

KONUTLARDA YALITIM KALINLIKLARININ ARTIRILMASININ ENERJİ TASARRUFUNA ETKİSİ

Hüseyin GÜLLÜCE
Süleyman KARSLI
Hanifi SARAÇ

ÖZET

Fosil enerji kaynaklarının hızla tükendiği dünyamızda yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi gittikçe artmaktadır. Tüm dünyada yapılan çalışmalar enerji kaynaklarını çeşitlendirmek ve bunların verimli kullanılmasını sağlamaktır. Üretilen enerjinin etkin kullanımının yanında enerjinin tasarrufu da çok önemlidir. Enerjinin tasarruf edilmesinde en büyük etkenlerden biri yalıttır. Konutlarda enerji tasarrufu yapabilmek için yalıtım yapılması şarttır. Ülkemizde yalıtım yasal bir zorunluluk haline gelmiştir.

Bu çalışmada taban alanı ve mimarisi aynı olan çok katlı binalarda meydana gelen ısı kayıpları hesaplanmıştır. Yalıtım kalınlığının artırılmasının bina ısı kaybına yapmış olduğu etkiler araştırılmıştır. Yalıtım kalınlığının çok fazla artırılmasının hem ekonomi hem de ticari anlamda kullanılabilirliği irdelenmiş ve artan dış duvar yüzey alanı oranının, artırılan yalıtım kalınlığına etkisi incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yalıtım, Enerji Tasarrufu

ABSTACT

Fossil energy sources have been exhausted rapidly increasing importance in our world of new and renewable energy sources. Studies all over the world diversify energy sources and ensure their efficient use. Besides the efficient use of energy generated in the energy savings are also very important. Energy savings is one of the biggest factors in isolation. Residential energy-saving insulation to be able to carried out. Insulation has become a necessity in our country legally.

In this study, the multi-storey buildings in floor space and architecture from the heat losses are calculated. Investigated the effects of increasing the thickness of building insulation is made of heat loss. Much to increase the insulation thickness was examined, and the increasing availability of both the economy and the commercial viability of the exterior wall surface area ratio, increased insulation thickness investigated.

Keywords: Insulation, Energy Saving

1. GİRİŞ

Gelişmişliğin ölçüsü kabul edilen kişi başına kullanılan enerji tüketim değeri, enerji kaynaklarının bilinçsiz ve verimsiz kullanımı ile bir tezat teşkil etmektedir. Kişi başı enerji tüketim değeri ile birim enerji maliyetinin dikkate alınması gereklidir. Enerji kullanımının verimli, etkin, güvenli, zamanında ve çevreye duyarlı şekilde değerlendirerek dışa bağımlılığı azaltmayı ve ülke refahına en yüksek katkıyı sağlanması gereklidir. Son zamanlarda verimsiz bir şekilde kullanılan enerji miktarından çok enerjinin nasıl daha verimli bir şekilde kullanılması gerektiği konularında çalışmalar yapılmaktadır. Enerji

verimliliği enerji üretiminin yanında tüketimin nasıl olabileceği konusunda bazı kısıtlamalar getirmektedir. TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları günümüzde uyulması gereken kuralları zorunlu hale getirmiştir. Bu standart ile binalarda ısıtma için kullanılan enerji miktarı sınırlandırılarak, enerji tasarrufu sağlanması hedeflenmiştir. Binalarda ısı yalıtımının kurallara uygun olarak yapılması, hem enerji tüketimini azaltıp yakıttan tasarruf sağlamakta hem de insanların çalışma verimliliği için önemli olan ısı konfor şartlarının iyileştirilmesi gibi faydalarda sağlamaktadır [1]. Ayrıca uygun yapılmış yalıtımın duvarlarda meydana gelebilecek yoğunlaşmalar nedeniyle küf ve nem gibi doğal süreçlerin oluşmasını önleyerek daha uzun süreli duvarlarda malzeme ve yeniden boya vb. yapıma sürecini uzatmaktadır.

Ülkemizde 1970 yılında nüfusumuz 35,6 milyon dur ve enerji, tüketimi toplam olarak 16496 BinTEP dır. Sektörel dağılımı ise konutta %52, sanayide %25, ulaşımda %19 ve tarımda %3 tür. Bu rakamlar 2006 yılı itibarıyla şu şekilde gerçekleşmiştir; nüfus yaklaşık 73 milyon ve enerji tüketimi 73460 Bin TEP e ulaşmıştır. Yine sektörel dağılım konutta %32,, sanayide %42, ulaşımda %20 ve tarımda %5 şeklinde oluşmuştur [2]. BP Dünya Enerji İstatistikleri Raporu'na göre Türkiye'de 2010 yılında 28,7 milyon ton petrol tüketilirken, 2010 yılında Türkiye'de 39 milyar metreküp doğalgaz tüketildi. Dünyadaki kömür üretiminin %0,5'ini gerçekleştiren Türkiye'de 2010 yılında kömür üretimi değişmedi ve değerini korudu[3]. Enerjinin %32 sinin konutta kullanılması, konutlarda kullanılan enerji miktarının sınırlandırılmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır. Çünkü sanayide kullanılan enerji üretim demekten, konutta kullanılan enerji tüketim demektir. Bu yüzden konutlarda enerji kullanım miktarı sınırlanması yapılması gereklidir. Bu da ancak yalıtımla mümkündür. Yalıtım yapılırken yalıtım kalınlığı büyük önem arz etmektedir. Yalıtım kalınlığı arttıkça ısı kaybı azalmakta buna karşın yalıtım yatırım maliyeti artmaktadır. Bu durum ancak yalıtım kalınlığının optimizasyonu yapılarak çözülebilir. Bu çözüm için literatürde çok çeşitli çalışmalar yapılmaktadır.

Bu çalışmalardan Hasan [4] optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesinde ömür-maliyet analizi metodunu kullanmıştır ve bu çalışmasında polystrene ve taş yünü için enerji tasarrufunu $21\$/m^2$ geri ödeme süresi taş yünü için 1-1.7 yıl polystrene için 1.3-2.3 yıl, olarak hesaplamıştır. Gustafson [5] eski binalarda kullanılan enerji miktarını azaltabilmek için bir simülasyon programı geliştirerek optimizasyon yapmıştır. Araştırmada ısıtma sistemlerinde ömür çevrim maliyet karşılaştırması yapmış ve bölgesel ısıtma sistemlerinde işletme maliyetlerinin düşük olması için binalarda yeniden yalıtım yapılması ve ısı kayıplarının en aza indirilecek şekilde binaların tasarlanması gerektiği sonucuna varmıştır. Mohsen ve Akash [6] yaptıkları çalışmalarında bina duvar ve çatılarında yalıtım malzemesi olarak EPS kullanılması durumunda % 76,8 değerine varan miktarlarda enerji tasarrufu sağlanabileceğini ortaya koymuşlardır. Çomaklı ve Yüksel [7] Erzurum, Erzincan ve Kars illeri için binalarda dış duvarlarının optimum yalıtım kalınlığını belirlemiş ve Erzurum ili için optimum yalıtım kalınlığı uygulandığında $12\$/m^2$ -yıl tasarruf sağlanabileceğini hesaplamışlardır. Dombaycı vd. [8] Denizli'de ısıtma için farklı enerji kaynaklarının kullanılması halinde binaların dış duvarları için optimum yalıtım kalınlığını derece-gün değerini esas alarak hesapladıklarında yalıtım kalınlığının optimum yalıtım kalınlığı seçilmesi halinde sağlanan enerji tasarrufu ve geri ödeme sürelerinin $14.09\$/m^2$ ve 1.43 yıl olduğunu tespit etmişlerdir. Yu et al. [9] Çin'de yaz ve kış bölgelerinde bulunan şehirler için optimum yalıtım kalınlıklarının belirlenmesinde farklı yalıtım malzemeleri için farklı iklim bölgelerine göre geri ödeme sürelerinin 1.9-4.7 yıl ve tasarruf miktarının $39\$/m^2$ - $54.8\$/m^2$ arasında değiştiğini hesaplamışlardır. Gölcü vd. [10] dış duvarlarında yalıtım malzemesi olarak taş yünü kullanılan bir bina duvarının optimum yalıtım kalınlığının, yıllık tasarruf ve geri ödeme süresinin sırasıyla 0.048 m, % 42 ve 2.4 yıl olduğunu tespit etmişlerdir. Bolattürk [11] Türkiye'de farklı derece gün bölgelerinden 16 şehir için dış duvarların optimum yalıtım kalınlığını araştırmış, farklı şehirlere ve yakıt tiplerine bağlı olarak optimum yalıtım kalınlığını 2 ile 7 cm, enerji tasarrufunu % 22 ile 79 ve geri ödeme süresini 1,3 ile 4,5 yıl aralığında hesaplamıştır. Şişman vd. [12] Türkiye'nin dört farklı derece-gün bölgesi için dış duvar ve çatının optimum yalıtım kalınlığını belirlemişler ve dış duvar için 1.28 ile $5,67\$/m^2$ -yıl, çatı için 0.92 ile $4,92\$/m^2$ -yıl arasında değişen tasarruf yapılabileceğini hesaplamışlardır. Aslan vd. [13] Gönen jeotermal bölge ısıtma sistemiyle ısıtılan farklı dış duvar yapısına sahip 4 ayrı bina seçilerek, dış duvarlarının ısı transfer katsayıları ve optimum yalıtım kalınlıklarını belirlemişlerdir ve jeotermal enerji kaynağı için farklı duvar kesitleri için EPS malzeme için 0,060-0,102 cm optimum yalıtım kalınlığı hesaplamışlardır. Özel M.vd.[14] Adana, Elazığ, Erzurum, İstanbul ve İzmir illeri için optimum kalınlığı ısıtma ve soğutma derece gün değerleri birlikte ele alınarak hesaplama yapılmış ekstrüde polistren yalıtımı uygulanarak, artan yalıtım kalınlıklarına göre optimum yalıtım kalınlığı, enerji tasarrufu ve geri ödeme süresi hesaplanmıştır. Optimum yalıtım kalınlığının 0.04 ile 0.084 m arasında değiştiği, yıllık tasarrufun 21.94 ile $97.12 TL/m^2$ arasında değiştiği ve geri ödeme süresinin ise 1,45 ile 2,05 yıl arasında değiştiği hesaplamışlardır. Gürel vd.[15]

