

ARAŞTIRMA / REVIEW ARTICLE

Ülkelerin Pasif Ev Potansiyeli Üzerine Bir Araştırma - Almanya / Sachsen Bölgesi Örneği*

A Study on Passive House Potential of Countries-The Case of Germany/ Sachsen Region

Dilara Karabulut¹ Semiha Kartal² ¹ Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Edirne, Türkiye, dilarakarabulut41@gmail.com² Doç. Dr., Trakya Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Edirne, Türkiye, semihak@trakya.edu.tr

Özet

Günümüzde enerji tüketimi sonucu CO₂ emisyonu artmış ve küresel iklim sorunları da beraberinde oluşmuştur. Aynı zamanda artan nüfus yoğunluğu ile birlikte enerji bağımlılığının azaltılmasına yönelik alternatif yollar aranmaya başlanmıştır. Binalarda Enerji Performansı Direktifi (EPBD)'nde de belirtildiği üzere, Avrupa'da tüketilen toplam enerjinin yaklaşık %40'ını tüketen binaların, enerji etkin şekilde tasarlanması önemlidir. Türkiye'de de, binalardaki enerji performansını iyileştirme politikaları kapsamında, enerji tüketimini azaltırken kullanıcının refahını, çevreyi ve doğayı koruyan mevcut kaynakların sürdürülebilirliğini ve maliyetini dikkate alan Neredeyse Sıfır Enerjili Binalar (NSEB) hedeflenmektedir. Pasif evlerde enerji verimliliğinin sağlanmasının yanı sıra yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılması kaçınılmazdır. Yüksek düzeyde konfor koşullarını düşük enerji tüketimi ile sağlayan Pasif evler tasarımlarda yol gösterici olması açısından önemlidir. Pasif ev tasarımı yaklaşımı enerji performansı açısından yeni yapılar için çözüm önerisi olabileceği gibi mevcut yapılara da uygulanabilir. Bu tür uygulamalar mevcut yapı potansiyelinin yüksek olduğu ülkelerde dönüşüm çalışmalarında da enerji tasarrufu bağlamında katkı sağlayabilir. Bu çalışmada, Avrupa ve diğer ülkelerle birlikte Türkiye'deki Pasif ev yaklaşımları değerlendirilmiş ve Pasif ev uygulamalarında dikkat edilmesi gereken kriterler ele alınmıştır. Bu bağlamda düşük güneş enerjisi potansiyeline ancak Avrupa'daki en yüksek Pasif ev potansiyeline sahip Almanya'nın Sachsen eyaletinde yer alan Pasif ev kriterlerine uygun 3 Anaokulu örneği incelenmiştir. Bu çalışma, Türkiye gibi güneş potansiyeli yüksek ülkelerde pilot bölgeler ve uygulama projelerinin artması açısından önemlidir. Aynı zamanda iklim değişikliğinin zararlarını azaltmaya katkı sağlayabilecek çözüm önerileri olarak da değerlendirilebilir.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, Pasif Ev, Neredeyse Sıfır Enerjili Binalar (NSEB), Enerji Verimliliği, Enerji Tüketimi, CO₂ Emisyonu.

Abstract

Today, as a result of energy consumption, CO₂ emissions increased and global climate problems formed with this. At the same time, with the increasing population density, intended for alternative ways to reduce energy dependence started to be sought. As stated in the Energy Performance in Buildings Directive (EPBD), it is significant to design energy-efficient manner buildings that use up approximately 40% of the total energy consumed in Europe. In Turkey, the scope of energy performance improvement policies in building energy consumption while reducing protecting user well-being, environment and nature of taking attention existing resources are sustainable and cost-effective to exploit away Nearly Zero Energy Buildings (nZEB) were targeted. In addition to ensuring energy efficiency in Passive Houses, it is inevitable to use renewable energy sources. These Passive houses, which provide high comfort conditions with low energy consumption, are important in terms of guiding the designs. The passive home design approach can be a solution proposal for new structures in terms of energy performance as it can apply to existing buildings. The Passive House design approach can apply to existing buildings something like a solution proposal for new structures in terms of energy performance. Such applications can contribute to energy saving in the transformation studies in countries where the existing building potential is high. In this study, Passive House approaches in Turkey with Europe and other countries were evaluated, criteria that be attention in Passive House applications were tackled. In this context, three kindergarten samples that meet the features of passive homes in Sachsen, Germany, which have low solar energy potential but the highest passive home potential in Europe, were examined. This study is significant for pilot regions and increase in implement projects in countries with high solar potential like Turkey. At the same time, it can be considered as solution suggestions that can contribute to reducing the damages of climate change.

Keywords: Sustainability, Passive House, Nearly Zero Energy Buildings (nZEB), Energy Efficiency, Energy Consumption, CO₂ Emissions.

* Bu çalışma, 16-21 Nisan 2021 tarihinde III. Uluslararası Şehir, Çevre ve Sağlık Kongresinde sözel bildiri olarak sunulmuştur.

Bu makeden şu şekilde alıntı yapınız / Cite this article as: Karabulut D, Kartal S. Ülkelerin Pasif Ev Potansiyeli Üzerine Bir Araştırma - Almanya / Sachsen Bölgesi Örneği. Climatehealth. 2021;1(2):30-41

Sorumlu Yazar / Corresponding Author:

Dilara Karabulut, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Edirne, Türkiye
E-mail: dilarakarabulut41@gmail.com



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

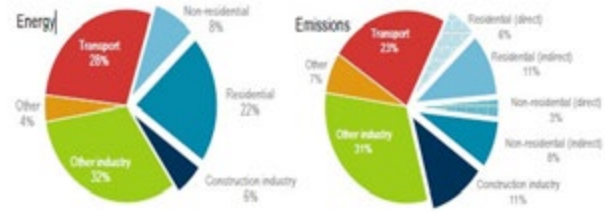
GİRİŞ

Enerji kaynaklarının hızlı ve yoğun bir şekilde tüketiliyor olması küresel bazlı iklim krizlerini tetikleyerek çözüm önerilerinin geliştirilmesine yönelik tedbirleri zorunlu kılmaktadır. Sanayi ve teknolojik gelişmelerle artan faaliyetlerin, 1.0°C artışla küresel ısınmaya sebep olduğu belirtilmektedir. Bu şekilde devam eden artış sonucunda 2030 ile 2050 yılları arasında küresel ısınmanın 1.5°C'ye ulaşacağı ön görülmektedir (International Plant Protection Convention, 2019).

