

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**





**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce**

**Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /**

**Tezin Savunma Tarihi : / /**

**Tez Danışmanı :**

**Trabzon**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun / / gün ve sayılı  
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
olarak kabul edilmiştir.

**Jüri Üyeleri**

**Başkan :** .....

**Üye :** .....

**Üye :** .....

**Prof. Dr. Asim KADIOĞLU**  
**Enstitü Müdürü**

## ÖNSÖZ

Bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak gerçekleştirilmiştir.

Yüksek Lisans çalışmalarım süresince bilgi ve deneyimlerini bana aktaran tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Tayfun DEDE hocama göstermiş olduğu sabır, destek ve özverisinden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Değerli zamanlarını ayırarak tezimi değerlendiren hocalarım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Hasan Basri BAŞAĞA'ya ve Sayın Doç. Dr. Zeynep IŞIK'a teşekkür ederim.

Eğitim-Öğretim süresince bana emeği geçen tüm hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans çalışmam süresince her türlü konuda yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Bugünlere gelmemde büyük emeği ve desteği olan aileme, lisans çalışmam ve iş hayatım süresince çoğu zaman aileme yeterince zaman ayıramadığım için eşim Merve ŞİRİN KUK'a sonsuz sevgi, saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

İsmail Ergün KUK  
Trabzon 2019

## TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Sürdürülebilirlik Açısından Konut Tipi Yapılarda Isı Yalıtımı Uygulamalarının Farklı Parametrelere Göre İncelenmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Tayfun DEDE’nin sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 11/10/2019

İsmail Ergün KUK

## İÇİNDEKİLER

	<b><u>Sayfa No</u></b>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET .....	VII
SUMMARY .....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER DİZİNİ .....	XIV
1. GENEL BİLGİLER .....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Konuyla İlgili Yapılan Çalışmalar .....	1
1.3. Sürdürülebilirlik .....	3
1.3.1. Sosyal Sürdürülebilirlik .....	4
1.3.2. Ekonomik Sürdürülebilirlik .....	4
1.3.3. Çevresel Sürdürülebilirlik .....	4
1.4. Sürdürülebilir Yapım .....	5
1.4.1. Sürdürülebilir Yapım Kavramsal Modelinde İlkeler.....	6
1.4.2. Sürdürülebilir Yapım Kavramsal Modelinde Evreler.....	7
1.4.3. Sürdürülebilir Yapım Kavramsal Modelinde Kaynaklar .....	7
1.4.3.1. Enerji .....	7
1.4.3.1.1. Yenilenemeyen Enerji.....	9
1.4.3.1.2. Yenilenebilir ve Sürdürülebilir Enerji.....	9
1.4.3.1.2.1. Güneş Enerjisi .....	12
1.4.3.1.2.2. Rüzgar Enerjisi .....	26
1.4.3.1.2.3. Jeotermal Enerji.....	30
1.4.3.1.2.4. Biyokütle Enerjisi .....	32
1.4.3.2. Malzeme .....	35
1.4.3.3. Su .....	36
1.4.3.4. Arazi .....	36

1.5.	Devlet Kurumlarının Sürdürülebilirlik ile İlgili Çıkardığı Kanun ve Yönetmelikler .....	36
1.5.1.	Çevre Kanunu .....	37
1.5.2.	Yapı Denetim Kanunu .....	37
1.5.3.	Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği .....	37
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR .....	38
3.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	87
4.	KAYNAKLAR .....	89

## ÖZGEÇMİŞ



SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK AÇISINDAN KONUT TİPİ YAPILARDA ISI YALITIMI  
UYGULAMALARININ FARKLI PARAMETRELERE GÖRE İNCELENMESİ

İsmail Ergün KUK

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Doç. Dr. Tayfun DEDE  
2019, 92 Sayfa

Günümüzde yapılarda kaynak kullanımının fazla olması çevresel, ekonomik ve sosyal sorunlara yol açmaktadır. Çevreye zararsız, kaynak tüketimi az, enerji verimliliği fazla olan sürdürülebilir yapılar oluşturmak gittikçe zorunlu hale gelmektedir. Ülkemizde yapılarda yakıt türü olarak fosil yakıtlar kullanılmaktadır. Fosil yakıtlar yenilenemeyen enerji kaynağı olduğundan zamanla tükenmekte, maliyeti artmakta ve çevreye olumsuz etkileri olmaktadır. Yenilenemeyen fosil yakıtlar yerine yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmak hem çevreye zararsız enerjiyi kullanmak hem de enerji maliyetlerini düşürmede önemli rol oynayacaktır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının çevreyi kirletmemesi, maliyetinin gün geçtikçe azalması ve sürekli kendini yenilemesi kullanım avantajlarından. Enerjinin kullanımı sektörel bazda incelendiğinde kullanılan enerjinin yaklaşık %30'luk kısmının yapılarda kullanıldığı bilinmektedir. Yapılarda tüketilen bu enerji, yenilenebilir enerjilerden karşılanıp verimli bir şekilde kullanıldığında enerjide süreklilik sağlanmış olur. Ayrıca ülkemizde eski bina sayısının fazla olması enerji sarfiyatını artırmakta ve enerji verimliliğini düşürmektedir. Bu duruma engel olmanın yolu da bina dış kabuğunda ısı yalıtımı uygulamalarını yapmaktır.

Bu tez çalışmasının amacı, yenilenebilir enerjinin ve etkin kaynak kullanımının yapılarda kullanım şekillerini incelemek, sürdürülebilirlik ilkelerinin ve yöntemlerinin binalarda nasıl uygulandığını ortaya koymaktır. Bu çalışmada hem Rize ilinde örnek bir binada yakıt olarak kömür ve doğalgaz kullanıldığında hem de aynı binanın Eskişehirde olması durumunda yalıtımsız hali ile yalıtımlı halinin TS 825'e uygun şekilde özgül ısı kaybı ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplanıp karşılaştırılmıştır. Bina dış kabuğunda farklı yalıtım malzeme cinsleri ve kalınlıklarının kullanımı sonucu ilk yatırım maliyeti, yalıtım kalınlığının ısı tasarrufuna etkisi ve yapılan harcamaların geri ödeme süreleri hesaplanıp değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sürdürülebilirlik, Yenilenebilir enerji, Isı yalıtımı



Master Thesis

SUMMARY

INVESTIGATION OF THERMAL INSULATION APPLICATION ACCORDING TO  
DIFFERENT PARAMETERS IN HOUSING TYPE BUILDINGS IN TERMS OF  
SUSTANABILITY

Ismail Ergün KUK

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Civil Engineering Graduate Program  
Supervisor: Assoc. Doç. Dr. Tayfun DEDE  
2019, 92 Pages

Today, the excessive use of resources in buildings causes environmental, economic and social problems. It is becoming increasingly necessary to create sustainable structures that are harmless to the environment, with low resource consumption and high energy efficiency. In our country, fossil fuels are used as the fuel type in the buildings. Since fossil fuels are non-renewable energy sources, they are depleted over time, their costs increase and they have negative effects on the environment. Using renewable energy sources instead of non-renewable fossil fuels will play an important role both in the use of harmless energy to the environment and in lowering energy costs. The advantages of renewable energy sources are that they do not pollute the environment, their cost decreases day by day and they renew themselves continuously. When the use of energy is analyzed on a sectoral basis, it is known that approximately 30% of the energy used is used in buildings. When this energy consumed in buildings is met from renewable energies and used efficiently, it provides continuity in energy. In addition, the high number of old buildings in our country increases energy consumption and reduces energy efficiency. The way to prevent this situation is to apply thermal insulation to the outer shell of the building.

The aim of this thesis is to examine the use of renewable energy and effective resource use in buildings and to demonstrate how sustainability principles and methods are applied in buildings. In this study, when both coal and natural gas are used as a fuel in a sample building in Rize province and in the same building in Eskişehir, the specific heat loss and annual heating energy requirement of the uninsulated state and the insulated state according to TS 825 are calculated and compared. As a result of the use of different insulation materials and thicknesses in the outershell of the building, the initial investment cost, the effect of the insulation thickness on the heat saving and the reimbursement periods of the expenditures were calculated and evaluated.

**Key Words:** Sustainability, Renewable energy, Thermal insulation

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Sürdürülebilir yapım kavramsal modeli .....	6
Şekil 1.2. Türlerine göre fosil yakıt rezervlerinin kalan ömürleri .....	9
Şekil 1.3. Binalarda kullanılan başlıca enerji kaynakları.....	11
Şekil 1.4. Yaz ve kış güneşinin yüzeylere gelişi.....	13
Şekil 1.5. Güneşten doğrudan yararlanma .....	14
Şekil 1.6. Trombe duvarın çalışma düzeni .....	15
Şekil 1.7. Çatı güneş havuzu işleyiş şeması.....	15
Şekil 1.8. Açık devre doğal sirkülasyonlu sistem.....	17
Şekil 1.9. Açık devre pompalı sistem .....	17
Şekil 1.10. Kapalı devre doğal sirkülasyonlu sistemler.....	17
Şekil 1.11. Kapalı devre pompalı sistemler .....	18
Şekil 1.12. Düz yüzeyli kollektör .....	18
Şekil 1.13. Vakum tüplü kollektör.....	19
Şekil 1.14. Vakum tüplü ısı borulu kollektör.....	20
Şekil 1.15. Pv panellerin binalarda kullanımını.....	21
Şekil 1.16. Pv panellerin kapaklı giydirme cephe olarak uygulanması .....	22
Şekil 1.17. Urban Healt Plan dış cephe görünüşü.....	22
Şekil 1.18. Erfurt Üniversitesi ek binası cephe entegre pv panel görüntüsü .....	23
Şekil 1.19. Engie binası pv panel kaplaması.....	23
Şekil 1.20. Ewe& Bursagaz merkez ofisi bina monte pv panel uygulaması .....	24
Şekil 1.21. Solar Shingle çatı sistemi görüntüsü.....	25
Şekil 1.22. Solar kiremit uygulaması.....	25
Şekil 1.23. Güneş cephesi genel görünüşleri .....	26
Şekil 1.24. Monte Malaga Hotel güneş kırıcı görüntüsü .....	26
Şekil 1.25. CIS Tower görüntüsü, Londra .....	28
Şekil 1.26. Bahreyn dünya ticaret merkezi .....	28
Şekil 1.27. Çift cepheli sistemler .....	30
Şekil 1.28. Isı pompalarının kullanım şekilleri.....	32
Şekil 2.1. Bodrum kat ve zemin kat planı görünüşleri.....	38

Şekil 2.2.	1. Kat ve çatı katı plan görünüşleri.....	39
Şekil 2.3.	İzoder ısı yalıtım hesap programı proje veri girişi ekran görüntüsü.....	40
Şekil 2.4.	Duvar veri girişi ekran görüntüsü.....	41
Şekil 2.5.	Güneş enerjisi kazancı veri girişi ekran görüntüsü.....	42
Şekil 2.6.	Isıtma parametreleri veri ekranı görüntüsü.....	43
Şekil 2.7.	Özgül ısı kaybı hesaplama çizelgesi görüntüsü.....	44
Şekil 2.8.	Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplama çizelgesi.....	46
Şekil 2.9.	3 cm xps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi.....	48
Şekil 2.10.	4 cm xps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi.....	49
Şekil 2.11.	5 cm xps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi.....	50
Şekil 2.12.	6 cm xps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi.....	51
Şekil 2.13.	7 cm xps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi.....	52
Şekil 2.14.	3cm eps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi.....	53
Şekil 2.15.	4cm eps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi.....	54
Şekil 2.16.	5cm eps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi.....	55
Şekil 2.17.	6 cm eps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi.....	56
Şekil 2.18.	7 cm eps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi.....	57
Şekil 2.19.	3 cm taşyünü malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi.....	58
Şekil 2.20.	4 cm taşyünü malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi.....	59
Şekil 2.21.	5 cm taşyünü malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi.....	60
Şekil 2.22.	6 cm taşyünü malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi.....	61
Şekil 2.23.	7 cm taşyünü malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi.....	62
Şekil 2.24.	3 cm xps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi.....	63
Şekil 2.25.	4 cm xps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi.....	64
Şekil 2.26.	5 cm xps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi.....	65
Şekil 2.27.	6 cm xps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi.....	66
Şekil 2.28.	7 cm xps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi.....	67
Şekil 2.29.	3 cm eps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi.....	68
Şekil 2.30.	4 cm eps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi.....	69
Şekil 2.31.	5 cm eps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi.....	70
Şekil 2.32.	6 cm eps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi.....	71
Şekil 2.33.	7 cm eps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi.....	72
Şekil 2.34.	3 cm taşyünü malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi.....	73

Şekil 2.35. 4 cm taşıyıcı malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi .....	74
Şekil 2.36. 5 cm taşıyıcı malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi .....	75
Şekil 2.37. 6 cm taşıyıcı malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi .....	76
Şekil 2.38. 7 cm taşıyıcı malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi .....	77
Şekil 2.39. 5 cm xps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi .....	78
Şekil 2.40. 6 cm xps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi .....	79
Şekil 2.41. 7 cm xps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi .....	80
Şekil 2.42. 5 cm eps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi .....	81
Şekil 2.43. 6 cm eps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi .....	82
Şekil 2.44. 7 cm eps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi .....	83
Şekil 2.45. 5 cm taşıyıcı malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi .....	84
Şekil 2.46. 6 cm taşıyıcı malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi .....	85
Şekil 2.47. 7 cm taşıyıcı malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi .....	86

## TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. 2020 Yılında yenilenebilir enerji kaynakları .....	10
Tablo 1.2. Yenilenebilir kaynak kullanımı ve yarattığı çevresel etkiler .....	11
Tablo 1.3. Türkiye’de bölgelerin yıllık güneşlenme süreleri.....	12
Tablo 1.4. Türkiye’de merkezi olarak jeotermal enerji ile ısıtılan yerler .....	31
Tablo 1.5. Kaynak bazında Türkiye’nin Biyokütle potansiyeli .....	33
Tablo 1.6. Biyokütle enerjisi ve kullanım alanları .....	33
Tablo 2.1. Hesaplanan bina alanları .....	39
Tablo 2.2. Yalıtım malzemeleri ile ilgili hesaplamalar .....	47
Tablo 2.3. 3 cm xps yalıtımı geri ödeme süresi.....	48
Tablo 2.4. 4 cm xps yalıtımı geri ödeme süresi.....	49
Tablo 2.5. 5 cm xps yalıtımı geri ödeme süresi.....	50
Tablo 2.6. 6 cm xps yalıtımı geri ödeme süresi.....	51
Tablo 2.7. 7 cm xps yalıtımı geri ödeme süresi.....	52
Tablo 2.8. 3 cm eps yalıtımı geri ödeme süresi.....	53
Tablo 2.9. 4 cm eps yalıtımı geri ödeme süresi.....	54
Tablo 2.10. 5 cm eps yalıtımı geri ödeme süresi.....	55
Tablo 2.11. 6 cm eps yalıtımı geri ödeme süresi.....	56
Tablo 2.12. 7 cm eps yalıtımı geri ödeme süresi.....	57
Tablo 2.13. 3 cm taşıyünü yalıtımı geri ödeme süresi.....	58
Tablo 2.14. 4 cm taşıyünü yalıtımı geri ödeme süresi.....	59
Tablo 2.15. 5 cm taşıyünü yalıtımı geri ödeme süresi.....	60
Tablo 2.16. 6 cm taşıyünü yalıtımı geri ödeme süresi.....	61
Tablo 2.17. 7 cm taşıyünü yalıtımı geri ödeme süresi.....	62
Tablo 2.18. 3 cm xps yalıtımı geri ödeme süresi.....	63
Tablo 2.19. 4 cm xps yalıtımı geri ödeme süresi.....	64
Tablo 2.20. 5 cm xps yalıtımı geri ödeme süresi.....	65
Tablo 2.21. 6 cm xps yalıtımı geri ödeme süresi.....	66
Tablo 2.22. 7 cm xps yalıtımı geri ödeme süresi.....	67
Tablo 2.23. 3 cm eps yalıtımı geri ödeme süresi.....	68

Tablo 2.24.	4 cm eps yalıtımı geri ödeme süresi.....	69
Tablo 2.25.	5 cm eps yalıtımı geri ödeme süresi.....	70
Tablo 2.26.	6 cm eps yalıtımı geri ödeme süresi.....	71
Tablo 2.27.	7 cm eps yalıtımı geri ödeme süresi.....	72
Tablo 2.28.	3 cm taşıyıcı yalıtımı geri ödeme süresi.....	73
Tablo 2.29.	4 cm taşıyıcı yalıtımı geri ödeme süresi.....	74
Tablo 2.30.	5 cm taşıyıcı yalıtımı geri ödeme süresi.....	75
Tablo 2.31.	6 cm taşıyıcı yalıtımı geri ödeme süresi.....	76
Tablo 2.32.	7 cm taşıyıcı yalıtımı geri ödeme süresi.....	77
Tablo 2.33.	5 cm xps yalıtımı geri ödeme süresi.....	78
Tablo 2.34.	6 cm xps yalıtımı geri ödeme süresi.....	79
Tablo 2.35.	7 cm xps yalıtımı geri ödeme süresi.....	80
Tablo 2.36.	5 cm eps yalıtımı geri ödeme süresi.....	81
Tablo 2.37.	6 cm eps yalıtımı geri ödeme süresi.....	82
Tablo 2.38.	7 cm eps yalıtımı geri ödeme süresi.....	83
Tablo 2.39.	5 cm taşıyıcı yalıtımı geri ödeme süresi.....	84
Tablo 2.40.	6 cm taşıyıcı yalıtımı geri ödeme süresi.....	85
Tablo 2.41.	7 cm taşıyıcı yalıtımı geri ödeme süresi.....	86

## SEMBOLLER DİZİNİ

$A$	Yapı elemanlarının toplam alanı
$A_D$	Dış duvar alanı
$A_{dsic}$	Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının alanı
$A_i$	$i$ yönündeki toplam pencere alanı
$A_n$	Bina kullanım alanı
$A_p$	Pencere alanı
$A_T$	Tavan alanı
$A_t$	Zemine oturan taban/döşeme alanı
$A_{top}$	Binanın ısı kaybeden yüzeylerinin toplam alanı
$c$	Havanın özgül ısısı
$d$	Yapı bileşeninin kalınlığı
$g_{\perp}$	Laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörü
$g_{i,ay}$	$i$ yönündeki saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü
$H$	Binanın özgül ısı kaybı
$H_v$	Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı
$H_T$	İletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı
$\dot{I}$	Difüzyon akış yoğunluğu
$I_{i,ay}$	$i$ yönünde dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti
$KKO_{ay}$	Kazanç/kayıp oranı
$n_h$	Hava değişim oranı

$Q_{ay}$	Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı
$Q_{yıl}$	Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı
$r_{i,ay}$	i yönünde saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü
$R_i$	İç yüzey ısı iletim direnci
$R_e$	Dış yüzey ısı iletim direnci
$t$	Zaman
$\theta_i$	aylık ortalama iç ortam sıcaklığı
$\theta_{yd}$	Dış yüzey sıcaklığı
$\theta_{yi}$	İç yüzey sıcaklığı
$\theta_{yi,düşük}$	Kabul edilebilir en düşük iç yüzey sıcaklığı
$U$	Yapı bileşeninin ısıl geçirgenlik katsayısı
$U_d$	Dış hava ile temas eden tabanın ısıl geçirgenlik katsayısı
$U_D$	Dış duvarın ısıl geçirgenlik katsayısı
$U_{dsic}$	Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının ısıl geçirgenlik katsayısı
$U_p$	Pencerenin ısıl geçirgenlik katsayısı
$U_T$	Tavanın ısıl geçirgenlik katsayısı
$U_t$	Zemine oturan tabanın /döşemenin ısıl geçirgenlik katsayısı
$V_{brüt}$	Binanın ısıtılan brüt hacmi
$V_h$	Havalandırılan hacim
$1/U$	Yapı bileşeninin toplam ısıl geçirgenlik direnci
$\lambda$	Isıl iletkenlik hesap değeri



## **1. GENEL BİLGİLER**

### **1.1. Giriş**

Nüfus artışı ve teknolojik gelişmelerin her geçen gün artarak devam etmesi daha çok kaynak ve daha çok enerji ihtiyacını beraberinde getirmektedir. Buna bağlı olarak kullanılan doğal kaynakların tükenebilirliği ve bu kaynakların kullanımından dolayı ortaya çıkan atıkların Dünya'ya olan olumsuz etkisinin giderek artması gelecek nesillere bırakılacak Dünya'nın durumu ile ilgili endişelere yol açmaktadır. Yıllar geçtikçe özellikle iklimsel değişikliklerin olumsuz etkilerinin daha fazla hissedilmesi ve geri dönüşümü olmayan doğal kaynakların giderek tükenmesi insanları alternatif kaynak arayışlarına, kullanılan kaynakların ve enerjinin verimini artırmaya, bu kaynakları boşa harcamadan tasarruflu şekilde kullanımını düşünmeye aynı zamanda bu doğrultuda yeni yöntemler geliştirmeye zorunlu hale getirmektedir.

Bu çalışmanın amacı, yapılarda sürdürülebilirlik kavramının oluşturulması ve yenilenebilir enerjinin yapılarda kullanım yöntemlerinin incelenip enerji verimliliği konusunda örnek bir binada yapılacak ısı yalıtımının kullanılacak malzeme çeşitlerine, kalınlıklarına, bulunduğu iklim bölgesine ve ısınmada kullanılan yakıt türüne bağlı olarak izoder ısı yalıtım hesaplama programıyla TS 825 standardına göre özgül ısı kaybını ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacını hesaplayarak zaman ve maliyet bakımından hesaplarının yapıp analiz edilmesidir.

### **1.2. Konuyla İlgili Yapılan Çalışmalar**

Demir (2011), yeşil bina, sürdürülebilir yapı, sıfır enerjili bina, enerji verimli yapı kavramlarının merkezinde yer alan yenilenebilir enerji kaynaklarının yüksek yapılardaki kullanım şekilleri ve alınacak önlemlerle bu yapılarda tüketilen enerjinin en aza indirgenebilirliğini örneklerle incelemiştir.

Şenel (2010), literatür incelemesine dayalı bir yöntemle sürdürülebilir bina yapımı ile ilgili olarak yurt dışı ve yurt içi kurum ve kuruluşların çalışmalarını incelemiş ve bu uygulamalara göre değerlendirmeler yapmıştır.

Pamuk ve Kuruođlu (2016), İnşaat sektöründe sürdürülebilirlik kavramını inceleyip bina inşaatlarında sürdürülebilirlik açısından uygulama örnekleri hakkında bilgi vermişlerdir.

Yorgancıoğlu (2004), sürdürülebilir yapımın uygulanmasında çevreye en az zarar vermek ve bugünün ve geleceğin kaynaklarını doğru kullanmak amacıyla kullanılması gereken yöntem, yaklaşımlar ve araçların uygulamaya geçirilmesinde karşılaşılan güçlükler ve olanaklar açısından bir durum değerlendirmesi yapmıştır.

Hoşkara (2007), literatür çalışmasına dayalı bir sentez oluşturup farklı bölgelerin ve ülkelerin kendi koşulları içinde uygun sürdürülebilir yapım stratejilerini belirleyebilmelerinde yol gösterici bir stratejik yöntem ortaya konmuştur.

Uslusoy (2012), Yapıların çevreye olumsuz etkilerinin en az düzeye inmesini sağlayacak sistem ve kavramları tanımlayı yapı bileşeni ölçüğünde bu sistemleri ve malzemeleri incelemiştir.

Demircan ve Gültekin (2017), güneş enerjisinin binalarda kullanımını aktif ve pasif iklimlendirme sistemleri kapsamında incelemiştir.

Engin (2012), yaptığı çalışmada pasif iklimlendirme için binalarda oluşturulan baca ve baca etkisinin enerji etkinliği açısından önemi, günümüz ve geçmişte kullanım şekilleri uygulama örnekleriyle anlatılmıştır.

Karayılmazlar vd. (2011), yaptıkları çalışmada ülkemizdeki biyokütle yetiştiriciliği potansiyeli ve önemi hakkında bilgiler vermiş ve bu kapsamda biyokütlenin enerji üretiminde değerlendirme olanaklarını ele almışlardır.

Kozak (2016), Jeotermal yenilenebilir enerji kaynağının konut ısıtmacılığında kullanılmasını araştırmıştır.

Aslan (2010), Gönen jeotermal ısıtma sisteminin verimliliği sabit ve portatif ölçüm cihazları ile belirli zaman aralıklarında ölçümler yapıp enerji analizlerini yapmıştır. Ayrıca jeotermal enerjiyle bölgesel ısıtma yapılan binaların yapı bileşenlerinin optimum yalıtım kalınlıklarını hesaplamıştır.

Kon (2014), incelediği örnek bir binada ısıtma ve soğutma zamanlarında enerji tüketimlerinin dış ortam parametrelerine göre nasıl değiştiği ve hangi iklim parametrelerinin daha etkili olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca örnek binada ısıtma ve soğutma yükleri için optimum yalıtım kalınlıkları uygulanması durumunda meydana gelecek enerji tasarrufunu araştırmıştır.

Daşdemir (2014), Isparta da 3 farklı yakıt türü için 3 farklı yalıtım malzemesi kullanılması halinde ömür maliyet analizi yöntemini kullanarak optimum yalıtım kalınlığı, toplam maliyet, enerji tasarrufu ve geri ödeme süresi üzerindeki etkilerini incelemiştir.

Kürekçi vd. (2012), ömür maliyet analizi yöntemini kullanarak 81 il için iki farklı yakıt türü ve beş farklı yalıtım malzemesi için optimum yalıtım kalınlığı, geri ödeme süreleri ve tasarruf miktarlarını hesaplamışlardır.

### 1.3. Sürdürülebilirlik

Sürdürülebilirlik kavramı ortaya çıkışından itibaren geçmişten bu güne farklı şekillerde tanımlanıp yorumlanmıştır.

Sürdürülebilirlik, temelde ekoloji ve ekolojik sistemlerin fonksiyonlarını, süreçlerini ve üretkenliğini gelecekte de devam ettirebilme yeteneği olarak algılanmaktadır (Chapin, Tom ve Tateno, 1996).

Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'na (WCED,1987) göre, sürdürülebilirlik "şimdiki nesillerin ihtiyaçlarının gelecek nesillerin ihtiyaçlarını tehlikeye atmadan karşılanmasına olanak veren büyüme politikaları" olarak tanımlanmıştır. Bu tanımlama dikkate alındığında gelecek nesillere sağlıklı bir ortam bırakılabilmesi için bugünden ihtiyaçların karşılanmasında yarımların düşünülüp çevreye uyumluluğun, yenilenebilirliğin ve tasarrufu ön plana çıkaran yöntemlerin geliştirilmesi gerektiği görülmektedir.

Hamilton (2002), çevresel sürdürülebilirliği "çevreye atık akımının artmaması" şeklinde bir ölçütle tanımlamıştır. Hamilton' a göre, bir ülke ürettiği atıktan daha fazla atık temizleyebilirse bu durum temiz denge durumu olmaktadır. Sürdürülebilirliğin sağlanması için kullanılan malzemeler geri dönüştürülmeli ve yeniden değerlendirilmelidir (Hamilton, 2002).

Yorgancıoğlu'na (2004) göre sürdürülebilirlik, dünyadaki kaynakların doğru kullanılması, sürdürülebilir gelişme ise sonlu kaynakların topluma adaletli şekilde dağıtılmasını amaçlayan yaklaşım biçimi; ham madde tüketiminde üretim-tüketim dengesinin sağlanması, hangi malzemenin nasıl ve ne miktarda tüketileceğinin karar verilmesi olarak açıklanmaktadır.

Çelebi (2001), sürdürülebilirliğin amacının doğal ve yapay çevrenin korunmasının yanı sıra insanlığın ve kaynakların sürekliliğini de sağlamak olduğunu belirtmiştir.

Sürdürülebilir bir toplumda, çevresel, sosyokültürel ve ekonomik kaynakların temel yapılar olduğu, sürdürülebilir gelişimde en önemli amacın bu üç olgu arasındaki yüksek etkileşimi ortaya çıkarmak olduğudur (Ali, 2008).

### **1.3.1. Sosyal Sürdürülebilirlik**

Sürdürülebilirliğin sosyal yapısındaki bileşenleri: hakların eşit olması, toplumun katılımı, sosyal bütünlük, kültürel kimlikler, hoşgörü, kanunlar, eşit dağılım, birlik şeklinde sıralanabilir (Goodland ve Daly, 1996).

### **1.3.2. Ekonomik Sürdürülebilirlik**

Sağlıklı kalkınma ve büyümenin yüksek verimlilik ve az maliyetle sağlanmasına ekonomik sürdürülebilirlik denmektedir. Sanayileşmenin ve nüfusun artışı ekonomik sürdürülebilirliği etkileyen en önemli faktörler olarak öne çıkmaktadır. Ülkeler ekonomi politikalarını oluştururken sadece ekonomik sermayeyi değil, çevre, insan ve sosyal sermayeyi de insanların ortak kaynakları olan hava ve suyu sayısal olarak değerlendirilmeye alınmalıdır. Sosyal ve çevresel bedeller ölçülebilir olmalı, bu yeni alanlarda değerlendirme teknikleri ve yani politikalar geliştirilmelidir (Goodland and Daly, 1996).

### **1.3.3. Çevresel Sürdürülebilirlik**

Goodland ve Daly'e (1996) göre, doğal sermaye, toprak, su, atmosfer ve orman gibi ekosistemlerin bozulmadan korunduğu doğal çevredir. Doğal sermayenin korunması için tükenen fosil yakıtlar, su kaynakları ve diğer kaynaklar insan ihtiyaçlarını gidermek için kullanılırken meydana çıkan atıkların doğayı bozmaması sağlanmalı ve yenilenebilir enerjiler kullanılıp çevre kirliliği, atık kontrolü, erozyon kontrolü ve hammadde kullanımı kontrolü yapılmalıdır.

Çevresel sürdürülebilirliğin bir diğer tanımı da girdi-çıkı kuralına dayanır. Yenilenebilir kaynaklar için girdi kuralı: yenilenebilir enerji kaynak kullanım oranının yerine kullanıldıkları yenilenemeyen kaynakların tükenme oranıyla denk olması şeklinde

açıklanmaktadır. Yenilenemeyen kaynakların kullanılması sürecinde sürdürülebilir kaynak arayışlarına kaynak ayrılması gerekmektedir. Çıktı kuralı ise: ortaya çıkan atıkların bozulmaya neden olmadan yerel çevrenin içinde kaybolabilecek miktar içinde olması şeklinde açıklanmaktadır.

#### **1.4. Sürdürülebilir Yapım**

Sürdürülebilir yapım, sağlıklı bir çevre oluşturulurken kaynakların verimli kullanıldığı ekolojik tabanlı ilkelerin dikkate alınmasıyla oluşur (Chen ve Chamberds, 1999).

I.Uluslararası Sürdürülebilir Yapım Konferansında sürdürülebilir yapım, ekolojik prensiplere bağlı kalınıp kaynakları verimli kullanarak oluşturulan yapıları sorumlulukla yönetilen sağlıklı bir çevre oluşturması şeklinde tanımlanmaktadır (Kibert, 2005).

Kibert'e (2005) göre, sürdürülebilir yapım kavramı yaşam döngüsü biçimiyle yapılmış çevrenin yapım şekli ve yönetim anlayışıyla ilgili bütünleşik bir oluşumu ifade etmektedir.

Kibert (2005) , günümüzde geleneksel binaların tasarımı ve yapımında zaman, maliyet ve kaliteye dikkat edildiğini, sürdürülebilir binalarda ise bunlara ek olarak kaynakları az tüketen, çevresel bozulmayı en aza indirecek sağlıklı bir yapılaşmayla oluşturulmuş çevre hedeflediğini belirtmiştir.

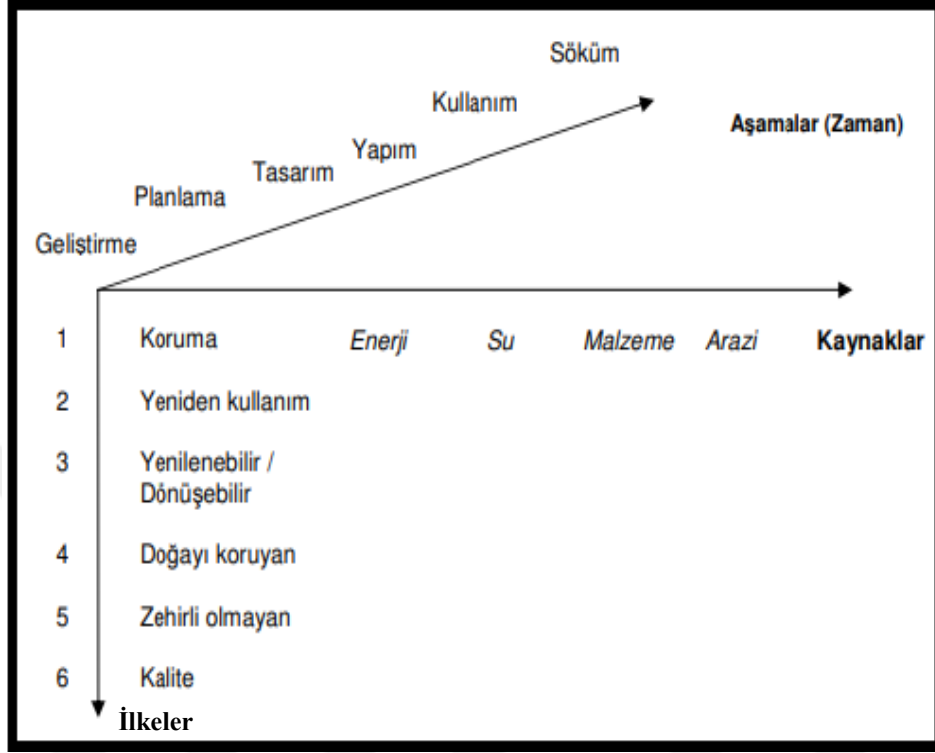
Sürdürülebilir bina, müşterilerinin memnuniyeti için yaşam kalitesini artıran, kaynakları etkili kullanabilen, kullanıcıya göre olanaklar sunan doğal ve sosyal çevreyi koruyan sürdürülebilir gelişmenin parçalarından biridir (Raynsford, 2000).

Landman'a (1999) göre sürdürülebilir yapı, kaynaklar kullanılırken etkili malzeme ve yöntemlerin kullanıldığı, kullanıcıların, işçilerin, halkın ya da gelecek nesillerin ortak sağlık çıkarlarından ödün vermeyen binaların tasarlanıp yapılması olarak açıklanmıştır.

Sürdürülebilir yapım aynı zamanda yüksek performanslı bina anlamına da gelmektedir.

Yüksek performanslı bina, tasarım aşaması, yapım aşaması ve yapının tüm kullanılacağı zaman dilimlerinde en az miktarda kaynak tüketen ve kullanıcılarına sağlıklı, sürdürülebilir ve üretici bir çevre oluşturulmasını sağlayan binadır (Riley vd., 2004).

Kibert (2005)'in sürdürülebilir yapım için oluşturduğu kavramsal modeli Şekil 1.1. de 3 ana aksta gruplandığı görülmektedir. Bunlar; evreler, kaynaklar ve ilkelerdir.



Şekil 1.1. Sürdürülebilir yapım kavramsal modeli (Kibert, 2005)

#### 1.4.1. Sürdürülebilir Yapım Kavramsal Modelinde İlkeler

Sürdürülebilir yapımda kaynakların verimli bir şekilde kullanılması için temel ilkeler belirlenmiştir.

Kibert'e (2005) göre, Sürdürülebilir yapım ilkeleri şunlardır;

- Daha az kaynak tüketimi
- Kaynakların tekrar kullanılması
- Doğal çevrenin korunması
- Dönüştürülebilir ve yenilenebilir kaynakların kullanılması
- Zehirli maddelerin kullanımının azaltılması
- Yapılı çevre oluşturulurken kalitenin korunup, düşürülmemesi

### **1.4.2. Sürdürülebilir Yapım Kavramsal Modelinde Evreler**

Planlama evresinde, sürdürülebilir yapımda yapılacak işlerin ekonomi ve ekolojiye uygun ve doğru yöntemlerle planlanması gerekmektedir. Uygulamalar ile ilgili kararlar ülkelerin yönetmelikleri ve şartnamelerine uygun biçimde alınmalıdır.

Tasarım evresinde, üretilecek yapının tasarım aşamasında uygulamanın yapılacağı arazinin korunumunun, fiziksel, iklimsel, coğrafi özelliklerinin araştırılması gerekmektedir. Yapı planında doğal kaynak korunumuna dikkat edilmeli, kullanıcı konforu, sağlığı ve kalite şartlarına uygun tasarımlar yapılmalıdır. Bu yüzden yapının tasarımı aşamasında sürdürülebilir üretim yöntemleri sürdürülebilir malzeme kullanılarak çevre duyarlılığı ve insan sağlığına dikkat edilerek enerjide tasarrufun sağlanması ve atıkların en aza indirilmesi gerekmektedir.