optimum yalıtım kalınlıkları; yapı malzemesi olarak tuğla kullanılan dış duvar modelinde 0,05-0,132 m arasında, yapı malzemesi olarak gaz beton kullanılan dış duvar modelinde 0,038-0,119m arasında ve sandviç duvar yapısında 0,033-0,114 m arasında hesaplanmıştır. Aynı dış duvar yapıları için hesaplanan yıllık kazançlar 6,41- 189,7 TL/m² arasında ve geri ödeme süreleri farklı dış duvar modelleri için 1,31- 4,5 yıl arasında bulmuşlardır.

Bu çalışmada 4. İklim bölgesi olan Erzurum' da bulunan 2 dairesel örnek bir binanın kat sayılarının artması durumunda yalıtım kalınlığının artırılması halinde elde edilen enerji tasarrufu ve yalıtım için yatırım maliyetinin ilişkisi araştırılmıştır. Genelde Erzurum'da binalar en fazla 10 katlıdır. Hesaplama bu durum dikkate alınarak yapılmıştır. Örnek binanın taban alanı 216 m² dir ve bir katta 2 daire bulunmaktadır. Kat sayısına göre binanın toplam dış duvar yalıtım alanları Tablo-1 de verilmiştir.

Tablo-1 Örnek binanın toplam dış duvar yalıtım alanları

Bina	1 Katlı	2 Katlı	3 Katlı	4 Katlı	5 Katlı	6 Katlı	7 Katlı	8 Katlı	9 Katlı	10 Katlı
Dış Duvar + Kolon + Giriş	172,42	344,84	517,26	689,68	862,10	1034,52	1206,94	1379,36	1551,78	1724,2

2. BİNANIN YALITIM DETAYLARININ TESPİTİ

Bu çalışma yapılırken Erzurum'da en çok kullanılan dış duvar, pencere, taban ve tavan detayları esas alınmıştır. Erzurum'da genelde aşağıda Tablo-2 de detayı verilen duvar detay kesitleri kullanılmaktadır. Çok eski yapılar hariç yalıtımsız duvar genelde kullanılmamaktadır. Çatılarda genelde izolasyon vardır. Bu binalara tüm Türkiye' de olduğu gibi dış cephe yalıtımı yani mantolama yapılmaktadır. Bu yalıtımın kalınlığına göre yalıtım maliyeti ve enerji tasarrufu değişmektedir. Bir binanın taban, tavan, pencere alanı miktarı toplamda yalıtım maliyetini değiştirmektedir. Örneğin aynı taban alanına ve aynı mimari projeye sahip bir binanın tek katlı olması durumuyla 10 katlı olması durumundaki dış duvar alanının toplam ısı kaybına etkisi farklıdır. Bu çalışma güncel fiyat, dış cephelerde yapılan yalıtım uygulamasına göre yalıtım kalınlığının artırılmasının enerji tasarrufuna ve geri ödeme süresine nasıl bir katkı sağlayacağını tespit etmek için yapılmıştır. Seçilen binanın ısı iletim ve taşıma katsayıları TSE 825' e göre alınmıştır [16-17].

3. DIŞ DUVARLARDA ISI KAYIPLARI VE ENERJİ İHTİYACI

Binalardan ısı kayıpları çoğunlukla, dış duvar, tavan, taban, pencerelerden ve kapı ile açılan pencerelerden hava sızıntısı ile meydana gelir. Dış duvarın birim alanından ısı kaybı şu şekilde hesaplanır,

$$q = U \cdot \Delta T \quad (1)$$

Burada, U ısı transfer katsayısı, ΔT ise gün boyunca değişen dış ortam ile iç ortam sıcaklığının farkıdır. Birim alan için yıllık ısı kaybı, şöyle hesaplanmaktadır.

$$q_A = 86400 \cdot DG \cdot U \quad (2)$$

Burada DG derece gün sayısıdır. Yıllık enerji talebi, yıllık ısı kaybının ısıtma sisteminin verimine bölünmesiyle yaklaşık olarak elde edilir.

$$E_A = \frac{86400 \cdot DG \cdot U}{\eta_s} \quad (3)$$

Bir yalıtım bileşenini de içeren tipik bir duvar için U değeri,

$$U = \frac{1}{R_i + R_w + R_{izo} + R_d} \quad (4)$$

şeklindedir. Burada, R_i ve R_d iç ve dış yüzey ısı tasınım direnci olup, R_w yalıtımsız duvarın ısı geçirgenlik direnci ve R_{izo} yalıtım tabakasının ısı geçirgenlik direncidir.

$$R_{izo} = \frac{x}{\lambda} \quad (5)$$

şeklindedir. Denklemden x ve λ sırasıyla yalıtım malzemesinin kalınlığı ve ısı iletim katsayısını göstermektedir. Eğer R_{wt} yalıtımsız duvarın toplam ısı geçirgenlik direnci ise (4) numaralı eşitlik yeniden aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$U = \frac{1}{R_{wt} + R_{izo}} \quad (6)$$

Sonuç olarak, yıllık ısı yükü aşağıda verildiği gibi hesaplanır.

$$E_A = \frac{86400 \cdot DG}{\left(R_{wt} + \frac{x}{\lambda}\right) \cdot \eta_s} \quad (7)$$

3.1. Optimum Yalıtım Kalınlığının Belirlenmesi

Optimum yalıtım kalınlığı hesaplanırken, ömür boyu maliyet analizi kullanılan yöntemlerden biridir. Toplam ısıtma maliyeti, N yıl ömür için şimdiki değer faktörü PWF ile birlikte değerlendirilir. Şimdiki değer faktörü enflasyon oranı (g) ve faiz oranına (i) bağlıdır. Enflasyon ve faiz oranlarına göre PWF aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\begin{aligned} i > g \text{ ise} \quad r &= \frac{i - g}{1 + g} & PWF &= \frac{(1 + r)^N - 1}{r \cdot (1 + r)^N} \\ i < g \quad r &= \frac{g - i}{1 + i} & & \end{aligned} \quad (8)$$

$$i = g \text{ ise} \quad PWF = \frac{N}{1 + i} \quad (9)$$

Denklemden N ömür, hesaplarda 10 yıl olarak alınmaktadır. Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası [18] ve Türkiye İstatistik Kurumu [19] kayıtlarına göre yıllık faiz oranı (i) ve enflasyon oranı (g) belirlenmektedir. Birim alan için yıllık ısıtma maliyeti,

$$C_A = \frac{86400 \cdot DG \cdot C_f}{\left(R_{wt} + \frac{x}{\lambda}\right) \cdot H_{iz} \cdot \eta_s} \quad (10)$$

