

## **Sürdürülebilir Mimarlıkta Pasif Evin Rolü**

### **The Role of the Passive House in Sustainable Architecture**

Farida MAMMADOVA, Solmaz AHMADOVA, Ruşen YAMAÇLI

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Bina Bilgisi ABD, Eskişehir

Doi: 10.51764/smutgd.1229030

Geliş Tarihi : 04.01.2023

Kabul Tarihi : 26.03.2023

#### **ÖZET**

Pasif konut, enerji verimli konut sektöründeki gelişmelerden biridir. Pasif konutun arkasındaki teknoloji iyi kurulmuş ve dünya çapında önemli olumlu sonuçlarla son yirmi yılda test edilmiş olsa da, teknolojinin uygulanması durumunda dikkate alınması ve olası üstesinden gelinmesi gereken çeşitli zorluklar vardır. Binalarda insanlar için elverişsiz bir ortam gelişir: yapı malzemeleri, mobilya ve teçhizat ile birlikte insan vücuduna zararlı maddeler dairelere girer, havalandırma sistemleri binada hava temizliği sağlamaz, gürültü rejimi bozulur, binalarda ısı kayıpları yüksektir ve içlerindeki mikro iklim, konforlu yaşam ortamının gereksinimlerini karşılamaz. Çok katlı binalar, sakinlerine arazi ile gerekli bağlantıyı sağlayamıyor, aşırı büyük konut binalarının etrafında olumsuz mikro iklim ve psikolojik ortam oluşuyor, binaların mimari görünümü modern insanın estetik ihtiyaçlarını karşılamıyor. Mimarlar dünyanın tüm çevre sorunlarını çözemezler, ancak şu anda tüketilen enerjinin yalnızca bir kısmını gerektiren binalar tasarlayabilirler. Modern geliştiriciler, en son teknolojileri kullanarak çevre dostu evler inşa etmeye başladılar. Bu sektördeki en son başarılarından biri, pasif bir ev veya pasif-ev olmuştur. Bir pasif-ev, yalnızca doğal malzemeler kullanan, geleneksel ısıtma sistemleri olmayan ve elektrik tüketimi en aza indirilen bir evdir. Bu makale, enerji verimli (pasif) evlerin inşasının ana yönlerini, pasif-evlerin olumlu ve olumsuz yönlerini tartışmaktadır. Bu makale, çevre kirliliği ile ilişkili ve insan sağlığını etkileyen çevre sorunlarına olası bir çözüm önermektedir. Enerji tasarruflu evlerin inşasına yönelik bir süreç önerilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Pasif ev; Enerji verimli ev; Pasif-ev.

#### **ABSTRACT**

Passive housing is one of the developments in the energy efficient housing sector. While the technology behind PH has been well established and tested worldwide over the past two decades with significant positive results, there are several challenges that need to be considered and possible overcome if the technology is to be implemented. An unfavorable environment for humans develops in buildings: together with building materials, furniture and equipment, substances harmful to the human body enter the apartments, ventilation systems do not provide air cleanliness in the building, the noise regime is disturbed, heat losses in buildings are high, and the microclimate in them does not meet the requirements of a comfortable living environment. Multi-storey buildings cannot provide their residents with the necessary connection with the land, an unfavorable microclimate and psychological environment is formed around excessively large residential buildings, the architectural appearance of the buildings does not meet the aesthetic needs of modern people. Architects cannot solve all the world's environmental problems, but they can design buildings that require only a fraction of the energy currently consumed. Modern developers have started to build eco-friendly houses using the latest technologies. One of the most recent achievements in this industry has been a passive house or passive house. A passiv-house is a house that uses only natural materials, does not have conventional heating systems, and the electricity consumption is minimized. This article discusses the main aspects of the construction of energy efficient (passive) houses, the positive and negative aspects of passive-houses. This article proposes a possible solution to environmental problems associated with environmental pollution and affecting human health. A process for the construction of energy-efficient houses is proposed.

**Keywords:** Participatory Planning, Housing Planning, Passive-house.

Farida MAMMADOVA, Orcid: 0000-0001-9583-403X, farida.mamedova.95@gmail.com

Solmaz AHMADOVA, Orcid: 0000-0002-6857-8111, solmaz.axmedova.95@gmail.com

Ruşen YAMAÇLI, Orcid: 0000-0001-9659-9246, yamaclir@gmail.com

## 1. GİRİŞ

Dünyadaki uygulamada, pratik mimari faaliyetlerde ve yeni fikirlerin tasarlanması aşamasında, sürdürülebilir kalkınma ve çevre güvenliğinin sağlanması ilkelerinin dikkate alınması konusunda büyük başarılar elde edilmiştir. Bugün, konutların çevre dostu olması konusu dikkate alınmaktadır. Çevre sorunları mimariyi her düzeyde etkilemektedir. Gelişmiş ülkelerde enerji tüketiminin yarısı binalarda, dörtte biri ulaşımda tüketilmektedir. Mimarlar çevre sorunlarını en aza endirgemek edebilmek için tüketilen enerjinin yalnızca bir kısmını kullanan binalar tasarlamaktadırlar. Modern geliştiriciler, en son teknolojileri kullanarak çevre dostu evler inşa etmeye başladılar. Bu sektördeki en son başarılarından biri, pasif bir ev veya pasif-ev haline geldi.

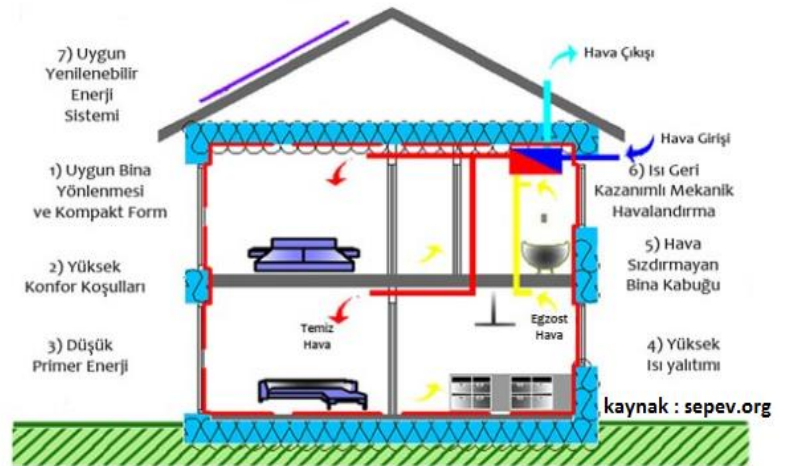
Pasif bir evin, enerji tasarruflu bir evin veya bir pasif-evin, temel özelliği ısıtma ihtiyacının olmaması veya düşük enerji tüketimi olan bir bina olmasıdır. Bu tür konutların enerji tüketimi, geleneksel müstakil evlerin maliyetinin yalnızca %10'u kadardır. Bir pasif-ev, yalnızca doğal malzemeler kullanan, geleneksel ısıtma sistemleri olmayan ve elektrik tüketimi en aza indirilen bir evdir. Bununla birlikte, bir pasif-evin ana dezavantajı tam da geleneksel ısıtma sistemlerinin yokluğunda yatmaktadır; sadece böyle bir eve yetecek kadar güneş enerjisinin olduğu bölgelerde inşa edilebilir. Bu makale, enerji verimli (pasif) evlerin inşasının ana yönlerini, pasif-evlerin olumlu ve olumsuz yönlerini tartışmaktadır. Enerji tasarruflu evlerin inşasının dikkate alınması önerilmektedir.