Küresel sıcaklık artışı ve iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı ekonomik ve sosyal sonuçlarının azaltılmasına yönelik ulusal ve uluslararası ölçeklerde enerji verimliliği çalışmaları yürütülmektedir. CO₂ ve sera gazı emisyonlarının artışına dikkat çekmek ve bu sorunların çözümlenebilmesi için önemli adımlar atmak amacıyla dünya ölçeğinde ülkeler kendi taahhütlerini ortaya koymuştur. Ozon tabakasının korunması çerçevesinde atmosfere salınan insan kaynaklı kimyasal maddeler ile kirleticilerin sınırlandırılması amaçlanan Viyana Sözleşmesi daha dar kapsamlı iken, daha kapsamlı ve pekçok ülkenin imzasını bulunduran ve evrensel düzeyde kabul gören Birleşmiş Milletler Montreal Protokolü 01 Ocak 1989 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Başlangıçta 20 ülkenin onayladığı sözleşmeyi Birleşmiş Milletlere üye toplam 195 ülke tarafından onaylanmıştır. Sözleşme gereğince ozon tabakasına zarar veren kimyasal bileşiklerin sınırlandırılması ve yok edilmesi hedeflenmiştir (Taner, 2015). Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS), insanın iklim değişikliği krizine etkisine karşı verilmiş bir reaksiyondur. Paris 2015 İklim Zirvesi mutabakatı ise, Kyoto Protokolü'nün süresinin biteceği için imzalanmış olup ve Kyoto Protokolü'nün devamı niteliğindedir. İki anlaşmanın da küresel çapta iklim krizini önlemek ve iklim değişikliğine karşı önlemler alınması amaçlanmıştır (Anlar Güneş, 2011). Bu çalışmalarda Dünya ve Avrupa'nın iklim değişikliği krizini önleme amaçlı 2020, 2030 ve 2050 hedefleri belirlenmiştir. Bu hedefler sera gazı salınımı azaltmak, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmayı ve enerji verimliliğini artırmak şeklinde belirli yüzde oranları ile belirlenmiştir (Özbalta, 2018).

Bu anlaşmaların gerekliliği olarak Dünya'daki enerji tüketiminin yoğun olduğu sektörler ve sebep olduğu emisyonlar (Şekil 1) için enerji üretiminde sınırlı kaynaklar yerine, güneş, rüzgar, hidroelektrik, biyokütle ve jeotermal gibi sonsuz enerji kaynaklarının kullanımının teşviği önemli olmuştur.

Şekil 1. Küresel enerji tüketim ve emisyon oranları (Global Status Report for Buildings and Construction, 2019)



2002'de Avrupa Birliği Parlamentosu ve Konseyi'nin bildirmiş olduğu "Binalarda Enerji Performansı Direktifi" (EPBD)'nde öne çıkarıldığı üzere, Avrupa'da tüketilen toplam enerjinin yaklaşık %40'ının binalardan kaynaklandığı bilinmektedir. Bu nedenle, Avrupa Birliği 2010'da yayınlamış olduğu EPBD Recast ile Avrupa birliği ülkelerindeki binaların enerji tüketimlerini 2020 yılına kadar en az %20 oranında düşürme amacı belirlenmiş, mevcut yapı stoğu için ise gerekli iyileştirmelerin yapıp optimizasyonun sağlanması gerekliliği açıklanmıştır (Yılmaz vd., 2017). Böylelikle enerji performansı yüksek yapı tasarımı hedeflenerek ısıtma, soğutma ve havalandırma gibi bina hizmet fonksiyonlarının enerji israfı olmadan devamı sağlanmış olacaktır. Bu anlayış, sınırlı enerji kaynaklarının enerji üretimi için daha az kullanılması ve var olan enerjinin korunmasını sağlayarak kısa vadede etkin sonuçların alınabileceği bir yaklaşımdır.

Sonuç olarak küresel ölçekte; enerji krizleri, iklim değişikliği, çevre kirliliği ve zararlı emisyonlar, enerji talebinin artışı ve yetersiz kaynaklar önemini koruyan sorunlardır. Bu bağlamda binaların birincil enerji tüketiminin büyük bir bölümünden sorumlu olması ve bu sorunlara olumsuz yönde katkı koyması nedeni ile düşük enerjili bina, pasif ev, sıfır enerji/emisyon binaları, yaklaşık sıfır enerjili bina vb. yeni bina konseptlerine yönelik araştırmalar hız kazanmıştır.

1. PASİF EV KAVRAMI VE GELİŞİMİ

Pasif Ev, ek hava sirkülasyonuna gereksinim duyulmadan temiz havanın önceden ısıtılarak ya da soğutularak iç ortamın hava kalitesini elde etmek için gerekli ısı konforun sağlandığı yapıdır. Tüm iklim bölgeleri için geçerli işlevsel bir tanımdır. Temel bir kavram olarak değerlendirilen Pasif Evlerin rastgele bir standart olmadığı vurgulanmıştır (Waltjen, 2005). 1994 yılında kurulmuş Uluslararası Pasif Ev Enstitüsü'nün (IPHA) geliştirdiği Pasif Ev standartlarına göre tasarlanmış yapılarda, kış döneminde aşırı soğuk iklimlerde 10 küçük mum ve 4 kişinin vücut ısı ile bile 20 metrekarelik bir odanın sıcaklığını yeterli düzeyde sağlamanın mümkün olabileceği vurgulanmıştır (Marzolari, 2021). Pasif evlerde ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarını azaltma; opak yüzeylerde uygun ve yüksek ısı yalıtımı, ısı köprüleri engellenmiş tasarım, performansı yüksek pencereler, ısı geri kazanımlı havalandırma sistemi ve hava geçirmez bina kabuğu ile sağlanmaktadır (Demirel, 2013). İhtiyaç duyulan minimum enerji; binanın güneşe göre doğru konumlandırılmasıyla camlardan giren güneş ışınları ile kullanıcıların beden ısı ve kullanılan elektrikli cihazların yaydığı ısı yoluyla elde edilmektedir. Bu sebeple pasif evler, Sıfır Enerji Evler (Net Zero House) olarak da anılırlar (Schniders vd., 2015).