şeklindedir. Burada C_f , yakıt maliyetidir ve (TL/m³) birimindedir. Yalıtım maliyeti aşağıda verildiği gibidir.

$$C_{izg} = C_{I,x} \quad (11)$$

Burada C_I , yalıtım malzemesinin maliyeti (TL/m³) ve x de yalıtım malzemesinin kalınlığı (m) dir. Yalıtımlı binanın toplam ısıtma maliyeti,

$$C_t = C_A.PWF + C_{I,x} \quad (12)$$

Veya

$$C_t = \frac{86400.DG.C_f.PWF}{(R_{wt} + \frac{x}{\lambda}).H_u.\eta_s} + C_{I,x} \quad (13)$$

seklindedir. Optimum yalıtım kalınlığı toplam ısıtma maliyetinin (13 nolu denklemin) yalıtım kalınlığına (x) göre türevinin alınmasıyla elde edilir.

$$x_{opt} = 293,94 \cdot \left(\frac{DG.C_f.PWF.\lambda}{H_u.C_I.\eta_s} \right)^{1/2} - \lambda.R_{wt} \quad (14)$$

Denklemden görüldüğü gibi, optimum yalıtım kalınlığı, derece gün sayısı, yakıt maliyeti, yalıtım malzemesinin maliyeti, şimdiki değer faktörü, yakıt, duvar ve yalıtım malzemesinin özelliklerine bağlı olduğu görülmektedir

SONUÇ

Literatürde yukarıda verilen denklemlere göre hesap yapılmakta ve 1 m² duvar alanının kaybettiği ısı miktarına göre optimum yalıtım kalınlığı hesaplanmaktadır. Oysa bir binanın ısı kaybı sadece duvarlardan iletimsel ısı kaybı ile olmayıp aynı zamanda enfiltrasyon yani sızıntı kayıpları ve pencere-kapı alanlarından da ısı kaybetmektedir. Bu da enerji kayıplarını artırmaktadır ve hesaplama yapılırken dikkate alınmalıdır. Bina sadece bir tip duvardan oluşmamakta kolon giriş kesitleride göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca ısı yalıtımının m³ fiyatı esas alınarak maliyet hesabı yapılmaktadır. Uygulamada ise yalıtım uygulanan dış duvarlarda sadece yalıtım değil Şekil-1 de kesit detayı görülen şekilde ve Tablo-3 te verilen malzemeler kullanılarak dış cephede mantolama yapılmaktadır. Tablo-3 te görüldüğü gibi sadece yalıtım malzemesi kullanılmamakta ayrıca yapıştırıcı mineral kaplama vb. de yalıtımın yapılması için gerekmektedir. Dolayısıyla geri ödeme süresi hesaplanırken bu durum dikkate alınmalıdır. Yalıtım yatırım maliyeti kalınlığa bağlı olmakla birlikte diğer malzemelerin maliyetinin de göz önüne alınması gerekmektedir. Örnek binada kullanılan malzeme Expanded Polistiren (EPS) nin birim fiyatı $C_f=120$ TL/m³ tür. Yalıtımın yapılabilmesi için kullanılan malzeme, iççilik, iskele vb. gibi değerleri dikkate alan ve Tablo-4 te örneği verilen yalıtım birim maliyet analiz tablosuna göre 1-20 cm kalınlıklarındaki yalıtım malzemelerinin maliyetleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 5 te verilmiştir. Örnek binanın 1-10 katlı olması durumuna göre dış duvar yalıtım alanına göre maliyetin değişimi Şekil-2 de grafik olarak gösterilmiştir.

Ülkemizde binalardaki ısı kaybını hesaplamak ve sonunda bu ısı kaybını karşılamak için gerekli ısıtıcı seçimleri TS 2164' e göre yapılmaktadır. Bu norm Alman DIN 4701 1-2-3 normlarından alınmış olup TS 825 "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" normu ile karıştırılmamalıdır. Isı kaybı hesabı yapısı itibarı ile en olumsuz tasarım şartlarına göre yapılır, TS 825 de olduğu gibi binanın ısı kaybından Güneş ve mahal içindeki ısı veren kaynaklardan gelen iç ısı kazançları dikkate alınarak çıkarılmaz. TS 825 de bina bir bütün olarak iç ortam sıcaklığı 19 °C olarak alınır ve TS 2164 deki gibi odalardaki ısı kayıpları hesaplanmaz ve dolayısıyla hesap sonucu çıkan ısıtma enerjisi ihtiyacı ile bir ısıtıcı seçimi yapılmaz [16-17]. Örnek binanın ısı ihtiyacı TS2164' e göre hesaplanmıştır. Fakat binanın özgül ısı kaybı ve

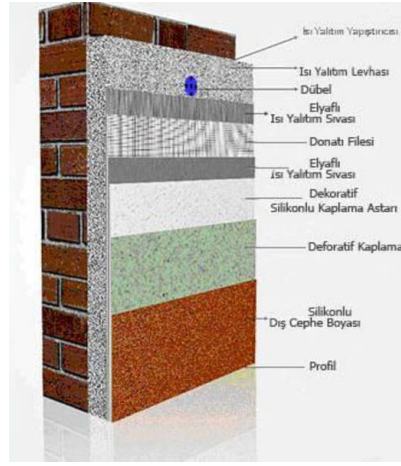
yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı TS 825' e göre verilen ve Şekil- 3 te çıktıları görülen TS825 ısı yalıtım programına göre yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo-6 da verilmiştir. Şekil-4 te ise yalıtım kalınlığının yıllık ısıtma enerjisi tüketimine etkisi incelenmiştir. Tablo-7 de yalıtım kalınlığının ısı tasarrufuna etkisi % olarak verilmiştir.

Tablo- 2. Örnek Bina Yalıtım Detayları

Dış Duvar (Mevcut Mantolama Yapılmamış Durum)				Dış Duvar (Farklı Yalıtım Kalınlığına Bağlı Durum)			
MALZEME	Malzeme Kalınlığı (m)	Isıl İletkenlik Katsayısı (λ (W/mK))	Isıl İletkenlik Direnci ($R(1/\lambda)$)	MALZEME	Malzeme Kalınlığı (m)	Isıl İletkenlik Katsayısı (λ (W/mK))	Isıl İletkenlik Direnci ($R(1/\lambda)$)
1/ α iç	-	-	0,13	1/ α iç	-	-	0,13
Kireç harçlı iç sıva	0,02	1	0,020	Kireç harçlı iç sıva	0,02	1	0,020
Delikli tuğla	0,135	0,45	0,300	Delikli tuğla	0,135	0,45	0,300
Polistiren köpük (EPS)	0,03	0,035	0,857	Polistiren köpük (EPS)	0,03	0,035	0,857
Delikli tuğla	0,085	0,45	0,189	Delikli tuğla	0,085	0,45	0,189
Çimento harçlı dış sıva	0,03	1,6	0,019	Çimento harçlı dış sıva	0,03	1,6	0,019
1/ α dış	-	-	0,04	Polistiren köpük (EPS)	x	0,035	x/0,035
				Anorganik esaslı sıva	0,008	0,38	0,021
				1/ α dış	-	-	0,04
		1/U=	1,555			1/U=	1,576+x/0,035
		U=	0,643			U=	1/(1,576+x/0,035)

