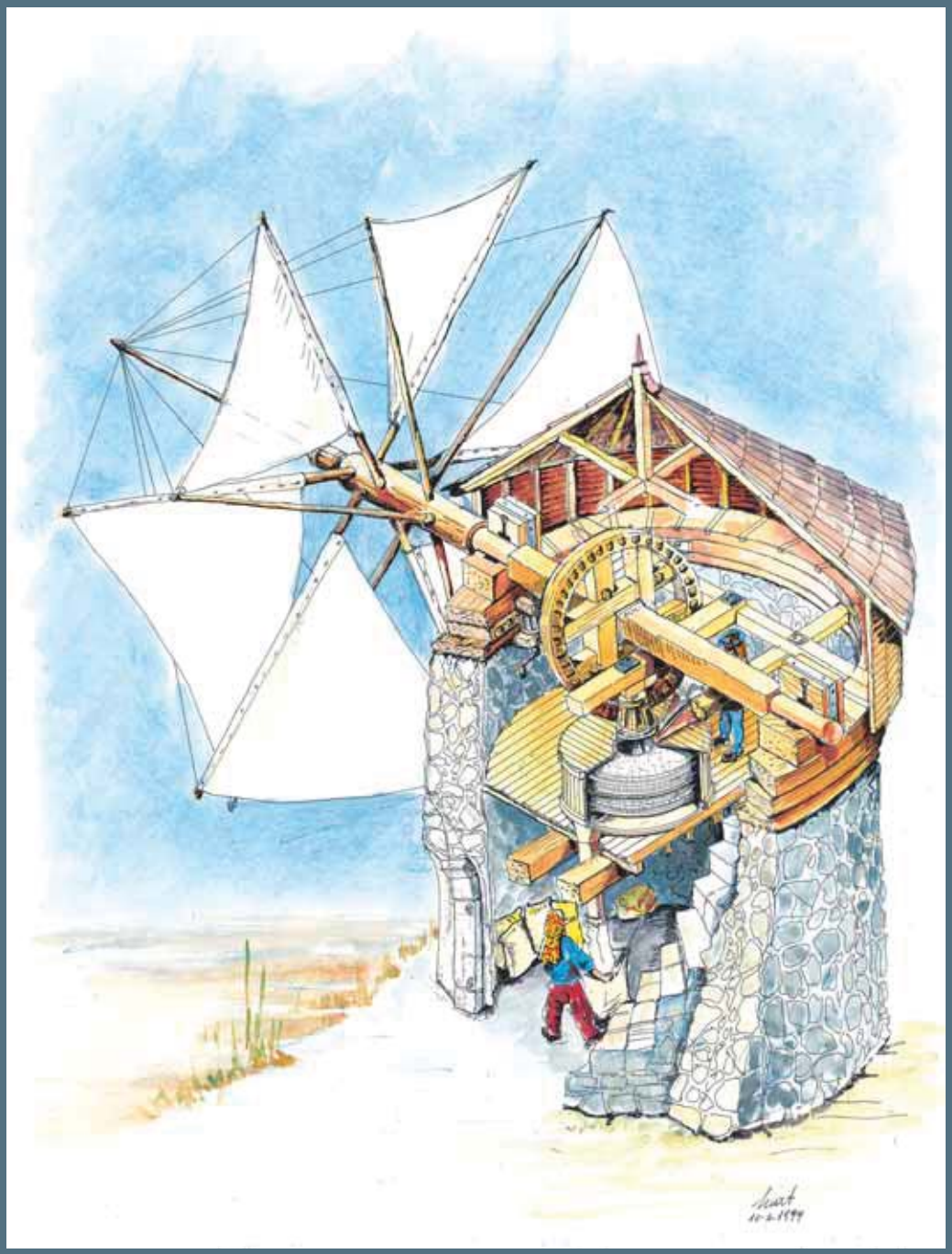
tmmob
makina mühendisleri odası

TESİSAT MÜHENDİSLİĞİ

ISSN 1300-3399 • Mart-Nisan 2018 • YIL: 26 • SAYI: 164 • www.mmoistanbul.org



Mevcut Bir Binanın Enerji Tüketiminin Azaltılması ve Ekonomik Analizi
Reha AYDAR
Handan ÇUBUK
N. Alpay KÜREKCİ

Kare Kesitli Mikrokanallarda Doymuş Kaynamalı Akış Karakteristiklerinin Deneysel İncelenmesi
Burak MARKAL
Orhan AYDIN
Mete AVCI

Minikanallarda Doymuş Kaynamalı Akış Karakteristiklerinin Deneysel İncelenmesi
Ayşe CANDAN
Burak MARKAL
Orhan AYDIN
Mete AVCI

Tesisat Mühendislerinin Hasta Bina Sendromu Oluşmasındaki Yeri Ve Hastalığın Giderilmesi İçin Alınması Gereken Önlemler
Veli DOĞAN

Isı Borulu Isı Geri Kazanım Ünitelerinin Baca Gazı Uygulamalarında Teorik ve Deneysel İncelemesi
H. Cem ERİŞTİRENOĞLU

Kanatlı Borulu Isı Değiştirici Isıl/Hidrolik Performansını Etkileyen İyileştirme ve Tasarım Parametre Seçimlerinin Sistem Performansına Etkilerinin İncelenmesi
Mete ÖZŞEN
Hüseyin ONBAŞIOĞLU

İÇİNDEKİLER

Mevcut Bir Binanın Enerji Tüketiminin Azaltılması ve Ekonomik Analizi
Reduction of Energy Consumption and Economic Analysis of an Existing Building
Reha AYDAR, Handan ÇUBUK, N. Alpay KÜREKCİ — 5

Kare Kesitli Mikrokanallarda Doymuş Kaynamalı Akış Karakteristiklerinin Deneysel İncelenmesi
An Experimental Investigation of Saturated Flow Boiling Characteristics in Square Microchannels
Burak MARKAL, Orhan AYDIN, Mete AVCI — 19

Minikanallarda Doymuş Kaynamalı Akış Karakteristiklerinin Deneysel İncelenmesi
An Experimental Investigation of Saturated Flow Boiling Characteristics in Minichannels
Ayşe CANDAN, Burak MARKAL, Orhan AYDIN, Mete AVCI — 29

Tesisat Mühendislerinin Hasta Bina Sendromu Oluşmasındaki Yeri ve Hastalığın Giderilmesi İçin Alınması Gereken Önlemler
Significance of Plant Engineers on Sick Building Syndrome Happening and Precautions to Be Taken
Veli DOĞAN — 39

Isı Borulu Isı Geri Kazanım Ünitelerinin Baca Gazı Uygulamalarında Teorik ve Deneysel İncelemesi
Theorical and Experimental Anaysis of Heat Pipe Heat Recovery Units in Chimney Applications
H. Cem ERİŞTİRENOĞLU — 55

Kanatlı Borulu Isı Değiştirici Isıl/Hidrolik Performansını Etkileyen İyileştirme ve Tasarım Parametre Seçimlerinin Sistem Performansına Etkilerinin İncelenmesi
Investigation of the Improvements on Thermal/Hydrolic Performance of Finned and Tube Type Heat Exchanger and Effects of Coil Parameter Selection on System Performance
Mete ÖZŞEN, Hüseyin ONBAŞIOĞLU — 64