İlk modern düşük enerjili ev prototipleri 1970'lerde ABD/Kanada'da yapılmış olsa da Avrupa'da özellikle Almanya'da daha çok gelişmiş ve yaygınlaşmıştır. Pasif ev kavramı Almanca "Passivhaus" sözcüğünden gelmekte olup Alman Fizik Profesörü Wolfgang Feist ve Bo Adamson tarafından 1988 yılında ortaya atılmıştır (Mihai vd, 2016). İlk pasif ev örneği 1991 yılında Almanya'nın Darmstadt şehrinde inşa edilmiştir ve pasif ev üretme fikri zamanla tüm dünyaya yayılan bir anlayış olmuştur (Bozdoğan, 2003). 1996 yılında Almanya'da Passivhaus Enstitüsü kurulmuştur (URL_1). Almanya Pasif Ev Enstitüsü'nde Enerji Verimliliği Uzmanı olan Jessica Grove Smith, 2003 yılında Minnesota bina kodlarına göre yapılan bir evin normal bir evden yüzde 85 daha düşük enerji tükettiğinin tespit edildiğini açıklamıştır (Ören, 2009). Bazı kaynaklarda da, pasif evlerin geleneksel yapılara göre yaklaşık % 90 oranında enerji tasarrufu sağladığı belirtilmektedir (Demirel, 2013). ABD'de de 2007 yılında faaliyetlerine başlamıştır (URL_2). Enstitü "CEPHEUS" (Maliyet Verimli Pasif

Evlerin Avrupa Standartları) adlı proje ile Avrupa'nın birçok farklı bölgelerinde yer alan 250 Pasif Ev'i gözlemleyerek performanslarını değerlendirmişlerdir. Buradaki amaç Avrupa ülkeleri tarafından Enstitü'nün hazırladığı standart benimsenmesi ve yaygınlaşması olmuştur. Başarıyla tamamlanan proje sonrasında Avrupa ülkelerinin büyük bir çoğunluğu Pasif Ev uygulamalarını benimsemiş ve uygular hale gelmişlerdir. Ayrıca bu standart sadece Avrupa'da değil, aynı zamanda dünyadaki diğer tüm iklim bölgelerinde de uygulanmaya başlandığı ve son yıllarda uluslararası düzeyde yaygınlaştığı görülmektedir.

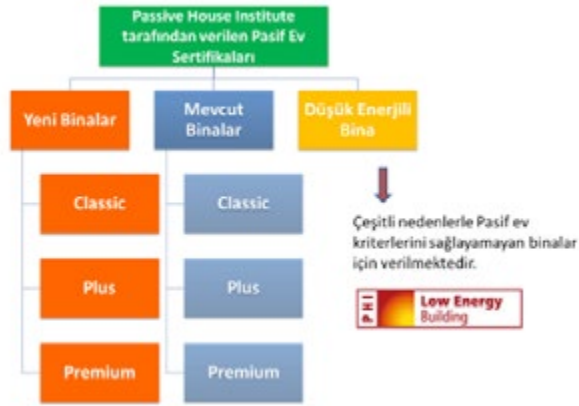
Şekil 2. Pasif yapıların gelişim süreci (Karabulut, 2021)



Pasif Ev Enstitüsü tarafından standartlara uygun yeni yapı ve mevcut yapıların iyileştirilmeleri sonucunda sertifika verilmektedir. Geleneksel pasif evler için Klasik, yenilenebilir enerji kaynaklardan ek enerjinin üretildiği pasif evler için Plus ve yapının gereksiniminden daha fazlasının temiz enerji kaynaklarından üretildiği pasif evlere de Premium sertifika verilmektedir (Şekil 3). Ancak mevcut binaların tadilatlarında Pasif Ev Standardına ulaşmak her zaman gerçekçi bir hedef değildir; bunun nedenlerinden biri, bodrum duvarlarının tadilatından sonra bile kaçınılmaz ısı köprülerinin oluşmasıdır. Bu tür binalar için, Pasif Ev Enstitüsü, Pasif Ev Bileşenleri ile sertifikalı enerji iyileştirmeleri için EnerPHit'i geliştirmiştir. Mevcut binalar için de bu sertifikalar, EnerPHit Klasik, EnerPHit Plus ve EnerPHit Premium şeklinde adlandırılmaktadır. Bu, 25 kWh/(m²a) maksimum ısıtma talebini veya alternatif olarak bileşenlerin PHI sertifikasyonu gerekliliklerine uygun olarak Pasif Ev bileşenlerinin tutarlı kullanımını gerektirmektedir. Pasif Ev Planlama Paketi (PHPP) tarafından hesaplanan ısıtma talebi ve tek tek bileşenlerin ısı koruma kalitesi sertifikada

belirtilmektedir. Yüksek yalıtım özellikleri sayesinde yıllık ısıtma gereksinimi 15 kWh/m^2 'yi aşmayacak şekilde tasarlanmış, yani içinde ısıtma/soğutma sistemlerine gereksinim duymayacak düzeyde yalıtımlı olan yapı (Mihai vd, 2016) olarak tanımlanan pasif yapılardan beklenen özellikler Tablo 1'de verilmiştir (URL_3).

Şekil 3. Pasif Ev Enstitüsü tarafından verilen sertifika türleri (URL_3)

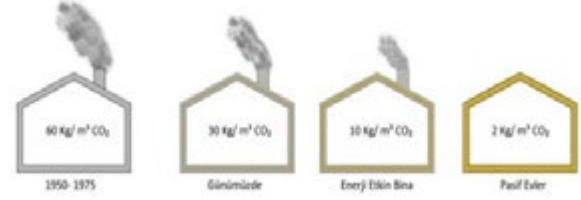


Tablo 1. Yeni ve mevcut iyileştirilmiş pasif yapıların sağlaması gereken şartlar (URL_3)

	Passivhaus	EnerPhit
Yıllık ısıtma ihtiyacı	$\leq 15 \text{ kWh/m}^2 \text{ yıl}$	$\leq 25 \text{ kWh/m}^2 \text{ yıl}$
Yıllık soğutma ihtiyacı	$\leq 15 \text{ kWh/m}^2 \text{ yıl}$	$\leq 25 \text{ kWh/m}^2 \text{ yıl}$
Yıllık birincil enerji ihtiyacı	$\leq 120 \text{ kWh/m}^2 \text{ yıl}$	$\leq 120 \text{ kWh/m}^2 \text{ yıl}$
Hava sızdırmazlık	$\leq 0,6 \text{ ach @ 50 pascals}$	$\leq 0,6 \text{ ach @ 50 pascals}$

TS 825 Yönetmeliği'ne göre tasarlanmış düşük enerjili bir yapının yıllık m^2 başına yaydığı CO_2 emisyonu miktarı 10 kg 'dır. Yalıtımsız bir yapıda ise bu değer 60 kg iken, pasif yapıda yıllık yaklaşık m^2 başına yayılan CO_2 emisyonu miktarı 2 kg 'dır. TS 825 yönetmeliğine göre uygun yapılmış bir yapının yıllık m^2 başına ısıtma enerjisi ihtiyacı $70-80 \text{ kWh}$ iken, ısı yalıtımı uygulanmamış yapılarda ise yaklaşık 250 kWh dolaylarındadır. Pasif yapı standartlarına uygun tasarlanmış yapılarda ise bu değer 15 kWh olarak belirlenmiştir (URL_4).

