

Okul Binalarında Isı Yalıtımı Maliyetinin Araştırılması

Deniz BAYRAKTAR^{*1}, Emre Artun BAYRAKTAR¹

¹Antalya Valiliği, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Antalya

Geliş tarihi: 08.03.2018

Kabul tarihi: 29.06.2018

Öz

Bu çalışmada; binalarda ısı yalıtım uygulamaları ve konu hakkındaki yasal düzenlemeler derlenerek Milli Eğitim Bakanlığı'nın tip okul projeleri ile inşası tamamlanan okul binalarındaki ısı yalıtımı uygulamalarının bina toplam maliyetine oranı araştırılmıştır. Çalışma, okul projelerinde ısı yalıtım uygulamalarının toplam maliyete oranını ve amortisman sürelerini tespit etmeyi amaçlamaktadır. Çalışmada, Antalya'nın merkez ilçelerinde inşası tamamlanarak hizmete açılan 12 ve 24 derslikli olmak üzere iki adet okul binası değerlendirilmiştir. Bu binalara ait ısı yalıtımı detayları ve bu imatları tanımlayan pozlar sunulmuştur. Isı yalıtımı ve bina toplam maliyet çalışmaları, projeler ve mahal listelerinde belirtilen imatlara uygun olarak maliyet hazırlama programı AMP vasıtasıyla gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, Carrier HAP 4.4 programı yardımıyla okul binalarında ısı kayıp miktarları ısı yalıtımlı ve ısı yalıtımsız koşullar altında ayrı ayrı hesap edilmiş ve bu değerlere göre yıllık işletme maliyetleri elde edilmiştir. Elde edilen veriler kullanılarak ısı yalıtım imatlarının amortisman süreleri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda; okul binalarında ısı yalıtımı imatlarının bina toplam maliyetine oranı %3,5; amortisman süreleri de 12 ve 24 derslikli okul binaları için sırasıyla 80 ve 124 ay olarak hesap edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Isı yalıtımı, Okul binaları, Isı yalıtımı maliyeti, Maliyet oranı, Amortisman süresi

Investigation of Thermal Insulation Cost of the School Buildings

Abstract

In this study; Thermal insulation applications in buildings and legal regulations on the subject were compiled, the ratio of thermal insulation applications in school buildings has been examined. The study aims to determine the ratio of thermal insulation applications to total cost and period of redemption in school projects. In the study, two school buildings were evaluated with 12 and 24 classrooms, which were completed and opened to the service in the central districts of Antalya. The thermal insulation details and manufacturing recipes for these buildings are presented. The total cost and insulation cost was prepared with AMP software which is the cost preparation program. Moreover, thermal dissipation in school buildings was calculated with the help of Carrier HAP 4.4. According to these values, annual operating costs were achieved. The period of redemption of thermal insulation productions were determined using the data obtained. As a result of the study; the ratio of thermal insulation applications to the total cost of building was calculated as 3.5% and period of redemption was calculated as 80 and 124 months, respectively, for school buildings with 12 and 24 classrooms.

Keywords: Thermal insulation, School buildings, Insulation cost, Cost ratio, Period of redemption

*Sorumlu yazar (Corresponding author): Deniz BAYRAKTAR, deniz_ceditoglu@hotmail.com

1. GİRİŞ

Günlük yaşamda kullanılan teknoloji ve şehirleşmedeki artış, beraberinde enerji tüketiminin de artmasına sebep olmuştur. Günümüzde, enerji ihtiyacını karşılayabilmek için fosil yakıtlar ile enerji üretmek yerine tüketim israfının önlenmesi birincil amaç haline gelmiştir. Elbette ki enerji israfını sadece tüketimdeki gereksizlik olarak yorumlamak doğru olmayacaktır. Buna bağlı olarak; enerji tüketimi sınıflandırmasında yüksek enerji tüketen elektronik cihazların kullanılması, güneş-rüzgar gibi yenilenebilir enerji kaynakları yerine fosil yakıtlar kullanılarak enerji üretilmesi ve yapılarda oluşması muhtemel ısı geçişleri ile ısıtma/soğutma sistemlerinin enerji tüketimlerinin artması da tüketim israfı olarak değerlendirilebilir.

Türkiye’de enerjinin %35’i binalar tarafından tüketilmektedir. Bu tüketilen enerjinin ise %65’i binalarda ısıtma, soğutma ve havalandırma amacıyla harcanmaktadır [1]. Binaların ısıtma, soğutma ve aydınlatma gibi gereksinimlerindeki enerji miktarını sınırlamak, minimum seviyeye indirmek, dolayısıyla enerji tasarrufu sağlamaya yönelik önlemler almak zorunludur. Binalarda ısı kayıplarının önüne geçmek için gerçekleştirilen ısı yalıtımı bu önlemlerden biridir [2-3]. Yapılarda ısı kayıp ve kazançlarının sınırlandırılması için yapılan işleme “ısı yalıtımı” denir. Teknik olarak ısı yalıtımı, farklı sıcaklıktaki iki ortam arasında ısı geçişini azaltmak için uygulanır [4]. Bu nedenle, binalarda ısı geçişinin oluşabileceği dış cephede, çatı ve teraslarda, zemine oturan döşemelerde ve ısıtılmayan bina girişlerinde çeşitli malzemeler yardımıyla ısı yalıtımı imalatları yapılmaktadır.

Uygulamada kullanılacak ısı yalıtım malzemesinin seçimi, binaların konumu ve sahip oldukları ısıtma/soğutma sistemleri ile ilişkilidir. Öyleki, binalarda ısıtma amaçlı kullanılan yakıt cinsine göre ısı yalıtım levhalarının optimum kalınlıkları değişkenlik göstermektedir. Kürekçi ve ark., çalışmalarında Türkiye’nin tüm illeri için iki farklı yakıt türünü (doğalgaz ve ithal kömür) ve beş farklı yalıtım malzemesini (taş yünü, cam yünü,

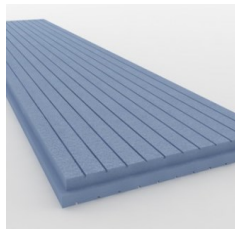
XPS, EPS ve poliüretan) dikkate alarak binalarda optimum yalıtım kalınlığı, geri ödeme süreleri ve tasarruf miktarlarını hesaplamışlardır. Ömür maliyet analizi yöntemi kullanılarak yapılan çalışma sonucunda; yakıt maliyeti ile geri ödeme süresinin ters orantılı olduğu, optimum yalıtım kalınlıklarının taş yünü için 0,04-0,17 m, cam yünü için 0,06-0,20 m, XPS için 0,04-0,16 m, EPS için 0,03-0,13 m ve poliüretan için 0,01-0,06 m arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Örnek olarak; bu çalışmada değerlendirilen okul binalarının yer aldığı Antalya ilinde ısıtmanın doğalgaz ile sağlandığı durumda taşıyünü, camyünü, XPS, EPS ve poliüretan malzemelerin optimum kalınlıkları sırasıyla 5, 7, 5, 4, 2 cm, ithal kömürün kullanıldığı durumda ise optimum kalınlıklar sırasıyla 7, 8, 6, 5, 2 cm olarak tespit edilmiştir [5].

Isı yalıtım malzemesinin seçimi ve optimum kalınlığının belirlenmesi salt ısıtma yöntemi ile ilişkili değildir. Buna ilaveten, özellikle sıcak iklim bölgelerinde yer alan yörelerde yalıtım malzemelerinin seçiminde öncelikli olarak binalardaki soğutma yöntemlerinin dikkate alınması gerektiği yönünde çalışmalar mevcuttur. Dağdır ve Bolattürk, çalışmalarında sıcak iklim bölgesinde yer alan İzmir İli için ısıtma ve soğutma yüklerini belirli bir denge sıcaklığında derece-saat yöntemine göre hesaplamış ve bu hesap neticesinde derece-saat değerlerini elde etmişlerdir. Bu değerlere göre İzmir İli’ndeki bina dış duvarları için gerekli optimum yalıtım kalınlıklarını tespit etmişlerdir. Çalışma ile sıcak iklim bölgelerindeki binalarda yalıtım hesaplamalarının soğutma yüklerine göre yapılması gerektiği tespit edilmiştir [6].

