

## Gümüşhane İklim Şartlarında Farklı Malzemeler İçin Yalıtım Kalınlıklarının TS 825 Kapsamında Değerlendirilmesi

*Evaluation of Insulation Thicknesses For Different Materials Under Climatic Conditions of Gümüşhane Within the Scope TS 825*

Faruk YEŞİLDAL<sup>1,a</sup>, Kadir GELİŞ<sup>\*2,b</sup>

<sup>1</sup>Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 25240, Erzurum

<sup>2</sup>Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 14030, Bolu

• Geliş tarihi / Received: 10.04.2020

• Düzeltilecek geliş tarihi / Received in revised form: 17.06.2020

• Kabul tarihi / Accepted: 23.06.2020

### Öz

Bu çalışmada Gümüşhane iklim şartları ve meteorolojik değerleri göz önünde bulundurularak farklı yalıtım malzemeleri (XPS, EPS ve Taş yünü) için yalıtım kalınlığının (4-5-6 ve 8 cm) değişimi ile toplam ısı transfer katsayısının değişimi incelenmiştir. Değiştirilen bu parametreler ile yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı yalıtımsız ve kısmi yalıtımlı duruma (taban ve tavan yalıtımlı) göre hesaplanmış ve karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Hesaplamalar ısı, su, ses ve yangın yalıtımcıları derneğinin (İzoder) TS 825 standartları kapsamında oluşturdukları "İzoder TS 825 Hesap Programı" ile yapılmıştır. Mimarilerde kullanılan duvar elemanlarına göre uygulanması gereken yalıtım kalınlığının değişiklik gösterebileceğini belirterek, örnek mimarinin duvar kesit özellikleri dikkate alındığında Gümüşhane ili için uygulanması gereken minimum yalıtım kalınlığının 4 cm olduğu hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda ısı yalıtım malzemesinin değişimi ile yıllık enerji ihtiyacının değiştiği görülmüştür. Tamamen yalıtımsız duruma kıyasla çatının yalıtılmasının % 27.6 enerji tasarrufu, toprağa temas eden taban ve duvarların yalıtılmasının ise %16.9 enerji tasarrufu sağladığı hesaplanmıştır. Havayla temas eden düşey duvarda ise kullanılan malzemeye göre bu değer %10.5-%17 arasında değişmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Enerji Tasarrufu, Isı Yalıtımı, TS 825

### Abstract

In this study, considering the climatic and meteorological conditions of Gümüşhane, the change of the insulation thickness (4-5-6 and 8 cm) and the total heat transfer coefficient for different insulation materials (XPS, EPS and Rock wool) are investigated. With these changing parameters, the annual energy need for heating is calculated based on the uninsulated and partially insulated condition (floor and ceiling insulated) and evaluated comparatively. Calculations are made with "TS 825 Calculation Program" created by the heat, water, sound and fire insulators association (İzoder) within the scope of TS 825 standards. Insulation thickness that should be applied in accordance with the wall elements which used in architectures can vary, thus the minimum insulation thickness to be applied for Gümüşhane province is calculated as 4 cm considering the wall cross-sectional properties of the sample architecture. As a result of the calculations, it has been observed that the annual energy need changes with the insulation material. It has been calculated that the insulation of the roof provides 27.6% energy saving compared to the completely uninsulated condition, and insulation of the floor and walls contacting the soil provides 16.9% energy saving. On the vertical wall contacting with air, this value varies between 10.5%-17% depending on the insulation material

**Keywords:** Energy Saving, Thermal Insulation, TS 825

\*b Kadir GELİŞ, kadirgelis@ibu.edu.tr, Tel: (0374) 254 10 00, orcid.org/0000-0001-8612-2233

a orcid.org/0000-0002-7307-3556

## 1. Giriş

İnsan nüfusunun ve sanayileşmenin hızlı bir şekilde artışı ile birlikte Türkiye’de enerji tüketimi her geçen yıl artmaktadır. Bununla birlikte sera gazı etkilerinin yanı sıra, ülkemiz için dış ticaret açığı da oluşturan fosil yakıtların birincil enerjideki payı da % 80’leri geçmiştir. Türkiye’de enerjinin %35’i konutlarda tüketilmektedir. Bu enerjinin ise %65’i de ısıtma, soğutma ve havalandırma amacıyla harcanmaktadır (Yaman ve Şengül, 2015). Bu sebeple enerji tasarrufu, tüketilen enerjinin çoğunu ithal eden ülkemiz için hayati öneme sahiptir. Enerjide dışa bağımlı olan ülkemiz için enerji tüketimini azaltacak ısı yalıtım önlemlerinin alınması zorunludur. Bu da bizi enerji tasarruf potansiyeli yüksek olan konutlara yönlendirmektedir. Konutlarda enerji tasarrufu açısından en etkili yöntemlerden biri olan yalıtım; hem tüketilen enerjinin çevresel etkileri, hem de enerjinin yüksek maliyeti açısından özellikle ele alınması gereken bir konudur. Isı yalıtımı kısa vadeli (enerji tasarrufu, ek yatırım maliyeti), uzun vadeli (yaşam döngüsü maliyet tasarrufu) ve bütünsel etkileriyle (geri ödeme süresi, karbon ayak izi) birlikte değerlendirilmelidir.

Literatürde binalarda kullanılan ısı yalıtım malzemeleri, duvar tipleri, optimum yalıtım kalınlıkları, geri ödeme süresi analizi, TS-825 standardına uygunluk, çevresel etkiler, yoğunlaşma, yalıtımın uygulama şekli ve yurtdışındaki uygulamalar konularında yapılan çalışmalar özetlenmiştir.

Araştırmacı (Bolattürk, 2006) Türkiye'nin dört farklı iklim bölgesinden 16 şehir için optimum yalıtım kalınlıkları, enerji tasarrufu ve geri ödeme süreleri hesaplamış ve yaşam döngüsü maliyet analizini esas alarak optimum yalıtım kalınlıklarını belirlemiştir. Bunun için beş farklı yakıt (kömür, doğal gaz, fuel oil, LPG ve elektrik) ve yalıtım malzemesi olarak da polistiren kullanmıştır. Sonuç olarak incelenen bölge ve yakıt tipine bağlı olarak %22 - %79 arasında enerji tasarrufu, 1.3 ile 4.5 yıl arasında geri ödeme süresi ve 2- 17 cm gibi geniş bir aralıkta yalıtım kalınlığı elde etmiştir. Çomaklı ve arkadaşları (Çomaklı and Yüksel, 2003) çalışmalarında 4. bölgede bulunan ve ülkemizin en soğuk bölgesinden Erzurum, Kars ve Ardahan illeri için yaptıkları yaşam döngüsü maliyet analizi ile optimum yalıtım kalınlıklarını araştırarak Erzurum gibi soğuk iklimlere sahip şehirlerde tasarrufun 10 yıl boyunca 12.13718 \$ / m<sup>2</sup> kadar olabileceğini belirttiler. Araştırmacı (Özel, 2019) 4. bölgede ve ülkemizin en soğuk bölgesinde yer alan Kars ili için yaptığı bu