Kiriş- Kolon (Mevcut Mantolama Yapılmamış Durum)				Kiriş - Kolon (Farklı yalıtım Kalınlığına Bağlı Durum)			
MALZEME	Malzeme Kalınlığı (m)	Isıl İletkenlik Katsayısı (λ (W/mK))	Isıl İletkenlik Direnci ($R(1/\lambda)$)	MALZEME	Malzeme Kalınlığı (m)	Isıl İletkenlik Katsayısı (λ (W/mK))	Isıl İletkenlik Direnci ($R(1/\lambda)$)
1/ α iç	-	-	0,13	1/ α iç	-	-	0,13
Kireç harçlı iç sıva	0,02	1	0,020	Kireç harçlı iç sıva	0,02	1	0,020
Donatılı Beton	0,25	2,5	0,100	Donatılı Beton	0,25	2,5	0,100
Çimento harçlı dış sıva	0,03	1,6	0,019	Çimento harçlı dış sıva	0,03	1,6	0,019
1/ α dış	-	-	0,04	Polistiren köpük (EPS)	x	0,035	x/0,035
				Anorganik esaslı sıva	0,008	0,38	0,021
				1/ α dış	-	-	0,04
		1/U=	0,309			1/U=	0,33+x/0,035
		U=	3,239			U=	1/(0,33+x/0,035)

Tavan				Toprak Temaslı Döşeme			
MALZEME	Malzeme Kalınlığı (m)	Isıl İletkenlik Katsayısı (λ) (W/mK)	Isıl İletkenlik Direnci ($R(1/\lambda)$)	MALZEME	Malzeme Kalınlığı (m)	Isıl İletkenlik Katsayısı (λ) (W/mK)	Isıl İletkenlik Direnci ($R(1/\lambda)$)
1/ α iç	-	-	0,13	1/ α iç	-	-	0,17
Kireç harçlı iç sıva	0,02	1	0,020	Karo mozaik	0,02	2,3	0,009
Donatılı Beton	0,12	2,5	0,048	Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036
Cam yünü	0,12	0,035	3,429	Kum, çakıl mıcır	0,5	0,7	0,714
1/ α dış	-	-	0,08	1/ α dış	-	-	0
		1/U=	3,707			1/U=	0,929
		U=	0,270			U=	1,077



Şekil-1 Dış duvar yalıtım detayı

Tablo 3. 1m² yalıtım için kullanılan yalıtım malzemesi miktarı

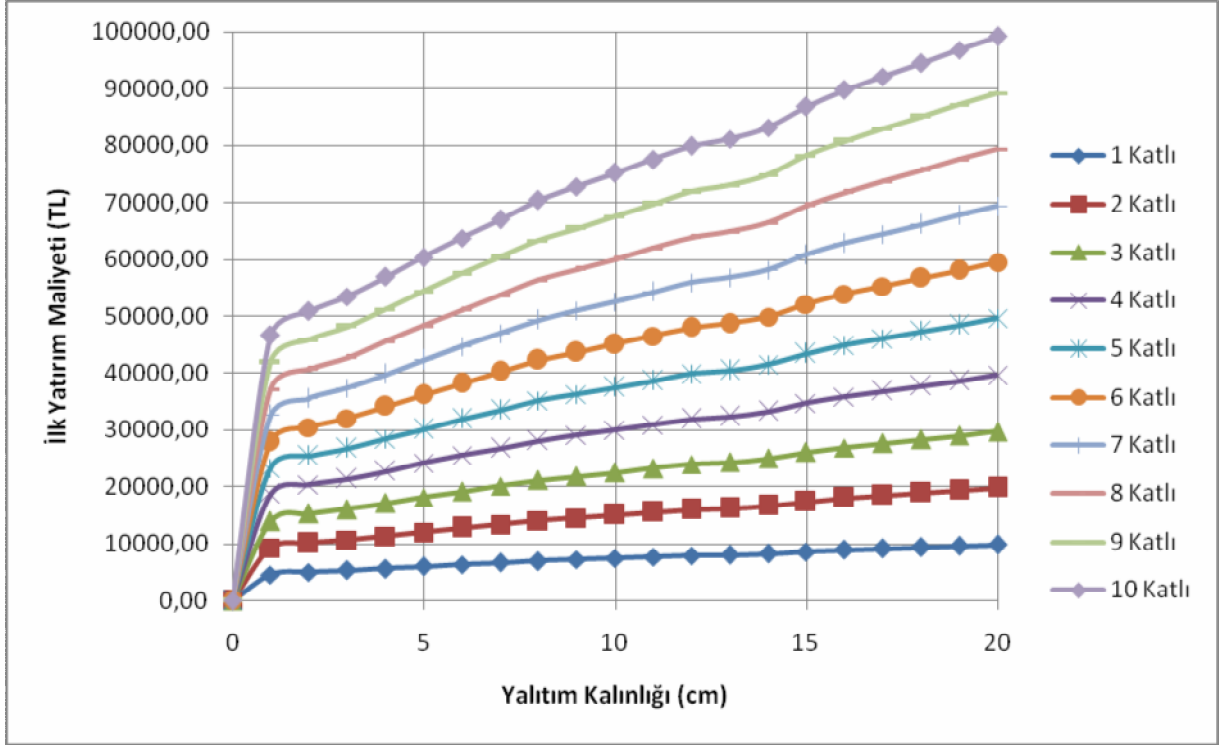
MALZEME	BİRİM	SARFIYAT (M2)
KARBONLU ISI YALITIM LEVHASI (16KG/M3)	ADET	2,00
ISI YALITIM YAPIŞTIRICISI 25 KG	KG	4,50
ISI YALITIM SIVASI-GRİ 25 KG	KG	4,50
MİNERAL KAPLAMA (İNCE TANE DOKULU) 25 KG	KG	1,80
SİLİKONLU DIŞ CEPHE BOYASI 15 LT	LT	0,30
KAPLAMA ASTARI 25 KG	KG	0,25
STANDART DÜBEL 9.5 CM/ 11.5CM/ 13.5CM	ADET	6,00
PVC KÖŞE PROFİLİ 2.5 M	MT	0,25

Tablo-4. Yalıtım birim maliyet analiz tablosu

Dış Cephe Isı Yalıtımı Yapılması: Isı Yalıtım Levhası – Mineral kaplama + Silikon Boya						
Sıra No	Marka	Malzeme	M ² Sarf	B. Fiyatı (TL)	BR	Tutarı (TL)
1		Isı yalıtım Levhası	1,05		m2	
2		Isı yalıtım Yapıştırıcısı	4,50		kg	
3		Dübel 9,5	6,00		adet	
4		pvc fileli köşe profili	0,25		mt	
5		ısı yalıtım sıvası	4,50		kg	
6		Donatı filesi 160gr/m2	1,10		m2	
7		Kaplama Astarı	0,25		kg	
8		Mineral kaplama (İnce tane Doku)	1,80		kg	
9		Silikonlu Dış Cephe Boyası	0,30		lt	
		SARF MALZEME (EL ALETLERİ V.S)	1		BR	
A MALZEME MALİYETİ TOPLAMI:						
Sıra No	YEVMIYE B.FİYATI HESABI	Toplam Kişi	Yevmiye Net fiyatı	Yemek Birim fiyatı	Ssk birim fiyatı	Kamp Giderleri
		A	B	C	D	E
1	Usta					
2	Usta Y.d.					
B YEVMIYE BİRİM FİYATI						
Sıra No	Açıklama	Yevmiye Birim Fiyatı	Günlük İmalat Tutarı	İşçilik Birim Fiyatı		
		A	B	C=A/B		
1	İşçilik birim fiyatı					
C İŞÇİLİK BİRİM FİYATI						
Sıra No	Açıklama	İskele Birim Fiyat (TL/ m2)	İmalat miktarı (m2)	Ortalama İmalat Süresi	Birim Maliyet (TL/ m2)	
	İskele					
	Dayama tij takımı					
	M12 kapsül					
	Kabş.boru, kelepçe v.s)					
D İSKELE TEMİNİ						
Sıra No	Açıklama	Birim Tutarı	Birim Fiyatı	Birim Maliyet (TL/ m2)		
		A	B	C=AXB		
	İş güvenliği giderleri					
F İŞ GÜVENLİĞİ GİDERLERİ						
Sıra No	Açıklama	Oran %	Maliyetler Toplamı (TL)	Birim Maliyet (TL/ m2)		
		A	B	C=A*B		
E	SÖZLEŞMESEL GENEL GİDERLER (Teknik Personel, genel merkez, amortisman ve finansman)					
Sıra No	Açıklama	Oran %	Maliyetler Toplamı (TL)	Kar (TL/ m2)		
		A	B	C=A*B		
G	GENEL GİDER+KAR					
1 m2 İmalat Fiyatı (TL)						