Ülke olarak enerji ihtiyacımızın bir bölümünü ithal etmemiz, enerji üretimi için harcanan yüklü tutarlar dikkate alındığında binalarda ısıtma ve soğutma için harcanan enerjinin azaltılması amacıyla ısı yalıtım uygulamalarının yasal düzenlemeler kapsamında belirli mekanik hesaplamalar sonucunda oluşturulan projeler ile gerçekleştirilmesi önem arz etmektedir. Bu durumda, ısıtma/soğutma için tüketilen enerji

miktarının azalmasının yanında yalıtım imalatlarının ilk yatırım maliyeti de optimum seviyelerde kalacaktır. Türkiye’deki yapı stoku göz önüne alındığında gereksiz yapılacak ısı yalıtımı imalatlarına harcanacak bedel de nakdi israf oluşturacaktır. Diğer bir deyişle, enerji israfının önlenmesi amacıyla yapılan ısı yalıtımı imalatlarının mühendislik bilgisinden uzak bir şekilde yapılması, özellikle eski yapılarda, ya yalıtımdan beklenen verimi karşılayamayacak ya da ilk yatırım bedelinde gereksiz artış oluşturacaktır. Bu kapsamda; binalarda yapılması gereken ısı yalıtımı uygulamalarının toplam inşaat maliyetindeki oranı önemli bir husus halini almaktadır.

Bu çalışmada; ihaleleri ve yapım süreçleri tamamlanarak hizmete açılan okul binalarında yapılan ısı yalıtım uygulamalarının bina toplam maliyetinin içerisindeki oranı ve toplam inşaat alanına bağlı olarak birim m² maliyeti araştırılmıştır. Çalışma kapsamında, Milli Eğitim Bakanlığı’nın tip projeleri kullanılmıştır. Maliyet analizlerinde, ısı yalıtım uygulamaları alt gruplara ayrılmış ve her alt gruba ait malzeme/işçilik bedelleri hesaplanmıştır. Isı yalıtımı ve bina toplam maliyeti, projelerin ihale edildiği 2014 yılı temel alınarak Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’na yayımlanan birim fiyatlar yardımıyla AMP programı kullanılarak hazırlanmıştır [7]. Elde edilen sonuçlar yardımıyla ısı yalıtım imalatlarının birim m² maliyeti hesaplanmış ve Yİ-ÜFE (yurtiçi üretici fiyat endeksi) katsayıları kullanılarak 2018 yılına güncellenmiştir. Bu çalışma ile ısı yalıtım maliyetinin bina toplam maliyetine oranı hakkında genel bir oran tespit etme çalışmalarına katkı sunmak amaçlanmıştır.



XPS



EPS



Camyünü



Taşyünü

Şekil 1. Sıklıkla kullanılan ısı yalıtım malzemeleri

2. ISI YALITIMI UYGULAMALARI VE YASAL DÜZENLEMELER

Bu bölümde; ısı yalıtım uygulamalarının binaların hangi mahallerinde gerçekleştirildiği, ısı yalıtım malzemeleri ve uygulamaları ile ısı yalıtım uygulamalarının mevzuat kapsamında nasıl düzenlendiği derlenmiştir.

2.1. Isı Yalıtımı ve Malzemeleri

Binalarda ısı kayıp ve kazançlarının korunması, farklı sıcaklıktaki mahaller arasında ısı geçişinin azaltılması ve ısıtma/soğutma enerji harcamalarının minimuma indirilmesi amacıyla çeşitli yalıtım malzemeleri ile yapılan imalatlar ısı yalıtımı olarak tanımlanabilir [4,8,9]. Bu amaçlarla binalarda dış cephede, çatı ve teraslarda, toprakla temas eden döşeme ve perdelerde, tesisatlarda ısı yalıtımı uygulaması yapılmaktadır. Uygulamalarda kullanılan ısı yalıtımı malzemeleri çeşitlilik göstermektedir. Bir malzemenin, ısı yalıtım malzemesi olarak değerlendirilebilmesi için ISO ve CEN Standartlarına göre malzemeye ait ısı iletkenlik katsayısının (λ) 0,065 W/m.K değerinden küçük olması gerekmektedir. Yalıtım malzemesinin ısı iletkenlik katsayısı ne kadar küçük ise ısı geçişine karşı o oranda yüksek direnç göstermektedir [1].

Ülkemizde bina ısı yalıtımı uygulamalarında, ekstrüde polistren köpük (XPS), ekspande polistren köpük (EPS), camyünü ve taşyünü sıklıkla kullanılan ısı yalıtımı malzemeleridir (Şekil 1). Bu malzemeler; binalarda dış cephelerde, toprakla temas eden döşemelerde, subasman ve bodrum perdelerinde, çatılarda ve teraslarda kaplama/şilte şeklinde yalıtım veya dekoratif amaçlı kullanılabilir.

Camyünü, taşyünü ve ahşap yünü; açık gözenekli yapıya sahip olup bu malzemeler dış cephede mantolama, çatı döşemelerinde şilte formunda ve tesisatlarda boru formunda kullanılmaktadır [2]. Fenol köpüğü ve cam köpüğü boru veya levha formunda tesisat yalıtımında uygulanmaktadır. Son zamanlarda geliştirilen ve pazar payını artıran diğer bir ısı yalıtımı malzemesi de geliştirilmiş perlitir. Bu malzeme ham perlitin kırılıp 800-1150 °C'ye hızlı bir şekilde ısıtılarak bünyesindeki özsuyun buharlaşması ile patlaması sonucu elde edilmektedir. Levha ya da granüllerin

torbalanmasıyla piyasaya sunulmaktadır [2].

2.2. Binalarda Isı Yalıtım Uygulamaları

Isı köprülerine mahal vermeden uygulanması gereken ısı yalıtım imalatlarının binalarda uygulama alanları Çizelge 1'de sunulmuştur. Bu alanlarda kullanılan malzemelerin karakteristikleri ve uygulama yöntemleri çeşitlilik göstermektedir. Ancak, tüm uygulamalarda ısı yalıtım malzemesinin şap, sıva, keçe veya membran gibi koruyucu tabaka ile kapatılması esastır.

Çizelge 1. Isı yalıtım imalatlarının binalarda kullanıldığı alanlar [2]

Uygulama alanı	Uygulama yöntemi	Kullanılabilen malzemeler
Döşemeler	Toprağa basan döşemeler,	Cam yünü ve taş yünü, EPS, XPS, Gazbeton ısı yalıtım levhaları
	Asmolen arakat döşemeler,	
	Asmolen tavan döşemeleri,	
	Isıtılmayan/soğutulmayan hacim üstü döşemeler	
Dış duvarlar	Hava temaslı (dış cephe) duvarlar,	EPS, XPS, Taş yünü, Rijit poliüretan/Poliizosiyanürat, Gazbeton ısı yalıtım levhaları, Isı yalıtım sıvaları
	Toprak temaslı duvarlar,	
	İçten dış duvar ve taşıyıcı sistem elemanlarında,	
	Dolgu duvarlarda (sandviç sistem)	
Tavanlar	Eğimli çatılarda (çatı arası kullanılan/kullanılmayan),	EPS, XPS ve Taşyünü kompozit ısı yalıtım levhaları, Gazbeton ısı yalıtım levhası, Cam yünü ve Taş yünü şilte ve levhaları, Isı yalıtım sıvaları, Poliüretan
	Teras çatılarda (üzerinde gezilebilen/gezilemeyen)	
Pencereler	Boşluklu cam üniteleri,	Yalıtım camları, Cam takozları
	Reflekte cam üniteleri	

Döşemelerde ısı yalıtım uygulamaları: Toprağa basan, asmolen arakat/tavan ve ısıtılmayan hacim üstü döşemelerde uygulanmaktadır. Toprağa basan döşemelerde ısı yalıtımı uygulaması; düzgün yüzeyli beton veya şaplı zemin üzerine yerleştirilen EPS veya XPS levhaların alt ve üstü membran su yalıtım örtüleriyle sudan yalıtılacak şekilde gerçekleştirilmektedir. Bu uygulamada kullanılacak olan ısı yalıtım levhalarının basınç mukavemeti, döşeme kaplamasına uygun bir şekilde karar verilmektedir. Örneğin; kaplaması seramik veya mermer olan döşemelerde ısı yalıtım levhaları zemine direkt yerleştirilirken, ahşap parke kaplamalı döşemelerde ısı yalıtım levhaları

kadronlar arasına yerleştirilmektedir. Asmolen arakat ve tavan döşemelerindeki uygulama farklılığı; yalıtım levhasının arakat döşemelerde nervür kirişleri arasında bulunması, tavan döşemelerde ise yalıtım levhalarının döşeme üzerine yapılan şap tabakası üstüne yerleştirilmesidir. Isıtılmayan/soğutulmayan hacim üstü döşemelerdeki uygulamalar, garaj ve depo gibi ısıtma/soğutma sistemine dâhil olmayan mahallerin üzerindeki kapalı alanların yalıtılması amacıyla yapılmaktadır. Bu döşemelerde yapılan yalıtım uygulaması tavanlarda dıştan, yapıştırıcı ve file/dübel kullanılarak yerleştirilen levhaların sıva ile kaplanması şeklinde yapılmaktadır.

