

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİR YURT BİNASINDA ENERJİ TÜKETİMİNİN AZALTILMASI VE EKONOMİK
ANALİZİ**

REHA AYDAR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISI PROSES PROGRAMI**

**DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ HANDAN ÇUBUK**

İSTANBUL, 2018

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MEVCUT BİR BİNANIN ENERJİ TÜKETİMİNİN AZALTILMASI VE EKONOMİK ANALİZİ

Reha AYDAR tarafından hazırlanan tez çalışması 20.04.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi M. Handan ÇUBUK
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi M. Handan ÇUBUK
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Derya Burcu ÖZKAN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi M. Alper ÖZPINAR
İstanbul Ticaret Üniversitesi

Enerji, sanayileşmenin alt yapısı ve günlük hayatın vazgeçilmez bir unsuru olup, ülkemiz ekonomisi için çok önemli bir yere sahiptir. Sanayi ve teknolojinin hızla gelişmesi, dünya nüfusunun ve yaşam standartlarının artması, enerjiye olan talebi de sürekli arttırmaktadır. Bunun yanında fosil kaynaklı yakıtların yakın bir gelecekte tükenecek olması da enerji üretiminin yanı sıra enerjiyi etkin ve verimli ve aynı zamanda çevreye en az zarar verecek şekilde tüketme zorunluluğu, günümüzün ve geleceğin çözülmesi gereken en önemli problemlerinden biri olmaktadır.

Artık ülke olarak enerjinin üretim ve tüketim şeklini değiştirmeye başlamadığımız takdirde geri dönüşü olmayan bir çevre kriziyle karşı karşıya olduğumuz aşikardır. Bunun anlamı, yenilenebilir enerji kaynaklarını çok daha fazla kullanmamız ve enerji verimliliğine daha fazla odaklanmamız gerektiğidir. Ülkemizde, enerjinin yoğun kullanıldığı sektörlerde %20-30 dolayında enerji tasarruf potansiyeli olduğu bilinmektedir.

Bu çalışmada mevcut bir yurt binasının enerji potansiyeli incelenmiş ve enerji tüketimi ile ilgili çözüm önerileri getirilip binaya entegre edilmesi düşünülen sistemler ayrı ayrı ele alınıp ekonomik analiz yapılmıştır.

Bu çalışmamda fikirlerinden yararlandığım, tez danışmanım Sn. Yrd.Doç.Dr. M.HANDAN ÇUBUK'a ve bu çalışmayı yaparken desteklerini hiç esirgemeyen , çalışmam boyunca her soruma sabırla cevap veren Sn.Arş.Gör. Dr. Nuri Alpay KÜREKÇİ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim öğretim hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen aileme ve beni bu yolda destekleyen herkese teşekkürü bir borç bilirim.

Nisan, 2018

Reha AYDAR

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	v
KISALTMA LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	xi
BÖLÜM 1	
GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	2
1.3 Hipotez	3
BÖLÜM 2	
BİNALARDAKİ ENERJİ TASARRUFU	4
2.1 Enerji	4
2.2 Yöntem.....	5
2.3 Isı Transferi	6
2.3.1 İletim (Kondüksiyon).....	7
2.3.2 Taşınım (Konveksiyon).....	7
2.2.4 Işınım (Radyasyon).....	7
2.4 İzolasyon Performansı	7
2.4.1 Termal İletkenlik - k değeri	7
2.4.2 Termal Direnç (R değeri)	8
2.4.3 Isı Transfer Katsayısı (U değeri)	8
2.4.4 Kararlı Hal Isı Transferi.....	9
2.4.5 Çok Katmanlı Bir Duvarı Kararlı Haldeki Isı Akışı Sıcaklık Dağılımı ..	10

BÖLÜM 3

YALITIM	11
3.1 Bina Hakkında Genel Bilgiler	11
3.2 Bina Duvarının ve Çatısının Isı Kaybı ve Yıllık Enerji İhtiyacı	13
3.3 Geri Ödeme Süresinin Tespiti	15
3.4 Değerlendirme ve Sonuç.....	15

BÖLÜM 4

GRİ SUYUN YENİDEN KULLANILMASI	22
4.1 Gri Su	22
4.2 Gri Suların Karakteristiği	23
4.3 Sistem Tasarımı.....	24
4.3.1 Ekipman Bilgileri	25
4.4 Sistem Maliyet Analizi	28

BÖLÜM 5

YAĞMUR SUYUNUN YENİDEN KULLANILMASI	30
5.1 Binalarda Yağmur Suyu Kullanımı	30
5.2 Sistem Tasarımı	31
5.3 Yağmur Suyu Kullanım Hesabı	33

BÖLÜM 6

GÜNEŞ PANELLERİ İLE ELEKTRİK ÜRETİMİ	36
6.1 Güneş Panelleri	36
6.2 Sistem Tasarımı ve Maliyet Analizi	37

BÖLÜM 7

SONUÇ VE ÖNERİLER	40
7.1 Sonuç ve Öneriler.....	40
KAYNAKLAR.....	43
ÖZGEÇMİŞ.....	44

SİMGE LİSTESİ

$C_{yakıt}$	Yakıt maliyeti
C_y	Yalıtım malzemesi maliyeti
$C_{yıl}$	Yıllık enerji maliyeti
DG	Derece gün sayısı
E_A	Yıllık enerji talebi
g	Enflasyon oranı
i	Faiz oranı
k	Isı iletim katsayısı
N	Yıl
P	Geri ödeme süresi
PWF	Bugünkü değer faktörü
R	Termal direnç
T_d	Dış sıcaklık
T_i	İç sıcaklık
U	Isı transfer katsayısı
x	Kalınlık
x_{opt}	Optimum yalıtım kalınlığı
η	Verim

KISALTMA LİSTESİ

GES	Güneş Enerjisi Santrali
İSKİ	İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
OECD	Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1	Türkiye’deki enerji tüketim oranları 5
Şekil 2.2	Rhinoceros 3D ile modellenen bina mimarisi 6
Şekil 2.3	Isı transferi mekanizmaları 6
Şekil 2.4	Duvardan ısı transferi 9
Şekil 2.5	Çok katmanlı duvarda ısı transferi 10
Şekil 3.1	Hesaplamalarda kullanılacak olan duvar modeli 12
Şekil 3.2	Duvara uygulanan taş yününün yalıtım kalınlığına göre maliyete etkisi ... 16
Şekil 3.3	Duvara uygulanan cam yününün yalıtım kalınlığına göre maliyete etkisi... 16
Şekil 3.4	Duvara uygulanan XPS yalıtım kalınlığına göre maliyete etkisi..... 17
Şekil 3.5	Duvara uygulanan EPS yalıtım kalınlığına göre maliyete etkisi..... 17
Şekil 3.6	Farklı yalıtım malzemelerinin duvara optimum kalınlıkta uygulanması ile yıllara göre elde edilen tasarruf miktarı 18
Şekil 3.7	Çatıya uygulanan taş yününün yalıtım kalınlığına göre maliyete etkisi 18
Şekil 3.8	Çatıya uygulanan cam yününün yalıtım kalınlığına göre maliyete etkisi ... 19
Şekil 3.9	Çatıya uygulanan XPS in yalıtım kalınlığına göre maliyete etkisi 19
Şekil 3.10	Çatıya uygulanan EPS nin yalıtım kalınlığına göre maliyete etkisi 19
Şekil 3.11	Farklı yalıtım malzemelerinin çatıya optimum kalınlıkta uygulanması ile yıllara göre elde edilen tasarruf miktarı 20
Şekil 3.12	Farklı yalıtım malzemelerinin duvara ve çatıya optimum kalınlıkta uygulanması ile yıllara göre elde edilen tasarruf miktarı..... 21
Şekil 4.1	Binalardaki su tüketim dağılımı 22
Şekil 4.2	Binaya uygulanacak gri su arıtma sistemi 25
Şekil 4.3	Gri su arıtma sisteminin geri ödeme süresi 29
Şekil 4.4	Sistemin devreye alınmadan önceki ve sonraki yurt binasının su tüketim değerleri 29
Şekil 5.1	Binalarda yağmur suyu toplama sistemi şematik görüntüsü..... 30
Şekil 5.2	1981-2016 yılları arasındaki İstanbul için yağış oranları 33
Şekil 5.3	Yağmur suyu toplama sisteminin yıllara göre maliyet – gelir grafiği 34
Şekil 5.4	Yağmur suyunun toplama sistemi kullanılmaya başladıktan sonra tüketilen su miktarının aylara göre dağılımı 35
Şekil 6.1	İstanbul’un aylara göre güneşlenme süresi 37
Şekil 6.2	Sistemin maliyet-gelir grafiği..... 39
Şekil 7.1	Sistemlerin hepsinin binaya uygulanma durumunda maliyet-tasarruf grafiği..... 42

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 3.1	Yalıtım malzemelerine ait özellikler 11
Çizelge 3.2	Mevcut binaya ait duvar ve çatının özellikleri 12
Çizelge 3.3	Hesaplamalarda kullanılacak parametreler 13
Çizelge 3.4	Binaya uygulanan yalıtımların özet tablosu 21
Çizelge 4.1	Gri suyun kaynağına göre oluşan kirletici maddeler 23
Çizelge 4.2	Arıtılmış suyun bileşenleri 24
Çizelge 4.3	Gri su arıtma sisteminde kullanılan ekipmanların elektrik tüketimi 28
Çizelge 6.1	Yurt binasında elektrik tüketim değerleri 37
Çizelge 6.2	Yurt binası için elektrik üretim değerleri..... 38
Çizelge 6.3	Güneş santrali maliyet tablosu..... 38
Çizelge 7.1	Binaya uygulanan sistemlerin özet tablosu..... 41

BİR YURT BİNASINDA ENERJİ TÜKETİMİNİN AZALTILMASI VE EKONOMİK ANALİZİ

Reha AYDAR

Isı Proses Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Handan ÇUBUK

Bu çalışmada, İstanbul'da bulunan 2700 m²'lik kapalı alana sahip 130 kişilik bir yurt binası incelenmiş olup, binanın aylık ısıtma, soğutma ve elektrik tüketimleri tespit edilmiştir. Çalışmamızda mimari öngörüler doğrultusunda binada çeşitli iyileştirmeler yapılarak ya da sistemler entegre edilerek, aylık enerji ve su tüketimi azaltılmaya çalışılmıştır.

Binanın duvarlarına ve çatısına uygulanabilecek yalıtım malzemeleri olan taş yünü, cam yünü, XPS ve EPS kendi içerisinde karşılaştırılıp optimum yalıtım kalınlıkları hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda uygun bulunan kalınlıktaki yalıtım malzemesinin binaya uygulanması durumunda yılda ne kadar tasarruf sağlanacağı ve maliyetler göz önüne alınarak uygulamanın, kendini ne kadar sürede geri ödeyeceği bulunmuştur.

Binada şebekeden kullanılan suyun azaltılması için gri suyun yeniden kullanımı prensibinden yola çıkılarak, membran bioreaktör sistemi ile yağmur suyu toplama sistemi tasarlanmıştır. Sistemlerin devreye alınmasından sonraki tüketim değerleri göz önüne alınarak ekonomik analiz yapılmıştır.

Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretebilmek için yurt binasının çatısına güneş panelleri yerleştirilmesi durumuna göre mevcut elektrik tüketim değerleri ile sistemin devreye alındıktan sonraki elektrik tüketim değerleri karşılaştırılarak maliyet analizi yapılmıştır.

Sistemlerin hepsi binaya uygulandıktan sonra yıllık 73.316 TL tasarruf elde edildiği hesaplanmıştır. Kurulum, bakım ve diğer masraflar göz önüne alındığında sistemlerin kendini geri ödeme süresinin 8,6 yıl olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Enerji, Enerji Verimliliği, Binalarda Enerji Tüketimi

ABSTRACT

REDUCTION OF ENERGY CONSUMPTION AND ECONOMIC ANALYSIS AT A DORMITORY

Reha AYDAR

Department of Heat and Process

Master Thesis

Adviser: Doctor Lecturer M. Handan ÇUBUK

In this study, a dormitory building with a capacity of 130 people, which has an area of 2700 m² in Istanbul, was examined and monthly heating, cooling and electricity consumption of the building were determined. We have tried to reduce monthly energy and water consumption by integrating various improvements or systems in the building in accordance with architectural forecasts.

Optimum insulation thicknesses were calculated by comparing the stone wool, glass wool, XPS and EPS which are insulation materials that can be applied to the walls and roof of the building. As a result of the calculations, how much savings will be achieved in the case of application of insulation material at the appropriate thickness to the building and how long the application will pay for itself considering the costs.

In order to reduce the amount of water used in the building, the membrane bioreactor system and the rainwater collection system are designed based on the principle of reuse of gray water. Economic analysis has been carried out considering the consumption values after the systems are switched on.

In order to generate electricity from solar energy, cost analysis was carried out by comparing the current electricity consumption values according to the situation of

solar panels placed on the roof of the dormitory building and the electricity consumption values after the commissioning of the system.

It is estimated that the annual savings of 73.316 TL is obtained after all the systems are applied to the building. Given the installation, maintenance and other costs, the system's self-payback period is estimated to be 8,6 years.