Şekil 4. Yapılarda enerji tüketimine bağlı CO_2 emisyon miktarlarındaki değişim (Bulut, 2015-URL_5)



2. PASİF EV KRİTERLERİ

Bir yapının Pasif ev standardına uygun olabilmesi için beş temel ilkeyi sağlaması gerekmektedir (Şekil 5). Yapı kabuğunun opak yapı bileşenleri yalıtılarak birim zamandan geçen ısı miktarı azaltılmalıdır. Isı geçiş katsayısı (U-değeri) $< 0.15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ olmalıdır. Ayrıca kabuğun saydam yüzey alanlarını oluşturan pencerelerin cam ve çerçevelerinin seçiminde ısı geçirgenlik ve güneş ısı kazanç katsayısına dikkat edilmelidir. Isı geçiş katsayısı (U-değeri) $< 0.80 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ olmalıdır. Yapının tüm köşe, kenar, bağlantı ve birleşme noktalarında kaçınılması zor ısı köprülerinden mümkün olduğu kadar kaçınılmalıdır. Hava kaçakları nedeniyle gerçekleşen enerji kayıplarını engellemek, nem ve küf oluşması problemi için tedbir almak amacıyla yapı kabuğu kesintisiz ve sürekli olacak şekilde hava geçirmez bir katman ile tasarlanmalıdır. Böylelikle dış hava akımı nedeniyle gerçekleşen ve istenmeyen cereyandan kaçınılabılır. Ayrıca iç hava kalitesini sağlayacak gerekli mekanik havalandırmanın miktarını belirlemek mümkündür. Uygun iç hava kalitesi ve enerji tasarrufu için pasif yapılarda yüksek verimli ısı geri kazanımlı mekanik havalandırma uygulanmalıdır (Waltjen, 2005).

Şekil 5. Geleneksel ev ile pasif ev (Karabulut, 2021)



3. YÖNTEM

Pasif Ev potansiyellerinin Almanya/Saksonya (Sachsen) bölgesi açısından değerlendirildiği çalışmada literatür araştırması yapılmıştır. Görsel ve yazılı kaynakların yer aldığı ulusal ve uluslararası makaleler, tezler, ilgili kitap ve online kaynaklar incelenmiştir. Dünya, Almanya/Saksonya ve Türkiye'deki Pasif Ev potansiyelleri araştırılmıştır (URL_6) (Tablo 2). Saksonya bölgesinde yer alan pasif yapı örnekleri ve tasarım özellikleri literatür çalışması sonucunda elde edilen veriler ile sentezlenmiş ve değerlendirilmiştir.

Tablo 2. Dünya, Almanya, Saksonya ve Türkiye'deki pasif yapı potansiyelleri (Kartal, 2021).

	DÜNYA	ALMANYA	SAKSONYA	TÜRKİYE
PASİF YAPI	5086	2375	86	2
SERTİFİKALI PASİF YAPI	1774	509	9	2

3.1. Almanya- Saksonya (Sachsen) Bölgesi

Almanya genel olarak, nemli batı rüzgârlarının hakim olduğu ılımlı bir iklime sahiptir. Daha karasal iklime sahip Doğusunda ise kışlar soğuk, yazlar sıcak ve kuru olabilmektedir. 455 m rakımda Almanya'nın doğusunda 50.9° enlem, 13.4° boylamda bulunan Saksonya eyaleti'nin konumu ve güneşlenme haritası aşağıda verilmiştir (Şekil 6). Bölge, yıllık ortalama 2,86 kWh/ m2/ gün güneş ışınım miktarına sahiptir (Şekil 7). Şubat ayı 32 mm yağışla yılın en kurak ayı iken ortalama 73 mm yağış miktarıyla en fazla yağışın Temmuz ayında olduğu görülmektedir. Ayrıca 19 °C sıcaklıkla Temmuz ve Ağustos ayları yılın en sıcak, -2 °C sıcaklıkla Ocak ayı yılın en düşük ortalamasına sahip oldukları görülmektedir (Şekil 8).

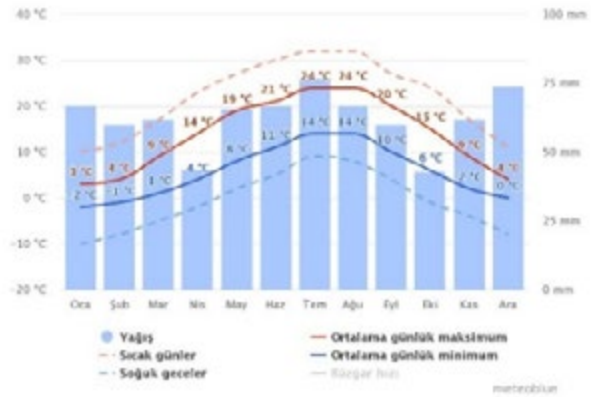
Şekil 6. Almanya'nın Saksonya eyaleti konumu ve güneş potansiyeli (URL_7)



Şekil 7. Almanya/Saksonya eyaletinin aylık ortalama güneş ışınım değerleri (URL_8)



Şekil 8. Almanya/Saksonya eyaletinin ortalama sıcaklık ve yağış durumu (URL_9)

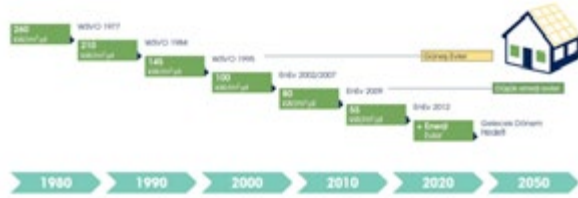


3.2. Almanya/Saksonya Pasif Yapı Potansiyeli

Neredeyse Sıfır Enerjili Binaların (nSEB) uygulamaları ve gelişiminde Almanya dünyadaki öncü ülkeler arasındadır. Ayrıca Almanya, nSEB hedefleri için Çevresel ve Enerji Verimliliği Programı'nda da olduğu gibi programlar aracılığıyla doğrudan küçük işletmelere (KOBİ) destek veren ülkelerden biridir. Almanya, enerji verimliliği sektörlerinde yenilenebilir enerji araştırma fonlarını 2010'dan 2014'e kadar %60 arttırdığı gibi "Future Building (Zukunft Bau)" araştırma girişimi ile de yeni malzemelerin ve işlemlerin geliştirilmesini desteklemektedir (URL_10). Almanya da yapılan çalışmalar doğrultusunda gelecek dönem hedefinde; geleneksel evlerden enerji performansı yüksek evlere

ulaşıncaya kadar enerji gereksiniminin değişimi aşağıda görülmektedir (Şekil 9).