çalışmada bina dış duvarları için dört farklı yapı malzemesi (taş, tuğla, beton ve gaz beton) ve yalıtım malzemesi olarak da EPS kullanarak ısıtma yüklerini yalıtımlı ve yalıtımsız durumlar için karşılaştırmıştır. Artan yalıtım kalınlıklarına göre ısı kayıplarını çok katmanlı duvarlar için bir boyutlu ısı iletim denklemini sonlu farklar yöntemi ile analiz etmiştir. Araştırmacılar (Şahin ve Çarkacı, 2019) 4. bölgede olan Gümüşhane ili için örnek bir kamu lojman binasında TS 825’e göre dıştan mantolama yaptılar. Binayı yalıtım yapılmadan önce ve yalıtımdan sonra aldıkları termal kamera görüntüleri üzerinden incelediler. Sonuç olarak yaptıkları karşılaştırmada mevcut yalıtımlı durum için yalıtımsız duruma göre %39.5’ lik, TS 825’e göre yapılması gereken yalıtım için yalıtımsız duruma göre %50.9’ luk bir tasarruf sağlanacağını belirttiler. Geri ödeme süreleri değerlendirildiğinde TS 825 e göre yapılan yalıtım için amortisman süresinin biraz arttığı, ancak yıllık yakıt tüketiminin azaldığını gördüler. Bu çalışmada (Dikmen, 2019) 1995 Dinar Depremi’nden sonra inşa edilmiş olan afet konutu projesinin TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları’na uygunluğunu İzoder TS 825 hesap programını kullanarak inceledi. Öncelikle projenin mevcut durumunun TS 825 standardına uygunluğunu incelemiş, daha sonra projeyi 3 farklı aşamada standarda uygun hale getirmiştir. Sonuç olarak çatıda kullanılmış olan cam yünü 5 cm’den 12 cm’ye çıkarmış; duvarlarda 8 cm EPS ve toprağa oturan döşemede 7 cm XPS kullanmıştır. Araştırmacı (Fertelli, 2013) Türkiye’de yaygın olarak kullanılan farklı duvar tiplerinin (taş, tuğla, beton ve bims) optimum yalıtım kalınlıkları, enerji tasarrufu ve geri ödeme süreleri üzerindeki etkisini altı farklı yakıt türü (LPG, elektrik, akaryakıt, kömür, doğal gaz ve jeotermal enerji) için değerlendirmiştir. Farklı iklim bölgelerinden dört şehir (Aydın, Trabzon, Malatya ve Sivas) seçerek, iki farklı yalıtım malzemesiyle (XPS ve Taş yünü) analiz yaptılar. Sonuçları, yalıtım kalınlıklarının 0 - 0.179 m aralığında enerji tasarrufu için çeşitli yakıt ve duvar tiplerine bağlı olarak 0 - 235.053 \$ / m<sup>2</sup> ve geri ödeme süresini ise 0 - 11.53 yıl olarak elde etmişlerdir. Bir başka çalışmada TS 825’e uygun olarak çeşitli duvar tiplerinin termal etkinlikleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Araştırmacılar yapıların enerji etkin özelliklere sahip olmasını amaçlamışlardır. Örnek olarak 3. derece gün bölgesinde betonarme iskelet bir yapıyı ele alarak farklı yapı bileşenleriyle mevcut ısı iletkenlik değerleri için TS 825 kapsamında uygun kalınlıkları belirlemişlerdir. Ayrıca yoğunlaşma açısından da inceleme yaparak yoğunlaşma

bölgelerini analiz etmişlerdir (Yüksek ve Sivacılar, 2017).

Bitlis ili için yürütülen başka bir yalıtım uygulamasında yoğuşma riski de dikkate alınarak aylara göre gerekli minimum yalıtım kalınlıkları hesaplanmıştır. Yapı elemanındaki ısı ve kütle transferi hesaplamalarını, farklı iç ortam sıcaklıkları ve bağıl nem koşulları için yaparak DG4 bölgesinde bulunan Bitlis ili için şubat ayında yapılarda görülen yoğuşma riskinin diğer aylara göre daha yüksek olduğunu belirtmiştir. Ayrıca şubat ayı için gerekli minimum yalıtım kalınlığını yaklaşık 0.104 m olarak önermiştir. (Bademlioğlu vd., 2018). Araştırmacı bu çalışmada EPS, MW (mineral yün) ve GC (gaz beton) yalıtım malzemelerini kullanılarak TS 825 standardına uygun olarak yoğuşma analizi yapmıştır. Farklı iç ortam sıcaklıkları için duvar içerisindeki basınç değişimlerini göstermiştir. Düşük sıcaklıklarda basınç değerlerinin yüksek ve yüksek iç ortam sıcaklıklarında ise basınç değerlerinin düşük olduğunu görmüştür. İç ortam sıcaklığının artmasıyla yapı bileşenleri arasında yoğuşmaların olabileceğini belirtmiştir (Uzun, 2020). Türkiye'nin 81 il merkezi için optimum yalıtım kalınlıklarının belirlendiği bu çalışmada hesaplamalar, 4 farklı yakıt (doğal gaz, kömür, fuel oil ve LPG) ve 5 farklı yalıtım malzemesi (XPS, EPS, cam yünü, taş yünü ve poliüretan) için yapılmıştır. Çalışmada ısıtılan fakat soğutulmayan, soğutulan ancak ısıtılmayan ve hem ısıtılan hem de soğutulan durumlar için; her bir duruma göre gerekli optimum yalıtım kalınlıkları belirlenmiştir. Yakıtlara ve yalıtım malzemelerine göre optimum yalıtım kalınlıklarını, toplam net tasarruf miktarı, geri ödeme süresi değişimi ve derece / gün değerlerine göre seçilen 5 farklı il merkezi için (İzmir, İstanbul, Ankara, Sivas ve Erzurum) hesaplamıştır. Sonuçta doğal gaz için hem olumsuz çevresel etkilerinin, hem de optimum yalıtım kalınlığının diğer yakıtlara göre daha düşük olduğunu ve ilk yatırım maliyetinin de daha düşük olacağını belirtmiştir (Kürekçi, 2016). Altun ve arkadaşları yürüttükleri çalışmada binaların erken tasarım aşamasında planlanan ilave kabuk yalıtımı yatırımlarının, Türkiye'deki 81 il için yıllık ve yaşam döngüsü perspektiflerinden ısıtma ihtiyacı, maliyet ve karbon ayak izi açısından etkinliğini araştırmışlardır. Binanın yıllık ısıtma alanı ihtiyacını TS 825 standardı metodolojisine göre hesaplamışlardır. Isı yalıtım analizi için Türkiye'de 81 ilde bir vaka çalışması binası için yalıtılmamış bina, TS 825 2008 versiyonunun asgari şartlarına göre yalıtılmış bina ve TS 825-

2013 versiyonunun minimum gereksinimlerine göre yalıtımlı üç farklı yalıtım tasarımı alternatifi oluşturarak yalıtımsız bir binanın TS 825'e göre yalıtım etkinliğini kısa dönem (yıllık ısıtma enerji ihtiyacında sağlanan tasarruf, ek yalıtım maliyeti ve ek sera gazı salımı) ve yaşam döngüsü (yaşam döngüsü maliyeti ve sera gazı salımı) olmak üzere iki farklı süreçte incelemişlerdir. Analizler, standarda dayalı yalıtımların, yalıtımsız binaya göre yıllık ısıtma enerjisi için %75'e, yaşam döngüsü maliyetinde %70'e ve yaşam döngüsü sera gazı emisyonları için %73'e varan iyileştirmeler sağladığını göstermiştir. Ayrıca, geri ödeme sürelerini maliyet için 7 yılın altında ve sera gazı emisyonları için 2 yılın altında elde etmişlerdir (Altun vd., 2020). Altun ve arkadaşları başka bir uygulamada ise, bir binanın enerji ihtiyacını bina kabuk elemanlarının geometrik verilerine ve termal özelliklerine göre hesaplamışlardır. Çalışmalarında model tabanlı TS 825 analizi için bir uygulama geliştirmişlerdir. Çalışmayı denetim, analiz ve kontrol olarak üç modda tanımlayarak TS 825 standardının hesaplama gereksinimlerine göre bir örnek binada test etmiş ve sonucu, doğruluk analizi için manuel hesaplamalarla karşılaştırmışlardır. Sonuçta TS 825 analizinin tutarlı olduğunu doğrulamışlardır (Altun ve Akçamete Güngör, 2019). Araştırmacılar Erzurum ilinde yürüttükleri bu deneysel çalışmada günümüzde ısı yalıtım malzemesi olarak en çok kullanılan EPS ile geliştirilmiş perlitin ısı yalıtım performanslarının ısıl dirençler açısından karşılaştırılmasını yapmışlardır. Sonuç olarak 6 cm'lik EPS ile 8 cm'lik geliştirilmiş perlitin ısı yalıtım kapasitelerinin denk olduğunu elde etmişlerdir (Kotan vd., 2018). DG3 bölgesinde bulunan Malatya ilinde yürütülen bu çalışmada, iki farklı yalıtımlı duvar (dıştan yalıtımlı ve sandviç), iki farklı yalıtım malzemesi (XPS ve EPS) ve iki farklı yakıt türü (doğalgaz ve kömür) kullanarak yalıtım malzemesinin optimum kalınlıklarını, enerji tasarrufu ve geri ödeme sürelerini sadece ısıtma, sadece soğutma ve hem ısıtma hem de soğutma için ayrı ayrı hesaplamışlardır (Uçar ve Dumrul, 2019). İmal ve çalışma arkadaşı Kahramanmaraş ilindeki bazı örnek binalara uygulanan ısı yalıtım malzemeleri, özellikleri, uygulandığı yerler ve yalıtımın yıllık yakıt giderlerine etkisini maliyet açısından araştırmışlardır. Üç farklı ısı yalıtım malzemesinin (XPS, EPS ve Poliüretan) incelendiği çalışmada İzoder TS825 standartlarından yararlanarak ısı yalıtımlı ve yalıtımsız durumlar için yaptıkları karşılaştırmada yalıtımlı durumda enerji tasarrufunun yaklaşık %80'e kadar varıldığını belirtmişlerdir (İmal ve Karayiğit, 2014).