8 Mart Dünya Kadınlar Günü'nde 'İklimlendirme Sektörünün Mühendis Kadınları Konuşuyor' Paneli Yapıldı — 73

TESİSAT MÜHENDİSLİĞİ

ISSN 1300 - 3399
Süreli - Teknik Yayın

Mart/Nisan 2018
Yıl: 26 Sayı: 164

MMO Adına Sahibi
Yunus Yener

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü
İbrahim M. Tataroğlu

Editör
Doç. Dr. Eyüp Akaryıldız

Yayın Koordinatörü
Sema Keban

Yayın Kurulu
Ali Metin Duruk (*ISKAV / Friterm*)
Battal Kılıç (*MMO İst. Şb. Y.K. Başkanı*)
Burak Olgun (*Solution Home Bilişim*)
C. Ahmet Akçakaya (*MMO İst. Şb. Y.K. Üyesi*)
Eyüp Akaryıldız (*Ayvansaray Üni.*)
Galip Temir (*Yıldız Teknik Üni.*)
Hasan Alpay Heperkan (*İstanbul Aydın Üni.*)
İbrahim M. Tataroğlu (*MMO İst. Şb. Y.K. Sek.*)
İsmail Cem Parmaksızoğlu (*İstanbul Teknik Üni.*)
İsmail Turanlı (*Norm Teknik*)
Muammer Akgün (*BACADER*)
Muammer Koçer (*ATM Mühendislik*)
Tevfik Peker (*ISISO San. Sit. Y.K. Üyesi*)
Turgut Bozkurt (*Ekin Mühendislik*)
Uğur Ayken (*Adeks Mühendislik*)
Üzeyir Uludağ (*Artes Havuzculuk*)
Zeki Arslan (*Isıso Mühendislik*)

Reklam
Günay Kahraman

Dizgi ve Mizanpaj
Sema Keban

Kapak Resmi
Suat Çakmak'ın Geleceğin Teknolojileri Sempozyumu ve Sergisi için hazırladığı **Çağlar Boyu Teknoloji** Resim Sergisi'nden alınmıştır.

Baskı
Patika Ajans Matbaacılık
Reklam Org. Tic. Ltd. Şti.
Adakale Sokak 4/B Kızılay /ANKARA
Tel: 0312 431 22 11

Baskı Tarihi
20.04.2018

Yönetim Merkezi
Kâtip Mustafa Çelebi Mah. İpek Sok. No: 9
Beyoğlu/İstanbul Tel: 0212 252 95 00 - 01

Baskı Sayısı
6.000 adet

Tesisat Mühendisliği Dergisi'nde yayınlanan yazı ve çizimlerin her hakkı saklıdır. İzin alınmadan yayınlanamaz.

www.mmoistanbul.org

Hakem Kurulu

DOÇ. DR. EYÜP AKARYILDIZ
MAK. MÜH. C. AHMET AKÇAKAYA
YÜK. MAK. MÜH. MUAMMER AKGÜN
PROF. DR. MAHİR ARIKOL
PROF. DR. AHMET ARISOY
MAK. MÜH. UĞUR AYKEN
PROF. DR. Z. DÜRİYE BİLGE
DR. MUSTAFA BİLGE
MAK. MÜH. TURGUT BOZKURT
PROF. DR. AHMET CAN
YRD. DOÇ. DR. HANDAN ÇUBUK
PROF. DR. TANER DERBENTLİ
YÜK. MAK. MÜH. METİN DURUK
PROF. DR. EKREM EKİNCİ
MAK. MÜH. SERPER GİRAY
PROF. DR. ALİ GÜNGÖR
PROF. DR. HASAN A. HEPERKAN
MAK. MÜH. ALİ HAYDAR KARAÇAM
PROF. DR. HALUK KARADOĞAN
PROF. DR. ABDURRAHMAN KILIÇ
PROF. DR. OLCAY KINCAY
MAK. MÜH. LEVENT KIRKAYAK
MAK. MÜH. TUNÇ KORUN
DR. NURİ ALPAY KÜREKCİ
DOÇ. DR. EBRU MANÇUHAN
DR. BURAK OLGUN
PROF. DR. RÜKNETTİN OSKAY
DOÇ. DR. DERYA BURCU ÖZKAN
PROF. DR. RECEP ÖZTÜRK
PROF. DR. CEM PARMAKSIZOĞLU
DR. MUSTAFA KEMAL SEVİNDİR
PROF. DR. GALİP TEMİR
PROF. DR. MACİT TOKSOY
MAK. MÜH. İSMAİL TURANLI
MAK. MÜH. ÜZEYİR ULUDAĞ
MAK. MÜH. CAFER ÜNLÜ
PROF. DR. RECEP YAMANKARADENİZ
PROF. DR. TUNCAY YILMAZ
DOÇ. DR. ZEHRA YUMURTACI

Bu dergide belirtilen görüşler yazarların kendine ait olup, hiçbir şekilde MMO'nun aynı konudaki görüşlerini yansıtmaz.

Tesisat Mühendisliği Dergisi Makale Yazım Kuralları

GENEL KURALLAR

- Makaleler MMO Ağ Evi'nde İnternet ortamında da yayınlanmaktadır.
- Makale metinleri ve öz üzerinde yer alan her türlü görüş ve düşünce ve yazım hatası açısından sorumluluk tamamen yazarlara aittir.
- Hakemler tarafından gerekli görüldüğünde yazarlara iletilmek üzere metinler ve öz üzerinde bazı düzeltme, öneri ve katkılar getirebilirler.
- Makalelerde, bölümler (giriş, tanımlamalar, incelemeler, araştırmalar, gelişmeler, sonuçlar, şekiller ve değerlendirmeler vb.) bir bütünlük içinde olmalıdır.
- Makale dili Türkçe'dir. Makalelerde kullanılan dilin anlaşılabilir bir Türkçe olmasına dikkat edilmeli, yabancı dillerdeki sözcükler ve tümceler mümkün olduğu kadarıyla kullanılmamalıdır.
- Makalelerde kullanılan bütün birimler SI birim sisteminde olmalıdır. Gerekli görüldüğü takdirde farklı birim sistemindeki değerleri parantez içinde verilmelidir.
- Makalenin üslubu, formatı ve dili etkinlik yapısına ve mühendislik etiğine uygun olmalıdır.
- Makalelerde belirli bir grup, sınıf veya toplumu oluşturan tabakalardan herhangi birinin, firma veya firma topluluklarının menfaati ön plana çıkartılmamalı, bu konuda reklam ve propaganda yapılmamalıdır. Makalelerde herhangi bir firmanın, ürünün (veya sistemin), cihazın veya markanın reklamı yapılmamalıdır. Şekil, resim ve tablolarda ticari bir kuruluşun adı, logosu yer almamalıdır.

ETİK KURALLAR

- Dergiye gönderilen makalelerde COPE (Committee on Publication Ethics)'un Editör ve Yazarlar için Uluslararası Standartları dikkate alınmalıdır.
- Dergiye gönderilen makalelerde etik kurul kararı gerektiren klinik ve deneysel insan ve hayvanlar üzerindeki çalışmalar için ayrı ayrı etik kurul onayı alınmış olmalı, bu onay makalede belirtilmeli ve belgelendirilmelidir.
- Sunulan kaynakların ve verilerin doğruluğundan yazarlar sorumludur. Hatalı, aldatıcı veya yanlış yönlendirici bilgilerin varlığı fark edildiğinde editör makaleyi bilimsel literatürden çekme ve bunu duyurma hakkına sahiptir.
- Dergimizde yayınlanan veya yayınlama amacı ile gönderilen yazılarda intihal ve izinsiz veri kullanımına ilişkin tüm sorumluluk çalışmanın yazar ya da yazarlarında aittir. Böyle bir durumda Tesisat Mühendisliği dergisi herhangi bir sorumluluk kabul etmez.
- Tüm yazarların gönderilen makaleye akademik ve bilimsel açıdan katkıları bulunmalıdır. Yazarlar gönderilen yayının herhangi bir şekilde öncelikli hale getirilmesini isteyemez.