Şekil 9. Almanya’da binalarda enerji verimliliği ve nSEB kavramının tarihsel olarak gelişmesi (URL_10)



Almanya’nın Saksonya eyaletinde 9 tanesi sertifikalı olmak üzere toplam 86 pasif yapı bulunmaktadır. Bu yapılar konut, ofis, okul, ticari gibi çeşitli işleve sahiptir (URL_6) (Tablo 3).

Tablo 3. Almanya’nın Saksonya eyaletinde bulunan pasif yapılar ve işlevleri (Kartal, 2021).

Yapı Türü	Pasif Yapı Sayısı	Yapı Türü	Pasif Yapı Sayısı
Müstakil/Tek	47	Otel/ Tatil evi	1
Tek aile evi+ ayrı daire	4	Anaokulu/ Gündüz bakımevi	6
İkiz ev	4	Okul/Üniversite	2
Yarı müstakil ev	3	Spor merkezi	2
Çok aileli ev	6	Yönetim binası	3
Apartman	5	Ticari yapı	2
Ofis	1	TOPLAM	86

Almanya Saksonya’da pasif yapılara örnek teşkil eden ve pasif yapı onayı alan toplam 6 anaokulu yapısı bulunmaktadır (Şekil 10). İklim değişikliğiyle mücadele konusunun eğitimin daha ilk basamağı olan anaokulu yapılarında da uygulanmış olması, sürdürülebilirlik bağlamında gelecek nesillerin farkındalığının oluşmasında teşvik olacağı ön görülmektedir. Çalışmada, DÖBELN ID 0838, DELITZCH ID 2889 ve OELSNITZ ID 1144 ad ve numaraları ile kodlandırılmış (URL_6) pasif anaokulu örnekleri pasif ev kriterleri açısından incelenmiştir (Şekil 11) (Karabulut, 2021).

Şekil 10. Almanya Saksonya eyaletinde bulunan pasif anaokulu yapıları (Karabulut, 2021)



Şekil 11. Almanya’nın Saksonya eyaletinde örnek olarak seçilen 3 pasif anaokulu yapıları ve konumları (Karabulut, 2021)



3.2.1. DÖBELN Anaokulu ID 0838

St. Florian , modern renkli ahşap yapı, 2002 yılında yenilenerek planlardan da görüldüğü üzere bir kilise (19.yüzyıla ait) ile bütünleşik çözümlenmiş tek katlı bir anaokuldur (URL_11) (Şekil 12-17). Grup odalarının iç duvarları, ebeveynler ve çocuklar tarafından tuğlarla örülmüş, masif ahşap profilli ahşap karkas konstrüksiyon yapıdır. Duvarın yüzeyine buhar geçirgen kazein

boyalı kil sıva uygulanmıştır. Kil, binanın ısı depolama kapasitesini artırmakta ve odadaki nemin kalmasını sağlamaktadır (URL_12) (Şekil18-21).

Şekil 12. Zemin kat planı

Şekil 13. Kat planı



Şekil 14. Yapının kilise ile yapısal ilişkisi (URL_13)



Şekil 15. Doğu cephesi.

Şekil 16. Güney cephesi



Şekil 17. Bina girişi (URL_13)



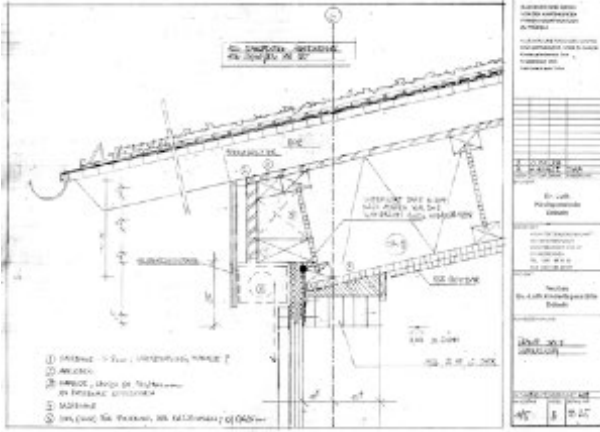
Şekil 18- 21. Kil bloklarla çevrili ahşap karkas yapı duvarları (URL_13)



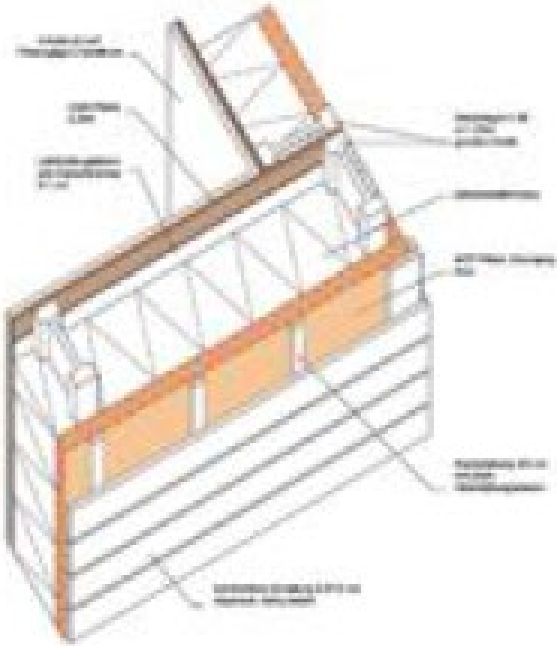
Yapı kabuğunda tüm dış duvarlar ve çatı, sertleştirici OSB paneller ile ahşap çift T kirişli (36 cm) çerçeve konstrüksiyonla inşa edilmiştir (Şekil 22). 4 cm'lik ahşap levha ve selüloz yalıtımı ısı köprüsü oluşumunu engelleyerek dış duvar ve çatı elemanlarının U-değeri $0.11 \text{ W/m}^2\text{K}$ ile pasif ev standardını sağlamıştır (URL_12). Ahşabın yapının köşelerde kullanılması ısı köprüleri oluşturabileceği için köşelerde ahşap kullanımı azaltılmıştır (Şekil 23). Galeri ve bitişik oda tavanları masif ahşap malzemeden yapılmıştır. Pencerelelerde ahşap çerçeveli, 3 katmanlı U-değeri $0.85 \text{ W/m}^2\text{K}$ ve $g = 55\%$ olan cam sistemi uygulanmıştır. İlk PHPP hesaplamalarında, değerler $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ olan ısıtma gereksiniminin biraz üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Bu soruna çözüm olarak, cam yüzeylere kapalı bir

korkuluk yerleştirilmiş ve tüm dış duvarların yalıtımı iyileştirilerek yıllık ısıtma gereksinimi düşürülmüştür. Grup odalarında, bitkilerin ideal nemlendirici olması sebebiyle bitki ekimi yapılmıştır (Şekil 24). Doğrudan taban plakasına iki büyük bitki yatağı yerleştirilmiştir. Yerden rüzgar geçmesini önlemek için 20 cm kalınlığında kil tabakası yerleştirilmiştir (URL_13).