## 2. PASİF EVLERİN TARİHİ

"Pasif ev" terimi yaklaşık 25 yıl önce Almanya'da ortaya çıktı. Mayıs 1988'de Profesör Bo Adams (İsveç) ve Wolfgang Feist (Almanya) (Şekil 1; 2.), ısıtma ve sıcak su için minimum enerji tüketmesi gereken bir konut binası konseptini geliştirdi. Bu, ısıtma cihazlarının kullanımını reddetmeyi mümkün kıldı (Golikova & Nagaeva, 2019, s. 15-20). Hesaplamalara göre, ısınma için yeterli güneş ısı ve sakinlerin ürettiği ısı vardı.



Şekil 1. İlk pasif ev (Almanya).



Şekil 2. Darmstadt'taki (Almanya) ilk pasif evin kesiti: büyük ısı yalıtımı, özel süper sıcak pencereler ve verimli ısı geri kazanımlı bir havalandırma sistemi (URL-1, 2022).

Ön hesaplamalara dayanarak, aşağıdakileri dikkate alan bir ev projesi geliştirildi: mimari enerji tasarruflu çözümler; havalandırma sisteminde bir ısı eşanjörü sağlanır - binadan çıkan sıcak havanın eve giren soğuk havayı ısıttığı bir ısı eşanjörü; hava kalitesi kontrollü bir havalandırma kontrol sistemi geliştirilmiştir; yeni enerji tasarruflu pencere çerçeveleri geliştirildi; özel enerji tasarruflu yapısal birimler geliştirilmiştir; güneş ısının kullanımı dikkate alınır; atık sudan ısının geri kazanılması (yani kullanılması) için bir sistem geliştirilmiştir.

Pasif bir ev, her şeyden önce enerji tasarruflu bir evdir. Pasif-evler, geleceğin evinin idealize edilmiş bir temsili değil, inşaatı her geçen yıl daha popüler hale gelen oldukça gerçek evlerdir. İlk pasif ev 1972'de ABD'de, New Hampshire'da, Manchester'da, enerji krizinin arifesinde inşa edildi (Abitov & Ataev, 2016, s.23-25) (Şekil 3).



**Şekil 3.** ABD'de, New Hampshire'da, Manchester'da, ilk pasif-ev (URL-2, 2022).

Mimarlar Nicholas Isaak ve Andrew C. Isaak, iki katlı bir yeraltı otoparkına sahip, toplam 16.350 m<sup>2</sup> alana sahip 6 katlı bir bina oluşturmakla görevlendirildi. Evin projesi bir küptü, bu form mimari çözümün kısıtlılığı nedeniyle ısı kaybını en aza indirdi. Cam, duvar yüzeyinin sadece %10'unu oluşturuyordu ve çatıya güneş kolektörleri yerleştirildi. Dış duvarlar iki katmanlı bir yapıya sahipti ve pencerelerde güneşlik vardı. Binanın mimarisi, iç mekanın açık yerleşimi sayesinde doğal ışığın maksimum kullanımına izin verdi. Soğutulmuş ve ısıtılmış suyu depolamak ve geri kazanımlı havalandırma için tanklar düşünülmüştür. İkinci enerji tasarruflu bina "EKONO evi" Finlandiya'nın Otaniemi kentinde inşa edildi (1973-1979) (Şekil 4). EKONO şirketi, 1950'den beri enerjinin korunması ve optimum kullanımı alanında araştırma yapmaktadır. Şirketin uzmanlarının biriktirdiği deneyim, EKONO-house adlı yenilikçi bir bina projesinde uygulanmıştır (Soloviev, 2016, s. 46-53).



**Şekil 4.** "EKONO evi" (URL-3, 2022).

Projenin özelliği, binanın 2 bölümden oluşmasıydı. Dıştan aynıydılar, ancak ilk bölüm o zamanki bina kodlarına göre inşa edilmişti ve yenilikçi enerji tasarruf çözümlerini içermiyordu. Binanın ikinci bölümde bu tür çözümler kullanılmıştır. Bunlar, amacı her iki bölümün enerji tüketimini incelemek ve karşılaştırmak olan araştırma laboratuvarlarıydı. "EKONO-house" binasının ana yenilikçi enerji tasarrufu çözümleri şunlardı: çevreleyen yapıların alanını en aza indirmek ve içlerinden ısı kayıplarını azaltmak için iç hacmin verimli kullanımı; ısı kaybını azaltmak için kapalı yapıların etkili ısı yalıtımı; ısıyı biriktirmek ve binanın termal stabilitesini iyileştirmek için kapalı yapıların yüksek ısı kapasitesi; ısıtma sistemi üzerindeki yükü azaltmak için yapının tabanında güneş radyasyonu ısısının birikmesi; yazın ısı kazancını azaltmak ve kışın ısı kaybını azaltmak için havalandırılmalı pencerelerin kullanılması; binanın ısıtılmasına yönelik enerji maliyetlerini azaltmak için havalandırma sisteminde minimum hava kaçağı (bina sızdırmazlığı) ve düşük dış hava tüketimi; elektrik enerjisi maliyetini azaltmak için verimli aydınlatma; enerji tüketimini optimize etmek ve hesaba katmak için klima ve aydınlatma ekipmanı için otomatik kontrol sistemi (Soloviev, 2016, s. 46-53).

### 3. PASİF EV PROJESİNİN YARATMANIN TEMEL YÖNLERİ

Pasif-evler tasarlanırken takip edilmesi gereken birkaç temel husus vardır: (Matyeva, Shadykhanov, 2017)

#### 1. Tasarlanan binanın şekli:

Bu tür evler için projeler oluştururken uzmanlar, minimum dış alana sahip geniş bir oda yaratacak en uygun şekillerini belirler. Bu hareket, dış yüzeyden ısı kaybını azaltabilir. Pasif-evler, forma (tasarım) göre aşağıdaki türlere ayrılabilir: (Basok, vd., 2015, s.32-43)

- Kubbe pasif-ev- evin tasarımı kubbe şeklindedir. Malzeme ahşap veya tuğla olabilir. Çatı yeşil çatı, odun veya kiremit ile kaplıdır.
- Düz çatılı pasif-ev- yapı, çatı yüzeyinde hasır paneller ve canlı bitkiler kullanılarak ahşaptan oluşur.

- Klasik bir ev, ahşap ve tuğladan yapılmış bir kütük evden inşa edilmiş bir tür pasif-evdir.
- Yuvarlak ev- yuvarlak bir şekle sahiptir. İnşaat yapılırken kil, ahşap, tuğla veya saman kullanılır. Yuvarlak bir evin çatısı metal kiremitlerden yapılabilir.

2. Ekolojik evin güçlü yalıtımı (çatı ve duvarlar için ısı direnç katsayısı en az R40 ve R60 olmalıdır), duvar ve çatı bağlantılarının, temellerin vs. dikkatli bir şekilde sızdırmaz hale getirilmesi, pencerelerin etrafındaki açıklıkların ve kapılar, havalandırma sistemlerinin montajı, ısı geri kazanım ekipmanı ile donatılmış olması önemli özelliklerinden biridir. Örneğin, birçok mimar, enerji tasarruflu bir ev için çatıların mümkün olduğunca basit yapılmasını önerir. Genellikle üçgen bir versiyonda dururlar ve ne kadar düz olursa ev o kadar ekonomik olur. Kar, eğimli çatıda oyalanacak ve bu, kışın ek yalıttır.