Yapım evresinde, kaynak ve proje yönetimi, şantiye idaresi sırasında devamlı kontrol edilmelidir. İnşaat aşamasında imalat hataları nedeni ile kaynak zaiyatının olmaması için mümkün olduğu kadar sertifikalı malzemeler kullanılmalıdır. İnşaat aşamasında zehirli maddeler içermeyen malzemeler kullanılıp sağlıklı üretim yöntemleri kullanılmalıdır.

Kullanım aşamasında, kaynakların tüketiminin azaltılması için önlemler alınmalı ısıtma, soğutma ve havalandırma gibi sistemlerin mümkün olduğunca yenilenebilir enerjiler kullanacak şekilde tasarlanmalıdır. Bunlara ek olarak yapıda atık kontrol sistemi oluşturulmalıdır.

Yıkım evresinde, yapının yıkım aşamasında ortaya çıkan moloz malzemelerin geri dönüştürülüp başka yapılarda tekrardan kullanılması sağlanmalıdır. Geri dönüşüm aşamasında yapılacak çalışmalar yapının olduğu ülke ve şehirlerde diğer geri dönüşüm çalışmalarıyla bağlantılı olacağından konunun devletin merkezi ve yerel yönetimleri tarafından desteklenmesi gerekmektedir. Ayrıca yapıyı tasarlayan, üreten ve kullanan kesimlerin geri dönüşüm konusunda daha çok bilgilenmesi gerekmektedir (Canitez, 2010; Şenel, 2010).

### **1.4.3. Sürdürülebilir Yapım Kavramsal Modelinde Kaynaklar**

#### **1.4.3.1. Enerji**

Enerji bir iş meydana getirme gücüdür. Başlıca enerji türleri: ışık enerjisi, ısı enerjisi,

elektrik enerjisi, kimyasal enerji, atom enerjisi, potansiyel ve kinetik enerji olarak sınıflandırılmaktadır. Bugün, enerjinin insan yaşantısındaki olmazsa olmaz yerinin yanı sıra, yol açtığı çevre kirliliği konusu da doğanın korunması adına değinilmesi gerekli konulardan biridir. Özellikle, enerji üretimi, çevrimi, taşınması ve tüketimi çevre kirliliğine sebep olan en önemli etkenlerdir (Keleş ve Harmancı, 1992).

İnanılmaz derecede artış göstermiş olan enerji ihtiyacını karşılamak için kullanılan kaynaklar; kaynakların atıkları gibi faktörler son çeyrek yüzyıla kadar hep göz ardı edilmiştir. Enerji kullanımı ve kaynak tüketimiyle ilgili göz ardı edilen sorunlar ve riskleri, en net biçimde 1972’de Clubs Of Rome’s da yayınlanan The Limits To Growth raporunda dile getirilmiştir (Wigginton ve Harris, 2002).

Enerjinin zaman geçtikçe devamlı artmayacağı hatta zaman içinde tükenmeye yaklaşacağı hesaplanması, enerjinin doğru bir biçimde harcanmasını sağlamak amacıyla çeşitli yaklaşımlar sunulmak zorundadır. Buna bağlı olarak son zamanlarda iklim ve tüm çevre arasındaki ilişki için, binalar ve enerji arasındaki önemli bağlantı noktasını ele alan global sürdürülebilir gelişme konusunda çalışmalar yapılmıştır. Enerji yoğunluğunun (birim ekonomik aktivite başına düşen enerji kullanımı) azaltılması ile mümkün olabileceği vurgulanarak, bunun yeni teknolojilerin geliştirilmesi ve yeni ekonomik yapıların oluşturulması anlamına geldiği belirtilmektedir. Örneğin Avrupa Birliği ve OECD ülkelerinde enerji yoğunluğunun düşük olması modern teknoloji kullanmaları ile açıklanırken ABD ve Kanada’ da ki yüksekliği aşırı konfor uygulamaları ile açıklanmaktadır (Özügül, 1998).

Ülkemizde ısıtma için yaklaşık olarak yıllık 14 milyon ton kömür kullanılmaktadır. 2008 yılındaki veriler incelendiğinde binalarda doğalgaz kullanımı %26 ile en çok miktarda paya sahip olurken, jeotermal, güneş, bitki ve hayvan atıklarından oluşan yenilenebilir enerji tüketimi ise %21 oranında paya sahip olmuştur (Keskin, 2010).

Tükenebilirlik ve çevreye olan etkileri bakımından enerji kaynakları yenilenemeyen fosil yakıtlar ( kömür, doğalgaz, petrol vb.) ve yenilenebilir (hidroelektrik, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, biyokütle enerjisi, jeotermal enerji, hidrojen enerjisi vb.) enerji kaynakları olarak ikiye ayrılır (Uyar, 2007).

#### **1.4.3.1.1. Yenilenemeyen Enerji**

Bu tür kaynaklar fosilleşmeyle oluşmuş kömür, nükleer enerji, doğalgaz ve petrol



gibi sınırlı miktarlarda bulunan kaynaklardır (Köse, 2002).

Yenilenemeyen yakıt miktarları hızla azalırken özellikle petrol ve doğalgaz kaynakları kritik düzeylere yaklaşmaktadır. Şekil 1.2’de dünyadaki kömür, doğalgaz ve petrol rezervlerine ilişkin bilgi verilmiştir.



Şekil 1.2. Türlerine göre fosil yakıt rezervlerinin kalan ömürleri (URL-1, 2019)

Dünyadaki bulunan petrol kaynakları miktarı yaklaşık 1,7 trilyon varil olup bu miktar yaklaşık 51 yıl civarında tüketimi karşılamaktadır. Dünyada tespit edilen doğalgaz kaynakları 2015 yılı sonunda 187 trilyon m<sup>3</sup> olarak hesaplanmış olup bu miktar 53 yıllık üretimi karşılayacaktır. Dünya kömür kaynaklarının 114 yıllık üretimi karşılayacağı hesaplanmış olup en fazla miktarda üretim oranına sahip fosil yakıttır.

#### 1.4.3.1.2. Yenilenebilir ve Sürdürülebilir Enerji

Yenilenebilir enerji, doğanın döngüsü içinde kısa zamanda yeniden var olabilen enerji kaynağı olarak açıklanmaktadır (Özdoğan, 2005). Enerji Ajansı'nın (International Energy Agency) tanımına göre ise yenilenebilir enerji doğal olarak var olabilen ve sürekli kendini yenileyebilen enerji olarak açıklanmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları devamlı bir dönüşümle yenilenen ve kullanıma hazır şekilde doğada bulunan, çoğu zaman herhangi bir işlem uygulanmadan kullanılabilen kaynaklar olarak adlandırılmaktadır (Tekbıyık, 2018). Rüzgar, güneş, hidroelektrik, biyogaz, biyokütle, jeotermal ve dalga enerjileri yenilenebilir kaynaklardır. Aktif sistemlerle teknolojik araçların yardımıyla yararlanılırken, pasif sistemlerde yapının konumlandığı yer ve konumlanma şekli ile enerji kaynaklarından doğrudan yararlanılan sistemlerdir (Gülay, 2008).

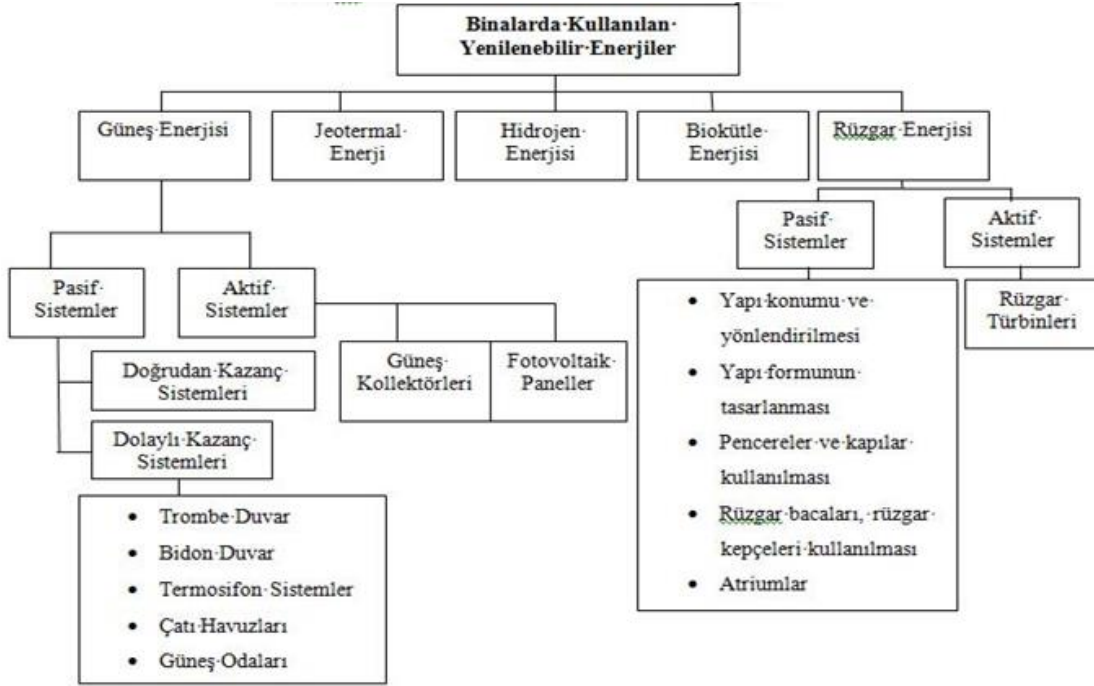
Biyokütle, hidroelektrik, güneş, jeotermal ve rüzgar gibi yenilenebilir enerji kaynakları dünya enerji ihtiyacını karşılayabilecek potansiyeli vardır. Gaz ve petrol fiyatlarında yukarı yönlü artış devam ederken teknolojik gelişmelerle rüzgar ve güneş enerjisi sistemlerinde maliyet her geçen gün düşmeye devam etmektedir. Bu yüzden yenilenebilir enerji sistemlerine geçiş giderek hızlanmaktadır ( Herzeg vd., 2001).

1990'lı yıllarda insanlarda çevre bilincinin artmaya başlamasıyla fosil yakıtların dünya üzerinde yarattığı olumsuz çevre etkilerinin farkına varıp küresel ısınmaya neden olduğu anlaşılmasıyla atmosfere zararı olmayan yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi daha da artmıştır. Bu durum yenilenebilir enerjilerin temiz enerjiler olarak adlandırılmasını sağlamıştır (Altuntaşoğlu, 2003). Ayrıca yenilenemeyen yakıtların kullanımıyla dışa bağımlılık ve yüksek ithalat maliyetleri gibi olumsuzluklardan başka bu yakıtların dünya üzerindeki miktarları hızla azalmaktadır. Bu nedenle yenilenebilir enerji kaynakları her geçen gün önemini artırmaktadır. Dünyanın her yerinde bulunması ve süreklilik arz etmesi nedeniyle yenilenebilir enerji çok büyük önem kazanmaktadır. Mevcut sistemleri ve maliyetlerinin sıkıntıları giderildiğinde yenilenebilir enerjinin 21. Yüzyılda en önemli enerji kaynağı olacağı kabul edilmektedir.

Tablo 1.1. 2020 Yılında yenilenebilir enerji kaynakları tahmini (URL-2, 2019)

Enerji Kaynağı	2020 Yılında Minimum		2020 Yılında Maksimum	
	MTEP	%	MTEP	Toplamın %
Modern Biyokütle	243	45	561	42
Güneş	109	20	355	26
Rüzgar	85	15	215	16
Jeotermal	40	7	91	7
Küçük Hidrolik	48	9	69	5
Deniz Enerjileri	14	4	55	4
<b>TOPLAM</b>	<b>539</b>	<b>100</b>	<b>1345</b>	<b>100</b>

Enerjinin büyük bir miktarının kullanıldığı yapı sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji, biyokütle enerjisi, hidrojen enerjisi çeşitli şekillerde kullanılmaktadır.



Şekil 1.3. Binalarda kullanılan başlıca enerji kaynakları (Erkınay, 2012)

İnşaat sektöründe yenilenemeyen yakıtlar yerine daha temiz olan yenilenebilir enerji kullanmak ve bu niyetle çevreye zarar vermeyen, enerji etkin, doğayla uyumlu yapılar üretmek gerekmektedir.

Tablo 1.2. Yenilenebilir kaynak kullanımı ve yarattığı çevresel etkiler (Evans vd., 2009)

Teknoloji	Parametre	Etki
Fotovoltaik	Toksinler	Değişken
	Görsel	Önemsiz
Rüzgar	Kuşlara etkisi	Önemsiz
	Gürültü	Önemsiz
	Görsel	Önemsiz
Su	Yer değiştirme	Değişken
	Tarımsal	Değişken
	Nehirlere etkisi	Değişken
Jeotermal	Sismik hareket	Önemsiz
	Koku	Önemsiz
	Kirlilik	Değişken
	Gürültü	Önemsiz

### 1.4.3.1.2.1. Güneş Enerjisi

Her gün büyük miktarda enerji güneşten dünyaya gelmektedir. Kütleli hidrojen ve helyumdan oluşan güneşte, füzyon tepkimeleriyle hidrojen atomlarının birleşerek helyumu oluşturması sonucunda ortaya enerji çıkmaktadır (Varınca ve Gönüllü, 2006).

Güneş enerjisi, yeryüzünde 0-1100 W/m<sup>2</sup> değerleri arasında değişen ve atmosferde 1370 W/m<sup>2</sup> değerinde olan sabit şiddetli yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Elektrik üretiminden, ısıtma ve soğutma işlemine kadar kontrollü kullanılabilir. Ülkemizin senelik ortalama 2640 saat güneşlenme süresi vardır (Alaçakır, 2001).

Tablo 1.3. Türkiye’de bölgelerin yıllık güneşlenme süreleri (Yılmaz, 1997)

Bölge	Yıllık Güneşlenme Süresi (saat)
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	3016 saat
Akdeniz Bölgesi	2923 saat
Ege Bölgesi	2726 saat
İç Anadolu Bölgesi	2712 saat
Doğu Anadolu Bölgesi	2693 saat
Marmara Bölgesi	2528 saat
Karadeniz Bölgesi	1966 saat

Güneş enerjisi teknolojileri gün geçtikçe gelişmekte, değişmekte ve kullanım alanı çeşitliliği sürekli artmaktadır. Güneş enerjisinin, yenilenebilir enerji kaynağı oluşu, ilk yatırım maliyetlerinin yerli üretim ekipmanının desteğiyle daha makul seviyelere inmesi ve devletin teşviklerinin etkisiyle kullanımı artmaktadır.

Güneş enerjisi;

-Binaların ısıtılması ve soğutulması,

-Tarımsal teknolojide tarım ürünlerinin kurutulması ve seraların ısıtılmasında,

-Yapılarda ısı ve elektriğe dayalı enerji sistemlerinin enerjisinin karşılanmasında,

-Kullanım suyu ve yüzme havuzu suyu ısıtmada,

-Gündüz ve gece aydınlatmalarında,

-Güneş pilleri ve güneş havuzları uygulamalarıyla,

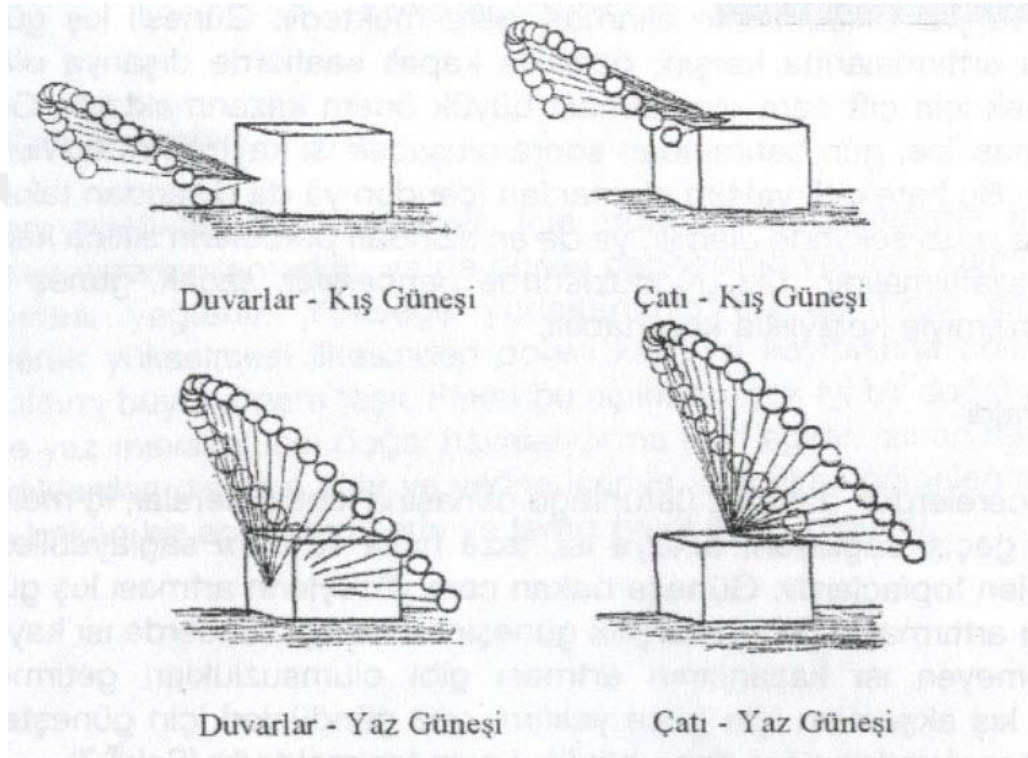
-Ulaşım, iletişim araçları, sinyalizasyon ve otomasyon sistemlerinde kullanılmaktadır

(Uslusoy, 2012).

Güneş enerjisinin yapılarda kullanımları pasif güneş enerji sistemleri ve aktif güneş enerji sistemleri olarak ikiye ayrılmaktadır.

### Pasif Sistemler

Kış güneşinin yatık, yaz güneşinin dik gelmesi, kuzey yarımkürede güneye bakan cephelerin kışın daha fazla güneş ışığı alması mimaride güneye bakan cephelerin değerli olmamasına yol açmıştır. Güneşin dünyaya geliş açısının değişiminin mimaride akılcı kullanımı ile binalarda yaz ve kış için ısııl açıdan en uygun koşulların oluşturulması pasif sistemlerde esastır (Özdoğan, 2005).



Şekil 1.4. Yaz ve kış güneşinin yüzeylere gelişi (İnan, 2001)

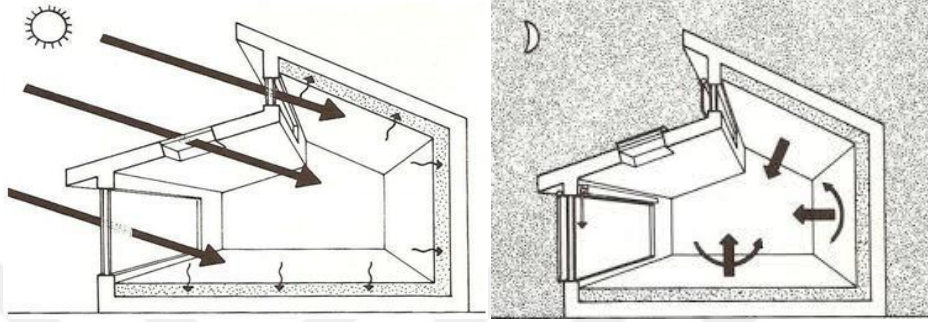
Pasif enerji sistemleri de kendi içinde doğrudan kazanç yöntemleri ve dolaylı kazanç yöntemleri olarak ikiye ayrılmaktadır.

**Doğrudan Kazanç Yöntemleri:** Güneş ışığı yapıya yan cephe ve çatıdaki pencerelerden ve kış bahçelerinden doğrudan içeriye alınarak kullanılır. Gündüz içeriye alınan güneş enerjisinin bir kısmı duvar, döşeme ve tavanda depolanır, depolanan bu enerji gece saatlerinde kullanılır.

Doğrudan güneş enerjisinden yararlanılabilmesi için binalar yapılacakları arazinin iklimsel koşulları göz önüne alınarak tasarlanmalı, güney yönünde pencereler büyük ebatta

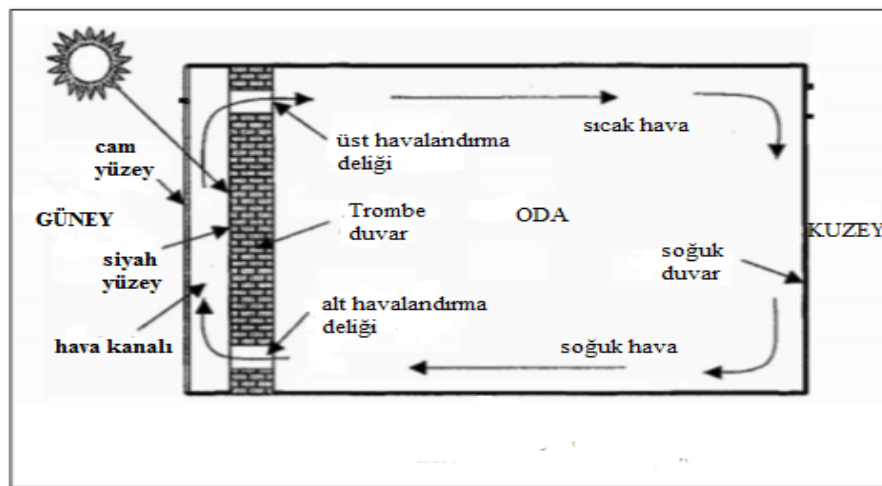
tasarlanırken kuzey yönünde soğuk aylarda ısı kaybının az olması için pencereler ve diğer açıklıklar daha küçük ebatlı olmalıdır.

Çatı açıklıkları güneş ışığından ısı ve ışık olarak yararlanılmasını sağlasa da kış aylarında ısı kaybına neden oldukları için çok fazla tercih edilmemektedir.



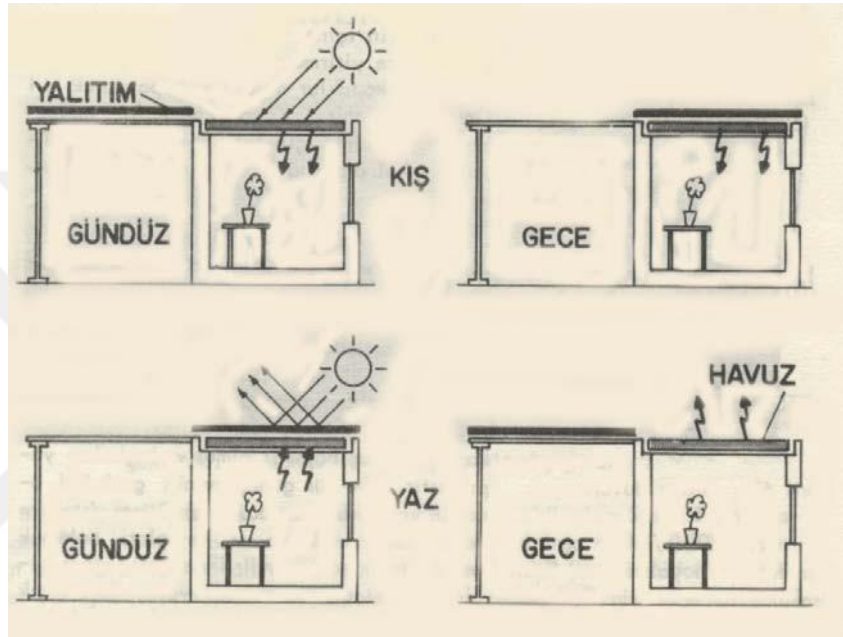
Şekil 1.5. Güneşten doğrudan yararlanma (Wachberger, 1988; Yüre, 2007)

**Dolaylı Kazanç Yöntemleri:** Bu yöntemde cam yüzeylerden geçen güneş ışığı tuğla, beton, taş vb. malzemelerden oluşan koyu renkli duvarlara gelip depolanmaktadır. Depolanan güneş enerjisi taşınım yoluyla iç mekanlara aktarılıp iç mekanların ısıtılması sağlanmaktadır. Trombe duvarlar ve çatı havuz sistemi dolaylı kazanç yöntemleridir.



Şekil 1.6. Trombe duvarın çalışma düzeni (Doğan ve Pırasacı, 2009)

Yapılarda güney cephesinde oluşturulan trombe duvarlarda alt havalandırma deliğinden hava kanalına giren serin hava güneş ışığı yardımıyla ısınıp yükselmeye başlar. Yükselen sıcak hava üst havalandırma deliğinden tekrar odaya girip oda sıcaklığını artırmaktadır. Soğuyan hava tekrar alt havalandırma deliğinden hava kanalına gelir, ısınıp tekrar odaya döner ve böylece gün boyunca hava sirkülasyonu devam eder. Ayrıca gün boyunca ısınan trombe duvar, bünyesindeki ısıyı geceleri de odaya iletmiş olur.



Şekil 1.7. Çatı güneş havuzu işleyiş şeması (Deriş, 1984)

Güneş havuzunun tabanı ısıyı emecek yapıdadır. Siyah plastik torbalara doldurulan su bu havuzun içine yerleştirilir. Havuzun üstündeki yalıtım plakaları bir motor aracılığıyla harekete geçirilerek havuzun üstü tamamen kapatılabilmektedir. Kışın gündüz vakti güneşli günlerde yalıtım plakaları kenara çekilerek siyah plastik torbalar içindeki suyun ısınmasını sağlamaktadır. Güneş çekildikten sonra yalıtım plakaları havuzun üzerini kapatmaktadır. Enerji depolayan torbalardaki su, ışıyım yoluyla tavandan binanın içine aktarılır. Böylece odaların ısıl girdisi sağlanır. Yalıtım plakaları enerjinin dışarı çıkmasını engeller. Yazın ise güneşli saatlerde havuzun üstü örtülü tutularak güneşin suyu ısıtması önlenmektedir. Buna karşın binanın içindeki mevcut ısı yukarı doğru çıkarak suyu ısıtmaktadır. Yaz geceleri yalıtım plakası açılarak suyun ısısının dışarı verilmesi sağlanmakta ve böylece ev serinletilmektedir (Deriş, 1984).

### Aktif Sistemler:

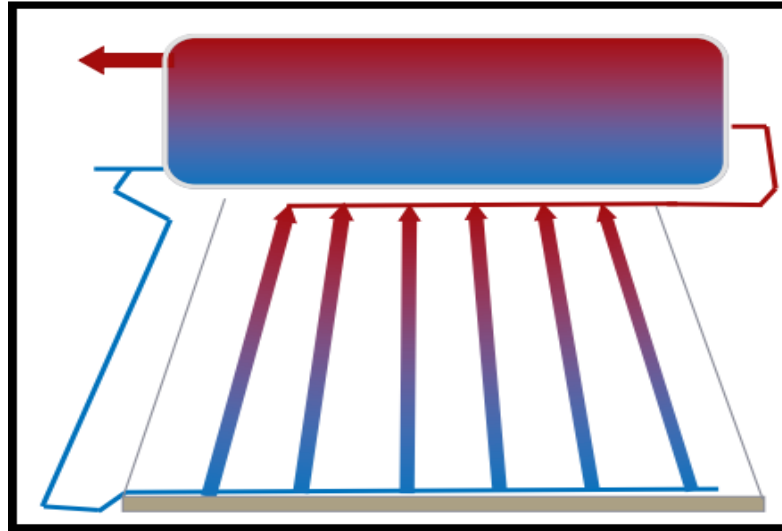
Aktif sistemlerde güneş enerjisinden, güneş kolektörleri ve fotovoltaik paneller aracılığıyla yararlanılmaktadır.

**Güneş Kolektörleri:** Güneş ışınlarının toplanıp yoğunlaştırılmasıyla elde edilen ısının, sistemdeki suyun ısıtılması için kullanan sistemlerdir. Isınan suyun genel olarak ulaştıkları sıcaklık  $70^{\circ}\text{C}$  civarında olmaktadır (Uslusoy, 2012).

Güneş kolektörleri yardımıyla binalarda sıcak kullanım suyu ihtiyacı karşılanıp, mekan ısıtma işlemi ve havuz ısıtma işlemleri yapılabilmektedir.

Güneş kolektörlerinin genel olarak sınıflandırması aşağıdaki tablodaki gibidir.

**Açık Devre Doğal Dolaşımli Sistemler:** Açık devrede kullanılan su başka bir ısı transfer akışkanına gerek duyulmadan sistem içinde dolaşır ve direkt ısınır. Kolektördeki suyun ısınıp yoğunluğunun azalmasıyla su yükselir ve depoya doğru hareket eder. Bu sirkülasyon depoya kolektördeki su aynı sıcaklığa gelene kadar devam eder. Suyun depolandığı depo kolektör seviyesinden yukarıda olmak zorundadır. Bu sistemde şebeke suyu kullanıldığı için zamanla kireçlenme olup kolektörü tıkalabilir. Ayrıca içinde antifriz olmadığı için  $0^{\circ}\text{C}$ 'nin altında donma olmaması için suyun soğuk aylarda boşaltılması gerekmektedir.

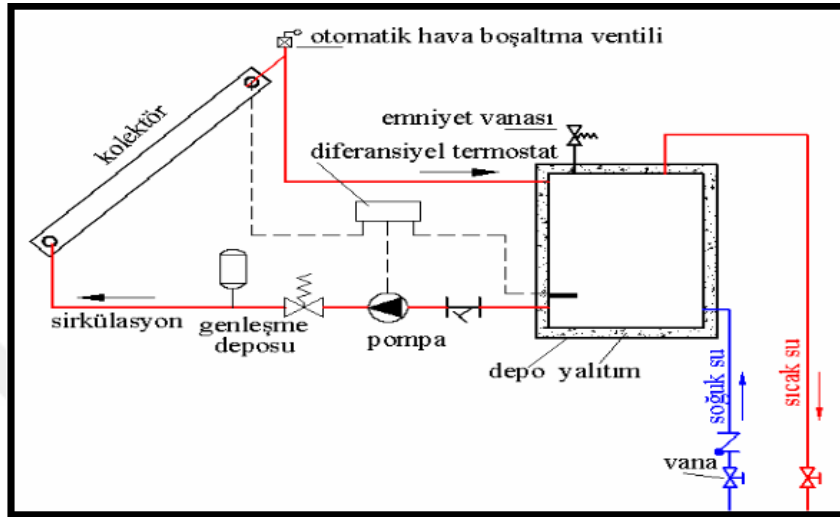


Şekil 1.8. Açık devre doğal sirkülasyonlu sistem (Öksüz, 2014)

**Açık Devre Pompalı Sistemler:** Doğal dolaşımın yeterli olmadığı sistem içindeki suyun dolaşımı için pompaya ihtiyaç duyulduğu sistemlerdir. Bu pompalar otomatik

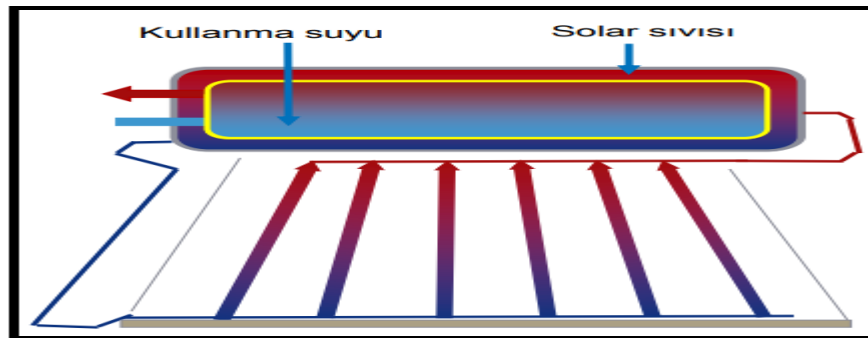


kontrol devresiyle çalışıp termostat sensörleri yardımıyla su ısındığında durup su soğuduğunda çalışmaya devam etmektedir. Bu sistemde deponun yukarıda olma zorunluluğu yoktur. Bu nedenle ihtiyaca göre daha büyük boyutlu depolar kullanılabilir.



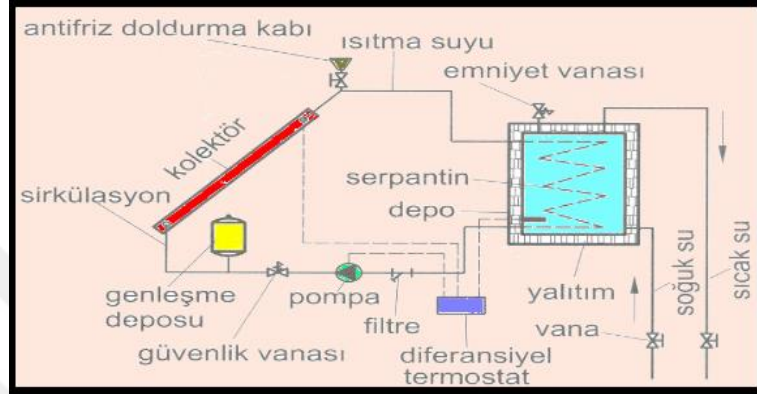
Şekil 1.9. Açık devre pompalı sistem (Abuşka, 2019)

**Kapalı Devre Doğal Sirkülasyonlu Sistemler:** Isı akışının pompaya ihtiyaç olmadan sağlandığı sistemlerdir. Bu sistem içerisinde birbirinden bağımsız iki ayrı devre bulunmaktadır. Depo içerisinde bulunan antifriz + su karışımı güneşten aldığı ısıyı şebeke suyundan gelen soğuk suya vermekte ve suyu ısıtmaktadır. Bu sistemde tek depo kullanılabileceği gibi ihtiyaca göre iki depo da kullanılabilir.



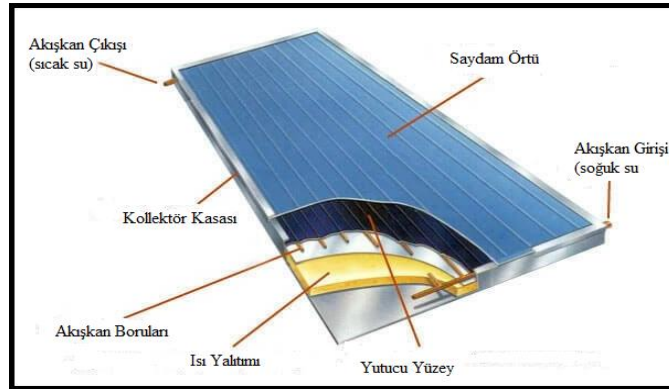
Şekil 1.10. Kapalı devre doğal sirkülasyonlu sistemler (Öksüz,2014)

Kapalı Devre Pompalı Sistemler: Devre içindeki özel solar sıvının pompa yardımıyla dolaştırıldığı sistemlerdir. Bu sistemlerde daha fazla sıcak su ihtiyacına göre büyük hacimli depolar kullanılabilmektedir. Pompa, termostatın sensörleri yardımıyla suyun sıcaklığına göre durup çalışmaktadır.



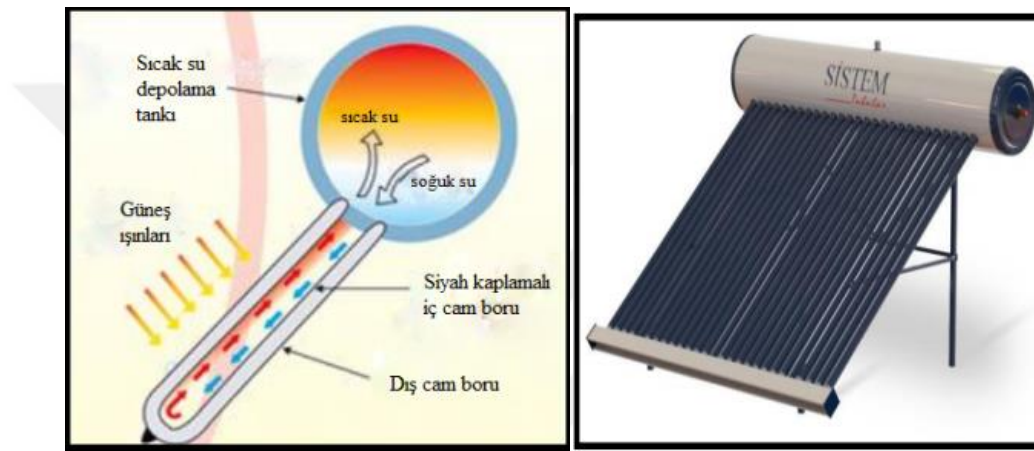
Şekil 1.11. Kapalı devre pompalı sistemler ( Abuşka, 2019)

Düz Yüzeyle Kollektör: Bu kollektörler güneşin geliş açısına göre açılı olarak montaj edilir. Saydam örtü, yutucu yüzey, akışkan boruları, ısı yalıtımı ve kollektör kasasından oluşmaktadır. Saydam örtü, ışığın yutucu yüzeye geçişini sağlayıp aynı zamanda kollektörü dış etkilerden korur. Yutucu yüzey güneş ışığını yutan ve akışkan borularına ısı aktaran kısımdır. Isı yalıtımı olan kısım, toplayıcıdaki ısı yalıtımını sağlayıp enerjinin boşa gitmesini engellemektedir.