Dünyanın farklı bölgelerinde yalıtım kalınlığı, geri ödeme süresi ve kullanılan yapı malzemeleri açısından birçok çalışma yapılmıştır. Örneğin bu çalışmada İran'ın tüm iklim bölgelerinde dış duvarın ideal yalıtım kalınlığını, enerji tasarrufunu ve yatırım geri ödeme süresini belirlemeyi amaçlamışlardır. Klasik bir gri tuğla duvar ve üç modern duvar (İçi boş kil blok, LECA blok ve AAC blok) için çalışmayı yürüttüler. Tüm iklim bölgelerinden sekiz şehir seçerek, iletim yükünü belirlemek için sayısal bir çözümle birlikte yaşam döngüsü maliyet analizi yöntemini kullanarak optimizasyon yapmışlardır. Sonuçların İran'da kullanılan modern duvarlardan biri olan AAC blok duvarında ısı yalıtımı uygulamasının bazı şehirlerde ekonomik olmadığını belirtmişlerdir. İran'daki maksimum yalıtım kalınlığının 4 cm'den fazla olmadığını ve bunun da diğer ülkeler için bildirilen değerlerden çok daha düşük olduğu sonucuna varmışlardır (Rosti vd., 2020). Cezayir için yapılan çalışmada araştırmacılar enerji performansını incelemek ve klasik bir ev ile karşılaştırmak için bir prototip yapının deneysel ve sayısal çalışmasını yürütmüşlerdir. Yıllık soğutma ve ısıtma iletim yüklerini, üç farklı yapı malzemesi için (delikli tuğla, yığma taş, beton) EPS'nin yalıtım kalınlığının artışına göre hesaplamışlardır. Ayrıca cam tipinin ve duvardaki cam yüzdesinin etkisini, yalıtımın optimum kalınlığını belirlemek için incelemişlerdir (Derradji vd., 2017). İtalya'da yapılan bir çalışmada araştırmacılar ısı yalıtımı ile ilgili somutlaştırılmış enerji etkisini değerlendirmiş ve verimlilik önlemleri olarak enerji ve karbon geri ödemesini belirlemişlerdir. On İtalyan şehrini analiz etmiş ve sonuçların iklim bölgesine bağımlılığını göstermişlerdir. Daha soğuk iklim bölgelerinde olan Kuzey İtalya şehirlerinde, enerji ve karbon geri ödeme sürelerini 3 yıl, güneyle Palermo şehri için 84 yıl olarak elde etmişlerdir. Optimum kalınlığı, binanın tipi, yalıtım malzemeleri ve enerji geri ödemesi sürelerini dikkate alarak Milano şehri için tahmin etmişlerdir (Abd Alla vd., 2020). Başka bir çalışmada araştırmacılar, Polonya'da bulunan beş iklim bölgesinde iki farklı bina için dış duvarların ısı yalıtımını içeren bir yatırım için bir yöntem ve ekolojik maliyet etkinliği analizi önermişlerdir. Araştırmacılar çalışmalarını yaşam döngüsü değerlendirme (LCA) tekniğine dayandırmışlardır. Analizde, ısı kaynakları, ısı yalıtımı ve inşaat malzemeleri ile analiz edilen binaların kullanılabilir alanları gibi farklı bileşenlerini dikkate almışlardır. Ekolojik maliyet etkinliğinin en elverişli değerlerini, inceledikleri ekolojik ısı yalıtım malzemelerinden eko-fiber için Polonya'daki en soğuk iklim bölgesinde ekolojik

geri ödeme süresini 0-6 yaş aralığında elde etmişlerdir (Dylewski ve Adamczyk, 2016).

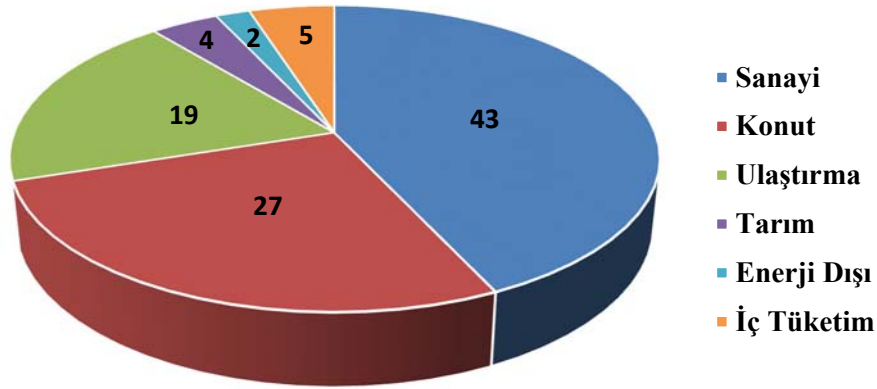
Yapılan literatür taraması ışığında konutlarda ısı yalıtım tedbirlerinin enerji tasarrufu açısından hayati öneme sahip olduğu, bölgesel olarak farklı ısı yalıtım malzemelerinin ve kalınlıklarının uygulanabileceği anlaşılmıştır. Ülke olarak enerji tüketiminin büyük yüzdesini oluşturan konutlardaki ısınma ihtiyacının verimli bir hale getirilmesi önemli bir konudur.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın açıkladığı verilere göre ülkemizde elektrik enerjisi tüketimi 2018 yılında bir önceki yıla göre %2.2 artmış ve 304.2 milyar kWh olarak hesaplanmıştır. Elektrik tüketiminin 2023 yılına kadar yıllık ortalama %4.8 artışla 375.8 TWh değerine ulaşması beklenmektedir. Elektrik üretimimiz ise 2018 yılı itibarıyla, %37.3 kömürden, %29.8 doğal gazdan, %19.8 hidrolik enerjiden, %6.6 rüzgârdan, %2.6 güneşten, %2.5 jeotermal enerjiden ve %1.4 diğer kaynaklardan sağlanmıştır (URL-1). Buna göre, arzının giderek artması, genellikle fosil veya dışa bağımlı kaynaklardan elektrik üretilmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranının düşük olması gibi nedenlerden dolayı enerji tasarrufuna yönelik çalışmalar yapılması gerektiği açıktır. Ülkemizde sektörel bazda enerji tüketimi verilerine göre konutlar %27'lik oranla büyük bir pay sahibidir. Enerji tüketim oranları (Şekil 1) ve bunun binalarda dağılımı (Şekil 2) görülmektedir. Bunun için binaların optimum şekilde yalıtılması gerekmektedir.