3. Düzen. Bir pasif-evde, kapılar ve pencereler binanın kuzey cephesine bakmamalı, giriş holünün varlığı zorunludur (bu, kışın ısı kaybını azaltacaktır). Mümkünse yaşam alanları doğu cepheye, tampon odalar (depolar, kilerler, garajlar vb.) kuzey cepheye bakmalıdır.

Pasif ev fikrinin bir başka geliştirme biçimi, altyapıdan, elektrik ve gaz şebekeleri, belediye su temini sistemleri, atık su arıtma sistemleri, rögarlar, iletişim hizmetleri ve bazı durumlarda kamuya açık yollardan bağımsız olarak inşa edilen özerk binalardır. Otonom binaların çevresel etkisi minimumdur, daha güvenlidir (doğal veya askeri eylemler sırasında) ve daha az bakım maliyeti gerektirir. Bugün, binanın tam özerkliği yalnızca kavramlarda gerçekleştirilmektedir (Sovetnikov, 2014, s. 11-25). Bunun nedeni, bu tür projeleri uygulamak için teknolojilerin erişilemezliği ve karmaşıklığıdır. Modern bir metropol koşullarında çevreden tam bir özerklik durumuna ulaşma olasılığı sorusu, böyle bir evin sakinlerinin de alışılmış yollarını ve yaşam tarzlarını değiştirmeleri ve esas olarak elektrik tasarrufuna odaklanmaları gerekeceğinden, açık kalmaktadır.

Pasif bir evde, binanın dış konturu maksimum düzeyde yalıtılır, etkili ısı yalıtımlı pencereler kurulur ve bir besleme ve egzoz havalandırma sistemi vardır (Malkov, 2012, s. 6-8). Ek olarak, ev mümkün olduğu kadar yalıtılmış olduğundan, havalandırma sistemi geri kazanımı, yani ısı geri kazanımı ilkesini kullanır: binaya giren hava, dışarıdan çıkan "zaten kullanılmış" hava ile ısı alışverişi nedeniyle önceden ısıtılır. Böylece ısı kayıpları azaltılır ve sokaktan gelen soğuk besleme havasını ısıtmak için gereken enerjinin yaklaşık %80-90'ı tasarruf edilir. Tabii ki, bu tür binaların inşası için mimari ve planlama çözümleri, ana noktalara yönlendirme ve kompaktlık ile ilgili öneriler var. Enerji tasarrufu açısından en verimli olanlar yüksek binalardır, alçak binaların da belirli bir kaynağı vardır: enerji tasarrufu, evin en uygun dış yüzeyini oluşturarak elde edilir (Salmina & Bystrova, 2016, s. 28-39). Sonuç olarak, bu tür binalarda bazı iklim bölgelerinde güneş enerjisi nedeniyle pencerelerden ısı kazancı daha fazladır.

Tamamen mimari ifade araçları dışında, farklı gelişim düzeylerinde sürdürülebilir mimarlığın özelliklerini tek bir sistemde özetleyerek, malzemeyi teknik özelliklerin sayısındaki artışı açıkça gösteren bir tablo şeklinde sunulmaktadır (Tablo 1).

**Tablo 1.** Özelliklerin farklı bina türlerine göre dağılımı.

Bina tipleri/ Özellikleri	Pasif ev	Akıllı ev
Düşük enerji tüketimi (çoğu modern bina tarafından tüketilen birim hacim başına özgül enerjinin yaklaşık %10'u)	+	+
Enerji verimliliği (bir dizi spesifik gösterge ile ölçülür. Bu sabit bir değer değildir, bölgeye göre değişir)	+	+
Binanın olası minimum ısı kaybı, yüksek kaliteli ısı yalıtımı sayesinde çevre ile minimum ısı alışverişi	+	+
Isı geri kazanımlı2 ve klima sistemli otomatik havalandırma sistemi	+	+
Güneş radyasyonu, toprak enerjisi, ısı, su maksimum kullanımı	+	+
eko-malzemeler	+	+
İnşaat teknolojisine sıkı sıkıya uyulması	+	+
Altyapıdan, kamu hizmetlerinden, elektrik ve gaz şebekelerinden, belediye su sistemlerinden, atık su arıtma sistemlerinden, yağmur suyundan, iletişim hizmetlerinden ve hatta bazı durumlarda halka açık yollardan bağımsızlık		
Pozitif enerji dengesi, fazla enerji merkezi şebekeye aktarılabilir		

Sürdürülebilir kalkınma kavramı çok boyutlu bir programdır ve mimarlık ve inşaat alanında sürdürülebilirliğin, sosyal politika ve nüfusun çıkarlarını dikkate alan bir sisteme dönüşmesi doğaldır. Bu tür mimari çözümler, ülkelerin sürdürülebilir kalkınmasına yani, tüm vatandaşların çıkar dengesini uyumlu hale getirme ve sürdürme temelinde sosyal adalet ilkelerini ve toplumda yüksek yaşam kalitesini sağlamasına, ailesinin refahı için toplumun her bir üyesinin kişisel sorumluluğunun güçlendirilmesine, orta sınıfın gelişimi, nüfusun güçlü kesimlerinin faaliyetinin artırılması ve aynı anda sosyal olarak savunmasız grupların hedefli korunması vb gibi mimari çözümlere yardımcı olmaktadır.

#### 4. ÖRNEK PASİF EVLERİN ANALİZİ

Şu anda Avrupa'da yaklaşık on bin pasif ev inşa edildi. Sadece kentin çevresindeki konaklarının değil, kentsel yüksek binaların da bu teknoloji kullanılarak inşa edilmesi dikkat çekiyor. Pasif binaların en iyi bilinen örneklerinden bazıları, 2000 yılında Almanya'nın Ulm kentinde inşa edilen malikaneler ve Wuppertal'daki pasif ev dönüştürme deneyidir. Avrupa ülkelerinin her biri, pasif teknoloji kullanarak evlerin inşasını uygulamaktadır. Örneğin Danimarka, Finlandiya ve Çek Cumhuriyeti'nde pasif evlerden oluşan tüm eko-köyler ortaya çıkıyor. Bazı durumlarda, mimarlar parlak renk şemaları kullanır (drv, vd., 2020, s.109-114).

Küresel ölçekte en ünlü projeler, Jacques Fresco tarafından yaratılan kar amacı gütmeyen uluslararası sivil toplum kuruluşunun geliştirmeleridir (The Venus Project)( Şekil 5) (URL-4, 2022). Venüs Projesi, merkezi ABD'de Venüs'te bulunan, bu konulara adanmış, 40 yılı aşkın süredir kar amacı gütmeyen, uluslararası bir sivil toplum kuruluşudur. Fresco tarafından sunulan proje, çok sayıda insanın su alanına yeniden yerleştirilmesi için çeşitli seçenekler sunmaktadır (hem su yüzeyinde hem de rezervuarların dibinde bulunan şehirlerin çeşitleri önerilmiştir) (Drap, vd., 2008, s. 419-427).



Şekil 5. Venüs Projesi (URL-4, 2022).

