



COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Akıllı Şehir Rehberlik Uygulamaları Projesi

YAPI YALITIM SİSTEMLERİ UYGULAMASI

AKILLI ŞEHİR UYGULAMA REHBERLİK KILAVUZU

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı © 2024

Tüm hakları saklıdır. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın izni olmadan bu belgenin hiçbir kısmı elektronik ya da mekanik yollarla (fotokopi, kayıtların ya da bilgilerin arşivlenmesi, vs.) çoğaltılamaz.

YAPI YALITIM SİSTEMLERİ REHBERLİK KILAVUZU

Bu kılavuz, akıllı şehir uygulamalarından olan “Yapı Yalıtım Sistemleri Uygulaması” yapmak isteyen kurum ve kuruluşlara, projenin geliştirme ve uygulama aşamalarında destekleyici rehber doküman olması amacıyla hazırlanmıştır.

Kılavuzda uygulamaya yönelik bir vaka üzerinden aşamalı ve detaylı olarak açıklama yapılmıştır.

Rehberlik kılavuzu ile uygulamanın projelendirilmesine ve fizibilite çalışmalarının yapılmasına destek olunması hedeflenmektedir.

1. Uygulamanın Tanımı

Yapıların çevresiyle ısı alışverişi dış duvarları, çatısı, zemine oturan döşemeleri, kapı ve pencereleri aracılığı ile gerçekleşmektedir. Binaların dış çeperinin ısı özellikleri binaların ısıtılması ya da soğutulması için gerek duyulan enerjiyi ve bu müdahaleler için gerekli maliyeti etkilemektedir. “Yapı Yalıtım Sistemleri Uygulaması” ile bina kabuğunun ısı performansının iyileştirilmesi için yapılabilecek eylemlerden biri olan ısı yalıtımı incelenmekte ve değerlendirilmektedir.

1.1. Projenin Adı, Uygulama Yeri ve Süresi

- Yapı Yalıtım Sistemleri projesinin hazırlık aşamasında ilk olarak projenin adı belirlenir.
- Proje adı belli olduktan sonra projenin uygulama alanı, büyüklüğü ve yapısı belirlenerek projenin ne kadar sürede biteceği planlanır.
- Proje uygulamaya alınmadan önce projenin tanıtıcı özeti olan Akıllı Şehir Proje Yönetimi Standartları kapsamındaki Proje Fişi hazırlanır.

Örnek Vaka	
Proje Adı	Yapı Yalıtım Sistemleri Uygulaması Projesi
Uygulama Alanı	1000 Ha yerleşim alanı – 200.000 kişi
Proje Süresi	Projenin için gerekli süre en az 12 aydır.
Akıllı Şehir Proje Fişi, Akıllı Şehir Proje Yönetimi Standartları kapsamında hazırlanmış olup doküman www.akillisehirler.gov.tr adresinde yayınlanan Akıllı Şehir Bilgi Paylaşım Portalı’ndan erişilebilmektedir.	

1.2. Proje Teknik Bileşenleri

Yapı Isı Yalıtımı projesi için kullanılan teknik bileşenler, binanın ısı transferini azaltmayı ve enerji verimliliğini artırmayı hedefler. Yapı Yalıtım Sistemleri projesinde yaygın olarak kullanılan teknik bileşenlerden bazıları aşağıda sıralanmaktadır:

- **Duvar İzolasyonu:** Duvarların iç veya dış yüzeylerine uygulanan yalıtım malzemeleri, ısı kaybını azaltır. Bu malzemeler arasında yalıtım levhaları (polistiren, poliüretan), cam elyafı, taş yünü ve mantar levhaları bulunur.
- **Çatı İzolasyonu:** Çatı yüzeylerindeki ısı kaybını engellemek için çatı izolasyonu önemlidir. Genellikle çatı altında veya üstünde yalıtım malzemeleri kullanılır. Bu malzemeler arasında yalıtım levhaları, cam elyafı, taş yünü ve poliüretan köpük yer alır.
- **Zemin İzolasyonu:** Yer seviyesinde olan zeminlerdeki ısı kaybını önlemek için zemin izolasyonu kullanılır. Yalıtım levhaları veya yalıtım dolguları kullanılarak zeminin altında bir izolasyon tabakası oluşturulur.
- **Pencere ve Kapı Yalıtımı:** Pencereler ve kapılar, ısı kaybının yoğun olduğu bölgelerdir. Enerji verimliliğini artırmak için yalıtımlı camlar, contalar ve sızdırmazlık malzemeleri kullanılır.
- **Hava Sızdırmazlığı:** Hava sızdırmazlığı, binanın iç ve dış ortamı arasındaki hava akışını azaltarak enerji tasarrufu sağlar. Buhar bariyerleri, hava sızdırmazlık bantları, dolgu malzemeleri ve conta malzemeleri gibi bileşenlerle hava sızdırmazlık sağlanır.
- **Isı Köprüsü Kesme:** Isı köprüleri, yalıtımın kesintiye uğradığı bölgelerdir ve ısı transferini artırır. Isı köprüsü kesme teknikleri, köprü oluşturan yapı elemanlarına yalıtım malzemeleri ekleyerek veya termal köprüleri minimize ederek kullanılır.
- **Buhar Geçirgenliği:** Buhar geçirgenliği, su buharının binanın içine veya dışına geçişini kontrol etmek için kullanılır. Buhar bariyerleri veya buhar açılımlı membranlar, doğru buhar geçirgenliği sağlamak için kullanılır.

1.3. Proje Girdileri

Yapı Yalıtım Sistemleri için proje girdileri şunlardır:

- Bina özellikleri
- Yerel iklim koşulları
- Enerji verimliliği hedefleri
- Yasal ve yönetmeliksel gereklilikler
- Isı yalıtım malzeme seçimi
- Detaylı tasarım ve teknik çizimler

- Performans hesapları ve analizler

1.4. Beklenen Çıktılar

Yapı Yalıtım Sistemleri projesi kapsamında beklenen çıktılar aşağıdaki gibidir:

- Yalıtım malzeme ve detay seçimi
- Detaylı tasarım ve teknik çizimler
- Performans hesapları ve analizler
- Yalıtım uygulaması
- Enerji verimliliği ve konfor artışı
- Maliyet ve enerji tasarrufu analizi
- Yönetmelik ve standart uyumluluğu

1.5. Projenin performans göstergeleri

Yapı Yalıtım Sistemleri projesinin performans göstergelerinin amacı, proje performansının izlenmesi, analiz edilmesi ve değerlendirilmesi için bir çerçeve sağlamaktır. Bu göstergeler, proje yöneticilerine, yüklenicilere ve diğer ilgili taraflara projenin ilerlemesi hakkında net bir görünüm sağlar. Bu performans göstergeleri sayesinde, projenin başarısını ölçmek ve gerekli düzeltici önlemleri almak için gereken veriler elde edilir. Yapı Yalıtım Sistemleri projesinin performans göstergeleri şunlardır:

- Isı kaybı azalması
- Enerji verimliliği artışı
- U-Değeri (Isıl geçirgenlik katsayısı)
- R-Değeri (Isı Direnci)
- Nem performansı
- Termal köprüler
- Konfor seviyesi
- Geri ödeme süresi

Bu performans göstergeleri, Yapı Isı Yalıtımı projesinin etkinliğini değerlendirmek için kullanılır ve projenin başarısını ölçmek için önemli veriler sağlar. Profesyonel bir yapı mühendisi veya enerji uzmanı, bu göstergeleri analiz ederek projenin performansını değerlendirebilir.

2. Proje Kapsamı ve Gerekçe

2.1. Proje Kapsamı

Bina kabuğunda yüksek ısı performans elde etmek için en yaygın çözüm, binanın iklim bölgesine göre opak yüzeylerinde düşük ısı geçirgenliğine sahip yapı malzemelerinin kullanılması ve bu yüzeylere ısı yalıtımı uygulanmasıdır. Ayrıca, saydam yüzeylerde de düşük ısı geçirgenliği olan yapı elemanlarının tercih edilmesi yönetmeliklerce zorunlu kılınmıştır ve enerji verimliliği açısından da faydalar sağlamaktadır. Bu yaklaşımlar, enerji kayıplarını azaltarak binaların enerji verimliliğini artırmakta ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmayı sağlamaktadır.

Bina kabuğunun farklı bölgelerinde uygun kalınlıkta ve kesintisiz yalıtım uygulandığı takdirde yalıtım uygulamaları tam anlamıyla faydalı olabilmektedir. Aksi takdirde bina çeperinde ısı performansı düşük ya da yetersiz yalıtılmış bölgeler olan ısı köprüleri engellenememektedir. Ayrıca, yoğuşma ve ısı köprüsü problemlerini önlemek ve binanın ısı kütlesinden en iyi şekilde faydalanmak için yalıtımın yapı elemanlarının dış yüzeyine uygulanması önerilir. Bu yaklaşım, etkili bir ısı yalıtımı sağlayarak enerji tasarrufu sağlamak ve binanın termal performansını artırmaktadır.

Binaların yalıtılması için kullanılan yalıtım malzemeleri, düşük ısı iletkenliğine sahiptir. Bu nedenle, yalıtılmış binalarda kabuk yoluyla gerçekleşen ısı transferi daha yavaş olur. Bu durumda, iç ortamın sıcaklığını konfor aralığında tutmak için daha az enerji gerekmektedir. Daha az enerji tüketimi, işletme maliyetlerini ve sera gazı salınımını azaltmaktadır. Ayrıca, ısı yalıtımının bir başka faydası da dış ortama maruz kalan yüzeyler ile iç ortam havası arasındaki sıcaklık farkını azaltması ve kullanıcı konforunu artırmasıdır. Bu nedenlerle, etkili bir ısı yalıtımı, enerji tasarrufu sağlamak ve kullanıcıların daha konforlu bir iç ortama sahip olmasını sağlamaktadır.

2.2. Proje Gerekçesi

Fosil yakıt kaynaklarının hızla tüketilmeye devam edilmesi dolayısıyla açığa çıkan sera gazlarının etkilerini azaltmak için enerji kaynaklarının verimli kullanılması bir zorunluluk haline gelmektedir. Bununla beraber ülkemizde kullanılan enerjinin %70'inin de dışa bağımlı olması, enerji verimliliği tartışmalarını daha kritik bir seviyeye getirmektedir.

Türkiye'nin 2020 yılında tükettiği enerjinin %25,3'ü mesken ve hizmet sektörüne aittir [1]. Avrupa Komisyonu'nun derlemiş olduğu bilgilere bakıldığında, konutlar için kullanılan enerjinin %68'i ise ısıtma için değerlendirilmektedir [2].

Binalarda Enerji Performansı yönetmeliği, binaların enerji performansı ile ilgili gereklilikleri belirlemektedir. Bu yönetmelik, yeni yapılan binaların yanı sıra önemli tadilat geçiren binalar için de

kabuk ısı performansını için TS 825 standardının asgari gereksinimlerinin karşılanmasını zorunlu kılmaktadır. Böylelikle binaların enerji verimliliğini artırmayı ve kabuk ısı performansını iyileştirmeyi hedeflemektedir.

Bina kabuğunda opak bileşenlere uygulanan ısı yalıtımı ve saydam yüzeylerde kullanılan yüksek performanslı yapı elemanları, bina kabuğundan kaynaklanan ısı kayıplarını ve kazançlarını azaltmaktadır. Bu durum, benzer şekilde ısıtma ve soğutma ihtiyacını da azaltmaktadır. Sonuç olarak, ulusal çapta enerji tüketimi, maliyetler ve sera gazı salınımı azalırken, bireysel olarak da bina sakinlerinin konfor seviyesi artmakta ve enerji giderleri düşmektedir.

Amaçlar:

- Yapıların enerji verimliliğini artırmak
- Isı kaybını ve kazancını kontrol altına alarak enerji tüketimini azaltmak
- Isıtma ve soğutma ihtiyacını azaltarak enerji maliyetlerini düşürmek
- Bina içinde konforlu bir iç ortam sağlamak
- Sera gazı emisyonlarını azaltmak ve çevresel etkiyi en aza indirmek
- Isı köprülerini engelleyerek termal bütünlüğü sağlamak
- Uygun malzeme ve uygulama teknikleriyle uzun ömürlü ve etkili bir ısı yalıtım sistemi oluşturmak
- Yapı kabuğundan kaynaklanan enerji kayıplarını minimize etmek
- Sürdürülebilirlik hedeflerine katkı sağlamak
- Bina sakinlerinin yaşam kalitesini artırmak ve konfor seviyesini yükseltmek

2.3. Mevcut Durum

Proje konusu ile ilgili dünyada mevcut durumun tespiti

- Yapı Yalıtım Sistemleri uygulamalarına yönelik dünyadaki güncel trendler incelenir.
- Bu trendlere bağlı güncel teknoloji, yazılım, otomasyon, ekipman, yapı, ürün vs. incelenir.

Proje konusu ile ilgili Türkiye’de mevcut durumun tespiti

- Türkiye’deki mevcut Yapı Yalıtım Sistemleri uygulamaları incelenir.
- Proje için gerek duyulan alanlarda hizmet alınabilecek firmalar belirlenir.