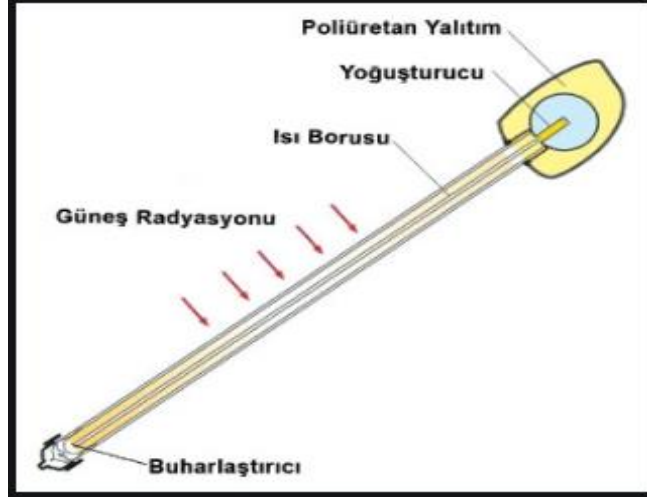
Şekil 1.12. Düz yüzeyle kollektör (URL-3, 2019)

**Vakum Tüplü Sistemler:** Bu sistemi genel olarak iç içe geçmiş ve aralarındaki havası alınmış vakumlu iki cam tüp oluşturmaktadır. Bu sistemde güneş enerjisi, seçici yüzey tarafından emilerek tüp içerisinde yer alan transfer borusuna aktarılır. Isı transfer borusundan ısıyı alan su ısınmaya başlar. Vakum tüplü sistemler, diğer sistemlere oranla hem güneş ışığını çok farklı açılardan alabildiği hem de vakumlu tüplerin veriminin fazla olması sebebiyle diğer sistemlere oranla daha kullanışlıdır. Bu sistemlerden kış aylarında da yararlanılmaktadır.



Şekil 1.13. Vakum tüplü kolektör (URL-4, 2019)

**Vakum Tüplü Isı Borulu Sistemler:** Isı borusunun bir ucu buharlaştırıcı işlev görürken diğer ucu yoğuşturucu olarak işlev yapmaktadır. Isı borusu içinde bulunan akışkan buharlaştırıcıda güneş enerjisinden gelen ısıyla buharlaşır ve yükselir. Yükselen akışkan yoğunlaştırıcıya geldiğinde ısını suya vererek yoğuşur ve tekrar geriye döner. Bu sirkülasyon devam eder ve suyu ısıtır. Isı borularının iletim özelliğinin yüksek olması suyun hızlı bir şekilde ısıtılmasını sağlar.

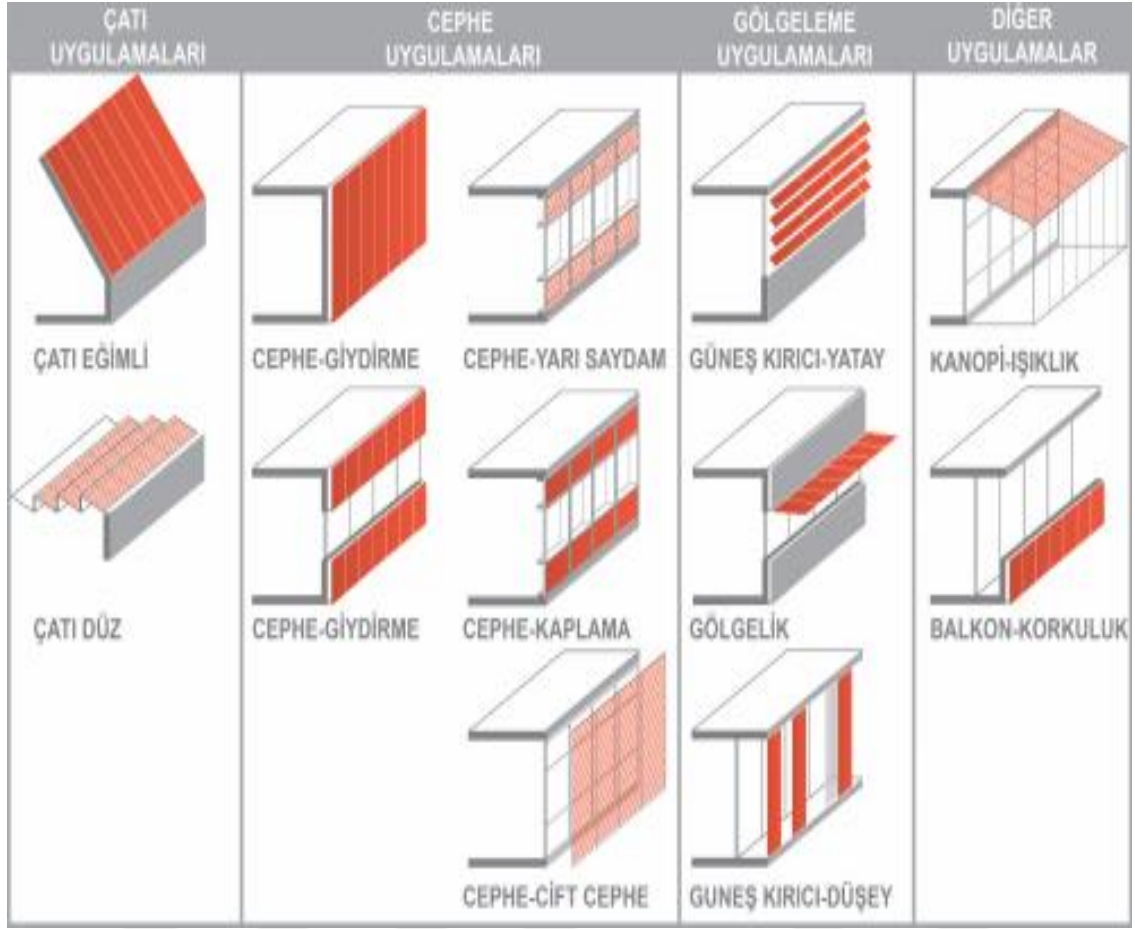


Şekil 1.14. Vakum tüplü ısı borulu kolektör(URL-5, 2019)

Fotovoltaik Sistemler: Bu yarı iletken sistemler güneş ışığını elektrik akımına çevirmekte ve çevreye zararı olmamaktadır. Hücre Türlerine göre kristal yapıli silisyon hücreli, ince film hücreli ve nano dokulu fotovoltaik hücreler vardır. Güneş hücreleri yapılarına bağıli olarak güneş enerjisini %5 - %30 arasında bir verimlilikle elektrik enerjisine çevirebilmektedir. Fotovoltaik hücreler bir araya getirilip fotovoltaik modülleri oluşturur. Fotovoltaik modüller yapılarda kullanıldığında fotovoltaik tesisler oluşturulmuş olur. Fotovoltaik sistemlerde seri bağlantı yapılabildiğı gibi paralel bağlantı da yapılabilmektedir. Bu sistemler doğru akım( DC) üretmektedir. Evlerde kullanılan çoğı cihazlar alternatif akımla (AC) çalıştığı için elde edilen elektrik enerjisi inverter yardımıyla alternatif akıma çevrilip ev aletlerinde kullanılabilir.

Fotovoltaik paneller enerji etkin binalarda katkı sağlayabilecek önemli malzemelerdir. Bu paneller mevcut binalarda kullanılabilir gibi yeni yapılacak binalarda bütünleşik olarak tasarlanabilen malzemelerdir.

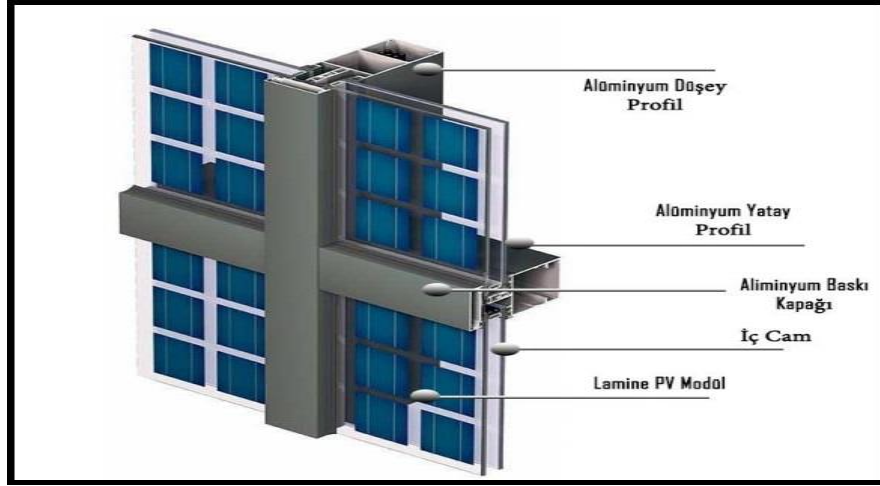
Fotovoltaik sistemler yapılarda; giydirme cephe elemanı, gölgeleme elemanı, yağmur perdesi, çift tabakalı cephe sistemleri, atriumlarda, çatılarda, balkon parapetlerinde ve otopark çatılarında kaplama olarak kullanılıp enerji üretebilmektedir.



Şekil 1.15. Pv panellerin binalarda kullanımı (URL- 6)

Pv Giydirme Cephe Sistemleri ve Duvar Kaplaması: Giydirme cephe sistemlerinde enerji kazanımı sağlamak amacı ile kompozit ya da cam yerine çeşitli özelliklerde ve yapıda pv panel kullanımı olabilmektedir. Güneş enerjisinden hem çok iyi bir şekilde yararlanma hem de istenmeyen olumsuz etkilerinden kaçınmak için kullanım amacına göre opak, yarı geçirgen ve geçirgen pv paneller giydirme cephe sistemlerinde kullanılmaktadır.

Pv paneller, mevcut cam giydirme cephe elemanları ile uyumlu olarak kullanılabilir. Pv paneller, cephe kaplamalarında cam yerine kullanıldığında kullanılan panel cinsine göre hem gölgeleme işlemi yapılabilen hem de elektrik üretilmektedir.



Şekil 1.16. Pv panellerin kapaklı giydirme cephe olarak uygulanması (Uçar, 2018)



Şekil 1.17. Urban healt plan dış cephe görünüşü (Haroldson, 2017)

Şekil 1.17’de Urban Healt Plan hastanesinin cephesinde 37 kw’lık güneş paneli uygulaması görülmektedir (Haroldson, 2017). Bu paneller binanın enerji ihtiyacının bir kısmını karşılamaktadır.



Şekil 1.18. Erfurt üniversitesi ek binası cephe entegre pv panel görüntüsü (URL-7, 2019)

Erfurt Üniversitesi dış cephesinde kullanılan 352 adet CIS ince film panelin kurulu gücü 28,16 kWp olup elektrik ihtiyacının bir kısmını karşılamaktadır.



Şekil 1.19. Engie binası pv panel kaplaması (Süzer, 2019)

Engie Binasında camlarda 1020 m<sup>2</sup> alanda camdan cama monokristal hücreleri kullanılarak 85 kWp kurulu güç oluşturulmuştur (Süzer, 2019).

Pv Çatı Uygulamaları: Çatılar, yapıda pv panellerin güneş ışığından en fazla yararlanabileceği alanlardır. Pv panellerin çatılara eğimli bir şekilde yerleştirilebilir olması güneş ışınlarını dik açıyla karşılayıp güneşten elde edilecek verimin artmasını sağlamaktadır. Pv paneller, bina monte sisteminde çatı kaplaması yapılmış binada kaplama malzemesi (kiremit, şingil, sac vb.) üzerine çeşitli aparatlarla montaj yapılarak kullanılabilindiği gibi bina entegre sistemlerinde de doğrudan çatı kaplama malzemesi (solar single, solar kiremit, panel vb.) olarak da kullanılabilir. (Uyar, 2019).



Şekil 1.20. Ewe & Bursagaz merkez ofisi bina monte pv panel uygulaması (URL-8, 2019)

Solar shingle malzeme, çatıda shingle yerine kullanılmaktadır. Çatılarda kullanılan solar shingle malzemesinin verimliliği %13 kadar olabilmektedir (Uyar, 2019).





Şekil 1.21. Solar shingle çatı sistemi görüntüsü (URL-9, 2019)



Şekil 1.22.Solar kiremit uygulaması (URL-10, 2019)

Pv Gölgeleme Uygulamaları: Gölgeleme işlemi için kullanılan pv modüller, seçici ışık geçirgenliği sayesinde geleneksel yapı elemanlarının yerine cephelerde, çatılarda, çatı pencerelerinde, atriumlarda, verandalarda kullanılarak güneşten koruma işlevinin yanı sıra ısı ve ses yalıtımı açısından da aynı işlevleri yerine getirebilmektedir.

Şekil 1.23'de İspanya'da 2005 yılında beş katlı bir ofis binasının merdivenin ve merdivene bitişik bölgelerin güneşten gölgelenmemesi ve aşırı ısınma sorunları nedeni ile cephe yenileme çalışması yapılarak endüstriyel sabit cam elemanlarının yerine şeffaf amorf pv panellerin renkli ve baskılı cam elemanları kullanılıp çift camlı bir cephe yapılmıştır.

Kullanılan 27 adet 50 Wp'lik modülden toplamda 1,35 kWp güç sağlanmaktadır. 2017 yılı için elde edilen enerji verimi 1270 kWh olarak ölçülmüştür (URL-11, 2019).



Şekil 1.23. Güneş cephesi genel görünüşleri(URL-11, 2019)

Şekil 1.24 'te monokristal pv modüllerin sabit güneş kırıcı olarak kullanıldığı binada enerji tasarrufu ve enerji verimliliği amaçlanmıştır. Binada toplam 54 kWp değerinde kırıcılardan elde edilen güç oluşturulmuştur (URL-12, 2019).



Şekil 1.24. Monte Malaga hotel güneş kırıcı görüntüsü (URL-12, 2019)

#### 1.4.3.1.2.2. Rüzgar Enerjisi

Rüzgar enerjisi yenilenemeyen fosil yakıtlar gibi küresel ısınmaya, asit yağmurlarına ve çevreye büyük zararlara yol açan durumlara neden olmadığı gibi çevreye duyarlı, yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynağıdır.

Türkiye rüzgar enerjisi bakımından zengin bir ülke olarak kabul edilmektedir. Yapılan ölçümlere göre 10m yükseklikteki yıllık ortalama güç yoğunluğu ve rüzgarın hızı  $51,91 \text{ W/m}^2$  ve  $3,29 \text{ m/sn}$  ile en fazla değerde Marmara Bölgesi'nde ölçülmüştür. En düşük değer ise Doğu Anadolu Bölgesi'nde  $13,19 \text{ W/m}^2$  ve  $2,12 \text{ m/sn}$  rüzgar hızı olarak tespit edilmiştir. Ülkemizin %0,08'inde  $100 \text{ W/m}^2$  üzeri, % 5,9'unda  $50 \text{ W/m}^2$  üzeri, %16,11'inde güç yoğunluğu  $30-40 \text{ W/m}^2$  arasında ve %64,5'inde güç yoğunluğu  $20 \text{ W/m}^2$  olmaktadır (Tavman, Önder, 2001).

Binalarda rüzgar enerjisinin kullanımı aktif ve pasif sistemler olarak ikiye ayrılmaktadır.

**Aktif sistemler:** Aktif sistemlerde rüzgar enerjisi yapılarda üç şekilde değerlendirilmektedir. Bu sistemlere bina bağımsız rüzgar türbinleri, bina-monte rüzgar türbinleri ve bina- entegre rüzgar türbinleri adlandırması yapılmaktadır. Bina bağımsız rüzgar türbinleri yapılarda bağımsız olarak inşa edilen sistemlerdir. Bu sistemlere rüzgar çiftlikleri örnek olarak verilebilir. Kansas'ta Gary Country Wind Farm rüzgar çiftliği  $112 \text{ MW}$  kapasitesi ile  $33000$  evin elektrik ihtiyacını karşılayacak enerjiyi üretebilmektedir (Demir, 2011). Bina-monte türbinlerde binalar kule olarak kullanılıp bina şeklinin rüzgar akışını, hızını ve yoğunluğunu artırmak için kullanılmamaktadır. Bu türbinler daha çok mevcut binalarda enerji ihtiyacının bir kısmını karşılamak için kullanılmaktadır (Günel, Ilgın, 2019 ). Bina- monte rüzgar türbinlerine şekil 1.25'deki CIS Tower binası örnek olarak verilebilir. Yapının çatısındaki  $3 \text{ m}$  yüksekliğindeki  $24$  adet rüzgar türbini, rüzgar çiftliği gibi düzenlenip yapının enerji ihtiyacının %10'unu karşılayabilmektedir (Demir, 2011). Bina – entegre rüzgar türbinlerinde ise binaların tasarımı rüzgar enerjisini etkin olarak kullanmayı amaçlayacak şekilde yapılmaktadır. Bu türbinlerin olduğu binalarda binanın formu rüzgarın hızını, yönünü ve yoğunluğunu artırmaya yönelik tasarlanmaktadır. Bu yapı sistemine Bahreyn Dünya Ticaret Merkezi örnek verilebilir (şekil 1.26).Yelken formunda iki kuleden oluşan yapı rüzgardan etkili olarak yararlanmak için kuzeye yönlendirilmiş olarak yapılmıştır.  $3$  adet  $29 \text{ m}$  rotor çapında türbin yerleştirilen binada elektrik ihtiyacının %11-15 'i bu türbinlerden karşılanmaktadır. Türbinler  $1100-1300 \text{ MWh/yıl}$  enerji üretebilmektedir (Demir, 2011).



Şekil 1.25. CIS Tower görünüşü, Londra (Demir, 2011)



Şekil 1.26. Bahreyn dünya ticaret merkezi (URL-13, 2019)

#### Pasif Sistemler:

Rüzgar enerjisinden pasif olarak yararlanmak için öncelikle yapıda doğal havalandırmayı sağlamak gerekmektedir. Doğal havalandırma içinde hava akışının yapı

içerisinde olması gerekmektedir. Yapılarda doğal havalandırma; yapının konumu ve yönlendirilmesi, yapının formunun tasarlanması, pencere ve kapıların kullanılması, rüzgar kepcheleri ve bacaları kullanılması, atriumlar tasarlanması yöntemleriyle sağlanmaktadır.

**Yapı Konumu ve Yönlendirilmesi:** Yapıların konumlandırılması ve yönlendirilmesinde rüzgarın bina duvarlarına geliş açısı önem taşımaktadır. Yapı duvarına en fazla basınç rüzgar duvara dik olarak estiğinde oluşmaktadır. En az basınç ise duvarlara 45 derecelik açıyla estiğinde oluşmakta ve buna bağlı olarak oluşan rüzgar gölgesi en fazla seviyeye ulaşmaktadır.

Sıcak-nemli ve ılıman-nemli iklim bölgelerinde rüzgarın alınması sağlanmakta ve yapılar, rüzgara dik konumda ve birbirlerinin gölgesinde olmayacak şekilde yerleştirilmektedir. Soğuk ve sıcak-kuru iklim bölgelerinde ise rüzgarların yapıya en az etkimesi istenmekte ve yapılar birbirinin gölgesinde kalacak şekilde bitişik veya yoğun biçimde yerleştirilmektedir (Özdeniz, 1979).

**Yapı Formunun Tasarlanması:** Hava akımları karşılaştıkları yapıların geometrik şekillerine göre şiddetlerinde ve yönlerinde değişime uğradıkları için yapı biçimi önem kazanmaktadır (Akyel, 2007).

Kuru-sıcak iklim bölgesinde serin ve gölgeli yaşama alanları oluşturmak için avlulu ve kapalı yapılar, nemli-sıcak iklim bölgelerinde çapraz şekilde havalandırmaya olanak sağlayan uzun cephesi rüzgar akışının fazla olduğu doğrultuya doğru yönlendirilmiş dar, uzun yapılar tasarlanmaktadır. Soğuk iklimi olan yerlerde ısı kayıplarını en aza indirmek için kompakt yapılar yapılmaktadır.

Silindir, üçgen, elips şeklindeki yapı formlarına, dikdörtgenler prizması şeklinde olan yapılardan daha az miktarda yanal kuvvet etkimektedir (Ali ve Armstrong, 1995).

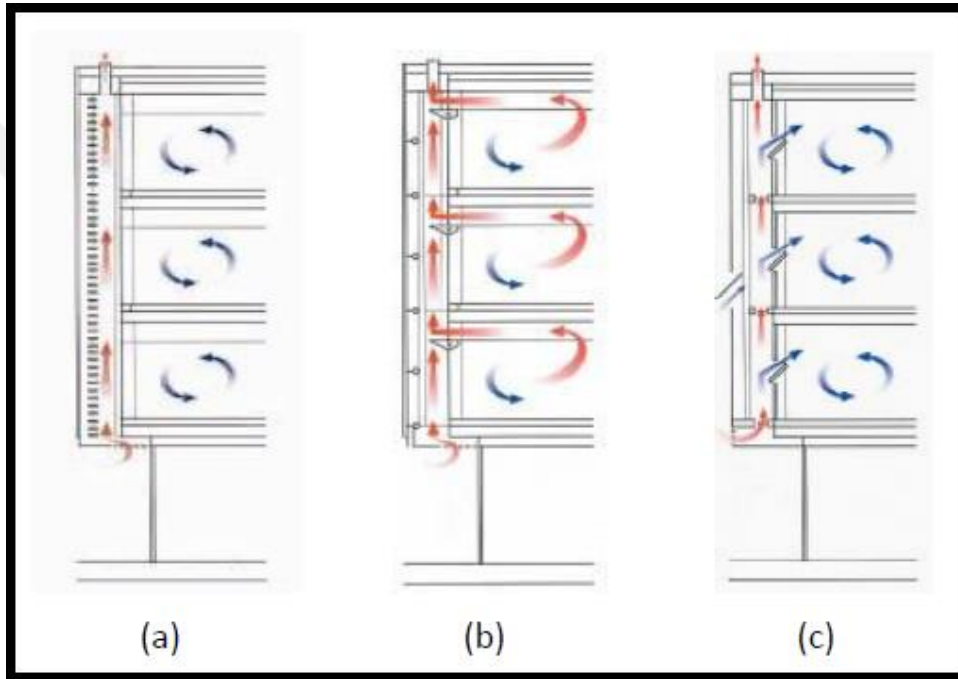
**Pencereler ve Kapılar:** Yapılarda doğal havalandırma, pencere ve kapı boşluklarından sağlanmaktadır. Yapılarda kullanılan pencere kanadının açılış şekli, boyutu, biçimi ve yapıdaki konumu iç ve dış ortamdaki hava akışının şeklini ve niteliğini değiştirmektedir.

Rofail'e (2006) göre, yapıların uzun cephelerini, kapı ve pencere açıklıklarını hakim rüzgar yönüne göre düzenlemek, pencereleri ters basınç bölgelerine göre yerleştirmek etkin bir doğal havalandırmayı sağlayacaktır.

**Çift Cepheler:** Çift cepheler yapılarda iç mekan ile dış mekan arasındaki ısı geçişlerini kontrol edebilmek için oluşturulan tampon bölgelerdir. Tampon bölge yaz aylarında yapının fazla ısınmasını önlerken kış aylarında ısı kaybını azaltmaktadır. Ayrıca

yüksek yapılarda yükseklik arttıkça rüzgar hızının da artmasının pencere kullanımına olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak içinde kullanılabilir. Çift cepheli sistemler harcanan enerji durumuna ve havalandırma yöntemlerine göre üç tipe ayrılmaktadır. (Şekil 1.27)

- Tampon bölge oluşturularak yapılan havalandırma sistemi
- Mekanik sistemler yardımıyla havanın emilimini sağlayan sistem
- Çift katmanlı oluşturulan sistemler



Şekil 1.27. Çift cepheli sistemler

#### 1.4.3.1.2.3. Jeotermal Enerji

Türkiye'nin jeotermal enerji potansiyeli 31500 MW'tir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından bu potansiyelin %13' ü kullanıma hazır hale getirilmiştir. Kullanıma hazır hale getirilen mevcut jeotermal kaynaklar daha çok sera ısıtması, konut ısıtması ve kaplıca amaçlı kullanılmaktadır. Türkiye'de jeotermal ısıtmaya uygun alanlar mevcut jeotermal alanların % 55'i kadardır. Ülkemizde 1200 dönüm sera ve 100000 adet konut jeotermal enerji ile ısıtılmaktadır (Kozak, 2016).

Jeotermal enerjinin başlıca faydalanma alanları şunlardır :

- Isı enerjisinden elektrik enerjisi elde edilmesi,

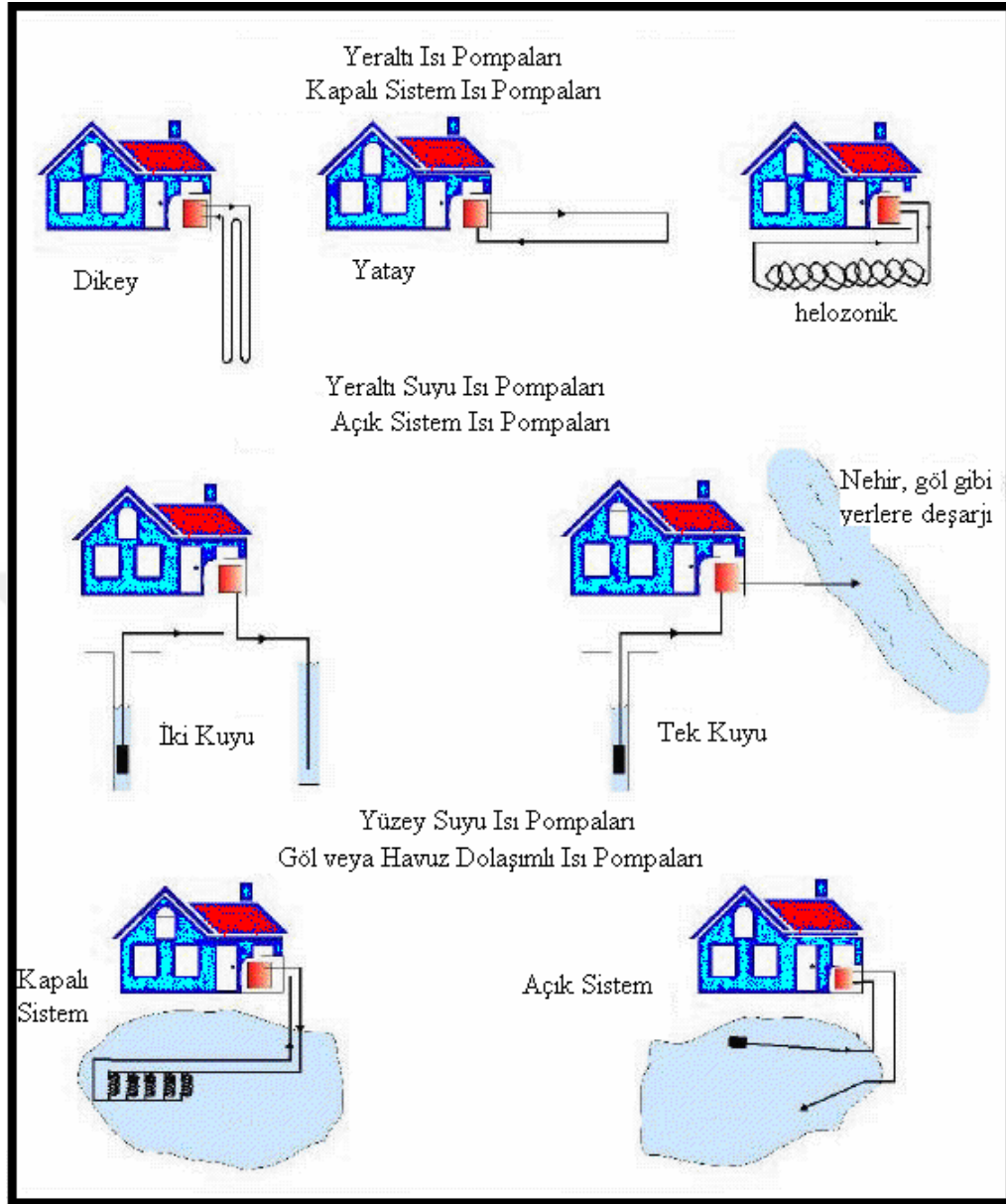
- Merkezi sistemle ısıtma ve soğutmada kullanımı,
- Turistik ve tedavi amaçlı kaplıca ve yüzme havuzlarında kullanımı,
- Endüstriyel amaçlı kurutma ve ısıtma işlemlerinde doğrudan ısı enerjisinden yararlanılması,
- Kimyasal madde üretimi (mineral ve kimyasal tuz) (Ethemoglu vd., 2006).

Jeotermal enerji kullanılarak bölgesel ısıtma yapıldığında binalarda yakıt deposu, kazan ve benzeri ekipmanların kullanımına gerek kalmamaktadır. Yalnızca bina altında ısı esanjörleri kullanılmaktadır. Ülkemizde birçok yerde bölgesel ısıtma sistemi uygulanmıştır. Bunlardan en önemlileri: Narlıdere, Balçova, Afyon, Gönen, Kırşehir, Kızılcahamam, Simav, Kozaklı, Sandıklı ve Diyardin'dir (Kozak,2016).

Tablo 1.4. Türkiye' de merkezi olarak jeotermal enerji ile ısıtılan yerler (Arslan vd.,2001)

Bölge	Kurulu Kapasite (Konut)	Mevcut Isıtma (Konut)	Akışkan Sıcaklığı (°C)
Gönen (Balıkesir)	4500	3000	80
Simav (Kütahya)	6500	2700	120
Kızılcahamam (Ankara)	2250	2000	80
Balçova (İzmir)	15000	6500	125
Narlıdere (İzmir)	5000	700	98
Sandıklı (Afyon)	5000	1000	70
Kırşehir	1800	1800	57
Afyon	10000	4000	95
Kozaklı (Nevşehir)	1000	1000	90
Diyardin (Ağrı)	1500	1500	78

Jeotermal ısıtma sistemleri, jeotermal akışkanın debisi, basıncı, sıcaklığı, kimyasal özellikleri, ısıtma yapılacak yerin topografik özellikleri, meteorolojik koşulları, kullanılacak konutların yerleşim konumları ve termo fiziksel özellikleri gibi birçok parametreye dikkat edilerek tasarlanmalıdır. Bu sistemler açık devreli ve kapalı devreli olarak iki şekilde ısının bir akışkan yoluyla dağıtımını gerçekleştirebilir ( Gürses, 2001).



Şekil 1.28. Isı pompalarının kullanım şekilleri (Toka, 2019)

#### 1.4.3.1.2.4. Biyokütle Enerjisi

Ana bileşenleri karbonhidratlı bileşikler olan hayvansal veya bitkisel kökenli tüm doğal maddeler biyokütle enerji kaynağı, bu kaynaklardan oluşturulan enerji ise biyokütle enerjisi olarak tanımlanmaktadır. Biyokütlenin kimyasal içeriğinde karbonun yanı sıra azot(N), oksijen(O), hidrojen(H) ve daha küçük oranlarda alkali, toprak alkali ve ağır metaller içeren atomlar gözlemlenmektedir (URL-14, 2019).



Biyokütle enerjisinin kaynaklarını; ağaçlar, ekinler, yosunlar, denizdeki algler, evlerden atılan sebze ve meyve atığı gibi tüm organik çöpler, hayvansal atıklar, gübre, sanayi atıkları gibi maddeler oluşturmaktadır. Biyokütle, devamlı üretimin yapılabildiği, kendini kısa sürede yenileyebilen, güneş enerjisinin depolandığı, ülkelerin ihtiyacı olan enerjinin yerli kaynaklardan karşılandığı, büyük bir üretim potansiyeline sahip olduğu yenilenebilir bir enerji kaynağıdır (Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, 2004).

Tablo 1.5. Kaynak bazında Türkiye'nin biyokütle potansiyeli (YEGM, 2019)

KAYNAK	POTANSİYEL (TEP/YIL)	YÜZDELİK
Bitkisel Atıkların Enerji Değeri	39877285	90
Kentsel Organik Atıkların Enerji Değeri	2315414	5
Hayvansal Atıkların Enerji Değeri	1176198	3
Orman Atıklarının Enerji Değeri	859899	2

Biyokütle enerjisi ulaşım, ısı ve elektrik gibi üç temel alanda tüketilmektedir (URL-14, 2019).

Uygulama alanlarına göre biyokütle enerjisinin kaynakları, bu kaynakları değerlendirirken kullanılan yöntemler, bu yöntemler uygulandıktan sonra elde edilen yakıtlar ve uygulama alanları Tablo 1.6'da gösterilmiştir.

Tablo 1.6. Biyokütle enerjisi ve kullanım alanları (Erkınay, 2012)

Biyokütle	Çevrim Yöntemi	Yakıtlar	Uygulama Alanları
Orman atıkları	Havasız çürütme	Biyogaz	Elektrik üretimi
Tarım atıkları	Piroliz	Etanol	Isınama ve ulaşım araçları
Enerji bitkileri	Doğrudan yakma	Hidrojen	Isınma
Hayvansal atıklar	Fermantasyon	Metan	Isınma ve ulaşım araçları
Organik çöpler	Gazlaştırma	Metanol	Uçaklar
Algler	Hidroliz	Sentetik yağ	Roketler
Enerji ormanları	Biofotoliz	Motorin	Ürün Kurutma
Bitkisel ve hayvansal yağlar	Esterleşme Reaksiyonu	Motorin	Isınma, Seracılık, Ulaşım araçları

Biyokütleden; fiziksel aşamalar olan; boyut küçültme-kırma ve öğütme, filtrasyon, kurutma, briketleme ve ekstraksiyon, dönüşüm aşamaları; biyokimyasal ve termokimyasal süreçler ile yakıt elde edilmektedir. Konutlarda biyokütle kaynağından; elektrik üretimi için havasız çürütme tekniği ile elde edilen biyogaz, ısınma amaçlı kullanılan piraliz tekniği ile elde edilen etanol, su ısıtma amaçlı doğrudan yakma yöntemiyle elde edilen hidrojen kullanılmaktadır (URL-14, 2019).

Biyokütle enerjisi şebekeye bağlı ve şebeke dışı uygulamalar kullanılarak pişirme, ısınma ve elektrik üretiminde kullanılabilir. Kırsal kesimdeki evlerde veya köy tipi küçük yerleşimlerde şebeke dışı uygulama yapılarak biyogaz üretme, biyokütleyi doğrudan yakma ve biyogaz gazlaştırılarak elde edilen enerji harcanmaktadır.

Dünyada aydınlatmada ve pişirmede biyogaz kullanan 25 milyon ev vardır. Bu evlerin 20 milyonu Çin'de , 3.9 milyonu Hindistan'da, 150.000 Nepal'dedir. Küçük tipteki biyokütle gazlaştırıcıları Çin, Hindistan, Endonezya, Tayland ve Sri Lanka'da kullanılmaktadır.

Biyokütle enerjisi ile pişirmede tezek, tarımsal atıklar, odun ve odun kömürü geleneksel olarak kullanılmaktadır. 570 milyon evde biyokütle yakılarak biyokütle enerjisinden yararlanılmaktadır. Ev içinde yakılarak kullanılan ocak-fırın tipi ev havasının olumsuz etkilenmemesi için çok önemlidir. Bu nedenle geliştirilmiş ocak-fırın çeşitlerinin uygulamaya alınması konusunda pek çok ülke program uygulamaktadır. Halen Kenya, Hindistan, Çin gibi ülkelerde 220 milyon geliştirilmiş ocak kullanılmaktadır.

Şebekeye bağlı olan biyoelektrik üretiminde büyük boyutlardaki biyokütle gazlaştırıcıları, biyogaz santralleri ve yakma sistemleri kullanılmaktadır.

Yakıt biyodizel alternatif motorin olarak; motorin ve fueloil katkı maddesi (B1, B2, B5), motorin veya fueloil ile harmanlanarak (B20, B50, B80, vb) ve doğrudan (B100) ısıtma sistemleri ile türbin ve jeneratörlerde güç üretiminde kullanılabilir.