Dış duvarlarda ısı yalıtım uygulamaları: Bina dış cephelerinde dolgu duvar/betonarme yüzeylere yapıştırıcı marifetiyle şaşırtmalı olarak ısı yalıtım levhalarının yerleştirilerek, uygulanan yüzeye göre çeşitlilik gösteren dübellere vasıtasıyla birbirine en az 10 cm bindirilerek kaplanan filenin sıva ve boya/dekoratif kaplamalar kullanılarak sonlandırılması ile gerçekleştirilen ısı yalıtım uygulamasıdır. Uygulamada kullanılan ısı yalıtım levhaları sıklıkla EPS, XPS ve taş yünüdür. Uygulama sonrasında herhangi bir sorunla karşılaşılması için cephe ve pencere merkezlerinde köşe profilleri, bina eteklerinde subasman profili kullanılmaktadır. Toprakla temas eden dolgu duvar ve perdelerde yapılan ısı yalıtımının diğer bir işlevi de su yalıtım örtüsünün dış etkenlerden korunmasıdır. Dış duvarlar, içten ısı yalıtımı yöntemi ile de yalıtılabilir. Bu durumda, ısı yalıtım levhası ile sıva arasında buhar kesici kullanılmaktadır. Ayrıca, bu yöntemde duvara uygulanan levhalar döşeme ve tavanda en az 50 cm uzatılmaktadır. Dış duvarlarda, günümüzde klasik bir yöntem olarak görülen dolgu duvar (sandviç sistem) ısı yalıtımı uygulanabilir. Bu yöntem, uygulamanın zor ve imalat süresinin uzun olmasından dolayı günümüzde tercih edilmemektedir.

Tavan ısı yalıtım uygulamaları: Çatı ve teraslardaki ısı yalıtımı uygulamalarıdır. Çatılardaki uygulamalar, çatı arasının kullanılıp kullanılmayacağı durumuna bağlı olarak tasarlanmaktadır. Çatı arasının kullanıldığı durumlarda; ısı yalıtım levhası çatı kaplama tahtasına serilen buhar kesicinin üzerine yerleştirilmektedir. Bu uygulama, levhaların üzerine yerleştirilen su yalıtım örtüsü ve çatı örtüsü ile sonlandırılmaktadır. Çatı arasının kullanılmadığı projelerde ise ısı yalıtım uygulaması, döşeme üzerine (çatı arası) genellikle şilte formunda taş yünü veya cam yünü malzemelerin serilmesi vasıtasıyla gerçekleştirilmektedir. Teraslarda uygulanan ısı yalıtım imalatları, üzerinde gezilebilen veya gezilemeyen duruma bağlı olarak tasarlanmaktadır. Üzerinde gezilemeyen ters teraslarda oluşturulacak ısı yalıtımı detayı sırasıyla eğim betonu, su yalıtım örtüsü, ısı yalıtımı, keçe ve

çakıl şeklindedir. Bu detayda ısı yalıtım levhaları, su emmeyen yapıya sahip XPS levhalar olarak tercih edilebilir. Üzerinde gezilebilen ters teraslarda ise çakıl malzemeye ilave olarak harç ve döşeme kaplaması kullanılmaktadır. Harçlı imalat oluşturulmayacak ise döşeme kaplaması, keçenin üzerine yerleştirilen karo takozları vasıtasıyla uygulanabilir. Geleneksel teraslarda oluşturulacak ısı yalıtımı detayı ise sırasıyla eğim betonu, buhar kesici, ısı yalıtımı, su yalıtım örtüsü, koruma betonu ve döşeme kaplaması şeklindedir.

Pencerelerde ısı yalıtım uygulamaları: Binalarda ısı yalıtım uygulamasının tamamlanması amacıyla pencerelerde yalıtım camları kullanılmaktadır. Yalıtım camları, iki veya daha çok cam plakanın aralarında hava veya argon gazı barındıracak şekilde üretilen cam üniteleridir. Isı ve ısı/güneş kontrol kaplamalı camlar yalıtım camlarına örnek teşkil eder.

2.3. Isı Yalıtımı Hakkında Yasal Düzenlemeler

Ülkemizde yalıtım üzerine yayınlanan ilk mevzuat 1970 yılında yürürlüğe giren ve 1998 yılında revize edilen “TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” standardıdır. Bu kurallar sonrasında sırasıyla 1981 yılında “Isı Yalıtım Yönetmeliği”, 2000 yılında “Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği” ve 2008 yılında “Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği” yürürlüğe girmiştir. Günümüzde ısı yalıtımı uygulamaları, Mülga Bayındırlık ve İskân Bakanlığı'nca (şimdiki adı Çevre ve Şehircilik Bakanlığı) 5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu ilkeleri kapsamında hazırlanan “Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği” ile düzenlenmiştir. Bu yönetmelik ile TS 825 standardı hariç diğer yönetmelikler yürürlükten kaldırılmıştır.

2008 yılında yayımlanan “Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği” mevcut ve yeni yapılacak konut, ticari ve hizmet amaçlı kullanılan binalarda ısı yalıtım uygulamalarının tasarım ve uygulama esaslarını, ısıtma-soğutma-havalandırma-aydınlatma sistemleri kurallarını, enerji kimlik belgesi düzenleme esaslarını ve mevcut binalar için yasal hükümleri içermektedir [10].

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. Materyal ve Problemin Tanımı

Bu bölümde; ihaleleri ve yapım işleri tamamlanan hâlihazırda kullanımda olan okul binalarında proje ve şartnameler doğrultusunda yapılan ısı yalıtım uygulamalarının bina toplam maliyetinin içerisindeki oranı ve toplam inşaat alanına bağlı olarak birim m² maliyeti araştırılmıştır. Çalışma kapsamındaki okul binaları, Antalya İli merkez sınırları içerisinde 2014 yılında ihale edilmiş ve yapım süreçleri tamamlanmıştır. Çalışma kapsamında; 12 derslikli ilkokul ve 24 derslikli ortaokul binası olmak üzere toplam iki adet okul binası değerlendirilmiştir. Seçilen okul binaları, Milli Eğitim Bakanlığı'nın tip okul projeleri ile inşa edilen binalardır [11]. Maliyet işlemleri, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nca yayımlanan birim fiyatlar kullanılarak hakediş ve maliyet hazırlama programı AMP ile yapılmıştır.

Hakediş ve maliyet hesabı yazılımı olan AMP içerdiği paketler ile hem hakediş düzenleme hem de ara yüzünde hazırlanan metraj sayesinde maliyet hesabı hazırlama işlemlerinde sıkça kullanılan bir paket programdır. Programda maliyet hazırlama süreci; imalat pozlarının seçimi, pozlara ait metrajların hazırlanması ve birim fiyat ile metraj toplamlarının çarpımı sonucunda oluşan tutarların toplanması gibi bir dizi işlemi içerir [7].

Maliyete ait iş grupları; kaba inşaat, ince imalatlar, mekanik ve elektrik tesisatı imalatları şeklinde oluşturulmuştur. İnce imalat iş grubuna ait maliyet kapsamında duvar-sıva-boya işleri, döşeme ve duvar kaplamaları, kapı ve pencere doğramaları, çatı işleri, dış cephe imalatları ve tretuvarlar bulunmaktadır. Kaba inşaat maliyeti ise kazı ve betonarme karkas işlerini içermektedir. Çalışmanın konusu olan ısı yalıtımı imalatları, kaba ve ince inşaat maliyetine dâhil edilmeden ayrı bir şekilde değerlendirilmiştir. Ayrıca, ısı yalıtım imalatları temel-subasman perdesi, dış cephe, çatı-gögebakan ve koruyucu tabakalar adı altında alt gruplara ayrılmıştır. Her alt grubun malzeme ve işçilik bedelleri hesaplanmıştır.