Daha önce yapılan çalışmaların başarı-başarısızlık durumlarının tespiti

Yapı Yalıtım Sistemleri projesinin başarılı olması, belirlenen hedeflere ulaşması ve beklenen sonuçları elde etmesiyle tanımlanır. Bu, binaların enerji verimliliğini artırmak için etkili bir şekilde ısı yalıtımının uygulandığı anlamına gelir. Başarılı bir proje, binaların ısı kaybını ve kazancını kontrol altına alarak

enerji tüketimini azaltır. Böylece, binaların ısıtma ve soğutma ihtiyacı azalır, enerji maliyetleri düşer ve çevresel etki azalır. Ayrıca, başarılı bir proje, bina sakinlerinin konfor seviyesini artırır ve yaşam kalitesini yükseltir. Enerji verimliliğinin artmasıyla birlikte işletme maliyetleri azalır ve bina sahipleri veya kullanıcıları için tasarruf sağlanır.

Yapı Yalıtım Sistemleri projesinin başarısız olması, beklenen sonuçların elde edilememesi veya belirlenen hedeflere ulaşamamasıyla karakterize edilir. Başarısız bir proje, yetersiz veya hatalı ısı yalıtımı uygulaması nedeniyle binaların enerji verimliliğini artırmada başarısız olabilir. Bu durumda, binaların ısı kaybı ve kazancı kontrol altına alınamaz, enerji tüketimi düşmez ve enerji maliyetleri yüksek olabilir. Ayrıca, yetersiz ısı yalıtımı, bina içinde konfor sorunlarına yol açabilir ve yaşam kalitesini olumsuz etkileyebilir. Başarısız bir proje, sürdürülebilirlik hedeflerine katkı sağlamaz ve enerji tasarrufu sağlanamaz. Aynı zamanda, işletme maliyetleri yüksek kalır ve bina sahipleri veya kullanıcıları için dezavantajlı bir durum oluşur. Başarısız bir proje, yapının enerji verimliliği potansiyelini tam olarak kullanamaz ve amacına ulaşamaz. Projenin başarı ya da başarısızlık durumları kısaca aşağıdaki ölçütler aracılığıyla belirlenmektedir:

- Projede yer alan hedeflerin net ve ölçülebilir şekilde belirlenmesi önemlidir. Bu hedefler, projenin başarı durumunu değerlendirmek için bir referans noktası sağlar.
- Projenin başarısını değerlendirmek için kullanılacak performans ölçütleri belirlenmelidir. Bu ölçütler, projenin başarı durumunu objektif ve ölçülebilir bir şekilde değerlendirmeye yardımcı olur.
- Projenin ilerlemesini izlemek ve başarı durumunu değerlendirmek için gereken veriler toplanmalı ve analiz edilmelidir. Bu veriler, proje hedefleriyle ilgili önemli performans göstergelerini içermelidir.
- Toplanan verilerin ve performans ölçütlerinin kullanılmasıyla, projenin başarı durumu değerlendirilmelidir. Bu değerlendirme, hedeflere ne kadar yaklaşıldığını ve projenin performansını gösterir.
- Projede karşılaşılan sorunlar ve başarı durumu analiz edilmelidir. Bu analiz, projenin başarısını etkileyen faktörleri ve zayıf noktaları belirlemek için yapılır.
- Başarı durumunun belirlenmesi sonucunda ortaya çıkan sorunlar ve eksiklikler için düzeltici ve önleyici tedbirler alınmalıdır. Bu tedbirler, projenin başarı durumunu iyileştirmek ve hedeflere ulaşmak için uygulanır.
- Projenin başarı durumunu izlemek için düzenli ilerleme raporları hazırlanmalı ve projede yer alan taraflarla iletişim sağlanmalıdır. Bu raporlar ve iletişim, projenin durumunu paylaşmak, geri bildirimleri almak ve gerekli düzeltmeleri yapmak için önemlidir.

Literatür Araştırması

Literatür araştırması, bu projeyi uygulayacak kurum ve kuruluşlara mevcut durum hakkında bilgi vermek ve konu hakkında fikir sahibi olmalarını sağlamak amacıyla hazırlanmıştır.

Dünyada artan tüketime ve sonucunda emisyon salınımına bağlı olarak kökleşmiş bir sorun haline gelen iklim krizi ve küresel ısınma için çevreci ve enerji verimliliğini hedef alan politikaların üretimi ve uygulamaların hayata geçirilmesi gittikçe yaygınlaşmaktadır. Bunun için en çok tercih edilen yollardan birisi ısı yalıtımını sağlamaktır. Binalarda ısı yalıtımı yapmanın birden fazla sebebi olabilir. Enerji kaybını önlemek, verimliliği artırmak, sera gazı salınımını azaltarak çevreye olan etkiyi azaltmak, enerji tüketim maliyetlerini azaltmak ve kullanıcılar için iç mekân konforunu artırmak bunlardan bazılarıdır. Dünya genelindeki enerji tüketiminin büyük bir kısmı konut kaynaklı olduğundan, binalarda tüketilen enerjinin korunması ve verimliliği için ayrıca politikalar üretilmektedir [3]. Başarılı bir yalıtım sağlamak için binaların ısı yalıtımında kullanılan malzemelerin ısı geçirgenlik seviyeleri de önemli bir konudur. Kullanılacak malzemelerin ısı özellikleri dikkate alınarak uygulanacak yalıtım miktarı da buna göre planlanmalıdır.

Kullanılacak yalıtım malzemelerinin belirlenmesi için gerekli yönetmelikler ve standartlar dikkate alınır. Ülkemizde “TS 825 - Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” [4] standardı ısı yalıtım uygulamaları için kullanılmaktadır. Bunlara ek olarak, binaya uygulanacak yalıtım malzemeleri “Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmeliğe” uygun olmalıdır. TS 825 standardında Türkiye 4 iklim bölgesine ayrılmıştır. Bölgelerin sınıflandırması, birinci bölge ısıtma ihtiyacına en az gereksinim duyan şehirler ve dördüncü bölge ısıtma ihtiyacına en çok gereksinim duyan şehirler olarak yapılmıştır. Buna göre tüm ısı yalıtım uygulamaları TS 825 standardında belirtilen duvar, taban ve pencere özellikleri sınırlarının altında kalacak şekilde, uygulamanın yapılacağı iklim bölgesinin kısıtlamaları baz alınarak yapılmalıdır.

Binalarda yalıtım sadece dış çeper olan duvarlarda değil, pencere, çatı, yer, tavan arası gibi elemanlarda da yapılabilmektedir. Dikkat edilmesi gereken konu her elemanın kalınlığının, niteliklerinin ve ısı yalıtım katsayılarının göz önünde bulundurulması gerektiğidir [5]. TS 825 standardının yanında, ömür maliyet optimizasyonu ve termoekonomik optimizasyon da gerekli yalıtım malzemelerinin kalınlığının hesaplanması konusunda rehber olarak kullanılan dokümanlardır. Ünver ve arkadaşları (2020) yürütmüş oldukları araştırmalarında binalarda en çok hangi alanların ısı kaybına sebep olduğunu ve ısı yalıtımı için kullanılan birbirinden farklı materyallerin yapıların hangi bölümlerinde tercih edilip, çeşitli kriterlere uygunluk gösterip göstermediğini aşağıda verilmekte olan tablolarda ele almaktadır [5].

Tablo 1. Binalarda ısı kayıp yerleri ve oranları [5][6][7]

	Çok Katlı Bina	Tek Katlı Bina
Dış Duvar	%40	%25
Pencere	%30	%20

Çatı	%7	%22
Bodrum Döşemesi	%6	%20
Hava Kaçığı	%17	%13

Tablo 2. Isı yalıtım malzemelerinin farklı bina yapıda kullanımı [5][8]

Yapı Bölmesi	XPS	EPS	Taş yünü	Cam yünü	Gaz beton
Bodrum Kat Tabanı	Basınç Dayanımı Açısından En Uygun ve En Fazla Tercih Edilen Malzeme	Yeterli Basınç Dayanımı Sağlamıyor	Yeterli Basınç Dayanımı Sağlamıyor. Ekonomik Değil.	Tercih Edilmiyor Yeterli Basınç Dayanımı Sağlamıyor	Tercih Edilmiyor Fazla Alan Kaybına Neden Olur Ekonomik Değil.
Teras Çatılar	Yaygın Olarak Tercih Edilen Malzeme	Üzerinde Gezinilmeyen Çatılarda Kullanımı Uygun. (Basınç Dayanımı Düşük Malzeme)	Suya Karşı Korunmalı Gezinilmeyen Teras Çatılar İçin Daha Uygun	Suya Karşı Korunmalı. Gezinilmeyen Teras Çatılar İçin Daha Uygun	Tercih Edilmemekte
Döşemeler	Uygun	Yeterli Basınç Dayanımı Sağlamıyor. Ezilebilir.	Yeterli Basınç Dayanımı Sağlamıyor Ahşap Elemanlar İle Ezilmesi Engellenmeli Ekonomik Değil	Yeterli Basınç Dayanımı Sağlamıyor. Ahşap Elemanlar İle Ezilmesi Engellenmeli Ekonomik Değil	Uygun Değil
Cepheler (28.50 M'nin Altında)	Yangın Yönetmeliğine Göre Uygun Değil	Yangın Yönetmeliğine Göre Özelliği Geliştirilmiş B1 Sınıfına Sahip Sertifikası Olan EPS'nin Kullanımı Uygundur.	Uygun	Uygun	Uygun
Cepheler (28.50 Üzerinde)	Yangın Yönetmeliğine Göre Uygun Değil	Yangın Yönetmeliğine Göre Uygun Değil	Uygun	Uygun	Uygun
Zemin Kotu Üzerindeki 1.5 M Mesafe	Yangın Yönetmeliğine Göre Uygun Değil	Yangın Yönetmeliğine Göre Uygun Değil	Uygun	Uygun	Uygun
Bina Yüksekliği 6.50 M'den Fazla Olan Binalarda Pencere ve Benzeri Boşluklarının Yan Kenarları	Yangın Yönetmeliğine Göre Uygun Değil	Yangın Yönetmeliğine Göre Uygun Değil	Uygun	Uygun	Uygun
Eğimli Çatılar	Uygun	Uygun	Yangın yalıtımı sağladığı için tercih edilmekte Suya karşı korunmalı	Yangın yalıtımı sağladığı için tercih edilmekte Suya karşı korunmalı	Tercih edilmemekte
Farklı Yüksekliğe Sahip Bitişik Nizamdaki Yapılarda, Alçak Binanın Çatı Hizasındaki Yüksek Bina Katının Dış Cephe Kaplaması	Yangın Yönetmeliğine Göre Uygun Değil	Yangın Yönetmeliğine Göre Uygun Değil	Uygun	Uygun	Uygun

Isı yalıtımı uygulamaları ile sağlanacak tasarrufların hesabı çalışmalara göre farklılık gösterebilmektedir. Örneğin Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansına (US EPA) göre, yalıtım sistemleri konut geneli enerji tüketiminden %11, yalnızca ısıtma ve soğutma için tüketilen enerjiden de %15 tasarruf edilmesini sağlamaktadır [9]. Öte yandan TS 825 standardının asgari gereksinimleri sağlandığı bir

apartman binasında %40'ın üzerinde, asgari gereksinimlerden daha fazla uygulamanın yapıldığı binalarda ise %55'in üzerine çıkacak şekilde tasarrufların gerçekleştirildiği açıklanmaktadır [2].

Son olarak, projenin bağlantılı olduğu başlıca alanlar ise şunlardır:

- İnşaat ve mimarlık
- Enerji verimliliği
- Çevre koruma
- Malzeme ve teknoloji geliştirme
- Sağlık ve konforlu iç mekânların tasarlanması
- Maliyet tasarrufu

2.4. İhtiyaç Analizi

Projeye duyulan ihtiyacı ortaya koyan verilerin incelenmesi

Yapılarda ısı yalıtım uygulamalarına ihtiyaç duyulmasının temel nedeni enerji verimliliği ve konfor sağlamaktır. Isı yalıtımı, binanın dışından içine veya içinden dışına olan ısı transferini azaltarak, iç mekânın istenilen sıcaklık aralığında tutulmasını sağlar. Bu sayede ısıtma ve soğutma ihtiyacı azalır, enerji tüketimi düşer ve enerji maliyetleri önemli ölçüde azalır. Ayrıca, yapıların dış yüzeylerindeki sıcaklık farkını azaltarak, ısı köprülerini ve yoğuşma problemlerini engeller. Isı yalıtımı aynı zamanda iç mekân konforunu artırır, soğuk köşelerin ve termal rahatsızlıkların önüne geçer. Tüm bu faktörler, yapıların enerji performansını artırırken, çevresel etkileri ve sera gazı salınımını azaltır. Dolayısıyla sürdürülebilir bir yaşam için önemli bir adım atılır.