Konut sektörü, endüstri sektörü ile birlikte küresel enerji talebinin en fazla olduğu yerlerdir. Binalarda enerji tüketiminin % 65'i de ısıtma amaçlı kullanılmaktadır (Şekil 2). Isı yalıtımının ciddi bir enerji tasarrufu sağlayacağı açıktır. Ulusal hedeflerimiz doğrultusunda yürürlükteki TS 825 standardında binaların yalıtımı konusunda hem farkındalık yaratmak hem de teşvik etmek oldukça önemlidir. Ülkemizde yalıtım yapılmayan birçok bina mevcuttur. Yapılacak uygun yalıtım uygulamalarıyla tüketilen enerjinin % 50' den daha fazlasının tasarrufu mümkündür. Ekonomik avantajının yanında ısı yalıtımı uygulaması, ısı konfor etkileri, ekoloji ve çevre açısından uzun vadeli kazanımlarıyla birlikte ele alınmalıdır.

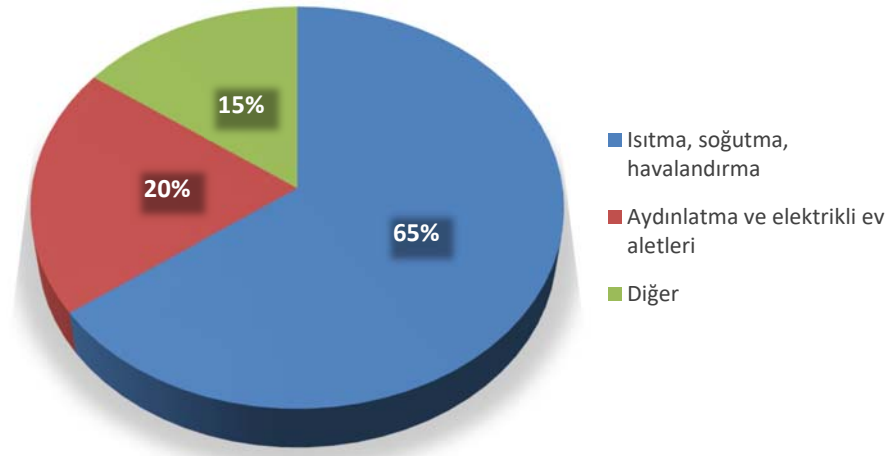
Bu çalışmada uygulamada yaygın olarak kullanılan 3 farklı yalıtım malzemesinin (XPS-EPS ve taş yünü) farklı yalıtım kalınlıkları (4-5-6 ve 8 cm) için toplam ısı transfer katsayıları (U) ve yıllık ısıtma enerjilerinin DG4 bölgesindeki Gümüşhane ilindeki örnek bir bina için analiz edilmesi amaçlanmaktadır. Analizler İzoder TS 825 Hesap Programı kullanılarak yapılmıştır.

### Enerji Tüketimi



Şekil 1. Türkiye’de sektörel bazda enerji kullanımı (URL-2)

### Enerji dağılımı



Şekil 2. Binalarda enerji tüketimi (URL-3)

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

Çalışmada örnek alınan mimari Bodrum+Zemin+3 kattan oluşan 8 dairelik bir apartmandır. Örnek mimari binanın projesinde duvar kesiti içten dışa doğru alçı-gaz beton-çimento harcı-yalıtım malzemesi-çimento harcı sıralamasıyla sunulmuştur. Mimariyi oluşturan duvar kesiti Şekil 3’de ve duvar kesitinin oluşturan yapı elemanlarının kalınlıkları Tablo 1’de verilmiştir. Duvar yapısında bütün elemanlar aynı özellik ve kalınlıklarda kalırken; sadece cephe kaplamasında kullanılan yalıtım malzemesi EPS, XPS ve taş yünü olarak seçilmiş ve kalınlığın (4-5-6-8 cm) toplam ısı transfer

katsayısı (U) ve yıllık ısıtma enerjisini nasıl değiştirdiği hesaplanmıştır.



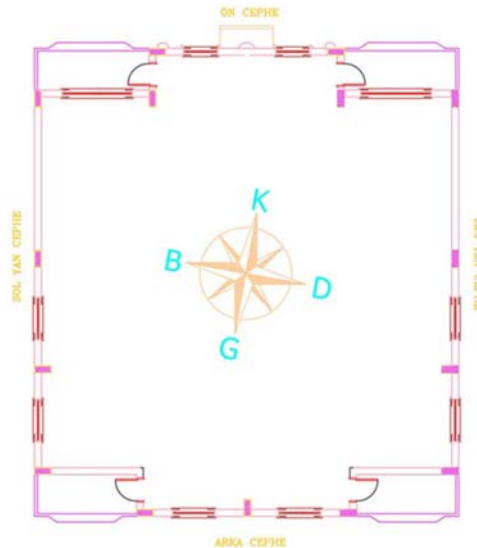
Şekil 3. İçten dışa doğru duvar kesitini oluşturan malzemeler



**Tablo 1.** Duvar kesitini oluşturan malzemelerin kalınlıkları

Malzeme Cinsi	Kalınlık (cm)
Alçı	2
Gaz Beton	17.5
Yalıtım Malzemesi (XPS-EPS-Taş Yünü)	4-5-6-8
Çimento Harcı (Toplam)	1.5

İzoder TS 825 Hesap programı kullanılarak ısı yalıtım hesabı yapılan örnek mimarinin teknik resim görünüşleri Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6'da sunulmuştur.

**Şekil 4.** Örnek binanın ön ve arka görünüşleri**Şekil 5.** Örnek mimarinin sağ ve sol yan görünüşleri**Şekil 6.** Örnek mimarinin yönleri

Örnek mimari proje üzerinden İzoder TS 825 hesap programının talep ettiği bilgiler doğrultusunda yapılan yüzey alanı hesapları Tablo 2’de sunulmuştur.

Örnek binanın kat yüksekliği 2.7 m ve toplam brüt hacmi 3382.7 m<sup>3</sup> tür. Güneş Enerjisi Kazancı hesabı yapılırken yönler bağli toplam pencere alanları Tablo 3’te verilmiştir.

Çalışmada 8 daire olarak tasarlanmış örnek mimarinin duvar yapı elemanları sabit tutularak yalıtım malzemesinin cinsi (EPS, XPS, taş yünü) ve yalıtım malzemesi kalınlığı (4-5-6-8 cm)

değiştirilmiştir. Piyasada kullanılan, XPS, EPS ve taş yününün görselleri Şekil 7’de verilmiştir. TS 825 standartlarında yer alan malzeme özelliklerine göre XPS yalıtım malzemesinin ısı iletkenlik değerleri 0.030-0.040 W/mK aralığında, EPS yalıtım malzemesinin ısı iletkenlik değerleri 0.035-0.040 W/mK aralığında ve taş yünü yalıtım malzemesinin ısı iletkenlik değerleri 0.035-0.050 W/mK aralığında değişmektedir. Bu örnek mimari üzerine uygulanan yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlik seçimleri piyasada sıkça kullanılan katalog değerleri de göz önünde bulundurularak uygulamaya en yakın olan değerlerden seçilmiş ve teknik özellikleri Tablo 4’te verilmiştir.

**Tablo 2.** Proje Hesabında kullanılan yüzeyler ve alanları

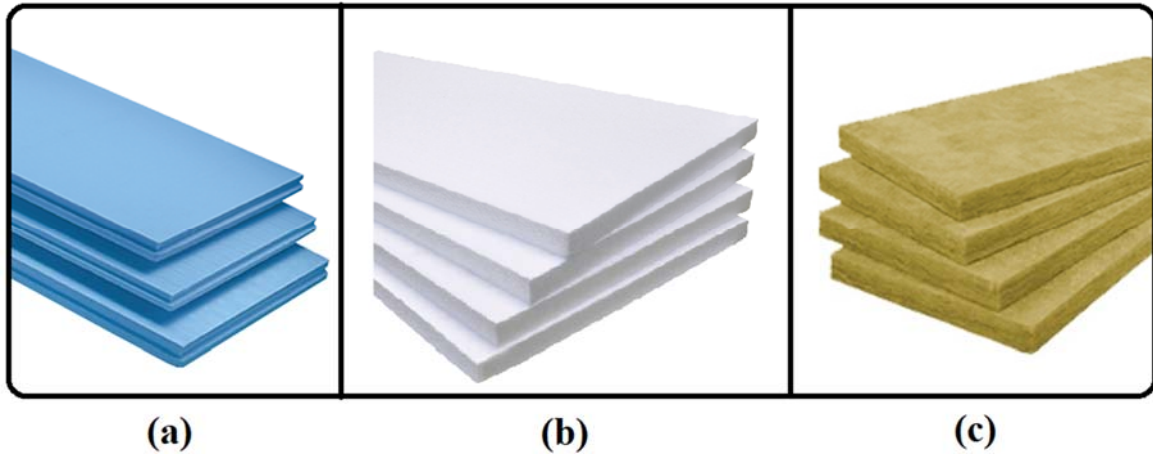
Yüzey Adı	Yüzey Alanı (m <sup>2</sup> )
Dış Havaya Açık Duvar	636.5
Toprağa Temas Eden Duvar	69
Kırma Çatı	255.3
Toprağa Temas Eden Taban	255.3
Dış Ortama Bakan Kapı ve Pencere	105.1
Dış Kapı-Metal (Isı Yalıtımlı)	3.3