Tablo-5. Yalıtım birim maliyet analiz tablosuna göre elde edilen dış duvar mantolama fiyatları (TL/m²)

Yalıtım Kalınlığı (cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Yalıtım Malzemesi Fiyatı (TL)	1,2	2,4	3,6	4,8	6	7,2	8,4	9,6	10,8	12
Mantolama Fiyatı (TL/m ²)	27,00	29,50	31,00	33,00	35,00	37,00	38,88	40,83	42,19	43,55
Yalıtım Kalınlığı (cm)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Yalıtım Malzemesi Fiyatı (TL)	13,2	14,4	15,6	16,8	18	19,2	20,4	21,6	22,8	24
Mantolama Fiyatı (TL/m ²)	44,91	46,28	47,02	48,18	50,36	52,05	53,41	54,78	56,14	57,50

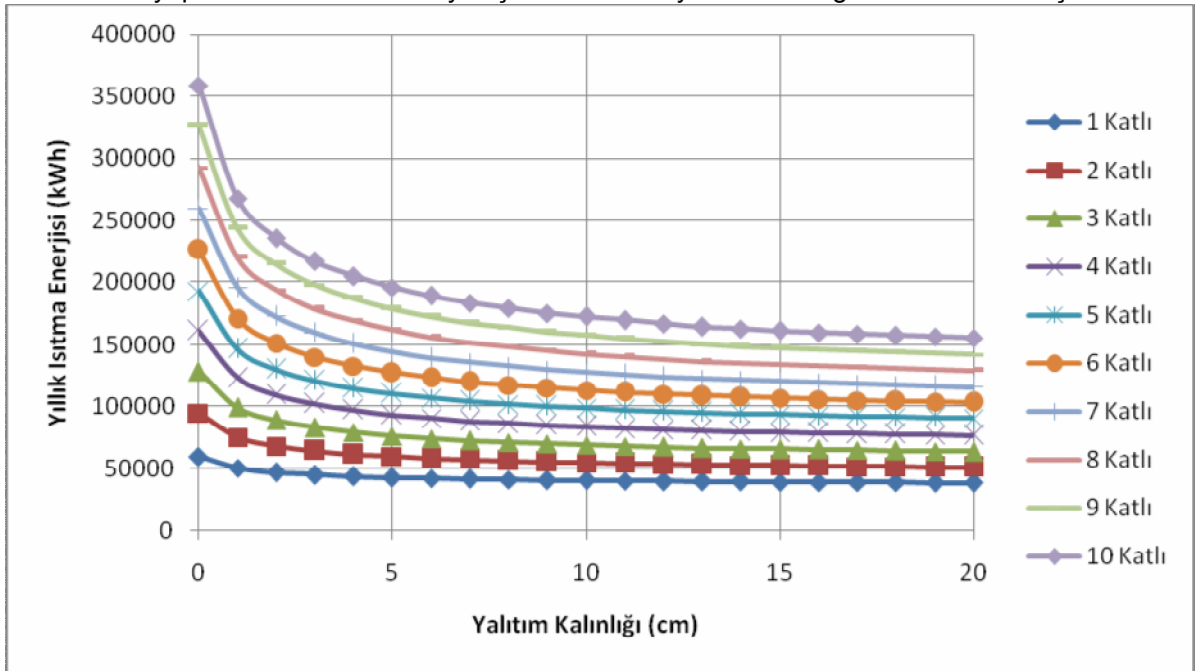


Şekil-2 Örnek binanın kat sayısına ve yalıtım yüzey alanına göre ilk yatırım maliyetleri

Tablo – 6 Yalıtım kalınlığına göre Yıllık Isıtma Enerjisi (kWh) ihtiyacı

Yalıtım Kalınlığı(cm)	1 Katlı	2 Katlı	3 Katlı	4 Katlı	5 Katlı	6 Katlı	7 Katlı	8 Katlı	9 Katlı	10 Katlı
0*	59250	94438	128359	161015	192404	226066	259532	292803	325879	358.759
1	50067	74863	99246	123218	146777	171079	195430	219659	243824	267.925
2	46736	67938	88945	109757	130374	151448	172531	193594	214646	235.688
3	44805	63931	83007	102034	121010	140164	159310	178475	197650	216.834
4	43545	61280	79059	96882	114749	132701	150615	168614	186656	204.743
5	42598	59334	76198	93190	110310	127342	144323	161414	178562	195.767
6	41895	57862	74014	90352	106876	123208	139476	155880	172355	188.899
7	41323	56681	72274	88103	104167	119943	135643	151502	167441	183.461
8	40872	55732	70865	86269	101946	117292	132548	147991	163529	179.162
9	40474	54920	69672	84731	100096	115027	129864	144891	160014	175.233
10	40166	54267	68703	83472	98575	113198	127716	142443	157274	172.209
11	39910	53702	67842	82332	97170	111545	125801	140292	154902	169.629
12	39668	53205	67114	81395	96048	110060	123971	138079	152285	166.588
13	39444	52748	66441	80524	94996	108780	122460	136342	150324	164.406
14	39264	52363	65865	79770	94077	107713	121231	134977	148836	162.807
15	39099	52042	65413	79211	93437	106888	120223	133779	147444	161.218
16	38943	51715	64922	78564	92642	105955	119142	132567	146109	159.767
17	38798	51413	64471	77971	91914	105103	118157	131465	144897	158.453
18	38681	51162	64094	77477	91310	104382	117314	130510	143834	157.287
19	38565	50922	63738	77012	90744	103741	116585	129715	142984	156.392
20	38458	50711	63433	76625	90287	103173	115905	128923	142080	155.377

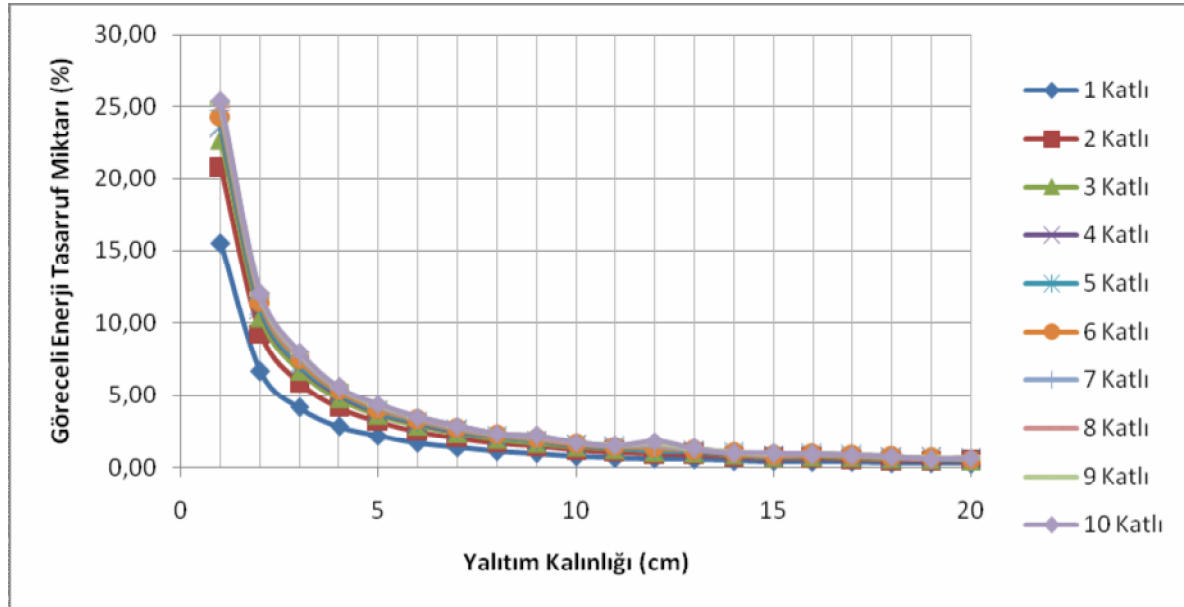
*Örnek binada tuğla duvar içerisinde 3 cm yalıtım bulunmaktadır, kiriş ve kolonlar yalıtımsızdır. Mantolama yapılmadan önceki ısı kaybı için mantolama yalıtım kalınlığı "0" olarak alınmıştır.