Proje ile ilgili beklentiler ve paydaşlara sağlanan faydalar ile çözüm getirilen problem ve sıkıntıların tespiti

- Projenin, tedarik sürecindeki aracı kurumlardan kaynaklanan fiyat değişimine etkisinin analiz edilmesi
- Yapı Yalıtım Sistemleri teknolojilerinin yaygın kullanımı için gereksinimlerin belirlenmesi
- Yapı Yalıtım Sistemleri teknolojilerinin uygulanacağı bölgelerde yaşanacak uygulama zorluklarının belirlenmesi

Akıllı şehirlerde uygulanacak yapı yalıtım sistemleri projeleri, enerji verimliliğini artırmak, çevresel sürdürülebilirliği desteklemek ve yaşam kalitesini yükseltmek amacıyla tasarlanan Yapı Yalıtım Sistemleri projelerinin birçok beklentisi ve faydası bulunmaktadır:

- Yapı yalıtım sistemleri, ısı kayıplarını azaltarak enerji verimliliğini artırır. İyi bir yalıtım, binaların ısıtma ve soğutma enerji ihtiyaçlarını minimize eder, bu da enerji tasarrufu sağlar ve şehirdeki genel enerji tüketimini düşürür.
- Yalıtım sistemleri, binaların enerji tüketimini azaltarak karbon ayak izini düşürmeye yardımcı olur. Bu, şehirlerin çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmalarına ve çevre dostu bir kent yaşamı oluşturmalarına katkı sağlar.
- İyi bir yapı yalıtımı, iç mekânlarda daha istikrarlı sıcaklık koşulları sağlar. Bu, sakinlere daha konforlu bir yaşam alanı sunar, aynı zamanda ısıtma ve soğutma sistemlerinin daha etkili çalışmasını sağlayarak iç mekân hava kalitesini artırır.
- Yalıtım sistemleri, akıllı bina teknolojileriyle entegre edilebilir. Bu entegrasyon sayesinde, bina sıcaklık
- Yapı yalıtımı, dış gürültüyü azaltarak iç mekânlarda daha sessiz bir ortam sağlar. Bu, sakinlerin konforunu artırır ve sağlıklı bir yaşam ortamı oluşturur.
- Yalıtım, dış etkenlere karşı binaları korur ve yapısal dayanıklılığı artırır. Bu durum, bina bakım maliyetlerini azaltır ve uzun vadeli mülkiyet değerini korur.
- Yapı yalıtım sistemleri, iklim değişikliği etkilerine karşı binaları koruma kapasitesine sahiptir. İklim koşullarındaki aşırıklara karşı dirençli yapılar, şehirlerin iklim değişikliğiyle başa çıkmasına yardımcı olabilir.
- Enerji tasarrufu ve sürdürülebilirlik, uzun vadede ekonomik avantajlar sağlar. Düşük enerji faturaları, bakım maliyetlerindeki azalma ve artan mülkiyet değeri gibi faktörler, şehir ekonomisine olumlu katkılarda bulunabilir.

Bu avantajlar, akıllı şehirlerde uygulanan yapı yalıtım sistemleri projelerinin şehir yaşamını daha sürdürülebilir, konforlu ve enerji verimli hale getirmesini sağlar.

Projenin başarılı olmasını sağlayacak güçlü yönlerin ve başarısızlığa neden olabilecek zayıf yönlerin tespiti

- **Güçlü Yönler:**
 - Yapı ısı yalıtımı, binaların enerji verimliliğini artırarak ısı kayıplarını minimize eder, enerji tasarrufu sağlar.
 - Yeterli yalıtım ile iç mekânda sıcak veya soğuk noktaların oluşmasını engeller ve homojen bir ısı dağılımı sağlar. Böylelikle kullanıcılara iç mekân konforu sağlar.
 - Yapı elemanları arasında ısı transferini artırarak enerji kayıplarına neden olan ısı köprülerinin oluşmasını engeller.
 - İyi bir ısı yalıtımı, binanın işletme ve enerji tüketim maliyetlerini azaltır.

- Enerji tüketimini azaltarak çevresel etkileri minimize eder.
 - Doğru malzemelerin seçimi ve doğru uygulama ile yapılan yalıtım, uzun yıllar boyunca etkinliğini korur ve bakım maliyetlerini azaltır.
 - Sadece ısı transferini değil aynı zamanda ses transferini de azaltır.
 - Yanmaz veya yanmaya dayanıklı ısı yalıtım malzemeleri, yangının yayılma hızını yavaşlatarak yangın güvenliği sağlar ve insanların güvenliğini korur.
 - Yüksek enerji verimliliği sağlayan binalar, daha çekici hale gelir ve mülk değerinde artış sağlar.
- **Zayıf Yönler:**
 - İlk yatırım ve bakım maliyetleri yüksek olabilir.
 - Uygulama dikkatli bir işçilik gerektirmektedir. Bu yüzden yapılabilecek küçük hatalar bile daha büyük ve kritik sonuçlara sebebiyet verebilmektedir.
 - Bazı yalıtım malzemeleri, özellikle dış etkenlere maruz kalan malzemeler, zamanla güneş ışığı, nem veya çürümeye karşı dayanıklılığını yitirebilir. Bu da malzemelerin bozulmasına neden olur ya da tam kapasite çalışmasına engel olur.
 - Yanlış yalıtım malzemesi veya uygulama seçimi, nem ve yoğuşma sorunlarının oluşmasına, yapı malzemelerinin zarar görmesine yol açabilir.
 - Düşük kaliteli veya yanlış seçilen malzemeler, havada zararlı gazlar veya partiküllerin birikmesine neden olup, hava kalitesini olumsuz etkileyebilir.
 - Yalıtım malzemelerinin eklenmesi veya çıkarılması, yapıda gerektiğinde revizyon yapılmasını zorlaştırabilir.
 - Gerektiği durumlarda yalıtım malzemelerinin temizlenmesi, kontrol edilmesi veya periyodik olarak yenilenmesi ek maliyetlere sebep olabilir.

2.5. Talep Analizi

Proje ile üretilecek ürünlere ve/veya sunulacak hizmetlere yönelik mevcut talebin tespiti

BEP yönetmeliği ile yeni ve önemli tadilat geçiren binalarda yalıtım uygulamaları zorunlu hale getirilmiştir. Bu uygulamaların mevcut binalarda sağladığı ekonomik faydalar talebin önemli ölçüde artmasına yol açmaktadır. Aynı zamanda, BEP yönetmeliği gereği Enerji Kimlik Belgesi'nin neredeyse tüm binalar için zorunlu tutulması da talebi artıran bir etkidir. Talebi etkileyen diğer önemli faktörler ise enerji fiyatları, inşaat kapasitesi ve yönetmeliklerin gerektirdiği standartlardır. Gelecekte, çevre koruma, küresel ısınmanın önlenmesi ve enerji politikalarının önceliklendirildiği ulusal ve uluslararası yalıtım uygulamalarına olan talebin artması beklenmektedir.

Bu sistemlerin kurulması için talebi belirleyen temel etkenler ve göstergeler aşağıda belirtilmektedir:

- Enerji maliyetleri
- İklim koşulları
- Yasal düzenlemeler
- Enerji performans değerlendirmesi
- Maliyet etkinlik analizi
- Sürdürülebilirlik
- Bilinçlendirme ve eğitim

Talebin gelecekteki gelişim potansiyeli ve talep için gelecek öngörülerin tespiti

- Geleceğe yönelik nüfus, ekonomi ve teknoloji öngörülerini dikkate alınarak hesaplamalar yapılır.

3. Teknik Analiz ve Alternatif Teknolojilerin Değerlendirilmesi

Fiziki/Mekânsal Büyüklük

- Fiziki/mekânsal büyüklük projenin gerçekleşeceği binanın büyüklüğüne ve türüne bağlıdır.
- Proje alanında yaklaşık olarak ne kadar kamera ve geçiş kontrol donanımları ile güvenli bina oluşturulması gerektiği projenin başında yapılacak kapsamlı ve detaylı bir analiz ile belirlenmelidir. Bu çalışmanın da özellikle projenin tüm paydaşları ile yapılması gerekmektedir.

Kapasitenin Belirlenmesi

Yapı Yalıtım Sistemleri projesi için kapasitenin belirlenmesindeki kriterler aşağıda verilmiştir:

- Projenin amacı ve hedefleri, yapılacak yalıtım çalışmalarının kapsamını ve büyüklüğünü belirleyebilir. Örneğin, enerji tasarrufu sağlamak için tüm bir bina kabuğunun yalıtımının yapılması gerekiyorsa, proje daha geniş bir kapasiteye sahip olacaktır.
- Yalıtım yapılacak binanın büyüklüğü, kullanım amacı, kat sayısı, yapı malzemesi ve iklim koşulları gibi faktörler, projenin kapasitesini etkiler. Büyük ve çok katlı binaların yalıtım projeleri daha kapsamlı olabilir.
- Yapının mevcut enerji tüketimi analiz edilerek, yalıtımın en fazla fayda sağlayacağı bölgeler belirlenebilir. Binaların ısı kayıplarının en yüksek olduğu bölgelerde yoğunlaşan yalıtım çalışmaları, projenin kapasitesini belirleyebilir.
- Proje için tahsis edilen bütçe ve kullanılabilir kaynaklar, yapılacak yalıtım çalışmalarının kapsamını ve hızını belirler. Daha geniş bir bütçeyle daha fazla yapıya yalıtım uygulanabilir ve projenin kapasitesi artabilir.

- Projenin tamamlanması için belirlenen zaman çerçevesi, yapılacak yalıtım çalışmalarının yoğunluğunu etkiler. Daha kısa bir süre içinde tamamlanması gereken projelerde daha fazla kaynak ve ekipman tahsis edilebilir.

Yapısal Proje Gereksinimleri

Yapı Yalıtım Sistemleri projesi için yapısal proje gereksinimleri şunlardır:

- Yalıtım malzemesinin desteklenmesi
- Cephe detaylarının detaylıca bilinmesi
- Isı köprülerinin önlenmesi
- Yapı elemanlarının kalınlığının belirlenen minimum kalınlığına uyması
- Bağlantı noktaları ve derzlerde etkili yalıtımın sağlanması
- Nem kontrolüne dikkat edilmesi

Yazılım ve Donanım Gereksinimleri

Yapı Yalıtım Sistemleri projesi için yazılım ve donanım gereksinimleri şunlardır:

- Yapı modelleme yazılımı
- Isı yalıtım analiz yazılımı
- Yeterli donanıma sahip bilgisayarlar
- Ölçüm ve test cihazları
- Veri iletişim cihazları
- Test ekipmanları

Alternatif teknolojiler nelerdir? Karşılaştırma yapınız.

Yapı Yalıtım Sistemleri projesi için göz önünde bulundurulması gereken iki önemli husus vardır. Bunlardan ilki yalıtım malzemesi ve diğeri de uygulanacak yalıtımın kalınlığıdır. Seçilecek yalıtım malzemesinin kolay uygulanabilirliği, ısı performans, kullanım ömrü ve malzemenin yangın güvenliği konularının dikkate alınması gerekmektedir. Bir diğerk faktör olan yalıtımın kalınlığı ise uygulamanın farklı yüzeyler ile arasında oluşturacağı ısı direnci (R-değeri, m²K/W) etkileyecektir. Isıl direnç, malzemenin ısı akışına karşı gösterdiği direnç olup, yalıtım malzemesinin kalınlığına bağlı olarak değişim göstermektedir.

Literatür taraması bölümünde de belirtildiği üzere farklı yalıtım malzemelerinin dayanıklılığı, yoğunluğu, ısı iletkenliği, yangın dayanıklılık sınıfı ve kullanımları çeşitlilik göstermektedir. Aşağıdaki tabloda bu konu özetlenmekte ve farklı yalıtım malzemelerinin özellikleri ve ilgili görselleri listelenmektedir:

Tablo 3. Isı yalıtım malzemelerinin teknik özellikleri [2]

Isı yalıtım malzemeleri	Yoğunluk (kg/m ³)	Isıl iletkenlik (W/mK)	Yangına dayanıklılık sınıfı	Kullanım ömrü (yıl)	Binalarda kullanımı
Taş yünü	30-2000	0,034-0,050	A1-A2 (yanmaz)	Bina kullanım ömrü	Isı yalıtımı, ses yalıtımı ve yangın dayanımı amacıyla kullanılabilir. Nem emilimi yapmaz. Bu amaçla dış yapı kabuğu yalıtımında, çatı arası yalıtımında, iç mekân duvar ve tavan yalıtımında ve yüzer döşeme uygulamaları alanlarında kullanılması uygundur.
Cam Yünü	14 – 100	0,035 – 0,050	A1 - A2 (yanmaz) Yangın dayanımı taş yününe göre daha düşüktür	25-30	Isı yalıtımı, ses yalıtımı ve yangın dayanımı amacıyla kullanılabilir. Basma dayanımı düşük olduğu için kullanılmayan çatı arası döşemelerinde, kullanılan çatılarda mertek aralarında, üzerine yük almadığı tavan yalıtımı, tesisat hatlarının yalıtımı gibi yatay uygulamalarda kullanılması uygundur.
XPS	45	0,030-0,040	D-E	Bina kullanım ömrü	Yalnızca ısı yalıtımı ve ses yalıtımı amacıyla kullanılabilir. Kapalı gözeneklidir. Neme, suya ve yüksek basınca karşı dayanıklıdır. Ayrıca malzemenin yanıcılık özelliğine sahip olması sebebiyle toprak altı yalıtım uygulamalarında (bodrum kat dış duvarları ve temel çevresi yalıtımında) kullanılması daha uygundur.
EPS	15-30	0,033-0,040	D-E	35-50	Yalnızca ısı yalıtımı amacıyla kullanılabilir. Nem emilimine karşı dayanıklıdır ancak organik çözücülere karşı dayanıklı değildir ve malzemenin yanıcılık özelliğine sahip olması sebebiyle toprak altı yalıtım uygulamalarında (bodrum kat dış duvarları ve temel çevresi yalıtımında) kullanılması uygundur.