Biyogaz, biyometanlaştırma aşamaları ile elde edilebilen bir gaz karışımıdır. Biyogaz doğalgaza alternatif olacak bir gaz yakıt olarak doğrudan yakma-ısıtma, motor yakıtı olarak ve elektrik üretiminde kullanılabilir (Karaosman, 2011).

Endüstriyel ve karasal atıkların nasıl değerlendirilebileceği ile ilgili çok sayıda bilimsel çalışma yapılmaktadır. Özellikle lignoselülozik maddelerin çimento, polimer veya daha değişik kimyasallarla kullanılarak çevreye duyarlı, ekonomik, son kullanım

durumunda ilgili standartları sağlayan levha, yalıtım malzemesi gibi ürünler üretilmiştir (Wang vd., 2016).

### 1.4.3.2. Malzeme

Yapım endüstrisinin çevresel etkilerinin azaltılması için inşaat ve yıkım atıklarının geri dönüştürülme işlemi yapılarak tekrar yapı malzemesi olarak yeniden kullanılması etkili olacaktır. Tasarım evresinde malzeme seçimi yapılırken yenilenebilir, geri dönüştürülebilir, enerji verimliliği, çevresel performansı, montajı kolay yapılan, arıza çıkarmayıp sık bakım onarım gerektirmemesi, yaşam ömrü, kullanım sonrası kolay sökülmesi gibi şartlara göre seçim yapılması sağlanmalıdır.

Isı yalıtımında kullanılan malzemeler;

**Xps:** Eksrüde polistiren foam

- Düşük iletkenlik değerine sahiptir (0,030-0,040 W/mk).
- Dona karşı dayanımı vardır.
- Yüksek elastizite modülü ve boyutsal kararlılığı vardır.
- Optimum buhar difüzyon direnci vardır.
- Yüksek basma ve eğilme mukavemetine sahiptir. Zaman içinde kalınlığı azalmaz.
- Her çeşit kesici Aletle kesilebilir, ufalanmaz ve fire vermez.
- Yanma durumu B1 sınıfıdır (zor alev alır)
- Kapalı gözenekli hücre yapısına sahiptir (URL-15, 2019).

**Eps:** Expanded polystyren foam

- Isı iletkenliği hesap değeri 0,033 W/mK ile 0,040 W/mk arasında değişir.
- Uzun süreli yük altında kaldıkları zaman kalınlıklarındaki azalmaya bağlı olarak ısı dirençlerinde azalma olabilmektedir.
- Kapalı gözenekli malzeme olduğu için su emme oranı çok küçüktür.
- Yanma durumu B1 (zor alev alır) ve B2 (normal alev alır) sınıfıdır.
- Xps ve taşıyıcı gibi yalıtım malzemelerine oranla maliyeti daha düşüktür.
- Eps levhaların  $\mu$  değeri (Buhar difüzyon direnç faktörü) 20-100 arasında değişir.
- Kullanım sıcaklığı -180/+85 °C aralığındadır.

**Taşıyıcı:**

- Isı iletkenlik beyan değeri 0,040 W/mK'dır.
- Su buharı direnç faktörü  $\mu=1$ 'dir.

- Kullanım sıcaklığı -50/+650 °C aralığındadır.
- Rutubet ve sıcaktan etkilendiğinde boyutlarında değişme olmaz.
- Zamanla çürümez, küf tutmaz, bozulmaz, korozyon ve paslanma yapmaz.
- Isı ve ses izolasyonu sağlar.
- Yanma durumu A1 (yanmaz) sınıfıdır.
- Xps ve eps yalıtım malzemelerine göre daha maliyetli bir malzemedir.

#### **1.4.3.3. Su**

Sürdürülebilir bir yapıda suyu verimli bir şekilde kullanmak gerekmektedir. Yapıda suyu az kullanan musluk, duş başlıkları, banyo ve wc rezervuarı gibi tesisat araçlarıyla su tüketimi azaltılmaktadır.

Yağmur sularını değerlendirmek amacıyla yağmur suyu toplama sistemi kurulup yağmur sularından su kaynağı elde edilebilmektedir. Yağmur suyundan elde edilen su, içme suyu, sulama ve binadaki su kullanan ev aletlerinde kullanılmaktadır. Yağmur sularının toplanıp değerlendirilmesi, su tasarrufunun yanı sıra alt yapı yüklerini de azaltacağından sel taşkınlarını azaltmaya yardımcı olacaktır.

Kullanım sonrası atık haline gelen duş, lavabo, çamaşır ve bulaşık makinelerinden çıkan ve gri su olarak adlandırılan suların arıtılıp tekrar kullanılabilir hale gelmesiyle bu sulardan bahçe sulaması yapılabilmektedir. Bu yöntemle su etkin ve verimli şekilde kullanılmaktadır.

#### **1.4.3.4. Arazi**

Arazinin etkili şekilde kullanılmasına ilişkin üç önemli konu öne çıkmaktadır; arazinin verimli şekilde kullanılması, yapıların uzun hizmet süresi için tasarım, mevcut yapıların revize edilerek yeni yapılara adapte edilip kullanımının devam ettirilmesi/ yeniden kullanılması ( CIB, 1999).

### **1.5. Devlet Kurumlarının Sürdürülebilirlikle İlgili Çıkardığı Kanun ve Yönetmelikler**

### **1.5.1. Çevre Kanunu**

Doğal kaynakların en uygun şekilde kullanılması, korunması, toprak, su ve hava kirliliğinin önlenmesi, gelecek nesillerin sağlık ve yaşam kalitesinin korunması bu kanunun amaçlarındandır. Çevreyi etkileyebilecek projelerde çevresel etki değerlendirmesi (ÇED) raporu hazırlanmaktadır. Bu raporda, çevrede oluşabilecek kısa ve uzun vadede ki tüm olumsuzlukların bilimsel yöntemlerle değerlendirilmesi ve yaşanabilecek olumsuzluklar için gerekli önlemlerin neler olabileceği ortaya konmaktadır.

### **1.5.2. Yapı Denetim Kanunu**

Bu kanunda, insanların can ve mal güvenliğini sağlamak, fen, sağlık ve sanat kurallarına uyup standartlara uygun, sağlam ve kaliteli yapıların yapılabilmesi için gerekli olan denetimin usul ve esasları düzenlenmektedir.

### **1.5.3. Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği**

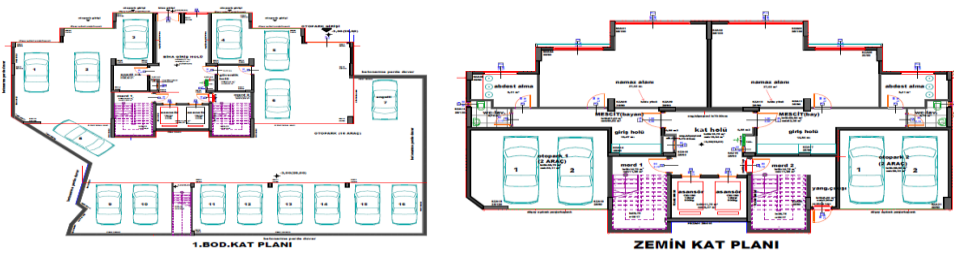
Bu yönetmelik, binalarda enerji tasarrufu sağlamak amacıyla binalardaki ısı kayıplarının en aza indirilmesi için gerekli olan uygulama kriterlerini kapsamaktadır. Bu yönetmelikle, ısı yalıtım uygulamalarıyla binaların yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı düşürülüp mevcut enerjinin verimli bir şekilde kullanılması sağlanmaktadır. Bu yönetmeliğe göre yapılacak ısı yalıtım hesaplamalarında TS825 ve TS 2164 standartları göz önüne alınmaktadır. TS 825 standartlarına göre hazırlanan ısı yalıtım projesi, yapı ruhsatı alımı aşamasında ilgili idarece istenmektedir.

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

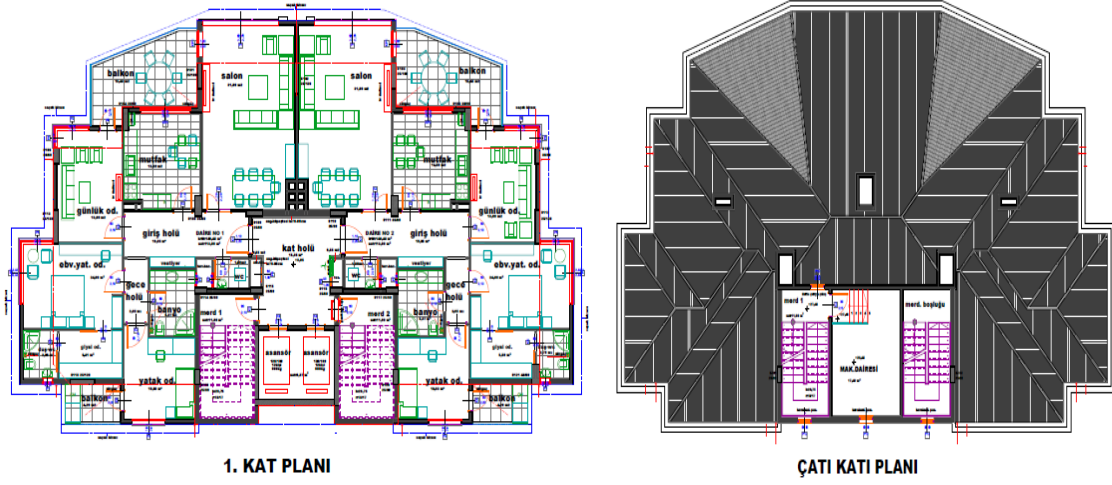
Sürdürülebilir yapılar için enerjinin verimli bir şekilde kullanılması en önemli kriterlerden birisidir. Yapılarda kullanılan ısı enerjisinin daha verimli bir şekilde kullanılıp ısı kayıplarını en aza indirmek için yapıların dış cephelerinin ısı yalıtımla hale getirilmesi gerekmektedir. Bilindiği gibi binaların ısı yalıtımında, buldukları bölge, dış cephede kullanılan malzemelerin özellikleri ve cinsi ısı kayıplarını engellemede ve elde edeceğimiz ısı tasarrufunu sağlamada önemli rol oynamaktadır. İçte ve dışta kullanılan sıvanın, duvar olarak kullanılan malzemenin, kolon-kirişlerin, döşemede ve tavanda kullanılan malzemelerin cinsi, kalınlığı, kapladığı alanı ve ısıl iletkenlik değerleri, kullanılacak yakıtın cinsi vb. değerler yapılacak hesaplamalarda elde edilecek değerleri değiştirecektir. Bu nedenle bilgisayar programında gerekli hesaplamaların yapılabilmesi için ilk olarak yapıdaki bu imalatların yukarıdaki özelliklerinin analiz edilmesi ve bilinmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada amaç, örnek bir binada yapılacak ısı yalıtımının kullanılacak malzeme çeşitlerine, kalınlıklarına, bulunduğu iklim bölgesine ve ısınmada kullanılan yakıt türüne bağlı olarak izoder ısı yalıtım hesaplama programıyla TS 825 standardına göre özgül ısı kaybını ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacını hesaplayarak zaman ve maliyet bakımından hesaplarının yapıp analiz edilmesidir.

İlk olarak yapılan çalışmada bina Rize Merkez de 2. derece-gün bölgesindedir ve kömürle ısıtılmaktadır. 1 bodrum kat, 1 zemin kat ve 8 normal kattan oluşmaktadır. Net oda yüksekliği 2,72 m'dir. Doğal havalandırma yapılmaktadır. Konut olarak kullanılmaktadır. Yalıtım yapılması gereken alanların miktarı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.



Şekil 2.1. Bodrum kat ve zemin kat planları görünüşleri



Şekil 2.2. 1.kat ve çatı katı planı görünüşleri

Tablo 2.1. Hesaplanan bina alanları

Yer	Alan(m <sup>2</sup> )
Dış duvar alanı	1195
Kolon-kiriş alanı	631,87
Isıtılmayan iç ortama bitişik duvar alanı	198
Toprak temaslı duvar alanı	182,52
Üzeri açık tavan alanı	50,33
Kullanılmayan çatı alanı	225,24
Toprak temaslı döşeme alanı	573,7
Isıtılmayan iç ortama bitişik taban alanı	106
Açık geçit üzeri alan	79,41
Toplam pencere alanı	593,1
Toplam kapı alanı	80,3
Doğu yönündeki pencere alanı (A <sub>pdoğu</sub> )	60,48
Batı yönündeki pencere alanı (A <sub>pbatı</sub> )	60,48
Kuzey yönündeki pencere alanı (A <sub>pkuzey</sub> )	406,7
Güney yönündeki pencere alanı (A <sub>pgüney</sub> )	65,44

$$V_{\text{brüt}}: 11657,76 \text{ m}^3$$

Pencere ısı geçirgenlik kat sayısı: 3 W/m<sup>2</sup>.K

Kapı ısı geçirgenlik kat sayısı: 3,5 W/m<sup>2</sup>.K

Doğu, Batı, Kuzey, Güney yönleri İçin r<sub>i,ay</sub>: 0,8

Doğu, Batı, Kuzey, Güney yönleri için g<sub>1</sub>: 0,85

Binanın kullanılmayan çatı ve üstü açık kule kısmında 10 cm taşıyünü kullanılmıştır.

Elde edilen yukarıdaki veriler TS 825 standardına uygun İzoder ısı yalıtım hesap programına aktarıldı.

Binanın		Arsanın	
Sahibi :	SÜLEYMAN SINAL VE HIS.A BLOK	İli :	RİZE
Bina Tipi :	Konutlar	İlçesi :	MERKEZ
Kat Adedi :	BK.ZK.8NK	Mahallesi :	ALIPAŞA
		Sokağı :	
		Pafta :	
		Ada :	1835
		Parsel :	14
		İmza :	
Isı Yalıtım Projesi Yapanın			
Adı Soyadı :	İSMAİL ERGÜN KUK		
Ünvanı :	İNŞ.MÜH.		
Sicil No :			
Kuruluşu :			
Hesaplama Bilgileri			
$\theta_i$ :	19 °C	<b>Net Oda Yüksekliği</b>	<b>Havalandırma Tipi</b>
$H_T$ :	2630,4 W/K	<input type="radio"/> ≤2,6 m	<input checked="" type="radio"/> Doğal
$H_V$ :	2462,118912 W/K	<input checked="" type="radio"/> >2,6 m	<input type="radio"/> Mekanik
$H$ :	5092,518912 W/K	$A_{top}$ :	3435,6 m <sup>2</sup>
$nh$ :	0,8	$A/V$ :	0,294 m <sup>-1</sup>
		$V_{brüt}$ :	11657,76 m <sup>3</sup>
		DG Bölgesi: 2	
<b>Enerji kullanımı - İç ısı kazançları</b>			
<input checked="" type="radio"/> <b>Normal</b> (Konutlarda, okullarda ve normal donanımlı büro binaları vb.)			
<input type="radio"/> <b>Yüksek</b> (Yemek fabrikaları, aydınlatmanın sadece elektrik ile sağlandığı binalar vb.)			
Geri Ödeme Süresi Hesap Bilgileri			
$U_p$ :		Yalıtımsız durumdaki pencerenin ısıl geçirgenlik değeri	

Şekil 2.3. İzoder ısı yalıtım hesap programı proje veri girişi ekranı görüntüsü

İlk olarak Şekil 2.3'te ki ekranda bina brüt hacmi, net oda yüksekliği, kullanılan havalandırmanın çeşidi ve bulunduğu bölgenin hangi derece gün bölgesinde olduğu verileri programa aktarıldı. Sonraki aşamada şekil 2.4'te ki veri girişi kısmından yalıtım yapılan alanın ismi, kapladığı alan miktarı, kullanılacak malzemelerin cinsi programın mevcut listesinden belirlenip kalınlık değerleri ilgili kısımlara girilerek hesaplatıldı. Bu işlem bütün diğer bölümler için yapıldı. Yalıtım alanlarındaki verilerin bilgisayar programına



aktarıırken kullanılan malzemelerin ve yapılan imalatların sıralamasına dikkat edilerek veriler ilgili kısımlara yazıldı. Aksi takdirde hesaplar yanlış sonuç verecektir.

**Hesaplamaya Katılacak Malzemeler**

Liste Adı : DIŞ DUVAR

No	d(m)	Malzemenin Cinsi veya Bileşenin Çeşidi	Isıl İletkenlik Hesap	$\mu$
1	0,025	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	1	15
2	0,135	7.1.3.2.1 TS EN 998-2 ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m3 ü altın	0,27	5
3	0,025	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	1	15
4	0,03	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS 11989 EN 13164e uygu	0,03	80
5	0,008	4.9.5 Genleştirilmiş perlit agregasıyla yapılmış sıvalar ve harç tab	0,29	15

**Malzemeler**

Malzeme veya Bileşenin Çeşidi	Birim Hacim Kütlesi 1,2)	Isıl İletkenlik Hesap De...	Su Buharı Difüzyo...
+ 1 Doğal Taşlar			
+ 2 Doğal Zeminler (Doğal Nemlikte)			
+ 3 Dökme Malzemeler (Hava kurusunda, ...			
+ 4 Sıvalar,Şaplar Ve Diğer Harç Tabakaları			
+ 5 Beton Yapı Elemanı (Bu bölümde yer a...			
+ 6 Yapı Plakları ve Levhalar			
+ 7 Kargir Duvarlar(Harç fugaları - derzler...			
+ 8 Ahşap ve Ahşap Mamulleri			


**Tavsiye Edilen U Değerleri**

BÖLGE	U Duvar	U Tavan	U Taban	U Pencere
1. Bölge	0,7	0,45	0,7	2,4
2. Bölge	0,6	0,4	0,6	2,4
3. Bölge	0,5	0,3	0,45	2,4
4. Bölge	0,4	0,25	0,4	2,4


Alan : 1195 U Değeri : 0,572

Dış cephede havalandırılan hava boşluğu ve dış cephe kaplaması var.

**Duvar (Dış Havaya Açık)**



**Kesit Görüntüsü**



Şekil 2.4. Duvar veri girişi ekran görüntüsü

**Güneş Enerjisi Kazancı**

Pencere Adı : **Dış Pencere1** **Seçili Pencereye Değerleri Ata** **Yardım**

Doğu $A_p$ ( m <sup>2</sup> )	Batı $A_p$ ( m <sup>2</sup> )	Güney $A_p$ ( m <sup>2</sup> )	Kuzey $A_p$ ( m <sup>2</sup> )
60,48	60,48	65,44	406,7
Kuzey-Doğu $A_p$ ( m <sup>2</sup> )	Kuzey-Batı $A_p$ ( m <sup>2</sup> )	Güney-Doğu $A_p$ ( m <sup>2</sup> )	Güney-Batı $A_p$ ( m <sup>2</sup> )
0	0	0	0
Yatay $A_p$ ( m <sup>2</sup> )	Toplam : <b>593,1</b>		Toplam Pencere Alanı 593,1
			Girilmiş Pencere Alanı 593,1

Doğu $r_{i,ay}$ <input checked="" type="radio"/> 0,80 <input type="radio"/> 0,60 <input type="radio"/> 0,50 <input type="checkbox"/> Sec <b>0,8</b>	Doğu $g_{\perp}$ <input type="radio"/> 0,85 <input checked="" type="radio"/> 0,75 <input type="radio"/> 0,50 <input type="checkbox"/> Sec <b>0,75</b>
Batı $r_{i,ay}$ <input checked="" type="radio"/> 0,80 <input type="radio"/> 0,60 <input type="radio"/> 0,50 <input type="checkbox"/> Sec <b>0,8</b>	Batı $g_{\perp}$ <input type="radio"/> 0,85 <input checked="" type="radio"/> 0,75 <input type="radio"/> 0,50 <input type="checkbox"/> Sec <b>0,75</b>
Güney $r_{i,ay}$ <input checked="" type="radio"/> 0,80 <input type="radio"/> 0,60 <input type="radio"/> 0,50 <input type="checkbox"/> Sec <b>0,8</b>	Güney $g_{\perp}$ <input type="radio"/> 0,85 <input checked="" type="radio"/> 0,75 <input type="radio"/> 0,50 <input type="checkbox"/> Sec <b>0,75</b>
Kuzey $r_{i,ay}$ <input checked="" type="radio"/> 0,80 <input type="radio"/> 0,60 <input type="radio"/> 0,50 <input type="checkbox"/> Sec <b>0,8</b>	Kuzey $g_{\perp}$ <input type="radio"/> 0,85 <input checked="" type="radio"/> 0,75 <input type="radio"/> 0,50 <input type="checkbox"/> Sec <b>0,75</b>
Kuzey-Batı $r_{i,ay}$ <input type="radio"/> 0,80 <input type="radio"/> 0,60 <input type="radio"/> 0,50 <input type="checkbox"/> Sec <b>0,8</b>	Kuzey-Batı $g_{\perp}$ <input type="radio"/> 0,85 <input type="radio"/> 0,75 <input type="radio"/> 0,50 <input type="checkbox"/> Sec <b>0,85</b>
Kuzey-Doğu $r_{i,ay}$ <input checked="" type="radio"/> 0,80 <input type="radio"/> 0,60 <input type="radio"/> 0,50 <input type="checkbox"/> Sec <b>0,8</b>	Kuzey-Doğu $g_{\perp}$ <input type="radio"/> 0,85 <input type="radio"/> 0,75 <input type="radio"/> 0,50 <input type="checkbox"/> Sec <b>0,85</b>
Güney-Batı $r_{i,ay}$ <input type="radio"/> 0,80 <input type="radio"/> 0,60 <input type="radio"/> 0,50 <input type="checkbox"/> Sec <b>0,8</b>	Güney-Batı $g_{\perp}$ <input type="radio"/> 0,85 <input type="radio"/> 0,75 <input type="radio"/> 0,50 <input type="checkbox"/> Sec <b>0,85</b>
Güney-Doğu $r_{i,ay}$ <input type="radio"/> 0,80 <input type="radio"/> 0,60 <input type="radio"/> 0,50 <input type="checkbox"/> Sec <b>0,8</b>	Güney-Doğu $g_{\perp}$ <input type="radio"/> 0,85 <input type="radio"/> 0,75 <input type="radio"/> 0,50 <input type="checkbox"/> Sec <b>0,85</b>
Yatay $r_{i,ay}$ <input type="radio"/> 0,80 <input type="radio"/> 0,60 <input type="radio"/> 0,50 <input type="checkbox"/> Sec <b>0,8</b>	Yatay $g_{\perp}$ <input type="radio"/> 0,85 <input type="radio"/> 0,75 <input type="radio"/> 0,50 <input type="checkbox"/> Sec <b>0,85</b>

Şekil 2.5. Güneş enerji kazancı veri girişi ekran görüntüsü

Şekil 2.5'te ki güneş enerjisi kazancı veri girişi bölümünden yönlere göre hesaplanan pencere alanı miktarları ilgili kısımlara yazıldı. Alt kısımda  $r_{i,ay}$  ( "i" yönünde saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgeleme faktörü) değeri çevredeki binaların ayırık ve az katlı binaların bulunduğu bölgelerde 0,8 , ağaçlardan kaynaklanan gölgelenmeye maruz bölgelerde 0,6 , bitişik nizam ve çok katlı binaların bulunduğu bölgeler için 0,5 olmaktadır. Örnek bina ayırık ve az katlı binaların bulunduğu bölgede olduğu için  $r_{i,ay}$  0,8 olarak seçildi.  $g_{\perp}$  ( laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörü ) değeri pencere camının özelliğine göre tek cam için 0,85, çok katlı cam için 0,75, ısı geçirgenlik değeri 2 W/mK olan ısı yalıtım üniteleri için 0,5 seçilmelidir. Örnek binada çok katlı cam kullanıldığından tüm yönler için  $g_{\perp}$  0,75 olarak seçildi.

Daha sonra programın parametre girişleri bölümü ısıtma parametreleri sekmesinden şekil 2.6'da ki gibi yakıt türü olarak kok ve maden kömürü seçildi. Kazan verimi otomatik olarak seçilen yakıt türüne bağlı olarak 0,65, yakıtın alt ısı değeri 6,978 olarak belirlendi. Yakıtın birim fiyatı 1,57 TL/kg olarak, efektif faiz oranı (merkez bankası ağustos ayı yıllık enflasyon değeri) %15 olarak programda kullanıldı.

Yakıt Türü	:	Kok ve Maden Kömürü
Kazan Verimi	:	0,65
Yakıtın Alt Isıl Değeri	:	6,978
Yakıt Birim Fiyatı	:	1,57 TL
Efektif Faiz Oranı	:	15

Kullanılan yakıt türüne göre kazan verimleri		Bazı yakıt türlerinin alt ısı değerleri	
Doğalgaz	0,85 - 0,92	Doğalgaz	9,595 kWh/m <sup>3</sup>
Fuel-Oil	0,75 - 0,80	Fuel-Oil	11,63 kWh/kg
Linyit Kömürü	0,60 - 0,65	Linyit Kömürü	6,397 kWh/kg
Kok ve Maden Kömürü	0,65 - 0,70	Kok ve Maden Kömürü	6,978 kWh/kg

Şekil 2.6. Isıtma Parametreleri veri ekranı görüntüsü

Bu işlemlerden sonra geri ödeme süresi bölümünden malzeme cinsine ve kalınlığına göre hesaplanan maliyet ile ilgili hesap değeri veri kısmına aktarıldı. Yıllara göre yalıtım-tasarruf grafiği ve yıllara göre yatırım tasarruf miktarları tablosu elde edildi. **Geri ödeme hesaplarında pencerenin etkisi göz ardı edilmiştir.**

Yalıtım için gerekli yatırımın parasal değeri:  $C_{yal} \cdot (1+faiz)^n$  formülü ile yıllara göre değişen bedeli hesaplandı.

$C_{yal}$ : Yalıtım için gerekli ilk yatırım maliyeti

Faiz: efektif faiz oranı (enflasyon oranı)

n: Yıl

Yalıtım için sağlanan tasarrufun parasal değeri:  $C_{tas} \cdot ((1+faiz)^{n+1} - 1) / faiz$  formülü ile yıllara göre hesaplandı.

$C_{tas}$ : Yalıtım ile bir yılda sağlanan tasarrufun parasal değeri



### Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
	d(m)	$\lambda$ (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)	U (m <sup>2</sup> K/W)	A (m <sup>2</sup> )	AxU (W/K)
DUVAR:Dış Havaya Açık DIŞ DUVAR	1 <sup>1/2</sup> <sub>i</sub> Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130		
	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	0,025	1	0,025		
	7.1.3.2.1 TS EN 998-2 ye uygun ve	0,135	0,27	0,500		
	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	0,025	1	0,025		
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,03	0,03	1,000		
	4.9.5 Genleştirilmiş perlit agregasıyla	0,008	0,29	0,028		
	1 <sup>1/2</sup> <sub>d</sub> Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
<b>TOPLAM</b>			<b>1,748</b>	<b>0,572</b>	<b>1195,00</b>	<b>683,80</b>
DUVAR:Dış Havaya Açık KOLON_KIRIS	1 <sup>1/2</sup> <sub>i</sub> Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130		
	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	0,25	1	0,250		
	5.1.1 Donatılı	0,135	2,5	0,054		
	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	0,025	1	0,025		
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,03	0,03	1,000		
	4.9.5 Genleştirilmiş perlit agregasıyla	0,008	0,29	0,028		
	1 <sup>1/2</sup> <sub>d</sub> Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
<b>TOPLAM</b>			<b>1,527</b>	<b>0,655</b>	<b>152,00</b>	<b>99,57</b>
DUVAR:Isıtmıyayan İç Duvar1.1(ısıtmıyayan iç	1 <sup>1/2</sup> <sub>i</sub> Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130		
	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020		
	7.1.3.2.1 TS EN 998-2 ye uygun ve	0,1	0,27	0,370		
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,05	0,035	1,429		
	7.1.3.2.1 TS EN 998-2 ye uygun ve	0,1	0,27	0,370		
	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020		
	1 <sup>1/2</sup> <sub>d</sub> Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,130		
<b>TOPLAM</b>		<b>0,5 x A x U</b>	<b>2,469</b>	<b>0,405</b>	<b>198,00</b>	<b>40,09</b>
DUVAR:Toprağa Temas TOPRAK TEMASLI	1 <sup>1/2</sup> <sub>i</sub> Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130		
	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	0,025	1	0,025		
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100		
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,002	0,19	0,011		
	10.3.2.2.1 Ekstrüde Polistiren Köpüğü - TS	0,07	0,03	2,333		
	1 <sup>1/2</sup> <sub>d</sub> Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000		
<b>TOPLAM</b>		<b>0,5 x A x U</b>	<b>2,599</b>	<b>0,385</b>	<b>182,52</b>	<b>35,12</b>
TAVAN:Üzeri Açık KULE ÜSTÜ	1 <sup>1/2</sup> <sub>i</sub> Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130		
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013		
	5.1.1 Donatılı	0,12	2,5	0,048		
	10.5.2 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,1	0,04	2,500		
	4.6 Çimento harçlı şap	0,7	1,4	0,500		
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,002	0,19	0,011		
	1 <sup>1/2</sup> <sub>d</sub> Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
<b>TOPLAM</b>			<b>3,241</b>	<b>0,309</b>	<b>50,33</b>	<b>15,53</b>
TAVAN:Çatılı ÇATI	1 <sup>1/2</sup> <sub>i</sub> Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130		
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013		
	5.1.1 Donatılı	0,24	2,5	0,096		
	7.1.5.3 Yatay delikli tuğlalarla yapılan	0,24	0,39	0,615		
	5.1.1 Donatılı	0,07	2,5	0,028		
	10.5.2 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,1	0,04	2,500		

Şekil 2.7. Özgül ısı kaybı hesaplama çizelgesi görüntüsü

Şekil 2.7'nin devamı



## Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı d(m)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri $\lambda$ (W/mK)	Isıl İletkenlik Direnci R (m²KW)	Isı Geçirgenlik Katsayısı U (m²KW)	Isı Kaybedilen Yüzey A (m²)	Isı Kaybı AxU (W/K)	
	$1k_{i,d}$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,080				
<b>TOPLAM</b>		<b>0,8 x A x U</b>		<b>3,462</b>	<b>0,335</b>	<b>225,24</b>	<b>60,30</b>	
TABAN:Toprak Temaslı TABAN	$1k_{i,i}$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,170				
	4.6 Çimento harçlı şap	0,7	1,4	0,500				
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,05	0,03	1,667				
	5.1.1 Donatılı	1,3	2,5	0,520				
	5.1.2 Donatısız	0,1	1,65	0,061				
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,002	0,19	0,011				
	$1k_{i,d}$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000				
<b>TOPLAM</b>		<b>0,5 x A x U</b>		<b>2,928</b>	<b>0,342</b>	<b>573,70</b>	<b>97,97</b>	
TABAN:İsıtılmayan İç Taban1.1(İsıtılmayan iç	$1k_{i,i}$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,170				
	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	0,01	1	0,010				
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100				
	7.1.5.3 Yatay delikli tuğlalarla yapılan	0,25	0,39	0,641				
	5.1.1 Donatılı	0,07	2,5	0,028				
	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,025	0,035	0,714				
	4.6 Çimento harçlı şap	0,035	1,4	0,025				
	8.1.2 Kayın, meşe, dişbudak	0,1	0,2	0,500				
	$1k_{i,d}$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,170				
<b>TOPLAM</b>		<b>0,5 x A x U</b>		<b>2,358</b>	<b>0,536</b>	<b>106,00</b>	<b>28,42</b>	
TABAN:Açık Geçit Üzeri Taban1.1	$1k_{i,i}$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,170				
	4.9.1 Genleştirilmiş perlit agregasıyla	0,002	0,14	0,014				
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,05	0,03	1,667				
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013				
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100				
	7.1.5.3 Yatay delikli tuğlalarla yapılan	0,25	0,39	0,641				
	5.1.1 Donatılı	0,07	2,5	0,028				
	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,045	0,035	1,286				
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,021				
	$1k_{i,d}$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040				
<b>TOPLAM</b>		<b>0,5 x A x U</b>		<b>3,980</b>	<b>0,282</b>	<b>79,41</b>	<b>22,39</b>	
Dış Pencere1					1,9	593,1	1126,89	
Dış Kapı1					4	80,3	321,2	
Isıt.İc.Ort.Kapı1					<b>0,5 x A x U</b>	4	32	64
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =						<b>2.630,4</b>		
$\Sigma AU = U_{DAD} + U_{p.Ap} + U_{k.Ak} + 0.8 U_{T.AT} + 0.5 U_{tAt} + U_{dAd} + \dots$ $\Sigma AU = 2.630,4$				İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $HT = \Sigma AU + I UI$				
Özgül ısı kaybı ; $H = HT + H_v$				Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h = 2.462,12 \text{ W/K}$				
$H = H_i + H_h = \dots 5.092,52 \dots \text{ W/K}$								

(\*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.



### Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H = H_T + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K, °C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	$\phi_i$ (W)	$\phi_s$ (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)			
OCAK	5.092,52	16,1	81.990	18.652	11.145	29.797	0,36	0,94	139.916.087
ŞUBAT		14,6	74.351		14.927	33.579	0,45	0,89	115.253.518
MART		11,7	59.582		19.668	38.320	0,64	0,79	75.969.923
NİSAN		6,2	31.574		23.728	42.380	1,34	0,53	23.618.366
MAYIS		1,0	5.093		28.254	46.906	9,21	0,00	0
HAZİRAN		0,0	0		29.773	48.425	0,00	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		28.996	47.648	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		26.436	45.088	0,00	0,00	0
EYLÜL		0,0	0		21.109	39.761	0,00	0,00	0
EKİM		4,9	24.953		15.651	34.303	1,37	0,52	18.443.500
KASIM		10,5	53.471		11.056	29.708	0,56	0,83	74.684.488
ARALIK		15,2	77.406		9.580	28.232	0,36	0,94	131.849.348
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t(J)$ $1 \text{ kJ} = 0,278 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}$							$Q_{yil} = \sum Q_{ay} = 579.735.722$		
Toplam ısı kaybı $Q_{yil} = 0,278 \times 10^{-3} \times 579.735.722 \text{ (kj)} = 161.167 \text{ kWh}$									
İç ısı Kazancı		$\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)}$							
Güneş enerjisi kazancı		$\phi_{g,ay} = \sum r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times l_{i,ay} \times A_i$							
Kazanç kayıp oranı		$KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$							
Kazanç kullanım faktörü		$\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$							
$A_{toplam} = 3.435,6 \text{ m}^2$									
$V_{brüt} = 11657,76 \text{ m}^3$									
<i>Hesaplama yapılan binadaki birim hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi</i>									
$Q = Q_{yil} / V_{brüt} = 13,82 \text{ kWh/m}^3$		$A_n = 0,32 \times V_{brüt} = 3.730,48 \text{ m}^2$							
$A_{top} / V_{brüt} = 0,29$ oranı 2. bölge için EK A.2' den alınan $Q' = 22,4 \times A/V + 7,8$ formülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 14,40 \text{ kWh/m}^3$ bulunur.									
<b>Q &lt; Q' (13,82 &lt; 14,40) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değer altındadır. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.</b>									

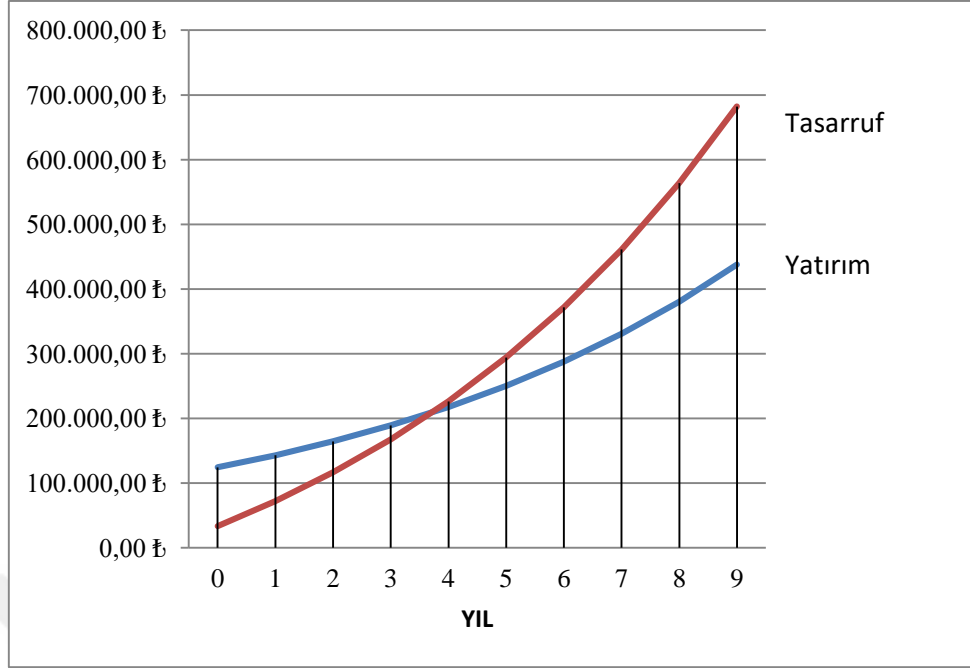
Şekil 2.8. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplama çizelgesi

İzoder hesap programıyla kullanılacak ısı yalıtım malzemeleri ( xps, eps, taşıünü) ve farklı ısı yalıtım malzemesi kalınlıkları ayrı ayrı binaya uygulanıp hesaplar aşağıda Tablo 2.2’de ki gibi elde edildi.