Yaratıcılara göre ölçekleriyle dikkat çeken bu tür kompakt biçim ve kompozisyon-bütünsel "yüzen şehirler", kompleksin tüm bileşenlerinin çalışmasını sağlamak için okyanus kaynaklarını, rüzgar, dalga ve güneş enerjisini kullanacak. Fresco'nun planına göre deniz yerleşimleri, internete bağlı bilgisayar sistemleri kullanılarak uzaydan kontrol edilecektir. Burada, Cephenin camlı kısmı doğal ışığın içeri girmesini sağlar. Buna karşılık, yeşilliklerin binanın içinde büyümesini sağlar. Rüzgar kırıcılar, cam üzerindeki yükü azaltarak projenin tanınabilir işaretleri haline gelir.

Rusya'daki özerk bir evin en ünlü örneklerinden biridir. Rusya Mimarlar Birliği (UAR) yönetim kurulu üyesi, başkan yardımcısı A. Remizov'un özerk yaşam destek sistemine sahip biyoiklimsel bir binanın iddialı projesidir (Şekil 6) (URL-5, 2022). Proje, 2011 yılında, Radical Innovation in akHospitality yarışmasında birincilik ödülünü ve ardından Green Planet Architects Ödülü'nü kazanmıştır. (Akca, 2011).



Şekil 6. Rusya pasif ev (URL-5, 2022).

Biyomorfizm, mimarların canlıların yapılarına benzer bir yapı yaratma konusundaki tutumu olarak açıkça mevcuttur. Teknolojik, estetik, sanatsal, ekolojik ilkelerin sentezine ulaşmak, (diğer şeylerin yanı sıra) yaratıcıların program ayarlarını açıkça yansıtan görsel bir işaret haline gelen oldukça özgün bir mimari formun ortaya çıkmasına yol açar (Akça, 2011, s. 82-91). Özerk evlerin gerçek inşaatı, konum ve iklim özellikleri dikkate alınarak gerçekleştirilir. Pili alternatif elektrik kaynakları, kendi kanalizasyonu, ısı temini, besleme havalandırmasının düzenlenmesi ve özerk bir evin diğer birçok tasarım özelliği, bir dereceye kadar standart dışı tasarım ve sürekli deneyler, bakım ve ek maliyetler gerektirir.

Bahreyn'deki, üzerinde rüzgar türbinlerinin kurulu olduğu ilk büyük bina olan Uluslararası Ticaret Merkezi (Şekil 7) (URL-6, 2022). 2008 yılında inşaatın tamamlanması sırasında 50 katlı iki gökdelenin arasına üç türbin yerleştirildi. Kompleks, rüzgarın sürekli estiği, yüksek binalar arasında artan deniz kıyısında yer almaktadır. Bu, 30 metrelik türbinlerin, binanın ihtiyaçlarının onda birini karşılayan yılda yaklaşık bir kilowatt-saat elektrik üretmesini sağlar (Molodzinskiy, 2020, s. 13).



**Şekil 7.** Uluslararası Ticaret Merkezi, Bahreyn (URL-6, 2022).

Mimari çözümdeki "tezahürleri" sayesinde binanın orijinal dinamik unsuru haline gelirler. Türbinler, fanlar, güneş panelleri gibi yapısal elemanların artık sadece teknik bir gereklilik olmaktan çıkıp estetik anlamda da ifade güçlerini kazandığı belirtilmelidir. Bu tür nesnelere, projenin kompozisyon bütünlüğünde yerini alır, işlevini yerine getirir ve mimari ortamın görsel bağlamını dengeleyerek insan gözü için daha çekici ve algı için daha uyumlu hale getirir.

Bir örnek, Çin'in Shandong Eyaleti, Dezhou'da 2009 yılında inşa edilen idari binanın cephesinde ve çatısında güneş panellerinin kullanıldığı en büyük binalardan biridir (Şekil 8) (URL-7, 2022). Dıştan, cephe, güneş saatinin şekli yaratıcılar için bir prototip görevi gördüğünden, farklı ışınlarla güneşe benziyor. Cepheyi kaplayan güneş panelleri, ulusal standardın önerdiğinden %30 daha fazla enerji tasarrufu sağlıyor. Belirlediğimiz sürdürülebilir mimarinin gelişim seviyeleri, mühendislik ve teknolojik parametreler açısından vurgulanmıştır (Terentiev & Zolotozubov, 2020, s. 52-56). Bununla birlikte, doğal peyzajların ve doğanın gelişiminin arka planına karşı mimari projelerde bilimsel başarıların kullanılması, yeni mimarinin estetik ve sanatsal değerlerini de oluşturmaktadır.

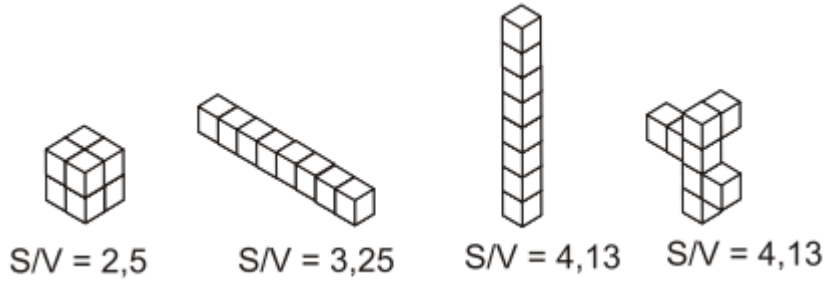


**Şekil 8.** Çin'in Shandong Eyaleti, Dezhou (URL-7, 2022).

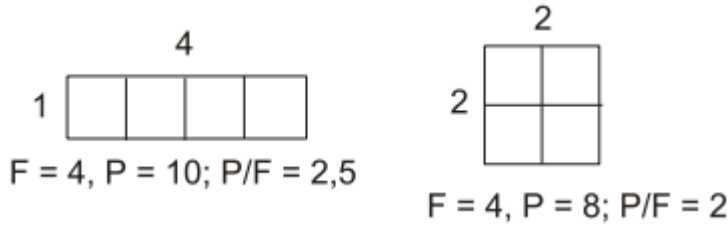
## **5. ENERJİ TASARRUFLU VE PASİF EVLERİN TASARIMI YÖNÜNDE ÖNERİLERİN OLUŞTURULMASI**

Enerji tasarruflu bir ev tasarlamamanın temel ilkeleri, ısı tasarrufu için tüm olasılıkları kullanmak ve alternatif enerji kaynaklarının kullanılmasıdır. Zorlu iklim koşullarına sahip inşaat ortamlarında anahtar kavram, bölgelere ayrılmış çevre yönetimidir. Bu, konutun oryantasyonunda, mekansal kabuğunun ve camın yapımında, iç iklim

ve enerji tüketiminin yönetiminde ifade edilir. Amerikalı mimar Ralph Knowles (Ralph Knowles), "bina kabuğunun alanının binanın hacmine oranının ("maruz kalma oranı"  $S / V$  olarak adlandırılan) binanın enerji verimliliğini etkilediğini bina kabuğunun alanının hacme oranı ne kadar küçükse, bina iklim etkilerine o kadar az maruz kalır (Şekil 9, 10).



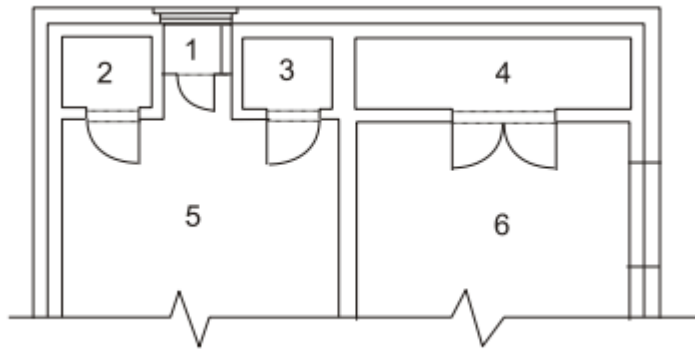
Şekil 9. Karşılaştırmalı S/V oranları.