Şekil 1. Taş yünü yalıtım örneği [10]



Şekil 2. Çatıya folyolu cam yünü uygulaması örneği [11]



Şekil 3. Yapılarda mantolama için XPS köpük materyalinin kullanımına bir örnek [12]



Şekil 4. EPS mantolama için uygulama örneği [13]

Yapı Yalıtım Sistemleri projesinin tasarımı, bütünleşik bir bakış açısı ve disiplinler arası bir anlayışla gerçekleştirilmektedir. Bu süreçte projenin sürdürülebilirlik hedefleri de dikkate alınmalıdır. Tüm bu aşamalar beraber sağlandığında projenin ilk yatırım maliyetleri de azaltılabilecektir. Diğer bir ifadeyle, ısı yalıtımı yapılmış binanın ısı kaybı daha az olacağından, yapıyı ısıtmak ya da soğutmak için gerek duyulan enerji daha az olacaktır. Böylelikle daha çevreci bir tüketim anlayışı benimsenirken, enerji tüketim maliyetleri de daha az olacaktır.

Bu rehberlik kılavuzunda, üç farklı yalıtım senaryosu üzerinden enerji simülasyonları değerlendirilerek, Yapı Yalıtım Sistemlerinin binaların enerji performansına olan etkisi hesaplanmaktadır. Her senaryo için

m² başına düşen yıllık ısıtma tüketimi, karbondioksit salınımı ve ısıtma kapasitesi hesaplanmaktadır. Böylelikle tüm senaryolara göre enerji etkinliği hesabı yapılmaktadır. Bu sonuçlar daha sonra ekonomik analiz başlığı altında da tekrar gözden geçirilecektir.

S0 olarak isimlendirilen referans senaryoda TS 825 standartlarına göre asgari gereksinimler baz alınmaktadır. Referans senaryo için daha yüksek performans gereksinimlerine sahip olan TS 825'in 2013 versiyonu referans alınmıştır. S1 ve S2 olarak adlandırılan diğer iki senaryo ise ilk senaryoya kıyasla daha yüksek yalıtım seviyeleri dikkate alınarak hesaplanmıştır. Aşağıdaki tabloda gerekli detaylar ve farklı alanlarda uygulanan farklı yalıtım malzemeleri için öngörülen ısı geçirgenlik katsayıları listelenmektedir:

Tablo 4. İncelenen ısı yalıtım senaryoları [2]

Senaryolar/Yalıtım yeri ve malzemesi	Isı geçirgenliği (U-değeri, W/m ² K)				
	Dış duvar	Çatı	Döşeme	Pencere	Pencere gölgeleme katsayısı
	Taş yünü	XPS	XPS		
Referans senaryo (TS825-2013) (S0)	0,550	0,432	0,570	1,800	0,800
1. iyileştirme senaryosu (S1)	0,348	0,310	0,430	1,500	0,800
2. iyileştirme senaryosu (S2)	0,255	0,212	0,430	1,300	0,500

Bu senaryolar, bu projede inşa edilmesi öngörülen bina tiplerine benzer özellikler taşıyan ve Türkiye'de yaygın olarak uygulanan konut bina modellerine uygulanarak, saatlik enerji simülasyonları ile gerçekleştirilmiştir. Simülasyon sonuçlarından yola çıkarak birim alan başına yıllık enerji tüketimi, karbondioksit salınımı ve ısıtma kapasitesi hesaplanmış ve referans senaryoya göre yıllık toplam enerji tasarrufu ve önlenen salınım miktarı elde edilmiştir. Tablo 5 elde edilen bu bulguları göstermektedir:

Tablo 5. Üç farklı ısı yalıtım senaryosu için elde edilen enerji performans göstergeleri değerleri [2]

	Birim	S0	S1	S2
Isıtma kaynaklı enerji tüketim yoğunluğu	kWh/m ² .yıl	88,7	66,4	40,5
Isıtma kaynaklı yıllık karbondioksit salımı	kg-CO ₂ /m ² .yıl	16,3	12,2	7,5
Birim alan başına ısıtma kapasitesi	W/m ²	44,1	33,7	22,6
Toplam yıllık enerji tasarrufu	GWh/yıl	-	93,6	202,3
Toplam yıllık önlenen salım miktarı	ton-CO ₂ /yıl	-	17.222	37.225

Farklı kullanım alanları ve özellikler için farklı materyaller öne çıkmaktadır. Örneğin, ısı iletkenlik ve yangına dayanıklılık söz konusu olduğunda taş yünü kullanılması önerilirken, çatı ve döşemelerin

yalıtımı konusu için maliyet öncelik olacağından, daha makul bir seçenek olarak XPS malzeme tercih edilebilmektedir. Öte yandan yapılarda ısı yalıtım sistemi projesinde her alanda aynı yalıtım malzemesi kullanımı zorunluluğu olmadığından daha stratejik davranılabilir. Yangın yönetmeliğinde de belirtildiği üzere, duvarlara yanmaz ısı yalıtım malzemeleri döşenip, yapının geri kalan alanlarında yangına karşı dayanıklılık sınıfı daha düşük materyaller değerlendirilebilir.

Yapılacak proje için benimsenecek sürdürülebilirlik ilkeleri belirlenmeli ve buna göre hangi senaryoların izleneceğine karar verilmelidir. Senaryoların oluşturulması için değerlendirilen göstergeler ile yapılması gereken analizlerin detay tasarım aşamalarında titizlikle tekrarlanarak yürütülmesi gerekmektedir. Böylelikle proje için belirlenen hedeflere en uygun senaryo benimsenebilecektir.

Projenin başında belirtilen enerji verimlilik hedeflerine ulaşılabilmesi için yapılacak uygulamaların gerekli yöntem ve kalitede gerçekleştirilebilmesi sağlanmalıdır. Yapı Yalıtım Sistemleri uygulamalarının tasarım hedeflerine ulaşabilmesi için tüm gerekli maddeler şartnamelerde içermeli ve konuya ilişkin yönlendirme kılavuzlarından faydalanılmalıdır [14][15]. Yapı Yalıtım Sistemleri uygulamaları ülkemizde yaygın olarak yapılmakta olup, tasarımı, malzeme tedariki ve uygulaması kolaylıkla gerçekleştirilebilir.

Son olarak belirtilmelidir ki, bu kılavuzda örnek proje için belirlenen teknolojiler, yaygın ve mevcut teknolojiler kapsamında değerlendirilmektedir. Gelecek dönemde yapılacak projeler için yapı malzemeleri teknolojileri için güncel gelişmelerin takip edilmesi ve tasarım aşamasında bu teknolojilerin ve inovasyonların kullanılması tavsiye edilmektedir.

Teknoloji seçiminin dayandığı kriterler nelerdir? Açıklayınız.

- 1) Teknoloji yeni mi?
- 2) Teknoloji yerli mi?
- 3) Teknoloji yerli değilse yerlileştirilebilir mi?
- 4) Bina ve İşletme İhtiyaçları
- 5) Performans
- 6) Uygunluk
- 7) Maliyet-etki oranı
- 8) Dayanıklılık ve ömür
- 9) Entegrasyon kolaylığı
- 10) Çevresel etki

Teknik tasarım süreçlerini (süreç tasarımı, makine-donanım, inşaat işleri, arazi düzenleme, yerleşim düzeni vb.) açıklayınız.

Yapı Yalıtım Sistemleri projesinin teknik tasarım süreci, çeşitli adımlardan oluşan bir süreçtir. İlk adım, yapıyı ve kullanım amacını analiz etmektir. Bu analizde, yapıya ilişkin özellikler, iklim koşulları, enerji talepleri ve mevcut sistemler değerlendirilir. Ardından, ısı transferi analizi yapılır ve enerji verimliliği hedefleri belirlenir. Tasarım aşamasında, uygun ısı yalıtım malzemeleri ve sistemleri seçilir, yapı bileşenleri ve detayları incelenir ve uygun çözümler geliştirilir. Tasarım sürecinde enerji tasarrufu, termal konfor, nem kontrolü ve diğer performans kriterleri göz önünde bulundurulur. Tasarımın tamamlanmasının ardından, uygulama aşamasına geçilir ve seçilen tekniklerin doğru bir şekilde uygulanması sağlanır. Son olarak, yapılan tasarım ve uygulamaların etkinliği ve performansı değerlendirilir ve gerekli iyileştirmeler yapılır. Teknik tasarım süreci, yapıların enerji verimliliğini artırmak, ısı kayıplarını minimize etmek ve sakinlerin konforunu sağlamak için kritik bir adımdır.

Projenin teknik tasarım süreçleri sırasıyla aşağıdaki adımlardan oluşur:

- Analiz
- Isı transferi analizi
- Enerji verimliliği hedeflerinin belirlenmesi
- Yalıtım malzeme seçimi
- Yalıtım kalınlığının belirlenmesi
- Isı köprülerinin önlenmesi için detay tasarımı
- Hava sızdırmazlık ve buhar geçirgenliği kontrolü
- İklimlendirme sistemleri entegrasyonu
- Kontrol ve regülasyon sistemlerinin tasarımı
- Performans değerlendirmesi ve iyileştirme

Projenin işleyiş süreci aşağıdaki çizelgeden de takip edilebilir:

Tablo 6. Bir senelik örnek konut inşaat sürecinde ısı yalıtım uygulamasına ilişkin aktivitelere ait zaman çizelgesi [2]

Aşamalar	Aktiviteler	Ay				
		1	2	3/10	11	12
Tasarım öncesi	Proje sahibinin ihtiyaçlarının tanımlanması					
	Projenin enerji verimlilik hedeflerin belirlenmesi					
	Uygulama bütçesinin belirlenmesi					
	Tasarım senaryolarının tanımlanması, ön-tasarım					

Tasarım	Tasarım seçeneklerinin analizlerinin verimlilik ve finansal açıdan değerlendirilmesi Tasarım kararlarının tanımlanması Nihai tasarımın geliştirilmesi Şartnameler ve ihale dokümanlarının hazırlanması					
Uygulama/İnşaat	Uygulamaya başlanmasından, kaba inşaatın tamamlanmasına kadar yapılacak inşaat uygulamaları					
Yalıtım uygulaması	Kaba inşaatın (mekanik ve elektrik tesisata ait kaba uygulamaların) standart ve yönetmeliklere uygunluğunun kontrolü Uygulama öncesi hazırlık çalışmaları Yalıtım malzemesinin yüzeylere uygulanması					
Devreye alma	Yetersiz yalıtılmış bölgeler ve ısı köprülerinin tespit edilmesi ve giderilmesi Sızdırmazlık kontrolleri ve testleri					

4. Finansal Analiz

Yapı Yalıtım Sistemleri uygulamasının ekonomik analizi için ilk yatırım maliyetleri, işletme maliyetlerinde elde edilecek tasarruf miktarı ve geri ödeme süreleri, önceki bölümlerde önerilen uygulama senaryoları çerçevesinde incelenmiştir. İlk yatırım maliyetlerinin hesaplanmasında Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı birim fiyatları temel alınmıştır. Aşağıdaki tablolar kullanılan her bir malzemenin birim fiyatlarını göstermektedir:

Tablo 7. Taş yünü ısı yalıtım levhaları için malzeme birim fiyatları [16]