Tablo 2.2. Yalıtım malzemeleri ile ilgili hesaplamalar

KULLANILAN MALZEME	KALINLIK (cm)	İLK YATIRIM MALİYETİ (TL)	TASARRUF EDİLEN ENERJİ (kWh)	TASARRUF BEDELİ (TL)
XPS	3	124.400,00	97.058	33.596,00
XPS	4	130.939,00	103.036	35.665,00
XPS	5	141,422,00	105.372	36.474,00
XPS	6	152.096,00	110.544	38.264,00
XPS	7	162960,00	112.830	39055,00
EPS	3	102.730,00	93.479	32.357,00
EPS	4	107.877,00	99.505	34.443,00
EPS	5	112.832,00	104.460	36.158,00
EPS	6	117.216,00	107.940	37.363,00
EPS	7	122.934,00	110.544	38.264,00
TAŞYÜNÜ	3	127.508,00	93.479	32.357,00
TAŞYÜNÜ	4	137.420,00	99.505	34.433,00
TAŞYÜNÜ	5	160.463,00	104.460	36.158,00
TAŞYÜNÜ	6	175.902,00	107.940	37.363,00
TAŞYÜNÜ	7	189.148,00	110.544	38.264,00

Tablo 2.2’de hesaplanan ilk yatırım maliyetlerinin, geri dönüşüm süreleri malzemenin cinsine ve kalınlığına bağlı olarak değiştiğini aşağıdaki grafiklerde görmekteyiz.



Şekil 2.9. 3 cm xps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi

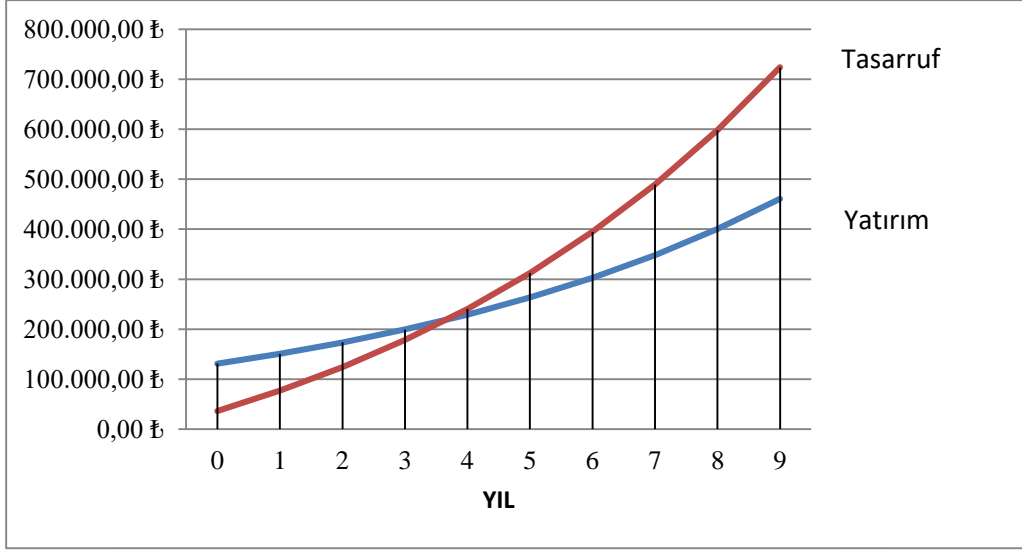
Şekil 2.9’da görüldüğü gibi mavi çizgi yatırım, kırmızı çizgiyle tasarruf eğrisi oluşturulmuştur. Bu eğriler 3-4 yıl aralığında kesişmektedir. Bu kesişme aralığı tasarruf edilen bedelin yatırım için harcanan bedeli kaç yıl içinde karşıladığını ifade etmektedir.

Tablo 2.3. 3cm xps yalıtımı geri ödeme süresi

Yıl	Yatırım	Tasarruf
0	124.400,00 ₺	33.596,00 ₺
1	143.060,00 ₺	72.231,40 ₺
2	164.519,00 ₺	116.662,11 ₺
3	189.196,85 ₺	167.757,43 ₺
4	217.576,38 ₺	226.517,04 ₺
5	250.212,83 ₺	294.090,60 ₺
6	287.744,76 ₺	371.800,19 ₺
7	330.906,47 ₺	461.166,21 ₺
8	380.542,44 ₺	563.937,15 ₺
9	437.623,81 ₺	682.123,72 ₺

Tablo 2.3’de yalıtımın ilk yatırım-tasarruf bedellerinin yıllara göre dağılımını ifade etmektedir. Binada yalıtım malzemesi olarak 3 cm xps kullanıldığında ilk yatırım maliyetinin 3-4 yıl içinde tasarruf edilen bedelle geri döndüğü görülmektedir.





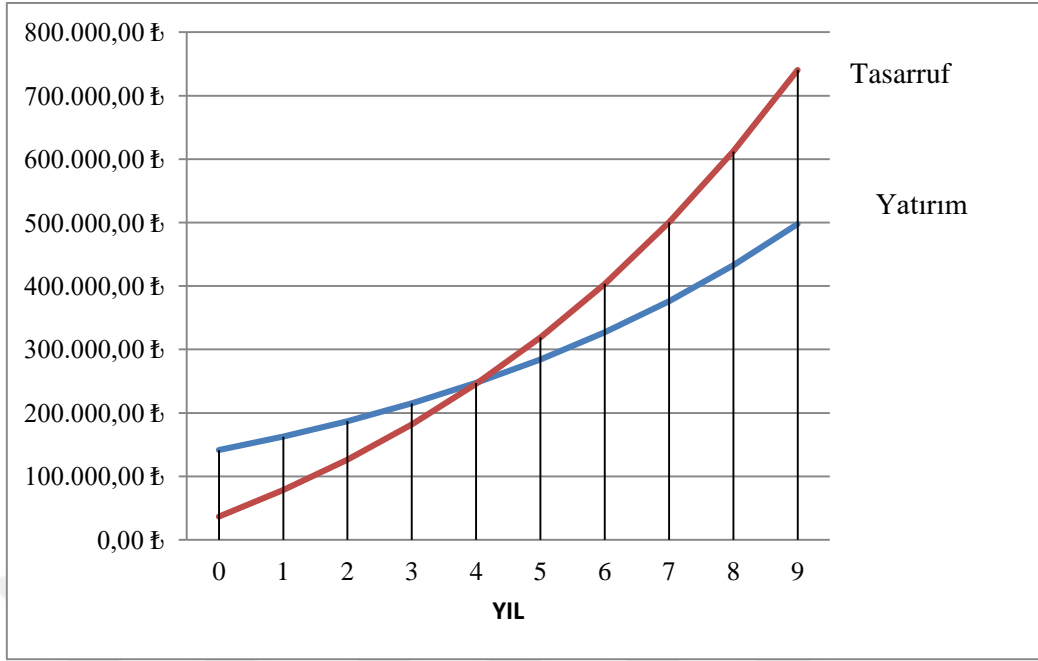
Şekil 2.10. 4 cm xps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi

Şekil 2.10'da yatırım-tasarruf eğrisinde yalıtımda 4 cm xps kullanılması halinde 3-4 yıl aralığında tasarruf edilen bedelin ilk yatırım bedelini karşıladığını görmekteyiz.

Tablo 2.4. 4 cm xps yalıtımı geri ödeme süresi

Yıl	Yatırım	Tasarruf
0	130.939,00 ₺	35.665,00 ₺
1	150.579,85 ₺	76.679,75 ₺
2	173.166,83 ₺	123.846,71 ₺
3	199.141,85 ₺	178.088,72 ₺
4	229.013,13 ₺	240.467,03 ₺
5	263.365,10 ₺	312.202,08 ₺
6	302.869,86 ₺	394.697,39 ₺
7	348.300,34 ₺	489.567,00 ₺
8	400.545,39 ₺	598.667,05 ₺
9	460.627,20 ₺	724.132,11 ₺

Tablo 2.4'te binada yalıtım malzemesi olarak 4 cm xps kullanıldığında ilk yatırım maliyetinin yaklaşık 4 yıl içinde geri döndüğünü görmekteyiz.



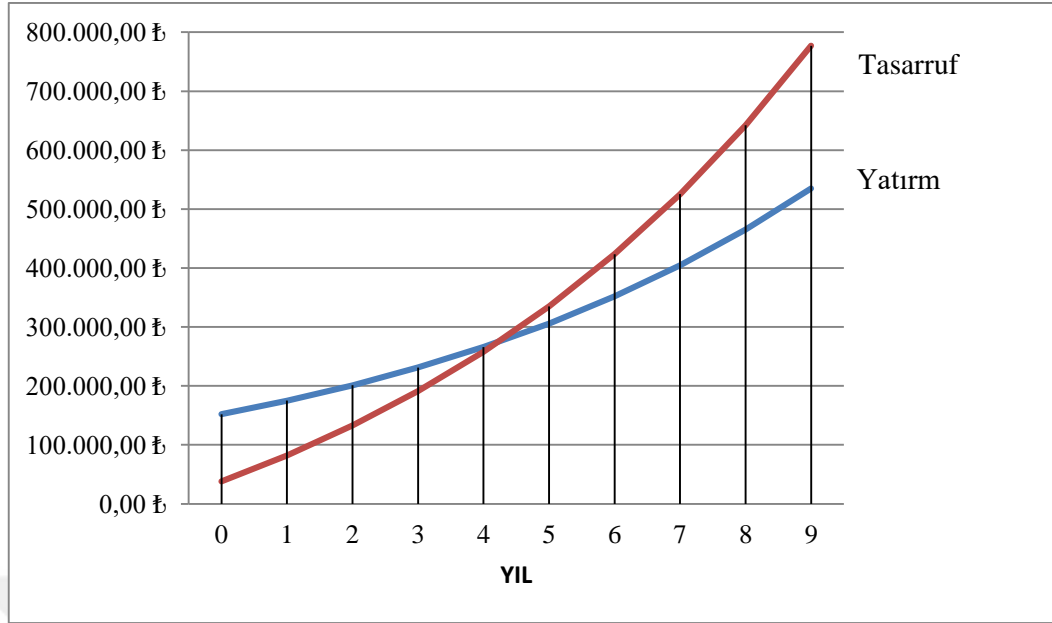
Şekil 2.11. 5 cm xps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi

Şekil 2.11’de 5 cm xps malzemesi yatırım-tasarruf eğrisinde yalıtımda 6 cm xps kullanılması halinde 4-5 yıl aralığında tasarruf edilen bedelin ilk yatırım bedelini karşıladığını görmekteyiz.

Tablo 2.5. 5 cm xps yalıtımı geri ödeme süresi

Yıl	Yatırım	Tasarruf
0	141.422,00 ₺	36.474,00 ₺
1	162.635,30 ₺	78.419,10 ₺
2	187.030,59 ₺	126.655,96 ₺
3	215.085,18 ₺	182.128,36 ₺
4	247.347,96 ₺	245.921,61 ₺
5	284.450,16 ₺	319.283,86 ₺
6	327.117,68 ₺	403.650,43 ₺
7	376.185,33 ₺	500.672,00 ₺
8	432.613,13 ₺	612.246,80 ₺
9	497.505,10 ₺	740.557,82 ₺

Tablo 2.5’te binada yalıtım malzemesi olarak 5 cm xps kullanıldığında ilk yatırım maliyetinin 4-5 yıl içinde tasarruf edilen bedelle geri ödendiğini görmekteyiz.



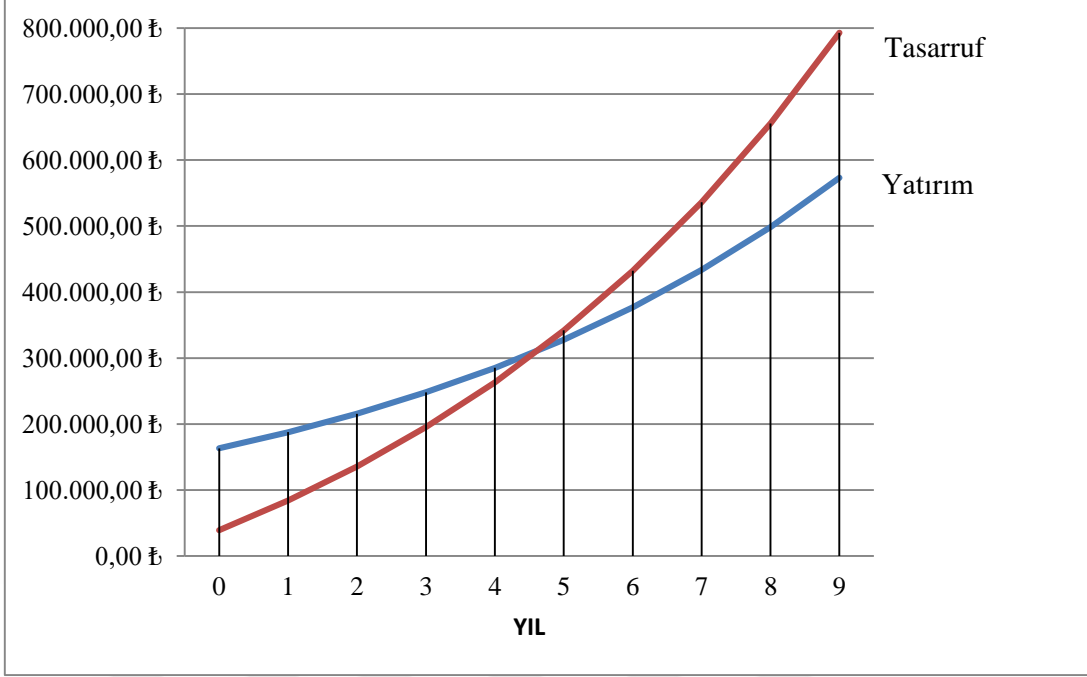
Şekil 2.12. 6 cm xps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi

Şekil 2.12’de yatırım tasarruf eğrisinde yalıtımda 6 cm xps kullanılması halinde 4-5 yıl aralığında tasarruf edilen bedelin ilk yatırım bedelini karşıladığını görmekteyiz.

Tablo 2.6. 6 cm xps yalıtımı geri ödeme süresi

Yıl	Yatırım	Tasarruf
0	152.096,00 ₺	38.264,00 ₺
1	174.910,40 ₺	82.267,60 ₺
2	201.146,96 ₺	132.871,74 ₺
3	231.319,00 ₺	191.066,50 ₺
4	266.016,85 ₺	257.990,48 ₺
5	305.919,38 ₺	334.953,05 ₺
6	351.807,29 ₺	423.460,00 ₺
7	404.578,38 ₺	525.243,01 ₺
8	465.265,14 ₺	642.293,46 ₺
9	535.054,91 ₺	776.901,47 ₺

Tablo 2.6’da binada yalıtım malzemesi olarak 6 cm xps kullanıldığında ilk yatırım maliyetinin 4-5 yıl içinde tasarruf edilen bedelle geri ödendiğini görmekteyiz.



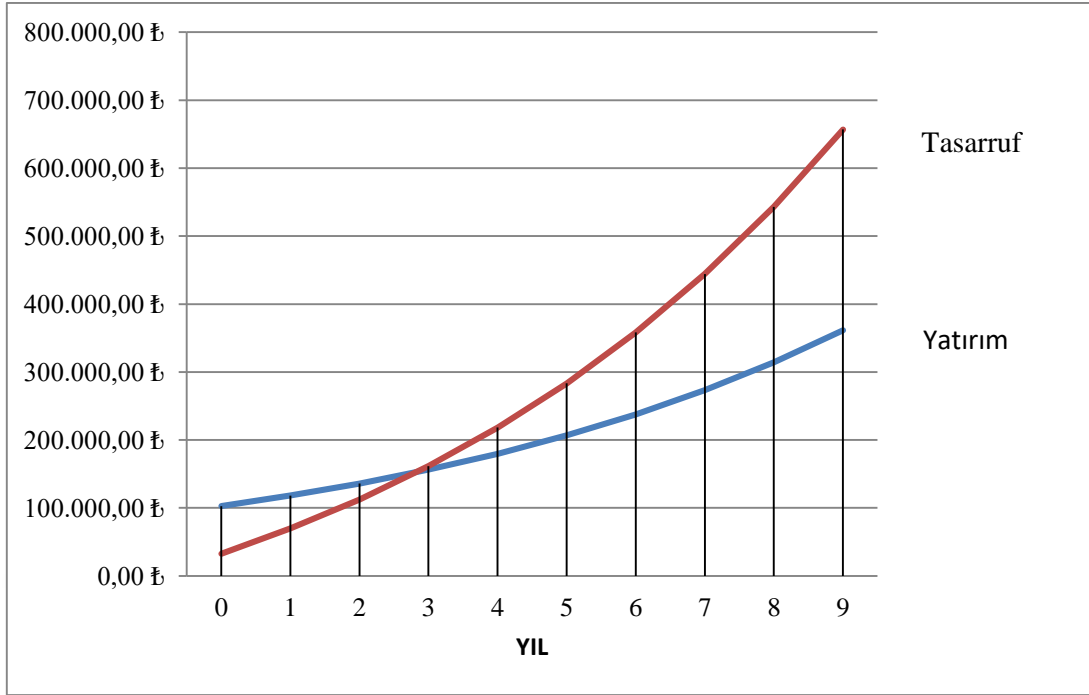
Şekil 2.13. 7 cm xps malzemesi yatırım-yalıtım ilişkisi

Şekil 2.13’de yatırım tasarruf eğrisinde yalıtımda 7 cm xps kullanılması halinde 4-5 yıl aralığında tasarruf edilen bedelin ilk yatırım bedelini karşıladığını görmekteyiz.

Tablo 2.7. 7 cm xps yalıtımı geri ödeme süresi

Yıl	Yatırım	Tasarruf
0	162.960,00 ₺	39.055,00 ₺
1	187.404,00 ₺	83.968,25 ₺
2	215.514,60 ₺	135.618,49 ₺
3	247.841,79 ₺	195.016,26 ₺
4	285.018,06 ₺	263.323,70 ₺
5	327.770,77 ₺	341.877,25 ₺
6	376.936,38 ₺	432.213,84 ₺
7	433.476,84 ₺	536.100,92 ₺
8	498.498,37 ₺	655.571,06 ₺
9	573.273,12 ₺	792.961,72 ₺

Tablo 2.7’de binada yalıtım malzemesi olarak 7 cm xps kullanıldığında ilk yatırım maliyetinin 4-5 yıl içinde tasarruf edilen bedelle geri ödendiğini görmekteyiz.



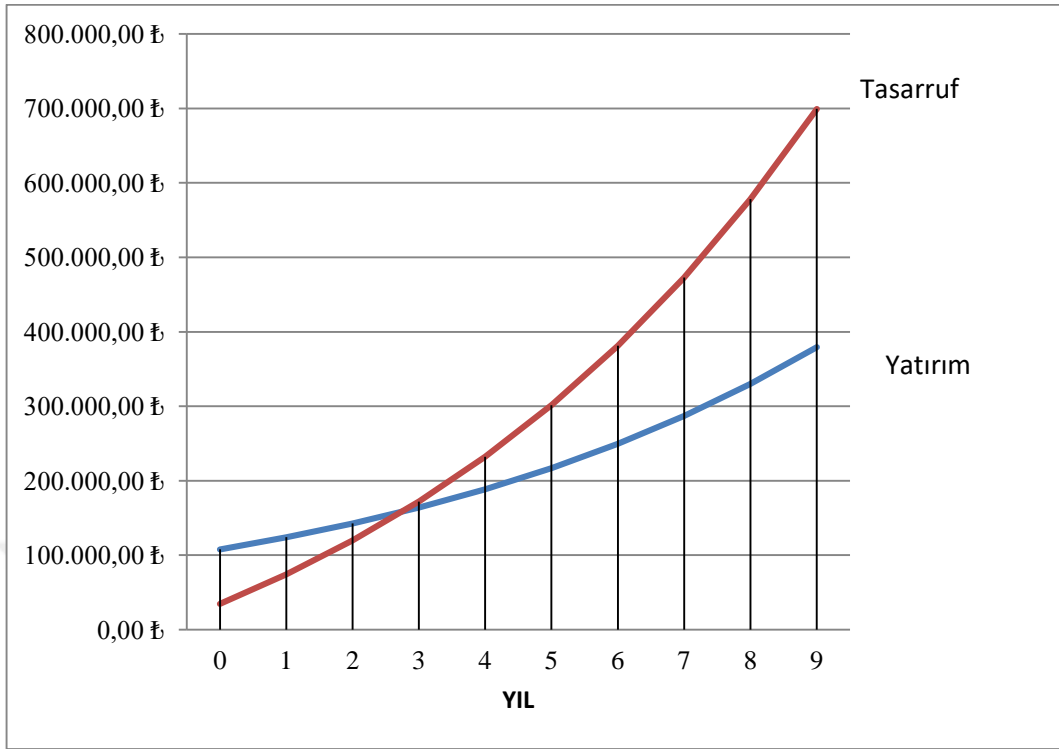
Şekil 2.14. 3 cm eps malzemesi yatırım tasarruf ilişkisi

Şekil 2.14' de yatırım tasarruf eğrisinde yalıtımda 3 cm eps kullanılması halinde 2-3 yıl aralığında tasarruf edilen bedelin ilk yatırım bedelini karşıladığını görmekteyiz.

Tablo 2.8. 3 cm eps yalıtımı geri ödeme süresi

Yıl	Yatırım	Tasarruf
0	102.730,00 ₺	32.357,00 ₺
1	118.139,50 ₺	69.567,55 ₺
2	135.860,42 ₺	112.359,68 ₺
3	156.239,49 ₺	161.570,63 ₺
4	179.675,41 ₺	218.163,23 ₺
5	206.626,72 ₺	283.244,71 ₺
6	237.620,73 ₺	358.088,42 ₺
7	273.263,84 ₺	444.158,69 ₺
8	314.253,42 ₺	543.139,49 ₺
9	361.391,43 ₺	656.967,41 ₺

Tablo 2.8'de yalıtım malzemesi olarak 3 cm eps kullanıldığında ilk yatırım maliyetinin 3. yılı içinde tasarruf edilen bedelle geri ödendiğini görmekteyiz.



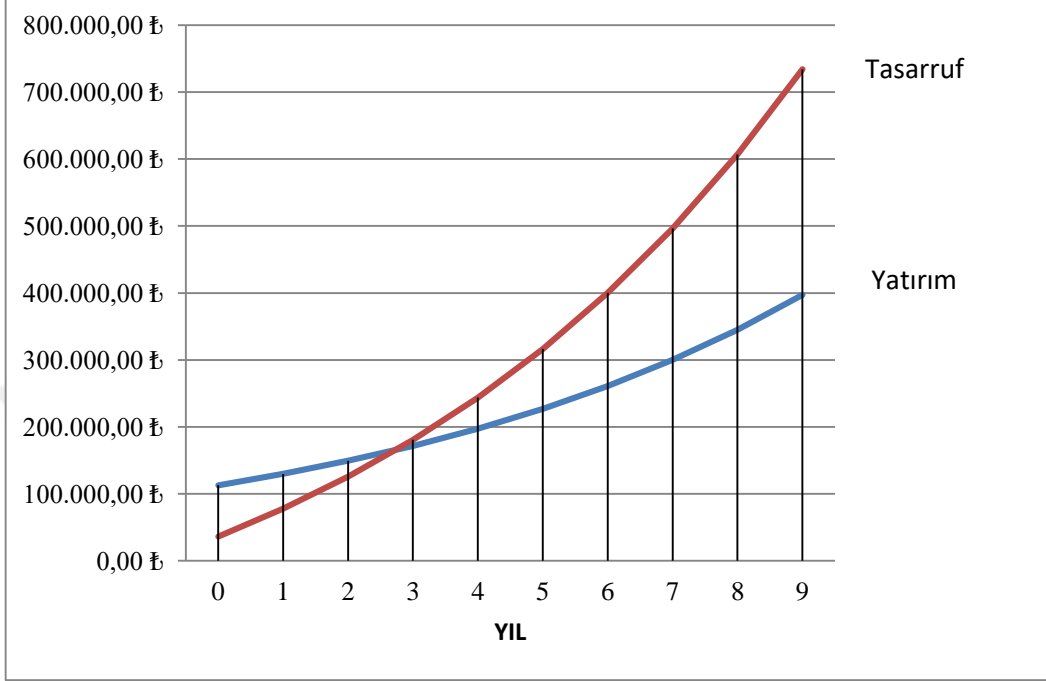
Şekil 2.15. 4 cm eps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi

Şekil 2.15’de yatırım tasarruf eğrisinde yalıtımda 4 cm eps kullanılması halinde 2-3 yıl aralığında tasarruf edilen bedelin ilk yatırım bedelini karşıladığını görmekteyiz.

Tablo 2.9. 4 cm eps yalıtımı geri ödeme süresi

Yıl	Yatırım	Tasarruf
0	107.877,00 ₺	34.443,00 ₺
1	124.058,55 ₺	74.052,45 ₺
2	142.667,33 ₺	119.603,32 ₺
3	164.067,43 ₺	171.986,82 ₺
4	188.677,55 ₺	232.227,84 ₺
5	216.979,18 ₺	301.505,01 ₺
6	249.526,06 ₺	381.173,76 ₺
7	286.954,96 ₺	472.792,83 ₺
8	329.998,21 ₺	578.154,75 ₺
9	379.497,94 ₺	699.320,97 ₺

Tablo 2.9'da yalıtım malzemesi olarak 4 cm eps kullanıldığında ilk yatırım maliyetinin 3. yılın sonuna doğru tasarruf edilen bedelle geri ödendiğini görmekteyiz.



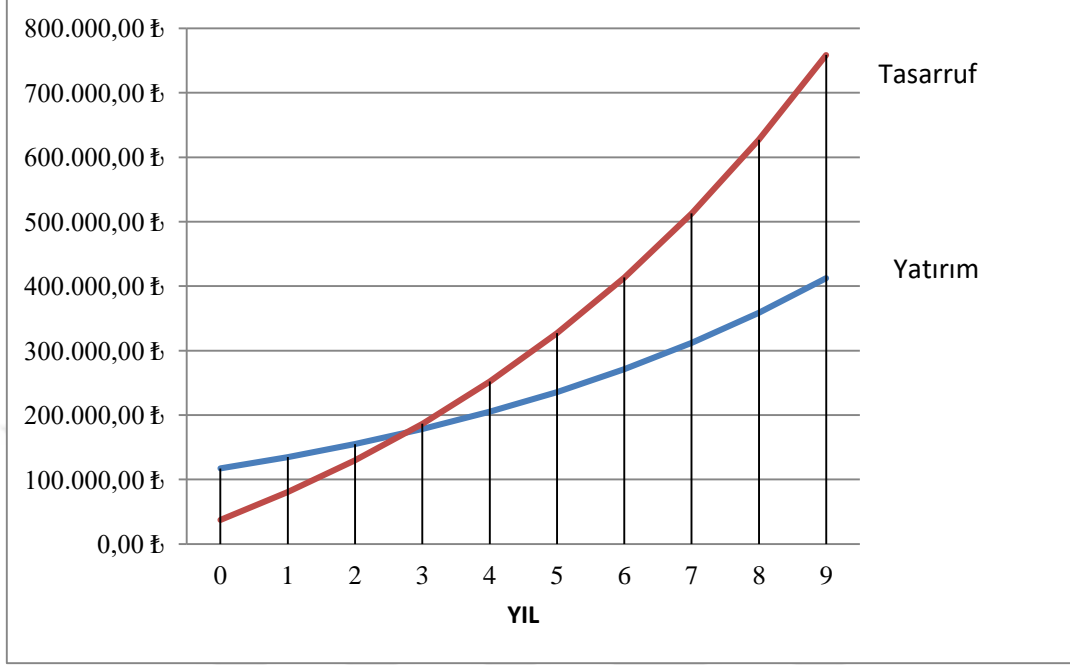
Şekil 2.16. 5 cm eps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi

Şekil 2.1'da yatırım tasarruf eğrisinde yalıtımda 5 cm eps kullanılması halinde 2-3 yıl aralığında tasarruf edilen bedelin ilk yatırım bedelini karşıladığını görmekteyiz.

Tablo 2.10. 5 cm eps yalıtımı geri ödeme süresi

Yıl	Yatırım	Tasarruf
0	112.832,00 ₺	36.158,00 ₺
1	129.756,80 ₺	77.739,70 ₺
2	149.220,32 ₺	125.558,65 ₺
3	171.603,37 ₺	180.550,45 ₺
4	197.343,87 ₺	243.791,02 ₺
5	226.945,45 ₺	316.517,67 ₺
6	260.987,27 ₺	400.153,33 ₺
7	300.135,36 ₺	496.334,32 ₺
8	345.155,67 ₺	606.942,47 ₺
9	396.929,02 ₺	734.141,84 ₺

Tablo 2.10'da yalıtım malzemesi olarak 5 cm eps kullanıldığında ilk yatırım maliyetinin 3. yılın sonuna doğru tasarruf edilen bedelle geri ödendiğini görmekteyiz.



Şekil 2.17. 6 cm eps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi

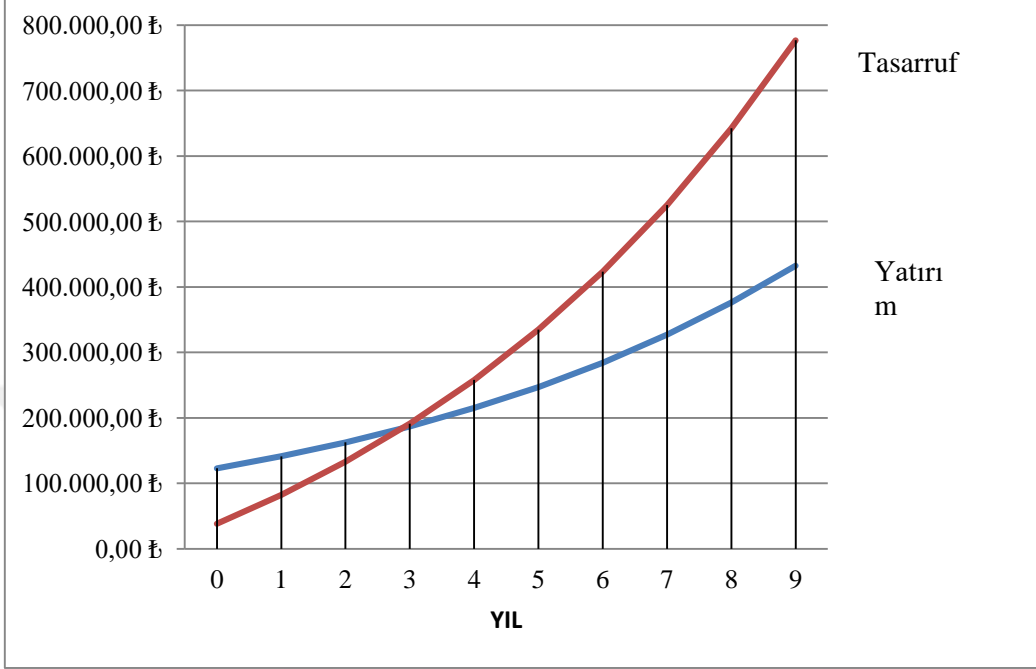
Şekil 2.17'de yatırım tasarruf eğrisinde yalıtımda 6 cm eps kullanılması halinde 2-3 yıl aralığında tasarruf edilen bedelin ilk yatırım bedelini karşıladığını görmekteyiz.

Tablo 2.11. 6 cm eps yalıtımı geri ödeme süresi

Yıl	Yatırım	Tasarruf
0	117.216,00 ₺	37.363,00 ₺
1	134.798,40 ₺	80.330,45 ₺
2	155.018,16 ₺	129.743,02 ₺
3	178.270,88 ₺	186.567,47 ₺
4	205.011,52 ₺	251.915,59 ₺
5	235.763,24 ₺	327.065,93 ₺
6	271.127,73 ₺	413.488,82 ₺
7	311.796,89 ₺	512.875,14 ₺
8	358.566,42 ₺	627.169,41 ₺
9	412.351,39 ₺	758.607,82 ₺



Tablo 2.11’de yalıtım malzemesi olarak 6 cm eps kullanıldığında ilk yatırım maliyetinin 2-3 yıl aralığında tasarruf edilen bedelle geri ödendiğini görmekteyiz.



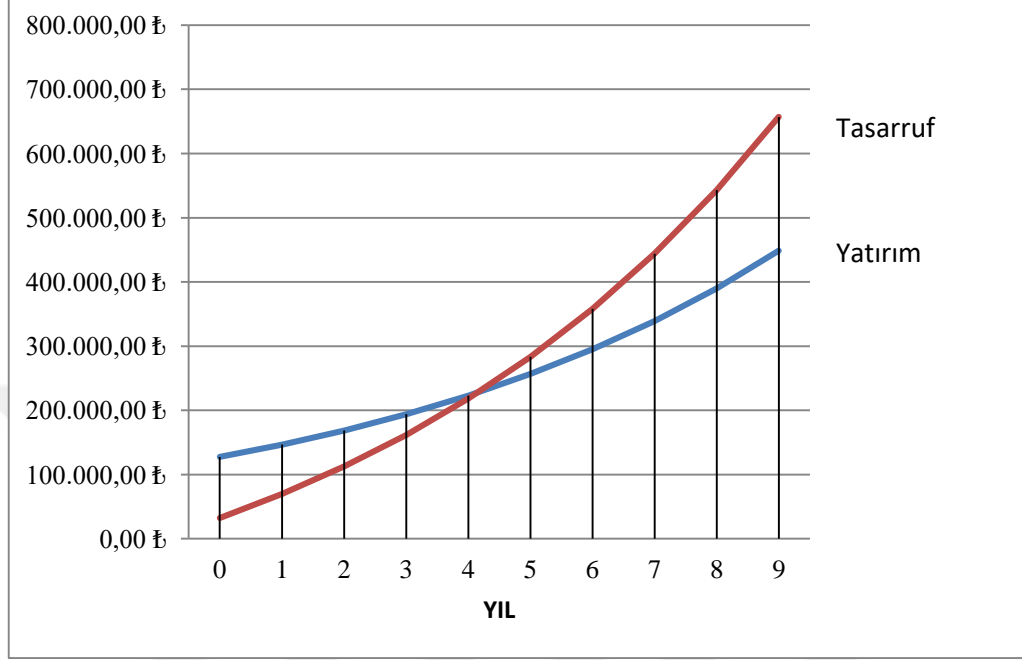
Şekil 2.18. 7 cm eps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi

Şekil 2.18’de yatırım tasarruf eğrisinde yalıtımda 7 cm eps kullanılması halinde 3. yılın sonunda tasarruf edilen bedelin ilk yatırım bedelini karşıladığını görmekteyiz.

Tablo 2.12. 7 cm eps yalıtımı geri ödeme süresi

Yıl	Yatırım	Tasarruf
0	122.934,00 ₺	38.264,00 ₺
1	141.374,10 ₺	82.267,60 ₺
2	162.580,21 ₺	132.871,74 ₺
3	186.967,25 ₺	191.066,50 ₺
4	215.012,33 ₺	257.990,48 ₺
5	247.264,18 ₺	334.953,05 ₺
6	284.353,81 ₺	423.460,00 ₺
7	327.006,88 ₺	525.243,01 ₺
8	376.057,92 ₺	642.293,46 ₺
9	432.466,60 ₺	776.901,47 ₺

Tablo 2.12’de yalıtım malzemesi olarak 7 cm eps kullanıldığında ilk yatırım maliyetinin 3. yıl sonunda tasarruf edilen bedelle geri ödendiğini görmekteyiz.