Keywords: Energy, Energy Efficiency, Energy Consumption for Buildings

1.1 Literatür Özeti

Özel'in [1] yapmış olduğu çalışmada, yalıtım konumunun bina duvarlarının ısı transfer özellikleri üzerindeki etkisini araştırmış ve bütün konumlardaki optimum yalıtım kalınlığını 8,2 cm olarak bulmuştur. En iyi ısıl performansın yalıtımın duvarın dışına yerleştirildiğinde gerçekleştiğini tespit etmiştir. H. Güllüce [2], binalarda yalıtım kalınlıklarının arttırılmasının kat yüksekliğine bağlı olarak enerji tasarrufu üzerindeki etkisini incelemiş ve ekonomik analiz yapmıştır. N.A. Kürekci ve arkadaşları [3], Türkiye'nin tüm illeri için optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesi üzerine çalışmışlardır. Bu çalışmada çatı hesaba katılmamış, sadece dış duvarlardan kaybedilen ısı hesaplanmıştır. Beş farklı yalıtım malzemesi ve iki farklı yakıt türü için optimum yalıtım malzemesi ve geri ödeme süreleri hesaplanmıştır.

F. Dinçer [4], Türkiye'de güneş enerjisinden elektrik üretimi potansiyeli üzerinde çalışma yapmıştır. Ekonomik analiz yaparak, AB ülkeleri ile karşılaştırmalarda bulunmuştur. Türkiye'nin AB ülkelerine kıyasla güneş enerjisinden yararlanma potansiyelinin daha fazla olduğunu, ancak yararlanma oranının daha düşük olduğunu somut örneklerle kanıtlanmıştır. Varınca [5] tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışınlam şiddeti 1.311 kWh/m² yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir. Türkiye, 110 gün gibi yüksek bir güneş enerjisi potansiyeline sahiptir ve gerekli yatırımların yapılması halinde Türkiye yılda birim metre karesinden

ortalama olarak 1.100 kWh'lik güneş enerjisi üretebilir. A. Zahedi [6] gelişen teknolojiye bağlı olarak binalarda kullanılan PV sistemlerindeki değişimi incelemiştir.

C. Brown [7], çalışmasında Avusturalya'da gri suyun yeniden kullanımında meydana gelebilecek riskleri ve faydaları inceleyip maliyet analizi yapmıştır. A. Karahan [8], çalışmasında binalarda gri suyun yeniden değerlendirilmesi sistemini ve bu sistemin neden kullanılması gerektiğini anlatmıştır. Çalışmasının sonucunda gri suyun arıtılarak bahçe sulama, tuvalet rezervuarları, temizlik gibi alanlarda kullanılması durumunda, tüketilen suyun yaklaşık %50'sinin gri su sisteminden sağlanabileceğini belirtilmiştir. M. Ombese [9], Nairobi Üniversitesi'nin su tüketim sıkıntısını göz önüne alarak gri sudan yeniden faydalanma sistemi tasarlamış ve hesaplamalarını yapmıştır.

E. Wanjuri [10] Güney Afrika'da artan popülasyon ile birlikte yaşanan temiz su bulabilirlik sıkıntısına çözüm yolu aramak için gri suyun yeniden kullanımı ve yağmur suyunun toplanması üzerinde çalışma yapmıştır. Yaptığı çalışmalar sonucunda tüketilen suyun yaklaşık %30 oranında azaltmayı öngörmüştür. M. Efe [11], atık su ve yağmur suyu toplayıcı sistemlerinin tasarımı ve işletilmesinde kullanılan bilgisayar destekli modellerin değerlendirilmesi ile ilgili bir çalışma yapıp, örnek bir uygulama üzerinde incelemiştir.

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmada mevcut bir yurt binasından alınan veriler kullanılarak, binaya yalıtım uygulaması yapılması için dört farklı yalıtım malzemesi (taş yünü, cam yünü, XPS ve EPS) incelenmiş ve optimum yalıtım kalınlıkları tespit edilmiştir. Optimum yalıtım kalınlıklarında yapılan yalıtımlar ile binaya sağlanacak tasarruf miktarı hesaplanmıştır. Kullanılan su miktarını azaltmak için gri sudan yeniden faydalanma ve yağmur suyu toplama sistemleri, binaya özel olarak tasarlanmıştır. Binada kullanılan elektrik enerjisinin bir kısmını güneş enerjisinden üretebilmek için, güneş panelleri (PV) uygulaması tasarlanmış ve bu sistemlerin ekonomik analizleri yapılmıştır.

Günümüzde enerjiye ve suya olan talebin her geçen gün arttığını ve bu artış miktarının önümüzdeki yıllarda aynı ivme ile devam edeceğini düşünecek olursak, ileride insanların büyük bir tehdit ile karşı karşıya kalabileceğini söyleyebiliriz. Bu düşünceden

yola çıkarak çalışmamızda binalarda uygulanabilecek enerji ve su tüketim değerlerinin düşürülmesine yönelik birkaç farklı sistem/uygulama daha önceden yapılmış benzer çalışmaların aksine aynı anda ele alınarak ekonomik analizler yapılmıştır.

1.3 Hipotez

Günümüzde enerjiye olan bağımlılığın artması ile birlikte kontrolsüz şekilde enerji tüketimi yapılmaktadır. Bu tüketilen enerjinin büyük kısmını ise konutlar oluşturmaktadır. Konutlarda alınacak önlemler ve uygulanabilecek sistemler ile enerji tasarrufu sağlanıp, hem ekonomik hem de çevresel anlamda kazanç elde edilebilir. Bu tez kapsamında mevcut bir binaya sonradan entegre edilebilecek sistemler ile enerji optimizasyonu sağlanması düşünülmüş ve bu konuda çeşitli öneriler getirilmiştir.

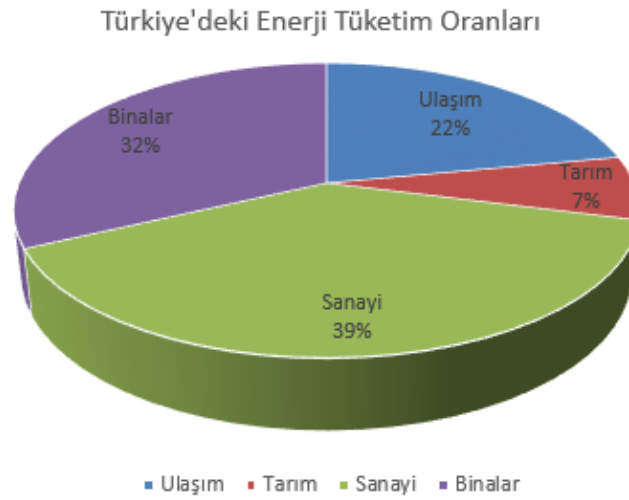
BİNALARDAKİ ENERJİ TASARRUFU

2.1 Enerji

Enerji, sanayileşmenin alt yapısı ve günlük hayatın vazgeçilmez bir unsuru olup, ülkemiz ekonomisi için çok önemli bir yere sahiptir. Sanayi ve teknolojinin hızla gelişmesi, dünya nüfusunun ve yaşam standartlarının artması, enerjiye olan talebi de sürekli arttırmaktadır. Bunun yanında fosil kaynaklı yakıtların yakın bir gelecekte tükenecek olması da enerji üretiminin yanı sıra enerjiyi etkin, verimli ve aynı zamanda çevreye en az zarar verecek şekilde tüketme zorunluluğu, günümüzün ve geleceğin çözülmesi gereken en önemli problemlerinden biri olmaktadır. Bu durumu göz önünde bulunduracak olursak yenilenebilir enerji kaynaklarını çok daha fazla kullanmamız ve enerji verimliliğine daha fazla odaklanmamız gerektiği sonucunu çıkarabiliriz. Ülkemizde, enerjinin yoğun kullanıldığı sektörlerde %20-30 dolayında enerji tasarruf potansiyeli olduğu bilinmektedir.

Binalardaki enerji tüketimi, dünyanın toplam enerji kullanımının içerisinde büyük bir paya sahiptir. Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD) üye ülkelerinde, binalardaki enerji kullanımı toplam enerji kullanımının yaklaşık % 35'ini oluşturmaktadır. Türkiye’de ise bu oran % 32 seviyesindedir. Binaların enerji gereksinimlerini büyük ölçüde azaltma olasılıkları göz önüne alındığında, inşaat sektöründe enerji verimliliğinin potansiyel olarak tasarruf edilmesi, toplu olarak enerji tüketiminin azaltılmasına büyük katkı sağlayacaktır. Binalardaki enerji verimliliği ölçeğinin, ulusal ve küresel ölçekte iklim koruma ve halk sağlığını etkileyecek kadar büyük olması nedeniyle bu potansiyel azalmanın etkileri göz ardı edilmemelidir.

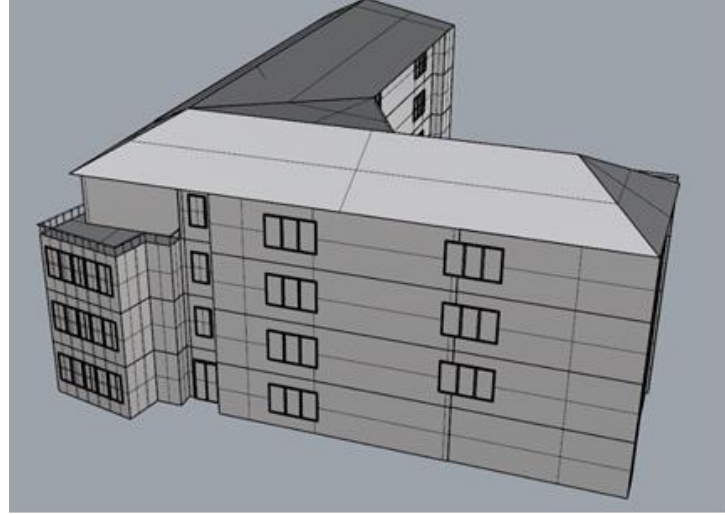
Binaların enerji tüketimini azaltarak, bir ulusa ithal edilen enerjiye bağımlılığı azaltabilir ve ülkenin stratejik konumunu güçlendirebilir.



Şekil 2.1 Türkiye’deki enerji tüketim oranları

2.2 Yöntem

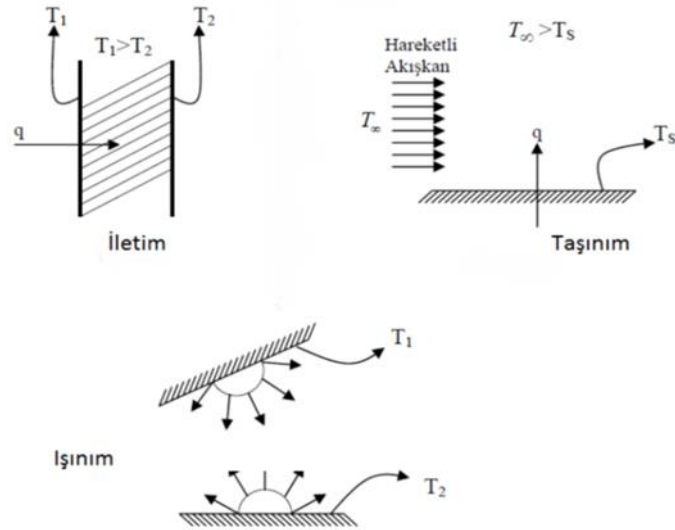
Mevcut binamız İstanbul’da olup 2700 m²’ lik kapalı alana sahiptir. Toplam 4 kattan oluşan binanın kat yüksekliği 3,5 m olup, bina toprak zemine oturmaktadır. 130 kişi kapasitesine sahip olan yurt binasının enerji optimizasyonu incelenmiştir. Çalışma kapsamında mevcut binamıza çeşitli kalınlıklarda farklı yalıtım malzemeleri yerleştirilme durumu incelenmiş ve bu şekilde optimum yalıtım kalınlığı ve malzeme tespit edilerek doğru yalıtım değerleri bulunmuştur. Bununla birlikte binamıza gri sudan ve yağmur suyundan faydalanabilmesi için sistemler tasarlanmış ve binaya entegre edilmesi durumunda ne derece fayda sağlayacağı gösterilmiştir. Son olarak da çatımıza güneş panelleri sistemi konularak elektrik enerjisinden tasarruf elde edilmesi planlanmıştır. Şekil 2.2’ de binanın Rhinoceros 3D ile modellenmiş görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 2.2 Rhinoceros 3D ile modellenen bina mimarisi

2.3 Isı Transferi

Isı transferi (geçiş), sıcaklık farkından dolayı ortaya çıkan bir fiziksel mekanizmadır. Isı bir noktadan diğer bir noktaya üç farklı mekanizma ile transfer edilebilir. Bunlar; iletim, taşınım ve ışıdır.



Şekil 2.3 Isı transferi mekanizmaları [12]

2.3.1 İletim (Kondüksiyon)

Isı iletimi bir ortam içerisinde bulunan bölgeler arasında veya doğrudan doğruya fiziki temas durumunda bulunan farklı ortamlar arasında, atom ve moleküllerin fark edilebilir bir yer değiştirmesi olmaksızın bunların doğrudan teması sonucu meydana gelen ısı geçişi işlemidir.