**Tablo 3.** Güneş enerjisi kazancı hesabında kullanılan yön bazlı pencere alanları

Yön	Pencere Alanı (m <sup>2</sup> )
Doğu	27.6
Batı	27.6
Kuzey	14.4
Güney	35.5

**Tablo 4.** Kullanılan yalıtım malzemelerinin özellikleri

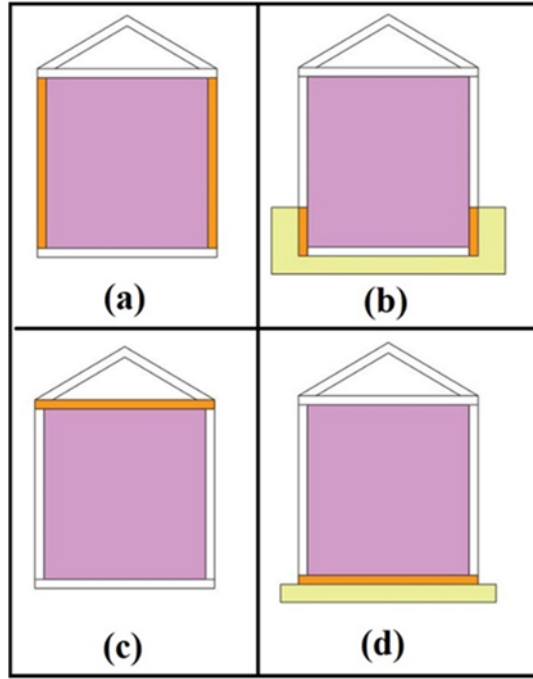
Malzeme Adı	Birim Hacim Kütlesi (kg/m <sup>3</sup> )	Isı İletkenlik (W/mK)
XPS	25	0.030
EPS	20	0.035
Taş Yünü	150	0.040



**Şekil 7.** Örnek mimaride kullanılan ısı yalıtım malzemeleri, (a) XPS, (b) EPS, (c) Taş yünü

Örnek mimari yapıda 4 farklı duvar tipi ile karşılaşmaktadır. Bu farklı duvar tipleri için TS 825 farklı U değerleri öngörmektedir. Bu sebeple

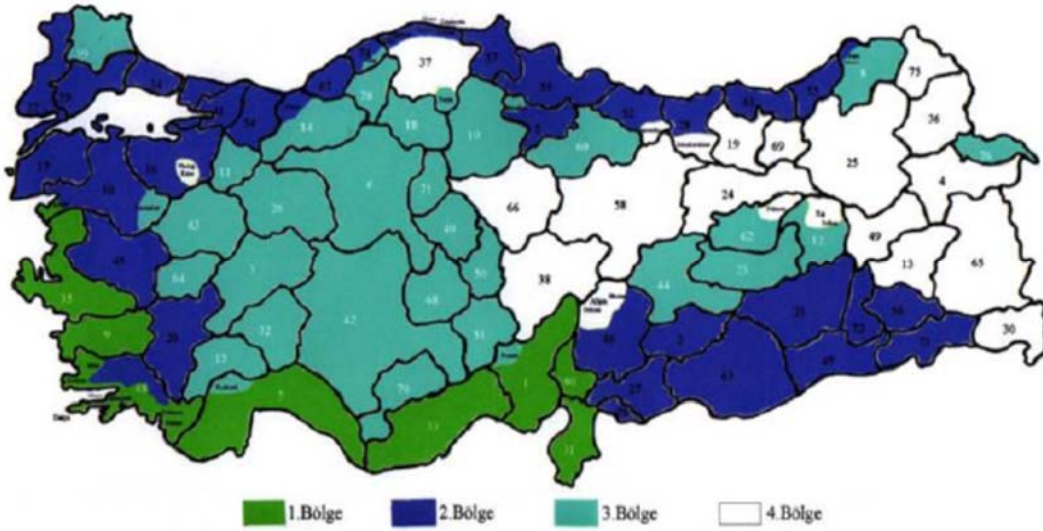
hesaplamaya dâhil edilen duvar tiplerinin daha anlaşılır olabilmesi için Şekil 8’deki görsel sunulmuştur.



Şekil 8. Dış havaya açık duvar (a), Toprağa temas eden duvar (b), Kıрма çatı (c), Toprağa temas eden taban (d)

TS 825 Binalarda ısı yalıtım kuralları standartlarında Türkiye 4 farklı derece gün olarak değerlendirilmektedir. 1. Derece gün Türkiye’de en sıcak iller iken 4. Derece gün illeri Türkiye’nin

en soğuk illeridir. TS 825 standardında yer alan derece gün bölgelerine göre illerimiz Şekil 9’da sunulmuştur.



Şekil 9. Derece gün bölgelerine göre illerimiz (URL-4)

TS 825 standartlarına göre ısıtması yapılan herhangi bir mahallin bina tipine göre iç ortam sıcaklığı sabitken, projelendirilmenin yapıldığı ilin hangi derece gün bölgesinde bulunduğu göre dış ortam sıcaklıkları aylık olarak değişmektedir. Gümüşhane 4. Derece gün bölgesinde bulunan bir il olup ve Türkiye’nin en soğuk illerinden biridir. Dolayısıyla burada yapılacak olan yalıtım hesabı diğer gün derece bölgelerinde bulunan illerimize

göre daha önemlidir. TS 825 Standardına göre farklı derece gün bölgeleri için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı Tablo 5’te sunulmuştur. Tablo 5’te sunulan sınır değerlerinin üzerinde hesaplanan herhangi bir yıllık enerji ihtiyacı durumunda yapılan yalıtımın yetersiz olduğu anlaşılır.



**Tablo 5.** Farklı derece gün (DG) bölgeleri için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı sınır değerleri (URL-4)

	h (m)	$A/V \leq 0.2$ için	$0.2 < A/V < 1.05$ için	$A/V \geq 1.05$ için	Birim
Q'1.DG	$h \leq 2.6m$ $A_N$ ile ilişkili $h > 2.6m$ $V_{brüt}$ ile ilişkili	19.2 6.2	$44.1 A/V + 10.4$ $14.1 A/V$	56.7 18.2	$kWh/m^2$ $kWh/m^3$
Q'2.DG	$h \leq 2.6m$ $A_N$ ile ilişkili $h > 2.6m$ $V_{brüt}$ ile ilişkili	38.4 12.3	$70A/V + 24.4$ $22.4A/V + 7.8$	97.9 31.3	$kWh/m^2$ $kWh/m^3$
Q'3.DG	$h \leq 2.6m$ $A_N$ ile ilişkili $h > 2.6m$ $V_{brüt}$ ile ilişkili	51.7 16.6	$76.3A/V + 36.4$ $24.4A/V + 11.7$	116.5 37.3	$kWh/m^2$ $kWh/m^3$
Q'4.DG	$h \leq 2.6m$ $A_N$ ile ilişkili $h > 2.6m$ $V_{brüt}$ ile ilişkili	67.3 21.6	$82.8A/V + 50.7$ $26.5A/V + 16.3$	137.6 44.1	$kWh/m^2$ $kWh/m^3$

Enerji tasarrufunun artmasıyla geri ödeme sürelerinin kısaldığı bilinmektedir. En düşük geri ödeme süreleri soğuk iklime sahip DG4 bölgesinde hesaplanmıştır (Aydın and Bıyıkoğlu, 2019). Geri ödeme süreleri açısından karşılaştırma yapıldığında, geri ödeme süresindeki 6 aylık bir artışa karşılık yıllık yakıt tasarrufunda %8 artış sağlandığı hesaplanmıştır. Dolayısıyla, soğuk

iklim bölgelerinde optimum yalıtım kalınlığının artması sonucu yalıtım maliyeti yükselmekte ve geri ödeme süreleri kısalmaktadır. Bu bilgiler ışığında çalışmada incelenen örnek bina DG4 bölgesinde olan Gümüşhane ilinde seçilmiştir. Derece / Gün bölgelerine göre ısı transfer katsayısı (U) değerleri Tablo 6'da verilmiştir.