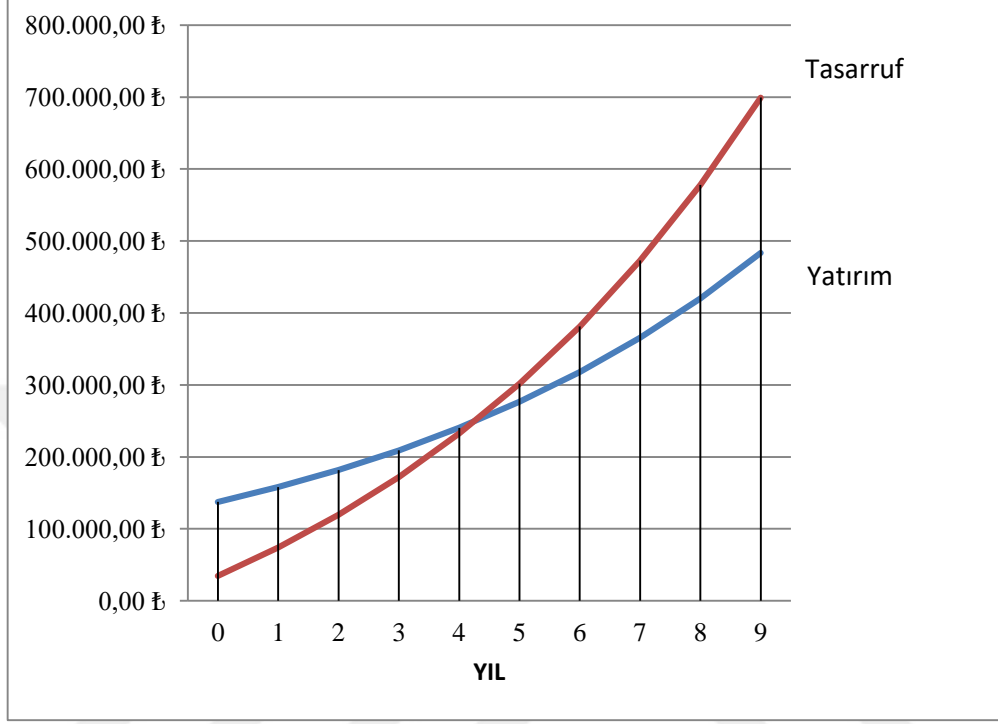
Şekil.2.19. 3 cm taşıyıcı malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi

Şekil 2.19’da yatırım tasarruf eğrisinde yalıtımda 3 cm taşıyıcı kullanılması halinde 4 yıldan sonra tasarruf edilen bedelin ilk yatırım bedelini karşıladığını görmekteyiz.

Tablo 2.13. 3 cm taşıyıcı yalıtımı geri ödeme süresi

Yıl	Yatırım	Tasarruf
0	127.508,00 ₺	32.357,00 ₺
1	146.634,20 ₺	69.567,55 ₺
2	168.629,33 ₺	112.359,68 ₺
3	193.923,73 ₺	161.570,63 ₺
4	223.012,29 ₺	218.163,23 ₺
5	256.464,13 ₺	283.244,71 ₺
6	294.933,75 ₺	358.088,42 ₺
7	339.173,81 ₺	444.158,69 ₺
8	390.049,89 ₺	543.139,49 ₺
9	448.557,37 ₺	656.967,41 ₺

Tablo 2.13'te yalıtım malzemesi olarak 3 cm taşıyünü kullanıldığında ilk yatırım maliyetinin 4-5 yıl aralığında tasarruf edilen bedelle geri ödendiğini görmekteyiz.



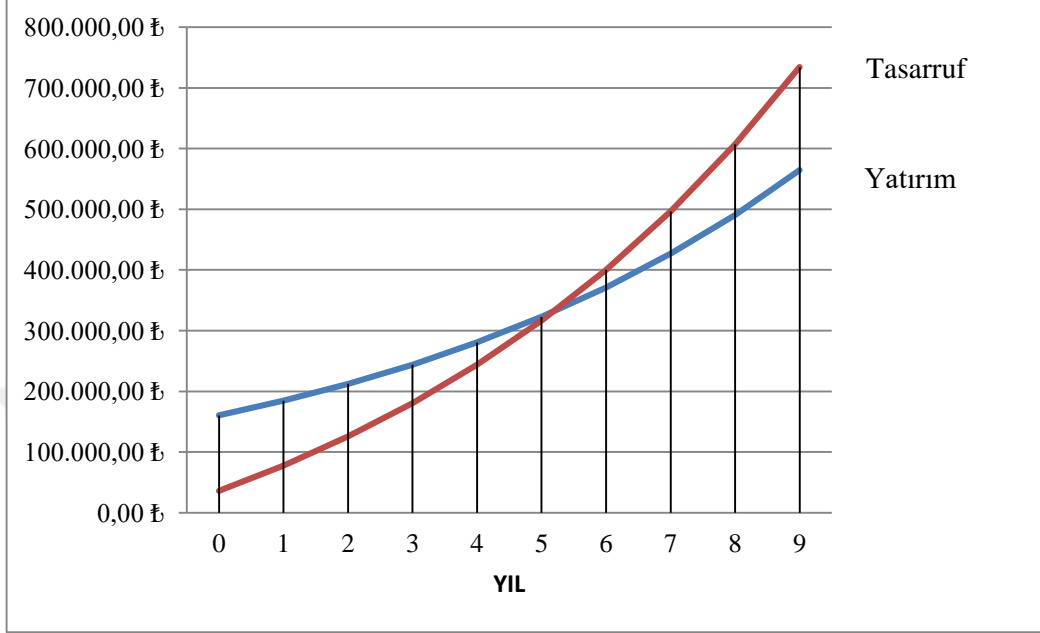
Şekil 2.20. 4 cm taşıyünü malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi

Şekil 2.20'de yatırım tasarruf eğrisinde yalıtımda 4 cm taşıyünü kullanılması halinde 4-5 yıl aralığında tasarruf edilen bedelin ilk yatırım bedelini karşıladığını görmekteyiz.

Tablo 2.14. 4 cm taşıyünü yalıtımı geri ödeme süresi

<b>0</b>	137.420,00 ₺	34.443,00 ₺
<b>1</b>	158.033,00 ₺	74.052,45 ₺
<b>2</b>	181.737,95 ₺	119.603,32 ₺
<b>3</b>	208.998,64 ₺	171.986,82 ₺
<b>4</b>	240.348,44 ₺	232.277,84 ₺
<b>5</b>	276.400,70 ₺	301.505,01 ₺
<b>6</b>	317.860,81 ₺	381.173,76 ₺
<b>7</b>	365.539,93 ₺	472.792,83 ₺
<b>8</b>	420.370,92 ₺	578.154,75 ₺
<b>9</b>	483.426,56 ₺	699.320,97 ₺

Tablo 2.14’de yalıtım malzemesi olarak 4 cm taşıyünü kullanıldığında ilk yatırım maliyetinin 4-5 yıl aralığında tasarruf edilen bedelle geri ödendiğini görmekteyiz.



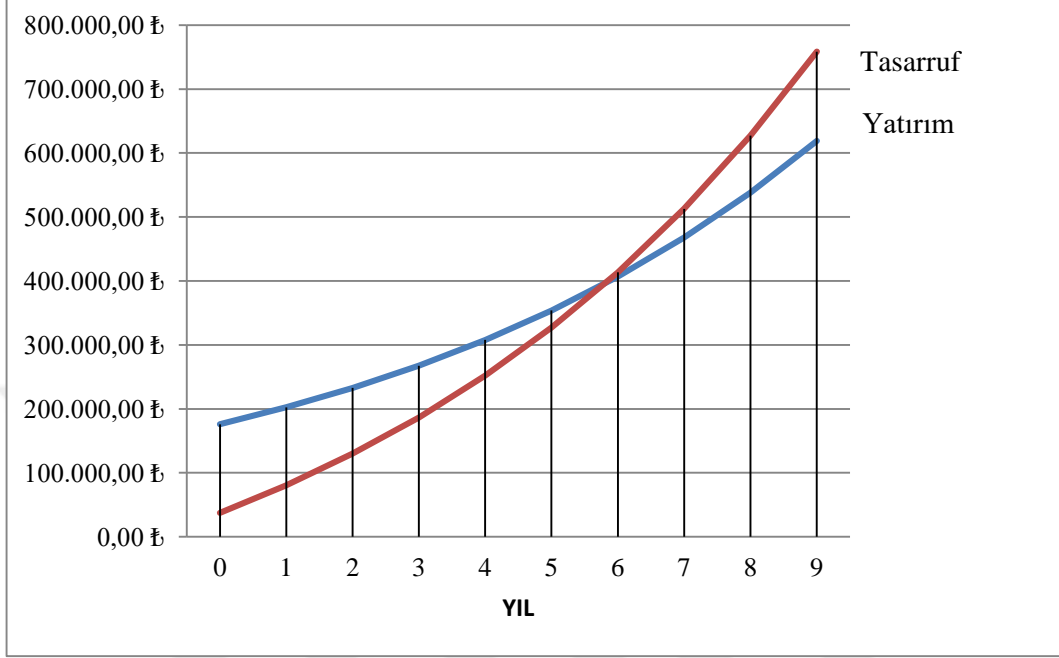
Şekil 2.21. 5 cm taşıyünü malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi

Şekil 2.21’de yatırım tasarruf eğrisinde yalıtımda 5 cm taşıyünü kullanılması halinde 5. yıldan sonra tasarruf edilen bedelin ilk yatırım bedelini karşıladığını görmekteyiz.

Tablo 2.15. 5 cm taşıyünü yalıtımı geri ödeme süresi

Yıl	Yatırım	Tasarruf
0	160.463,00 ₺	36.158,00 ₺
1	184.532,45 ₺	77.739,70 ₺
2	212.212,32 ₺	125.558,65 ₺
3	244.044,17 ₺	180.550,45 ₺
4	280.650,79 ₺	243.791,02 ₺
5	322.748,41 ₺	316.517,67 ₺
6	371.160,67 ₺	400.153,33 ₺
7	426.834,77 ₺	496.334,32 ₺
8	490.859,99 ₺	606.942,47 ₺
9	564.488,98 ₺	734.141,84 ₺

Tablo 2.15'te yalıtım malzemesi olarak 5 cm taşıyünü kullanıldığında ilk yatırım maliyetinin 5-6 yıl aralığında tasarruf edilen bedelle geri ödendiğini görmekteyiz.



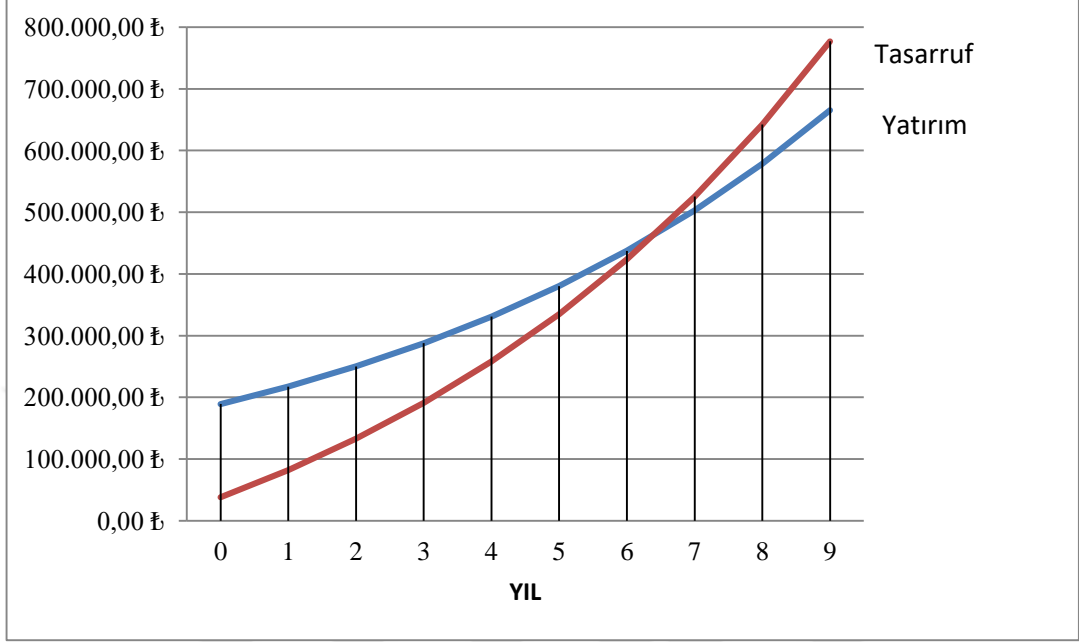
Şekil 2.22. 6 cm taşıyünü malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi

Şekil 2.22' de yatırım tasarruf eğrisinde yalıtımda 6 cm taşıyünü kullanılması halinde 6 yılın sonuna doğru tasarruf edilen bedelin ilk yatırım bedelini karşıladığını görmekteyiz.

Tablo 2.16. 6 cm taşıyünü yalıtımı geri ödeme süresi

Yıl	Yatırım	Tasarruf
0	175.902,00 ₺	37.363,00 ₺
1	202.287,30 ₺	80.330,45 ₺
2	232.630,39 ₺	129.743,02 ₺
3	267.524,95 ₺	186.567,47 ₺
4	307.653,70 ₺	251.915,59 ₺
5	353.801,75 ₺	327.065,93 ₺
6	406.872,01 ₺	413.488,82 ₺
7	467.902,82 ₺	512.875,14 ₺
8	538.088,24 ₺	627.169,41 ₺
9	618.801,48 ₺	758.607,82 ₺

Tablo 2.16’da yalıtım malzemesi olarak 6 cm taşıyünü kullanıldığında ilk yatırım maliyetinin 6-7 yıl aralığında tasarruf edilen bedelle geri ödendiğini görmekteyiz.



Şekil 2.23. 7 cm taşıyünü malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi

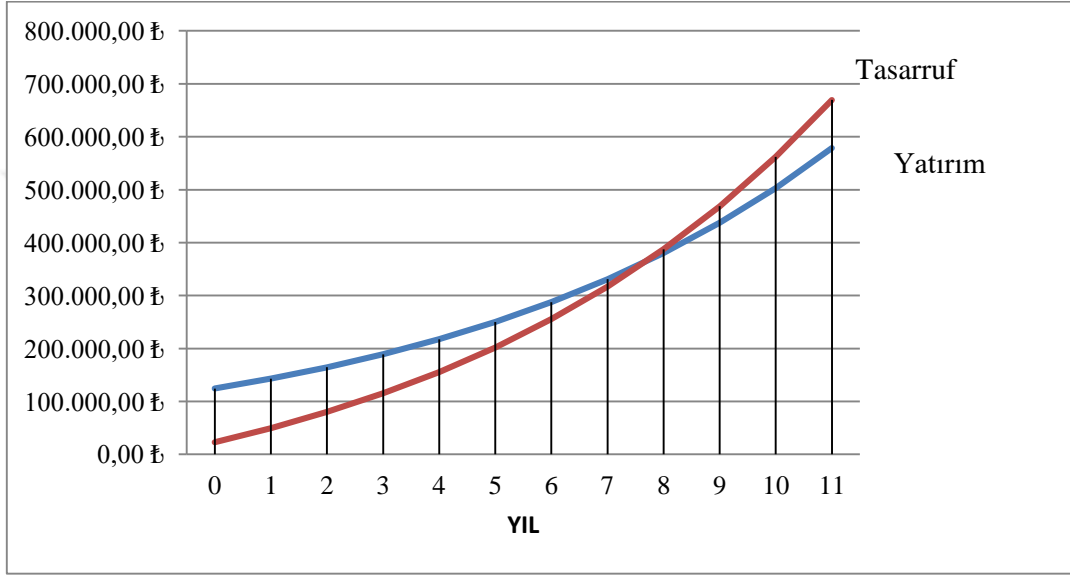
Şekil 2.23’de yatırım tasarruf eğrisinde yalıtımda 7 cm taşıyünü kullanılması halinde 6-7 yıl aralığında tasarruf edilen bedelin ilk yatırım bedelini karşıladığını görmekteyiz.

Tablo 2.17. 7 cm taşıyünü yalıtımı geri ödeme süresi

Yıl	Yatırım	Tasarruf
0	189.148,00 ₺	38.264,00 ₺
1	217.520,20 ₺	82.267,60 ₺
2	250.148,23 ₺	132.871,74 ₺
3	287.670,46 ₺	191.066,50 ₺
4	330.821,03 ₺	257.990,48 ₺
5	380.444,19 ₺	334.953,05 ₺
6	437.510,82 ₺	423.460,00 ₺
7	503.137,44 ₺	525.243,01 ₺
8	578.608,06 ₺	642.293,46 ₺
9	665.399,26 ₺	776.901,47 ₺

Tablo 2.17’de yalıtım malzemesi olarak 7cm taşıyünü kullanıldığında ilk yatırım maliyetinin 6-7 yıl aralığında tasarruf edilen bedelle geri ödendiğini görmekteyiz.

Yapılan ikinci çalışmada yakıt cinsi doğalgaz olarak değiştirilip diğer parametreler sabit kalmıştır. Doğalgazın kazan verimi 0,85’dir. Yakıtın alt ısıl değeri 9,595 kWh/m<sup>3</sup> tür. Yakıtın birim fiyatı Rize bölgesi için 1,94 TL’dir. Geri ödeme hesaplarında pencerenin etkisi göz ardı edilmiştir.

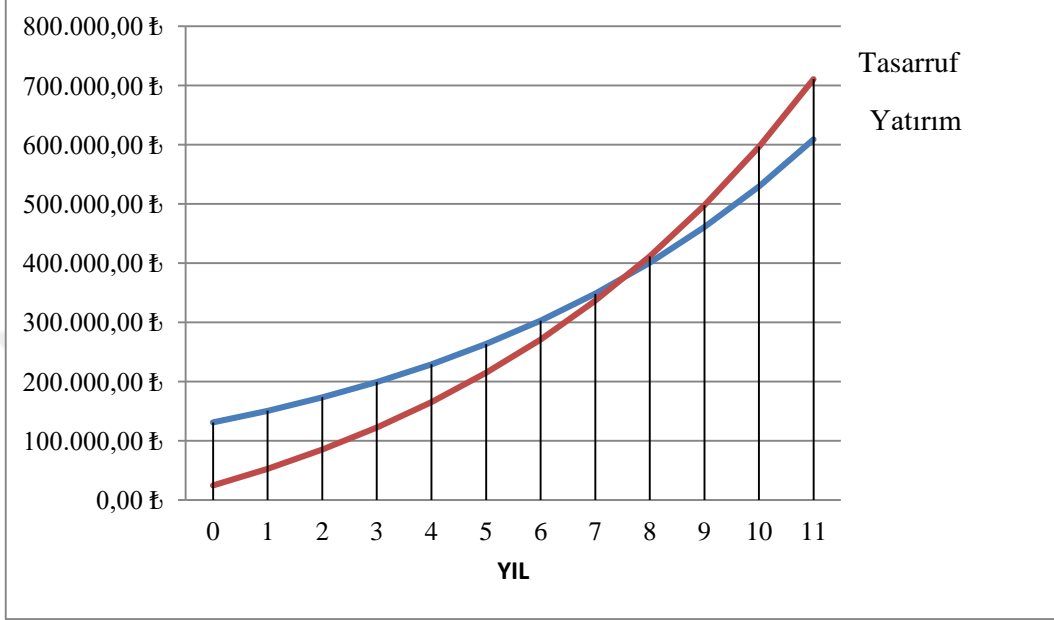


Şekil.2.24. 3 cm xps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi

Tablo 2.18. 3 cm xps yalıtımı geri ödemesi

Yıl	Yatırım	Tasarruf
0	124.400,00 ₺	23.087,00 ₺
1	143.060,00 ₺	49.637,05 ₺
2	164.519,00 ₺	80.169,61 ₺
3	189.196,85 ₺	115.282,05 ₺
4	217.576,38 ₺	155.661,36 ₺
5	250.212,83 ₺	202.097,56 ₺
6	287.744,76 ₺	255.499,19 ₺
7	330.906,47 ₺	316.911,07 ₺
8	380.542,44 ₺	387.534,73 ₺
9	437.623,81 ₺	468.751,94 ₺
10	503.267,38 ₺	562.151,73 ₺
11	578.757,49 ₺	669.561,49 ₺

Doğalgazla ısıtılan binada pencerelerin etkisinin geri ödeme hesaplarında göz ardı edildiğinde 3 cm xps yalıtım malzemesi kullanıldığında ilk yatırım maliyetinin yapılan tasarrufla geri ödemesi 7-8 yıl aralığında olmaktadır.



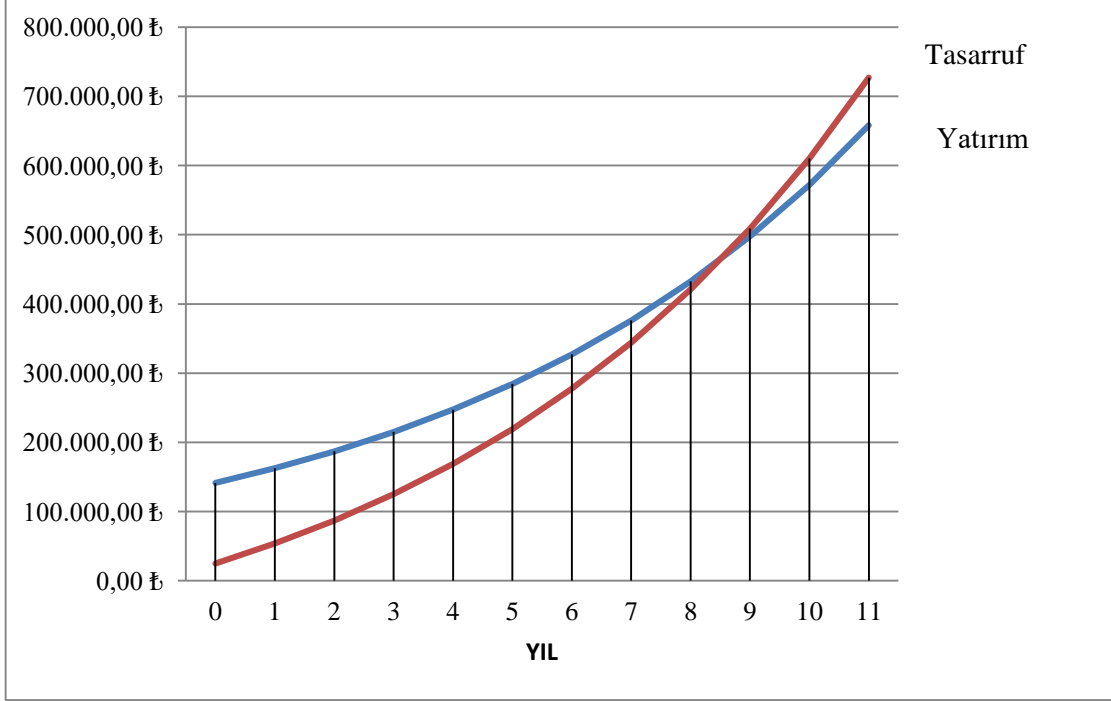
Şekil 2.25. 4 cm xps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi

Tablo 2.19. 4 cm xps yalıtımı geri ödemesi

Yıl	Yatırım	Tasarruf
0	130.939,00 ₺	24.509,00 ₺
1	150.579,85 ₺	52.694,35 ₺
2	173.166,83 ₺	85.107,50 ₺
3	199.141,85 ₺	122.382,63 ₺
4	229.013,13 ₺	165.249,02 ₺
5	263.365,10 ₺	214.545,38 ₺
6	302.869,86 ₺	271.236,18 ₺
7	348.300,34 ₺	336.430,61 ₺
8	400.545,39 ₺	411.404,20 ₺
9	460.627,20 ₺	497.623,83 ₺
10	529.721,28 ₺	596.776,40 ₺
11	609.179,48 ₺	710.801,87 ₺



4 cm xps yalıtım malzemesi kullanıldığında ilk yatırım maliyetinin yapılan tasarrufla geri ödemesi 7-8 yıl aralığında olmaktadır.

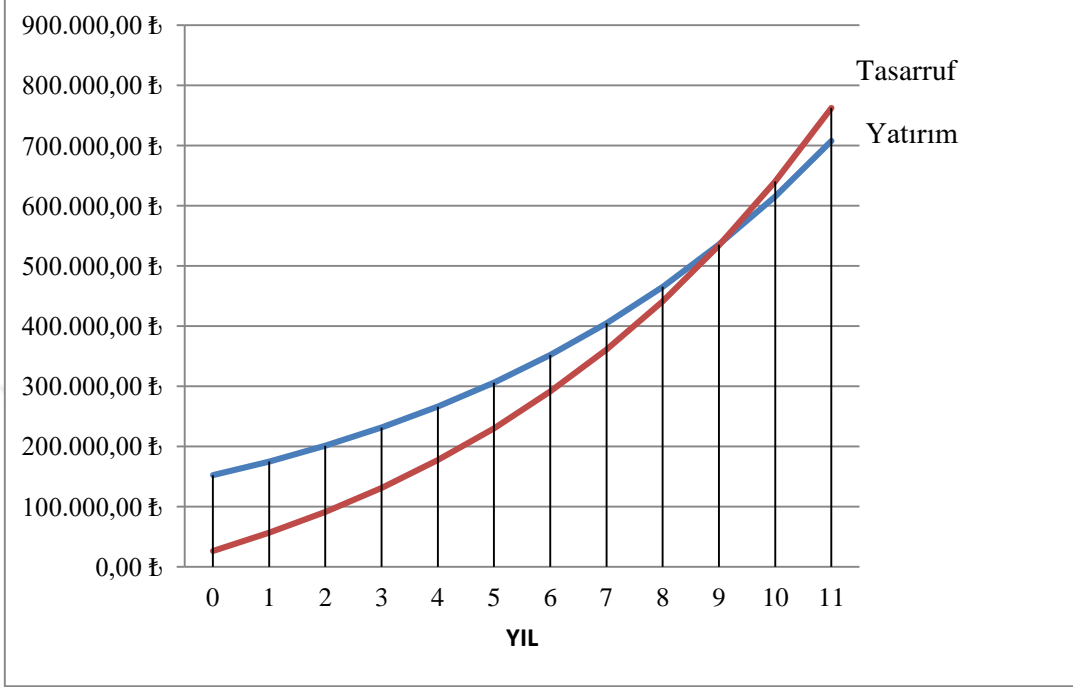


Şekil 2.26. 5 cm xps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi

Tablo 2.20. 5 cm xps yalıtımı geri ödemesi

Yıl	Yatırım	Tasarruf
0	141.422,00 ₺	25.065,00 ₺
1	162.635,30 ₺	53.889,75 ₺
2	187.030,59 ₺	87.038,21 ₺
3	215.085,18 ₺	125.158,94 ₺
4	247.347,96 ₺	168.997,79 ₺
5	284.450,16 ₺	219.412,45 ₺
6	327.117,68 ₺	277.389,32 ₺
7	376.185,33 ₺	344.062,72 ₺
8	432.613,13 ₺	420.737,13 ₺
9	497.505,10 ₺	508.912,70 ₺
10	572.130,87 ₺	610.314,60 ₺
11	657.950,50 ₺	726.926,79 ₺

5 cm xps yalıtım malzemesi kullanıldığında ilk yatırım maliyetinin yapılan tasarrufla geri ödemesi 8-9 yıl aralığında olmaktadır.

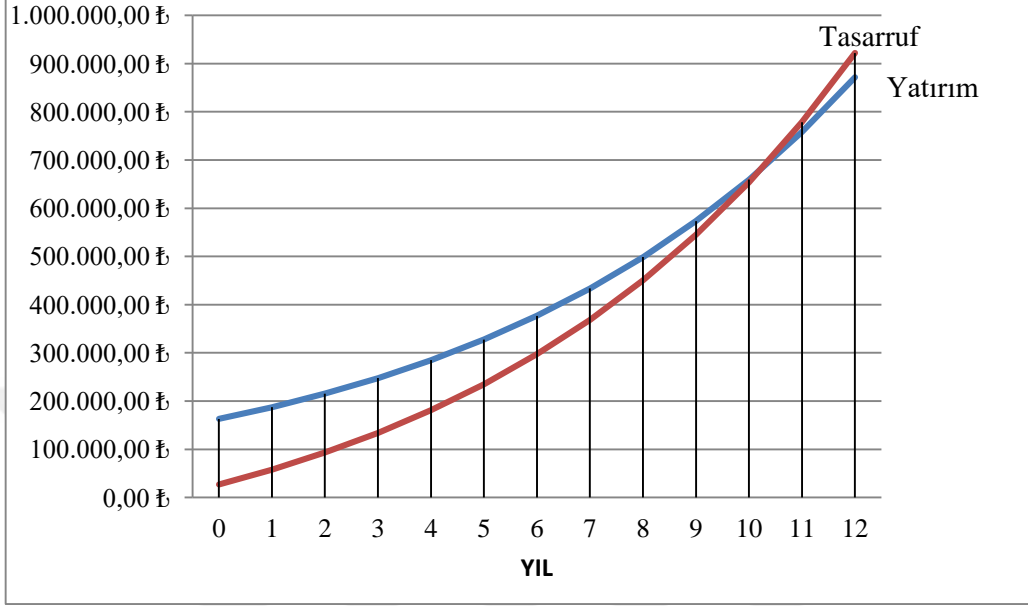


Şekil 2.27. 6 cm xps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi

Tablo 2.21. 6 cm xps yalıtımı geri ödemesi

Yıl	Yatırım	Tasarruf
<b>0</b>	152.096,00 ₺	26.295,00 ₺
<b>1</b>	174.910,40 ₺	56.534,25 ₺
<b>2</b>	201.146,96 ₺	91.309,39 ₺
<b>3</b>	231.319,00 ₺	131.300,80 ₺
<b>4</b>	266.016,85 ₺	177.290,91 ₺
<b>5</b>	305.919,38 ₺	230.179,55 ₺
<b>6</b>	351.807,29 ₺	291.001,49 ₺
<b>7</b>	404.578,38 ₺	360.946,71 ₺
<b>8</b>	465.265,14 ₺	441.383,71 ₺
<b>9</b>	535.054,91 ₺	533.886,27 ₺
<b>10</b>	615.313,15 ₺	640.264,21 ₺
<b>11</b>	707.610,12 ₺	762.598,84 ₺

6 cm xps yalıtım malzemesi kullanıldığında ilk yatırım maliyetinin yapılan tasarrufla geri ödemesi 9-10 yıl aralığında olmaktadır.

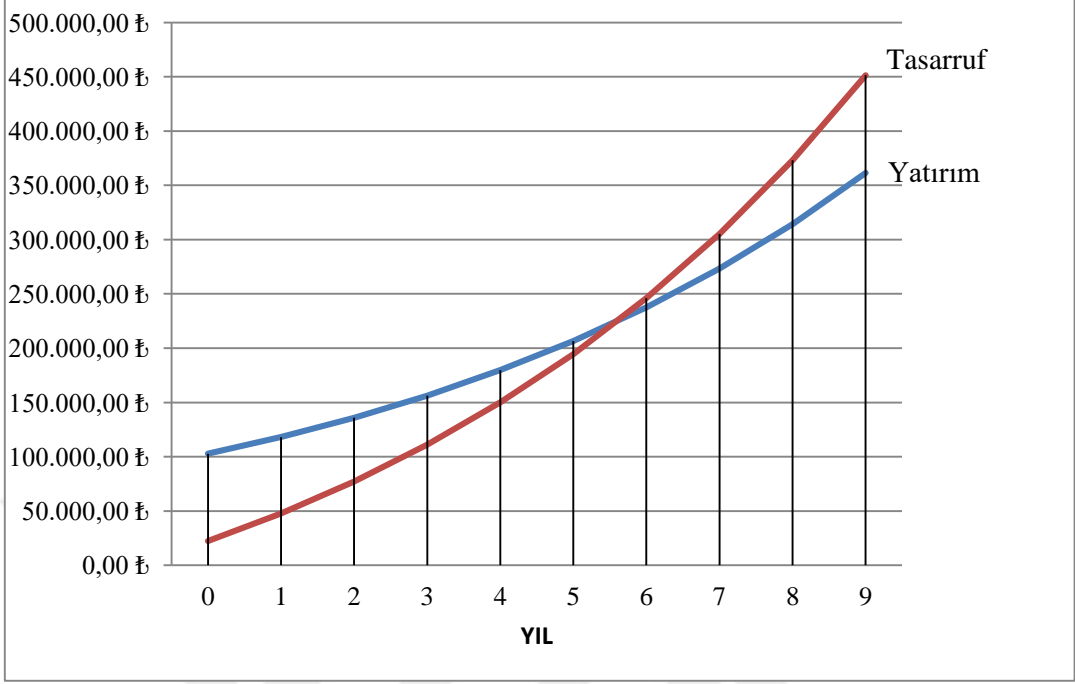


Şekil 2.28. 7 cm xps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi

Tablo 2.22. 7 cm xps yalıtımı geri ödemesi

Yıl	Yatırım	Tasarruf
0	162.960,00 ₺	26.839,00 ₺
1	187.404,00 ₺	57.703,85 ₺
2	215.514,60 ₺	93.198,43 ₺
3	247.841,79 ₺	134.017,19 ₺
4	285.018,06 ₺	180.958,77 ₺
5	327.770,77 ₺	234.941,59 ₺
6	376.936,38 ₺	297.021,82 ₺
7	433.476,84 ₺	368.414,10 ₺
8	498.498,37 ₺	450.515,21 ₺
9	573.273,12 ₺	544.931,49 ₺
10	659.264,09 ₺	653.510,22 ₺
11	758.153,70 ₺	778.375,75 ₺
12	871.876,76 ₺	921.971,11 ₺

7 cm xps yalıtım malzemesi kullanıldığında ilk yatırım maliyetinin yapılan tasarrufla geri ödemesi 10-11 yıl aralığında olmaktadır.

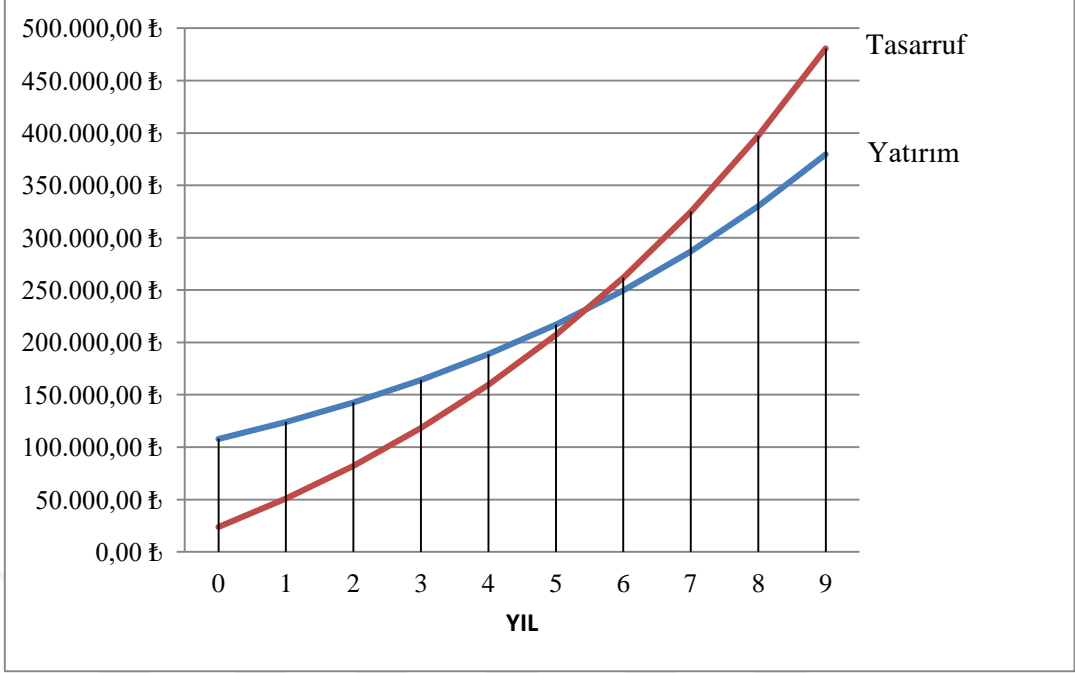


Şekil 2.29. 3 cm eps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi

Tablo 2.23. 3 cm eps yalıtımı geri ödemesi

Yıl	Yatırım	Tasarruf
0	102.730,00 ₺	22.236,00 ₺
1	118.139,50 ₺	47.807,40 ₺
2	135.860,42 ₺	77.214,51 ₺
3	156.239,49 ₺	111.032,69 ₺
4	179.675,41 ₺	149.923,59 ₺
5	206.626,72 ₺	194.648,13 ₺
6	237.620,73 ₺	246.081,35 ₺
7	273.263,84 ₺	305.229,55 ₺
8	314.253,42 ₺	373.249,98 ₺
9	361.391,43 ₺	451.473,48 ₺

3 cm eps yalıtım malzemesi kullanıldığında ilk yatırım maliyetinin yapılan tasarrufla geri ödemesi 5-6 yıl aralığında olmaktadır.

