



**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

SÜRDÜRÜLEBİLİR YEŞİL BİNA VE KAZANIMLARI

Yüksek Lisans Tezi

Yasemin ÇELEBİ

Danışman

Doç. Dr. Hülya BÖKE ÖZKOÇ

SAMSUN

2022

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI



SÜRDÜRÜLEBİLİR YEŞİL BİNA VE KAZANIMLARI

Yüksek Lisans Tezi

Yasemin ÇELEBİ

Danışman

Doç. Dr. Hülya BÖKE ÖZKOÇ

SAMSUN
2022

TEZ KABUL VE ONAYI

Yasemin ÇELEBİ tarafından, **Doç. Dr. Hülya Böke ÖZKOÇ** danışmanlığında hazırlanan “Sürdürülebilir Yeşil Bina ve Kazanımları” başlıklı çalışma, jürimiz tarafından 09.03.2022 Tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	İmza	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. Gülfem BAKAN Ondokuz Mayıs Üniversitesi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Doç. Dr. Hülya BÖKE ÖZKOÇ Ondokuz Mayıs Üniversitesi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Doç. Dr. Oylum GÖKKURT BAKI Sinop Üniversitesi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

ONAY
... / ... / ...
Prof. Dr. Ali BOLAT
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım yüksek lisans tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynakça'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. Bölüm 9. Maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi ?

Evet (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır

İmza

... /... / 20..

Yasemin ÇELEBİ

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı: Sürdürülebilir Yeşil Bina ve Kazanımları

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından .../ /2021 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 20

Tek kaynak oranı : % 3 çıkmıştır.

İmza

... /... / 20..

Doç. Dr. Hülya BÖKE ÖZKOÇ

ÖZET

SÜRDÜRÜLEBİLİR YEŞİL BİNA VE KAZANIMLARI

Yasemin ÇELEBİ

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans, Mart/2022

Danışman: Doç. Dr. Hülya BÖKE ÖZKOÇ

Sürdürülebilir Yeşil Bina, toplumdaki bireylerin ve bireylerin etkileşimde olduğu diğer canlı ve cansız varlıklar ile birlikte genel olarak evrenin, doğal kaynakların bilinçli bir şekilde tüketilerek sürekli bir biçimde kullanılmasıdır. Sürdürülebilir Yeşil Bina sistemleri ortak fayda mantığıyla çalıştırılması ile daha kısa sürelerde ekolojik ve ekonomik katkı sağlayacak hale gelebilmesidir. Türkiye’deki malzeme ve teknoloji konusundaki yetersizlikler ile ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olmasının “sürdürülebilir yeşil bina” tasarlama isteğine ve gerekliliğine engel olmaması gerektiği, çevresel ve ekonomik gerekçeleri vurgulanmış, böylece bir ortak akıl ve sinerji oluşturulmasına katkı sağlamak hedeflenmiştir.

Araştırmanın amacı, ülkemizde de son yıllarda büyük önem kazanan, sürdürülebilir yeşil binaların sadece büyük şehirlerde veya kurumsal binalarda sınırlı kalmayacağını, birçok şehirde, birçok ev ve iş yerinde, resmî kurumlarda kolaylıkla uygulanabilir hale geleceğini gösterebilmektir. Aynı zamanda sürdürülebilir yeşil bina uygulamalarına dikkat çekmek, dünyada yaygın olarak kullanılan değerlendirme sistemlerini incelemek ve uygulamaya koymak, konu hakkında toplumda ve yapı sektöründe geniş bir bakış açısı kazanılmasını sağlayacaktır. Özellikle Türkiye’de üretimi teşvik etmek amacı ile devlet desteği alan firmalar, üretim sektöründe yoğunlaşmıştır. Bu da sanayi yapılarının sayısının zamanla artışı sağlamıştır. Fakat sanayi yapıları üzerinde piyasada “sürdürülebilir yeşil bina” konusunda yapılan çalışmalar oldukça yetersizdir.

Yapılan çalışmada, konunun somut bir şekilde anlaşılabilmesi açısından, örnek olarak Türkiye’de yer alan yeşil bina uygulamasına yer verilmiş ardından Sinop’ta bulunan Demirciköy mevki Organize Sanayi Bölgesi özelinde sürdürülebilir yeşil bina tasarımı yapılmış hem ekonomik hem çevresel analizler ortaya koyulmuştur. Yapılan bu analizlerin sonucunda ortaya koyulan verilere dayanarak, sürdürülebilir yeşil binaların kendini amorti ettiği ve çevresel kirliliğin uzun yıllar önüne geçilebileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, Sürdürülebilir yeşil bina, Yağmur suyu

ABSTRACT

SUSTAINABLE GREEN BUILDING AND ITS ACHIEVEMENTS

Yasemin ÇELEBİ

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Department of Environmental Engineering

Master, March/2022

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Hülya BÖKE ÖZKOÇ

Sustainable Green Building is the continuous use of natural resources by consciously consuming the universe in general, together with other living and non-living beings in which individuals and individuals interact. Sustainable Green Building systems can be operated with the logic of common benefit and can make an ecological and economic contribution in a shorter time. It was emphasized that the inadequacies in materials and technology in Turkey and the high initial investment costs should not prevent the desire and necessity of designing a "sustainable green building", and the environmental and economic reasons were emphasized, thus contributing to the creation of a common mind and synergy.

The aim of the research is to show that sustainable green buildings, which have gained great importance in our country in recent years, will not only be limited to big cities or corporate buildings, but will become easily applicable in many cities, many homes and workplaces, and official institutions. At the same time, drawing attention to sustainable green building practices, examining, and putting into practice the evaluation systems that are widely used in the world will provide a broad perspective on the subject in the society and the building sector. Companies that receive government support, especially to encourage production in Turkey, are concentrated in the production sector. This has led to an increase in the number of industrial structures over time. However, studies on "sustainable green building" in the market on industrial buildings are quite insufficient.