2.3.2 Taşınım (Konveksiyon)

Konveksiyon, akışkan hareketi ile enerji taşınımı işlemidir. Ortam bir sıvı veya gaz ise, akışkan hareketi ile ısı enerjisi bir bölgeden diğer bir bölgeye sıcaklık farkından dolayı transfer edilecektir.

2.3.3 Işınım (Radyasyon)

Isının elektromanyetik dalgalar (fotonlar) aracılığıyla transfer edilmesidir. Sıcaklık farkı olan iki ortamın birbirini görmesi yeterli olup, arada bir fiziksel temas bulunması gerekli değildir.

2.4 İzolasyon Performansı

2.4.1 Termal İletkenlik - k değeri

Termal iletkenlik, genellikle 'k' veya ' λ ' (lambda) değeri olarak adlandırılan, herhangi bir malzeme için bir sabittir ve $W / m.K$ cinsinden ölçülür (kelvin metre başına watt). k değeri ne kadar yüksek olursa, termal iletkenlik o kadar iyi olur. İyi yalıtkanlar mümkün olduğunca düşük bir değere sahip olacaklardır. Çelik ve beton çok yüksek termal iletkenliğe sahiptir ve bu nedenle çok düşük termal dirence sahiptir. Bu onları zayıf yalıtkanlar yapar.

Herhangi bir malzeme için k değeri sıcaklıktaki artışla birlikte daha da artacaktır. Çoğu binalardaki sıcaklık değişimleri genellikle lambda değerindeki herhangi bir değişimi ihmal edebilecek toleranslardadır.

$$k = q \frac{L}{A(T_1 - T_2)} \quad (2.1)$$

2.4.2 Termal Direnç (R değeri)

Bir malzemenin 'R' değeri olarak ifade edilen termal direnç, termal iletkenlik ve kalınlığın bir ürünüdür. R-değeri, malzemenin ısı iletkenliğine bölünen kalınlığından hesaplanır ve m² K / W birimlerinde ifade edilir. Malzeme kalınlığı ne kadar yüksekse, ısı direnç de o kadar yüksek olur. Bir maddenin R-değeri, enerjiyi veya ısıyı aktaran direncinin doğrudan ölçüsüdür.

$$R = \frac{d}{k} \quad (2.2)$$

R : Duvarın ısı direncidir. (m² K / W)

d : Duvarın kalınlığıdır. (m)

k : ısı iletkenlik katsayısıdır. (m.K / W)

2.4.3 Isı Transfer Katsayısı (U değeri)

Farklı malzemelerin arka arkaya dizilmesiyle oluşan bir yapı elemanının ısı geçişine göstermiş olduğu dirençtir. U, malzemelerin ısı iletim katsayısı ve ısı geçiş yönündeki kalınlığına bağlıdır. U değeri ne kadar küçük olursa, ısı kaybı da o kadar az olur. Bir inşaat için U-değeri, yapı boyunca ısı akış hızı q, W / m² yoğunluğu ve her iki taraftaki ortam sıcaklığı arasındaki sıcaklık farkı arasındaki oran olarak tanımlanır.

q : ısı akış oranı

T_i : iç sıcaklık

T_d : dış sıcaklık

N katmanlı bir yapı için U-Değerleri, R değerlerinin toplamının (1 /toplam R toplamının) karşılıklı olarak hesaplanır ;

$$U = \frac{1}{R_{iç} + R_{duvar} + R_{yalıtım} + R_{dış}} \quad (2.3)$$

$R_{iç}$: iç yüzey ısı tasınım direnci

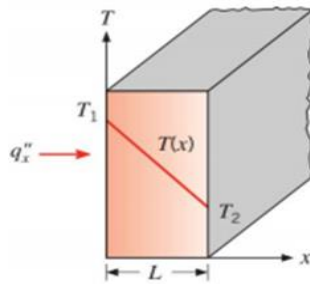
$R_{dış}$: dış yüzey ısı tasınım direnci

R_{duvar} : yalıtımsız duvarın ısı geçirgenlik direnci

$R_{yalıtım}$: yalıtım tabakasının ısı geçirgenlik direncidir.

2.4.4 Kararlı Hal Isı Transferi

Sabit durumda, sistemin sıcaklıklarının zamana bağlı olarak değişmediği anlamına gelir. Isı transfer işlemleri uygun hız denklemlerine bağlı olarak nicelleştirilebilir. Bu denklemler, birim zamanda aktarılan enerjinin miktarını hesaplamak için kullanılabilir. Isı iletiminde hız denklemi Fourier kanunu olarak bilinir. Aşağıda gösterilen, sıcaklık dağılımı $T(x)$ olan tek boyutlu düzlem duvar için hız denklemi aşağıdaki gibi ifade edilmiştir:



Şekil 2.4 Duvardan ısı transferi [12]

$$\frac{dq}{dt} = -\lambda.A \frac{dT}{dx} \quad (2.4)$$

q : zamana bağılı ısı miktarı

A : akışkanın geçtiği yüzey alanı

Λ, k : ısı iletkenlik katsayısı

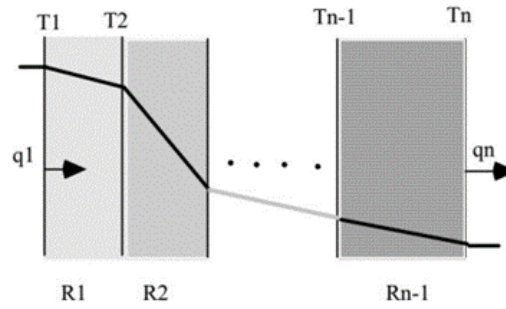
(- seçilmemesinin sebebi ; $T_2 < T_1$)

2.4.5 Çok Katmanlı Bir Duvarda Kararlı Haldeki Isı Akışı ve Sıcaklık Dağılımı

Aşağıda bileşik plakada, ısı akışı inşaat duvarı boyunca sabittir, yani $q_1=q_2=q_3.... =q_n$.

Dirençler seri ve toplamı $R = R_1 + R_2 + ... + R_{n-1}$ 'dir.

$$q = \frac{T_1 - T_n}{R_{top}} \quad (2.5)$$



Şekil 2.5 Çok katmanlı duvarda ısı transferi [12]

BÖLÜM 3

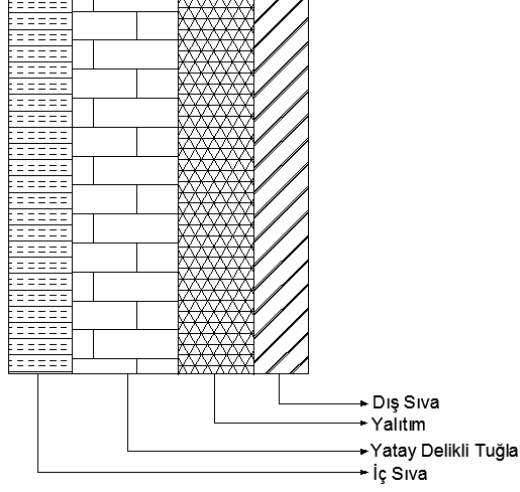
YALITIM

3.1 Bina Hakkında Genel Bilgiler

Binalarda ısı kayıplarının büyük bir kısmı pencerelerden, duvarlardan, çatıdan ve döşemelerden meydana gelir. Bu çalışmada duvarlardan ve çatıdan olan ısı kayıpları göz önüne alınarak taş yünü, cam yünü, EPS ve XPS karşılaştırılıp optimum yalıtım kalınlıkları hesaplanmıştır. Hesaplamalarda ilk yatırım maliyeti olarak, yalıtım malzemesinin birim fiyatı, işçilik ücreti ve diğer masraflar alınmıştır. Diğer masraflar olarak gerekli yapıştırma harcı, yalıtım sıvası, sıva filesi, izolasyon dübelleri ve iskele bedeli hesaba katılmıştır. İşçilik ücreti ve diğer masraflar 20 TL/m² olarak kabul edilmiştir. Hesaplamalarda kullanılacak olan duvar modeli Şekil 3.1’ de, yalıtım malzemelerine ait özellikler Çizelge 3.1’ de gösterilmiştir. Mevcut binaya ait duvar ve çatının özellikleri Çizelge 3.2’ de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1 Yalıtım malzemelerine ait özellikler

Yalıtım	k (W/mK)	C _y (TL/m ³)
Taş Yünü	0,040	250
Cam Yünü	0,040	200
XPS	0,032	370
EPS	0,033	320



Şekil 3.1 Hesaplamalarda kullanılacak olan duvar modeli

Çizelge 3.2 Mevcut binaya ait duvar ve çatının özellikleri

Malzeme	Kalınlık (m)	Isı İletim Katsayısı (W/m.K)	Isıl Direnç R (m ² .K/W)
Duvar			
İç Sıva	0,02	0,87	0,022
Yatay Delikli Tuğla	0,14	0,45	0,311
Dış Sıva	0,03	1,40	0,021
Çatı			
Kiremit	0,05	0,24	0,208
Su Yalıtımı	0,005	0,19	0,026
Kiremit Altı Kaplama	0,03	0,21	0,142
Sıva	0,02	1,40	0,014
R _d			0,04
R _i			0,13

Çizelge 3.3 Hesaplamalarda kullanılacak parametreler

Parametre	Değer
DG (Derece gün sayısı)	1865
C _{yakıt} (Yakıt maliyeti)	1,1008 TL/m ³
Hu (Doğal gaz)	34.526 kJ/m ³
η (Verim)	0,93
N (Yıl)	10
g (Enflasyon oranı)	10,8
i (Faiz oranı)	14

Hesaplamalarda 1 € = 4,5 TL ve 1 € = 1,2 \$ olarak kabul edilmiştir.

3.2 Bina Duvarının ve Çatısının Isı Kaybı ve Yıllık Enerji İhtiyacı

Yurt binasında kullanılması gereken optimum yalıtım kalınlığı aşağıdaki formüllerle tespit edilmiş, yalıtım malzemeleri karşılaştırılarak ekonomik analiz yapılmıştır.

Binadaki duvar ve çatının birim alandan olan ısı kaybı aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$q = U \cdot \Delta T \quad (3.1)$$

ΔT gün boyunca dış ortam ile iç ortam arasında değişen sıcaklık farkıdır. Birim alan için yıllık ısı kaybı derece-gün sayıları (DG) göz önüne alınarak aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$q_{\text{yıl}} = DG \cdot 86400 \cdot U \quad (3.2)$$

Yalıtım bileşenleri göz önüne alınarak tipik bir duvar için ısı geçiş katsayısı (U) aşağıdaki formülden hesaplanır,

$$U = \frac{1}{R_{iç} + R_{\text{duvar}} + R_{\text{yalıtım}} + R_{\text{dış}}} \quad (3.3)$$

Yalıtım malzemesinin ısı direnci;

$$R_{yalıtım} = \frac{x}{k} \quad (3.4)$$

Yalıtımsız duvarın ısı direnci;

$$R_{du\,var,toplam} = R_{iç} + R_{du\,var} + R_{dış} \quad (3.5)$$

Yıllık enerji talebi ise, yıllık ısı kaybının ısıtma sisteminin verimine bölünmesi ile elde edilir;

$$E_A = \frac{DG.86400.U}{\eta} \quad (3.6)$$

Optimum yalıtım kalınlığı ve maliyeti hesaplanırken şimdiki değer faktörü (PWF) kullanılmış olup, (g) enflasyon oranı ve (i) faiz oranı olmak üzere, şimdiki değer faktörü (3.9) nolu eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$i > g \quad \text{ise} \quad r = \frac{i-g}{1+g} \quad (3.7)$$

$$i < g \quad \text{ise} \quad r = \frac{g-i}{1+g} \quad (3.8)$$

$$PWF = \frac{(1+r)^{N-1}}{r(1+r)^N} \quad (3.9)$$

$$i = g \quad \text{ise} \quad PWF = \frac{N}{1+i} \quad (3.10)$$

Birim alan için ısıtmanın yıllık enerji maliyeti ($C_{yıl}$)

$$C_{yıl} = \frac{DG.86400.C_{yakıt}.U}{Hu.\eta} \quad (3.11)$$

Burada $C_{yakıt}$ yakıtın birim fiyatını, Hu yakıtın alt ısı değerini, η yakma sistemi ısı verimini göstermektedir.

Yalıtım malzemesinin maliyet ise;

$$C_{yalitim} = C_y \cdot x \quad (3.12)$$

C_y yalıtım birim fiyatı, x ise yalıtım malzemesinin kalınlığıdır.