ÖZ ve MAKALE YAZIM KURALLARI

- Makaleler, Microsoft Word belgesi şeklinde Windows ortamında kullanılacak şekilde hazırlanacaktır.
- Makaleler solda 3,5 cm, üstte, altta ve sağda 2,5 cm boşluk bırakılmak suretiyle yazılacaktır.
- Makale metinleri, kaynaklar ve şekiller dâhil en fazla 10 sayfadan oluşmalıdır.
- Makale başlığı en fazla 15 sözcük veya iki satırı geçmeyecek şekilde oluşturulacaktır. Başlıklar 14 punto Times New Roman yazı tipi kullanılarak, soldan itibaren kelimeler büyük harfle başlayacak ve küçük harfle yazılacaktır.
- Başlığı takiben iki satır aradan sonra yazar isimleri, ad ve soyad şeklinde küçük harfle verilecek, yazarların çalıştığı kurumlar, yazara ait ORCID* bilgisi ve varsa e-posta adresleri yazar listesinin hemen altında açıklanacaktır.
- Yazar isimlerini takiben iki satır atlanarak Türkçe ve İngilizce öz(abstract) verilecektir. Makale özlerinde metin 9 punto italik Times New Roman yazı tipi ile yazılacaktır. Öz metni en fazla 200 sözcükten oluşacaktır.
- Makale özünü takiben bir satır boş bırakılacak ve anahtar sözcükler Türkçe ve İngilizce yazılacaktır.
- Makale metinlerinin tamamı 9 punto Times New Roman yazı tipi kullanılarak yazılacaktır ve iki sütunda verilecektir. Makale metinleri satır aralığı 1 olacaktır. Paragraflar başlatılırken sol taraftan herhangi bir girinti boşluğu bırakılmayacak, paragraflar arasında yarım satır boş atlanacaktır. Paragraflar iki yana hizalı (justified) biçimde yazılacaktır.
- Makalelerde yer alan tüm resimler, çizimler ve program ekran görüntüleri metin içinde gömülü olacaktır. Şekil, tablo, grafik, resim ve formüllerin yerleşimi metin akışına uygun olarak metin içinde olmalı ve refere edilmelidir.
- Tablo içermeyen bütün görüntüler (fotoğraf, çizim, diyagram, grafik, harita vs.) şekil olarak isimlendirilmelidir.
- Makalelerde ana konu başlıkları 1., 2., 2.1., 2.1.1. vb. şeklinde numaralanacak, örneğin 1. bölüm altında yer alan başlıklar 1.1., 1.2. vb. şekilde yapılacaktır.
- Kullanılan semboller ve indisler kaynaklardan önce yer alacak, 8 punto ve italik olacaktır.
- Makalede geçen kaynaklar veya alıntılar [1], [2] vb. parantezler arasında yapılacak, makale sonunda "Kaynaklar" başlığı altında 1., 2. şeklinde verilecektir. Makaleler: [1] yazar(lar) soyadı, adının baş harfi, makalenin açık adı, derginin açık adı, cilt numarası, sayfa aralığı, basım yılı. Kitap: [2] yazar (editör) soyadı, adının baş harfi., kitabın açık adı, basım evi, basım yeri, basım yılı. Tez: [3] yazar soyadı, adının baş harfi, tezin açık adı, tezin yapıldığı üniversite, tezin basıldığı yer/ülke, basım yılı düzeninde yazılacaktır.
- Makale metinlerinin elektronik kopyaları e-posta ve Online Makale Yönetim Sistemi üzerinden (http//omys.mmo.org.tr/tesisat) gönderilmelidir.

* Bilindiği üzere, araştırmacı, bilim insanı ve akademisyenlerin bilimsel çalışmalarındaki isim/kurum benzerliklerinden kaynaklanan bazı sorunların önüne geçilebilmesi amacıyla araştırmacı kimlik numaraları kullanılmaktadır. TÜBİTAK ULAKBİM ve YÖK arasındaki işbirliği ile yürütülen çalışmalar kapsamında, ORCID bilgisinin kullanılması karar verilmiştir. Bu bağlamda, makale yazarlarının uluslararası geçerliliği de bulunan "ORCID" bilgisine makalelerde yer verilmesi gerekmektedir. ORCID, Open Researcher ve Contributor ID'nin kısaltmasıdır. ORCID, Uluslararası Standart Ad Tanımlayıcı (ISNI) olarak da bilinen ISO Standardı (ISO 27729) ile uyumlu 16 haneli bir numaralı bir URL'dir. http://orcid.org adresinden bireysel ORCID için ücretsiz kayıt oluşturabilirsiniz.

MAKALE

Mevcut Bir Binanın Enerji Tüketiminin Azaltılması ve Ekonomik Analizi

Reha AYDAR
Mak. Müh.
Yıldız Teknik Üniversitesi
İstanbul

Handan ÇUBUK
Yrd. Doç. Dr.
Yıldız Teknik Üniversitesi
Makine Fakültesi
Makine Mühendisliği Bölümü
Termodinamik ve Isı Tekniği Anabilim Dalı
İstanbul
hcubuk@yildiz.edu.tr

N. Alpay KÜREKCİ
Arş. Gör. Dr.
Yıldız Teknik Üniversitesi
Makine Fakültesi
Makine Mühendisliği Bölümü
Termodinamik ve Isı Tekniği Anabilim Dalı
İstanbul
kurekci@yildiz.edu.tr

ÖZ

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 ve 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 Kelimeler
Enerji, Enerji Verimliliği, Binalarda Enerji Tüketimi.

Reduction of Energy Consumption and Economic Analysis of an Existing Building

ABSTRACT

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 TL 73.316 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.

Geliş Tarihi : 12.03.2018
Kabul Tarihi : 13.03.2018

Aydar, R., Çubuk, H., Kürekci, N. A., Mevcut Bir Binanın Enerji Tüketiminin Azaltılması ve Ekonomik Analizi, Tesisat Mühendisliği Dergisi, sayı: 164, sf. 5-18, 2018.

1. GİRİŞ

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.

Özel [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 kanıtlamıştır. Varınca [5] tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışınım 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 üretebilecektir. 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 sağlanabileceği 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 suyu 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.

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.

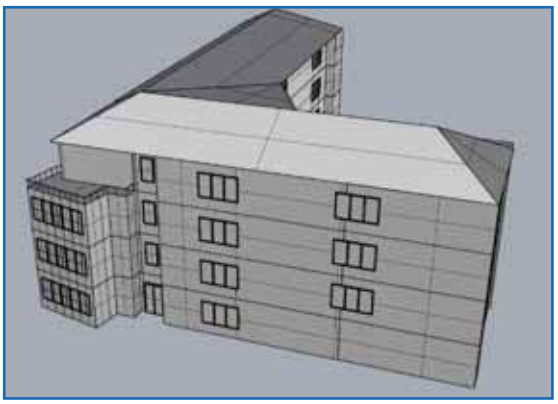
Günümüzde enerjiye ve suya olan talebin her geçen gün arttığını ve bu artış miktarının önümüzdeki yıllarda aynı ivme ile devam edeceğini düşünecek olursak, ileride insanların büyük bir tehdit

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.