Poz No	Tanımı	Ölçü Birimi	Satın Alma Yeri	Rayiç Fiyatı TL
TAŞYÜNÜ ISI YALITIM LEVHALARI (TS EN 13162+A1)				
	TS 825'e göre yapılmış ısı yalıtım projesine uygun ısı iletkenlik ve kalınlıkta, özel üretilen taşyünü ısı yalıtım malzemeleridir.			
Dış Cephe Isı Yalıtım İçin				
	TS EN 13162+A1 standardına göre üretilmiş, ısı iletkenliği 0,040 W/(m.K)'in altında olan, boyutsal kararlılığı DS(70,-) sınıfı, kalınlık sınıfı T5 olan, basınç dayanımı en az 10kPa olan, gönyeden sapma toleransı ± 5 mm/m'den az, uzunluk toleransı $\pm \%2$, genişlik toleransı $\pm \%1,5$, uzun süreli kısmi daldırmada su emme değeri 3,0kg/m ² ve altında (WL(P)), düzlük toleransı 6mm ve altında olan, yangına karşı tepki sınıfı en az A2,s1-d0 olan, CE işaretine sahip, TS 825'e göre yapılmış ısı yalıtım projesine uygun ısı iletkenlik ve kalınlıkta, sıvalı uygulamalar için özel üretilen Taşyünü levhalardır. Not 1: Taşyünü ısı yalıtım levhalarının tekil olarak TS EN 13162'e uygun olması ve yukarıdaki özellikleri karşılaması gerekir. Dış cephe ısı yalıtım sistemleri için TS EN 13500 veya ETAG 004'e uygunluk belgesi taşyünü levhaların yukarıda tanımlanan şartları sağladığını gösterir. Not 2: Dış cephe ısı yalıtım sistemlerinde kullanılacak ısı yalıtım malzemelerinin ısı direnci en az 1,00 m ² K/W olmalıdır. Not 3: Ara değerler rayiç fiyatları enterpolasyonla bulunur.			
10.310.1101	Yüze dik çekme mukavemeti en az 7,5kPa (TR7,5)	m ³	İşbaşında	1.275,00
10.310.1102	Yüze dik çekme mukavemeti en az 10kPa (TR10)	m ³	İşbaşında	1.530,00
10.310.1103	Yüze dik çekme mukavemeti en az 15kPa (TR15)	m ³	İşbaşında	1.920,00
Giydirme Cephe ve İçten Isı Yalıtımı İçin				
	TS EN 13162+A1 standardına göre üretilmiş, sistem standartlarına uygun, ısı iletkenliği 0,040 W/(m.K)'in altında olan, boyutsal kararlılığı DS(70,-) sınıfı, gönyeden sapma toleransı ± 5 mm/m'den az, uzunluk toleransı $\pm \%2$, genişlik toleransı $\pm \%1,5$, kısa süreli kısmi daldırmada su emme değeri 1,0kg/m ² ve altında (WS(P)), düzlük toleransı 6mm ve altında olan, yangına karşı tepki sınıfı en az A2,s1-d0 olan, CE işaretine sahip, TS 825'e göre yapılmış ısı yalıtım projesine uygun ısı iletkenlik ve kalınlıkta Taşyünü levhalardır. Not : Ara değerler rayiç fiyatları enterpolasyonla bulunur.			
Giydirme Cephe Uygulamaları;				
Kaplamasız Ürünler				
10.310.1111	Yüze dik çekme mukavemeti en az 1,0kPa (TR1)	m ³	İşbaşında	855,00
10.310.1112	Yüze dik çekme mukavemeti en az 2,5kPa (TR2,5)	m ³	İşbaşında	1.140,00
Bir yüzü Camtülü Kaplı Giydirme Cephe Levhaları				
10.310.1121	Yüze dik çekme mukavemeti en az 1,0kPa (TR1) 5 cm kalınlığında taş yünü levha ile	m ²	İşbaşında	60,00
10.310.1122	Yüze dik çekme mukavemeti en az 1,0kPa (TR1) 10 cm kalınlığında taş yünü levha ile	m ²	İşbaşında	107,00
10.310.1123	Yüze dik çekme mukavemeti en az 1,0kPa (TR1) 15 cm kalınlığında taş yünü levha ile	m ²	İşbaşında	155,00
10.310.1124	Yüze dik çekme mukavemeti en az 2,5kPa (TR2,5) 5 cm kalınlığında taş yünü levha ile	m ²	İşbaşında	72,00
10.310.1125	Yüze dik çekme mukavemeti en az 2,5kPa (TR2,5) 10 cm kalınlığında taş yünü levha ile	m ²	İşbaşında	135,00
10.310.1126	Yüze dik çekme mukavemeti en az 2,5kPa (TR2,5) 15 cm kalınlığında taş yünü levha ile	m ²	İşbaşında	190,00
İçten Isı Yalıtım Uygulamaları (Tek Yüzeyi Alçı ile Kompozit Taşyünü Isı Yalıtım Levhaları);				
10.310.1131	3 cm kalınlığında taş yünü levha ile	m ²	İşbaşında	195,00
10.310.1132	5 cm kalınlığında taş yünü levha ile	m ²	İşbaşında	235,00
10.310.1133	8 cm kalınlığında taş yünü levha ile	m ²	İşbaşında	300,00
Diğer Isı Yalıtım Uygulamaları İçin				
	TS EN 13162+A1 standardına göre üretilmiş, ısı iletkenliği 0,040 W/(m.K)'in altında olan, gönyeden sapma toleransı ± 5 mm/m'den az, uzunluk toleransı $\pm \%2$, genişlik toleransı $\pm \%1,5$, kısa süreli kısmi daldırmada su emme değeri 1,0kg/m ² ve altında (WP), düzlük toleransı 6mm ve altında olan, CE işaretine sahip, TS 825'e göre yapılmış ısı yalıtım projesine uygun ısı iletkenlik ve kalınlıkta Taşyünü levhalardır. Not : Ara değerler rayiç fiyatları enterpolasyonla bulunur. Not: Kaplama çeşitleri ilgili rayiçlerden alınarak eklenecektir.			

Teras Çatılarda Isı Yalıtımı İçin				
Belirli sıcaklık ve bağıl nem şartlarında boyutsal kararlılığı DS(70,90) sınıfı, kalınlık toleransı T4 sınıfı, yüzeye dik çekme mukavemeti en az 7,5 kPa (TR7,5) olan taşıyıcı levhalar.				
Basma mukavemeti en az 60 kPa				
10.310.1141	6 cm kalınlıkta taşıyıcı levha	m ²	İşbaşında	114,00
10.310.1142	8 cm kalınlıkta taşıyıcı levha	m ²	İşbaşında	146,00
10.310.1143	10 cm kalınlıkta taşıyıcı levha	m ²	İşbaşında	183,00
Basma mukavemeti en az 70 kPa				
10.310.1151	6 cm kalınlıkta taşıyıcı levha	m ²	İşbaşında	128,00
10.310.1152	8 cm kalınlıkta taşıyıcı levha	m ²	İşbaşında	151,00
10.310.1153	10 cm kalınlıkta taşıyıcı levha	m ²	İşbaşında	190,00
Basma mukavemeti en az 80 kPa				
10.310.1161	6 cm kalınlıkta taşıyıcı levha	m ²	İşbaşında	152,00
10.310.1162	8 cm kalınlıkta taşıyıcı levha	m ²	İşbaşında	172,00
10.310.1163	10 cm kalınlıkta taşıyıcı levha	m ²	İşbaşında	215,00
Basma mukavemeti en az 90 kPa				
10.310.1171	8 cm kalınlıkta taşıyıcı levha	m ²	İşbaşında	182,00
10.310.1172	10 cm kalınlıkta taşıyıcı levha	m ²	İşbaşında	227,00
Basma mukavemeti en az 100 kPa				
10.310.1181	8 cm kalınlıkta taşıyıcı levha	m ²	İşbaşında	202,00
10.310.1182	10 cm kalınlıkta taşıyıcı levha	m ²	İşbaşında	253,00
Eğik Çatılarda Isı Yalıtımı İçin (Mertek arası, kenet çatı gibi)				
Belirli sıcaklık şartlarında boyutsal kararlılığı DS(70,-) sınıfı, kalınlık toleransı T2 sınıfı taşıyıcı levhalar.				
10.310.1191	0,030 ≤ Isıl iletkenliği < 0,035W/(m.K) olan	m ³	İşbaşında	850,00
10.310.1192	0,035 ≤ Isıl iletkenliği ≤ 0,040W/(m.K) olan	m ³	İşbaşında	750,00
Döşemelerde Isı Yalıtımı İçin				
Yüke Maruz Kalan Yüzer Döşeme Detayları İçin				
Basma mukavemeti en az 10 kPa				
10.310.1201	2,5 cm kalınlıkta taşıyıcı levha	m ²	İşbaşında	48,00
10.310.1202	3 cm kalınlıkta taşıyıcı levha	m ²	İşbaşında	51,00
Basma mukavemeti en az 15 kPa				
10.310.1211	2,5 cm kalınlıkta taşıyıcı levha	m ²	İşbaşında	52,00
10.310.1212	3 cm kalınlıkta taşıyıcı levha	m ²	İşbaşında	54,00
Basma mukavemeti en az 20 kPa				
10.310.1221	2,5 cm kalınlıkta taşıyıcı levha	m ²	İşbaşında	54,00
10.310.1222	3 cm kalınlıkta taşıyıcı levha	m ²	İşbaşında	56,00
Basma mukavemeti en az 25 kPa				
10.310.1231	2,5 cm kalınlıkta taşıyıcı levha	m ²	İşbaşında	60,00
10.310.1232	3 cm kalınlıkta taşıyıcı levha	m ²	İşbaşında	62,00
Yüke Maruz Kalmayan Yükseltmiş Döşeme vb. Detaylar İçin				
10.310.1241	0,030 ≤ Isıl iletkenliği < 0,035W/(m.K) olan	m ³	İşbaşında	850,00
10.310.1242	0,035 ≤ Isıl iletkenliği ≤ 0,040W/(m.K) olan	m ³	İşbaşında	700,00

Tablo 8. XPS levhalar ile ısı yalıtım levhaları için malzeme birim fiyatları [16]

Poz No	Tanımı	Ölçü Birimi	Satın Alma Yeri	Rayiç Fiyatı TL
--------	--------	-------------	-----------------	-----------------

**EKSTURUDE (HADDELENMİŞ) POLİSTREN KOPUK (XPS) LEVHALAR
(TS EN 13164+A1)****Dış Cephe Isı Yalıtım İçin**

TS EN 13164+A1 standardına göre üretilmiş, sistem standartlarına uygun, ısı iletkenliği 0,040 W/(m.K)'in altında olan, belirli sıcaklık ve nem etkisi altında boyut kararlılığı en fazla %5 (DS(70,90) sınıfı), kalınlık toleransı en az ±1,0mm (T3 sınıfı), tam daldırma ile uzun süreli su emme sınıfı WL(T)1,5 olan yangına karşı tepki sınıfı E olan, CE işaretine sahip, TS 825'e göre yapılmış ısı yalıtım projesine uygun ısı iletkenlik ve kalınlıkta, yüzeyi pürüzlü veya pürüzlü ve kanallı ekstürüde polistiren köpük levhalar.

Not 1: XPS ısı yalıtım levhalarının tekil olarak TS EN 13164+A1'e uygun olması ve yukarıdaki özellikleri karşılaması gerekir. Dış cephe ısı yalıtım sistemleri için ETAG 004'e uygunluk belgesi XPS levhaların yukarıda tanımlanan şartları sağladığını gösterir.

Not 2: Dış cephe ısı yalıtım sistemlerinde kullanılacak ısı yalıtım malzemelerinin ısı direnci en az 1,00 m²K/W olmalıdır.

Not 3: Ara değerler rayiç fiyatları enterpolasyonla bulunur.

10.310.1501	Yüzeye dik çekme mukavemeti en az 200 kPa	m ³	İşbaşında	1.635,00
10.310.1502	Yüzeye dik çekme mukavemeti en az 400 kPa	m ³	İşbaşında	2.370,00

Diğer Uygulamalar İçin

TS EN 13164+A1 standardına göre üretilmiş, ısı iletkenliği 0,040 W/(m.K)'in altında olan, yangına karşı tepki sınıfı E olan, CE işaretine sahip, TS 825'e göre yapılmış ısı yalıtım projesine uygun ısı iletkenlik ve kalınlıkta ekstürüde polistiren köpük levhalar.

Not : Ara değerler rayiç fiyatları enterpolasyonla bulunur.

Duvarlarda İçten Isı Yalıtımı İçin**Sıvalı ve Profilli Uygulamalar**

Belirli sıcaklık ve nem etkisi altında boyut kararlılığı en fazla %5 (DS(70,90) sınıfı) olan, kalınlık toleransı en az ±1,5mm, T2 sınıfı yüzeyi pürüzlü veya pürüzlü ve kanallı XPS levhalar

10.310.1511	Yüzeye dik çekme mukavemeti en az 100 kPa (sadece profilli uygulamalar için)	m ³	İşbaşında	1.445,00
10.310.1512	Yüzeye dik çekme mukavemeti en az 200 kPa	m ³	İşbaşında	2.040,00

Kompozit XPS Isı Yalıtım Levhaları ile yapılan uygulamalar

XPS ısı yalıtım malzemesinin adezyonu/kohezyonu 17kPa'dan yüksek olan, bir yüzü alüminyum folyo ve 12,5mm kalınlığında alçı levha kaplı TS EN 13950'ye uygun fabrika yapımı kompozit yalıtım levhası

10.310.1521	3 cm kalınlığında XPS levha ile	m ²	İşbaşında	50,00
10.310.1522	5 cm kalınlığında XPS levha ile	m ²	İşbaşında	82,00
10.310.1523	10 cm kalınlığında XPS levha ile	m ²	İşbaşında	205,00

Döşemelerde Isı Yalıtımı İçin

10.310.1531	Basma mukavemeti en az 100 kPa (Yüke maruz kalmayan detaylar için)	m ³	İşbaşında	1.430,00
10.310.1532	Basma mukavemeti en az 200 kPa	m ³	İşbaşında	1.630,00
10.310.1533	Basma mukavemeti en az 300 kPa	m ³	İşbaşında	1.760,00
10.310.1534	Basma mukavemeti en az 500 kPa	m ³	İşbaşında	3.435,00