**Tablo 6.** Derece / Gün bölgelerine göre tavsiye edilen maksimum U değerleri (URL-4)

BÖLGE	$U_{duvar}$	$U_{tavan}$	$U_{taban}$	$U_{pencere}$
DG1	0.7	0.45	0.7	2.4
DG2	0.6	0.4	0.6	2.4
DG3	0.5	0.3	0.45	2.4
DG4	0.4	0.25	0.4	2.4

## 2.2. Hesap Yöntemi

TS 825 standartlarında verilen toplam ısı transfer katsayısı, yapı elemanından iletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı hesabı, doğal havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı hesabı ve yıllık

ısıtma enerjisi ihtiyacı hesabı denklemleri aşağıda sunulmuştur. Aşağıda sunulan denklemler ışığında hesaplanan veriler bulgular başlığı altında verilmiş ve elde edilen sonuçlar tartışma ve sonuç başlığında irdelenmiştir.

### Toplam Isı Transfer Katsayısı Hesaplama

Bir odanın iletim ve taşınım ile ısı kaybı;

$$Q_0 = \sum UA(T_{iç} - T_{dış}) \quad (1)$$

biçiminde hesaplanabilir. Burada; U: yapı bileşenlerinin toplam ısı geçiş katsayısı ( $W/m^2K$ ), A: Yapı yüzeylerinin alanı ( $m^2$ ),  $T_{iç}$  ve  $T_{dış}$ : İç ve dış ortam sıcaklıklarıdır ( $^{\circ}C$ ).

a) Toplam ısı geçiş katsayısı (U)

$$R'_{top} = R'_{iç} + \sum R'_{ilet} + R'_{dış} \quad (2)$$

$$U = \frac{1}{R'_{top}} \quad (3)$$

$$Q = UA_d(T_{iç} - T_{dış}) \quad (4)$$

### Yapı Elemanından İletim Yolu ile gerçekleşen Isı Kaybı Hesaplama

$$H = H_T + H_V \quad (5)$$

$$H_T = \sum AU + IU_I \quad (6)$$

$$\sum AU = U_D A_D + U_p A_p + U_k A_k + 0.8 U_T A_T + 0.5 U_t A_t + U_d A_d + 0.5 U_{ds} A_{ds} \quad (7)$$

### Doğal Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybının hesaplanması

$$H_V = \rho \cdot c \cdot V' \quad (8)$$

$$H_V = \rho \cdot c \cdot V' = \rho \cdot c \cdot n_h V_h = 0.33 n_h V_h \quad (9)$$

### Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Hesaplanması

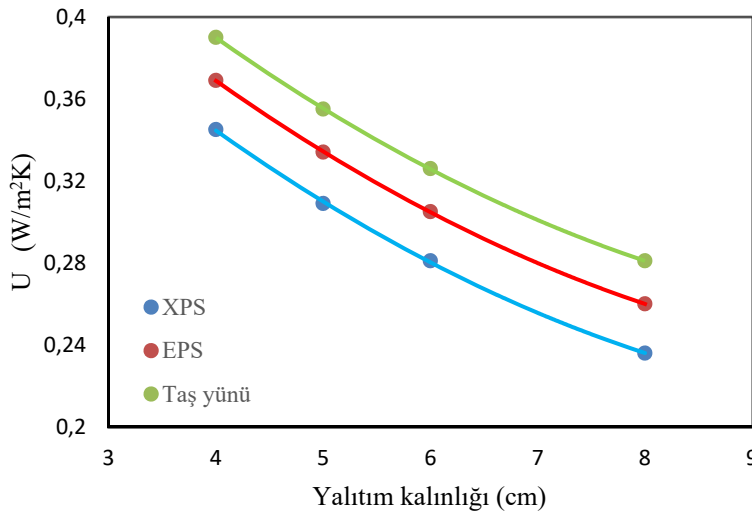
$$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} \quad (10)$$

$$Q_{ay} = \left[ \underbrace{H(\theta_i - \theta_e)}_{\text{Isı kayıpları}} - \underbrace{\eta_{ay}(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})}_{\text{Isı kazançları}} \right] \cdot t \quad (11)$$

### 3. Bulgular

Yalıtım, binalarda enerji tasarrufu için en etkili yollardan biridir. Bu çalışmada TS 825 standartları kapsamında karşılaştırmalı olarak yalıtımsız, kısmi yalıtımlı ve tam yalıtımlı durumlar için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçları hesaplanmıştır. Bulgular, incelenen yalıtım malzemeleri ve yalıtım kalınlıklarına göre toplam ısı transfer katsayısı, yıllık enerji ihtiyacı ve yüzde ısıl iyileşme grafikleri halinde sunulmuştur.

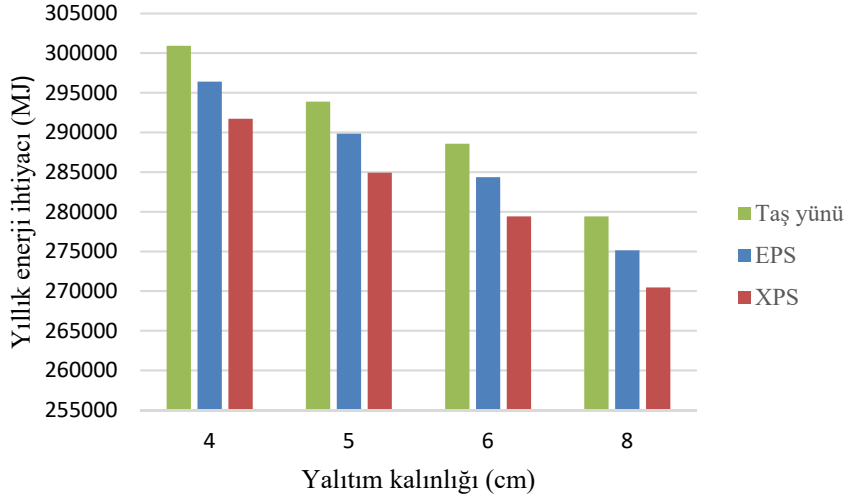
Şekil 10'dan da anlaşılacağı üzere hesaplamalarda kullanılan bütün yalıtım malzemeleri için yalıtım kalınlığının artışı ile dış hava ile temas halinde olan duvar için toplam ısı transfer katsayısı azalmıştır. 4. Derece gün bölgesinde bulunan bir il için tavsiye edilen maksimum ısı transfer katsayısı değeri (duvar için) 0.4 W/m<sup>2</sup>K olarak verilmiştir (Tablo 6). Hesaplamalar sonucunda tercih edilen her malzemenin ve malzeme kalınlığının bu kriteri sağladığı görülmüştür. Yalıtım kalınlığının artması ile U değeri düşmüş, dolayısıyla daha iyi bir yalıtım sağlanmıştır.