Şekil 10. Binanın çevresinin alanına göre karşılaştırmalı oranları.

Bilindiği gibi, bir bütün olarak bir binanın mekansal yerleşimi, aşağı yukarı eşit hacimlere sahip boşluklardan oluştuğunda, bina hacminin merkezine yaklaştıkça odalar arasındaki sıcaklık değişiminin azaldığı bilinmektedir. Dış duvarların yakınında bulunan odalar ile çevreleyen yapılarla temas halinde olmayan iç mekanlar arasında bir sıcaklık gradyanı yaratılır. Açıkçası, işlevsel alanların farklılaştığı yarı açık bir düzen, minimum sıcaklık düşüşleri genliği ile karakterize edilir.

Giderek artan sayıda yeni konut projesinde hava perdeleri ve ikili girişler kullanılmaktadır. Çift giriş, sızma ve ısı iletimi yoluyla ısı kaybını azaltır. Her iki yanında kapıları olan küçük bir giriş alanından oluşan giriş düğümü, Şekil'de (Şekil 11) gösterildiği gibi, soğuk dış alan ile sıcak iç alan arasında bir geçiş bölgesi işlevi görür.



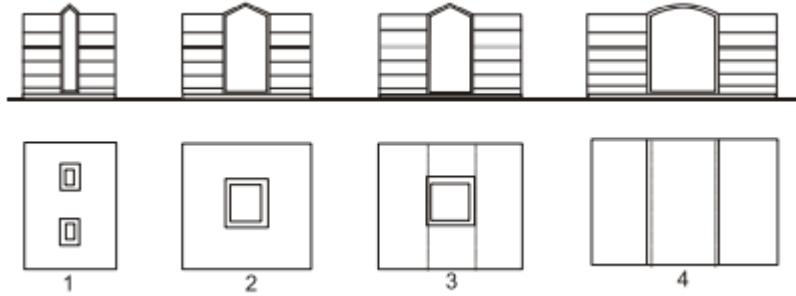
Şekil 11. Kuzey konutları için "Kalın" duvarlar: 1- giriş holü; 2- tuvalet; 3- gardirop; 4- kiler; 5- salon; 6- oturma odası.

Güneş radyasyonundan maksimum ısı elde etme olasılığı da önemlidir. Bunun için güney tarafında en büyük cephenin tasarlanması ve camlı açıklıkların uygun şekilde düzenlenmesi gibi araçlar kullanılır. Tabii ki, hem enerji tasarruflu bir evde hem de pasif bir evde, bunların en büyüğü güney tarafına yerleştirilmelidir, ancak ikinci durumda, güney tarafının tamamen cam olması tavsiye ediliyor. Aynı zamanda kuzey tarafındaki camlı açıklıkların sayısını sınırlamak ve hatta tamamen "kapatmak" gerekiyor. Her iki ev tipinde de, binaların optimal düzeni aynıdır. Güney tarafında oturma odası ve yemek odası olmalıdır. Ancak gardirop, garaj ve malzeme odası, bir tampon bölge oluşturacak şekilde kuzey tarafına yerleştirilmiştir.

Sert bir iklimde yüksek yaşam konforu sağlayan bir kuzey konutunun tasarımı, bir konut binasının yeni yapısal unsurlarının geliştirilmesiyle ilişkilidir: girişler, korumalı iletişimler, camlı sundurmalar, soğuk depolar vb. Bu unsurlar arasında en ilginç ve kavramsal iç mekanlar, yarı saydam çatı ile kaplı avlulardır. Pek çok ülkedeki tarihi yapı deneyiminden, avlulu bir evin en eski yapı biçimlerinden biri olduğu görülebilir. Bununla birlikte, ayrı

mekansal unsurların merkezi bir büyük bütünleşik alan tarafından birleştiği tipik konut binaları örnekleri sağlayan, son on yılların inşaat pratiği ve özellikle aşırı alanlarda tasarım ve inşa etme deneyimidir.

Gerçekleştirilen işlemlere ve karşılık gelen boyuta bağlı olarak, bu tür alanlar iki grupta birleştirilebilir: ışık ve havalandırma bacaları ve atriumlar. İkincisi, sırayla, hafif avlulara, avlulara ve kapalı avlulara bölünmüştür (Şekil 12). Evin orta kısmının aydınlatma ve havalandırma işlevlerini yerine getiren ışık ve havalandırma bacaları, mühendislik kanalları sisteminin (esas olarak havalandırma) işlevsel içeriğinin geliştirilmesi ve genişletilmesinde bir sonraki adım olarak kabul edilebilir. Bu nedenle, tesislerin gerekli aydınlatma seviyesini sağlamak için gerekliliklere göre belirlenen mümkün olan minimum boyutlara sahip olabilirler. Bu gereksinimlerin karşılanması, planda  $6.0 \div 9.0 \times 6.0 \div 9.0$  m şaft boyutları ve maksimum beş kat yüksekliği ile sağlanır. Aynı zamanda, ışık akısının şaftın alt bölgesine etkili akışı için koşulların sağlanması gereklidir, bu da şaftın çıkıntılar olmadan düz duvarlarının oluşturulması ve ayrıca hacme yeşillik yerleştirilmesi anlamına gelir. Ayna veya beyaz fayans, plastik, badana vb. tavsiye edilebilir. Yarı saydam bir şaft kaplamasının tasarımı seçilirken, daha az bağlayıcı ve daha iyi aerodinamik özelliklere sahip, kar birikimini azaltan, daha fazla ışık gücüne sahip kaplamalar tercih edilmelidir.

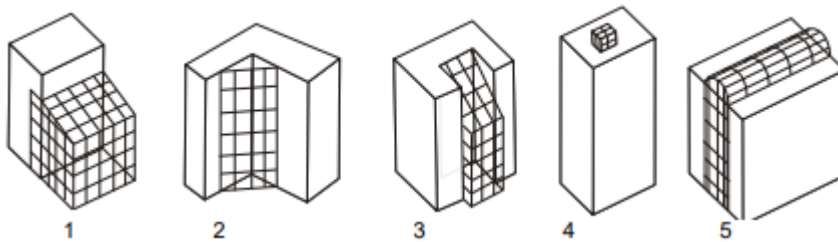


**Şekil 12.** Işık ve havalandırma bacalarının ve atriumların işlevsel amaçlarına ve boyutlarına göre sınıflandırılması: 1- ışık ve havalandırma bacaları:  $6.0 \div 9.0 \times 6.0 \div 9.0$  m, maksimum 5 kat yüksekliğinde; 2- hafif avlu:  $6.0 \div 12.0 \times 6.0 \div 12.0$  m yükseklikte beş kat ve altı; 3- teras:  $9.0 \div 20.0 \times 9.0 \div 20.0$  m; 4- kapalı alan: minimum genişlik 20,0 m.