Geleneksel Teras Çatılar				
	Basınç yükü ve sıcaklık şartlarında boyutsal kararlılığı DLT(2)5 sınıfı olan XPS levhalar			
0.030<Isıl iletkenlik katsayısı ≤ 0.035 W/(m.K) olan XPS levhalar				
10.310.1541	Basma mukavemeti en az 300 kPa	m ³	İşbaşında	1.800,00
10.310.1542	Basma mukavemeti en az 500 kPa	m ³	İşbaşında	3.700,00
0.035<Isıl iletkenlik katsayısı ≤ 0.040 W/(m.K) olan XPS levhalar				
10.310.1551	Basma mukavemeti en az 300 kPa	m ³	İşbaşında	1.750,00
10.310.1552	Basma mukavemeti en az 500 kPa	m ³	İşbaşında	3.450,00
Ters Teras Çatılar				
	Basınç yükü ve sıcaklık şartlarında boyutsal kararlılığı DLT(2)5 sınıfı ve tam daldırma ile uzun süreli su emmesi %0,7'den küçük olan [WL(T)0,7 sınıfı] olan XPS levhalar			
0.030<Isıl iletkenlik katsayısı ≤ 0.035 W/(m.K) olan XPS levhalar				
10.310.1561	Basma mukavemeti en az 200 kPa (üzeri gezilmeyen ters teras çatılarda)	m ³	İşbaşında	1.750,00
10.310.1562	Basma mukavemeti en az 300 kPa, (üzeri gezilen ters teras çatılarda)	m ³	İşbaşında	1.900,00
10.310.1563	Basma mukavemeti en az 500 kPa, (otopark çatılarda)	m ³	İşbaşında	3.650,00
0.035<Isıl iletkenlik katsayısı ≤ 0.040 W/(m.K) olan XPS levhalar				
10.310.1571	Basma mukavemeti en az 200 kPa (üzeri gezilmeyen ters teras çatılarda)	m ³	İşbaşında	1.735,00
10.310.1572	Basma mukavemeti en az 300 kPa, (üzeri gezilen ters teras çatılarda)	m ³	İşbaşında	1.870,00
10.310.1573	Basma mukavemeti en az 500 kPa, (otopark çatılarda)	m ³	İşbaşında	3.670,00
0.040<Isıl iletkenlik katsayısı ≤ 0.045 W/(m.K) olan XPS levhalar				
10.310.1581	Basma mukavemeti en az 200 kPa (üzeri gezilmeyen ters teras çatılarda)	m ³	İşbaşında	1.600,00
10.310.1582	Basma mukavemeti en az 300 kPa, (üzeri gezilen ters teras çatılarda)	m ³	İşbaşında	1.750,00
10.310.1583	Basma mukavemeti en az 500 kPa, (otopark çatılarda)	m ³	İşbaşında	3.400,00
Toprak Temaslı Duvarlar				
	Difüzyon ile su emmesi WD(V)3 sınıfı ve donma çözünme direnci FTCD2 sınıfı olan XPS levhalar			
0.030<Isıl iletkenlik katsayısı ≤ 0.035 W/(m.K) olan XPS levhalar				
10.310.1591	Basma mukavemeti en az 300 kPa	m ³	İşbaşında	1.850,00
10.310.1592	Basma mukavemeti en az 400 kPa	m ³	İşbaşında	2.550,00
10.310.1593	Basma mukavemeti en az 500 kPa	m ³	İşbaşında	3.650,00
0.035<Isıl iletkenlik katsayısı ≤ 0.040 W/(m.K) olan XPS levhalar				
10.310.1601	Basma mukavemeti en az 300 kPa	m ³	İşbaşında	1.785,00
10.310.1602	Basma mukavemeti en az 400 kPa	m ³	İşbaşında	2.410,00
10.310.1603	Basma mukavemeti en az 500 kPa	m ³	İşbaşında	3.485,00
0.040<Isıl iletkenlik katsayısı ≤ 0.045 W/(m.K) olan XPS levhalar				
10.310.1611	Basma mukavemeti en az 300 kPa	m ³	İşbaşında	1.700,00
10.310.1612	Basma mukavemeti en az 400 kPa	m ³	İşbaşında	2.300,00
10.310.1613	Basma mukavemeti en az 500 kPa	m ³	İşbaşında	3.400,00
Eğik Çatılarda (mertek altı, arası ve üzeri (çatı tahtalı veya tahtasız)) Isı Yalıtımı İçin				
	Belirli sıcaklık ve nem etkisi altında boyut kararlılığı en fazla %5 olan (DS(70,90)) olan XPS levhalar			
10.310.1621	Basma mukavemeti en az 100 kPa, (mertek arası uygulamalar için)	m ³	İşbaşında	1.430,00
10.310.1622	Basma mukavemeti en az 200 kPa	m ³	İşbaşında	1.635,00
10.310.1623	Basma mukavemeti en az 300 kPa	m ³	İşbaşında	1.760,00
10.310.1624	Basma mukavemeti en az 400 kPa ve eğilme dayanımı en az 600 kPa, (Mertek üzeri çatı tahtasız uygulamalar için)	m ³	İşbaşında	4.185,00

Tablo 9. Cam yünü ile ısı yalıtım levhaları için malzeme birim fiyatları [16]

Poz No	Tanımı	Ölçü Birimi	Satın Alma Yeri	Rayiç Fiyatı TL
CAMYÜNÜ ISI YALITIM ŞİLTELERİ (TS EN 13162+A1)				

TS EN 13162 +A1 standardına göre üretilmiş, gönyeden sapma toleransı ± 5 mm/m'den az, uzunluk toleransı $\pm 2\%$, genişlik toleransı $\pm 1,5\%$, düzlük toleransı 6 mm ve altında olan, kalınlık sınıfı T1 olan CE işaretine sahip, TS 825'e göre yapılmış ısı yalıtım projesine uygun ısı iletkenlik ve kalınlıkta camyünü ısı yalıtım şilteleridir.				
Not : Ara değerler rayiç fiyatları enterpolasyonla bulunur.				
Çatı Döşemelerinde Isı Yalıtımı İçin				
Kaplamasız Camyünü Çatı Şilteleri				
10.310.1001	$0,035 \leq$ Isıl iletkenliği $< 0,040W/(m.K)$ olan	m ³	İşbaşında	670,00
10.310.1002	$0,040 \leq$ Isıl iletkenliği $\leq 0,045W/(m.K)$ olan	m ³	İşbaşında	365,00
Bir Yüzü Camtülü Kaplamalı Camyünü Çatı Şilteleri				
$0,035 \leq$ Isıl iletkenliği $< 0,040W/(m.K)$ olan				
10.310.1011	8 cm kalınlıkta	m ²	İşbaşında	60,00
10.310.1012	16 cm kalınlıkta	m ²	İşbaşında	110,00
$0,040 \leq$ Isıl iletkenliği $\leq 0,045W/(m.K)$ olan				
10.310.1021	8 cm kalınlıkta	m ²	İşbaşında	40,00
10.310.1022	16 cm kalınlıkta	m ²	İşbaşında	75,00
Mertek Arası Isı Yalıtımı İçin				
Bir Yüzü Alüminyum Folya Kaplı Camyünü Çatı Şilteleri				
$0,035 \leq$ Isıl iletkenliği $< 0,040W/(m.K)$ olan				
10.310.1031	8 cm kalınlıkta	m ²	İşbaşında	80,00
10.310.1032	16 cm kalınlıkta	m ²	İşbaşında	130,00
$0,040 \leq$ Isıl iletkenliği $\leq 0,045W/(m.K)$ olan				
10.310.1041	8 cm kalınlıkta	m ²	İşbaşında	60,00
10.310.1042	16 cm kalınlıkta	m ²	İşbaşında	95,00
CAM YÜNÜ ISI YALITIM LEVHALARI (TS EN 13162 + A1)				
TS EN 13162 standardına göre üretilmiş, ısı iletkenliği $0,040 W/(m.K)$ 'in altında olan, gönyeden sapma toleransı ± 5 mm/m'den az, uzunluk toleransı $\pm 2\%$, genişlik toleransı $\pm 1,5\%$, düzlük toleransı 6mm ve altında olan, kalınlık sınıfı T1 olan CE işaretine sahip, TS 825'e göre yapılmış ısı yalıtım projesine uygun ısı iletkenlik ve kalınlıkta camyünü ısı yalıtım levhalarıdır.				
Not : Ara değerler rayiç fiyatları enterpolasyonla bulunur.				
Giydirme Cephelerde Isı Yalıtımı için				
Bir Yüzü Camtülü Kaplı Levhalar				
Kısa süreli kısmi daldırmada su emme değeri $1,0kg/m^2$ ve altında (WP) olan su iticilik özelliği kazandırılmış (silikon vb. katkı)				
10.310.1051	5 cm kalınlıkta	m ²	İşbaşında	62,00
10.310.1052	10 cm kalınlıkta	m ²	İşbaşında	103,00
10.310.1053	15 cm kalınlıkta	m ²	İşbaşında	146,00
Asma Tavanlarda Isı Yalıtımı İçin				
Kompozit Camyünü Asma Tavan Isı Yalıtım Levhaları için; Bir yüzü PVC, camtülü vb. kaplı, ısı iletkenliği $0,035 W/(m.K)$ ve altında olan fabrika yapımı kompozit yalıtım levhası				
PVC Kaplı Kompozit Levhalar				
10.310.1061	2 cm kalınlıkta	m ²	İşbaşında	95,00
10.310.1062	2,5 cm kalınlıkta	m ²	İşbaşında	110,00
10.310.1063	3 cm kalınlıkta	m ²	İşbaşında	127,00
10.310.1064	5 cm kalınlıkta	m ²	İşbaşında	195,00
Beyaz Cam Tülü Kaplı Kompozit Levhalar				
10.310.1071	2 cm kalınlıkta	m ²	İşbaşında	237,00
10.310.1072	2,5 cm kalınlıkta	m ²	İşbaşında	255,00
10.310.1073	3 cm kalınlıkta	m ²	İşbaşında	273,00
10.310.1074	5 cm kalınlıkta	m ²	İşbaşında	345,00

Tablo 10. EPS levhalar ile ısı yalıtım levhaları için malzeme birim fiyatları [16]

Poz No	Tanımı	Ölçü Birimi	Satın Alma Yeri	Rayiç Fiyatı TL
EPS MALZEMELER İLE ISI YALITIMI YAPILMASI				
EPS ile Mantolama Yapılması				
15.341.1001	5 cm kalınlıkta yüzeye dik çekme mukavemeti en az 100kPa (TR100) ekspande polistren levhalar (EPS) ile dış duvarlarda dıştan ısı yalıtımı ve üzerine ısı yalıtım sıvası yapılması (Mantolama)	m ²		256,59
15.341.1002	6 cm kalınlıkta yüzeye dik çekme mukavemeti en az 100kPa (TR100) ekspande polistren levhalar (EPS) ile dış duvarlarda dıştan ısı yalıtımı ve üzerine ısı yalıtım sıvası yapılması (Mantolama)	m ²		265,59
15.341.1003	8 cm kalınlıkta yüzeye dik çekme mukavemeti en az 100kPa (TR100) ekspande polistren levhalar (EPS) ile dış duvarlarda dıştan ısı yalıtımı ve üzerine ısı yalıtım sıvası yapılması (Mantolama)	m ²		283,56
15.341.1004	10 cm kalınlıkta yüzeye dik çekme mukavemeti en az 100kPa (TR100) ekspande polistren levhalar ile (EPS) dış duvarlarda dıştan ısı yalıtımı ve üzerine ısı yalıtım sıvası yapılması (Mantolama)	m ²		301,55
Grafit/Karbon Esaslı EPS ile Mantolama Yapılması				
15.341.1021	5 cm kalınlıkta yüzeye dik çekme mukavemeti en az 100kPa (TR100) grafit/karbon esaslı ekspande polistren levhalar (EPS) ile dış duvarlarda dıştan ısı yalıtımı ve üzerine ısı yalıtım sıvası yapılması (Mantolama)	m ²		264,80
15.341.1022	6 cm kalınlıkta yüzeye dik çekme mukavemeti en az 100kPa (TR100) grafit/karbon esaslı ekspande polistren (EPS) levhalar ile dış duvarlarda dıştan ısı yalıtımı ve üzerine ısı yalıtım sıvası yapılması (Mantolama)	m ²		275,43
15.341.1023	8 cm kalınlıkta yüzeye dik çekme mukavemeti en az 100kPa (TR100) grafit/karbon esaslı ekspande polistren levhalar (EPS) ile dış duvarlarda dıştan ısı yalıtımı ve üzerine ısı yalıtım sıvası yapılması (Mantolama)	m ²		296,69
15.341.1024	10 cm kalınlıkta yüzeye dik çekme mukavemeti en az 100kPa (TR100) grafit/karbon esaslı ekspande polistren levhalar ile dış duvarlarda dıştan ısı yalıtımı ve üzerine ısı yalıtım sıvası yapılması (Mantolama)	m ²		317,95
Yüke Maruz Kalmayan Döşemelerde Isı Yalıtımı Yapılması				
15.341.1041	5 cm kalınlıkta EPS levhalar (60 Kpa basınç dayanımlı) ile yatayda sadece çatı döşemesinde (yüke maruz kalmayan döşemelerde) ısı yalıtımı yapılması	m ²		51,10
15.341.1042	5 cm kalınlıkta EPS levhalar (90 Kpa basınç dayanımlı) ile yatayda (yüke maruz kalmayan döşemelerde) ısı yalıtımı yapılması	m ²		56,68
15.341.1043	5 cm kalınlıkta Grafit/Karbon Esaslı EPS levhalar (60 Kpa basınç dayanımlı) ile yatayda sadece çatı döşemesinde (yüke maruz kalmayan döşemelerde) ısı yalıtımı yapılması	m ²		61,60
15.341.1044	5 cm kalınlıkta Grafit/Karbon Esaslı EPS levhalar (90 Kpa basınç dayanımlı) ile yatayda (yüke maruz kalmayan döşemelerde) ısı yalıtımı yapılması	m ²		69,14
Yüke Maruz Kalan Döşemelerde Isı Yalıtımı Yapılması				
15.341.1061	5 cm kalınlıkta EPS levhalar (150 Kpa basınç dayanımlı) ile yatayda (yüke maruz kalan döşemelerde) ısı yalıtımı yapılması	m ²		71,11
15.341.1062	5 cm kalınlıkta EPS levhalar (200 Kpa basınç dayanımlı) ile yatayda (yüke maruz kalan döşemelerde) ısı yalıtımı yapılması	m ²		86,20
15.341.1063	5 cm kalınlıkta Grafit/Karbon Esaslı EPS levhalar (150 Kpa basınç dayanımlı) ile yatayda (yüke maruz kalan döşemelerde) ısı yalıtımı yapılması	m ²		89,16
15.341.1064	5 cm kalınlıkta Grafit/Karbon Esaslı EPS levhalar (200 Kpa basınç dayanımlı) ile yatayda (yüke maruz kalan döşemelerde) ısı yalıtımı yapılması	m ²		108,51