Şekil 10. Dış havaya açık duvarın farklı malzemeler ve kalınlıklar için U değerleri (W/m<sup>2</sup>K)

Şekil 11'den de anlaşılacağı üzere yalıtım kalınlığının artışı ile yıllık enerji ihtiyacı azalmaktadır. Çalışmada incelenen malzemelerden aynı yalıtım kalınlığında en az yıllık enerji ihtiyacı XPS için tespit edilmiştir. Aşağıda verilen grafikte hesaplanan yalıtım malzemesi kalınlıkları her bir malzemenin ilgili kalınlıkta yaygın kullanımı ve piyasada bulunabilirliği de düşünülerek tercih edilmiştir. Örnek olarak seçilen mimari yapının duvar kesitinde kullanılan yapı elemanlarının değişmesi

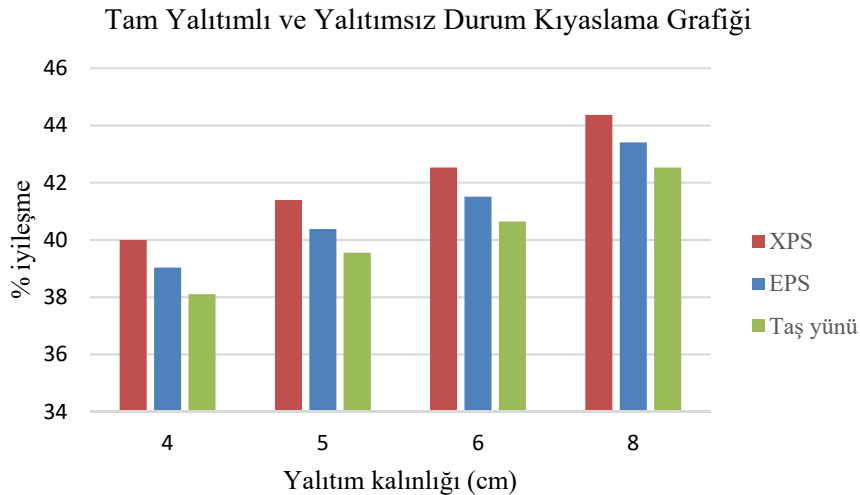
ile yıllık enerji ihtiyacının da değişeceği unutulmamalıdır. Yapılan bu örneklem dikkate alınarak aşağıda MJ cinsinden verilen yıllık enerji miktarı herhangi bir yakıt cinsinin ısı değerine bölünerek yıllık yakıt miktarı hesaplanabilir ya da farklı kalınlıklardaki her bir malzemenin birim fiyatları üzerinden geri ödeme süreleri hesaplanabilir. Elde edilen bu veri seti benzer bir çalışma yapmak isteyen araştırmacılar için yol gösterici olacaktır.



Şekil 11. Yalıtımlı durum için farklı yalıtım kalınlıkları ve farklı malzemelerin yıllık enerji ihtiyaçları

Şekil 12'de tam yalıtımlı ve yalıtımsız durumu karşılaştırmak için iyileşme grafiği verilmiştir. Burada tam yalıtımlı olarak kastedilen durum binanın taban, tavan, dış hava ile temaslı duvar ve toprak ile temaslı duvarlarının tamamının TS 825 standartlarına göre yalıtıldığı durumu, yalıtımsız durum ise hiçbir yüzeyin yalıtılmadığı durumu

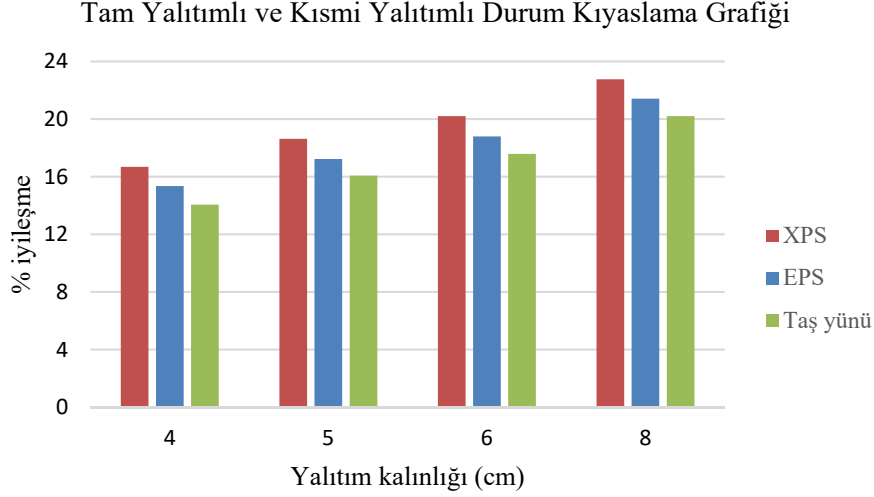
temsil etmektedir. Grafiğe göre aynı yalıtım kalınlığında yüzde iyileşme XPS için en yüksek değerdedir. Yalıtım kalınlığının artmasıyla yüzde iyileşme miktarı da artmıştır. Tam yalıtımlı ve yalıtımsız durumlarda farklı kriterler göz önünde bulundurularak sırasıyla %38 ile %44,5 arasında yüzde iyileşme sağlanmıştır.



Şekil 12. Tam yalıtımlı durumun yalıtımsız durumla kıyaslanması

Şekil 13’de tam yalıtımlı ve kısmi yalıtımlı durum (taban ve tavan yalıtımlı durum) için iyileşme grafiği verilmiştir. Burada tam yalıtımlı olarak kast edilen durum binanın taban, tavan, dış hava ile temaslı duvar ve toprak ile temaslı duvarlarının tamamının TS 825 standartlarına göre yalıtıldığı

durumu, kısmi yalıtımlı durum ise taban ve toprağa temas eden duvarların yalıtımlı olduğu durumu temsil etmektedir. Bu iki durum kıyaslandığında farklı durumlar göz önünde bulundurularak %13 ile %23 arasında iyileşme sağlandığı anlaşılmaktadır.



**Şekil 13.** Tam yalıtımlı durumun kısmi yalıtımlı durumla kıyaslanması

#### 4. Tartışma ve Sonuçlar

Türkiye'nin enerji kaynaklarının sınırlı ve dışa bağımlı olmasından dolayı, özellikle enerji tüketiminin yoğun olduğu ve yüksek ısı kaybına maruz kalan konut sektörü özelinde ve özellikle kaybın nispeten daha fazla olduğu 4. bölgede enerjinin verimli kullanımı her geçen gün daha fazla önem kazanmaktadır. Enerji kaybı bütünlük etkileriyle birlikte değerlendirildiğinde ısı kaybına yönelik çözümlerden en önemlisi olan yalıtımla ilgili önerilerin, 2023 vizyonu enerji hedeflerini yakalamak için oldukça önemlidir. Bunun en etkili yolu ısıtma yükünü azaltmaktır. Bu çalışmada, Gümüşhane iklim şartları ve meteorolojik değerleri göz önünde bulundurularak farklı yalıtım malzemeleri için yalıtım kalınlığının toplam ısı transfer katsayısına etkisi, farklı parametrelerin yalıtımsız ve kısmi yalıtımlı duruma (tavan ve taban yalıtımlı) göre iyileşme yüzdeleri kıyaslamalı olarak değerlendirilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur:

- Hesaplamalar ısı, su, ses ve yangın yalıtımcıları derneğinin (izoder) TS 825 standartları kapsamında oluşturdukları “İzoder TS 825 Hesap Programı” ile yapılmıştır. Mimarilerde kullanılan duvar elemanlarına göre uygulanması gereken yalıtım kalınlığının değişiklik gösterebileceğini belirterek, örnek

mimarinin duvar kesit özellikleri dikkate alındığında Gümüşhane ili için uygulanması gereken minimum yalıtım kalınlığının 4 cm olduğu hesaplanmıştır.