2. YÖNTEM

2.1. Bina Hakkında Genel Bilgiler

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. Şekil 1'de de binanın Rhinoceros 3D ile modellenmiş görüntüsü bulunmaktadır.



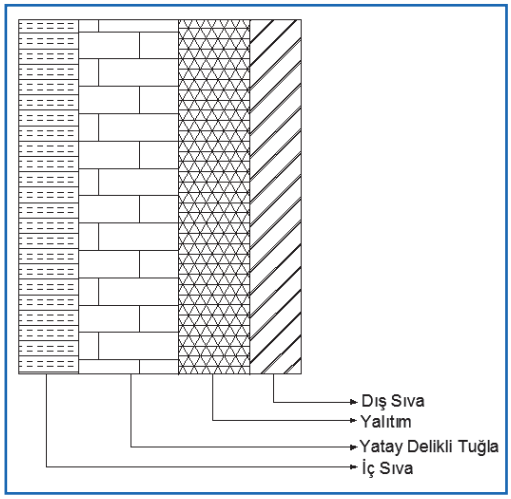
Şekil 1. Rhinoceros 3D ile modellenen bina mimarisi

2.2. Yalıtım

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 2'de, yalıtım malzemelerine ait özellikler Tablo 1'de gösterilmiştir. Mevcut binaya ait duvar ve çatının özellikleri Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Yalıtım Malzemelerine Ait Özellikler

Yalıtım	k (W/mK)	C_y (TL/m³)
Taş Yünü	0,040	250
Cam Yünü	0,040	200
XPS	0,032	370
EPS	0,033	320



Şekil 2. Hesaplamalarda kullanılacak olan duvar modeli

Tablo 2. Mevcut Binaya Ait Duvar Ve Çatının Özellikleri

Malzeme	Kalınlık (m)	Isı İletim Katsayısı (W/m.K)	Isıl Direnç R (m².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
Kremit Altı Kaplama	0,03	0,21	0,142
Sıva	0,02	1,40	0,014
R_d			0,04
R_i			0,13

Tablo 3. Hesaplamalarda Kullanılacak Olan Parametreler

Parametre	Değer
DG (Derece gün sayısı)	1865
$C_{yakıt}$ (Yakıt maliyeti)	1,1008 TL/m³
Hu (Doğal gaz)	34.526 kJ/m³
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.

2.2.1. 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;

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

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;

$$q_{yıl} = DG \cdot 86400 \cdot U \quad (2)$$

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

$$U = \frac{1}{R_{iç} + R_{duvar} + R_{yalıtım} + R_{dış}} \quad (3)$$

Yalıtım malzemesinin ısıl direnci;

$$R_{yalıtım} = \frac{x}{k} \quad (4)$$

Yalıtımsız duvarın ısıl direnci;

$$R_{duvar,toplam} = R_{iç} + R_{duvar} + R_{dış} \quad (5)$$

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

$$E_{yıl} = \frac{DG \cdot 86400 \cdot U}{\eta} \quad (6)$$

Optimum yalıtım kalınlığı ve maliyeti hesaplanırken şimdiki değer faktörü (PWF) kullanılmış olup, (g) enflasyon oranı ve (i) faiz oranı olmak üzere, şimdiki değer faktörü (9) nolu eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$i > g \text{ ise } r = \frac{i - g}{1 + g} \quad (7)$$

$$i < g \text{ ise } r = \frac{g - i}{1 + g} \quad (8)$$

$$PWF = \frac{(1 + r)^N - 1}{r\,(1 + r)^N} \quad (9)$$

$$i = g \text{ ise } PWF = \frac{N}{1 + i} \quad (10)$$

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

$$C_{yıl} = \frac{DG \cdot 86400 \cdot C_{yakıt} \cdot U}{Hu \cdot \eta} \quad (11)$$

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

Yalıtım malzemesinin maliyeti ise;

$$C_{yalıtım} = C_y \cdot x \quad (12)$$

C_y yalıtım birim fiyatı, x ise yalıtım malzemesinin kalınlığıdır.

Yalıtımlı binanın toplam ısıtma maliyeti;

$$C_{yalıtım,toplam} = C_{yıl} \cdot PWF \cdot C_y \cdot x \quad (13)$$

Optimum yalıtım kalınlığı ise;

$$x_{opt} = 293{,}94 \cdot \left(\frac{DG \cdot C_{yakıt} \cdot PWF \cdot k}{Hu \cdot C_y \cdot \eta} \right)^{½} \quad (14)$$

2.2.2. 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.

$$A_{yıl} = C_{toplam} - C_{yalıtım,toplam} \quad (15)$$

$C_{yıl1}$ yalıtımsız durumdaki, $C_{yıl2}$ yalıtımlı durumdaki birim yüzey için ısıtmanın yıllık enerji maliyeti olmak üzere geri ödeme suresi;

$$P = \frac{C_{yalıtım}}{C_{yıl1} - C_{yıl2}} \quad (16)$$

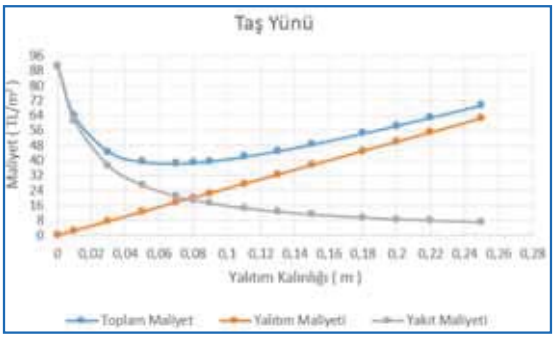
2.2.3. Değerlendirme ve Sonuç

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 yalıtım kalınlığına göre maliyetler ve elde edilen tasarruf miktarları değişiklik göstermektedir. Bu da geri ödeme sürelerinde farklılığa sebep olmaktadır. Çalışmamızda örnek binanın duvarları ve çatısı için taş yünü, cam yünü, XPS ve EPS yalıtım malzemeleri kendi içerisinde karşılaştırılıp optimum yalıtım kalınlıkları hesaplandıktan sonra enerji tasarrufu ve geri ödeme süreleri hesaplanmıştır.

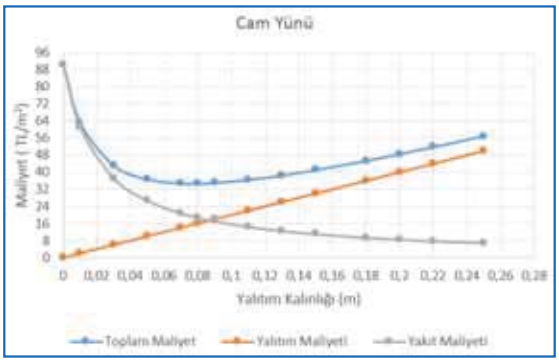
Şekil 3'de binanın duvarına uygulanan taş yününün yalıtım kalınlığına bağlı olarak izolasyon maliyeti, yakıt maliyeti ve toplam maliyetin değişimi gösterilmiştir. Şekil 4'de benzer hesaplamalar cam yünü, Şekil 5'de XPS, Şekil 6'da ise EPS için gösterilmiştir.