Şekil -4 Yalıtım kalınlığının yıllık ısıtma enerjisi tüketimine etkisi

Tablo 7 Yalıtım kalınlığının ısı tasarrufuna etkisi (%)

Yalıtım Kalınlığı (cm)	1 Katlı	2 Katlı	3 Katlı	4 Katlı	5 Katlı	6 Katlı	7 Katlı	8 Katlı	9 Katlı	10 Katlı
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	15,50	20,73	22,68	23,47	23,71	24,32	24,70	24,98	25,18	25,32
2	21,12	28,06	30,71	31,83	32,24	33,01	33,52	33,88	34,13	34,30
3	24,38	32,30	35,33	36,63	37,11	38,00	38,62	39,05	39,35	39,56
4	26,51	35,11	38,41	39,83	40,36	41,30	41,97	42,41	42,72	42,93
5	28,10	37,17	40,64	42,12	42,67	43,67	44,39	44,87	45,21	45,43
6	29,29	38,73	42,34	43,89	44,45	45,50	46,26	46,76	47,11	47,35
7	30,26	39,98	43,69	45,28	45,86	46,94	47,74	48,26	48,62	48,86
8	31,02	40,99	44,79	46,42	47,01	48,12	48,93	49,46	49,82	50,06
9	31,69	41,85	45,72	47,38	47,98	49,12	49,96	50,52	50,90	51,16
10	32,21	42,54	46,48	48,16	48,77	49,93	50,79	51,35	51,74	52,00
11	32,64	43,14	47,15	48,87	49,50	50,66	51,53	52,09	52,47	52,72
12	33,05	43,66	47,71	49,45	50,08	51,32	52,23	52,84	53,27	53,57
13	33,43	44,15	48,24	49,99	50,63	51,88	52,82	53,44	53,87	54,17
14	33,73	44,55	48,69	50,46	51,10	52,35	53,29	53,90	54,33	54,62
15	34,01	44,89	49,04	50,80	51,44	52,72	53,68	54,31	54,75	55,06
16	34,27	45,24	49,42	51,21	51,85	53,13	54,09	54,72	55,16	55,47
17	34,52	45,56	49,77	51,58	52,23	53,51	54,47	55,10	55,54	55,83
18	34,72	45,82	50,07	51,88	52,54	53,83	54,80	55,43	55,86	56,16
19	34,91	46,08	50,34	52,17	52,84	54,11	55,08	55,70	56,12	56,41
20	35,09	46,30	50,58	52,41	53,07	54,36	55,34	55,97	56,40	56,69



Şekil 5 Yalıtım kalınlığının artış oranına göre sağlamış oldukları enerji tasarruf miktarı (%)

Geri Ödeme Süresi

Yalıtım için yapılan yatırım miktarının geri ödeme süresinin belirlenebilmesi için ele alınan binanın yalıtımlı ve yalıtımsız durumda yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplanmıştır. Geri ödeme süresi hesabı, yalıtım ile sağlanan tasarruf ile yalıtımın parasal değerlerinin karşılaştırılması temel alınarak

yapılmıştır. Hesaplamalarda paranın zaman değeri göz önüne alınmıştır. Bu nedenle yalıtım maliyetini gösteren eğri zamanla artış göstermektedir. Yalıtım için gereken yatırımın parasal değeri:

$$C_{\text{yal}} \cdot (1 + \text{faiz})^N \quad (15)$$

Yalıtım için gerekli yatırımın parasal değeri, TS 825'e göre hesaplanan ısı tasarruf miktarının parasal değerinin yine paranın zaman değeri göz önüne alınarak ileriki yıllara kümülatif olarak taşınması ile elde edilmektedir. Temelde kullanılan denklem yukarıda yalıtım maliyeti hesabındaki ile aynı olmakla beraber, N. bir yıldaki tasarruf miktarında önceki (N-1) yıldaki tasarrufun katkısı olması nedeniyle aşağıdaki formu almaktadır [16-17]:

Yalıtım ile sağlanan tasarrufun parasal değeri:

$$C_{\text{tas}} \cdot \frac{(1 + \text{faiz})^{N+1} - 1}{\text{faiz}} \quad (16)$$

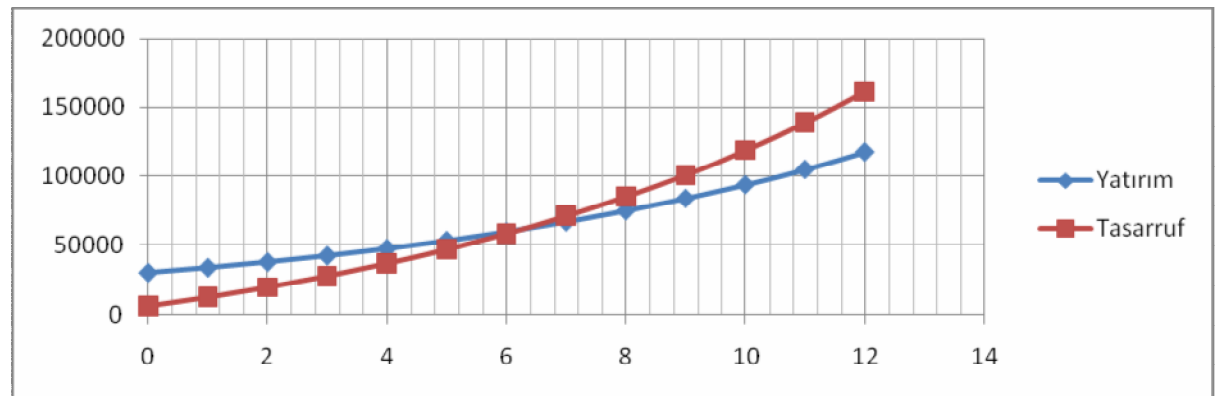
Yapılan hesaplamalarda yalıtımın yatırım maliyeti ile yakıttan elde edilen tasarruf denklem 15 ve 16 dikkate alınarak hesaplandı. Bu hesaplamalar sonucu elde edilen değerler ve geri ödeme süreleri Tablo 8 de verilmiştir. Örnek binanın 5 katlı halinde Geri ödemesüresi-yatırım maliyetini gösteren grafikler Şekil.6 da verilmiştir.

Geri ödeme süresi hesaplanırken efektif faiz Merkez Bankasınca belirlenen %12 alındı [18]. Doğalgazın kWh' i 0,059423 [20], doğalgazlı cihazların verimi 0,85- 0,92 arasında değişmektedir. Hesaplama en kötü durum olan 0,85 verim esas alınmıştır.

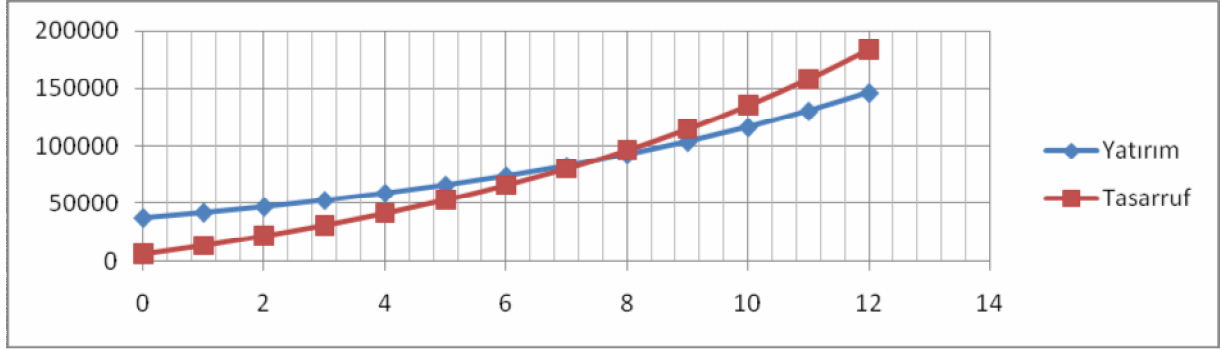
Tablo 8 Yalıtım kalınlığı ve kat sayısına göre geri ödeme süreleri