Şekil 22. Çatı-duvar bağlantısı



Şekil 23. Geçirgen duvar detayı (URL_13)



Şekil 24. İç mekan bitki detayı (URL_12)



Yapının temel enerji gereksinimleri (ısıtma, aydınlatma vb.) güneşe bakan pencerelerden güneş enerjisiyle sağlanmıştır. Buna ek olarak güneş kolektörleri ve yerel gaz kazanı sistemi kullanılmıştır. Duvarlarda bulunan, difüzyona dayanıklı metal kompozit borular yardımıyla ısı yapı içerisine dağılması sağlanmıştır. İç hava kalitesinin sağlanması için ısı geri geri kazanımlı havalandırma sistemi uygulanmıştır. Bu sisteme ek olarak ısı eşanjörü üzerindeki higroskopik kaplama da nemin geri kazanılmasını sağlamaktadır (URL_12).

3.2.2. DELITZCH Anaokulu ID 2889

Zauberhaus anaokulu Sachsen eyaletinin Delitzsch şehrinde, yaklaşık 808 m²'lik bir alana sahip iki katlı bir pasif yapıdır (Şekil 25). Anaokulu yapısına dar cepheden giriş yapılarak vestiyer ve açık merdivenle oyun salonuna ulaşılmaktadır. Yapı konseptinde bitki ekimi dikkat çekmektedir. Bitkiler odanın nem dengesini sağlaması ve tozu tutmasıyla odanın iç hava kalitesini artırmak hedeflenmiştir. 1.0 m yükseklikte özel saksı toprağı ile tropikal bitkiler doğrudan toprağı ekilmiş ve taban plakasında bulunan 50 cm kalınlığında çakıl tabakası ve 10 cm kil tabakası ısı yalıtımı ve hava geçirmezlik sağlamıştır. Sifonlu bir drenaj uygulamasıyla koridora suyun taşması önlenmiştir (URL_14), (Şekil 26,27). Havalandırma mekanizması açısından "Sertifikalı Pasif Ev Bileşeni" sertifikasına sahiptir (URL_6).

Şekil 25. Bina girişi Şekil 26. Merdiven yapı ilişkisi**Şekil 27. Güney görünümü (URL_14)**

2 katlı betonarme yapıya, ahşap konstrüksiyonlu dış duvarlar uygulanmıştır. 30 cm selüloz yalıtımlı ahşap karkas yapı duvarları yapı kabuğunun önüne yerleştirilmiş ve ısı köprülerinin oluşmamasına dikkat edilmiştir. Yapının pencereleri pasif yapı bileşeni sertifikasına sahip ahşap doğrama (Uf değeri = 0,78 W/m²K) uygulanmıştır (URL_6), (Şekil 28). Bu bileşenler sayesinde yapı kabuğunda hava sızdırmazlıkla yüksek ısı yalıtımı sağlanmıştır. Yapının güney cephesinde güneşin yıllık hareketlerine göre derinliği ve boyutları tasarlanmış balkonlar yer almaktadır (Şekil 29). Bu balkonlar kışın güneşin binaya girmesini, yazın da gölgeleme sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Yaz aylarında iyi bir havalandırma sağlanması amacıyla otomatik pencerelere sahip çapraz havalandırma sistemi uygulanmıştır. Grup odalarının dış kapıları üzerinde ve çatı tabakası üzerinde otomatik olarak açılan pencerelerle, çapraz havalandırma sağlanmıştır. Yaz gecelerinde dış hava sıcaklığı iç ortam sıcaklığının 1K altındaysa, çapraz havalandırma devreye girerek pencereler açılarak oda hacmi soğutulmaktadır. Sabah saatlerinde dış ortam sıcaklığının artmasıyla birlikte pencereler otomatik olarak kapanmaktadır (URL_14). Yapıda ısı gereksiniminin karşılanması için ısı pompası uygulanmıştır. Yapının sıcak su gereksinimi ise 11,6 m²'lik alana sahip güneş enerji kolektörleriyle birlikte depolama tankları kullanılarak karşılanmıştır (URL_14).

Şekil 28, 29. Ahşap doğramalar/pencereler**Şekil 30. Balkonlar (URL_14)**

3.2.3. OELSNİTZ Anaokulu ID 1144

Saksonya eyaletindeki Oelsnitz şehrinde bulunan Naseweis anaokulu yapısı, yaklaşık 1100 m²'lik alana sahip tek katlı yapıdır (Şekil 31-33). Yapı malzemelerinde sadece işlenmemiş ahşap kullanılmış olup, ürünlerin yapı yaşam döngüsü boyunca, malzeme ve enerji ile ekolojik dengeye önem verilmiştir (URL_15).

Şekil 31. Doğu cephesi**Şekil 32. Güney cephesi**

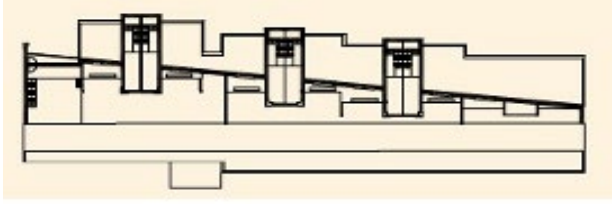
Şekil 33. Bina ana girişi (URL_13)

Duvar elemanları buhar geçirgen özellikte ahşap çerçeve konstrüksiyona sahiptir. Buhar bariyeri olarak da işlev gören 15 mm OSB levhadan çift kaplama olarak yapılan iç kaplama, T kiriş ağların arasına yerleştirilmiştir. Toplam 30 cm selüloz yalıtımlı, buhar geçirgenli ahşap yünü hafif panel ve UV dirençli çatı membranı ile kapatılmıştır. Arkada havalandırmalı cephe, renkli ahşap kaplamalı panellerle kaplanmıştır (Şekil 35- 38). Duvar $0.1 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}$ 'lik bir U değerine sahiptir (URL_13).