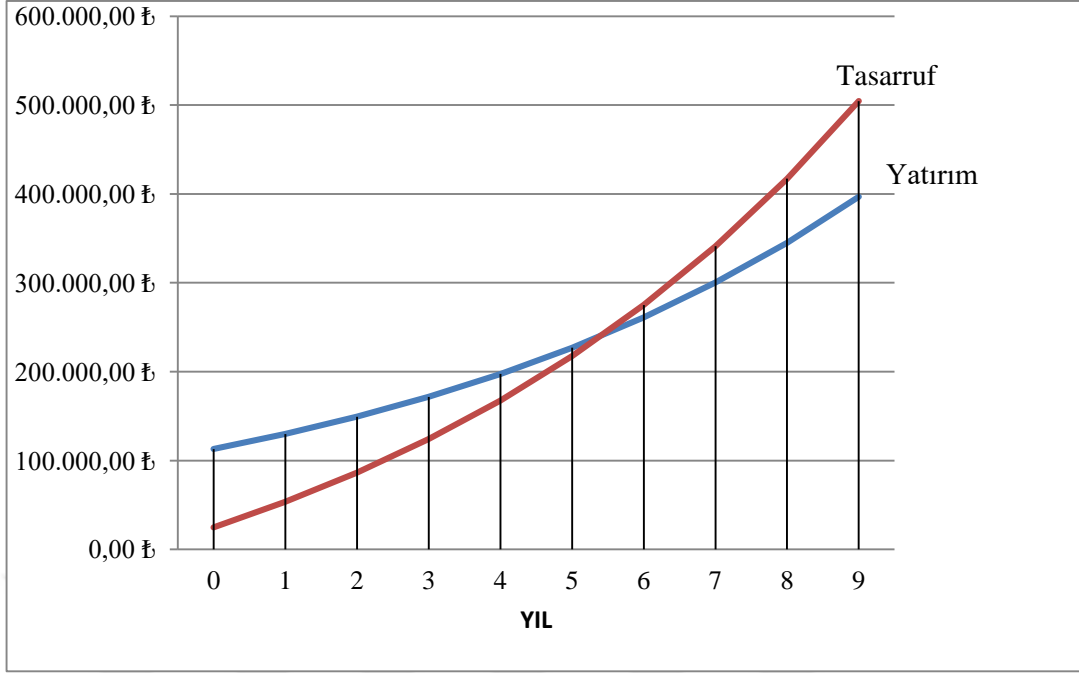


Şekil 2.30. 4 cm eps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi

Tablo 2.24. 4 cm eps yalıtımı geri ödemesi

Yıl	Yatırım	Tasarruf
0	107.877,00 ₺	23.669,00 ₺
1	124.058,55 ₺	50.888,35 ₺
2	142.667,33 ₺	82.190,60 ₺
3	164.067,43 ₺	118.188,19 ₺
4	188.677,55 ₺	159.585,42 ₺
5	216.979,18 ₺	207.192,24 ₺
6	249.526,06 ₺	261.940,07 ₺
7	286.954,96 ₺	324.900,08 ₺
8	329.998,21 ₺	397.304,09 ₺
9	379.497,94 ₺	480.568,71 ₺

4 cm eps yalıtım malzemesi kullanıldığında ilk yatırım maliyetinin yapılan tasarrufla geri ödemesi 5-6 yıl aralığında olmaktadır.

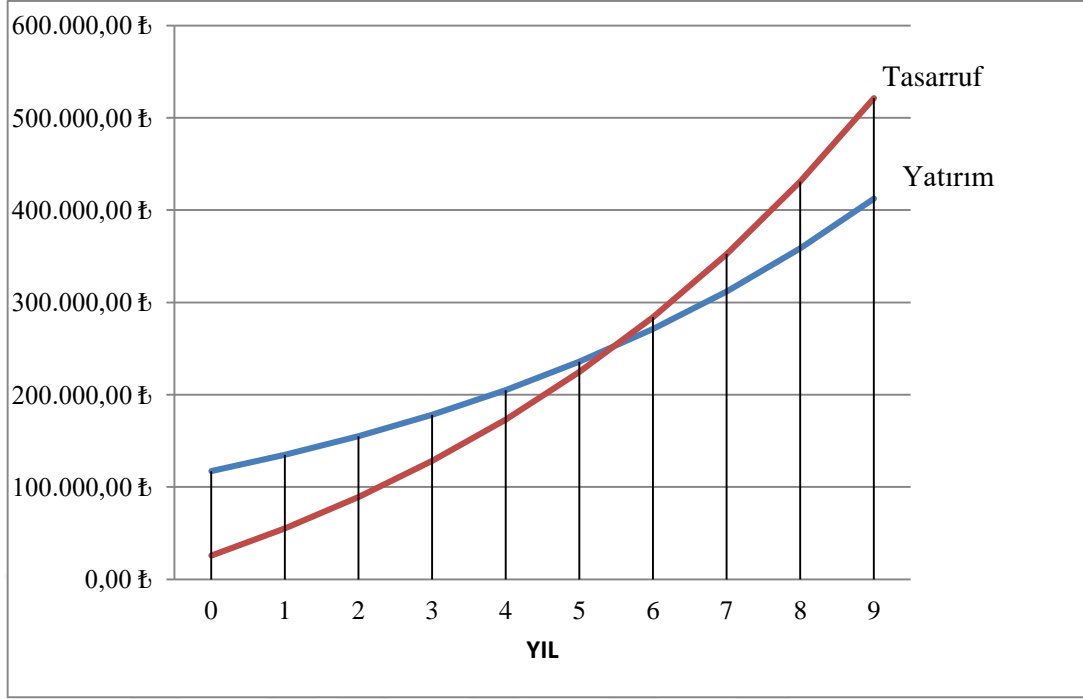


Şekil 2.31. 5 cm eps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi

Tablo 2.25. 5 cm eps yalıtımı geri ödemesi

Yıl	Yatırım	Tasarruf
0	112.832,00 ₺	24.848,00 ₺
1	129.756,80 ₺	53.423,20 ₺
2	149.220,32 ₺	86.284,68 ₺
3	171.603,37 ₺	124.075,38 ₺
4	197.343,87 ₺	167.534,69 ₺
5	226.945,45 ₺	217.512,89 ₺
6	260.987,27 ₺	274.987,83 ₺
7	300.135,36 ₺	341.084,00 ₺
8	345.155,67 ₺	417.094,60 ₺
9	396.929,02 ₺	504.506,79 ₺

5 cm eps yalıtım malzemesi kullanıldığında ilk yatırım maliyetinin yapılan tasarrufla geri ödemesi 5-6 yıl aralığında olmaktadır.

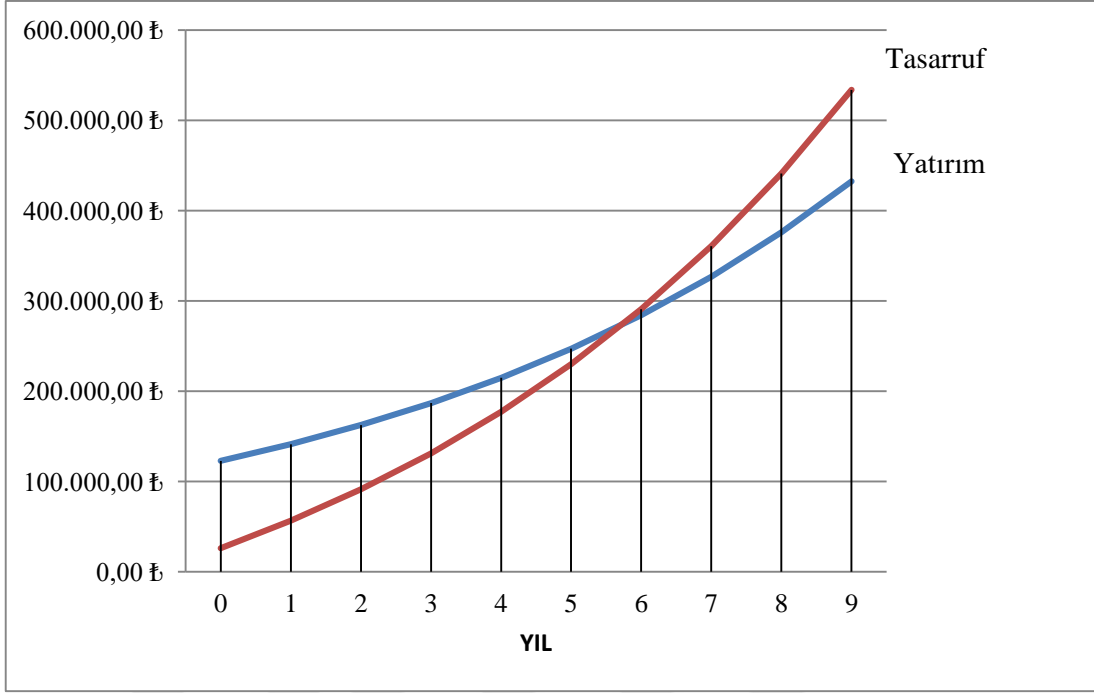


Şekil 2.32. 6 cm eps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi

Tablo 2.26. 6 cm eps yalıtımı geri ödemesi

Yıl	Yatırım	Tasarruf
0	117.216,00 ₺	25.676,00 ₺
1	134.798,40 ₺	55.203,40 ₺
2	155.018,16 ₺	89.159,91 ₺
3	178.270,88 ₺	128.209,90 ₺
4	205.011,52 ₺	173.117,38 ₺
5	235.763,24 ₺	224.760,99 ₺
6	271.127,73 ₺	284.151,14 ₺
7	311.796,89 ₺	352.449,81 ₺
8	358.566,42 ₺	430.993,28 ₺
9	412.351,39 ₺	521.318,27 ₺

6 cm eps yalıtım malzemesi kullanıldığında ilk yatırım maliyetinin yapılan tasarrufla geri ödemesi 5-6 yıl aralığında olmaktadır.



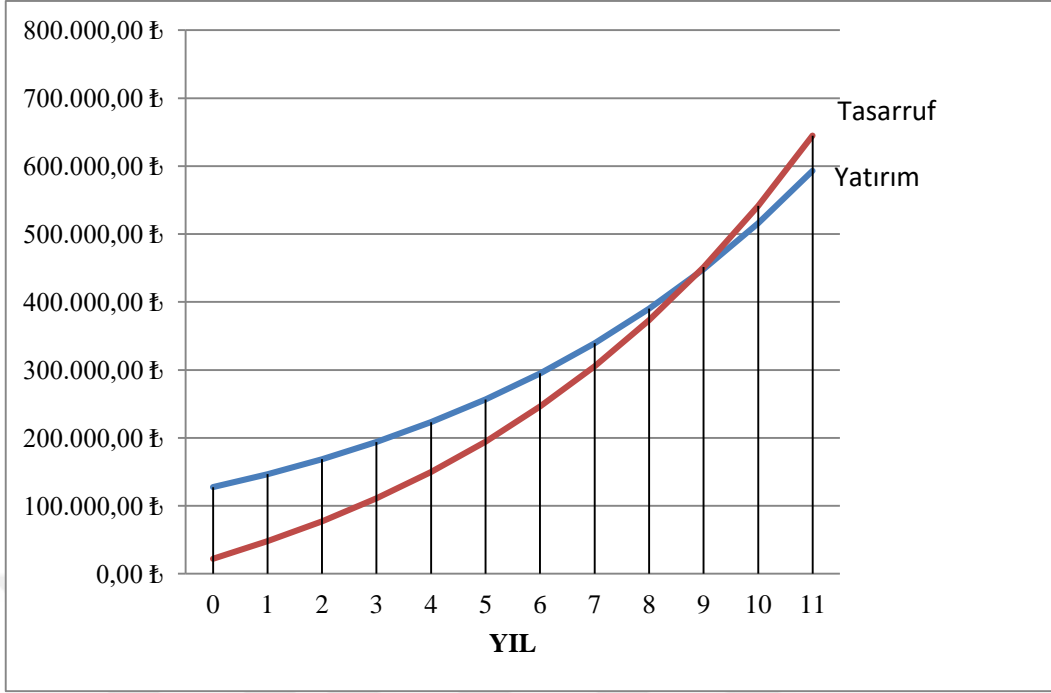
Şekil 2.33. 7 cm eps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi

Tablo 2.27. 7 cm eps yalıtımı geri ödemesi

	Yatırım	Tasarruf
<b>0</b>	122.934,00 ₺	26.295,00 ₺
<b>1</b>	141.374,10 ₺	56.534,25 ₺
<b>2</b>	162.580,21 ₺	91.309,39 ₺
<b>3</b>	186.967,25 ₺	131.300,80 ₺
<b>4</b>	215.012,33 ₺	177.290,91 ₺
<b>5</b>	247.264,18 ₺	230.179,55 ₺
<b>6</b>	284.353,81 ₺	291.001,49 ₺
<b>7</b>	327.006,88 ₺	360.946,71 ₺
<b>8</b>	376.057,92 ₺	441.383,71 ₺
<b>9</b>	432.466,60 ₺	533.886,27 ₺

7 cm eps yalıtım malzemesi kullanıldığında ilk yatırım maliyetinin yapılan tasarrufla geri ödemesi 5-6 yıl aralığında olmaktadır.



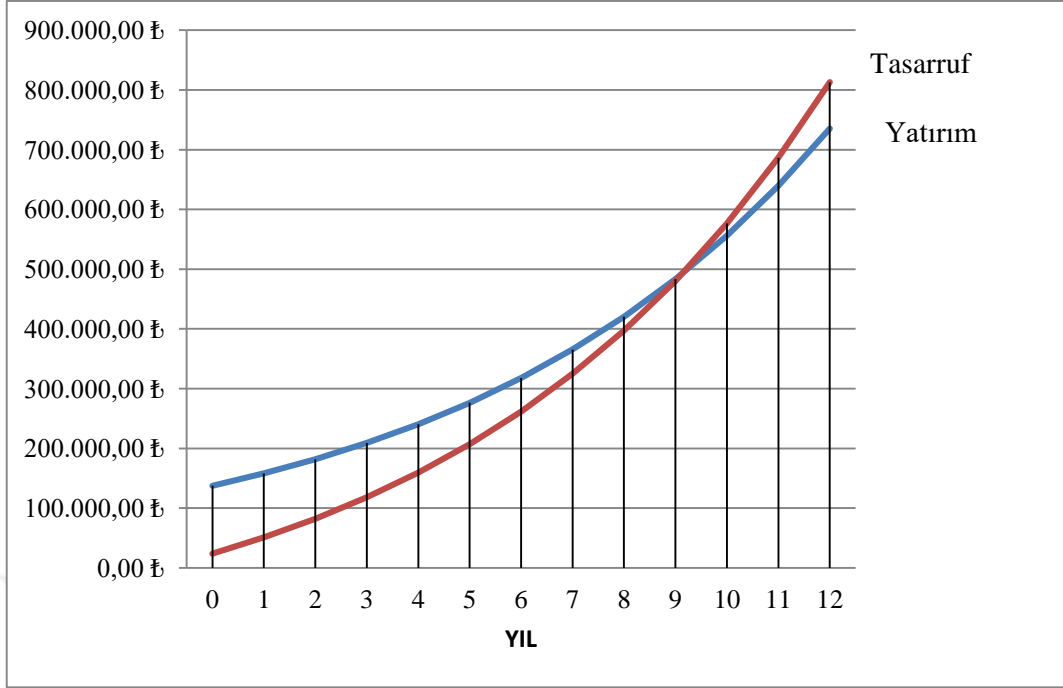


Şekil 2.34. 3 cm taşıyıcı malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi

Tablo 2.28. 3 cm taşıyıcı malzemesi yatırımını geri ödemesi

Yıl	Yatırım	Tasarruf
0	127.508,00 ₺	22.236,00 ₺
1	146.634,20 ₺	47.807,40 ₺
2	168.629,33 ₺	77.214,51 ₺
3	193.923,73 ₺	111.032,69 ₺
4	223.012,29 ₺	149.923,59 ₺
5	256.464,13 ₺	194.648,13 ₺
6	294.933,75 ₺	246.081,35 ₺
7	339.173,81 ₺	305.229,55 ₺
8	390.049,89 ₺	373.249,98 ₺
9	448.557,37 ₺	451.473,48 ₺
10	515.840,98 ₺	541.430,50 ₺
11	593.217,12 ₺	644.881,08 ₺

3 cm taşıyıcı malzemesi kullanıldığında ilk yatırım maliyetinin yapılan tasarrufla geri ödemesi 8-9 yıl aralığında olmaktadır.

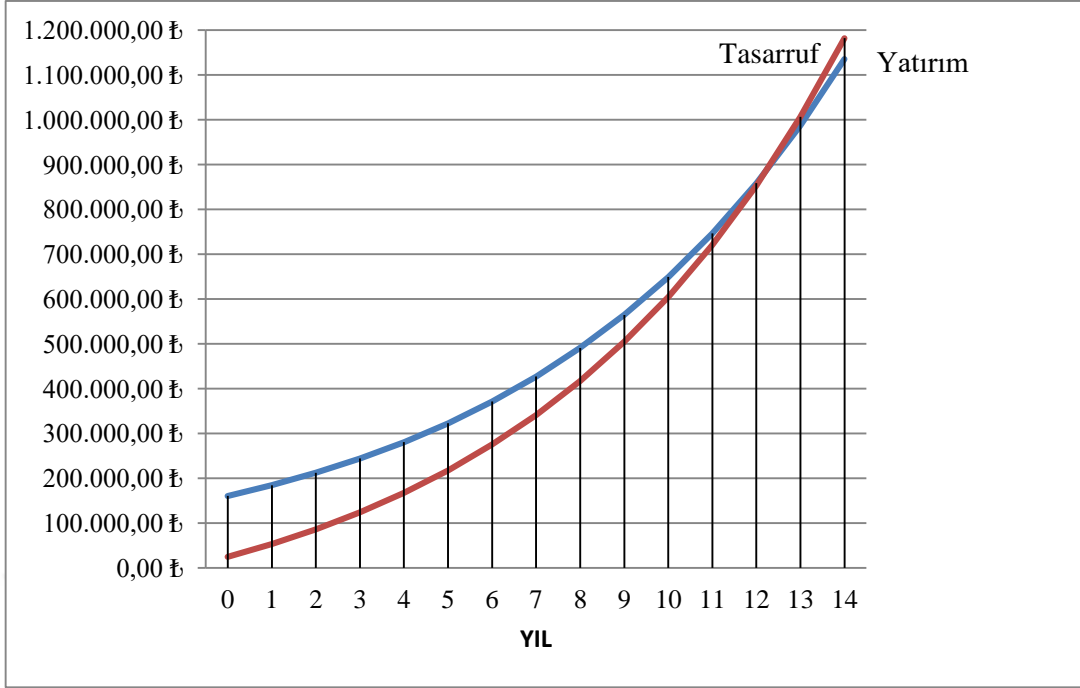


Şekil 2.35. 4 cm taşıyıcı malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi

Tablo 2.29. 4 cm taşıyıcı malzemesi yatırımını geri ödemesi

Yıl	Yatırım	Tasarruf
<b>0</b>	137.420,00 ₺	23.669,00 ₺
<b>1</b>	158.033,00 ₺	50.888,35 ₺
<b>2</b>	181.737,95 ₺	82.190,60 ₺
<b>3</b>	208.998,64 ₺	118.188,19 ₺
<b>4</b>	240.348,44 ₺	159.585,42 ₺
<b>5</b>	276.400,70 ₺	207.192,24 ₺
<b>6</b>	317.860,81 ₺	261.940,07 ₺
<b>7</b>	365.539,93 ₺	324.900,08 ₺
<b>8</b>	420.370,92 ₺	397.304,09 ₺
<b>9</b>	483.426,56 ₺	480.568,71 ₺
<b>10</b>	555.940,54 ₺	576.323,01 ₺
<b>11</b>	639.331,63 ₺	686.440,46 ₺
<b>12</b>	735.231,37 ₺	813.075,53 ₺

4 cm taşıyıcı malzemesi kullanıldığında ilk yatırım maliyetinin yapılan tasarrufla geri ödemesi 9-10 yıl aralığında olmaktadır.

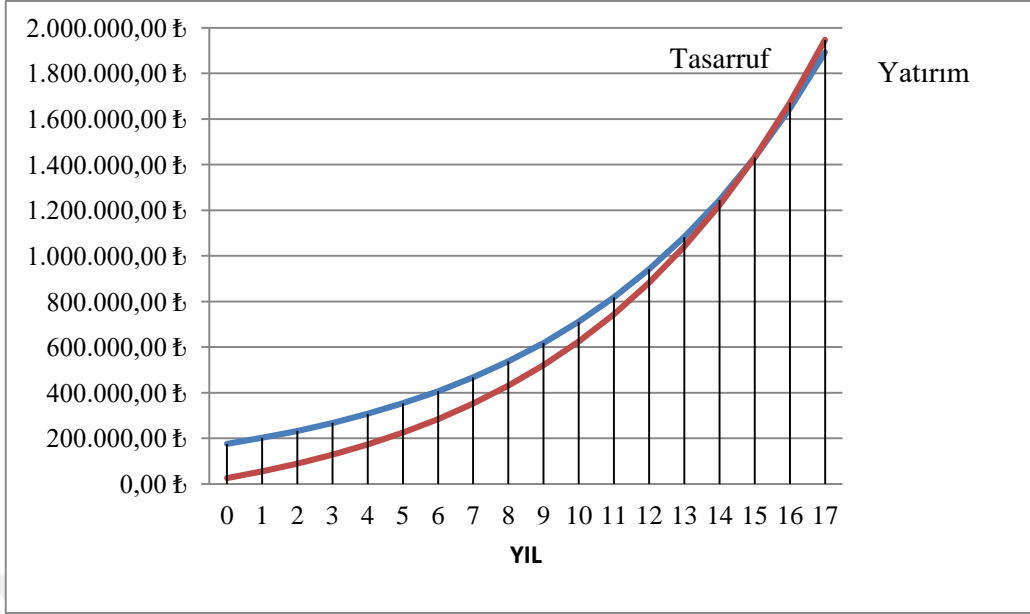


Şekil 2.36. 5 cm taşıyıcı malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi

Tablo 2.30. 5 cm taşıyıcı malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi

Yıl	Yatırım	Tasarruf
0	160.463,00 ₺	24.848,00 ₺
1	184.532,45 ₺	53.423,20 ₺
2	212.212,32 ₺	86.284,68 ₺
3	244.044,17 ₺	124.075,38 ₺
4	280.650,79 ₺	167.534,69 ₺
5	322.748,41 ₺	217.512,89 ₺
6	371.160,67 ₺	274.987,83 ₺
7	426.834,77 ₺	341.084,00 ₺
8	490.859,99 ₺	417.094,60 ₺
9	564.488,98 ₺	504.506,79 ₺
10	649.162,33 ₺	605.030,81 ₺
11	746.536,68 ₺	720.633,43 ₺
12	858.517,18 ₺	853.576,45 ₺
13	987.294,76 ₺	1.006.460,91 ₺
14	1.135.388,97 ₺	1.182.278,05 ₺

5 cm taşıyıcı malzemesi kullanıldığında ilk yatırım maliyetinin yapılan tasarrufla geri ödemesi 12-13 yıl aralığında olmaktadır.

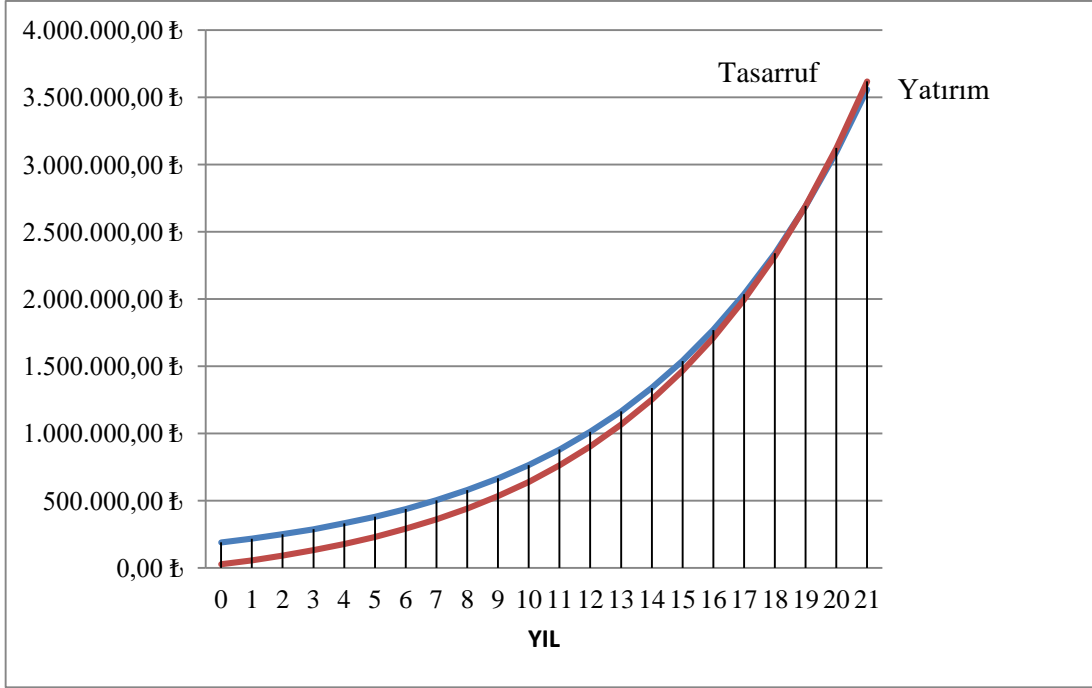


Şekil 2.37. 6 cm taşıyıcı malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi

Tablo 2.31. 6 cm taşıyıcı malzemesi yatırım-geri ödemesi

Yıl	Yatırım	Tasarruf
0	175.902,00 ₺	25.676,00 ₺
1	202.287,30 ₺	55.203,40 ₺
2	232.630,39 ₺	89.159,91 ₺
3	267.524,95 ₺	128.209,90 ₺
4	307.653,70 ₺	173.117,38 ₺
5	353.801,75 ₺	224.760,99 ₺
6	406.872,01 ₺	284.151,14 ₺
7	467.902,82 ₺	352.449,81 ₺
8	538.088,24 ₺	430.993,28 ₺
9	618.801,48 ₺	521.318,27 ₺
10	711.621,70 ₺	625.192,01 ₺
11	818.364,95 ₺	744.646,81 ₺
12	941.119,69 ₺	882.019,83 ₺
13	1.082.287,65 ₺	1.039.998,81 ₺
14	1.244.630,80 ₺	1.221.674,63 ₺
15	1.431.325,41 ₺	1.430.601,82 ₺
16	1.646.024,23 ₺	1.670.868,10 ₺
17	1.892.927,86 ₺	1.947.174,31 ₺

6 cm taşıyıcı malzemesi kullanıldığında ilk yatırım maliyetinin yapılan tasarrufla geri ödemesi 15-16 yıl aralığında olmaktadır.



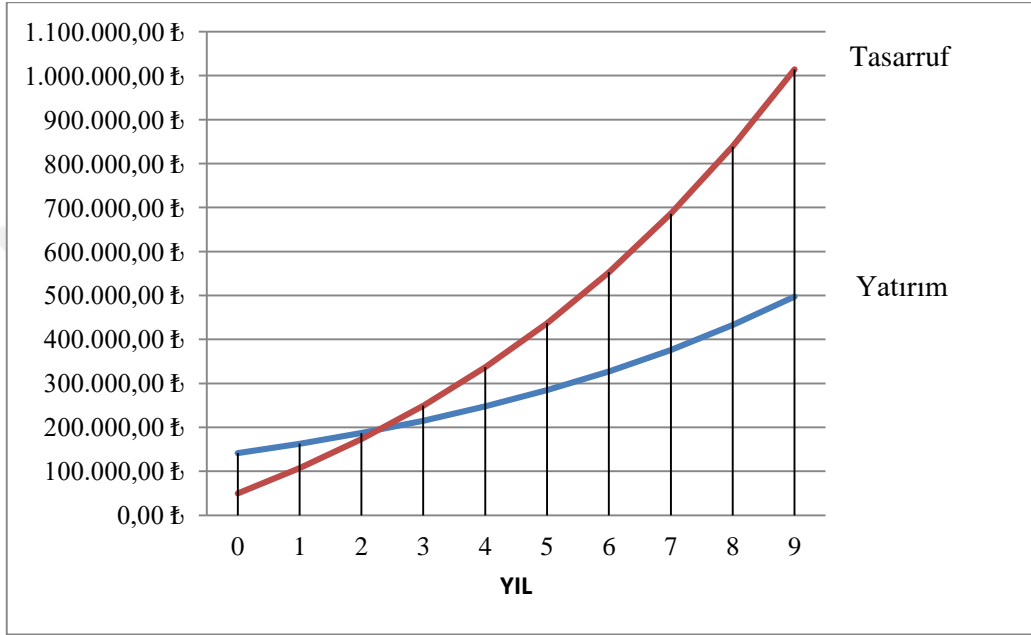
Şekil 2.38. 7 cm taşıyıcı malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi

Tablo 2.32. 7 cm taşıyıcı malzemesi yatırımını geri ödemesi

Yıl	Yatırım	Tasarruf
0	189.148,00 ₺	26.295,00 ₺
1	217.520,20 ₺	56.534,25 ₺
2	250.148,23 ₺	91.309,39 ₺
3	287.670,46 ₺	131.300,80 ₺
4	330.821,03 ₺	177.290,91 ₺
5	380.444,19 ₺	230.179,55 ₺
6	437.510,82 ₺	291.001,49 ₺
7	503.137,44 ₺	360.946,71 ₺
8	578.608,06 ₺	441.383,71 ₺
9	665.399,26 ₺	533.886,27 ₺
10	765.209,15 ₺	640.264,21 ₺
11	879.990,53 ₺	762.598,84 ₺
12	1.011.989,11 ₺	903.283,67 ₺
13	1.163.787,47 ₺	1.065.071,22 ₺
14	1.338.355,59 ₺	1.251.126,90 ₺
15	1.539.108,93 ₺	1.465.090,94 ₺
16	1.769.975,27 ₺	1.711.149,58 ₺
17	2.035.471,56 ₺	1.994.117,02 ₺
18	2.340.792,30 ₺	2.319.529,57 ₺
19	2.691.911,14 ₺	2.693.754,00 ₺
20	3.095.697,81 ₺	3.124.112,11 ₺
21	3.560.052,49 ₺	3.619.023,93 ₺

7 cm taşıyıcı yalıtım malzemesi kullanıldığında ilk yatırım maliyetinin yapılan tasarrufla geri ödemesi 19-20 yıl aralığında olmaktadır.

**Yapılan üçüncü** çalışmada yapılan ilk çalışmada ki örnek binanın iklim bölgesi Eskişehir’de 3. derece-gün bölgesi olarak değiştirilip diğer parametreler sabit kalmıştır. **Geri ödeme hesaplarında pencerenin etkisi göz ardı edilmiştir.**

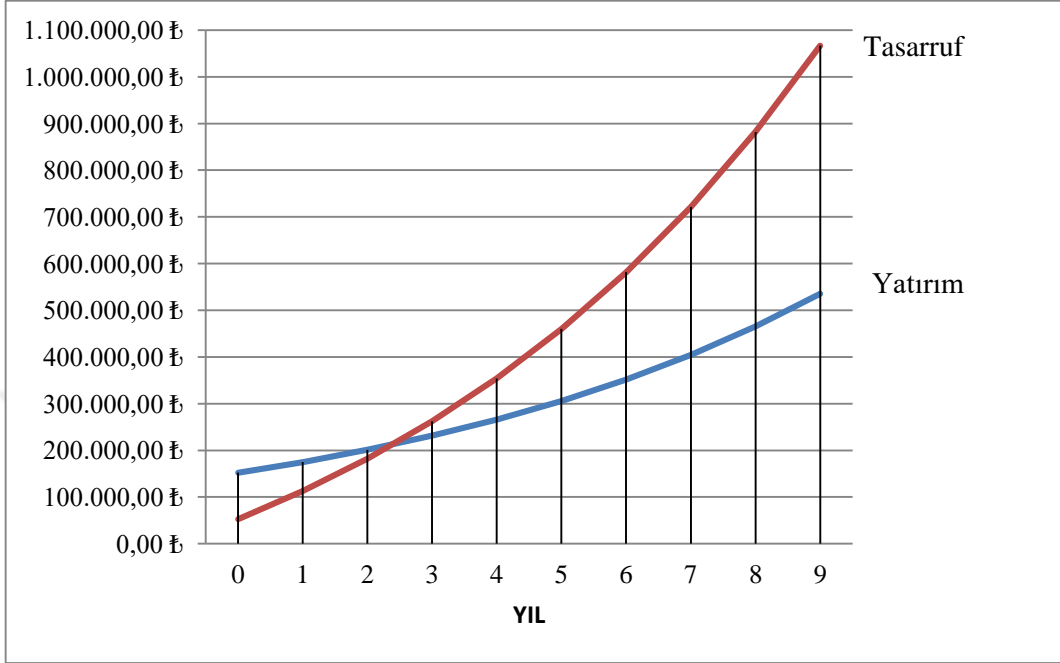


Şekil 2.39. 5 cm xps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi

Tablo 2.33. 5 cm xps yalıtımı geri ödemesi

Yıl	Yatırım	Tasarruf
0	141.422,00 ₺	49.962,00 ₺
1	162.635,30 ₺	107.418,30 ₺
2	187.030,59 ₺	173.493,04 ₺
3	215.085,18 ₺	249.479,00 ₺
4	247.347,96 ₺	336.862,85 ₺
5	284.450,16 ₺	437.354,28 ₺
6	327.117,68 ₺	552.919,42 ₺
7	376.185,33 ₺	685.819,34 ₺
8	432.613,13 ₺	838.654,24 ₺
9	497.505,10 ₺	1.014.414,37 ₺

5 cm xps yalıtım malzemesi kullanıldığında ilk yatırım maliyetinin yapılan tasarrufla geri ödemesi 2-3 yıl aralığında olmaktadır.

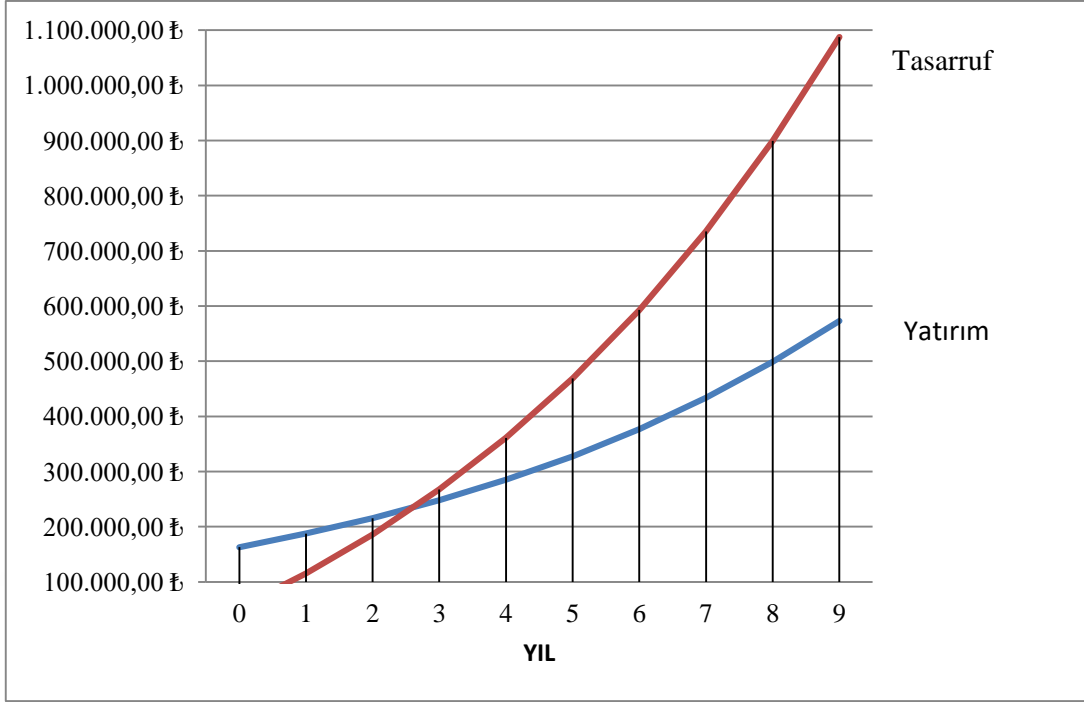


Şekil 2.40. 6 cm xps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi

Tablo 2.34. 6cm xps yalıtımı geri ödemesi

Yıl	Yatırım	Tasarruf
0	152.096,00 ₺	52.549,00 ₺
1	174.910,40 ₺	112.980,35 ₺
2	201.146,96 ₺	182.476,40 ₺
3	231.319,00 ₺	262.396,86 ₺
4	266.016,85 ₺	354.304,39 ₺
5	305.919,38 ₺	460.000,00 ₺
6	351.807,29 ₺	581.549,23 ₺
7	404.578,38 ₺	721.330,62 ₺
8	465.265,14 ₺	882.079,21 ₺
9	535.054,91 ₺	1.066.940,09 ₺

6 cm xps yalıtım malzemesi kullanıldığında ilk yatırım maliyetinin yapılan tasarrufla geri ödemesi 2-3 yıl aralığında olmaktadır.