Yalıtımlı binanın toplam ısıtma maliyeti;

$$C_{yalitim,toplam} = C_{yil} \cdot PWF + C_y \cdot x \quad (3.13)$$

Optimum yalıtım kalınlığı ise;

$$x_{opt} = 29394 \cdot \left(\frac{DG \cdot C_{yakit} \cdot PDF \cdot k}{Hu \cdot C_y \cdot \eta} \right)^{1/2} - k \cdot R_{duvar\toplam} \quad (3.14)$$

3.3 Geri Ödeme Süresinin Tespiti

C_{toplam} , 10 yıllık ömür boyunca yalıtılmamış binanın toplam ısıtma maliyeti olmak üzere, ömür maliyet analiz metoduna göre net tasarruf miktarı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$A_{yil} = C_{toplam} - C_{yalitim,toplam} \quad (3.15)$$

C_{yil1} yalıtımsız durumdaki, C_{yil2} yalıtımlı durumdaki birim yüzey için ısıtmanın yıllık enerji maliyeti olmak üzere geri ödeme süresi;

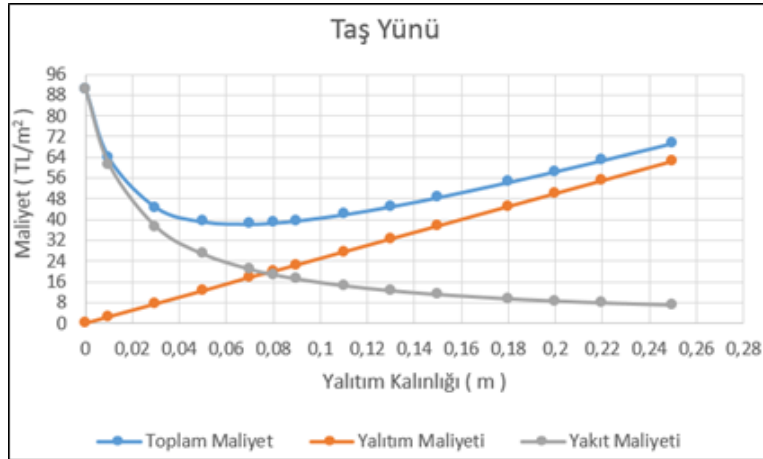
$$P = \frac{C_{toplam}}{C_{yil1} - C_{yil2}} \quad (3.16)$$

3.4 Değerlendirme ve Sonuç

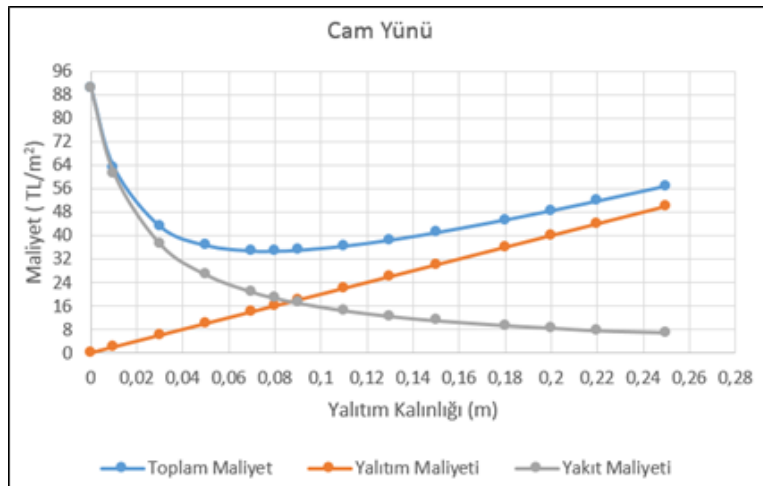
Binalarda yalıtım kalınlığına bağlı olarak ısıtma veya soğutma enerji ihtiyacı değişir. Yalıtım kalınlığı ne kadar fazla olursa yalıtım için harcanan maliyet artar. Yalıtımın optimum kalınlığı, yalıtım maliyeti ve binanın ömrü üzerinden enerji tüketim maliyetini içine alan, minimum toplam maliyeti sağlayan değerdir. Yani yalıtım yaparken optimum yalıtım kalınlığına kadar yapılan yalıtımlarda maliyet ile birlikte binaya sağlanan fayda doğru orantılı şekilde artış gösterirken, bu değerden sonra yapılan yalıtımlarda maliyet artmaya devam ederken sağlanan fayda büyük ölçüde azalarak devam eder. Kullanılan

yalıtım malzemesi ve yapılan yalııtım kalınlığına göre maliyetler ve elde edilen tasarruf miktarları değişiklik göstermektedir. Bu da geri ödeme sürelerinde farklılığa sebep olmaktadır.

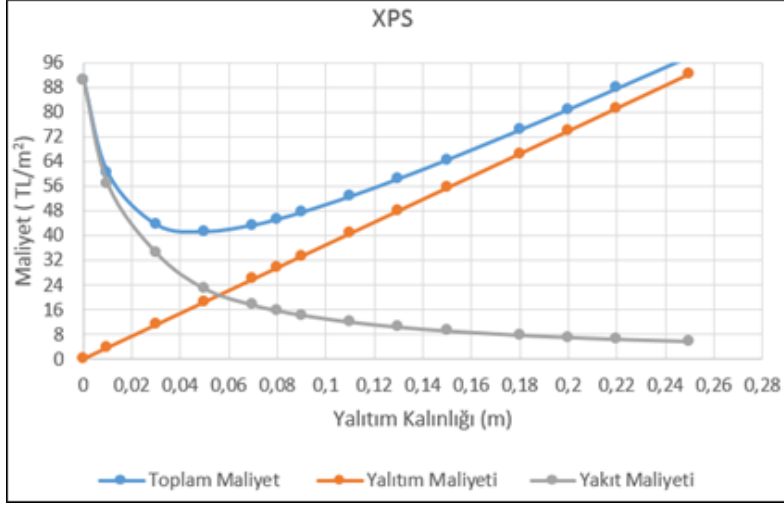
Çalışmamızda örnek bir binanın duvarları ve çatısı için taş yünü, cam yünü, XPS ve EPS yalııtım malzemeleri kendi içerisinde karşılaştırılıp optimum yalııtım kalınlıkları hesaplandıktan sonra enerji tasarrufu ve geri ödeme süreleri hesaplanmıştır.



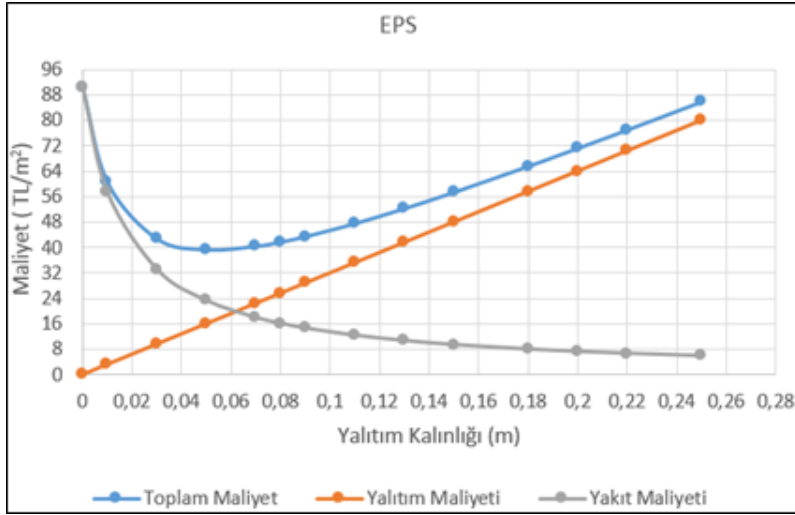
Şekil 3.2 Duvara uygulanan taş yününün yalııtım kalınlığına göre maliyete etkisi



Şekil 3.3 Duvara uygulanan cam yününün yalııtım kalınlığına göre maliyete etkisi



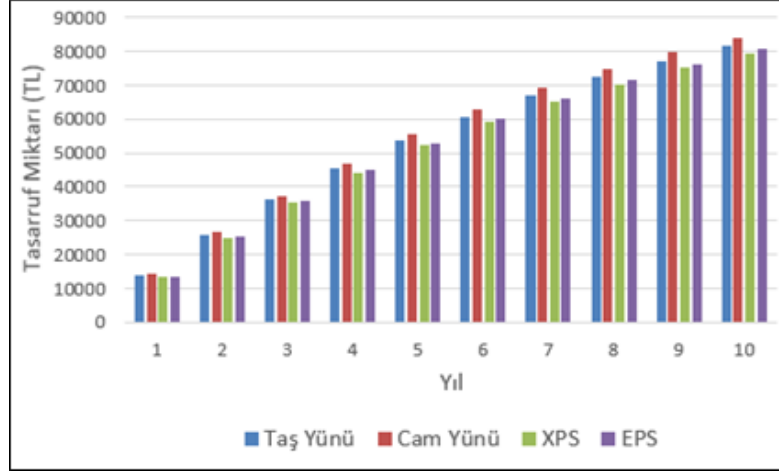
Şekil 3.4 Duvara uygulanan XPS yalıtım kalınlığına göre maliyete etkisi



Şekil 3.5 Duvara uygulanan EPS yalıtım kalınlığına göre maliyete etkisi

Binamızın duvarına uyguladığımız yalıtım malzemelerinin kalınlıklarına bağlı olarak değişen maliyetler göz önüne alındığında optimum yalıtım kalınlıkları: taş yünü 0,066m, cam yünü 0,076m, XPS 0,047m, EPS ise 0,052m olarak bulunmuştur.

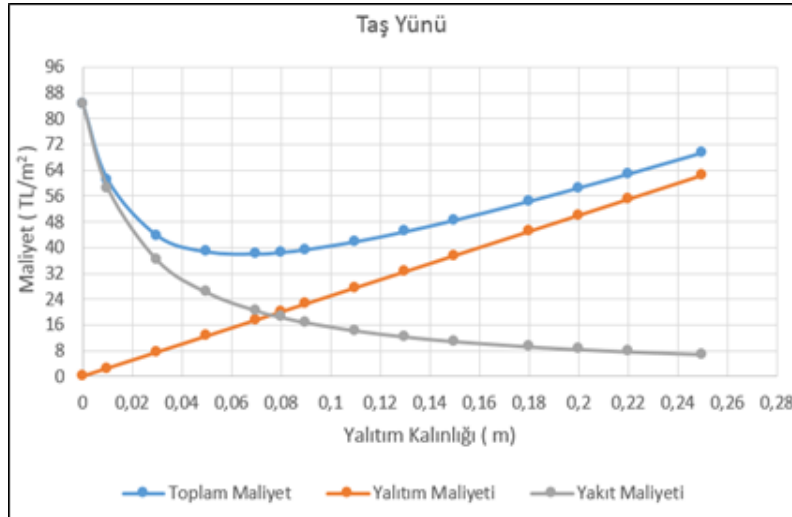
Yalıtımsız duvar ile, farklı yalıtım malzemeleri ile optimum kalınlıkta yalıtım uygulanması durumu karşılaştırılarak yıllara göre elde edilecek tasarruf miktarları Şekil 3.6' da verilmektedir.



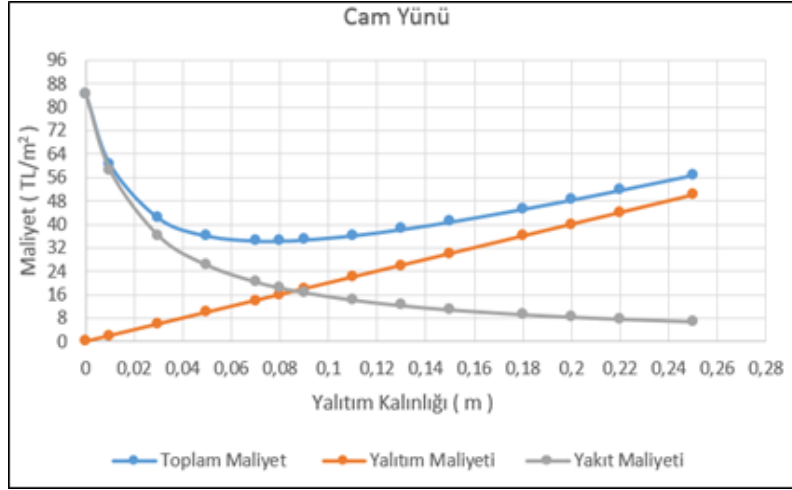
Şekil 3.6 Farklı yalıtım malzemelerinin duvara optimum kalınlıkta uygulanması ile yıllara göre elde edilen tasarruf miktarı

Yapılan hesaplamalar sonucunda duvara uygulanan optimum kalınlıktaki yalıtım malzemelerinden cam yünü taş yününe göre % 3,1, XPS' e göre % 5,8 ve EPS' ye göre ise % 4,2 oranında daha fazla tasarruf sağladığı bulunmuştur.

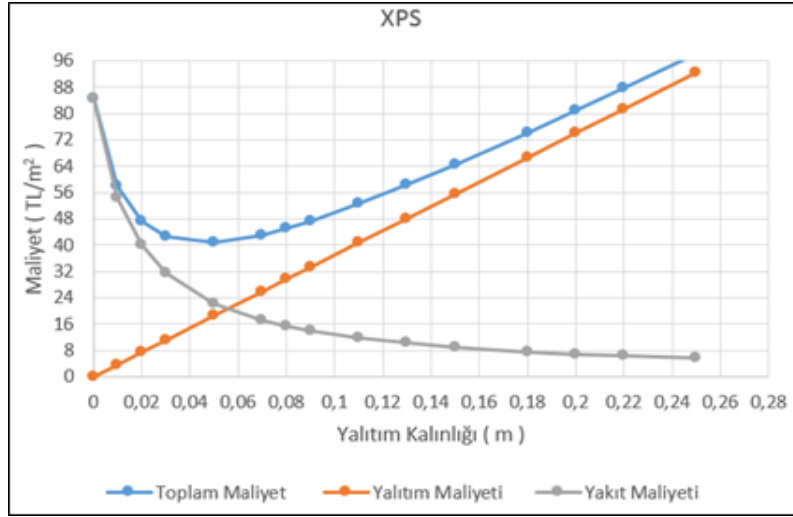
Bu yapılan hesaplamalar çatı için de düşünülmüştür. Şekil 3.7, Şekil 3.8, Şekil 3.9 ve Şekil 3.10' da çatıya uygulanan yalıtım malzemelerinin uygulanan yalıtım kalınlığına göre maliyete etkisi gösterilmiştir.