İçten Sıvalı Uygulamalar İle Isı Yalıtımı Yapılması			
15.341.1081	5 cm kalınlıkta basma mukavemeti en az 90 kPa (CS(10)90) Ekspande Polistren levhalar (EPS) ile duvarlarda içten ısı yalıtımı ve üzerine ısı yalıtım sıvası yapılması	m ²	251,83
15.341.1082	5 cm kalınlıkta basma mukavemeti en az 150 kPa (CS(10)150) Ekspande Polistren levhalar (EPS) ile duvarlarda içten ısı yalıtımı ve üzerine ısı yalıtım sıvası yapılması	m ²	267,25
15.341.1083	5 cm kalınlıkta Grafit/Karbon esaslı basma mukavemeti en az 90 kPa (CS(10)90) Ekspande Polistren levhalar (EPS) ile duvarlarda içten ısı yalıtımı ve üzerine ısı yalıtım sıvası yapılması	m ²	263,31
15.341.1084	5 cm kalınlıkta Grafit/Karbon esaslı basma mukavemeti en az 150 kPa (CS(10)150) Ekspande Polistren levhalar (EPS) ile duvarlarda içten ısı yalıtımı ve üzerine ısı yalıtım sıvası yapılması	m ²	285,30
Geleneksel Teras Çatılarda Isı Yalıtımı Yapılması			
15.341.1101	10 cm kalınlıkta basma mukavemeti en az 100 kPa (üzeri gezilmeyen teras çatılarda) ekspande polistren levhalar (EPS) ile ısı yalıtımı yapılması	m ²	111,48
15.341.1102	10 cm kalınlıkta basma mukavemeti en az 150 kPa ekspande polistren levhalar (EPS) ile (geleneksel gezilebilir teras çatı vb.) ısı yalıtımı yapılması	m ²	132,48
15.341.1103	10 cm kalınlıkta basma mukavemeti en az 100 kPa (üzeri gezilmeyen teras çatılarda) grafit/karbon esaslı ekspande polistren levhalar (EPS) ile ısı yalıtımı yapılması	m ²	141,00
15.341.1104	10 cm kalınlıkta basma mukavemeti en az 150 kPa grafit/karbon esaslı ekspande polistren levhalar (EPS) ile (geleneksel gezilebilir teras çatı vb.) ısı yalıtımı yapılması	m ²	168,56
Ters Teras Çatılarda Isı Yalıtımı Yapılması			
15.341.1121	10 cm kalınlıkta EPS (Basma mukavemeti en az 200 kPa) ile ters teras çatılarda ısı yalıtımı yapılması	m ²	162,66
15.341.1122	10 cm kalınlıkta EPS (Basma mukavemeti en az 250 kPa) ile ters teras çatılarda ısı yalıtımı yapılması	m ²	193,50
15.341.1123	10 cm kalınlıkta Grafit/Karbon Esaslı EPS (Basma mukavemeti en az 200 kPa) ile ters teras çatılarda ısı yalıtımı yapılması	m ²	207,29
15.341.1124	10 cm kalınlıkta Grafit/Karbon Esaslı EPS (Basma mukavemeti en az 250 kPa) ile ters teras çatılarda ısı yalıtımı yapılması	m ²	247,31
Toprak Temaslı Bodrum Duvarlarında Isı Yalıtımı Yapılması			
15.341.1141	8 cm kalınlıkta Basma mukavemeti en az 250 kPa ekspande polistren levhalar (EPS) ile bodrum duvarlarında su yalıtımı üzerine ısı yalıtımı yapılması	m ²	132,08
15.341.1142	8 cm kalınlıkta Basma mukavemeti en az 250 kPa grafit/karbon esaslı ekspande polistren levhalar (EPS) ile bodrum duvarlarında su yalıtımı üzerine ısı yalıtımı yapılması	m ²	167,78

Bunlara ek olarak pencereler için de aşağıdaki maliyetler söz konusu olmaktadır:

Tablo 11. Isı yalıtım uygulamasına ilişkin hesaplamalarda kullanılan malzeme birim fiyatları [2][21]

Tanım	Birim	Poz No.	Birim fiyat ₺/m² (2020)
PVC ve alüminyum doğramaya profil ile 6+6 mm kalınlıkta 16 mm ara boşluklu ilk camı güneş ve ısı kontrol kaplamalı çift camlı pencere ünitesi takılması	m ²	Y.28.645/C52	₺212,26
Pencere toplam ısıl geçirgenliği U=1.5 W/m ² k ve gölgeleme katsayısı SC=0,5 olan pencere ünitesi takılması	m ²	Y.28.645/özel1	₺259,88
Pencere toplam ısıl geçirgenliği U=1.3 W/m ² k ve gölgeleme katsayısı SC=0,5 olan pencere ünitesi takılması	m ²	Y.28.645/özel2	₺307,51

Aşağıdaki tabloda eldeki mevcut verilerden proje kapsamında inşa edilmesi planlanan toplam konut alanı ve yaygın olarak uygulanan bina mimari tipolojileri dikkate alınarak toplam duvar, çatı, taban ve pencere alanları için yaklaşık değerler hesaplanmıştır:

Tablo 12. Proje kapsamında inşa edilecek konut binaları için hesaplanan yaklaşık alanlar*

Alan	Alan büyüklüğü (m ²)
Konut İnşaat Alanı	52.465.913
Konut ayak izi/Çatı alanı	9.899.225
Toplam dış duvar yüzey alanı	44.596.025
Toplam pencere alanı	6.689.400

*Bu hesaplamalar TÜBİTAK TÜSSİDE tarafından Nisan 2021 tarihli Esenler Belediyesi Akıllı Şehir Uygulamaları Fizibilite Projesi kapsamında Yapı Yalıtım Sistemi Uygulaması Ön Fizibilite Raporu'ndan elde edilen verilerle, bu projenin kapasitesi ve gereksinimlerinin oranlanması sonucunda hesaplanmıştır.

Tablo 13. İncelenen ısı yalıtım senaryolarının yaklaşık ilk yatırım maliyetleri*

	S0		S1		S2	
	Birim fiyat	Fiyat	Birim fiyat (₺/m ²)	Fiyat	Birim fiyat (₺/m ²)	Fiyat
	(₺/m ²)	(M₺)		(M₺)		(M₺)
Duvar yalıtımı	₺85,81	₺3.826,75	₺103,40	₺4.611,25	₺137,28	₺6.122,38
Çatı yalıtımı	₺45,24	₺447,88	₺56,36	₺557,88	₺81,94	₺811,13
Taban yalıtımı	₺28,18	₺279,00	₺36,70	₺363,25	₺36,70	₺363,25
Pencere ve doğrama	₺150,58	₺1.007,25	₺259,88	₺1.738,50	₺307,51	₺2.057,00
Toplam	-	₺5.560,88	-	₺7.270,88	-	₺9.353,75

*Bu hesaplamalar TÜBİTAK TÜSSİDE tarafından Nisan 2021 tarihli Esenler Belediyesi Akıllı Şehir Uygulamaları Fizibilite Projesi kapsamında Yapı Yalıtım Sistemi Uygulaması Ön Fizibilite Raporu'ndan elde edilen verilerle, bu projenin kapasitesi ve gereksinimlerinin oranlanması sonucunda hesaplanmıştır.

Tablo 13'te hesaplanan ilk yatırım maliyetleri, Tablo 14'te hesaplanan enerji tasarrufu ve yakıt birim fiyatları ile birlikte ele alınarak, önerilen birinci (S1) ve ikinci (S2) ısı yalıtım senaryolarının ilave yatırım maliyetleri için geri ödeme süreleri hesaplanmıştır**.

**Isıtma kaynaklı giderlerin hesaplanmasında, yakıt olarak doğal gaz kullanılması öngörülmüştür. Doğal gaz birim fiyatı (Ocak 2021 fiyatlarına göre, KDV dahil) 0,2264 ₺/kWh varsayılmıştır. Karbondioksit salınımına ilişkin hesaplamalarda ise doğal gaz salım faktörü ise 0,184 kg-CO₂/kWh alınmıştır.

Tablo 14. İncelenen ısı yalıtım senaryolarının enerji, çevresel ve ekonomik performans göstergeleri [2]

	Birim	S0	S1	S2
Birim konut inşaat alanı başına ısıtma kapasitesi	W/m ²	44,1	33,7	22,6
Isıtma kaynaklı enerji tüketim yoğunluğu	kWh/m ² .yıl	88,7	66,4	40,5

Isıtma kaynaklı yıllık CO₂ salım yoğunluğu	kg-CO ₂ /m ² .yıl	16,3	12,2	7,5
Yıllık metre kare başına ısıtma maliyeti	₺/m ²	20,08	15,03	9,17
Toplan yıllık ısıtma kaynaklı enerji tüketimi	GWh/yıl	372,3	278,7	170,0
Toplam yıllık ısıtma kaynaklı karbondioksit salım miktarı	ton-CO ₂ /yıl	68.503	51.281	31.278
Toplam yıllık enerji tasarrufu	GWh/yıl	-	93,6	202,3
Toplam yıllık önlenebilir salım miktarı	ton-CO ₂ /yıl	-	17.222	37.225
Toplam yıllık ısıtma kaynaklı gider tasarrufu	M₺/yıl	-	21	46
Referans duruma göre ilave ilk yatırım maliyeti	M₺	-	137	303
Basit geri ödeme süresi	yıl	-	6,5	6,6

Tablo 14'te paylaşılan, birim konut inşaat alanı başına ısıtma kapasitesi değerlerine göre, ısıtma kapasitesinin birinci senaryoda (S1) %24 ve ikinci senaryoda (S2) %49 azalması beklenebilir. Bu da ısıtma sistemine ilişkin ilk yatırım maliyetlerinin önemli oranda azalmasına imkân sağlayacaktır.

5. Ekonomik Analiz

Yalıtımda kullanılacak malzemeye göre projenin ilk maliyeti de değişecektir. Fakat projenin uzun vadede getireceği enerji ve maliyet tasarrufları binanın ısıtma veya soğutma giderlerinin ciddi oranda azalmasını sağlayacaktır.

Yalıtım sistemleri ile ısıtma ve soğutma ihtiyacı azalan yapılarda daha düşük kapasiteli ısıtma sistemleri kullanarak gerekli ihtiyaç karşılanabilecektir. Böylelikle, proje için gereken ilk yatırım maliyetleri de azaltılacaktır. Benzer şekilde, ısıtma sistemlerine duyulan gereksinim azalacağından dolayı, ısıtma sistemleri gün içinde daha az kullanılacak ve kullanım ömrü ile bakım maliyetleri de buna bağlı olarak azalacaktır.

Yapı Yalıtım Sistemleri projesi için kullanılan izolasyon malzemelerinin ömrü, işletme ve bakım maliyetleri açısından binaların kullanımı ile aynı olmaktadır. Ayrıca onarım, bakım ve yenileme maliyetleri bulunmamaktadır.

Kullanıcıların deneyimledikleri mekânın ideal ısı seviyesinde sabit tutulması, kullanıcılar için daha konforlu ve sağlıklı mekânlar sunulmasını sağlamaktadır. Daha huzurlu ve konforlu mekânlarda vakit geçiren bireylerin memnuniyet ve üretkenlik seviyeleri de doğru orantılı bir biçimde artacaktır.

Yapı Yalıtım Sistemlerinin bir diğer ekonomik faydası ise yüksek performanslı ve enerji tasarrufu sağlayan binaların piyasa değerini artırmasıdır. Piyasa değeri yükselen yapılar daha çok tercih edilmekte ve daha yüksek kira bedellerine sahip olmaktadır.

Tüm bu koşullar göz önünde bulundurulduğunda, kentlerde uygulanacak bu tür uygulamalar büyük ölçekte Türkiye'ye de ekonomik bir katkı sağlayacaktır.

6. Sosyal Etkinin Analizi

Yapılarda yalıtımın sosyal faydaları, yaşam kalitesinin iyileştirilmesi, kaynakların korunumu, sorumluluğu ve bilinçlenme üzerine odaklanmaktadır. Yapı enerji verimliliğinde büyük bir etkiye sahip olması, mevcut binalara uygulanabilmesi ve yaygınlaşma potansiyelinden dolayı yalıtım, yapılaşmış çevrenin sürdürülebilir dönüşümü için temel bir adımdır. Ayrıca enerji verimliliğinin faydalarını sergilemek ve bilinç kazandırmak açısından önemli bir rol oynamaktadır. Yalıtım uygulamaları, enerji tüketimindeki azalış ve termal konfordaki iyileşme gibi gözlemlenebilir sonuçlarla sürdürülebilirlik bilincini artırabilir. Bu sektör aynı zamanda enerji etkin yapılaşma odaklı yeni iş alanları da sağlamaktadır.

Yalıtımın yaşam kalitesine etkisi, termal konforun psikolojik ve fizyolojik faydalarına dayanmaktadır. İyi yalıtımlı binalar, ısı kaybının engellenmesi sayesinde sıcaklık farklarından daha az etkilenir ve daha istikrarlı bir iç sıcaklık sağlarlar. Bu durum kullanıcı sağlığı, refah algısı, konfor algısı, üretkenlik ve günlük faaliyetlerde etkinlik gibi faktörleri geliştirir.

Yapı Yalıtım Sistemleri uygulamaları, diğer çevre dostu uygulamalara kıyasla düşük maliyetli seçenekler sunar ve geri ödeme süreleri kısa olduğu için sosyal açıdan eşitlikçi bir çözüm olarak değerlendirilebilir. Farklı sosyoekonomik gruplara hitap eden konutlarda uygulanabilirliği ve düşük işletme maliyeti sayesinde dar gelirli gruplar için olumlu konfor koşullarının oluşturulmasına katkı sağlayabilir.