Maliyet hesaplarındaki birim fiyatlar, okul binalarının ihale edildiği 2014 yılına aittir. Maliyet hesapları; proje/arsa bedeli ve KDV hariç, %25 genel giderler ve yüklenici karı dâhil olarak hazırlanmıştır. Elde edilen sonuçlar ile ısı yalıtımı imalatlarının toplam inşaat maliyeti içerisindeki payı tespit edilmiştir. Alt gruplarda yer alan uygulamaların malzeme ve işçiliklerine ait birim m² maliyeti, toplam inşaat alanlarına bağlı olarak hesaplanmıştır. 2014 yılı birim fiyatlarıyla her iki okul projesi için elde edilen birim m² maliyetler, Yİ-ÜFE (yurtiçi üretici fiyat endeksi) katsayıları kullanılarak 2018 yılına güncellenmiştir.

Çalışma kapsamında değerlendirilen okul binalarının bulunduğu Antalya İli merkezi, TS825'de 1. Derece-Gün bölgesinde tanımlanmaktadır. Antalya'daki bölgesel iklim ve sıcaklık şartlarına bağlı olarak sıcak iklim bölgesinde yer aldığı ifade edilebilir. Bu kapsamda, değerlendirilen projelerde ısıtma ve soğutma gereksinimi, 12 ve 24 derslikli okullarda sırasıyla merkezi ve split klima sistemleri ile karşılanmıştır. 24 derslikli okul binasında tasarlanan merkezi klima sistemi 231 kW soğutma gücüne sahiptir.

Çalışmada değerlendirilen 12 ve 24 derslikli okul binalarına ait projelerde yer alan ısı yalıtımı uygulamaları aşağıda sunulan tip kesitler marifetiyle gerçekleştirilmiştir. Okullara ait kat planları ve kesitler Antalya Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü'nden temin edilmiştir [11].

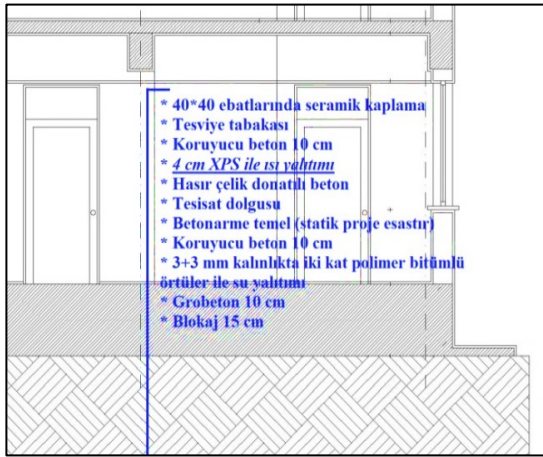
- Temel üstü ısı yalıtımı: Tesisat dolgusunu örten 10 cm kalınlığındaki hasır çelik donatılı beton tabaka üzerine 4 cm kalınlığında XPS ısı yalıtım levhası ve koruyucu demirsiz beton tabaka (imalata ait ÇŞB poz numarası: Y.19.057/002) (Şekil 2A)
- Subasman perdesi ısı yalıtımı: Temelden uzayan su yalıtımı filizlerine eklenerek imal edilen iki kat su yalıtımı üzerine 5 cm kalınlığında XPS ısı yalıtım levhası (fileli) (imalata ait ÇŞB poz numarası: Y.19.055/003)
- Dış cephe ısı yalıtımı: Çimento esaslı kaba sıva üzerine 5 cm kalınlığında XPS ısı yalıtımı

(mantolama – fileli sıva dâhil) ve dekoratif sıva kaplama (imalata ait ÇŞB poz numarası: Y.19.055/003) (Şekil 2B)

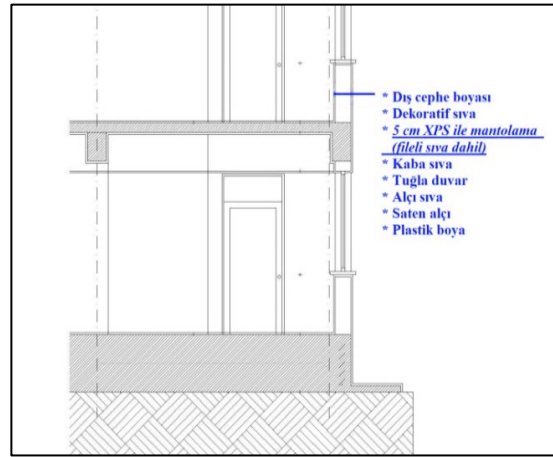
- Çatı ısı yalıtımı: Çatı arasında buhar kesici katman üzerine şilte formunda camyünü ve buhar

geçişine izin veren su yalıtım örtüsü (imalata ait ÇŞB poz numarası: Y.19.061/001) (Şekil 2C)

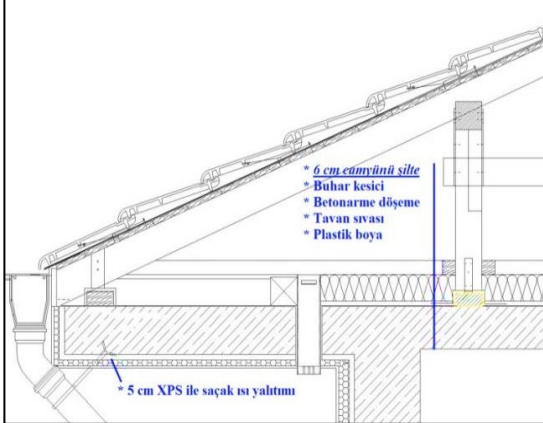
- Göğebakan döşemesinde ısı yalıtımı: Eğim betonu üzerine 4 cm kalınlıkta EPS ısı yalıtım levhası (imalata ait ÇŞB poz numarası: Y.19.058/002) (Şekil 2D)



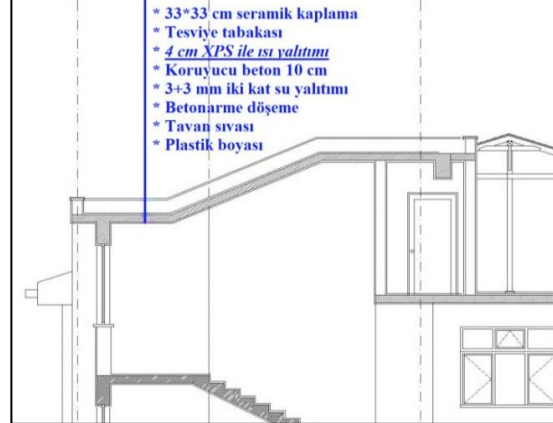
A) Temel kesiti



B) Dış cephe kesiti



C) Çatı kesiti



D) Göğebakan döşemesi kesiti

Şekil 2. Okul binalarında ısı yalıtımı detayları [11]

Isı yalıtımı uygulamalarının sonlandırılması ve koruyucu tabaka oluşturmak amacıyla muhtelif harçlı imalatlar da projeler kapsamındadır. Bu imalatlar; zemin kat döşemesinde ısı yalıtım levhası üzerine 10 cm kalınlıkta demirsiz beton ile koruyucu tabaka (ÇŞB poz numarası: Y.16.050/02), subasman perdesinde 19 cm kalınlıkta yatay delikli tuğla ile koruyucu duvar

imalatı (ÇŞB poz numarası: Y.18.001/C05) ve göğebakan döşemesinde ısı yalıtım levhası üzerine yapılan tesviye tabakası (ÇŞB poz numarası: 27.581/MK) şeklindedir. Subasman perdesinde öngörülen tuğla duvar, ısı yalıtım levhasını örtmekle birlikte bina su yalıtımını da dış etkenlerden korumaktadır. Göğebakan döşemesinde yer alan tesviye tabakası imalatı aynı

zamanda döşeme kaplamasına da düzgün bir yüzey oluşturmaktadır. Ayrıca, dış cephede tasarlanan mantolama imalatı sonrasında cephe görüntüsünün sağlıklı bir yapıya kavuşturulması amacıyla dekoratif sıva imalatı öngörülmüştür.