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

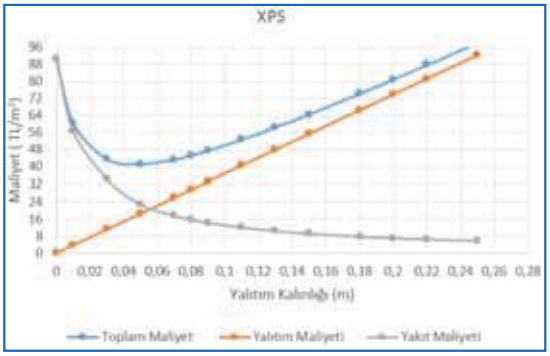
Yalıtımsız duvar ile, farklı yalıtım malzemeleri ile optimum kalınlıkta yalıtım uygulanması durumu karşılaştırılarak yıllara göre elde edilecek tasarruf miktarları Şekil 7'de verilmektedir.



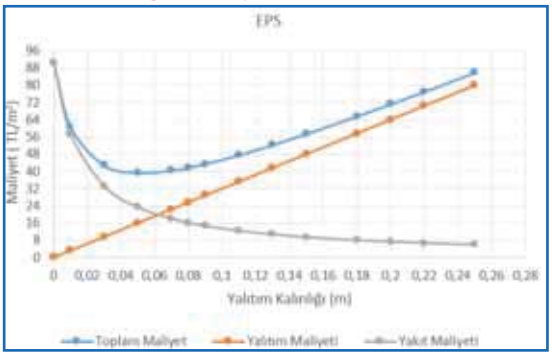
Şekil 3. Duvara uygulanan taş yününün yalıtım kalınlığına göre maliyetlerdeki etkisi



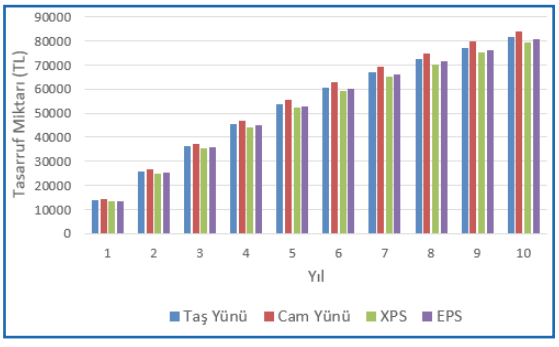
Şekil 4. Duvara uygulanan cam yününün yalıtım kalınlığına göre maliyetlerdeki etkisi



Şekil 5. Duvara uygulanan XPS'in yalıtım kalınlığına göre maliyetlerdeki etkisi



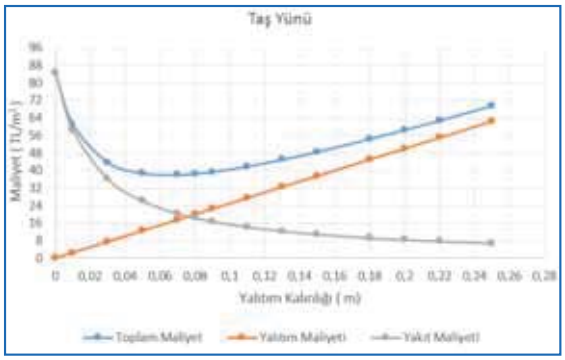
Şekil 6. Duvara uygulanan EPS'nin yalıtım kalınlığına göre maliyetlerdeki etkisi



Şekil 7. 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.

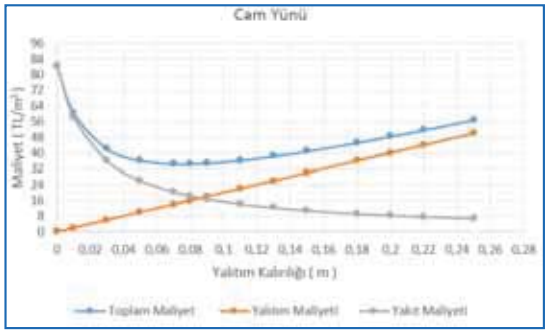
Yapılan hesaplamalar, çatı için de tekrarlanmıştır. Hesaplamalar sonucunda Şekil 8, 9, 10 ve 11'de çatıya uygulanan yalıtım malzemelerinin, uygulanan yalıtım kalınlığına göre maliyete etkisi gösterilmiştir.



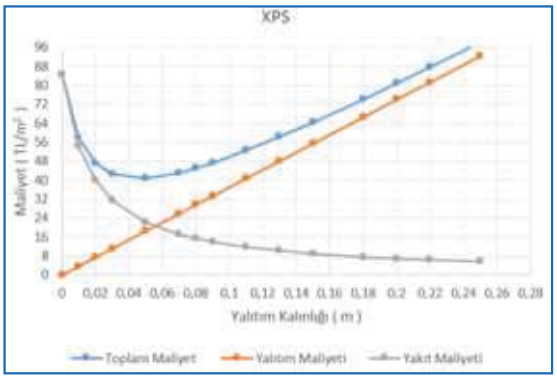
Şekil 8. Çatıya uygulanan taş yününün yalıtım kalınlığına göre maliyetlerdeki etkisi

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

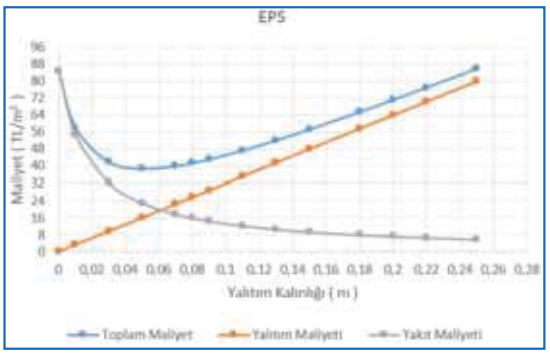
Yalıtımsız çatı ile, farklı yalıtım malzemeleri ile optimum kalınlıkta yalıtım uygulanması durumu karşılaştırılarak yıllara göre elde edilecek tasarruf miktarları Şekil 12'de verilmektedir.



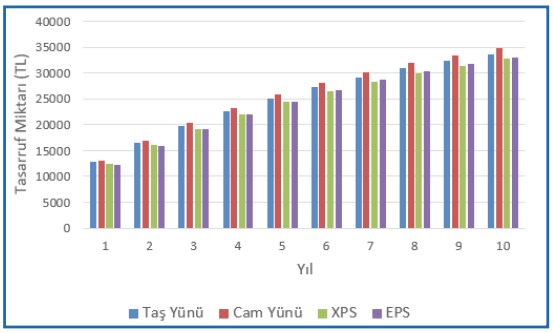
Şekil 9. Çatıya uygulanan cam yününün yalıtım kalınlığına göre maliyetlerdeki etkisi



Şekil 10. Çatıya uygulanan XPS'in yalıtım kalınlığına göre maliyetlerdeki etkisi



Şekil 11. Çatıya uygulanan EPS'nin yalıtım kalınlığına göre maliyetlerdeki etkisi

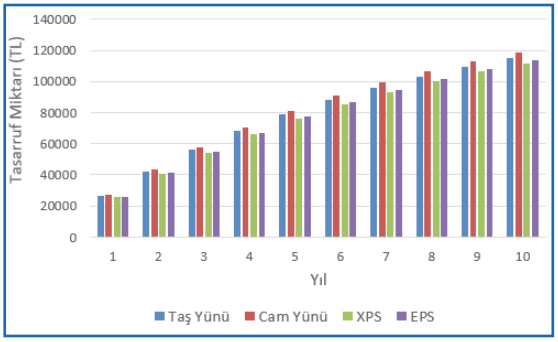


Şekil 12. Farklı yalıtım malzemelerinin çatıya optimum kalınlıkta uygulanması ile yıllara göre elde edilen tasarruf miktarı

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 13'de verilmektedir.