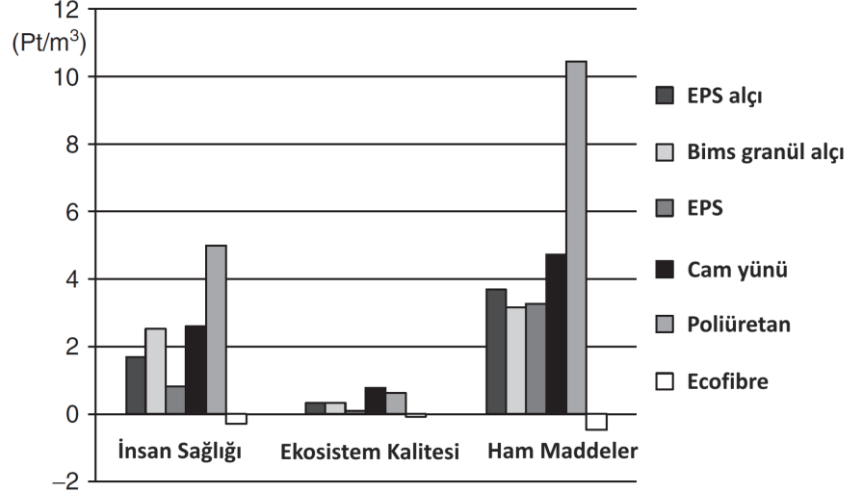
7. Çevresel Etkinin Analizi

Yapı Yalıtım Sistemleri ısı, ses, su ve tesisat yalıtımlarını kapsamaktadır. Binaların enerji tüketiminin büyük bir kısmını ısı enerjisi tüketimi kapsadığından, bina kabuğunun ısı yalıtımı büyük bir önem taşımaktadır. Bina kabuğu çatı, duvar ve zemin elemanlarından oluşmaktadır. Bu elemanlarının yalıtımları için kullanılacak elemanlar “*Teknik Analiz ve Alternatif Teknolojilerin Değerlendirilmesi*” başlığında da belirtildiği üzere, cam yünü, taş yünü, genleştirilmiş polistren (EPS), ekstrude polistren (XPS) ve poliüretan köpük olarak çeşitlenmektedir. Bu yalıtım malzemelerinin çevreye olan etkisini ölçebilmek için Yaşam Döngüsü Analizi (YDA) yapılmaktadır. Bu yöntem sayesinde sağlanan ürün ve hizmetlerin çevresel etkileri detaylıca analiz edilmiş olacaktır. Yapı Yalıtım Sistemleri projesinde yaşam döngüsü analizi yapılarak çevresel etkiler değerlendirilir. Analizde küresel ısınma, enerji ve su tüketimi gibi faktörler incelenir. Taş yünü ve cam yünü gibi malzemelerin yaşam döngüsü boyunca diğer malzemelere göre düşük enerji tüketimi sağladığı ve atmosfere daha az CO₂ salınımı yaptığı görülmüştür. Bununla birlikte EPS ve Poliüretan gibi malzemelerin yaşam döngüsü envanterleri incelendiğinde enerji ve su tüketiminin taş yünü ve cam yününe kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Aşağıdaki tabloda farklı malzemelerin çevresel etkileri verilmektedir:

Tablo 15. Farklı ısı yalıtım malzemelerinin çevresel etkilerinin karşılaştırması (1 m²K/W ısı yalıtımı sağlanması için) [2] [17]

Malzeme	Çevresel Etki Kategorisi		
	Küresel Isınma (g CO ₂ eşdeğeri)	Enerji Tüketimi (MJ)	Su Tüketimi (kg)
Taşyünü	1.449	16,6	3,9
Camyünü	2.200	47,3	27
EPS	4.380	71,9	-
Poliüretan	3.200	93,6	297,7

Genel olarak, yalıtım malzemelerinin çevresel etkileri çeşitli faktörlere bağlı olarak incelenebilir. Bu faktörler arasında karsinojenler, solunum organik maddeler, solunum inorganik maddeler, iklim değişikliği, radyasyon, ozon tabakası, ekotoksiklik, asitlenme/ötrofikasyon, arazi kullanımı, mineraller ve fosil yakıtlar bulunmaktadır. Bunlar, insan sağlığı, ekosistem kalitesi ve ham maddeler olmak üzere üç hasar kategorisi altında ele alınır [18]. Yalıtım malzemelerinin yaşam döngüsü analizleri sonucunda, bu hasar kategorilerine göre etki değerleri elde edilir (işlevsel birim başına puan değerleri Pt/m³). Bu etki değerleri Şekil 5'te sunulmaktadır [19].



Şekil 5. Farklı yalıtım malzemeleri için hasar kategorilerine göre YDA sonuçları [2]

Aynı ısı geçirgenlik katsayısına (U) sahip olan ısı yalıtım malzemelerinin üretim, temin ve kurulum süreçlerinden kaynaklı emisyonları karşılaştıran bir çalışmada, CO₂ salınımının en yüksek poliüretan malzemelerde gerçekleştiği bulunmuştur. EPS, taş yünü ve camyünü malzemeleri ise benzer CO₂ salınım değerlerine sahiptir. XPS malzemelerinde fosil kaynaklı hammaddeler kullanılmaktadır ve üretim ve bertaraf aşamalarında sera gazı salınımına neden olmaktadır. Poliüretan ve XPS malzemeleri enerji tasarrufu açısından daha etkili olsa da çevresel etkileri diğer malzemelere göre daha yüksektir [20]. Türkiye'de cam yünü ve taş yünü ısı yalıtım malzemeleri yaygın olarak kullanılmaktadır ve çevresel etki açısından mineral bazlı malzemelerin (cam yünü, taş yünü) diğer malzemelere göre daha az zarar verdiği belirlenmiştir.

8. Risk Analizi

Yapı Yalıtım Sistemleri uygulamalarının değerlendirilmesinde kullanılan parametrelerden biri, ısı yalıtım malzemelerinin birim fiyatlarındaki dalgalanmalardır. Bu dalgalanmalar enflasyon veya teknoloji gelişmesinden kaynaklı artış veya düşüşler şeklinde olabilir. Diğer bir parametre ise yakıt birim fiyatlarıdır. Küresel fiyatlar ve döviz kurlarındaki değişikliklerden dolayı yakıt birim fiyatlarında dalgalanmalar beklenir. Bu parametrelerdeki değişiklikler, Yapı Yalıtım Sistemleri uygulamasının ekonomik göstergelerini belirli ölçüde etkileyebilir, ancak uygulamanın sürdürülebilirliğiyle ilgili değerlendirmeleri ciddi şekilde etkilemesi beklenmez.

9. Genel Değerlendirme ve Sonuç

BEP yönetmeliği gereğince tüm yeni binalar ve önemli tadilat geçiren mevcut binaların standart gereksinimlerine uygun olarak yalıtılması zorunludur. Ancak, daha fazla enerji verimliliği, kolay uygulanabilirlik, bakım gerektirmemesi, çevresel etkileri azaltması ve kısa geri ödeme süresi gibi

faktörler göz önünde bulundurulduğunda, standart gereksinimlerin ötesinde bir yalıtım uygulamasının faydalı olacağı düşünülmektedir. Bu nedenle, projenin tasarım aşamasında tüm teknik ve ekonomik detaylar dikkate alınarak analizler yapılmalı ve uygun tasarım kararlarıyla nihai tasarım geliştirilmelidir. Isı yalıtım malzemesinin seçiminde özellikle ısı iletkenliği ve yangına dayanım sınıfı gibi faktörler dikkate alınmalıdır. Seçilen malzemeler, yönetmeliğin yangına karşı korunma gereksinimlerine uygun olmalıdır. Ayrıca, duvar, çatı ve döşemeler gibi farklı alanlarda farklı yalıtım malzemelerinin kullanılması da değerlendirilebilir.

10. Kaynakça

- [1] ÇŞİDB Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü. (2022). Çevresel göstergeler. In *T.C. Çevre, Şehircilik Ve İklim Değişikliği Bakanlığı* (No. 978-625-7076-52-4). T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı.
https://webdosya.csb.gov.tr/db/cevreselgostergeler/duyurular/csidb_cevresel_gostergeler_2022-20230512144311.docx
- [2] TÜBİTAK- TÜSSİDE. (Nisan 2021). Esenler Belediyesi Akıllı Şehir Uygulamaları Fizibilite Projesi. Yapı Yalıtım Sistemi Uygulaması Ön Fizibilite Raporu.
- [3] SU.S. Energy Information Administration. (2016). International energy outlook 2016. In *www.eia.gov* (DOE/EIA-0484(2016)). [https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484\(2016\).pdf](https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484(2016).pdf)
- [4] Binalarda ısı yalıtım kuralları. (2008). In *www.resmigazete.gov.tr* (ICS 91.120.10). Türk Standardları Enstitüsü. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/08/20080826-7-1.doc>
- [5] Ünver, Ü., Adigüzel, E., Adigüzel, E., Çivi, S., & Roshanaei, K. (2020). Türkiye'deki İklim Bölgelerine göre binalarda ısı yalıtım uygulamaları. *İleri Mühendislik Çalışmaları Ve Teknolojileri Dergisi*, 1(2), 171–187. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1327089>
- [6] Aşkadar, M.A. (2005) "Isı Yalıtımı ve Konutlarda Enerji Verimliliği" İzolasyon Dünyası, Sayı.55, Eylül-Ekim, s.54-58.
- [7] Altınışik, K. (2006) "Isı Yalıtımı", Nobel Yayın Dağıtım, Yayın No:954, 1. Basım, Ağustos, Ankara
- [8] Şimşek, Z. (2019) Konut Yapılarında kullanılan Isı Yalıtım Malzemelerin İncelenmesi. *Technological Applied Sciences*, 14(4), 147-162.

- [9] Shine, E. (2022). How Much Does Insulation Save in Money (and Energy)? - Attainable Home. *Attainable Home*. <https://www.attainablehome.com/how-much-does-insulation-save/>
- [10] *Taşıyünü Nedir? | Fixa Yapı Kimyasalları*. (n.d.). Author:Caretta. <https://www.fixa.com.tr/blog/tasyunu-nedir-82>
- [11] Koçtaş. (n.d.). *Çatı Şiltesi Tip 400 Folyolu*. Koctaş.com.tr. <https://www.koctaş.com.tr/izocam-cati-siltesi-tip-400-folyolu/p/1000120412>
- [12] *XPS (Ekstrude Polistren Malzemeler) Yalıtım Levhası Özellikleri | TOPAÇ A.Ş - Yapı Malzemeleri*. (n.d.). <https://topac.net/blog/xps-ekstrude-polistren-malzemeler-yalitim-levhasi-ozellikleri>
- [13] *Austrotherm EPS FASSADE® | Austrotherm Yalıtım Malzemeleri ve geoBLOCK İnşaat Mühendisliği Uygulamaları*. (n.d.). <https://www.austrotherm.com.tr/ueruenler/austrotherm-eps-gri/austrotherm-eps-fassade-r>
- [14] T.C. ÇŞİDB, Yüksek Fen Kurulu Başkanlığı 1934. (n.d.). İnşaat genel teknik şartnamesi. In *yfk.csb.gov.tr*. <https://webdosya.csb.gov.tr/db/yfk/icerikler//c20---isi-yalitim-isler--20190412161812.pdf>
- [15] T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (n.d.). Isı yalıtım uygulama kılavuzu. In *webdosya.csb.gov.tr*. T.C. ÇŞB. <https://webdosya.csb.gov.tr/db/meslekihizmetler/ustmenu/ustmenu617.pdf>
- [16] T.C. ÇŞİDB Yüksek Fen Kurulu Başkanlığı 1934. (2023). 2023 yılı inşaat ve tesisat birim fiyatları. In *T.C. Çevre, Şehircilik Ve İklim Değişikliği Bakanlığı*. <https://webdosya.csb.gov.tr/db/yfk/icerikler/2023-b-r-m-f-yatlari-1-20230130125553.pdf>
- [17] Alkaya, E., Böğürücü, M., & Ulutaş, F. (2012). YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ VE BİNA ISI YALITIM MALZEMELERİ İÇİN UYGULAMALAR. *Çevre Bilim & Teknoloji*, 3(4), 261–274. <https://docplayer.biz.tr/3300629-Yasam-dongusu-analizi-ve-bina-isi-yalitim-malzemeleri-icin-uygulamalar.html>
- [18] Dylewski, R., & Adamczyk, J. (2014). Life cycle assessment (LCA) of building thermal insulation materials. In *Elsevier eBooks* (pp. 267–286). <https://doi.org/10.1533/9780857097729.2.267>

- [19] Silvestre, J. D., De Brito, J., & Pinheiro, M. D. (February 2011). Life-Cycle assessment of thermal insulation materials for external walls of buildings. In *www.researchgate.net* [Conference paper]. International Conference of Constructions - Towards a Better Built Environment, Innsbruck, Austria. https://www.researchgate.net/publication/283326066_Life-Cycle_Assessment_of_Thermal_Insulation_Materials_for_External_Walls_of_Buildings
- [20] Llantoy, N., Chàfer, M., & Cabeza, L. F. (2020). A comparative life cycle assessment (LCA) of different insulation materials for buildings in the continental Mediterranean climate. *Energy and Buildings*, 225, 110323. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110323>
- [21] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Yüksek Fen Kurulu Başkanlığı. (2020). İnşaat Birim Fiyatlarına Esas İşçilik-Araç ve Gereç Rayiç Listeleri.