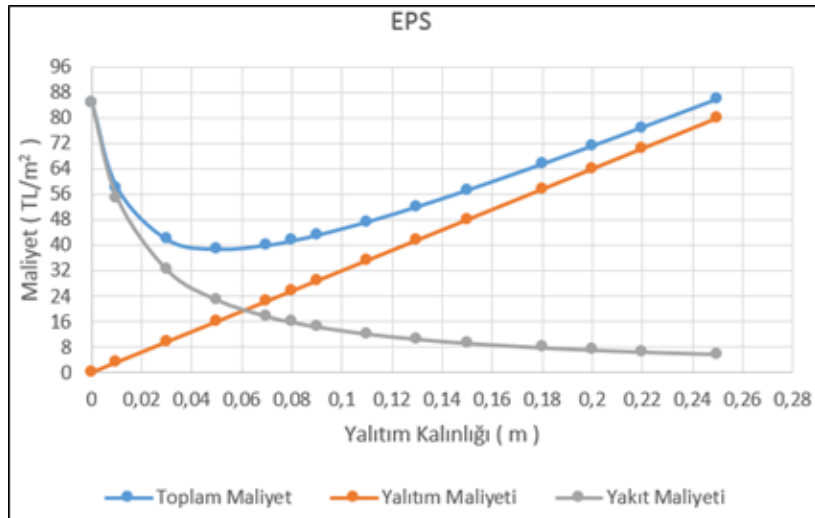
Şekil 3.7 Çatıya uygulanan taş yünü'nün yalıtım kalınlığına göre maliyete etkisi



Şekil 3.8 Çatıya uygulanan cam yününün yalıtım kalınlığına göre maliyete etkisi



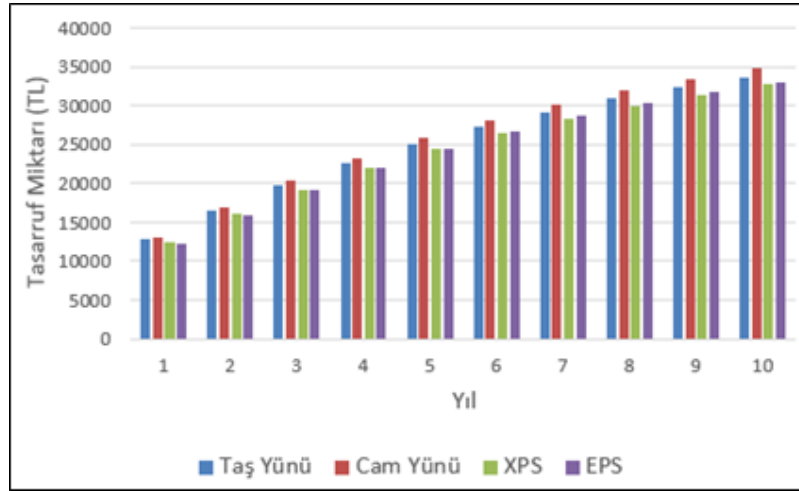
Şekil 3.9 Çatıya uygulanan XPS in yalıtım kalınlığına göre maliyete etkisi



Şekil 3.10 Çatıya uygulanan EPS nin yalıtım kalınlığına göre maliyete etkisi

Binamızın çatısına uyguladığımız yalıtım malzemelerinin kalınlıklarına bağlı olarak değişen maliyetler göz önüne alındığında optimum yalıtım kalınlıkları: taş yünü 0,064m, cam yünü 0,075m, XPS 0,046m, EPS ise 0,051m olarak bulunmuştur.

Yalıtımsız çatı ile, farklı yalıtım malzemeleri ile optimum kalınlıkta yalıtım uygulanması durumu karşılaştırılarak yıllara göre elde edilecek tasarruf miktarları Şekil 3.11’ de verilmektedir.

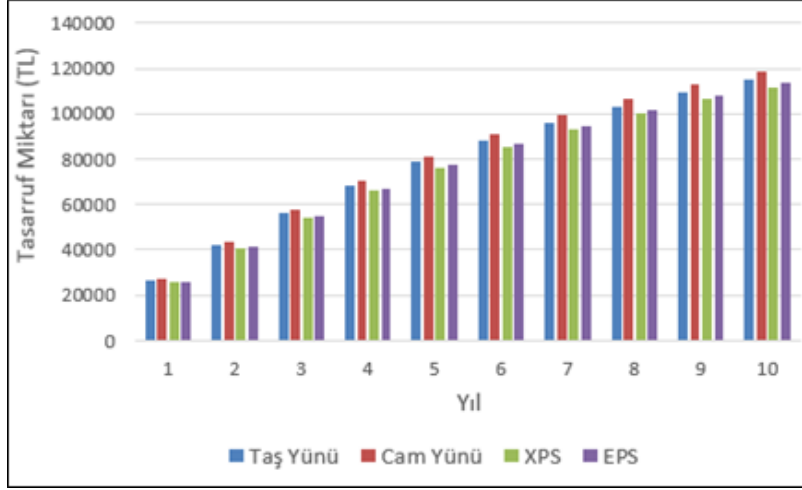


Şekil 3.11 Farklı yalıtım malzemelerinin çatıya optimum kalınlıkta uygulanması ile yıllara göre elde edilen tasarruf miktarı

Yapılan hesaplamalar sonucunda çatıya uygulanan optimum kalınlıktaki yalıtım malzemelerinden cam yünü taş yününe göre % 3,7, XPS’ e göre % 6,5 ve EPS’ ye göre ise % 4,6 oranında daha fazla tasarruf sağladığı bulunmuştur.

Yalıtımsız olan binamızın hem duvarlarına hem de çatısına aynı anda optimum yalıtım kalınlığında yalıtımlar uygulanması durumunda elde edilecek olan tasarruf miktarları Şekil 3.12’ de verilmektedir.

Hem çatıya hem de duvara uygulanan yalıtımlar göz önüne alındığında en iyi performansı cam yünü göstermektedir. Taş yününe göre % 4,3, XPS’ e göre % 6 ve EPS’ ye göre ise % 4,3 oranında yıllık daha fazla tasarruf sağlamaktadır.



Şekil 3.12 Farklı yalıtım malzemelerinin duvara ve çatıya optimum kalınlıkta uygulanması ile yıllara göre elde edilen tasarruf miktarı

Sonuç olarak farklı yalıtım malzemelerinin binamızın duvarına ve çatısına uygulanması durumunda uygulanma kalınlıklarına bağlı olarak maliyetler ve tasarruf miktarı değişmektedir. Uygulanan yalıtımlar sonucunda yapılan masraflar ve elde edilen tasarruflar Çizelge 3.4’ deki gibi özetlenebilir.

Çizelge 3.4 Binaya uygulanan yalıtımların özet tablosu

	Malzeme	Xopt (m)	Tasarruf yıl (TL/m2)	Tasarruf (TL/yıl)	Maliyet(TL) (Malzeme+İşçilik)
Duvar	Taş Yünü	0,066	8,01	15620	78.000
	Cam Yünü	0,076	8,26	16107	70.200
	XPS	0,047	7,78	15171	96.720
	EPS	0,052	7,91	15425	88.920
Çatı	Taş Yünü	0,064	7,31	4825	26.400
	Cam Yünü	0,075	7,59	5009	23.760
	XPS	0,046	7,09	4679	32.736
	EPS	0,051	7,24	4778	30.096

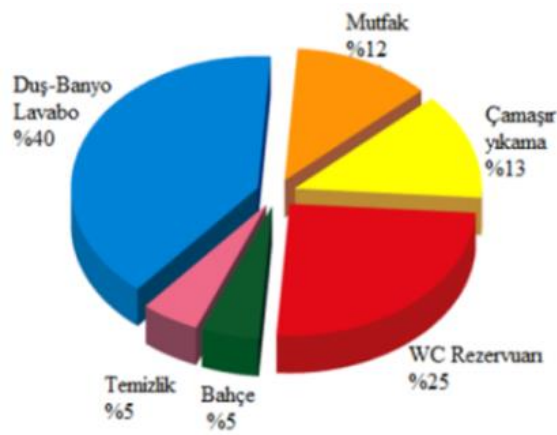
Elde edilen verilere göre binanın duvarına ve çatısına cam yününden optimum kalınlıkta yalıtım yapılması halinde 6,4 sene içerisinde sistem kendini geri ödeyecektir. Yalıtımsız binaya göre yapılan bu yalıtım ile yılda 21.116 TL tasarruf elde edilebilir.

GRİ SUYUN YENİDEN KULLANILMASI

4.1 Gri Su

Gri su, tuvalet sularının dışında kalan tüm atık suları içermektedir. Gri suyun başlıca kaynakları, mutfak atık suları, banyo, lavabo ve çeşitli yıkama sularıdır. Gri sular az kirli ve çok kirli olmak üzere iki kısımda değerlendirilebilir. Az kirli sular banyodan, lavabodan, duştan gelen sular; çok kirli gri sular ise mutfak ve çamaşır makinesinden gelen atık sulardır. Binalarda ortalama olarak su tüketim dağılımı Şekil 4.1’ deki gibidir.

Binamıza uygulanabilecek bir sistem ile tüketilen suyun yaklaşık %40’lık kısmı geri kullanılabilir. Yurt binasında duş, banyo ve lavaboda kullanılan suyun arıtıldıktan sonra çamaşır makinelerinde ve rezervuarlarda kullanılması düşünülmüştür.



Şekil 4.1 Binalardaki su tüketim dağılımı [13]

Binada kullanılan siyah sular hiçbir arıtma uygulanmadan dışarı atılır. Diğer sular ise fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtmalardan geçerek içerisinde bulunan zararlı partiküllerden temizlenip binada tekrar kullanılmak üzere gönderilir.

4.2 Gri Suların Karakteristiği

Atık sular içerisindeki en tehlikeli ve en zor temizlenen madde azottur. Bu nedenle siyah suların arıtılması zordur. Gri sularda siyah suya göre azot miktarı oldukça düşüktür. Patojen mikrobinin en yaygın kaynağını foseptik atıklar oluşturur. Gri suda bu atıklar, siyah suya göre oldukça düşük seviyelerdedir.

Gri suların içerisinde suda kirliliğe neden olan kirletici maddeler bulunmaktadır. Bunun sebebi; kullanılan kişisel hijyen ürünleri, deterjanlar, kirli kıyafetlerin ve vücut kirinin bir sonucudur. Mutfak lavabosundan gelen bakteri konsantrasyonu yüksek olurken, duş ve lavabodan gelen bakteri konsantrasyonu düşük seviyelerde bulunmaktadır.

Gri suyun kaynağına göre oluşan kirletici maddeler ve arıtılmış suyun bileşenleri Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2’ de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 Gri suyun kaynağına göre oluşan kirletici maddeler [13]

Gri Su Kaynağı	Kirletici Maddeler
Çamaşır Makinesi	Askıda katı madde, organik madde, yağ ve gres, tuzluluk, sodyum, nitrat, fosfor(deterjandan), çamaşır suyu, pH
Bulaşık Makinesi	Askıda katı madde, organik madde, yağ ve gres, artan tuzluluk, pH, bakteri ve deterjan
Küvet-Duş	Bakteri ,saç, askıda katı madde, organik madde, yağ ve gres, sabun, şampuan kalıntıları
Lavabo (Mutfak dahil)	Bakteri , askıda katı madde, organik madde, yağ ve gres, sabun, şampuan kalıntıları

Çizelge 4.2 Arıtılmış suyun bileşenleri [8]

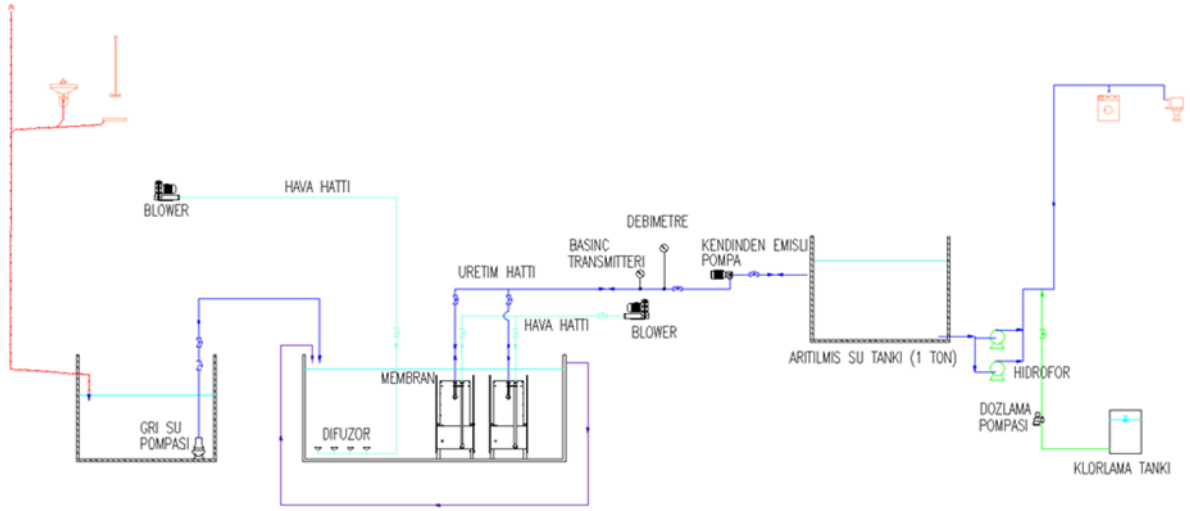
Parametre	Birim	Küvetten, duştan ve lavabodan gelen gelen su (çökelme deposundan sonra ölçülen değerdir.)	Küvetten, duştan, lavabodan ve çamaşır yıkamadan gelen su	Küvetten, duştan, lavabodan, çamaşır yıkamadan ve mutfaktan gelen su
KOİ	[mg/l]	150 - 400	250 - 430	400 -700
BOİ5	[mg/l]	85 - 200	125 - 250	250 -550
AFS	[mg/l]	30 - 70	(-)	(-)
PtotalA	[mg/l]	0,5 - 4	(-)	3 - 8
NtotalA	[mg/l]	4 - 16	(-)	10 - 17
pH	[-]	7,5 - 8,2	(-)	6,9 - 8

4.3 Sistem Tasarımı

Gri suyun arıtımı ile ilgili sistemler karşılaştırıldığında, binaya en uygun olan arıtma sisteminin membran biyoreaktör sistemi olduğuna karar verildi. Bina için tasarlanan sistem Şekil 4.2' de verilmiştir.