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



Şekil 13. 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 Tablo 4'deki gibi özetlenebilir.

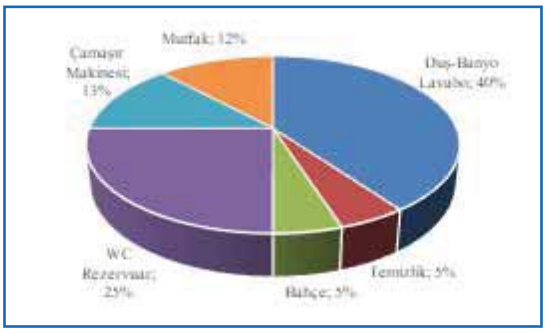
Elde edilen verilere göre binanın duvarına ve çatısına cam yününden optimum kalınlıkta yalıtım yapılması halinde 6,4 sene içerisinde sistem kendini geri ödeyecektir. Yalıtımsız binaya göre yapılan bu yalıtım ile yılda 21.116 TL tasarruf elde edilebilir.

2.3. Gri Suyun Yeniden Kullanılması

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 aşağıdaki 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 14. Binalardaki su tüketim dağılımı [12]

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.

2.3.1. 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 mikrobunun en yaygın kaynağını foseptik atıklar oluşturur. Gri suda bu atıklar, siyah suya göre oldukça düşük seviyelerdedir.

Tablo 4. Binaya Uygulanan Yalıtımların Özet Tablosu

Yüzey	Yalıtım Malzemesi	X_{opt} (m)	Yıllık Birim Alan Başına Tasarruf (TL/m²)	Toplam Yıllık (TL/yıl)	Maliyet (Malzeme + İşçilik) (TL)
Duvar	Taş Yünü	0,066	8,01	15620	78 000
	Cam Yünü	0,076	8,26	16107	70.700
	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

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 Tablo 5 ve Tablo 6'da gösterilmiştir.

2.3.2. Sistem Tasarımı

Gri suyun arıtımı ile ilgili sistemler karşılaştırıldığında, binaya en uygun arıtma sisteminin membran biyoreaktör sistemi olduğuna karar verildi. Bina için tasarlanan sistem Şekil 15'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.

Sistem kullanılacak olan ekipman listesi aşağıdaki gibidir:

Tablo 7. Gri Su Arıtma Sistemimizde Kullanılan Ekipman Listesi

Ekipman	Miktar
Gri su depolama tankı	1 adet
Batık tip pompa	1 adet
Blower	1 adet
Difüzör	10 adet
Membran filtreleme sistemi	1 adet
Çift yönlü emiş pompası	1 adet
Kontrol panosu	1 adet
PLC ünitesi	1 adet
Akış metre	1 adet
Basınç transmitteri	1 adet
Klor dozaj ünitesi	1 adet

2.3.3. Sistem Maliyet Analizi

Yurt yönetimin su sayaç ölçüm sonuçlarına göre binanın yıllık su tüketimi 5497 m^3'tür.

Yurt binasında yılda kullanılan 5497 m^3 suyun %40'lık kısmının gri su olduğu kabulü ile kurulacak sistemle yılda 2199 m^3 su arıtıp tekrar kullanılabilir seviyeye getirilebilir.

İSKİ'nin 2018 yılı birim fiyatları (9,40 TL/m^3) ile hesaplama yapıldığında, yıllık tasarruf miktarı ortalama 20.670 TL olarak bulunmuştur.

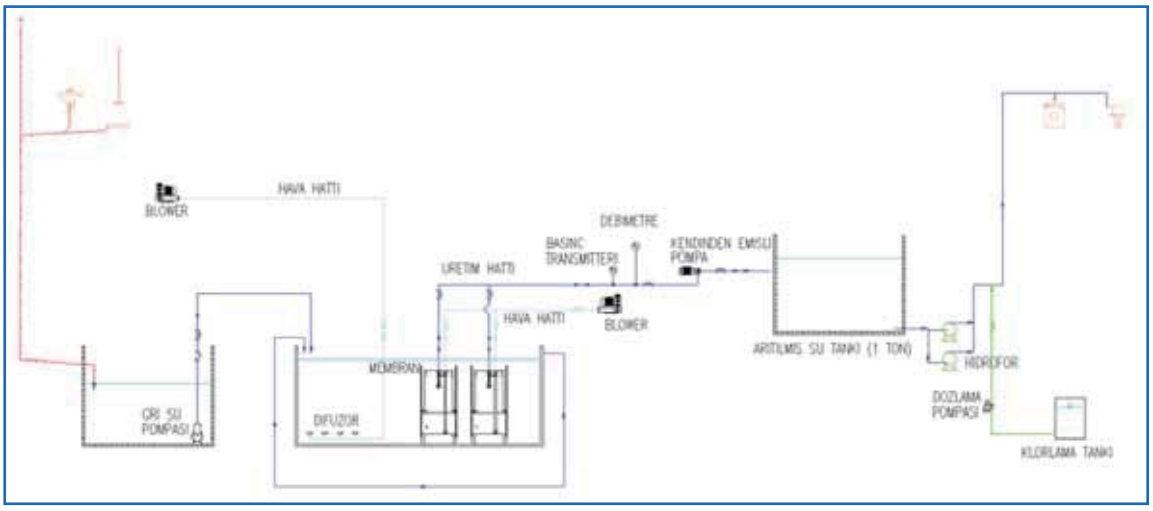
Kurulacak sistemin maliyeti: 17.000 €'dur.

Tablo 5. Gri Suyun Kaynağına Göre Oluşan Kirletici Maddeler [12]

Gri Su Kaynağı	Kirletici Maddeler
Çamaşır Makinesi	Askıda katı madde, organik madde, yağ ve gres, artan 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

Tablo 6. Arıtılmış Suyun Bileşenleri [8]

Parametre	Birim	Küvetten, duştan ve lavabodan 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	[mgl]	150-400	250-430	400-700
BOİ5	[mgl]	85-200	125-250	250-550
AFS	[mgl]	30-70	(-)	(-)
PtotalA	[mgl]	0,5-4	(-)	3-8
NtotalA	[mgl]	4-16	(-)	10-17
pH	[-]	7,5-8,2	(-)	6,9-8



Şekil 15. Binaya uygulanacak gri su arıtma sistemi

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 16'daki grafik elde edilir.

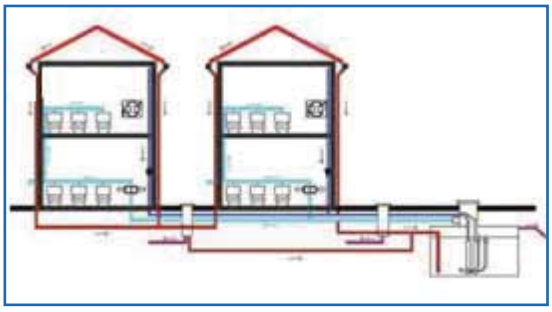
Sistem kendini 6,5 yılda geri ödeyip, kara geçirmektedir. Sistemin binaya entegre edilip devreye alındıktan sonra su tüketiminde Şekil 17'deki gibi düşüş olması beklenmektedir.