Işık avluları, ışık ve havalandırma bacalarından daha geniş bir işlev yelpazesi gerçekleştirir. Bir avlu etrafına entegre edilmiş bir apartman grubunun sakinleri tarafından eğlence amaçlı kullanım amaçlıdır. Bu bakımdan avlunun boyutu madeninkinden biraz daha büyük olabilir ve beş kat ve altı yüksekliği ile  $12.0 \times 12.0$  m'ye ulaşabilir. Avluya özel ekipman kurulur, çevre düzenlemesi mümkündür. Sakinlerin küçük balkonları, pencere açıklıklarının minimum düzeyde gölgelenmesini sağlamaları koşuluyla iç alana çıkabilir. İç duvarlar yansıtıcı malzeme ile kaplanmıştır.

Kapalı avlular, çevreden yarı saydam bir kabukla ayrılmış, birbirine yakın yerleşim binaları arasındaki bir alandır. Kapalı avlularda, iklim tamponu işlevleri ve alanın çok işlevli kullanımı en başarılı şekilde uygulanmaktadır. Yumuşatılmış bir mikro iklime sahip bir tampon alanın yaratılması, kamusal yaşamın belirli işlevlerinin sokaktan avluya "aktarılmasını" gerektirir. Bu, bahçe için özel ekipman, iyileştirme seviyesinde bir artış gerektirir ve konut binalarının birinci katlarının çözümüne doğrudan yansır. Bu durumda pencerelerin avluya yönlendirilmesi tercih edilir. Yarda boyutları değişebilir. Ana sınırlama, pencereden pencereye görüşü önlemek için böyle bir avlunun minimum genişliğinin en az 20 m olması gerektiğidir.

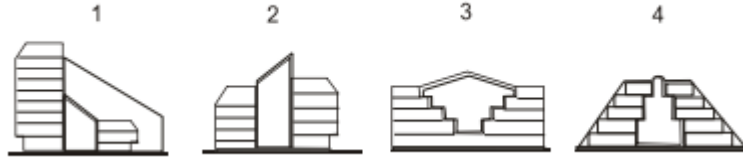
İşlevsel görevlerin çözümü ve iç mikro iklimin iyileştirilmesi ile ilgili görevler, doğrudan atriyum alanlarının (hafif avlular, avlular ve kapalı avlular) şeklini ve boyutunu, bir bina veya konut kompleksi yapısındaki konumlarını etkiler. Atrium boşluklarının doğal çevre ile ilişkisinin doğasına ve bunların şartlandığı biçimlere göre, atriumlar bir, iki, üç, dört duvarlı ve geçitli- lineer atriumlar olarak sınıflandırılır (Şekil 13).



**Şekil 13.** Çevre ile bağlantılı olarak atriyumların sınıflandırılması: 1- tek duvarlı; 2- çift cidarlı; 3- üç duvarlı; 4- dört duvarlı; 5- geçişli doğrusal atriyum.



Atrium boşlukları, kesit tipine göre dikey duvarlı atriumlar ve teraslı atriumlar olarak ikiye ayrılmıştır (Şekil 14).



**Şekil 14.** Bölümün şekline göre atriyum türleri: 1, 2- dikey duvarlı atriyumlar; 3, 4- teraslı atriyumlar.

Atriyum alanlarında ışığın yayılmasının ve konut binalarının bunlar aracılığıyla aydınlatılmasının özellikleri dikkate alındığında, atriyumun maksimum yüksekliğini beş katla sınırlamak mantıklı görünmektedir. Güney tarafındaki geniş camlı alanların güneş ışınlarından ısı almanıza izin verdiği, ancak yaz aylarında evin aşırı ısınmasına neden olabileceği unutulmamalıdır. Tasarım, bina taslağının ötesine uzanan kanopiler gibi gölgeleme elemanları içeriyorsa bu gerçekleşmeyecektir. Güneş (yaz aylarında) ufkun üzerindeyken ışınların nüfuz etmesini önlemelidirler. Ancak ufukta alçaktan hareket eden kış güneşinin ışınlarına engel olmamalıdır. Diğer bir çözüm ise yaz aylarında panjur veya tente gibi hareketli perdelerin kullanılmasıdır. Evin yakınındaki bölgenin makul kullanımı- bölgenin doğal tasarımı ve dikimlerin yeri- iyi bir etki sağlar. Güney tarafına dikilen yaprak döken ağaçlar yazın cam açıklıkları gölgeleyecek ve kışın yapraklar düştüğünde güneş ışınlarından ısı almalarını sağlayacaktır. Kuzey tarafında, evi yıl boyunca rüzgardan koruyacak bitkiler dikmek daha iyidir. İğne yapraklılar ve sarmaşık bu görevle iyi başa çıkıyor.

## 6. ILIMAN İKLİME SAHİP OLAN KENTLER İÇİN PASİF EV

Önceleri Orta ve Kuzey Avrupa'nın mevsimsel şartlarına göre uyarlanan pasif ev standartları, daha sonra ılıman iklime sahip lokasyonlara uyarlanmış ve enerji talebinin çok düşük seviyelere düştüğü gözlemlenmiştir.

Bir binanın Pasif Ev olarak kabul edilebilmesi için aşağıdaki kriterleri karşılamasını gerektirir (Passivhaus Institut, Passivhaus, 2015):

- Alan Isıtma Enerjisi Talebi, 15 kWh/m<sup>2</sup>-yılı veya 10 W/m<sup>2</sup>'yi aşmamalıdır.
- Passive House Classic sertifikası için Birincil Yenilenebilir Enerji Talebi 60 kWh/m<sup>2</sup>yılı aşmamalıdır.
- Hava sızdırmazlığı, 50 Paskal basınçta (ACH50) saatte maksimum 0,6 hava değişimi sağlayan bir yerinde basınç testi ile doğrulanmalıdır.
- Yazın olduğu kadar kışın da tüm yaşam alanları için termal konfor sağlanmalı, belirli bir yılda saatlerin %10'undan fazlası 25 °C'nin üzerinde olmamalıdır.

İliman iklime sahip olan kentler için araştırmacılar ve uzmanlar tarafından birçok çözüm önerilmiştir ve özellikle yaz aylarında enerji verimli binalarda (pasif evler) enerji tasarrufu sağlamak için kullanılmaktadır. Bunun sonucunda ılıman bölgelerde pasif ev inşaatında yapının yönelimi, yapı kabuğu ve yapı kabuğun renklendirilmesi, pencereler ve gölgeleme, havalandırma ve termal köprülerin olmaması dikkate alınması gerektiren unsurlardır.

1. Yapının yönelimi. Wong ve Fan (2013, s. 138-157) tarafından yapılan bir araştırma, bir binanın ısıtma, soğutma ve aydınlatma için güneş ışınımını kullanma yeteneğinin, binanın yönelimi ile doğrudan ilişkili olduğunu belirtmektedir. Binanın doğru yönlendirilmesi, uygun güneş katkısını elde etmek için çok önemlidir.
2. Yapı kabuğu ve yapı kabuğun renklendirilmesi. LaFrance (2013, s. 20-21), bina kabuğu tasarımının bir binanın enerji kaybı ve enerji kazancının %20-60'ını etkileyebileceğini belirtmektedir. Bina kabuğunun, sıcaklık kontrolü, hava, nem ve ses giriş ve çıkışlarını düzenleyerek bir bina ile çevresi arasındaki etkileşimi belirlediği ve yüksek performanslı, sürdürülebilir binalar için kritik öneme sahip olduğu sonucuna varmaktadır.