Bu sistemin tercih edilmesinin sebepleri:

- Çok iyi kalitede ve mutlak arıtılmış su kalitesi sağlar. Bu sayede arıtılan atık su geri kazanılarak tekrar kullanılabilir.
- Bulanıklık < 1 NTU
- Çamur oluşumu azdır.
- Çöktürme tankına ihtiyaç yoktur.
- Reaktör hacmi ve kapladığı alan düşüktür.



Şekil 4.2 Binaya uygulanacak gri su arıtma sistemi

4.3.1 Ekipman Bilgileri

Duş, lavabo, küvet gibi kullanım alanlarından toplanan gri suyun içinde bulunması muhtemel katı maddeleri (saç, kıl, vb.) gri su toplama havuzuna girmesine engel olması ve dolayısıyla mebranların tıkanmasını önlemek amacıyla sistemde 1 adet kıl tutucu filtre kullanılması gerekmektedir.

Gri su depolama tankı – 1 Adet

Marka : Karmod

Genişlik : 200 cm

Yükseklik : 220 cm

Kalınlık : 5,5 mm

Kapak : 50 cm

Kapasite : 10000 L

Batık tip pompa-1 Adet

Marka : Lowara

Q : 2,0m³/h

Motor gücü : 1,1 kW

H : 6mSS

Malzeme : Paslanmaz çelik

Blower-1 Adet

Marka : Mapro veya muadili

Q : 50m³/h

Motor gücü : 2,2 kW - 3ph 400V-50Hz

H : 300mbar

No. 1 Filtrasyon ve biriktirme tanklarında hava sağlanması için gerekli olan "yan kanallı" blower

Difüzör-10Adet

Marka : EDİ veya muadili

Kapasite : 1,5-10Nm³/h

Tip : Disk tipi

Membran Filtreleme Sistemi-1 Adet

Marka : Microdynadir

Modül sayısı : 1

Kg : 120kg

Membran maddesi : PES

Toplam Filtre modülü : 1 adet(50m²)

Akı:16l/m²h(limit 10-25 l/m²h)

Ph:2-11

Maks işletme sıcaklığı : 55°C

Filtreleme basıncı : max 150mbar

Gözenek boyutu : 0,04 µm

Boyutlar : 1.4 x 0,7 x H:1,5 m

Çift Yönlü Emiş Pompası(Permit Ünitesi)-1 Adet

Marka:Liverani

No. 1 Permeate(arıtılmış su için) iki yönlü ekstraksiyon pompası

$Q= 3,5 \text{ m}^3/\text{hr}$

$H= -1 \div 1 \text{ bar}$

Dönüştürücü ile çalışmaktadır.

Kontrol Panosu-1 Adet

Ünite, dokunmatik ekran ile donatılmıştır:

Marka : MetaGel

PLC Ünitesi

Marka : Schneider Electric

Menşei : Fransa

Ekran : Dokunmatik

Flow metre 1 Adet

Marka : Georg Fischer Signet

Menşei : İsviçre

Tip : Dijital ,elektromanyetik debimetre

Basınç Transmitteri 1 Adet

Marka : Keller

Menşei : İsviçre

Seviye flatörleri : 5 adet

Selonoid vana : 2 adet

Klor Dozaj Ünitesi-1 Adet

Marka : Seko

Adet : 1

Tek Doz Miktarı : 0,33 cc

Max.Emiş Basıncı : 7 bar

Max.Emiş Yüksekliği : 1,5 m

Max. İşletme Basıncı : 9 bar

Ortam Sıcaklığı : 5 - 50°C

BoyutlarH : 18cm W : 9,2cm D : 16cm

Klor Tankı : 100 lt polietilen

Besleme Gerilimi : 220 V

Enerji Tüketimi : 25 Watt

Tip : (su sayacı) sinyale göre oransal olarak ayarlanabilen dijital dozaj pompası

4.4 Sistem Maliyet Analizi

Yurt yönetimin su sayaç ölçüm sonuçlarına göre binanın yıllık su tüketimi 5497m³'tür. Yurt binasında yılda kullanılan 5497 m³ suyun % 40'lık kısmının gri su olduğu kabulü ile kurulacak sistemle yılda 2199 m³ su arıtıp tekrar kullanılabilir seviyeye getirilebilir. İSKİ'nin 2018 yılı birim fiyatları (9,40 TL/m³) ile hesaplama yapıldığında, yıllık tasarruf miktarı ortalama 20.670 TL olarak bulunmuştur.

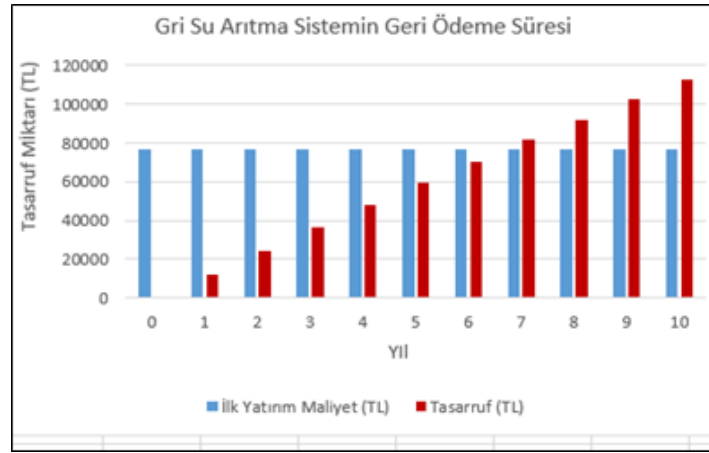
Kurulacak sistemin maliyeti: 17.000 € dur.

Çizelge 4.3 Gri su arıtma sisteminde kullanılan ekipmanların elektrik tüketimi

Ürün Adı	Elektrik Sarfıyatı (kW)	Çalışma Süresi (h)	Günlük Elektrik Tüketimi (kWh)	Elektrik Bedeli (TL/kWh)	Günlük Toplam Tutar (TL)
Terfi Pompası	1,1	4	4,4	0,41	1,804
Havalandırma Blower	2	17,5	35	0,41	14,35
Çift Yönlü Emiş Pompası	0,75	6	4,5	0,41	1,845
				Toplam:	18

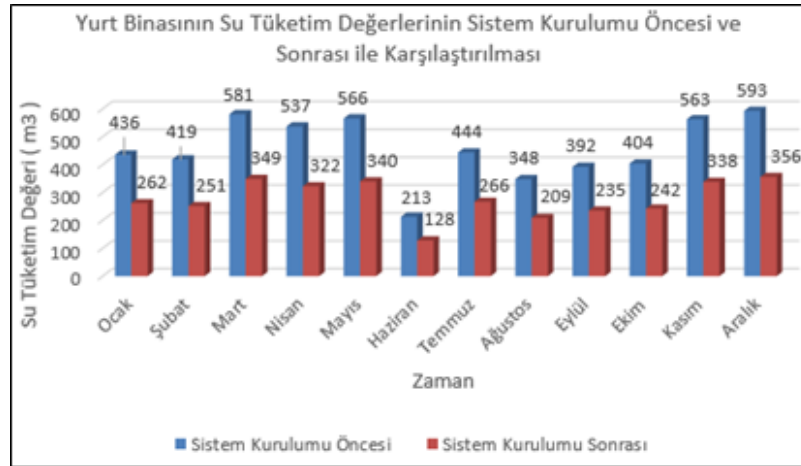
Günlük 18 TL tutarında elektrik tüketimi mevcuttur. Yıllık elektrik tüketim miktarı 6.570 TL olarak hesaplanmıştır.

Sistemin yıllık bakım + diğer masrafları da 1.600 TL'dir. Sistemin yıllık tasarruf miktarı, ilk yatırım maliyeti, elektrik giderleri ve diğer giderleri göz önüne alındığında Şekil 4.3' deki grafik elde edilir.



Şekil 4.3 Gri su arıtma sisteminin geri ödeme süresi

Sistem kendini 6,5 yılda geri ödeyip, kara geçirmektedir. Sistemin binaya entegre edilip devreye alındıktan sonra su tüketiminde Şekil 4.4’ deki gibi düşüş olması beklenmektedir.



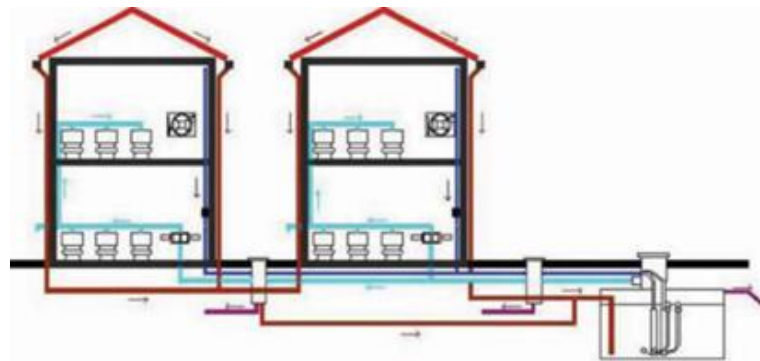
Şekil 4.4 Sistemin devreye alınmadan önceki ve sonraki yurt binasının su tüketim değerleri

YAĞMUR SUYUNUN YENİDEN KULLANILMASI

5.1 Binalarda Yağmur Suyu Kullanımı

Binalarda kullanılan suyun miktarı azımsanmayacak seviyededir. Günümüzde tatlı su kaynaklarının hızla tüketilmesi ve kirletilmesi göz önüne alındığında elimizde bulunan mevcut kaynakları mümkün olduğunca korumamız ve alternatif kaynaklara yönelmemiz gereklilik haline gelmiştir.

Gelişmiş yağmur suyu toplama sistemleri ile yağmur suları binalarda toplanıp filtrasyon işlemlerinden geçirilip tekrar binalarda ya da sulama sistemlerinde kullanılmak üzere gönderilir. Genellikle çatılarda toplanan su, kullanım suyu olarak kullanılmakla birlikte, arıtılarak içme suyu seviyesine de getirilebilir. Yağmur suyunun kullanımın şematik görüntüsü Şekil 5.1’ deki gibidir.



Şekil 5.1 Binalarda yağmur suyu toplama sistemi şematik görüntüsü [14]

Yağmur toplama sisteminde toplanan suyun yurt binasındaki bulaşık makinelerinde ve bahçe sulamada kullanılması düşünülmüştür.

5.2 Sistem Tasarımı

Yağmur suyu toplama sistemimizde aşağıdaki ekipman kullanılacaktır.