Çalışmanın amacı okul binalarındaki ısı yalıtım imalatlarının toplam maliyeti oranının belirlenmesi

olduğundan maliyet analizlerinde ısı yalıtım malzemeleri ve işçilikleri, koruyucu imatlardan ayrı hesap edilmiştir. Buna ilaveten koruyucu tabakalar ayrı bir alt grup olarak tanımlanmıştır. Tanımlanan alt gruplara ait imalat poz bilgileri Çizelge 2’de sunulmuştur.

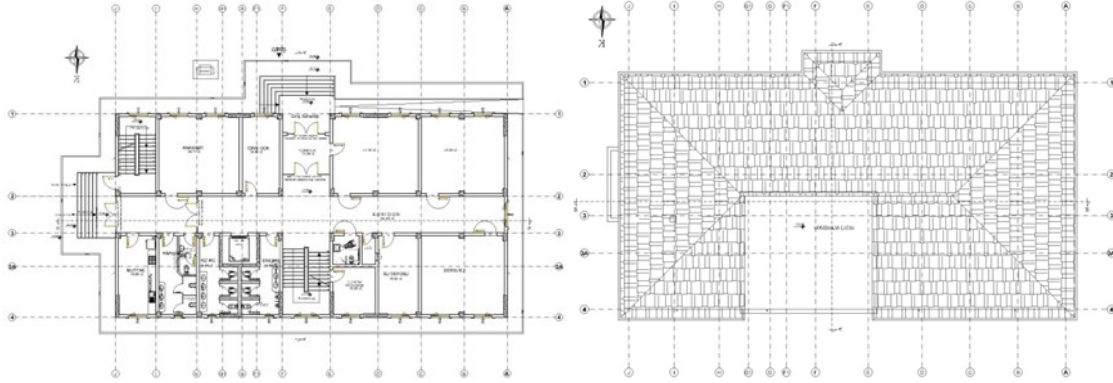
Çizelge 2. Projelerde yer alan ısı yalıtım uygulamalarına ait imalat tarifleri [11]

	Poz No	Poz tarifi	Alt grup
1	Y.19.055/003	5 cm kalınlıkta yüzeyi pürüzlü veya pürüzlü kanallı ekstrüde polistren levhalar (XPS - 200 kPa basınç dayanımlı) ile dış duvarlarda dıştan ısı yalıtımı ve üzerine ısı yalıtım sıvası yapılması (Mantolama)	Temel – Subasman perdesi
2	Y.19.057/002	4 cm kalınlıkta yüzeyi düzgün levhalar (XPS - 300 Kpa basınç dayanımlı) ile yatayda (zemin oturan (toprak temaslı) döşemelerde veya ters teras çatılarda vb.) ısı yalıtımı yapılması	
3	Y.19.055/003	5 cm kalınlıkta yüzeyi pürüzlü veya pürüzlü kanallı ekstrüde polistren levhalar (XPS - 200 kPa basınç dayanımlı) ile dış duvarlarda dıştan ısı yalıtımı ve üzerine ısı yalıtım sıvası yapılması (Mantolama)	Dış cephe
4	Y.19.058/002	4 cm kalınlıkta yüzeyi düzgün levhalar (XPS - 200 Kpa basınç dayanımlı) ile yatayda (zemin yada arakat döşeme betonu üzerinde vb.) ısı yalıtımı yapılması	Çatı ve göğebakan döşemesi
5	Y.19.061/001	Çatı arasına döşeme üzerine, 6 cm kalınlıkta camyünü şilte (Camyünü şilte - 18 kg/m ³ yoğunlukta) ve üzerine su buharı geçişine açık su yalıtım örtüsü serilmesi	
6	Y.16.050/02	C12/15 demirsiz beton	Koruyucu tabakalar
7	Y.18.001/C05	19’luk yatay delikli tuğla ile duvar yapılması	
8	27.581/MK	Tesviye tabakası	

3.2. Çalışma Kapsamında Değerlendirilen Okul Binaları

12 Derslikli Okul Binası: Değerlendirilen okul binası, zemin kat+2 normal kat olmak üzere toplam 3 katlı betonarme olarak 16,05 m x 30,95 m ölçülerinde dikdörtgen geometride projelendirilmiştir (Şekil 3). Toplam inşaat alanı 1.510,00 m²’dir. Derslikler, bina ön ve arka cephesine konumlandırılmıştır. Bina ön cephesi kuzeybatı yönündedir. Okul binası, 2014

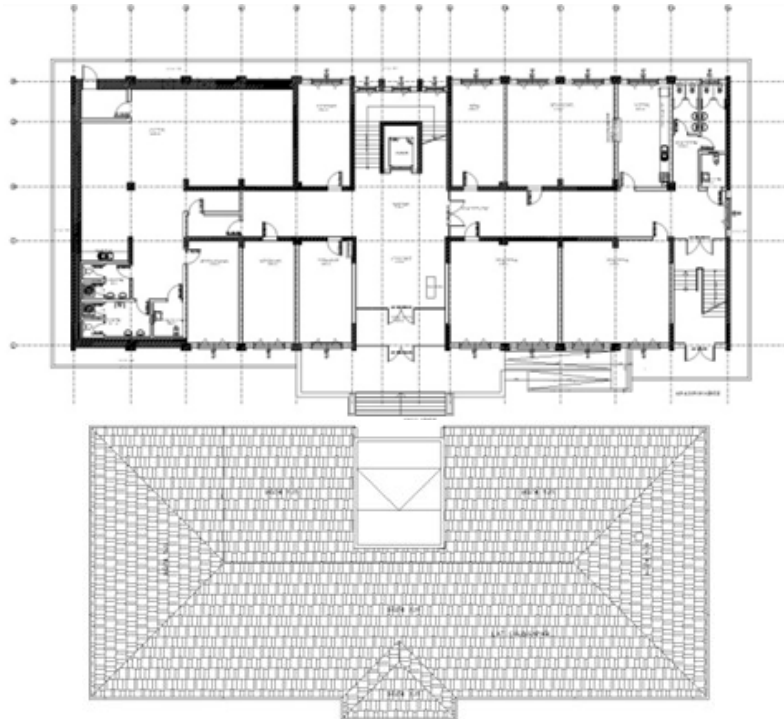
yılında ihale edilmiş ve aynı yıl içerisinde yapımı tamamlanmıştır. Bina temeli radye temel olarak inşa edilmiştir. Bina çatı sistemi kiremit örtülü ahşap oturtma beşik çatı olup çatı arası kullanılmayan tarzdadır. Buna ilaveten projede, üst tabliyesi çatı mahya kotuna oturan asansör makine dairesinin yer aldığı göğebakan bulunmaktadır. Göğebakan döşemesi, üzerinde gezilebilen teras şeklinde tasarlanmıştır. Binada ısıtma ve soğutma split klimalar ile sağlanmaktadır. Aydınlatma ürünlerinde LED armatürler kullanılmıştır.



Şekil 3. 12 Derslikli okul binasına ait zemin kat ve çatı planı [11]

24 Derslikli Okul Binası: Değerlendirilen okul binası, zemin kat+3 normal kat olmak üzere toplam 4 katlı betonarme olarak 17,35 m x 43,20 m ölçülerinde dikdörtgen geometride tasarlanmıştır (Şekil 4). Toplam inşaat alanı 3.000,00 m²'dir. Derslikler, bina ön ve arka cephesine konumlandırılmıştır. Bina ön cephesi güneybatı yönündedir. Okul binası, 2014 yılında ihale edilmiş ve 2015 yılında yapımı tamamlanmıştır.

Bina temeli radye temel olarak inşa edilmiştir. Bina çatı sistemi ahşap oturma beşik çatı olup çatı arası kullanılmayan tarzdadır. Buna ilaveten projede, asansör makine dairesinin yer aldığı üzerinde gezilebilen teras şeklinde tasarlanan göğebakan mevcuttur. Binada ısıtma ve soğutma 231 kW soğutma gücüne sahip merkezi klima sistemi (VRF) ile sağlanmaktadır. Aydınlatma ürünlerinde LED armatürler kullanılmıştır.



Şekil 4. 24 Derslikli okul binasına ait zemin kat ve çatı planı [11]

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. 12 Derslikli Okul Binası Isı Yalıtım Maliyeti

12 derslikli okul binasına ait imalat grupları ve maliyet bilgileri Çizelge 3'te sunulmuştur. Bu kapsamda; ısı yalıtımı imalatlarının toplam maliyet içerisindeki payının %3,58 olduğu ifade edilebilir. Proje toplam inşaat alanına bağlı olarak 2014 yılı birim fiyatlarıyla ısı yalıtımı birim maliyeti 38,27 TL/m²'dir. Birim maliyet, Yİ-ÜFE (yurtiçi üretici fiyat endeksi) katsayıları ile 2018 yılına güncellendiğinde 53,39 TL/m²'dir.