Tüketilen su miktarında gözle görülür bu düşüş, hem ekonomik anlamda hem de sınırlı su kaynaklarının daha az tüketimi anlamında fark edilir bir olumlu etki yaratacaktır.

2.4. Yağmur Suyunun Yeniden Kullanılması

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.

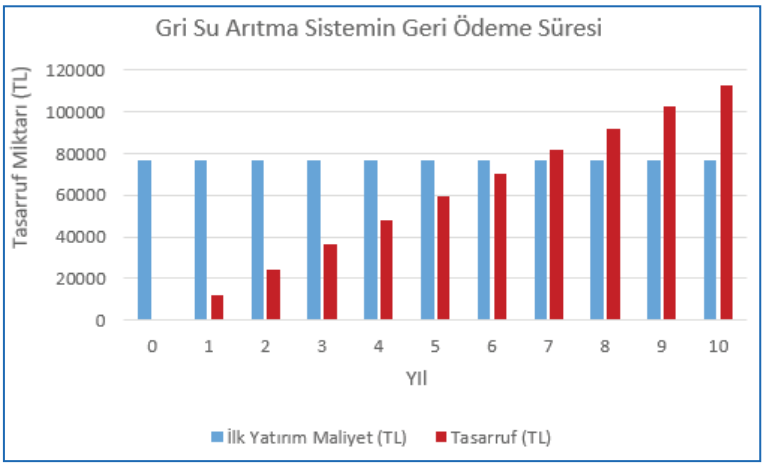
Gelişmiş yağmur suyu toplama sistemleri ile yağmur suları binalarda toplanıp filtrasyon işlemlerinden geçirilip, tekrar binalarda ya da sulama sistemlerinde kullanılmak üzere gönderilir. Genellikle çatılarda toplanan su, kullanım suyu olarak kullanılmakla birlikte, arıtılarak içme suyu seviyesine de getirilebilir. Yağmur suyunun kullanımın şematik görüntüsü Şekil 18'deki gibidir.



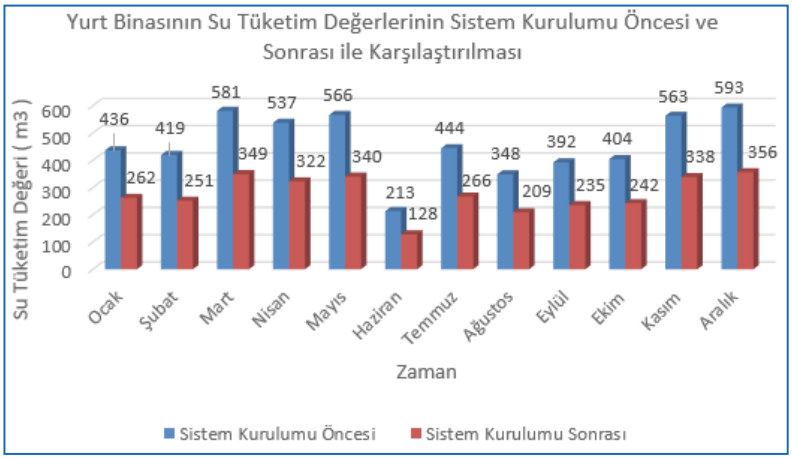
Şekil 18. Binalarda yağmur suyu toplama sistemi şematik görüntüsü [13]

Tablo 8. Gri Su Arıtma Sisteminde Kullanılan Ekipmanların Elektrik Tüketim Değerleri

Ürün Adı	Elektrik Sarfiyatı (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**



Şekil 16. Gri su arıtma sisteminin geri ödeme süresi



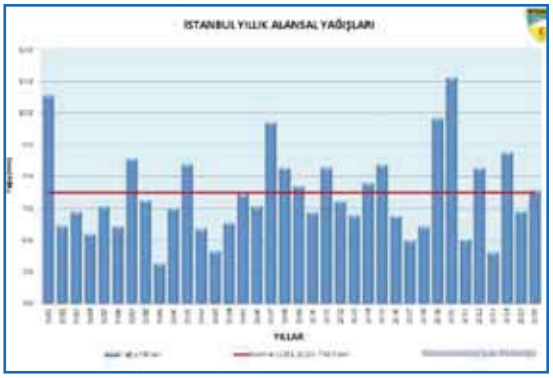
Şekil 17. Sistemin devreye alınmadan önceki ve sonraki yurt binasının su tüketim değerleri

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

2.4.1. 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.

Yurt binası çatısının iz düşüm alanı 660 m^2'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;



Şekil 19. 1981-2016 yılları arasındaki İstanbul için yağış oranları [14]

Çatıda Toplanan Yağmur Suyu Miktarı(m^3)
= (Yağmur toplama alanı) x (Yağış miktarı)
x (Çatı katsayısı) x (Filtre etkinlik katsayısı)

Çatı katsayısı: 0,8 (DIN 1989'dan alınmıştır). Çatıya düşen bütün yağmur sularının dönüştürülemeyeceği için bu katsayı kullanılır.

Filtre etkinlik katsayısı: 0,9 (DIN 1989'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 m^3 olduğu bulunur.

İSKİ'nin 2018 yılı birim fiyatı (9,40 TL/m^3) ile hesaplama yapıldığında, toplanan tüm suyun kullanılacağı varsayılarak yıllık tasarruf miktarı ortalama 3.638 TL olarak bulunmuştur.

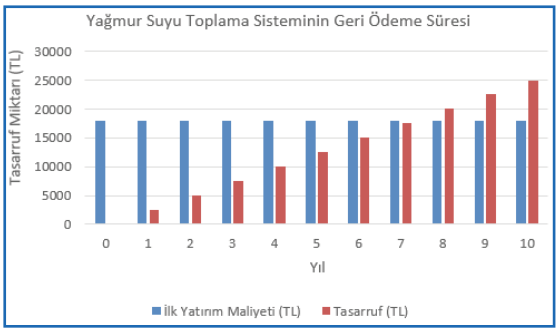
Yurt binası için uygulanacak yağmur suyunu toplama sisteminde kullanılacak ekipmanlar Tablo 9'da gösterilmiştir.

Tablo 9. Ekipman Listesi

Ekipman	Miktar
Otomatik yağmur suyu filtresi	1 adet
Su deposu	1 adet
Orp kontrollü klor dozaj ünitesi	1 adet
Otomatik kum filtresi	1 adet
Pompa	1 adet
Otomatik aktif karbon filtresi	1 adet

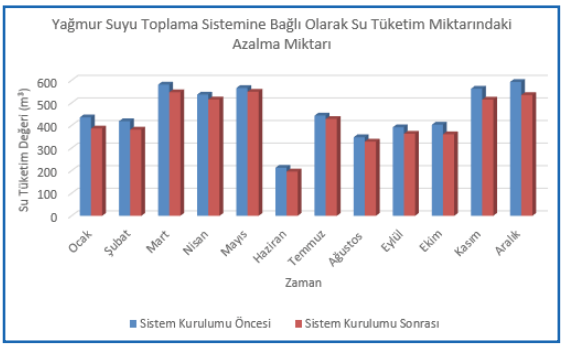
Sistemin kurulum maliyeti: 4.000 €'dur.