Otomatik Geri Yıkamalı Yağmur Suyu Filtresi

Marka	: Aktech
Kapasite	: 75 m3/h
Otomasyon Türü	: Otomatik Ters Yıkamalı (2" Motorlu Blöf Vanası)
Giriş - Çıkış Bağlantı Çapı	: DN100
Filtrasyon Hassasiyeti	: 120 mikron
Gövde Malzemesi	: AISI 304 Paslanmaz Çelik
Filtre Boyutları (cm)	: W:50 , L:75 , H: 25

Orp Kontrollü Klor Dozaj Ünitesi

Ürün Adı	: Dozaj pompası
Markası	: SEKO
Model	: TPR 603
Menşei	: İtalya
Debi	: 5 Litre /Saat maks.
Karşı Basınç	: 10 Bar
Stroke/Dk	: 160
Stroke/Cc	: 0,52
Koruma Sınıfı	: IP65
Güç Beslemesi	: 240 V/ac
Dozaj Tankı	: 100 Litre

Otomatik Kum Filtresi

Model	: 77FQ200
Marka	: AKTECH
Mineral İçeriği	: 75 kg antrasit , 115 kg quartz kum
Mineral Kullanım Süresi	: 3 yıl (Ortalama)
Cihaz Yüksekliği	: 228+1902=2105 mm

Tank Boyutları	: 18" x 65"
Tank Kesit Alanı	: 0,17 m ²
Filtrasyon Hızı	: 15 m/h
Tank Malzemesi	: FRP Kompozit
Cihaz Bağlantı	: 1"
Sistem Debisi	: 2,5 m ³ /h
Max. Ters Yıkama Debisi	: 7,1 m ³ /saat
Rejenerasyon Süresi	: 20 dakika
Min.Çalışma Basıncı	: 2 bar
Max.Çalışma Basıncı	: 8 bar
Basınç Kaybı	: 0,5 bar
Min.Çalışma Isısı	: 1°C
Max.Çalışma Isısı	: 43°C
Enerji Bağlantı	: 220 V-50 Hz

Pompa

Marka : Lowara
Q : 2,0m ³ /h
Motor gücü : 1,1 kW
H : 6mSS
Malzeme : Paslanmaz çelik

Otomomatik Aktif Karbon Filtresi

Model	: 77FC200
Marka	: AKTECH
Mineral İçeriği	: 80 kg aktif karbon , 25 kg quartz kum
Mineral Kullanım Süresi	: 1 yıl
Cihaz Yüksekliği	: 2105 mm
Tank Boyutları	: 18" x 65"
Tank Kesit Alanı	: 0,17 m ²
Filtrasyon Hızı	: 15 m/h

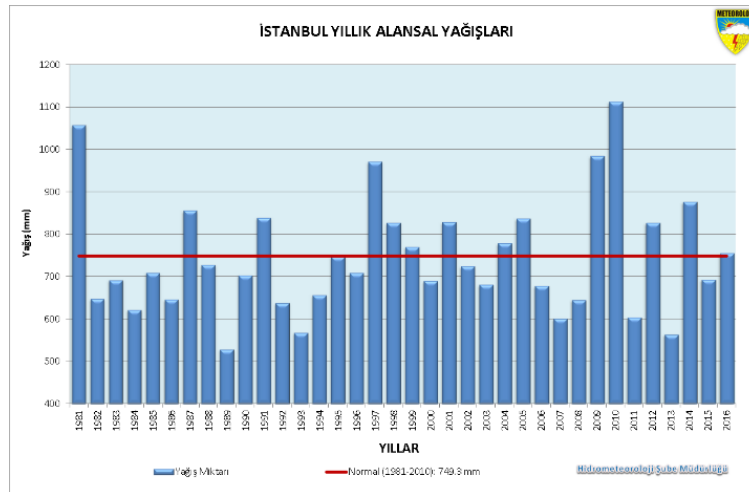
Tank Malzemesi	: FRP Kompozit
Cihaz Bağlantı	: 1"
Sistem Debisi	: 2,5 m ³ /h
Max. Ters Yıkama Debisi	: 7,1 m ³ /saat
Rejenerasyon Süresi	: 20 dakika
Min.Çalışma Basıncı	: 2 bar
Max.Çalışma Basıncı	: 8 bar
Basınç Kaybı	: 0,5 bar
Min.Çalışma Isısı	: 1°C
Max.Çalışma Isısı	: 43°C
Enerji Bağlantı	: 220 V-50 Hz

Temiz Su Deposu

Kapasite	: 30 m ³
Gövde Malzemesi	: AISI 316 veya GRP
Depo Boyutları (m)	: W:4 m , L:4 m , H: 2,5 m

5.3 Yağmur Suyu Kullanım Hesabı

Meteorolojinin resmi sitesinden alından verilere göre 1981-2016 yılları arasındaki İstanbul için yağış oranları aşağıda gösterildiği gibi olup, yıllık ortalama 815,2 mm'dir.



Şekil 5.2 1981-2016 yılları arasındaki İstanbul için yağış oranları [15]

Yurt binası çatısının izdüşüm alanı 660 m²'dir. Yağmur suyu burada toplanıp borular yardımıyla bahçeye konumlandırılacak olan depoya gönderimi sağlanıp, bu süreçte filtreleme işleminden geçirilecektir. Depoda biriken su ise ihtiyaç doğrultusunda kullanılacaktır. Çatıda biriken toplam su miktarını hesaplayabilmek için;

Çatıda Toplanan Yağmur Suyu Miktarı(m³)= (Yağmur toplama alanı) x (Yağış miktarı) x (Çatı katsayısı) x (Filtre etkinlik katsayısı)

Çatı katsayısı: 0,8 (DIN1989'dan alınmıştır). Çatıya düşen bütün yağmur sularının dönüştürülemeyeceği için bu katsayı kullanılır.

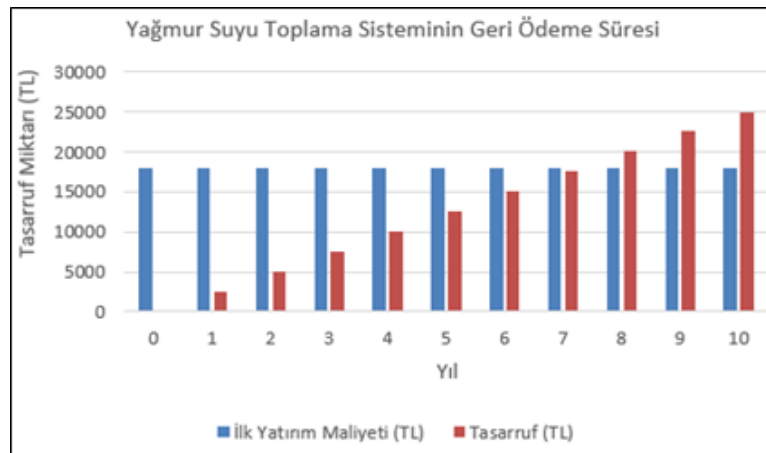
Filtre etkinlik katsayısı: 0,9 (DIN1989'dan alınmıştır). Çatıdan elde edilen yağmur suyunun, görünen katı maddelerden ayrıştırılması için geçirilen ilk filtrenin verimlilik katsayısıdır. Suyun bir miktarının buradan geçemeyeceği hesaplanarak verilen bir katsayıdır.

Hesaplamalardan çatımızda bir senede biriken su miktarının 387 m³ olduğu bulunur.

İSKİ'nin 2018 yılı birim fiyatları (9,40 TL/m³) ile hesaplama yapıldığında, toplanan tüm suyun kullanılacağı varsayılarak yıllık tasarruf miktarı ortalama 3.638 TL olarak bulunmuştur.

Sistemin kurulum maliyeti: 4.000 € dur.

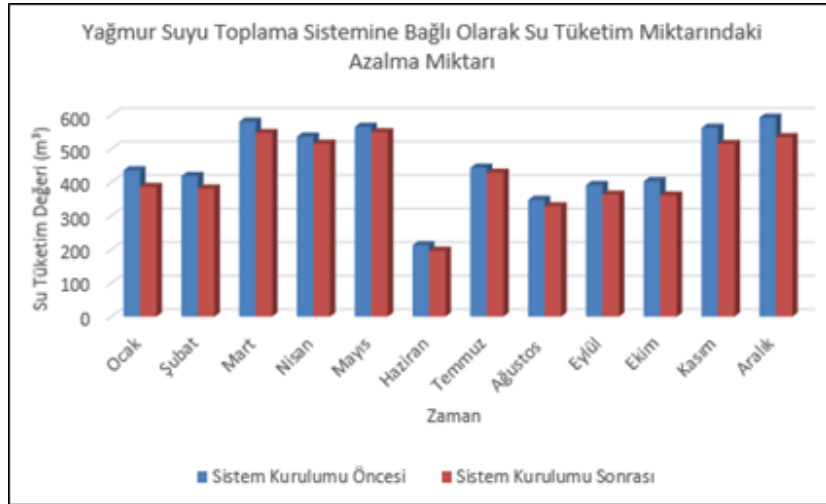
Bu maliyete ek olarak yıllık elektrik tüketimi, bakım masrafları ve diğer masraflar eklenince yıllık yaklaşık 1.200 TL maliyet bulunmaktadır.



Şekil 5.3 Yağmur suyu toplama sisteminin yıllara göre maliyet – gelir grafiği

Yıllık elde edilecek tasarruflar ve maliyetler göz önüne alındığında yağmur suyu toplama sisteminin kendini geri ödeme süresi 7,2 senedir.

Yağmur suyu toplama sisteminin devreye alınması ile tüketilen su miktarında, ortalama %7 kadar düşüş olacağı hesaplanmıştır. Bu hesaplama Şekil 5.4’ deki grafik ile gösterilmiştir.



Şekil 5.4 Yağmur suyunun toplama sistemi kullanılmaya başladıktan sonra tüketilen su miktarının aylara göre dağılımı

GÜNEŞ PANELLERİ İLE ELEKTRİK ÜRETİMİ

6.1 Güneş Panelleri

Günümüzde gelişen teknolojiye bağlı olarak enerji ihtiyaçlarında büyük ölçüde artış olmuştur. Bu enerji ihtiyaçlarının karşılanması için elimizde bulunan tüketilebilir kaynakların kullanılması yerine, güneş enerjisinden faydalanılarak elektrik üretimi yaygınlaşmaya başlamıştır. Güneş enerjisinden elektrik üretiminde iki sistem bulunmaktadır. Bunlar şebekeye bağlı sistemler ve şebekeden bağımsız sistemlerdir.

Şebekeye Bağlı Sistem:

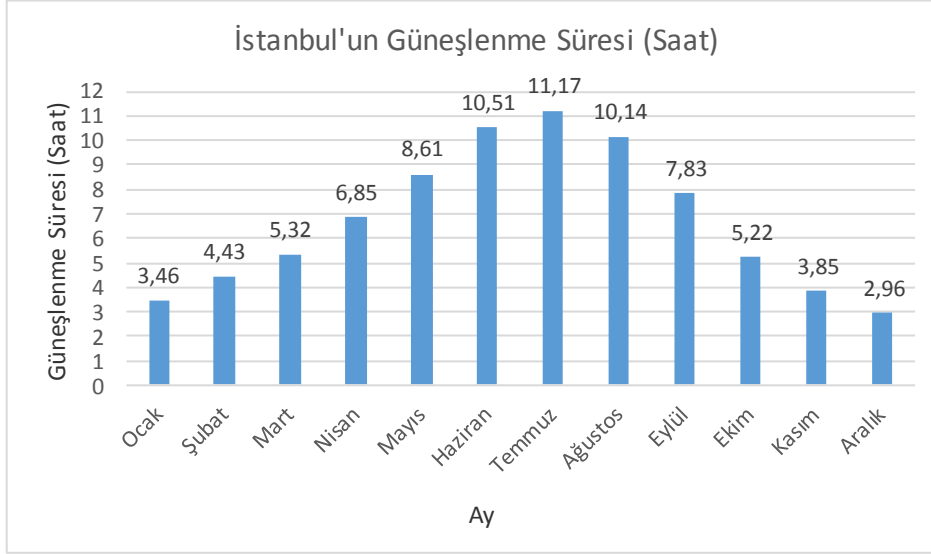
Şebekeye bağlı sistemlerin şebekeden bağımsız sistemlere göre farklı olmasının sebebi akü grubunun bulunmamasıdır. Yani güneş panellerinin ürettiği fazla enerji depolanmaz, şebekeye verilir. Yeterli enerji üretilmediği zaman ise şebekeden enerji alınır.

Şebekeden Bağımsız Sistem:

Bu sistemler genellikle şebekeye erişimin zor olduğu yerlerde kullanılır. Genel olarak güneş paneli, akümülatör (akü grubu) şarj regülatörü ve inverterden oluşmaktadır.

6.2 Sistem Tasarımı ve Maliyet Analizi

İstanbul yılda ortalama 6,7 saat güneşlenme süresine sahiptir.



Şekil 6.1 İstanbul'un aylara göre güneşlenme süresi

Binamız için şebekeye bağlı bir sistem düşünülmüştür. Yurt binasının aylara göre elektrik tüketim değerleri Çizelge 6.1' de gösterilmiştir.

Çizelge 6.1 Yurt binasında elektrik tüketim değerleri

Tarih	Aylık Harcanan kWh	Günlük Ortalama Harcanan kWh
Oca.16	6495	209,52
Şub.16	7440	265,71
Mar.16	7965	256,94
Nis.16	7725	257,5
May.16	7677	247,6
Haz.16	3262	108,7
Tem.16	4199	135,5
Ağu.16	2461	79,4
Eyl.16	2431	81,6
Eki.16	6867	221,5
Kas.16	7826	260,9
Ara.16	8210	264,8

Bu verilere göre 50 kWh lik güneş panelleri ile elektrik ihtiyacı karşılanabilir. Her biri 260 W olan güneş panellerinden 193 panel kullanılması gerekmektedir. Ölçüleri 164 cm x 99 cm olan bu panellerin yan yana dizilmesinde ihtiyaç duyduğumuz alan ortalama 313 m² olarak hesaplanmıştır. Mevcut çatı alanı panellerin montajı için yeterlidir.