- Çalışmada incelenen malzemelerden aynı yalıtım kalınlığında en az yıllık enerji ihtiyacı XPS için tespit edilmiştir. Bu değerler kısmi yalıtımlı durum (taban ve tavan yalıtımlı durum) için artan yalıtım kalınlığı yönünde %16-22 aralığında hesaplanmıştır. Tam yalıtımlı durumla kıyaslandığında bu değerler yine XPS için %40-44 aralığında, EPS için % 39-43.4 aralığında ve taş yünü için % 38.1-42.5 aralığında elde edilmiştir. Bu değerler binada kullanılan yapı malzemelerine, binanın cephesine ve pencere alanlarına göre değişiklik gösterebilir.
- Yapılan hesaplamalar sonucunda ısı yalıtım malzemesi olarak kullanılan malzemenin cinsinin değişimi ile yıllık enerji ihtiyacının değiştiği, tamamen yalıtımsız duruma kıyasla çatının yalıtılması %27.6 enerji tasarrufu, toprağa temas eden taban ve duvarların yalıtılması ile %16.9 enerji tasarrufu sağlandığı hesaplanırken, dış ortama açık olan düşey duvarda ise kullanılan malzeme cinsine göre %10.5-% 17 arasında enerji tasarrufu sağlanabileceği hesaplanmıştır.

- Kullanılan yakıtta, yalıtım malzemesine ve kalınlığına göre değişken olmasına rağmen, binalara uygulanan yalıtımların geri ödeme süreleri genellikle çok kısadır. Bu da ülkemizin enerji kaynakları konusundaki bağımlılığını azaltmaya katkıda bulunmaktadır. Bu durum hayati önem arz etmektedir.
- Grafiklerde verilen yıllık enerji ihtiyacı verileriyle farklı tip ısıtma kaynakları ile (kömür, odun, doğalgaz, elektrik vs.) ne kadar yakıt tüketilmesi gerektiği ya da farklı yalıtım malzemelerinin birim fiyatları dikkate alınarak geri ödeme sürelerine ilişkin çalışmalar yapılabilir. Bu çalışmanın ilgi alanı içerisinde olmayan bu öneriler farklı çalışma gruplarının dikkatini çekebilir ve makalede sunulan veri seti kaynak olarak kullanılabilir.

## Kaynaklar

- Abd Alla, S., Bianco, V., Tagliafico, L.A. ve Scarpa, F., 2020. Life-Cycle Approach to The Estimation of Energy Efficiency Measures in The Buildings Sector. *Applied Energy*, 264, 114745.
- Altun, M. ve Akçamete, A., Application of TS 825 Turkish Thermal Insulation Standard Using BIM, International Civil Engineering Architecture Conference, April 2019, Trabzon, Türkiye, 314-323.
- Altun, M., Akgül, Ç.M. ve Akçamete, A., 2020. Kabuk Yalıtımının Bina Isıtma Enerjisi İhtiyacına, Maliyetine ve Karbon Ayak İzine Etkisinin Yaşam Döngüsü Bakış Açısıyla Değerlendirmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 35(1), 147-164 (in Turkish).
- Aydın, N. ve Bıyıkoglu, A., 2019. Türkiye’de Konut Tipi Binaların Isıtma Yükü Altında Ömür Maliyet Analizi Yöntemi ile Optimum Yalıtım Kalınlıklarının Belirlenmesi. *Politeknik Dergisi*, 22(4), 901-911 (in Turkish).
- Bademlioğlu, A.H., Canbolat, A.S. ve Kaynaklı, Ö., 2018. Bina Dış Duvarlarında Yoğuşma Dikkate Alınarak Gerekli Yalıtım Kalınlığının Belirlenmesi: Bitlis İli İçin Örnek Çalışma. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 23(3), 333-340 (in Turkish).
- Bolattürk, A., 2006. Determination of Optimum Insulation Thickness For Building Walls with Respect to Various Fuels and Climate Zones in Turkey. *Applied Thermal Engineering*, 26(11-12), 1301-1309.
- Çomaklı, K. ve Yüksel B., 2003. Optimum Insulation Thickness of External Walls For Energy Saving. *Applied Thermal Engineering*, 23(4), 473-479.
- Derradji, L., Imessad, K., Amara, M. ve Errebai, F. B., 2017. A Study on Residential Energy Requirement and The Effect of The Glazing on The Optimum Insulation Thickness. *Applied Thermal Engineering*, 112, 975-985.
- Dikmen, N., 2019. 1995 Depremi Sonrası Dinar’da Kurulmuş Olan Afet Konutlarının TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları’na Uygunluğu Açısından İncelenmesi. *Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi*, 2(2), 50-59 (in Turkish).
- Dylewski, R. ve Adamczyk, J., 2016. Study On Ecological Cost-Effectiveness For The Thermal Insulation of Building External Vertical Walls in Poland. *Journal of Cleaner Production*, 133, 467-478.
- Fertelli, A., 2013. Determination of Optimum Insulation Thickness For Different Building Walls in Turkey. *Transactions of FAMENA*, 37(2), 103-113.
- İmal, M. ve Karayığit, S., 2014. Enerji Yönetmeliğine Göre Konutların Farklı Isı Yalıtım Malzemeleri ile Yalıtılmasının Ekonomik Analizi Üzerine Bir Araştırma: Kahramanmaraş Örneği. *KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17(1), 1-9 (in Turkish).
- Kotan, T., Fırat, İ., Kaya, M. ve Ulusu, İ., 2018. Binalarda Kullanılan Farklı Isı Yalıtım Malzemelerinin Isı İletkenlik Katsayılarının Erzincan İli Şartlarında Termokupl ve Termal Kamera ile İncelenmesi. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 23(2), 367-382 (in Turkish).
- Kurekci, N. A., 2016. Determination of Optimum Insulation Thickness For Building Walls By Using Heating and Cooling Degree-Day Values of All Turkey’s Provincial Centers. *Energy and Buildings*, 118, 197-213.
- Meral, Ö., 2019. Soğuk İklim Bölgesinde Farklı Dış Duvar Yapı Malzemelerinin Isıtma Yüküne Etkilerinin İncelenmesi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 30(1), 105-113 (in Turkish).
- Rosti, B., Omidvar, A. ve Monghasemi, N., 2020. Optimal Insulation Thickness of Common Classic and Modern Exterior Walls in Different Climate Zones of Iran. *Journal of Building Engineering*, 27, 100954.
- Şahin, B. ve Çarkacı, C., 2019. Gümüşhane İli Kamu Binalarındaki Isı Yalıtımı Uygulamalarının İncelenmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen*



- Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9(3), 526-535 (in Turkish).
- Uçar, A. ve Dumrul, M. U. ,2019. Bir Konutun Dış Duvarları İçin Isıtma ve Soğutma Yüklerine Göre Optimum Yalıtım Kalınlığının Tespiti ve Enerji Tasarrufu Analizi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (16), 740-749 (in Turkish).
- URL-1, [www.Enerji.Gov.Tr/Tr-TR/Sayfalar/Elektrik](http://www.Enerji.Gov.Tr/Tr-TR/Sayfalar/Elektrik). 6 Nisan 2020.
- URL-2, <https://www.enerji.gov.tr>. 7 Nisan 2020.
- URL-3, [http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/17182\\_44\\_51.pdf](http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/17182_44_51.pdf). 7 Nisan 2020.
- URL-4, [www.İzoder.Org.Tr/Sayfa/30/Ts-825-Hesap-Programi](http://www.İzoder.Org.Tr/Sayfa/30/Ts-825-Hesap-Programi). 8 Nisan 2020.
- Uzun, İ., 2020. Isıtılan Mekanlarda İç ve Dış Ortam Sıcaklıklarına Bağlı Mevsimsel Yoğuşma Analizi. Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi, 12(1), 292-299 (in Turkish).
- Yaman, Ö., Şengül, Ö., Selçuk, H., Çalıkuş, O., Kara, İ., Erdem, Ş. ve Özgür, D., 2015. Binalarda Isı Yalıtımı ve Isı Yalıtım Malzemeleri. Türkiye Mühendislik Haberleri (TMH) 487(4), 62-75 (in Turkish).
- Yüksek, İ. ve Sivacılar, S., 2017. Türkiye Şartlarında TS 825 Kapsamında Farklı Duvar Tiplerinin Isıl Etkinlikleri Üzerine Karşılaştırmalı Bir Çalışma. Politeknik Dergisi, 20(2), 291-302 (in Turkish).