Soğutma yüklerinin daha önemli olduğu sıcak iklim bölgelerinde, bina dış cephelerinde soğuk renklerin kullanılması olasılığı Zinzi (2016, s. 206-213) tarafından araştırılmıştır. Akdeniz iklimine sahip İtalya'da ev dışında soğuk renklerin kullanılması soğutma enerjisi tüketimini %10-20, maksimum sıcaklıkları ise 0,5-1,6 °C oranında düşürür. Ek olarak, soğuk renklerin kullanılması, en yüksek güneş radyasyonu sırasında dış yüzey sıcaklıklarını 6°C'den fazla azaltır.

3. Pencereler ve gölgeleme. Sıcak iklimlerde, düşük güneş geçirgenliğine ve ısı iletkenliğine sahip camlarla birlikte düşük ısı iletkenliğine sahip verimli pencere çerçeveleri düşünülmelidir. Pencere çerçeveleri iyi yalıtılmalı ve ısı transferini önlemek için argon veya kripton ile doldurulmuş Low-E camla donatılmalıdır. Yakındaki gölgeleme nesnelere (binalar, ağaçlar vb.), pencerelerin yanal açıklıkları, çıkıntılar ve geçici gölgeleme (jaluziler, tenteler vb.), kış ve yaz gölgeleme hesaplamaları için dikkate alınır. Stor perde veya

tente gibi geçici dış gölgeleme kullanılmalıdır. Bunlar ihtiyaca göre manuel veya otomatik olarak kontrol edilebilir. Dış gölgeleme, iç gölgelemeden daha etkilidir, çünkü ikinci durumda güneş radyasyonu binanın içine çoktan girmiştir (Mlakar & Stancar, 2011, s. 1443-1451).

4. Havalandırma. Manzano-Agugliaro vd. (2015, s. 736-755), sıcak ve nemli iklim bölgesinde yaptıkları bir çalışmada, havalandırma stratejisi olmadan o bölgede sadece pencere ve kapıların açılmasıyla iç mekan sıcaklık artışlarının oluşabileceğini belirtmişlerdir. Bunu önlemek için çapraz kuzey-güney havalandırma, hakim rüzgarlar, baca etkileri, kış bahçeleri, yer altı havalandırma, rüzgar kuleleri, buharlaştırma kuleleri ve bahçelerdeki dikey alanlar gibi pasif havalandırma tekniklerini kullanarak iç mekan sıcaklığı azaltılabilir. Ayrıca fan ve üfleyicilerin mekanik olarak kullanılması doğal havalandırmanın etkinliğini artırabilir.
5. Termal köprü olmaması. Isı köprülerini önlemek için tüm kenarlar, köşeler, bağlantılar ve geçişler titizlikle planlanmalı ve uygulanmalıdır. Kaçınılmaz ısı köprüleri mümkün olduğu kadar en aza indirilmelidir. Isı köprülemesini en aza indirmek için yalıtım tabakası sürekli olmalıdır. Yaygın bir örnek, önemli bir termal köprü olabilen konsollu balkon döşemeleridir. Alternatif olarak, yalıtımlı bir balkon bağlantısı, ısı transferini en aza indirmek için bir çözüm olabilir.

## 7. SONUÇ VE ÖNERİ

Çalışmanın sonucunda Bakü kent üzerinden ılıman iklime sahip olan kentler için pasif ev inşaatında hangi unsurlara dikkat edilmesi gerektiğine ulaşılmıştır. Bakü'nün iklimi ılıman ve nemlidir. Ortalama yıllık sıcaklık 14,2°C ve temmuz ayında 35-36 derecedir. Yıllık yağış miktarı 300 mm'dir. Yıllık en düşük yağış Bakü'nün güneybatı kesimindedir (150 mm). Bunun nedeni kuzeyden esen "Khazri" rüzgarları ve güneyden esen "Gilavar" rüzgarlarıdır (Baykara, 1975, s. 17-18).

Bakü kentin iklim koşullarına göre pasif ev aşağıdaki verilere göre inşa edilmelidir;

- Sıcak iklimlerde çift cam daha kullanışlıdır.
- Isıl kütle ve hava sızdırmayan malzemeler önem taşımaktadır.
- Hareketli dış gölgeleme elemanları muhakkak kullanılmalıdır.
- Aktif iklimlendirme ihtiyaç duyulduğunda kullanılabilir.
- İlave soğutma ihtiyacında harcanan enerji normal bir konutun kullandığı enerjinin %10 u ( $\leq 15$  kWh/(m<sup>2</sup>a)) olarak hesaplanmıştır.
- Gerekli ısı koşullara ulaşabilmek için, döşemeden ısıtma ya da soğutma kullanılabilir.

Bakü Absheron bölgesinde yapılan örnek Pasif Ev projesi (Şekil 15) (URL-8, 2022). Bu proje, Absheron bölgesinin özel peyzajı ile ilişkilidir. Renk oluşumu için 2 renk (malzeme) kullanmaya karar verilmiştir. Beyaz (köpük beton) subtropikal iklimler için idealdir ve diğer renkler ve malzemeler güneşte ısınmaz. Genel kompozisyon ile uyum ve kontrastı göz önünde bulundurarak, ikincil malzeme olarak ahşap kullanılmıştır. Gayrimenkul Absheron bölgesinde yer aldığı için bu lokasyon tipi için en çok tavsiye edilen düz çatı tipini seçilmiştir. Üçüncü katın çatısı, evin tüm enerji kaynağına yetecek kadar 22 elementli güneş enerjisi ve sıcak su panelleri ile donatılmıştır. Yatay panellerin yanında üçüncü kattaki cam zeminden gelen güneş ışığının ikinci kattaki salona girmesini sağlayan pencereler yer almaktadır. Ayrıca yarı açık durumdayken evin içinden alınan sıcak havayı sirküle etmektedir. Bu, konforlu bir iç ortamı yaratmaktadır.



**Şekil 15.**Bakü Absheron bölgesinde pasif ev projesi (URL-8, 2022).

Enerji tasarruflu bir ev, optimal bir mikro iklimi koruyan bir binadır ve üçüncü taraf kaynaklardan çeşitli enerji türlerinin tüketimi, geleneksel binalara kıyasla düşük bir tüketim seviyesindedir. Enerji tasarruflu bir evin iyi bir ısı yalıtımı vardır ve yalnızca üçüncü taraf kaynaklardan termal enerji almakla kalmaz, aynı zamanda bir ısı kaynağı olarak da hizmet eder. Pasif bir ev, geleceğin evi olarak adlandırılabilir. Böyle bir evin, diğerleri gibi, daha önce tartışılan avantajları ve dezavantajları vardır. Bir eko-evde enerji kaynaklarının fiyatlarından bağımsızlık kazanılır, böyle bir yapı daha iyi bir yaşam standardı ve insan sağlığı sağlayacaktır. Enerji tasarruflu bir ev inşa etmek, enerji verimli olmayan benzer bir bina inşa etmekten %10-30 daha pahalıya mal olacaktır. Ancak Pasif Ev standardına ulaşıldığında, geleneksel ısıtma ve soğutma sistemlerine yatırım yapmaktan kaçınılabilir ve tasarruf, evin diğer bileşenlerinin kalitesini artırmak için kullanılabilir. Aylık işletme maliyetleri birkaç kez azaltılır. Bu uzun vadeli enerji tasarrufu, özellikle tükenen enerji kaynakları ve artan enerji fiyatları karşısında pasif evi cazip bir yatırım haline getiriyor.