Kurulması düşünülen güneş paneli sistemi ile ilgili analizler PVSyst programı ile yapıldı. İstanbul ili için küresel radyasyon değerleri, ortalama sıcaklık değerlerini Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün internet sitesinden alındı [14]. Program tarafından hesaplanan ay bazlı üretim değerleri Çizelge 6.2' de verilmiştir.

Çizelge 6.2 Yurt binası için elektrik üretim değerleri

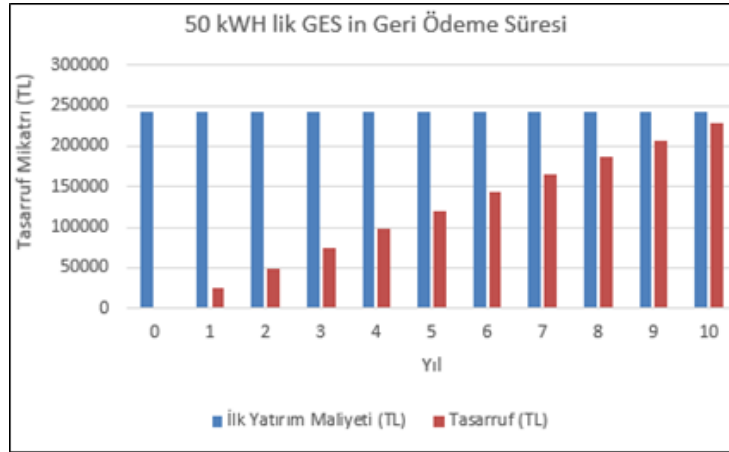
Tarih	Aylık Üretililecek kWh
Ocak	2831
Şubat	3144
Mart	5412
Nisan	6581
Mayıs	7668
Haziran	7879
Temmuz	8536
Ağustos	7893
Eylül	6808
Ekim	5170
Kasım	3508
Aralık	2600

Sistemin tasarımının maliyet değerleri Çizelge 6.3’ de gösterilmiştir.

Çizelge 6.3 Güneş santrali maliyet tablosu

GES Santralin Maliyet Kalemleri	1 Watt Birim Fiyatı (€)	50 kW Maliyeti (€)
Güneş Paneli	0.54 - 0.64	27000 - 32000
Konstrüksiyon	0.07 - 0.08	3500 - 4000
İnvertör	0.20 - 0.25	10000 - 12500
Koruma Ekipmanları	0.02 - 0.03	1000 - 1500
Trafo	0.02 - 0.03	1000 - 1500
Kablolama DC-AC	0.05 - 0.07	2500 - 3500
İşçilik + Nakliye	0.06 - 0.07	3000 - 3500
Diğer (Uzaktan İzleme, Sayaç , Tarafo Kabini ,Panolar , Tel Örgü vb.)	0.06 - 0.07	3000 - 3500
Toplam		51000 - 58500

Santralin maliyeti 54.000 €, sistemin yıllık bakım masrafı 500 € olduğu göz önünde bulundurulursa, bu durumda yıllara göre maliyet ve geri ödeme süreleri Şekil 6.2’ deki gibidir.



Şekil 6.2 Sistemin maliyet-gelir grafiği

PV panelleri ile elektrik üretim sisteminin devreye girmesi ile yıllık sağlanan tasarruf miktarı ve yapılan masraflar göz önüne alındığında bugünkü değer yöntemi ile geri ödeme süresi 10,8 sene olarak hesaplanmıştır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

7.1 Sonuç ve Öneriler

Yapılan çalışmada binaya uygulanması düşünülen taş yünü, cam yünü, XPS ve EPS yalıtım malzemelerinin duvara ve çatıya uygulanması durumu için optimum yalıtım kalınlıkları hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda en uygun yalıtım malzemesi cam yünü olarak belirlenmiştir. Cam yününün duvar için optimum yalıtım kalınlığının 0,076 m olduğu ve bu yalıtım ile 8,26 TL/m² tasarruf elde edileceği, çatı için ise en uygun yalıtım malzemesi olan cam yününün optimum yalıtım kalınlığının 0,075 m olduğu ve bu yalıtım ile 7,59 TL/m² tasarruf elde edileceği hesaplanmıştır. Bu sonuçlar ışığında binanın duvarlarına ve çatısına optimum kalınlıkta cam yününün uygulanması durumunda yılda 21.116 TL tasarruf elde edileceği ve maliyetler göz önüne alındığında 6,4 sene içerisinde uygulamanın kendini geri ödeyeceği hesaplanmıştır.

Binanın su tüketim değerlerini düşürmek amacıyla gri suyun yeniden kullanılması düşüncesi ile binaya membran biyoreaktör gri su arıtma sistemi tasarlanmıştır. Duş, lavabo ve banyodan gelen suyun arıtılarak rezervuarlarda ve çamaşır makinelerinde kullanılması hedeflenmiştir. Sistem devreye alındıktan sonra mevcut su tüketim değerleri göz önüne alınarak, su tüketiminde %40 oranında azalma olacağı hesaplanmıştır. Sistemin kullanılması ile yılda 20.670 TL tasarruf elde edilebileceği ve maliyetler göz önüne alınarak 6,5 yılda kendini geri ödeyebileceği hesaplanmıştır.

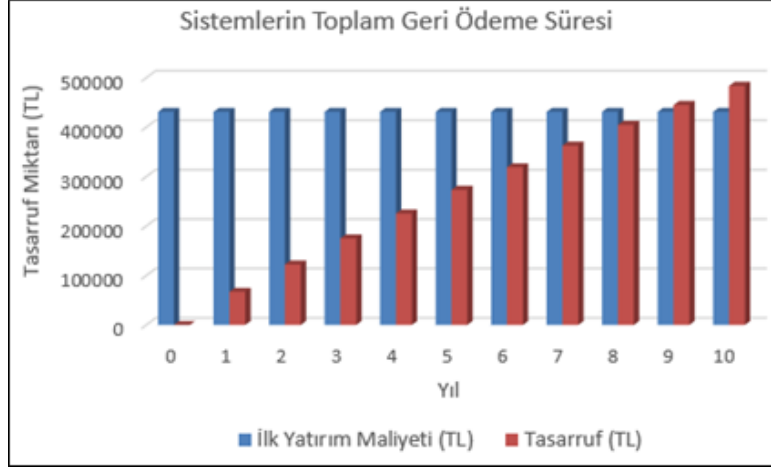
Binanın yağmur suyundan faydalanması düşüncesi ile binaya uygun yağmur suyu toplama sistemi tasarlanmış ve bu sistem ile su tüketiminde azalma olması hedeflenmiştir. Çatıya toplanan yağmur sularının filtrasyon işlemlerinden geçirildikten sonra, bulaşık makinelerinde ve bahçe sulama sisteminde kullanılması düşünülmüştür. Sistemin hayata geçmesi ile su tüketim oranında yaklaşık % 7’lik bir azalma olduğu hesaplanmıştır. Sistemin kendini geri ödeme süresinin ise 7,2 sene olduğu tespit edilmiştir.

Binada kullanılan elektrik tüketim değerlerinin azaltılması ve güneş enerjisinden faydalanılması düşüncesi ile çatıya güneş panelleri yerleştirilerek elektrik enerjisi üretimi sağlanması hedeflenmiştir. 72558 kWh’lik yıllık elektrik enerjisi tüketimine sahip olan yurt binası için, 50 kWh’lik elektrik üretimine sahip bir güneş paneli sistemi tasarlanmıştır. Bu sistemin devreye girmesi ile yılda 68030 kWh’lik elektrik enerjisi üretimi olabileceği PVsyst programı ile analiz edilmiştir. Sistemin kullanılması ile 27.892 TL yıllık tasarruf sağlanacağı ve maliyetler düşünülerek 10,8 yılda kendini geri ödeyebileceği hesaplanmıştır. Binamıza uygulanan sistemlerin özet tablosu Çizelge 7.1’ de verilmiştir.

Çizelge 7.1 Binaya uygulanan sistemlerin özet tablosu

Sistem	İlk Yatırım Maliyeti (TL)	Yıllık Maliyetler (TL)	Tasarruf Miktarı (TL)	Geri Ödeme Süresi (Yıl)
Cam Yünü Yalıtım Uygulaması	93.960		21.116	6,4
Gri Su Sistemi	76.500	8.170	20.670	6,5
Yağmur Suyu Toplama Sistemi	18.000	1.200	3.638	7,2
Güneş Paneli Sistemi	243.000	2.250	27.892	10,8
Toplam	431.460	11.620	73.316	8,6

Bütün sistemler aynı anda binamıza uygulanması durumunda Şekil 7.1’ deki gibi grafik elde edilir.



Şekil 7.1 Sistemlerin hepsinin binaya uygulanma durumunda maliyet-tasarruf grafiği

Sistemlerin hepsi aynı anda binaya uygulanması ile 431.460 TL'lik maliyet olmaktadır. Yıllık gider (bakım + elektrik + diğer masraflar) 11.620 TL'dir. Toplam yıllık tasarruf miktarı ise 73.316 TL'dir. Bugünkü değer yöntemi ile sistemler 8,6 senede kendini geri ödeyip kara geçireceği hesaplanmıştır.

Gelişen teknoloji ile birlikte sistemlerin maliyetlerinde düşüş olması ve bu sayede geri ödeme sürelerinde azalma olması beklenmektedir. Enerjiye ve suya olan talebin her geçen gün arttığını ve kaynaklarımızın sınırlı olduğunu göz önünde bulunduracak olursak, harcanan enerjinin ve suyun minimum düzeyde tutulması ve yenilebilir enerji kaynaklarından faydalanılması büyük öneme sahiptir.

KAYNAKLAR

- [1] Ozel, M., (2014). "Effect of insulation location on dynamic heat-transfer characteristics of building external walls and optimization of insulation thickness", *Energy and Buildings*, cilt 72, 288-295.
- [2] Güllüce, H. Karslı ve S.Saraç, H., (2015). "Konutlarda Yalıtım Kalınlıklarının Arttırılmasının Enerji Tasarrufuna Etkisi".
- [3] Kürekci, N.A., Bardakçı, A.T. ve Çubuk, H., (2012). "Türkiye'nin Tüm İlleri İçin Optimum Yalıtım Kalınlığının Belirlenmesi", *Tesisat Mühendisliği*, sayı 131, sayfa 5-21.
- [4] Dinçer, F., (2011). "Türkiye'de Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi Potansiyeli Ekonomik Analizi ve AB Ülkeleri ile Karşılaştırmalı Değerlendirme", *KSU Mühendislik Dergisi* , sayı 14 ,sayfa 8-17.
- [5] Varınca, K.B. ve Gönüllü, M.T., (2006). "Türkiye'de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma", *1. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi*, sayfa 270-275 , Eskişehir.
- [6] Zahedi, A., (2006). "Solar Photovoltaic (PV) Energy; Latest Developments in the Building Integrated and Hybrid PV Systems", *Renewable Energy*, sayı 31 , sayfa 711-718.
- [7] Brown,C.A., "Greywater Recycling - Risk, Benefits, Costs and Policy", *ECOplus Greywater Recycling*,
- [8] Karahan, A., (2011). "Gri Suyun Değerlendirilmesi ", *Tesisat Mühendisliği*, sayfa 43-49.
- [9] Ombese, M.A., (2008). Design of an Improved Grey Water Recycling System, Department of Environmental and Biosystems Engineering, University of Nairobi, Engineering Design Project.
- [10] Wanjuri, E. ve Xia, X., (2018). "Sustainable Energy-Water Management for Residential Houses with Optimal Integrated Grey and Rain Water Recycling" , *Journal of Cleaner Production* , sayı 170 , sayfa 1151-1166.
- [11] Efe, M., (2006). Atıksu ve Yağmur Suyu Toplayıcı Sistemlerinin Tasarımı ve İşletilmesinde Kullanılan Bilgisayar Destekli Modellerin Değerlendirilmesi ve

Bir Örnek Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,.

- [12] Cengel, Y., (2012). Isı ve Kütle Transferi, Üçüncü Basım, Güven Yayınevi, İstanbul
- [13] Üstün, E.G., (2015) “Gri Suyun Arıtımı ve Yeniden Kullanımı” , Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Cilt 20, Sayı 2.
- [14] Şahin, İ.N., (2015) “Binalarda Yağmur Suyunun Kullanılması”, Tesisat Mühendisliği , sayı 125, sayfa 21-32.
- [15] Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, <https://www.mgm.gov.tr/>
- [16] Küçükgöze, O.M, (2016). Erzincan İli İçin 50 kW Kurulu Gücünde Bir Güneş Enerji Santralinin Maliyet Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Erzincan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Reha AYDAR
Doğum Tarihi ve Yeri : 30.08.1991 Şişli
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : rehaaydar@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Makine Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2018
Lisans	Makine Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2018
Lise	Fen	Pertevniyal Anadolu Lisesi	2009

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2015 - 2018	Borusan Oto	Parça Satış Danışmanı

YAYINLARI

Makale

1. Aydar R., Kürekci, N.A. ve Çubuk, H., (2018). “ Mevcut Bir Binanın Enerji Tüketiminin Azaltılması ve Ekonomik Analizi ”, Tesisat Mühendisliği, sayı 164