Yalıtım Kalınlığı	Geri Ödeme Süresi (Yıl)					
	1 katlı	2 katlı	3 katlı	5 katlı	8 katlı	10 katlı
1 cm	12,24	10,52	10,73	12,44	12,37	12,58
2 cm	7,61	6,83	6,94	7,73	7,74	7,85
3 cm	6,39	5,8	5,89	8,53	6,51	6,6
4 cm	6,15	5,59	5,67	6,27	6,28	6,37
5 cm	6,15	5,6	5,7	6,31	6,31	6,39
10 cm	7,15	6,51	6,63	7,38	7,36	7,47
15 cm	8,53	7,72	7,87	8,85	8,7	8,88
20 cm	10,58	9,48	9,69	11,02	10,95	11,13

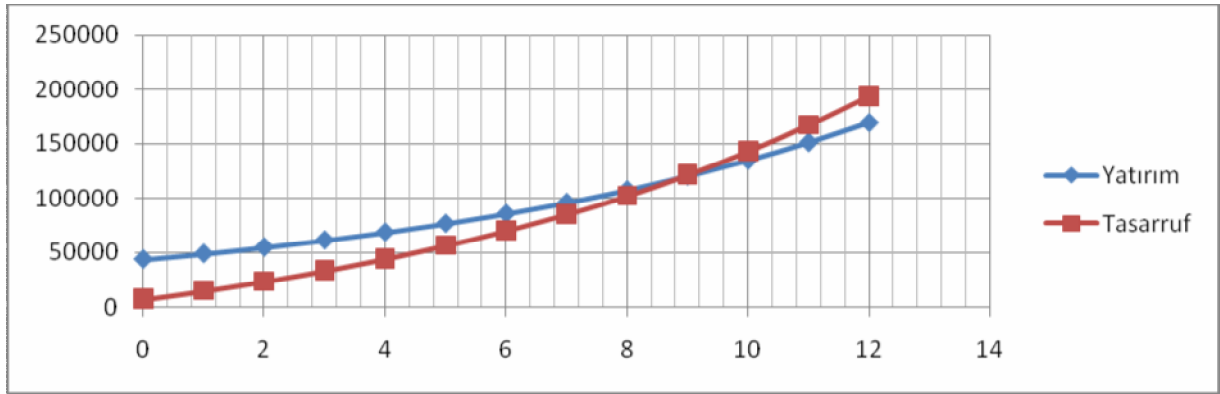
5 cm yalıtım



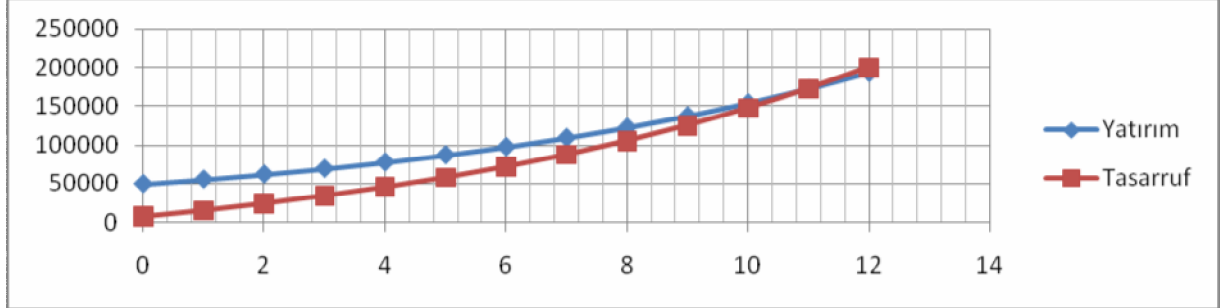
10 cm yalıtım



15 cm yalıtım



20 cm Yalıtım



Şekil 6. 5 Katlı Örnek binanın yalıtım için yapılan yatırımın geri ödeme süresi (Yatay eksen: Geri Ödeme Süresi, Düşey eksen: Yatırım Maliyeti)

Yapılan çalışma sonucunda ;

1. Dış duvara yapılan 1 cm yalıtım 1 katlı binada %15,50, 5 katlı binada %23,71, 10 katlı binada ise %25,32 tasarruf sağlamaktadır. 5 cm yalıtım 1 katlı binada %28,10, 5 katlı binada %42,67, 10 katlı binada ise %45,43, 10 cm yalıtım 1 katlı binada %32,21, 5 katlı binada %48,77, 10 katlı binada ise %52 tasarruf sağlamaktadır. Yine 15 cm yalıtım 1 katlı binada %34,01, 5 katlı binada %51,44, 10 katlı binada ise %55,06, 20 cm yalıtım 1 katlı binada %35,09, 5 katlı binada %53,07, 10 katlı binada ise %56,69 tasarruf sağladığı görülmektedir.
2. 1 katlı binada yalıtım 1 cm kalınlığındayken yalıtımsız binaya göre %25,32 tasarruf sağlarken, 10 cm kalınlıktaki yalıtımla %32,21, 20 cm kalınlıktaki yalıtımla %35,09 tasarruf sağlamaktadır. 5 katlı binada 1 cm yalıtım yalıtımsız binaya göre %23,71 tasarruf sağlarken, 10 cm kalınlıktaki yalıtımla %48,77, 20 cm kalınlıktaki yalıtımla %53,07 tasarruf sağlamaktadır. 10 katlı binada 1 cm yalıtım

yalıtımsız binaya göre %25,32 tasarruf sağlarken, 10 cm kalınlıktaki yalıtımla %52, 20 cm kalınlıktaki yalıtımla %56,69 oranında tasarruf sağlanmaktadır.

3. Kat sayısının artması dış duvar yalıtım alanını artırmakta buda dış duvardan yapılan tasarruf miktarını artırmaktadır.

4. Kat sayısının az oluşu binalarda tavan, taban yalıtımı da dikkate alınması gereken önemli parametrelerdendir.

5. Yalıtım kalınlığının artmasıyla elde edilen Şekil 5 te verilen göreceli enerji tasarrufunun şekli dikkate alındığında yani 4 cm de yapılan tasarruf oranı ile 5 cm de yapılan tasarruf miktarları oranlandığında özellikle 8 cm den sonra yapılacak yalıtımın tasarrufa etkisinin çok sınırlı olduğu görülmektedir. Buda 8 hatta 10 cm yalıtımdan fazlasının hiçte ekonomik olmayacağı sonucunu göstermektedir.

6. Dış duvar yalıtım kalınlığının 10 cm den 20 cm ye çıkarılması sadece %5 civarında tasarruf sağlarken yalıtım maliyeti çok fazla artmaktadır.

7. Yalıtım kalınlığının çok fazla artması zamanla cephede bozulmaların daha kısa sürede olma ihtimalini de beraberinde getirmektedir. Kalınlığın artması binanın zamanla oturması veya deprem vb. de sallanması sonucu cephede, çatlamaların ayrışmaların daha kolay olmasını sağlayacaktır.

8. Literatürde yapılan çalışmalarda sadece yalıtım kalınlığının maliyeti esas alınarak hesaplama yapılmıştır. Oysa mantolama yalıtımı bir sistem bütünüdür. Bu durumun dikkate alınması gerekmektedir.

9. 1 cm yalıtım en ucuz değerde olmasına karşın m² imalat maliyeti yüksek olduğundan sağladığı tasarruf az yatırım gideri çoktur. Tablo 8 de görüldüğü gibi geri ödeme süresi uzundur.

10. En erken geri ödeme süresi 2 katlı ve 5 cm yalıtımlı binada 5,6 yıl olarak gerçekleşmiştir.

11. Uygulamada 1 dairenin 5 cm yalıtım bedeli yaklaşık 4200 TL dir. BU dairenin yıllık yakıt masrafı 1200 TL olduğunda maksimum enerji tasarrufu %45,43 tür. Buda yıllık 545,16 TL tasarruf demektir. Bunu da ancak faiz oranı hesaba katılmazsa 7,7 yılda amorti edeceği görülmektedir.