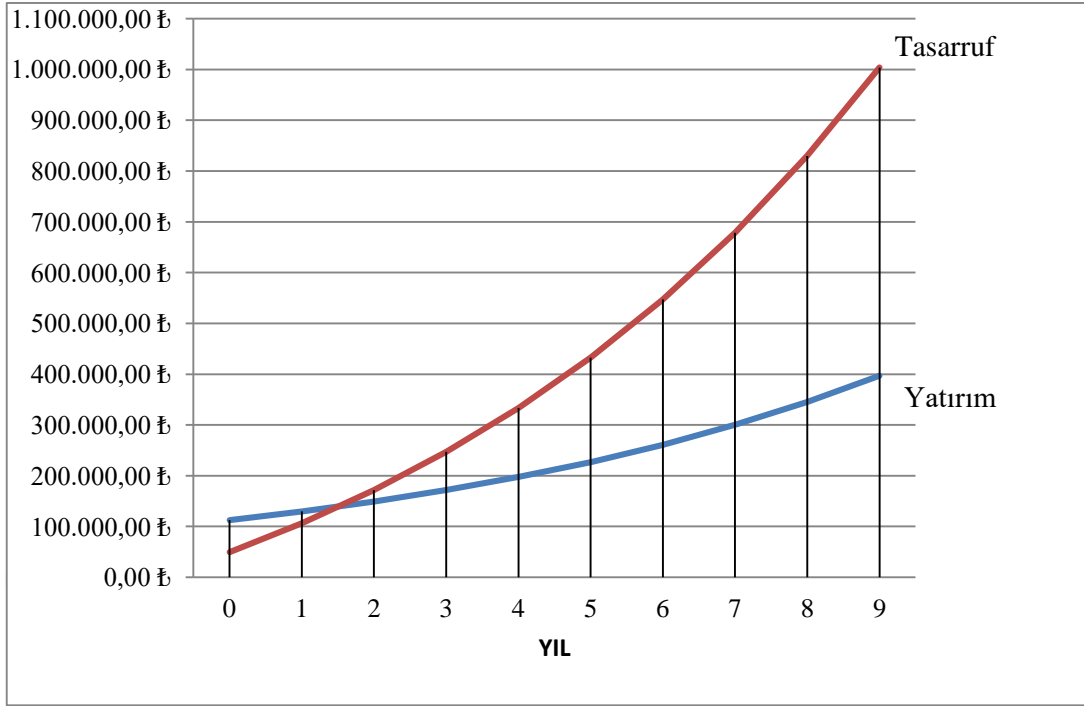
Şekil 2.41. 7 cm xps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi

Tablo 2.35. 7 cm xps yalıtımı geri ödemesi

Yıl	Yatırım	Tasarruf
0	162.960,00 ₺	53.569,00 ₺
1	187.404,00 ₺	115.173,35 ₺
2	215.514,60 ₺	186.018,35 ₺
3	247.841,79 ₺	267.490,11 ₺
4	285.018,06 ₺	361.182,62 ₺
5	327.770,77 ₺	468.929,01 ₺
6	376.936,38 ₺	592.837,37 ₺
7	433.476,84 ₺	735.331,97 ₺
8	498.498,37 ₺	899.200,77 ₺
9	573.273,12 ₺	1.087.649,88 ₺

7 cm xps yalıtım malzemesi kullanıldığında ilk yatırım maliyetinin yapılan tasarrufla geri ödemesi 2-3 yıl aralığında olmaktadır.



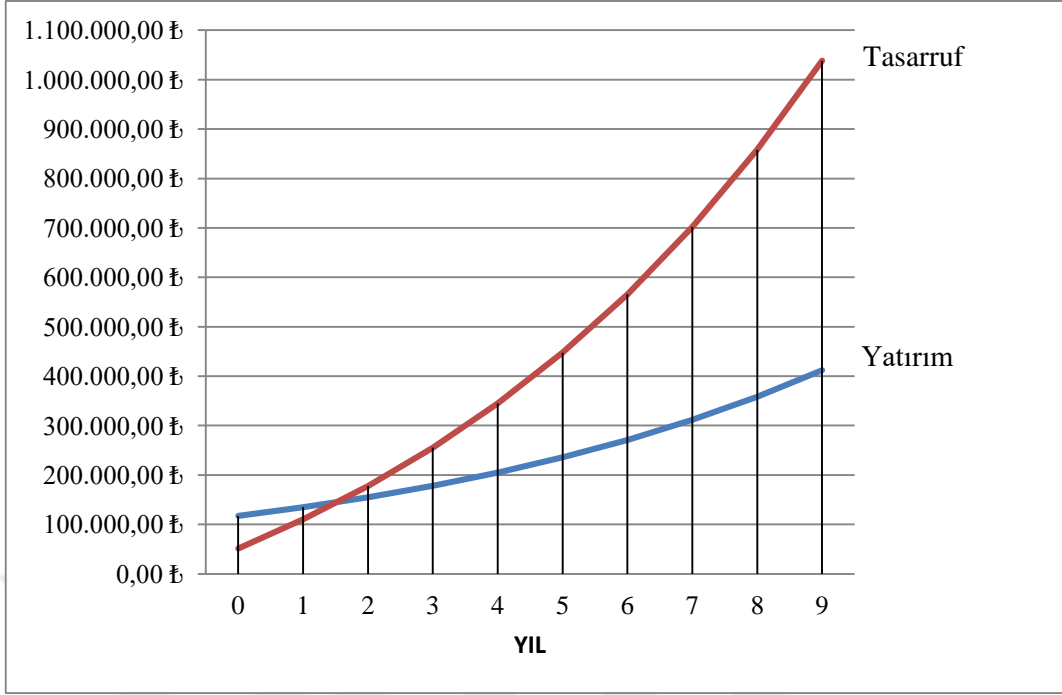


Şekil 2.42. 5 cm eps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi

Tablo 2.36. 5 cm eps yalıtımı geri ödemesi

Yıl	Yatırım	Tasarruf
0	112.832,00 ₺	49.439,00 ₺
1	129.756,80 ₺	106.293,85 ₺
2	149.220,32 ₺	171.676,93 ₺
3	171.603,37 ₺	246.867,47 ₺
4	197.343,87 ₺	333.336,59 ₺
5	226.945,45 ₺	432.776,07 ₺
6	260.987,27 ₺	547.131,49 ₺
7	300.135,36 ₺	678.640,21 ₺
8	345.155,67 ₺	829.875,24 ₺
9	396.929,02 ₺	1.003.795,53 ₺

5 cm eps yalıtım malzemesi kullanıldığında ilk yatırım maliyetinin yapılan tasarrufla geri ödemesi 1-2 yıl aralığında olmaktadır.

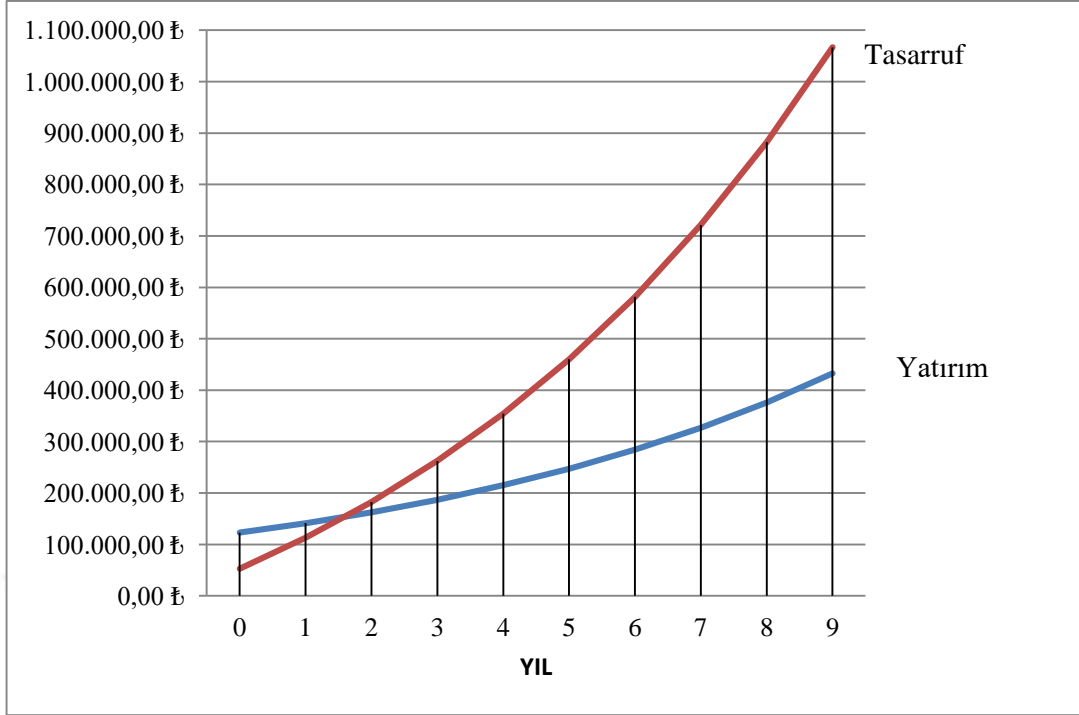


Şekil 2.43. 6 cm eps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi

Tablo 2.37. 6 cm eps yalıtımı geri ödemesi

Yıl	Yatırım	Tasarruf
0	117.216,00 ₺	51.129,00 ₺
1	134.798,40 ₺	109.927,35 ₺
2	155.018,16 ₺	177.545,45 ₺
3	178.270,88 ₺	255.306,27 ₺
4	205.011,52 ₺	344.731,21 ₺
5	235.763,24 ₺	447.569,89 ₺
6	271.127,73 ₺	565.834,38 ₺
7	311.796,89 ₺	701.838,53 ₺
8	358.566,42 ₺	858.243,31 ₺
9	412.351,39 ₺	1.038.108,81 ₺

6 cm eps yalıtım malzemesi kullanıldığında ilk yatırım maliyetinin yapılan tasarrufla geri ödemesi 1-2 yıl aralığında olmaktadır.

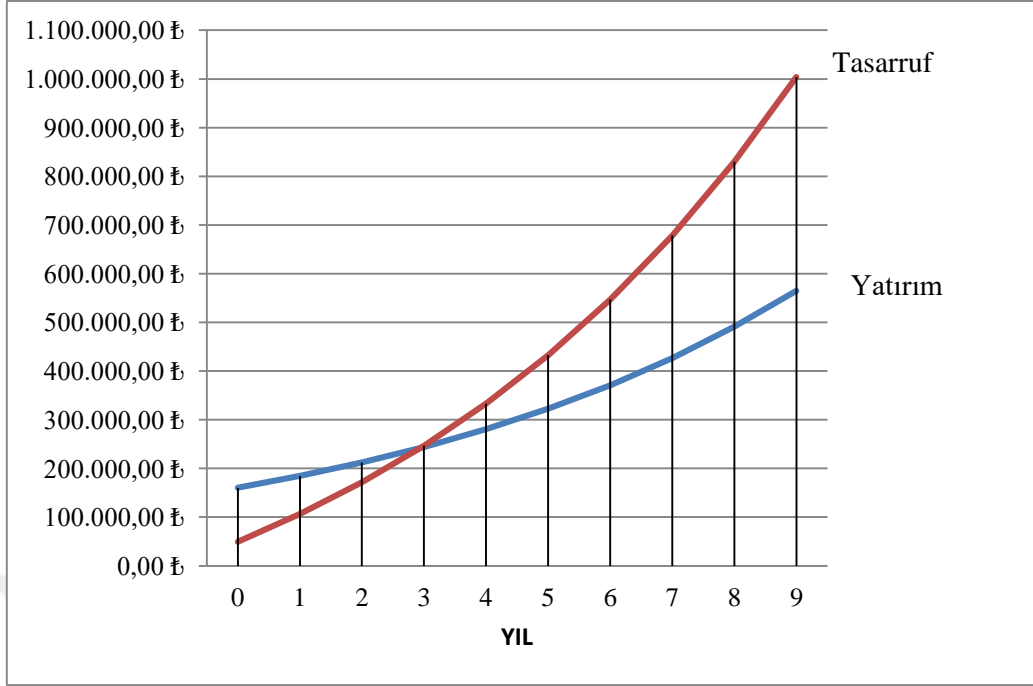


Şekil 2.44. 7 cm eps malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi

Tablo 2.38. 7 cm eps yalıtımı geri ödemesi

Yıl	Yatırım	Tasarruf
0	122.934,00 ₺	52.549,00 ₺
1	141.374,10 ₺	112.980,35 ₺
2	162.580,21 ₺	182.476,40 ₺
3	186.967,25 ₺	262.396,86 ₺
4	215.012,33 ₺	354.305,39 ₺
5	247.264,18 ₺	460.000,20 ₺
6	284.353,81 ₺	581.549,23 ₺
7	327.006,88 ₺	721.330,62 ₺
8	376.057,92 ₺	882.079,21 ₺
9	432.466,60 ₺	1.066.940,09 ₺

7 cm eps yalıtım malzemesi kullanıldığında ilk yatırım maliyetinin yapılan tasarrufla geri ödemesi 1-2 yıl aralığında olmaktadır.

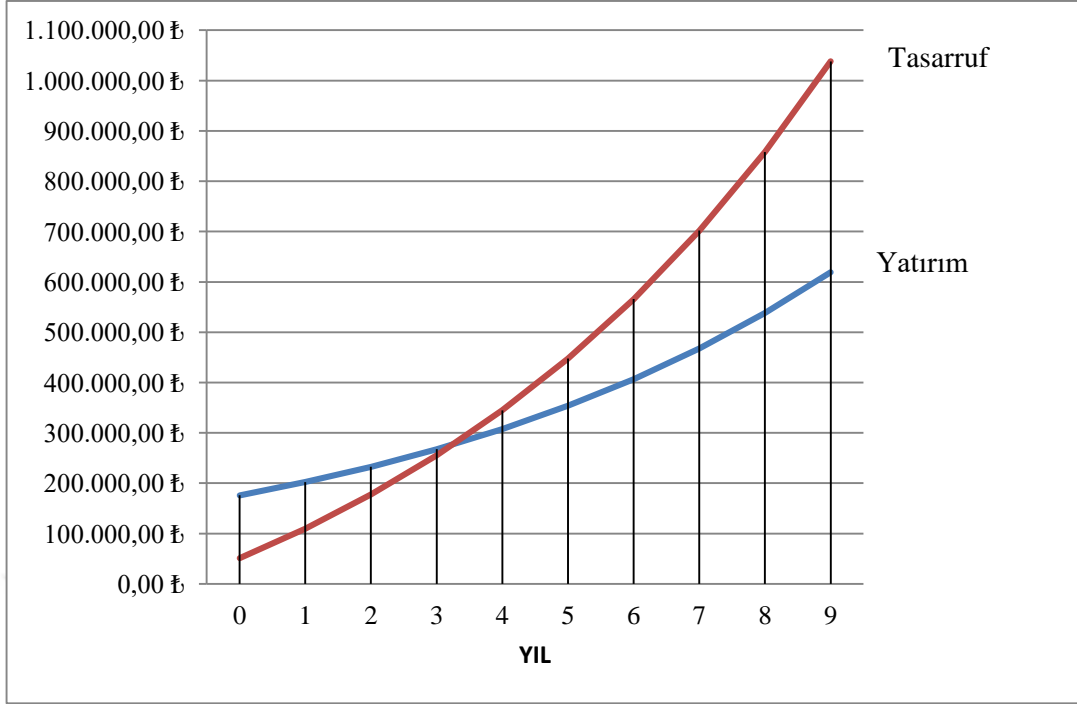


Şekil 2.45. 5 cm taşıyıcı malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi

Tablo 2.39. 5 cm taşıyıcı malzemesi yatırımını geri ödemesi

Yıl	Yatırım	Tasarruf
0	160.463,00 ₺	49.439,00 ₺
1	184.532,45 ₺	106.293,85 ₺
2	212.212,32 ₺	171.676,93 ₺
3	244.044,17 ₺	246.867,47 ₺
4	280.650,79 ₺	333.336,59 ₺
5	322.748,41 ₺	432.776,07 ₺
6	371.160,67 ₺	547.131,49 ₺
7	426.834,77 ₺	678.640,21 ₺
8	490.859,99 ₺	829.875,24 ₺
9	564.488,98 ₺	1.003.795,53 ₺

5 cm taşıyıcı malzemesi kullanıldığında ilk yatırım maliyetinin yapılan tasarrufla geri ödemesi 2-3 yıl aralığında olmaktadır.

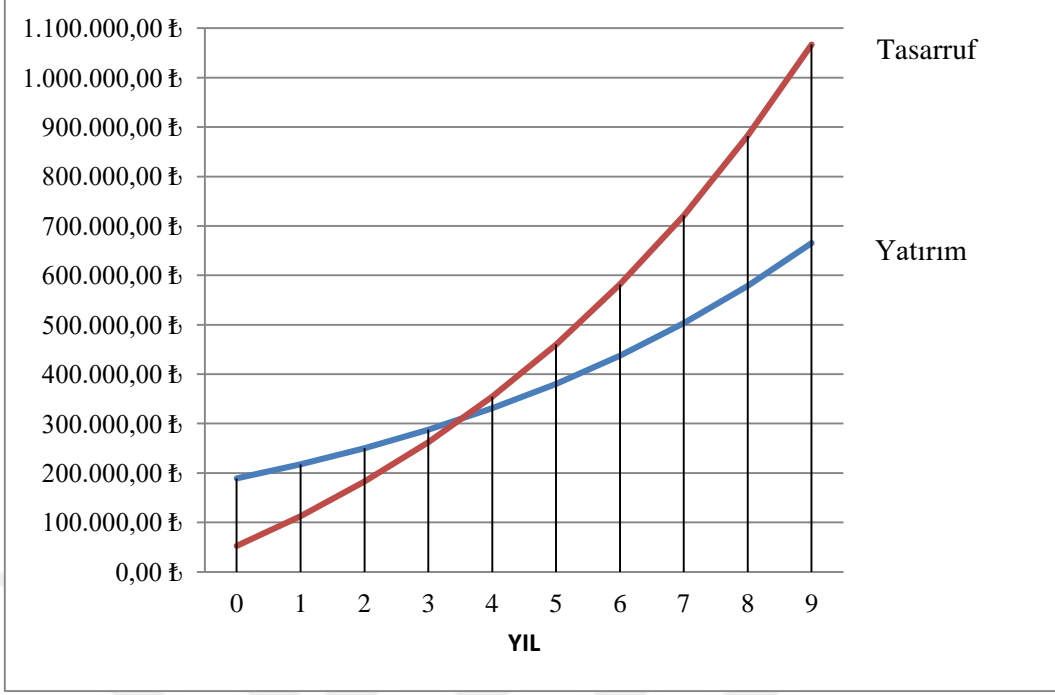


Şekil 2.46. 6 cm taşıyıcı malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi

Tablo 2.40. 6 cm taşıyıcı malzemesi yatırımını geri ödemesi

Yıl	Yatırım	Tasarruf
0	175.902,00 ₺	51.129,00 ₺
1	202.287,30 ₺	109.927,35 ₺
2	232.630,39 ₺	177.545,45 ₺
3	267.524,95 ₺	255.306,27 ₺
4	307.653,70 ₺	344.731,21 ₺
5	353.801,75 ₺	447.569,89 ₺
6	406.872,01 ₺	565.834,38 ₺
7	467.902,82 ₺	701.838,53 ₺
8	538.088,24 ₺	858.243,31 ₺
9	618.801,48 ₺	1.038.108,81 ₺

6 cm taşıyıcı malzemesi kullanıldığında ilk yatırım maliyetinin yapılan tasarrufla geri ödemesi 3-4 yıl aralığında olmaktadır.



Şekil 2.47. 7 cm taşıyıcı malzemesi yatırım-tasarruf ilişkisi

Tablo 2.41. 7 cm taşıyıcı malzemesi yatırımını geri ödemesi

Yıl	Yatırım	Tasarruf
0	189.148,00 ₺	52.549,00 ₺
1	217.520,20 ₺	112.980,35 ₺
2	250.148,23 ₺	182.476,40 ₺
3	287.670,46 ₺	262.396,86 ₺
4	330.821,03 ₺	354.305,39 ₺
5	380.444,19 ₺	460.000,20 ₺
6	437.510,82 ₺	581.549,23 ₺
7	503.137,44 ₺	721.330,62 ₺
8	578.608,06 ₺	882.079,21 ₺
9	665.399,26 ₺	1.066.940,09 ₺

7 cm taşıyıcı malzemesi kullanıldığında ilk yatırım maliyetinin yapılan tasarrufla geri ödemesi 3-4 yıl aralığında olmaktadır.

### 3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan birinci çalışmada binada 3-4-5-6-7 cm kalınlıklarında xps yalıtım malzemesi kullanıldığında yatırım maliyetinin geri ödeme süresi pencere etkisi göz ardı edildiğinde 3-5 yıl aralığında tamamlandığı tespit edilmiştir. Diğer yalıtım malzemesi 3-4-5-6-7 cm kalınlıklarında eps yalıtım malzemesi kullanıldığında yatırım maliyetinin geri ödeme süresi 2-3 yıl aralığında tamamlandığı tespit edilmiştir. Yalıtım malzemesi olarak 3-4-5-6-7 cm kalınlığında taşıyıcı yalıtım malzemesi kullanıldığında yatırım maliyetinin geri ödeme süresi 4-7 yıl aralığında tamamlandığı tespit edilmiştir.

Yapılan ikinci çalışmada binada kullanılan yakıtın cinsi doğalgaz olarak değiştirilip diğer parametreler sabit kaldığında 3-4-5-6-7 cm kalınlıklarında xps yalıtım malzemesi kullanıldığında yatırım maliyetinin geri ödeme süresi pencere etkisi göz ardı edildiğinde 7-11 yıl aralığında tamamlandığı tespit edilmiştir. Diğer yalıtım malzemesi 3-4-5-6-7 cm kalınlıklarında eps yalıtım malzemesi kullanıldığında yatırım maliyetinin geri ödeme süresi 5-6 yıl aralığında tamamlandığı tespit edilmiştir. Yalıtım malzemesi olarak 3-4-5-6-7 cm kalınlığında taşıyıcı yalıtım malzemesi kullanıldığında yatırım maliyetinin geri ödeme süresi 8-20 yıl aralığında tamamlandığı tespit edilmiştir. Yakıt olarak doğalgaz kullanıldığında doğalgaz kazanı verimi kömür kazanı veriminden daha fazla olduğu için yıllık tasarruf edilen bedelde azalma olduğu belirlenmiştir.

Yapılan üçüncü çalışmada örnek binanın ısı hesaplamaları farklı il ve farklı iklim bölgesi (Eskişehir 3. Derece gün bölgesi) seçilerek hesaplanmıştır. 5-6-7 cm kalınlıklarında xps yalıtım malzemesi kullanıldığında yatırım maliyetinin geri ödeme süresi pencere etkisi göz ardı edildiğinde 2-3 yıl aralığında tamamlandığı tespit edilmiştir. Diğer yalıtım malzemesi 3-4-5-6-7 cm kalınlıklarında eps yalıtım malzemesi kullanıldığında yatırım maliyetinin geri ödeme süresi 1-2 yıl aralığında tamamlandığı tespit edilmiştir. Yalıtım malzemesi olarak 3-4-5-6-7 cm kalınlığında taşıyıcı yalıtım malzemesi kullanıldığında yatırım maliyetinin geri ödeme süresi 2-4 yıl aralığında tamamlandığı tespit edilmiştir. Eskişehir de yalıtım malzemeleri 3-4 cm kalınlığında kullanıldığında TS 825 standartlarına uygun değer vermediği belirlendi.

Yapılan çalışmalarda geri ödeme süresi tabloları incelendiğinde yalıtım kalınlığı arttıkça yıllar geçtikçe tasarruf miktarında çok daha fazla artış olduğu tespit edilmiştir. Bunlarla birlikte her ne kadar dış cephede kullanılan mantolama yalıtım malzemesinin

kalınlığını artırdığımızda tasarruf miktarı artsada ilk yatırım maliyeti de artacağından yalıtım malzemesinin fazla kalınlıkta kullanılması durumunda geri ödeme süresi uzayacağı için mantolamadan elde edilen kazanç uzun vadeye yayılmış olacaktır. Bu durum kısa vadede ekonomik geri dönüşümü engelleyeceğinden yalıtım kalınlığının çok fazla seçilmesi uygun olmayacaktır. Farklı yakıt türlerine bağlı olarak yakıt kazanı verimleri farklılık gösterdiğinden dolayı yıllık yakıt tasarruf bedelinde değişimler olduğu belirlendi. İklim bölgesi değiştiğinde hesaplamaların yapıldığı örnek binanın diğer parametreleri sabit kalsa bile TS 825 standartını sağlayan en düşük yalıtım malzemesi kalınlığı değişmektedir.

Bu çalışmada kullanılan yalıtım malzemelerini karşılaştırdığımızda ilk yatırım maliyeti açısından en düşük maliyetin eps malzemesi olduğu tespit edilmiştir. Diğer bir özellik olarak bu malzemeler karşılaştırıldığında yanmazlık sınıfı olarak en güvenli olanın ve buhar difüzyon direncinin düşük olması nedeniyle cephenin bir anlamda nefes almasını sağlayan malzemenin taşıyıcı yalıtım malzemesi olduğu tespit edilmiştir.

Ülkemizdeki mevcut yalıtımsız eski bina sayısının fazla olması boşa harcanan enerjinin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Bu durumu engelleyip azaltmak için devlet, belediyeler vasıtasıyla mantolama yapılması gereken konutları tespit edip geri ödemesi uzun vadeye yayılacak şekilde konut sahiplerine ekonomik destek vermesi yalıtımsız binalardan yalıtımlı binalara geçiş sürecini hızlandıracaktır.



## 5. KAYNAKLAR

- Abuşka, M., Güneş Enerji Sistemleri, [www.docplayer.biz.tr/5021300-Yrd-doc-dr-mesut-abuska-gunes-enerji-sistemleri.html](http://www.docplayer.biz.tr/5021300-Yrd-doc-dr-mesut-abuska-gunes-enerji-sistemleri.html) 2 Şubat 2019.
- Alaçakır, F.B., 2001. Ülkemizde Elektrik Üretimini Destekleyen Bir Çözüm: Güneş Pilleri, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Ocak, İzmir, Bildiriler Kitabı 182-185.
- Ali, M.,Amstrong, P., 1995. Architecture Of Tall Buldings, Mc Grow-Hill Book Company, Newyork.
- Akyel, D., 2007. Mikroklimanın Yapı ve Çevresinin Tasarımına Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Altıntaşoğlu, Z. T., 2003. Sürdürülebilir Kalkınma, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kanun Tasarısı Taslağı.
- Arslan, S. Darıcı, M., Çetin, K., 2001. Türkiye'nin Jeotermal Enerji Potansiyeli, V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, Jeotermal Enerji Semineri, 3-6 Ekim, İzmir.
- Aslan A., 2010. Gönen Jeotermal Bölgesel Isıtma Sisteminin Enerji ve Termoekonomik Verimliliğinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Canitez, İ. S., 2010. The Impacts Of Sustainability Concept on the Contruction Process And Green Building Certification Systems, İnternational Sustainable Buildings Symposium Proceedings, Ankara: Gazi Universty.
- Chapin, A. S., Tom, M. S. ve Tatenno, M., 1996. Princibles Of Ecosystem Sustainability , American Naturalist, 1016-1037.
- CIB, 1999. Agenda 21 On Sustainable Construction, Rotterdam.
- Daşdemir, A., 2014. Farklı Yalıtım Malzemesi ve Yakıt Türüne Bağlı Olarak Optimum Yalıtım Kalınlığının ve Enerji Tasarrufunun Tespiti, Tesisat Mühendisliği, 136.
- Demir, N., 2011. Yüksek Yapılar ve Sürdürülebilir Enerji, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Demircan K. R. ve Gültekin A. B., 2017. Binalarda Pasif ve Aktif Güneş Sistemlerinin İncelenmesi, Türk Bilim Araştırma Vakfı, 1, 36-51.
- Deriş, N., 1984. Güneş Evleri , Özyılmaz Matbaası, İstanbul.

- Doğan, A. ve Pırasacı, T., 2011. Bina Cephesinde Yalıtım Yerine Trombe Duvar Kullanımının İncelenmesi, Tesisat Mühendisliği, 12, 41-51.
- Erkınay, P. V., 2012. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Rüzgar Enerjisinin Türkiye’de Binalarda Kullanımı Üzerine Bir İnceleme, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Evans, A., Strezov, V., Evans T.J., 2009. Assesmant Of Susutainability İndicators For Renewable Energy Technologies, Renewable and Sustainable Energy, Reviews, 1082-1088.
- Gülay, A. N., 2008. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Açısından Türkiye’nin Geleceği ve Avrupa Birliği ile Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Günel, M. H., ve Ilgın, H. E., Bir Mimari Tasarım Kriteri Olarak Rüzgar Enerjisi Kullanımı, [www.emo.org.tr](http://www.emo.org.tr). 3 Mart 2019
- Gürses, A. Ç., 2001. Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemlerinin Tasarım Kriterleri, Jeotermal Enerji Doğrudan Isıtma Sistemleri: Temelleri ve Tasarımı Seminer Kitabı, 119-127, İzmir.
- Goodland, R. ve Daly, H., 1999. Environmental Sustainability: Universal and Non-negotiable, Ecological Applications, 6, 1002-1017
- Hoşkara, E., 2007. Ülkesel Koşullara Uygun Sürdürülebilir Yapım İçin Stratejik Yönetim Modeli, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Hamilton, K., Accounting For Sustainability, Environment Department The World Bank, .oecd.org/dataoecd/18153/2713847.doc, 5 Nisan 2018.
- Herzog, A., Lipman, T., ve Kammen, D., Renewable Energy Sources, Encyclopedia Of Life Support System Forerunner Volume, Perspectives And Overview Of Life Support Systems And Sustainable Development, <http://www-fa.upc.es/personals/fluids/oriol/ale/eolss.pdf>, 10 Mayıs 2019.
- İnan, D., 2001. Güneş Enerjisinin Isıl Uygulamaları, Temiz Enerji Vakfı Yayınları.
- Karayılmazlar S., Çabuk Y., Kurt R., 2011. Biyokütlenin Türkiye’de Enerji Üretiminde Değerlendirilmesi, Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 13,19, 63-75.
- Keleş, R. Harmancı, C. , 1992. Çevre Bilimi, İmge Kitabevi.
- Keskin, T., Türkiye’nin Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planının Geliştirilmesi Projesi, Bina Sektörü Mevcut Durum Değerlendirmesi Raporu, <http://www.edmenerji.com.tr/file/DEP-Binalar-Sektörü-Mevcut-Durum-Değerlendirmesi-Raporu-pdf>, 11 Mart 2018.

- Kibert, C.J., 2005. Sustainable Construction: Green Building Design And Delivery, New Jersey: John Wiley & Sons. Inc.
- Köse, F., 202. Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Sistemleri, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Ders Notları, Konya.
- Kon, O., 2014. Farklı Amaçlarla Kullanılan Binaların Isıtma ve Soğutma Yüklerine Göre Optimum Yalıtım Kalınlıklarının Teorik ve Uygulamalı Olarak Belirlenmesi, Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Kozak, M., 2016. Konut Isıtmacılığında Jeotermal Yenilenebilir Enerji Kaynağının Kullanılmasının Araştırılması, Ye karum e-Dergi, 2.
- Özdeniz, M., 1979. Yapma Çevre Tasarımında Rüzgar Etkeni, Çevre Ve Mimarlık Bilimleri Derneği, 163-182.
- Özdoğan, H. P., 2005. Ekolojik Binalarda Bina Kabuğunda Kullanılan Fotovoltaik Panellerin Tasarım Bağlamında İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özler, M. E., 2003. Akıllı Binalarda Enerji Etkin Tasarım Parametreleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özügül, M.D., 1998. Sürdürülebilir Şehirleşme ve Toplu Konut Projelerinde Etkin Enerji Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Rofail, T. 2006. Natural Ventilation İn Buildings, Neerg Seminer, Australia.
- Süzer, H. S., Cepheden Çatıya Güneş Enerjisi Çözümleri, <http://serhansüzer.com.tr>, 28 Haziran 2019
- Şenel, A., 2010. Sürdürülebilir Bina Yapım İlkelerinin ve Yeni Yaklaşımların İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Uyar, T. S., 2007. Yenilenebilir Enerji, Yapı Dergisi, 312, 6-9.
- Uslusoy, S., 2012. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kullanan Enerji Etkin Binaların Yapı Bileşeni Açısından İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Tavman, İ. H., ve Önder, T.K., 2001. Türkiye’de Rüzgar Enerjisi Potansiyeli ve Kullanımı, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, İzmir, 316-323.
- Tekbıyık, G., 2018. Sürdürülebilir Mimarlıkta Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı, Kamu Binalarında Uygulama Yöntemleri Ve Örneklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Varınca, K., Gönüllü, T., 2006. Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma, I. Ulusal Güneş Ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, Eskişehir.
- Wang, L., Chen, S.S., Tsang, D.C., Poon, C. S., Shih, K., 2016. Value-Added Recycling Of Construction Waste Wood Into Noise And Thermal Insulating Cement-Bonded Particleboards, Construction And Building Materials,125, 316-325
- Wigginton, M., Harris, J. 2012. Intelligent skins. Reed Educational and Professional Publishing Ltd, Oxford.
- URL-1 [www.enerji.gov.tr/Resources/Sites/1/Pages/Sayı\\_15/mobile/index.htm/#p=13](http://www.enerji.gov.tr/Resources/Sites/1/Pages/Sayı_15/mobile/index.htm/#p=13) , Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü, 2 Nisan 2019.
- URL-2 [http://www.enerji.gov.tr/enerji\\_uretimi.htm](http://www.enerji.gov.tr/enerji_uretimi.htm) 10 Nisan 2019.
- URL-3 [www.tesisat.org/düz-yüzeyle-güneş-enerjisi-kollektörleri.htm](http://www.tesisat.org/düz-yüzeyle-güneş-enerjisi-kollektörleri.htm) 10 Nisan 2019.
- URL-4 [www.depo.btu.edu.tr](http://www.depo.btu.edu.tr) 20 Nisan 2019.
- URL-5 [www.tesisat.com.tr](http://www.tesisat.com.tr) 20 Nisan 2019.
- URL-6 [www.iltayenergy.com](http://www.iltayenergy.com) 20 Nisan 2019.
- URL-7 [www.docplayer.biz.tr/mimaride\\_ince\\_film\\_fotovoltai\\_k\\_teknolojisi.html](http://www.docplayer.biz.tr/mimaride_ince_film_fotovoltai_k_teknolojisi.html) 5 Mayıs 2019.
- URL-8 [www.orsaid.com.tr](http://www.orsaid.com.tr) 5 Mayıs 2019.
- URL-9 [www.energybes.com/solar-cati-teknolojileri-nelerdir](http://www.energybes.com/solar-cati-teknolojileri-nelerdir) 5 Mayıs 2019.
- URL-10 [www.pvdatabase.org/project-view-detailsmore.php?ID=302](http://www.pvdatabase.org/project-view-detailsmore.php?ID=302) 5 Mayıs 2019.
- URL-11 [www.pvdatabase.org/projects-view-detailsmore.php?ID=297](http://www.pvdatabase.org/projects-view-detailsmore.php?ID=297) 5 Mayıs 2019.
- URL-12 [www.mrmannoticias.blogspot.com/2009/06/energia-ealica-arquitectura-responsible.html?view=snapshot](http://www.mrmannoticias.blogspot.com/2009/06/energia-ealica-arquitectura-responsible.html?view=snapshot) 30 Temmuz 2019.
- URL-13 [www.dergipark.org.tr](http://www.dergipark.org.tr) 30 Temmuz 2019.
- URL-14 [www.solar-academy.com/menus7yenilenebilir-etkin-yapilar.012514.pdf](http://www.solar-academy.com/menus7yenilenebilir-etkin-yapilar.012514.pdf) 30 Temmuz 2019.
- URL-15 [www.xpsturkiye.org](http://www.xpsturkiye.org) 1 Ağustos 2019.

## ÖZGEÇMİŞ

İsmail Ergün Kuk 1987 yılında Rize de doğdu. İlk ve ortaokulu Hüseyin Yardımcı İlköğretim Okulunda okudu, lise öğrenimini Rize Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2007-2008 öğretim yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde lisans öğrenimine başladı. İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden 2012 de mezun oldu. Aynı yıl özel sektörde çalışmaya başladı. 2014 Karadeniz Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Halen özel sektörde çalışmaya devam etmektedir.