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



Şekil 20. 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.



Şekil 21. Yağmur suyu toplama sistemi kullanılmaya başlandıktan sonra tüketilen su miktarının aylara göre dağılımı

Yağmur suyu toplama sisteminin devreye alınması ile tüketilen su miktarında, ortalama %7 kadar düşüş olacağı hesaplanmıştır. Bu hesaplama Şekil 21'deki grafik ile gösterilmiştir.

2.5. Güneş Panelleri ile Elektrik Üretimi

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.

2.5.1. Sistem Tasarımı

Binamız için şebekeye bağlı bir sistem düşünülmüştür. Yurt binasının aylara göre elektrik tüketim değerleri Tablo 10'da gösterilmiştir.

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 m^2 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 Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 10. Yurt Binasındaki Elektrik Tüketim Değerleri

Tarih 2016	Aylık Elektrik Tüketimi kWh	Günlük Ortalama Elektrik Tüketimi kWh
Ocak	6495	209,52
Şubat	7440	265,71
Mart	7965	256,94
Nisan	7725	257,5
Mayıs	7677	247,6
Haziran	3262	108,7
Temmuz	4199	135,5
Ağustos	2461	79,4
Eylül	2431	81,6
Ekim	6867	221,5
Kasım	7826	260,9
Aralık	8210	264,8

Tablo 11. Yurt Binası İçin Elektrik Üretim Değerleri

Tarih	Aylık Üretilebilecek Elektrik Enerjisi 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

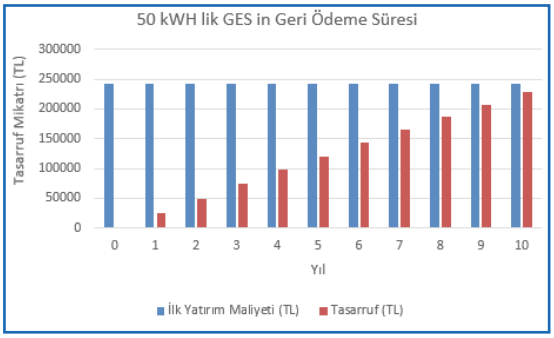
Sonuç olarak yıllık 72558 kWh'lik enerji tüketimi göz önüne alındığında, İstanbul'da kurulacak olan güneş panelleri ile elektrik enerjisi üretim sistemi ile yılda 68030 kWh'lik elektrik üretilebilir. Üretilen bu enerjinin 49267 kWh'lik kısmı yurt binasında tüketilen enerjiyi karşılayacaktır. Fazla üretilen enerjinin ise aynı kampüste bulunan diğer yurt binalarına verilmesi düşünülmüştür.

Tüketilen enerjinin birim fiyatı (0,41 TL/kWh) göz önüne alındığında yılda 27.892 TL tutarında tasarruf yapılmaktadır.

Tablo 12. Güneş Santrali Maliyet Tablosu [15]

GES Santralin Maliyet Kalemleri	Birim Fiyatı (€/Watt)	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, Trafo 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 22'deki gibidir.



Şekil 22. 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.

3. SONUÇ

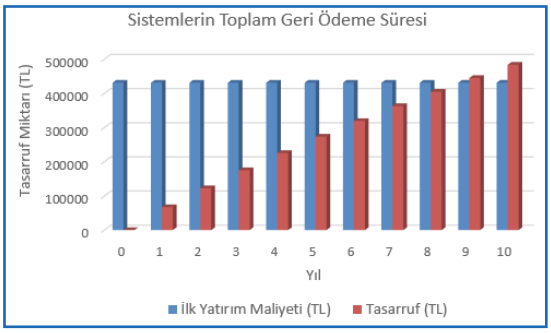
Yapılan çalışmada binaya uygulanması düşünülen taş yünü, cam yünü, XPS ve EPS yalıtım malzemelerinin duvara ve çatıya uygulanması durumu için optimum yalıtım kalınlıkları hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda en uygun yalıtım malzemesi cam yünü olarak belirlenmiştir. Cam yününün duvar için optimum yalıtım kalınlığının 0,076 m olduğu ve bu yalıtım ile 8,26 TL/m^2 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/m^2 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 mevcut su tüketim değerlerini düşürmek için gri suyun yeniden kullanılması düşünülmüş ve 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 Tablo 13'de verilmiştir.

Bütün sistemler aynı anda binamıza uygulanması durumunda Şekil 23'deki gibi grafik elde edilir.



Şekil 23. 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 kurulacak sistemlerin 8,6 senede kendini geri ödeyeceği 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.

Tablo 13. 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**

KAYNAKLAR

[1] Ozel, M., "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, 2014.

[2] Güllüce, H., Karslı, S., Saraç, H., "Konutlarda Yalıtım Kalınlıklarının Arttırılmasının Enerji Tasarrufuna Etkisi", Teskon.

[3] Kürekci, N. A., Bardakçı, A. T., Çubuk, H., "Türkiye'nin Tüm İlleri İçin Optimum Yalıtım Kalınlığının Belirlenmesi", Tesisat Mühendisliği, sayı 131, sayfa 5-21, 2012.

[4] Dinçer, F., "Türkiye'de Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi Potansiyeli -Ekonomik Analizi ve AB Ülkeleri ile Karşılaştırmalı Değerlendirme", KSU Mühendislik Dergisi, sayı 14, sayfa 8-17, 2011.

[5] Varınca, K. B., Gönüllü, M. T., "Türkiye'de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma", I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, sayfa 270-275, Eskişehir, 2006.

[6] Zahedi, A., "Solar Photovoltaic (PV) Energy; Latest Developments in the Building Integrated and Hybrid PV Systems", Renewable Energy, sayı 31, sayfa 711-718, 2006.

[7] Brown, C. A., "Greywater Recycling -Risk, Benefits, Costs and Policy", ECOplus Greywater Recycling.

[8] Karahan, A., "Gri Suyun Değerlendirilmesi", Tesisat Mühendisliği, sayfa 43-49, 2011.

[9] Ombese, M. A., "Design of an Improved Grey Water Recycling System", Department of Environemental and Biosystems Engineering, University of Nairobi, Engineering Design Project, 2008.

[10] Wanjuri, E., Xia, X., "Sustainable Energy-Water Management for Residential Houses with Optimal Integrated Grey and Rain Water Recycling", Journal of Cleaner Production, sayı 170, sayfa 1151-1166, 2018.

[11] Efe, M., "Atıksu ve Yağmur Suyu Toplayıcı Sistemlerinin Tasarımı ve İşletilmesinde Kullanılan Bilgisayar Destekli Modellerin Değerlendirilmesi ve Bir Örnek Uygulama", İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2006.

[12] Üstün, E. G., "Gri Suyun Arıtımı ve Yeniden Kullanımı", Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Cilt 20, Sayı 2, 2015.

[13] Şahin, İ. N., "Binalarda Yağmur Suyunun Kullanılması", Tesisat Mühendisliği, sayı 125, sayfa 21-32, 2011.

[14] Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, https://www.mgm.gov.tr/.

[15] Küçükgöze, O. M, "Erzincan İli İçin 50 kW Kurulu Gücünde Bir Güneş Enerji Santralinin Maliyet Analizi", Erzincan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2016.