *23*(16), 2035-2049.
- Bajc, T., Todorović, M. N., & Svorcan, J. (2015). CFD analyses for passive house with Trombe wall and impact to energy demand. *Energy and Buildings*, *98*, 39-44.
- Bainbridge, D. A. (2005). A Water Wall Solar Design Manual: For environmentally responsive buildings that increase comfort, save money, and protect the environment.
- Liu, Y. W., & Feng, W. (2012). Integrating passive cooling and solar techniques into the existing building in South China. In *Advanced Materials Research* (Vol. 368, pp. 3717-3720). Trans Tech Publications Ltd.
- Lide, D. (2009). (2010). *D. Lide, CRC Handbook of Chemistry and Physics, 90th Edition. Boca Raton, FL: Editorial Advisory Board, CRC Press/Taylor and Francis.*
- Simmons, H. L. (2011). *Olin's construction: principles, materials, and methods*. John Wiley & Sons.
- Building NREL. A better Trombe wall. National Renewable Energy Laboratory; 2005. p. 1-3.
- Nayak, J. K. (1987). Transwall versus Trombe wall: relative performance studies. *Energy conversion and management*, *27*(4), 389-393.
- Grau P, Muller E, James G. Fausett J. Architectural drawing and light construction. eighth ed. Pearson; 2008.

- National Renewable Energy Laboratory. Transpired collectors (solar preheaters for outdoor ventilation air). a DOE national laboratory; 1998. p. 1–24.
- Tunç, M., & Uysal, M. (1991). Passive solar heating of buildings using a fluidized bed plus Trombe wall system. *Applied energy*, 38(3), 199-213.
- Zalewski, L., Lassue, S., Duthoit, B., & Butez, M. (2002). Study of solar walls—validating a simulation model. *Building and Environment*, 37(1), 109-121.
- Yedder, R. B., & Bilgen, E. (1991). Natural convection and conduction in Trombe wall systems. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 34(4-5), 1237-1248.
- Onbasioglu, H., & Egrican, A. N. (2002). Experimental approach to the thermal response of passive systems. *Energy conversion and management*, 43(15), 2053-2065.
- Zamora, B., & Kaiser, A. S. (2009). Optimum wall-to-wall spacing in solar chimney shaped channels in natural convection by numerical investigation. *Applied Thermal Engineering*, 29(4), 762-769.
- Fadı, S., & İyilik, F. K. Mikrodenetleyici Kullanarak Yumurta Üretme Çiftliğinin Isı, Aydınlatma ve Su Kontrolünün Gerçekleştirilmesi.
- Izoder Ts 825 Hesap Programı, Ek E, Yapı malzeme ve bileşenlerinin birim hacim kütlesi, ısı iletkenlik hesap değeri (lh) ve su buharı difüzyon direnç faktörü (μ), <https://www.izoder.org.tr/dosyalar/hesapdegerleri.pdf>, (Erişim tarihi: 15.02.2022)
- <https://www.bimobject.com/tr> Erişim Tarihi: 10.02.2022.