Çizelge 3. 12 derslikli okul binasına ait imalat grupları ve maliyet çizelgesi

İmalat Grubu	Grup Tutarı (TL)	Grup Oranı (%)
Kaba inşaat	437.703,98	27,10
İnce imalatlar	809.959,41	50,14
Isı yalıtımı	57.784,28	3,58
Mekanik tesisat	122.886,44	7,61
Elektrik tesisatı	186.967,31	11,57
Toplam Maliyet	1.615.301,42	100,00

Binada ısı yalıtımı imatlarını da içeren kaba ve ince inşaat maliyeti toplam 1.305.447,67 TL'dir. Bu durumda, ısı yalıtımı uygulamalarının kaba ve

Çizelge 4. Alt gruplara ait maliyet çizelgesi

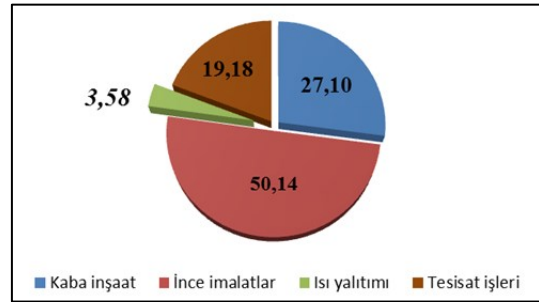
	İmalat grubu	Tutar (TL)	İş grubu içerisindeki oranı (%)	Toplam maliyet içerisindeki oranı (%)
1	Temel – Subasman perdesi	8.514,34	14,74	0,5271
2	Dış cephe	34.756,23	60,15	2,1517
3	Çatı – Göğebakan döşemesi	5.438,75	9,41	0,3367
4	Koruyucu tabakalar	9.074,96	15,70	0,5618
	Toplam Maliyet	57.784,28	100,00	3,5773

Çizelge 5'te ısı yalıtımı iş grubunun alt grupları olarak tanımlanan imatlara ait imalat pozları gösterilmiştir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı birim fiyat analizleri kullanılarak imatlara ait malzeme ve işçilik bedelleri hesaplanmıştır. Okul binasında uygulanan 57.784,28 TL değerindeki ısı yalıtımı imatlarının %61,71'ini malzeme bedeli ve

ince inşaat grupları içerisindeki payı %4,43 şeklindedir.

Toplam maliyetin %27,10'u kaba inşaat, %50,14'ü ince imatlar ve %19,18'i tesisat işlerinden ibarettir (Şekil 5).

Isı yalıtım imatlarının okul binasında yapıldığı bölümlerdeki oranlarını belirleyebilmek amacıyla, bu imatlar alt gruplara ayrılmıştır. Alt gruplara ait maliyet bilgileri Çizelge 4'te sunulmuştur. Dış cephe imalat alt grubu, tüm ısı yalıtımı imatları arasında en yüksek orana sahiptir. Ayrıca, koruyucu tabaka imatları iş grubu içerisindeki diğer alt gruplardan daha yüksek maliyete sahip olduğu ifade edilebilir.



Şekil 5. 12 derslikli okul binasında ısı yalıtımı uygulamalarının toplam maliyet içerisindeki payı

%38,29'unu işçilik bedeli oluşturmaktadır. Toplam inşaat alanına bağlı olarak; malzeme ve işçilik için birim m² maliyetleri sırasıyla 23,61 TL ve 14,66 TL'dir. Birim m² maliyetler, Yİ-ÜFE katsayıları yardımıyla 2018 yılına güncellendiğinde sırasıyla 32,94 TL ve 20,45 TL şeklinde hesaplanmaktadır.

Çizelge 5. Alt gruplara ait malzeme ve işçilik bedelleri

Alt grup	Poz Numarası	Malzeme		İşçilik	
		Toplam maliyeti (TL)	İş grubu içerisindeki oranı (%)	Toplam maliyeti (TL)	İş grubu içerisindeki oranı (%)
Temel – Subasman perdesi	Y.19.055/003	1.518,82	2,63	1.477,15	2,56
	Y.19.057/002	5.020,28	8,69	496,75	0,86
Dış cephe	Y.19.055/003	17.622,92	30,50	17.139,39	29,66
Çatı – Göğebakan döşemesi	Y.19.058/002	696,52	1,21	72,63	0,13
	Y.19.061/001	3.690,24	6,39	979,98	1,70
Koruyucu tabakalar	Y.16.050/02	5.970,33	10,33	292,56	0,51
	Y.18.001/C05	1.016,33	1,76	1.160,95	2,01
	27.581/MK	126,38	0,21	507,68	0,88
Toplam:		35.657,19	61,71	22.127,09	38,29

4.2. 24 Derslikli Okul Binası Isı Yalıtım Maliyeti

24 derslikli okul binasına ait imalat grupları ve maliyet bilgileri Çizelge 6’da gösterilmiştir. Proje kapsamında ısı yalıtımı imalatlarının toplam maliyet içerisindeki payının %3,43 olduğu ifade edilebilir. Toplam inşaat alanına bağlı olarak 2014 yılı birim fiyatlarıyla ısı yalıtımı birim maliyeti 30,10 TL/m²’dir. Birim maliyet, Yİ-ÜFE katsayıları ile 2018 yılına güncellendiğinde 42,00 TL/m²’dir. Bina kaba ve ince inşaat maliyeti toplamı 2.059.515,08 TL olup ısı yalıtım uygulamaları bu maliyetin %4,38’ini oluşturmaktadır.

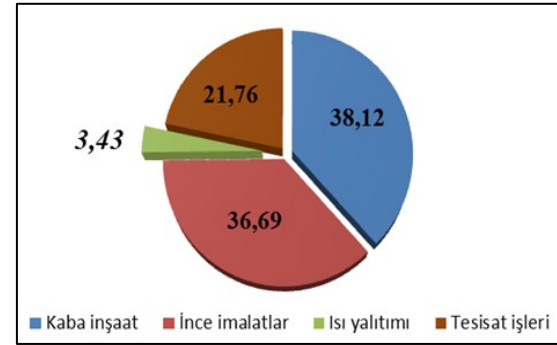
Çizelge 6. 24 derslikli okul binasına ait imalat grupları ve maliyet çizelgesi

İmalat Grubu	Grup Tutarı (TL)	Grup Oranı (%)
Kaba inşaat	1.003.348,96	38,12
İnce imalatlar	965.847,85	36,69
Isı yalıtımı	90.318,27	3,43
Mekanik tesisat	298.326,23	11,33
Elektrik tesisatı	274.532,20	10,43
Toplam Maliyet	2.632.373,51	100,00

Çizelge 7. Alt gruplara ait maliyet çizelgesi

	İmalat grubu	Tutar (TL)	İş grubu içerisindeki oranı (%)	Toplam maliyet içerisindeki oranı (%)
1	Temel – Subasman perdesi	12.087,80	13,38	0,4592
2	Dış cephe	58.015,78	64,23	2,2039
3	Çatı – Göğebakan döşemesi	8.003,83	8,86	0,3041
4	Koruyucu tabakalar	12.210,86	13,52	0,4639
	Toplam Maliyet	90.318,27	100,00	3,4311

Toplam maliyetin %38,12’si kaba inşaat, %36,69’u ince imalatlar ve %21,76’sı tesisat işlerinden ibarettir (Şekil 6).

**Şekil 6.** 24 derslikli okul binasında ısı yalıtımı uygulamalarının toplam maliyet içerisindeki payı

Okul binası ısı yalıtım imalatlarının alt gruplarına ait maliyet bilgileri Çizelge 7’de sunulmuştur. Dış cephe imalat alt grubu, tüm ısı yalıtımı imalatları arasında en yüksek orana sahiptir.