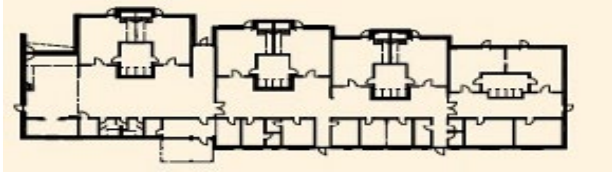
Şekil 35. Ahşap detayları**Şekil 36. Grup odası****Şekil 37. Grup odası****Şekil 38. Yapı kabuğu strüktür detayı (URL_13)**

Çatı, dış duvarla aynı şekilde tasarlanmıştır. Taşıyıcı sistemi toplam yüksekliği 30,5 cm olan çift T kirişlerden oluşturulmuştur. Kirişlerin alt kısmına OSB paneli döşenmiştir ve toplam 40 cm kalınlığında selüloz yalıtımı kullanılmıştır. Bu şekilde çatı katmanı için $0,1 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}$ U-değeri elde edilmiştir. Kuzeye bakan yeşil çatı tarafındaki yetersiz ısı girişi ve OSB panelinden kaynaklı nem riski için çözüm olarak yeşil çatı kaplamasına 50 mm ek yalıtım uygulanmıştır. Yapının kompakt bir yapıya sahip olması ısı kayıplarının önlenmesi için iyi bir çözümdür (URL_16), (Şekil 39, 40).Üç camlı ahşaptan yapılmış pencereler ve giriş kapısı da pasif ev standardında tasarlanmıştır (URL_12). Yüksek kaliteli pasif ev yapı bileşeni sertifikalı U-değeri $0,68 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}$ pencereleri ve U-değeri $0.8 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}$ olan giriş kapısı ile yapı kabuğunda ısı yalıtımı sağlamaktadır (URL_6). Pencereler içe ve dışa doğru açılan iki ahşap kanatdan meydana gelmiştir (Şekil 41- 42). Pencereler kışın ısı sağlamak için, iç kanadın yana yatırılmasıyla (dışarıdan kapalı), yazın ise soğutma için kutu içi havalandırmayla iç kanat kapanır ve dış kanat açılarak kullanılmaktadır. Yıllık $9 \text{ kWh} / \text{m}^2$ ek ısı ihtiyacını yapısında bulunan ısı pompalarıyla karşılamaktadır. Yapıda iç hava kalitesinin sağlanabilmesi için ısı geri kazanımlı havalandırma sistemleri kullanılmıştır (URL_15), (Şekil 43).

Şekil 39. Zemin kat planı



Şekil 40. Birinci kat planı (URL_13)



Şekil 41, 42. Ahşap çerçeveli pencereler (URL_13)



Şekil 43. Isı geri kazanımlı havalandırma sistem planı (URL_15)



4. BULGULAR VE TESPİTLER

Pasif ev kriterlerine göre yapıların yapı kabuğu özellikleri, hava sızdırmazlık, yıllık ısıtma yükleri, birincil enerji gereksinimleri ve mekanik sistem özellikleri incelenmiştir (Tablo 4, 5, 6) (URL_6).

Tablo 4. İncelenen örnek pasif anaokulu yapılarının yapı kabuğu özellikleri (Kartal, 2021).

	Pasif Yapı ID	ID:0838	ID:2889	ID:1144
Yapı kabuğu [U-değeri W/m ² K]	Dış Duvar	0,112	0,103	0,1
	BodrumTavan/ Döşeme	0,128	0,111	0,087
	Çatı	0,12	0,1	0,101
	Pencere Çerçeveleri	0,8	0,85	0,6
	Cam	0,6	0,7	0,68

Tablo 5. İncelenen örnek pasif anaokulu yapılarının PHPP karakteri (Kartal, 2021).

	Pasif Yapı ID	ID:0838	ID:2889	ID:1144
Pasif Ev Planlama Paketi (PHPP)	Hava sızdırmazlık [n50 = 0.6/s]	0,6	0,54	0,42
	Yıllık Isıtma Yükü [kWh/(m ² a)]	18	15	15
	Isıtma yükü [W/(m ²)]	15	15	9
	Birincil Enerji Gereksinimi [kWh/(m ² a)]	114	106	70

Tablo 6. İncelenen örnek pasif anaokulu yapılarının mekanik sistem özellikleri (Kartal, 2021).

	Pasif Yapı ID	ID:0838	ID:2889	ID:1144
Mekanik Sistemler	Havalandırma	Isı geri kazanımlı havalandırma sistemi	Çapraz havalandırma	Isı geri kazanımlı havalandırma sistemi
	Isıtma Sistemi	Güneş enerjisi ve gaz kazan sistemi.	Isı pompası	Isı pompası
	Sıcak su	Güneş enerjisi	Güneş enerji kolektörleri	Gaz yakıtlı kazan

5. DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Dünya çapında birçok ülke iklim değişikliği, çevre sorunları, enerji kullanımı ve zararlı emisyonla mücadelede politikalar geliştirerek hedeflerini belirlemişlerdir. Bu bağlamda birçok ülke bina kodlarını değiştirerek düşük enerjili bina ilkelerinin uygulanmasını teşvik edici çalışmalara yönelmiştir. Buradaki temel amacın yapılardaki enerji tüketim payını düşürebilmek için enerji kayıplarını azaltıcı çözümler sunmak ve yenilenebilir enerji kaynaklarıyla desteklemek olduğu söylenebilir. Çalışmadan da anlaşıldığı üzere Almanya gibi ülkelerde başarıya ulaşabilmek için AB direktifleri doğrultusunda iklimsel koşullar dikkate alınarak standartlar, yönetmelikler vb. çalışmalar yapılmıştır. Ayrıca yapılarda enerji tüketiminin azaltılmasına yönelik enerji verimliliği ve enerji kazancı gibi konularda tasarımcıdan, malzeme üreticisi, uygulayıcısı ve

kullanıcısına kadar tüm paydaşların bilinçlendirilmesi sağlanmıştır.