12. Geri ödeme süresi derece-gün esas alınarak TS825 e göre hesaplanmıştır. Derece-Gün değerlerindeki değişimler yıllık geri ödeme süresini değiştireceği açıktır.

13. Yalıtımın bir bütün olduğu esas alınarak binanın tüm çeperlerinde TS 825' e uygun yalıtım yapılması gerekmektedir. Ayrıca enerjiden tasarruf sadece yalıtımla değil aynı zaman da binalarda kullanılan tüm enerji tüketen cihazların enerji tasarruflu cihazlar olması gerektiğine dikkat edilmelidir.

14. En ucuz enerji tasarruf edilen enerjidir ve boşa harcanan enerji hem çevre kirliliğine hem de enerji kaynaklarının tüketilmesine sebep olmaktadır.

SEMBOLLER

C_A	Isıtma için yıllık enerji maliyeti ($\$/m^2$ -yıl)
C_D	Derece gün korelasyon faktörü
C_f	Yakıt maliyeti ($\$/kg$)
C_l	Yalıtım maliyeti ($\$/m^2$)
C_{izo}	Yalıtım malzemesinin maliyeti ($\$/m^3$)
DG	Derece gün sayısı ($^{\circ}C$ gün)
EPS	Expanded polistren köpük
E_A	Isıtma için gerekli yıllık enerji miktarı (J/m^2 -yıl)
F	Yıllık yakıt miktarı (kg)
g	Enflasyon oranı
H_u	Isıl değer (kWh/kg)
i	Faiz oranı
U	Toplam ısı transfer katsayısı (W/m^2K)
U_{hes}	Hesaplanan toplam ısı transfer katsayısı (W/m^2K)
LCA	Ömür maliyet analizi
N	Ömür (yıl)
PWF	Şimdiki değer faktörü
Q	Toplam ısı kaybı (kW)
q_A	Yıllık ısı kaybı (W/m^2)
R_d	Dış ortam havasının ısı direnç katsayısı (m^2KW)
R_i	İç ortam havasının ısı direnç katsayısı (m^2KW)

R_{izo} .	Yalıtım malzemesinin ısı direnç katsayısı (m^2K/W)
R_w	Yalıtımsız duvar tabakasının ısı direnç katsayısı(m^2K/W)
R_{wt}	Yalıtımsız duvar tabakasının toplam ısı direnç katsayısı (m^2K/W)
T_i	İç ortam sıcaklığı ($^{\circ}C$)
T_d .	Dış ortam sıcaklığı ($^{\circ}C$)
XPS	Ekstrüde polistren köpük
x	Yalıtım kalınlığı (m)
X_{opt} .	Optimum yalıtım kalınlığı (m)
\square	Yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısı (W/mK)
\square	Yogunluk (kg/m^3)
\square_s	Yakma sisteminin verimi
Cyal:	Yalıtım için gerekli ilk yatırım maliyeti
Ctas:	Yalıtım ile bir yılda sağlanan tasarrufun parasal değeri

KAYNAKLAR

- [1]. Erbay B.,Özsarı Ö.,Umut T.,Özdemir Y., “Sağlık Yapılarında Isı, Ses, Yangın Yalıtımı ve Ekonomik Analizi”, 7. Üniversitelerarası Yalıtım Yarışması Sonuç Bildirgesi, 78-90, 2007.
- [2] TC Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı internet sitesi. <http://www.enerji.gov.tr>
- [3] BP Dünya Enerji İstatistikleri Raporu 2010, <http://www.bp.com>
- [4]. Hasan, A., Optimizing insulation thickness for buildings using life cycle cost, Applied Energy, 63, 115-124, (1999).
- [5]. Gustafsson, S.I., Optimisation of insulation measures on existing buildings, Energy and Buildings, 33, 49-55, (2000).
- [6]. Mohsen, M.S., Akash, B.A., Some prospects of energy savings in buildings, Energy Conversion and Management, 42, 1307-1315, (2001)
- [7]. Comaklı, K., Yuksel, B., Optimum insulation thickness of external walls for energy saving, Applied Thermal Engineering, 23, 473-479, (2003)
- [8] Dombaycı, Ö.A., Gölcü M, Pancar Y. “Optimization of insulation thickness for external walls using different energy-sources”. Applied Energy, 83, 921-928, 2006.
- [9] Yu, J., Yang, C., Tian, L., Liao, D., A study on optimum insulation thicknesses of external walls in hot summer and cold winter zone of China, Applied Energy, 86, 2520-2529, 2009.
- [10] Gölcü, M., Dombaycı, A.Ö., Abalı, S.,”Denizli İçin Optimum Yalıtım Kalınlığının Enerji Tasarrufuna Etkisi ve Sonuçları”, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 21, No 4, s. 639-644, 2006.
- [11] Bolattürk, A., “Determination of optimum thickness for building walls with respect to various fuels and climate zones in Turkey”, Applied thermal engineering, 26, 1301-1309, 2006.
- [12]. Sisman, N., Kahya, E., Aras, N., Aras, H., Determination of optimum insulation thicknesses of the external walls and roof (ceiling) for Turkey’s different degree-day regions, Energy Policy, 35, 5151-5155, (2007)
- [13] Aslan A., Yüksel B. Gönen Jeotermal Bölge Isıtma Sistemiyle Isıtılan Farklı Tip Binaların Dış Duvarlarının Optimum Yalıtım Kalınlıklarının Belirlenmesi, BAÜ FBE Dergisi Cilt:12, Sayı:1, 100-111, Temmuz 2010
- [14] Özel Meral, Pıhtılı Kazım Isıtma Ve Soğutma Derece-Gün Değerlerini Kullanarak Optimum Yalıtım Kalınlığının Belirlenmesi Journal of Engineering and Natural Sciences Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi Sigma Vol./Cilt 26 Issue/Sayı 3 Sayfa 191-197
- [15] Gürel, Ali Etem, Cingöz, Zafer; Farklı Dış Duvar Yapıları İçin Optimum Isı Yalıtım Kalınlığı Tespitinin Ekonomik Analizi SAÜ. Fen Bilimleri Dergisi, 15. Cilt, 1. Sayı, s.75-81, 2011
- [16] TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2008, 6-75.
- [17] İzoder, Su, Ses Ve Yangın Yalıtımcıları Derneği, <http://izoder.org.tr>.
- [18].Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası (TCMB), (2009), <http://www.tcmb.gov.tr/>
- [19]. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), (2009), <http://www.tuik.gov.tr/>
- [20]. <http://www.palen.com.tr>

ÖZGEÇMİŞ

Hüseyin GÜLLÜCE

1988 İ.T.Ü. Makine Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Mezunu. Y.lisans ve Doktora çalışmalarını Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde yaptı. Y.Lisansta Yalıtım Malzemelerini, Doktorada Güneş Enerjisini inceledi. Halen Atatürk Üniversitesi Pasinler M.Y.O. Elektrik ve Enerji Bölümünde öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır.

Süleyman KARSLI

1989 Erciyes Üniv. Mak. Müh. Böl. Mezunu. Y.lisans ve Doktora çalışmalarını Atatürk Üniv. Fen Bilim. Enstitüsünde yaptı. Y.Lisansta Isı Pompalarını, Doktorada İki Fazlı Akış Kararsızlıklarını araştırdı. 2010 yılında Termodinamik ve Isı Tekniği Ana Bilim Dalından Doçentliği kazandı. Halen Atatürk Üniv. Müh. Fak. Enerji Sis. Müh. Böl. Atatürk Üniv. Müh. Fak. Enerji Sis. Müh. Bölümünde öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır.

Hanifi SARAÇ

1986 Gazi Üniv. Kimya Müh. Böl. Mezunu. Y.lisans çalışmasını Atatürk Üniv. Fen Bilim. Enstitüsünde, Doktora çalışmasını İngiltere de Exeter Üniversitesinde yaptı. Y.Lisansta Doğal konveksiyon ısı ve kütle iletimini, Doktorada Çok fazlı Akış, kaynama ve yoğuşmayı araştırdı. 1999 yılından beri profesör olarak Atatürk Üniv. Müh. Fak. Kimya Müh. Bölümünde öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır.