Çizelge 8’de ısı yalıtımı iş grubunun alt grupları olarak tanımlanan imalatlara ait imalat pozları gösterilmiştir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı birim fiyat analizleri kullanılarak imalatlara ait malzeme ve işçilik bedelleri hesaplanmıştır. Binada uygulanan 90.318,27 TL değerindeki ısı yalıtımı imalatlarının %60,46’sını malzeme bedeli ve

%39,54’ünü işçilik bedeli oluşturmaktadır. Toplam inşaat alanına bağlı olarak; malzeme ve işçilik için birim m² maliyetleri sırasıyla 18,20 TL ve 11,90 TL’dir. Birim m² maliyetler, Yİ-ÜFE katsayıları ile 2018 yılına güncellendiğinde sırasıyla 25,39 TL ve 16,60 TL şeklinde hesaplanmaktadır.

Çizelge 8. Alt gruplara ait malzeme ve işçilik bedelleri

Alt grup	Poz Numarası	Malzeme		İşçilik	
		Toplam maliyeti (TL)	İş grubu içerisindeki oranı (%)	Toplam maliyeti (TL)	İş grubu içerisindeki oranı (%)
Temel – Subasman perdesi	Y.19.055/003	2.366,25	2,62	2.301,32	2,55
	Y.19.057/002	6.750,57	7,47	667,96	0,74
Dış cephe	Y.19.055/003	29.416,52	32,57	28.609,41	31,68
Çatı – Göğebakan döşemesi	Y.19.058/002	435,87	0,48	45,45	0,05
	Y.19.061/001	5.944,79	6,58	1.578,70	1,75
Koruyucu tabakalar	Y.16.050/02	8.028,16	8,89	393,27	0,44
	Y.18.001/C05	1.583,07	1,75	1.809,29	2,00
	27.581/MK	79,24	0,09	308,39	0,34
	Toplam:	54.604,48	60,46	35.713,79	39,54

4.3. Önerilen Isı Yalıtımı

Bu bölümde; çalışmada değerlendirilen okul binalarında ısı yalıtım maliyetinin değişimini incelemek amacıyla, tüm ısı yalıtımı imalatları arasında en yüksek maliyete sahip dış cephe alt grubunda yalıtım malzemesi önerileri sunulmuştur. Öneri olarak, Kürekçi ve arkadaşlarının ömür maliyet analizi yöntemi ile ısı yalıtım levhalarının optimum kalınlıklarını belirledikleri çalışmalarında kullanılan taşıyıcı ve EPS malzemeler tercih edilmiştir. Söz konusu çalışmada Antalya ili için taşıyıcı ve EPS ısı yalıtım levhalarının optimum kalınlıkları sırasıyla 5 ve 4 cm’dir [5].

Dış cephede taşıyıcı mantolama imalatı (ÇŞB poz numarası: Y.19.055/053, 2014 yılı BF: 46,95 TL) önerisi sonucunda; 12 derslikli okul binası için mantolama maliyeti 43.526,41 TL olacaktır. Bu durumda; bina toplam maliyeti 1.624.071,60 TL, tüm ısı yalıtım uygulamaları maliyeti 66.554,46 TL, ısı yalıtım imalatlarının toplam maliyeti oranı %4,10, toplam inşaat alanına bağlı olarak ısı yalıtımı birim m² maliyeti ise 44,08 TL olacaktır. Birim maliyet, 2018 yılına güncellendiğinde 61,49 TL’ye tekabül edecektir.

24 derslikli okul binası için; mantolama maliyeti 72.655,13 TL, tüm ısı yalıtım uygulamaları maliyeti 104.957,62 TL, bina toplam maliyeti 2.647.012,86 TL, ısı yalıtım imalatlarının toplam maliyete oranı %3,97, ısı yalıtım birim m² maliyeti 34,98 TL olacaktır. Birim maliyet, 2018 yılına güncellendiğinde 48,80 TL’ye tekabül edecektir.

Dış cephede EPS mantolama imalatı (ÇŞB poz numarası: Y.19.055/022, 2014 yılı BF: 30,18 TL) kapsamında; 12 derslikli okul binası için mantolama maliyeti 27.979,27 TL olacaktır. Bu durumda; bina toplam maliyeti 1.608.524,46 TL, tüm ısı yalıtım uygulamaları maliyeti 51.007,32 TL, ısı yalıtım imalatlarının toplam maliyeti oranı %3,17, toplam inşaat alanına bağlı olarak ısı yalıtımı birim m² maliyeti ise 33,78 TL olacaktır. Birim maliyet, 2018 yılına güncellendiğinde 47,12 TL’ye tekabül edecektir. 24 derslikli okul binası için; mantolama maliyeti 46.703,55 TL, tüm ısı yalıtım uygulamaları maliyeti 79.006,04 TL, bina toplam maliyeti 2.621.061,28 TL, ısı yalıtım imalatlarının toplam maliyete oranı %3,01, ısı yalıtım birim m² maliyeti 26,33 TL olacaktır. Birim maliyet, 2018 yılına güncellendiğinde 36,73 TL’ye tekabül edecektir.

Görüleceği üzere; dış cephede XPS levhalar ile yapılan mantolama imalatının taşıyıcı levhalara dönüştürülmesi suretiyle her iki okul projesinde de maliyetlerde yaklaşık %0,55 oranında artış meydana gelmektedir. Ancak, aynı imalat EPS levhalar ile yapıldığında okul binalarının ısı yalıtım maliyeti azalmaktadır. Bu azalma, bina toplam maliyetinde yaklaşık %0,40 orana tekabül etmektedir.

4.4. Isı Yalıtımlı ve Yalıtımsız Okul Binalarının Isıtma ve Soğutma Enerjisi Maliyetlerinin Karşılaştırılması

Bu bölümde, çalışma kapsamında değerlendirilen okul binalarının ısı yalıtımlı-ısı yalıtımsız koşullara göre ısı kayıpları hesaplanmış ve her okul binası için farklı koşullardaki yıllık ısıtma ve soğutma enerji maliyetleri belirlenmiştir. İşlemlerde okul binalarına ait projelerdeki ısı yalıtım imalatları ve ısıtma/soğutma sistemi olarak kullanılan merkezi ve split klima sistemlerine ait elektrik tüketim değerleri dikkate alınmıştır. Isı kayıpları, ısı kazancı ve sistem tasarım programı Carrier HAP 4.4 ile tespit edilmiştir [12]. Çalışma kapsamında değerlendirilen okul binalarının bulunduğu Antalya ili merkezinin TS825'de 1. derece gün bölgesinde bulunması sebebiyle ısı kayıp hesapları soğutma yükü hesabına göre yapılmıştır. 12 ve 24 derslikli okul binalarının ısı yalıtımlı ve ısı yalıtımsız koşullara ait ısı kayıp miktarları Çizelge 9'da sunulmuştur.

Çizelge 9. Isı kaybı miktarları

Okul binası	Isı kaybı (kW)	
	Isı yalıtımlı koşulda	Isı yalıtımsız koşulda
12 derslik	157,70	240,80
24 derslik	234,40	317,80

Çizelge 9'da sunulan ısı kayıp miktarları kullanılarak her iki okul projesi için yıllık işletme maliyeti (ısıtma ve soğutma enerjisi maliyeti) hesaplanmıştır. Yıllık işletme giderleri, 1998 yılında AHRI (Air Conditioning, Heating and Refrigeration Institute) tarafından yayımlanan Water-Source Heat Pumps standardı kullanılarak belirlenmiştir [13]. Hesaplamalarda okul

binalarının bir yılda 12 ay boyunca ayda 22 gün ve günde 10 saat kullanıldığı kabul edilmiştir. Buna göre işletme süreleri toplam 2640 saat/yıl olarak dikkate alınmıştır. Hesaplamalarda 1 kWh elektrik bedeli, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'nun (EPDK) 1 Ocak 2014 tarihinde geçerli olan (*okul projelerinin ihale edildiği yıl temel alınmıştır*) nihai tarife tablosunda bulunan perakende tek zamanlı resmi kurum tarifesi kapsamında vergi, fon ve harçlar hariç 28,5590 kuruş olarak kabul edilmiştir [14]. Okul binalarına ait yıllık işletme maliyetleri ve ısı yalıtımlı/yalıtımsız koşullar arasındaki maliyet artışını gösterir tablo, Çizelge 10'da sunulmuştur. Çizelgede sunulan veriler kapsamında; 12 derslik okul binasında ısı yalıtım yapılmadığı durumda oluşan enerji maliyetinin ısı yalıtımlı koşuldaki maliyetten %52,70 oranında fazla olduğu, 24 derslikli okul binası için ise %35 oranında artış meydana geldiği ifade edilebilir.