Araştırmalar sonucunda Pasif Ev veri tabanındaki kayıtlara göre Almanya'da pasif yapı olarak kayıtlı 2375 adet yapının 509 adeti sertifikalı ve Saksonya'da 86 kayıtlı pasif yapının 9 adeti sertifikalı olduğu tespit edilmiştir. Pasif Ev veri tabanındaki kayıtlara göre Türkiye'de yalnızca 2 adet pasif yapı mevcuttur. Türkiye'nin güneş ışınım şiddeti Almanya'ya oranla daha yüksek olmasına rağmen, pasif yapı uygulamaları ve geliştirilmesi konusunda çalışmaların yetersiz kaldığını söylemek mümkündür. Bu bağlamda Türkiye'nin AB direktifinde yer alan düşük enerjili, sıfır enerjili bina uygulamaları için vurgulanan yenilenebilir enerji kaynakları ile desteklenmesi konusunda önemli avantaja sahip olduğu göz ardı edilmemelidir.

Araştırma sonucu incelenen pasif anaokulu yapılarının her biri kendi özelinde nitelikler barındırarak kreş/bakım evleri için farklı bakış açıları yaratmaktadır. Yapılar özelinde yapılan farklı araştırmacılar tarafından yapılmış araştırmalar ve ölçümler yapıların pasif yapı niteliğini desteklediklerini göstermektedir. İncelenen tüm örnekler yapı kabuğu açısından değerlendirildiğinde duvarlar, bodrum tavan ve döşemeler, çatı, pencere cam ve çerçevelerin pasif ev kriterlerini sağlayacak şekilde uygulandığı ancak cam seçimi dışında diğer elemanların ID 1144 yapısında ısı performansı açısından daha elverişli olduğu görülmektedir (Tablo 4). Pasif Ev Planlama Paketine göre enerji performansı açısından ID 1144 yapısının daha olumlu olduğu söylenebilir.

Sonuç olarak, binanın ısıtma, soğutma, aydınlatma ve havalandırma yüklerinin belirlenmesinde tasarım kararlarının belirlenmesi, sistem kararlarının alınması, uygulanması ve sistemlerin işletilmesi önemlidir. Bu kararlarda pasif sistemlerin kullanımına öncelik ve önem verilmelidir.

Enerji performansı yüksek yapıların yaygınlaşmasına katkı sağlaması, yol gösterici olması ve yaygınlaşması açısından bu tür çalışmaların önemli olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Anlar Güneş, Ş. (Güz 2011). "İklim Değişikliği Yükümlülüklerine Uygunluğun Sağlanması: Kyoto Protokolü Uygunluk Mekanizması", *Uluslararası İlişkiler*, Cilt 8, Sayı 31, s. 69-94.

- Bozdoğan, B. (2003). Mimari tasarım ve ekoloji. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Bulut, N. (2015), PASİF EVLER & FIRSATLAR, İzocam.
- Demirel, B., (2013). Pasif Ev Uygulamasının Türkiye İçin Değerlendirilmesine Yönelik Bir Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Global Status Report for Buildings and Construction. (2019).
- International Plant Protection Convention. (2019) IPPC 1.5°C Küresel Isınma Özel Raporu- Politikacılar Özeti, (Madde A1, Politikacılar Özeti, Sayfa 4).
- Marzolani, K. P. (Ocak 2021). Pasif Ev Nedir, Evham dergisi.
- Mihai, M.; Tanasiev, V.; Dinca, C.; Badea, A.; Vidu, R. (2016). Passive House Analysis in Terms of Energy Performance, Energy and Buildings.
- Ören, M. (Ekim 2009). Termo Klima Dergisi, Yıl:1, No: 12, Sayfa: 40- 44
- ÖZBALTA, G. T. (2018). Yaklaşık Sıfır Enerjili Binalar ve Yerleşimler, ISUEP 2018 Uluslararası Kentleşme ve Çevre Sorunları Sempozyumu.
- ÖZBALTA, G. T. (2019). Yaklaşık Sıfır Enerjili Binalar ve Yerleşimler.
- Schnieders J.; Feist W.; Rongen, L. (2015). Passive Houses for different climate zones, Energy and Buildings.
- Taner, A. C. (2015). Fransa 2015 Paris Olası Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Anlaşması Bağlamında Kanada 1987 BM Montreal Ozon Tabakası Protokolü Örneği.
- Waltjen, T. (2005). IBO Passivhaus Bauteilkatalog – A Catalogue of Building Elements Specified for Passivhaus Standard.
- Yılmaz, Y. ve Oral, G. (2019). "An approach for cost and energy efficient retrofitting of a lower secondary school building" Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University 34 (1), 393-407.
- URL_1 www.passivehouse.com (E.T: 14.04.2021)
- URL_2 <https://passivehouse-international.org/> (E.T: 19.04.2021)
- URL_3 https://passiv.de/en/03_certification/02_certification_buildings/04_enerphit/04_enerphi.htm (E.T: 19.04.2021)
- URL_4 <https://passivhaustagung.de> (E.T: 14.04.2021)
- URL_5 <https://docplayer.biz.tr/6535300-Pasif-evler-firsatlar-a-nuri-bulut-genel-mudur-izocam-a-s.html> (E.T: 14.04.2021)
- URL_6 www.passivehouse-database.org (E.T: 19.04.2021)
- URL_7 <https://globalsolaratlas.info> (E.T: 14.04.2021)
- URL_8 <https://pvwatts.nrel.gov/pvwatts.php> (E.T: 14.04.2021)
- URL_9 www.meteoblue.com (E.T: 14.04.2021)
- URL_10 https://webdosya.csb.gov.tr/db/mesleki hizmetler/icerikler/nseb_rehber--20201117075919.pdf (E.T: 19.04.2021)
- URL_11 https://referenzbauten.fnr.de/fileadmin/referenzgebaeude/pdf/objekte/ref_5.pdf (E.T: 19.04.2021)
- URL_12 http://www.reiter-architektur.de/projekte_/ki-florian/KitaDoebeln_ReiterRentzsch.pdf (E.T: 19.04.2021)
- URL_13 https://informationsdienstholz.de/fileadmin/Publikationen/3_Spezial/Spezial_Kindergaerten_Kindertagesstaetten.pdf (E.T: 19.04.2021)
- URL_14 http://www.reiterarchitektur.de/projekte_/kidelitzsch/Reiter%20Hawemann%20Kindertagesstaette%20Delitzsch.pdf (E.T: 19.04.2021)
- URL_15 <https://docplayer.org/62898037-Passivhaus-kindergarten-mit-einer-komfortlueftungs-anlage-von-vallox.html> (E.T: 19.04.2021)
- URL_16 <https://docplayer.org/78084344-Dipl-ing-harald-stahr.html> (E.T: 19.04.2021)