Çalışma sırasında, enerji tasarruflu evlerin, inşaatı her yıl gelişen oldukça gerçek evler olduğu anlaşılmaktadır. Binanın dış cephelerinde kullanılan mimari teknikler (binanın güney cephesinin tamamen cam olması, tampon odaların yapılması vb.) sayesinde enerji maliyetlerinin en aza indirilmesi mümkündür. Pasif evlerin yapımında sadece olumlu yönlerin değil, dezavantajların da olduğunu belirtmekte fayda var. Enerji tasarruflu evlerin dezavantajları şunları içerir:

- Büyük şehirlerin merkezinde pasif-evlerin inşası imkansızdır, çünkü pasif-ev yalnızca alçak konuttur, çoğu zaman bir veya daha fazla aile için bir kulübedir.
- Enerji tasarruflu evler, sert iklime sahip, güneşin az olduğu ve çok sayıda soğuk günlerin olduğu bölgeler için tasarlanmamıştır. Bu tür yerlerde evler yine de üçüncü taraf enerji kaynaklarıyla ısıtılmak zorunda kalacak çünkü pasif bir evde enerji maliyetlerinin en aza indirilmesi güneş ısıtması ile gerçekleştirilir.
- Bir pasif-ev, aynı bölgedeki sıradan bir evden birkaç kat daha pahalıya mal olabilir. Pahalı malzemeler, enerji tasarruflu sistemler ve atık geri dönüşüm sistemlerinin hepsinin yüksek bir maliyeti vardır. Bununla birlikte, bir pasif-ev, enerji tasarrufu nedeniyle zaman içinde kendini amorti edebilir.
- Her pasif-evin projesi, duracağı yerin iklimi, topografyası ve diğer özellikleri dikkate alınarak ayrı ayrı geliştirilir. Bu, pasif-evler için ucuz standart projeler oluşturmayı, imkansız hale getirir. Bu tür evlerin inşası için, evi hava geçirmez hale getirmeyi mümkün kılan yeni teknolojiler üzerinde çalışmak için özel becerilere ihtiyaç vardır.

Pasif bir ev, geleceğin evi olarak adlandırılabilir. Böyle bir evde enerji kaynaklarının fiyatlarından bağımsızlık kazanılır, pasif-evin yapılması daha iyi bir yaşam standardı ve insan sağlığı sağlayacaktır.

## **8. KAYNAKLAR**

Abitov, A. M., & Ataev, M. A. (2016). Passive House- What is it? *Symbol of Science*, (3-3), 23-25.

Akça, S. (2011). LEED yeşil bina değerlendirme sistemi ölçütlerinin tasarım ölçekleri, kavramsal kademelenme ve kaynak kullanımı düzeyinde tutarlılığının ölçülmesi üzerine bir araştırma (Yüksek lisans tezi). [https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=EQhwGv71XBjAEqYaiy\\_aaA&no=9Npug\\_aW11oCeMiEsZPlY3A](https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=EQhwGv71XBjAEqYaiy_aaA&no=9Npug_aW11oCeMiEsZPlY3A), İstanbul, s. 82-91.

Basok, B. I., Blozhko, B. I., Nedbaylo, A. N., & Lysenko, O. N. (2015). Polyvalent heat supply system for a passive house based on renewable energy sources. *Magazine of Civil Engineering*, (6(58)), 32-43.

Baykara, H. (1975). Azerbaycan istiklal mücadelesi tarihi. İstanbul, 17-18.

Drap, P., Seinturier, J., Conte, G., Caiti, A., Scaradozzi, D., Zanolli, S. M., & Gambogi, P. (2008). *Underwater cartography for archeology in the VENUS project*. *Geomatica*, 62(4), 419-427.

Elokhov, A. E. (2013). Passive house: comfort, energy saving, economy. *Communal complex of Russia*, (2), 104.

Golikova, A. A., & Nagaeva, Z. S. (2019). Passive house (eco-house). *Construction and technogenic safety*, (14 (66)), 15-20.

LaFrance, M. (2013). Technology Roadmap: Energy efficient building envelopes. *Paris: International Energy Agency*, 20-21.

Malkov, İ. İ. (2012). Energy saving in housing construction, passive and smart house. *Ministry of Education Belarus Rep. Belarus state transp. - Gomel: BelSUT*. s. 6-8.

Manzano-Agugliaro, F., Montoya, F. G., Sabio-Ortega, A., García-Cruz, A. (2015). Review of bioclimatic architecture strategies for achieving thermal comfort. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 736-755.

- Matyeva, A. K., & Shadykhanov, K. T. (2017). Passive house. *Science and innovative technologies*, (3), 112-115.
- Mlakar, J., Strancar, J. (2011). Overheating in residential passive house: Solution strategies revealed and confirmed through data analysis and simulations. *Energy and Buildings*, 43(6), 1443-1451.
- Molodzinskiy, D. S. (2020). Problems of assessing the energy efficiency of passive houses. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42917278>, *Central Scientific Bulletin*, 5(7-10), 13-13.
- Passivhaus Institut, Passivhaus, (2015). <https://passivehouse.com/> (accessed 10 July 2020).
- Salmina, O. E., & Bystrova, T. Yu. (2016). Genesis of sustainable architecture: from passive house to active house. *Genesis ustoychivoy arkhitektury: ot passivnogo doma k aktivnomu domu. Bulletin of the Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering*, (3 (56)), 28-39.
- Shalnev, O. G., Fedorova, K. V., & Echkalov, A. V. (2020). "Green" Construction as a Factor in the Development of the Modern Ecosystem. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43042646>. *Digital and Industrial Economics*, (2), 109-114.
- Soloviev, A. K. (2016). Passive houses and energy efficiency of their individual elements. *Industrial and Civil Engineering*, (4), 46-53.
- Sovetnikov, D. O. (2014). Construction of building in accordance with passive house standards. *Construction of unique buildings and structures*, (9), 11-25.
- Terentiev, A. V., & Zolotozubov, D. G. (2020). Passive houses and building energy efficiency tools. *Modern technologies in construction. Theory and Practice*, 2, 52-56.
- Wong, K. D., Fan, Q. (2013). Building information modelling (BIM) for sustainable building design. *Facilities*, 31(3-4), 138-157.
- Zinzi, M. (2016). Characterisation and assessment of near infrared reflective paintings for building facade applications. *Energy and Buildings*, 114, 206-213.
- URL-1. (2022). <https://www.ecohabitat.gr/worlds-first-passive-house-in-kranichstein-germany/>
- URL-2. (2022). <https://coastandharbor.com/project/norris-cotton-federal-bldg-manchester-go/>
- URL-3. (2022). [https://okna.ua/library/art-zdanie\\_ekonohouse\\_otaniemi](https://okna.ua/library/art-zdanie_ekonohouse_otaniemi)
- URL-4. (2022). <https://www.thevenusproject.com/>
- URL-5. (2022). [https://uar.ru/about\\_us/building/](https://uar.ru/about_us/building/)
- URL-6. (2022). <https://volkanatabey.com.tr/bahrain-world-trade-center/>
- URL-7.(2022).<https://gaiadergi.com/cin-gunesle-elektrik-saglayan-dunyanin-en-buyuk-binasina-ev-sahipligi-yapiyor/>
- URL-8. (2022). <https://www.behance.net/gallery/16583601/PASSIVE-HOUSE>