Çizelge 10. Yıllık işletme maliyetleri (2014 yılı fiyatlarıyla)

Okul binası	İşletme maliyeti (TL)		
	Isı yalıtımlı koşulda	Maliyet artışı (%)	Isı yalıtımsız koşulda
12 derslik	16.361,00	52,70	24.983,00
24 derslik	24.319,00	35,58	32.972,00

Çalışma kapsamında değerlendirilen 12 ve 24 derslikli okul binaları için Çizelge 3 ve Çizelge 6'da sunulan ısı yalıtım imalat maliyetleri ve Çizelge 10'da belirtilen yıllık işletme maliyetleri dikkate alınarak ısı yalıtım imalatlarının kendisini amorti etme süreleri belirlenmiştir. Buna göre; ısı yalıtımı imalatlarının amortisman süreleri 12 ve 24 derslikli okul binaları için sırasıyla 80 ve 124 ay olarak tespit edilmiştir (Çizelge 11). Elektrik birim fiyatlarının artışı ve fiyatlara vergi, harç ve fonlar dâhil edilmesi halinde bu sürelerin azalacağı ifade edilebilir. Öyle ki; EPDK'nın belirlediği 1 kWh elektrik bedelinin (vergi, fon ve harçlar hariç) 2014 yılı Ocak ayı tarife bedeli 28,5590 kuruş iken 2018 yılı Nisan ayında 37,3768 kuruşa (alçak gerilim tarifesinde) yükselmesi amortisman sürelerini 12 ve 24 derslikli okul binalarında sırasıyla 61 ve 96 aya düşürmektedir. Bu sonuçlar dikkate alındığında

okul bina toplam maliyetlerinin yaklaşık %3,5'una tekabül eden ve 9-14 yıl aralığında amortisman süresi olan ısı yalıtım imalatlarının işletme

maliyetlerinde ciddi bir azalış sağlayacağı ifade edilebilir.

Çizelge 11. Amortisman süreleri (2014 yılı fiyatlarıyla)

Okul binası	Isı yalıtımı maliyeti (TL)	Isıtma ve soğutma enerjisi maliyeti (TL)			Amortisman süresi (Yıl) (*Ay)
		Isı yalıtımlı koşulda	Isı yalıtımsız koşulda	İşletme maliyeti farkı	
	A	B	C	D=C-B	E=A/D
12 derslik	57.784,28	16.361,00	24.983,00	8.622,00	6,70 (*80)
24 derslik	90.318,27	24.319,00	32.972,00	8.653,00	10,40 (*124)

5. SONUÇ

Bu çalışma ile okul binalarında ısı yalıtım maliyetinin toplam maliyete oranı ve amortisman süreleri araştırılmıştır. Değerlendirmeye tabi tutulan 12 ve 24 derslikli okul binalarına ait projeler kullanılarak ısı yalıtım imalatlarının maliyet analizleri yapılmıştır. Aynı zamanda, her iki proje için ısı yalıtım birim m² maliyetleri hesaplanmış ve 2018 yılına güncellenmiştir. Çalışma ile aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Örnek proje olarak seçilen 12 ve 24 derslikli okul projelerinde yer alan ısı yalıtım imalatlarının bina toplam maliyetine oranı yaklaşık %3,5'tür.
- 2014 yılı fiyatlarına göre ısı yalıtım uygulamaları birim maliyeti 12 derslikli okul binası için 38,27 TL, 24 derslikli okul için 30,10 TL'dir. Birim maliyetler, Yİ-ÜFE (yurtiçi üretici fiyat endeksi) katsayıları ile 2018 yılına güncellendiğinde sırasıyla 53,39 TL ve 42,00 TL'dir.
- Isı yalıtım imalatları maliyetinin %60'ı malzeme ve %40'ı işçilik bedelinden oluşmaktadır.
- Bina toplam maliyeti içerisinde en yüksek maliyete sahip ısı yalıtım imalatı dış cephe mantolama imalatıdır.
- Dış cephe mantolama imalatında seçilen ısı yalıtım malzemesi, bina toplam maliyetini yaklaşık %0,40-0,55 arası oranda etkilemektedir.

- Çevresel ve iklimsel özelliklere uygun ve optimum kalınlıkta seçilen ısı yalıtım malzemesi ile okul binalarında ısı yalıtım maliyetleri azalabilir.
- İhale yılı 2014 elektrik tarife bedelleri ve birim fiyatları temel alındığında 12 ve 24 derslikli okul binalarında ısı yalıtım imalatlarının kendisini amorti etme süreleri sırasıyla 80 ve 124 ay şeklinde olduğu hesap edilmiştir.
- Elektrik tarife bedellerindeki artış değerlendirmeye tabi olunan okul binalarında amortisman sürelerinin ciddi bir şekilde azalmasına neden olmuştur. Öyle ki, Nisan 2018 elektrik tarife bedellerine göre amortisman süreleri 61 ve 96 ay şeklinde hesaplanmıştır.
- Isı yalıtım imalatları, okul binalarında ısıtma ve soğutma amacıyla harcanan enerji maliyetlerini %35-50 aralığında azaltmaktadır.

Çalışma ile elde edilen sonuçlar, sadece iki adet okul binası ve tercih edilen farklı nitelikteki (XPS, EPS, taşyünü) ısı yalıtım malzemeleri ile hesaplanmıştır. Genel bir oranın tespiti için daha fazla örnek proje üzerinde fazla sayıda ısı yalıtım malzemesi kullanılarak çalışma yapılması uygun olacaktır.

6. TEŞEKKÜR

Yazarlar olarak çalışma kapsamında yer alan ısı kayıp/kazanç ve yıllık ısıtma/soğutma maliyeti

hesaplarında desteğini sunan Makine Mühendisi Halil DOĞAN'a teşekkürlerimizi sunarız.

7. KAYNAKLAR

1. Yaman, Ö., Şengül, Ö., Selçuk, H., Çalılık, O., Kara, İ., Erdem, Ş., Özgür, D., 2015. Binalarda Isı Yalıtımı ve Isı Yalıtım Malzemeleri. Türkiye Mühendislik Haberleri, 487, 62-75.
2. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2015. Isı Yalıtım Uygulama Kılavuzu, Ankara.
3. Bayraktar, D., Bayraktar, E.A., 2016. Mevcut Binalarda Isı Yalıtımı Uygulamalarının Değerlendirilmesi. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7(1), 59-66.
4. İzoder, 2016. Yalıtım Hakkında Bilgi Almak İstiyorum. (<http://www.izoder.org.tr/tr/bilgi-merkezi/isi-yalitimi/genel-bilgi-almak-istiyorum/index.asp>).
5. Kürekçi, A., Bardakçı, A.T., Çubuk, H., Emanet, Ö., 2012. Türkiye'nin Tüm İlleri için Optimum Yalıtım Kalınlığının Belirlenmesi. Tesisat Mühendisliği, 131, 5-21.
6. Dağdır, C., Bolattürk, A., 2011. Sıcak İklim Bölgelerindeki Binalarda Isıtma ve Soğutma Yüküne Göre Tespit Edilen Optimum Yalıtım Kalınlıklarının Karşılaştırılması. Tesisat Mühendisliği, 124, 64-77.
7. AMP, 2017. Yaklaşık Maliyet Modülü, AMP Yazılım Şirketi, İstanbul, Türkiye.
8. İzoder. 2016. Neden ısı yalıtımı yaptırmalıyız. İzoder Web. (http://www.izoder.org.tr/tr/dokumanlar/isi_yalıtımı/isi-yalitimi.pdf).
9. Oral, G.K., Manioğlu, G., 2010. Bina Cepelerinde Enerji Etkinliği ve Isı Yalıtımı. 5. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, DEÜ İzmir, 1-9.
10. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı 2008. Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, Ankara.
11. Antalya Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2014. 12 ve 24 Derslik Okul Binalarına ait Proje ve Şartnameler Dosyası, Antalya.
12. Carrier HAP 4.4 Isı Kayıpları, Isı Kazancı ve Sistem Tasarım Programı.
13. Standard for Water-Source Heat Pumps, 1998. AHRI Air Conditioning, Heating and Refrigeration Institute.
14. EPDK Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 2018. Elektrik Faturalarına Esas Tarife Tabloları. (<http://www.epdk.org.tr/TR/Dokumanlar/TDB/Elektrik>).