In the study, in order to understand the subject in a concrete way, the green building application in Turkey was given as an example, then a sustainable green building design was made in the Organized Industrial Zone in the Demirciköy location in Sinop, and both economic and environmental analyzes were revealed. Based on the data obtained as a result of these analyzes, it has been shown that sustainable green buildings pay for themselves and environmental pollution can be prevented for many years.

Keywords: Green building, Sustainability, Rainwater harvesting

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamın gerçekleştirilmesinde değerli bilgilerini, tecrübelerini, ilgisini ve sabrını benden esirgemeyen, kendisine ne zaman danışsam bana kıymetli zamanını ayırıp faydalı olabilmek için elinden gelenin fazlasını sunan güler yüzlü kıymetli saygıdeğer danışman hocam Doç. Dr. Hülya BÖKE ÖZKOÇ'a teşekkürü bir borç biliyor ve şükranlarımı sunuyorum.

Tez çalışmam süresince yanımda olan benden hiçbir zaman maddi ve manevi desteğini esirgemeyen bu hayattaki en büyük şansım olan annem Hacer ERGÜL ve babam Hilmi ERGÜL'e sonsuz şükranlarımı sunarım. Çalışmam boyunca her aşamada yanımda olan değerli dostum Ayşem Gök'e ve her zaman beni destekleyen, her anımda yanımda olan değerli eşim Ercan ÇELEBİ 'ye teşekkür ederim.

Yasemin ÇELEBİ

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
TABLolar DİZİNİ	viii
1.GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	2
2.1. Sürdürülebilirlik.....	2
2.2. Sürdürülebilir Yeşil Binalar.....	7
2.3. Yaygın Kullanılan Sürdürülebilir Yeşil Bina Değerlendirme Sistemleri	8
2.3.1. Breeam Sertifika Sistemi	8
2.3.2. LEED Sertifika Sistemi	10
2.3.3. DGNB Sertifika Sistemi (Alman Sürdürülebilir Yapı Sertifikası)	14
2.4. Sürdürülebilir Yeşil Binalarda Çevresel Ürün Beyanı (EDP) Ürünlerin İncelenmesi	15
2.5.Şehirlerde Yağmur Suyu Altyapısı ve Verimli Toplama Yöntemleri	15
2.6.Yağmur Suyu Kullanım Alanları.....	16
2.6.1. Yağmur Bahçeleri.....	16
2.6.2. Yapay Sulak Alanlar.....	17
2.6.3. Su Rezervuarları	17
2.6.4. Yeşil Sokaklar.....	18
2.6.5. Ekolojik Su Kaynak Merkezi Örneği	18
2.7. Yağmur Suyu Kullanım Avantajları ve Dezavantajları	20
2.8. Binalarda Yağmur Suyu Korunumu Konusunda Türkiye'deki Yönetmelikler	21
2.9. Yağmur Suyu Sistem Bileşenleri.....	22
2.10. Sürdürülebilir Yeşil Binalarda Yağmur Suyu Tesisatı	23
2.10.1. Yağmur Suyu Toplama Yüzeyi	24
2.10.2. Özel Mimari Tasarımlar	24
2.10.3. Su Seviye Şalteri.....	25
2.10.4. Yağmur Suyu Fitreleri.....	26
2.11. Yapılarda Yağmur Suyu İçin Hesap Yöntemleri.....	26
2.11.1. Yağmur Suyu Toplama Tesisatı Yüzeysel Akış Hesapları.....	27
2.12. Türkiye'de Yeşil Binaların Yaygınlaştırılması.....	29
2.13. Türkiye'de Sürdürülebilir Yeşil Bina Örneği	29
2.13.1. Mustafa Bey Apartmanı.....	30
2.13.2. Örnek Yeşil Binalarda Sürdürülebilir Araziler Hususu.....	30
3. MATERYAL VE YÖNTEM	32
3.1.Çalışma Alanı-Sinop İli İklim Özellikleri	32
3.2. Araştırmanın Yöntemi	33
3.3.Araştırmada Kullanılan Maliyet Analizleri.....	33
3.3.1.Elektrik Tüketimi Maliyet Analizi	33
3.3.2. Cam Maliyet Analizi	34
3.3.3. Fabrika Yağmur Suyu Toplama ve Maliyet Analizi.....	36
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	51
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	53
KAYNAKÇA	55
ÖZGEÇMİŞ	57

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Sürdürülebilir yapının sınıflandırılması.....	4
Şekil 2.2. Sürdürülebilir yapım için oluşturulmuş akış şeması.....	5
Şekil 2.3. Sürdürülebilir tasarım ve yapım için geliştirilen kavramsal çerçeve.....	6
Şekil 2.4. Sürdürülebilir yapımın kesişimi	9
Şekil 2.5. Sürdürülebilir yapım için kavramsal bir çerçeve.....	7
Şekil 2.6. Kriterlerin Avrupa için ağırlıkları.....	9
Şekil 2.7. Ekolojik su kayak merkezi örneği	19
Şekil 2.8. Çatı örneği	24
Şekil 2.9. Nilüfer şekilli istasyon.....	25
Şekil 2.10. Yağmur suyu tesisatı	25
Şekil 2.11. Mustafa Bey Apartmanı	30
Şekil 3.1 Yerleşim planı hesabı-1	40
Şekil 3.2. Yerleşim planı hesabı-2.....	41
Şekil 3.3. Yerleşim planı hesabı-3	42
Şekil 3.4. Yerleşim planı hesabı-4.....	44
Şekil 3.5. Yerleşim planı hesabı-5	45
Şekil 3.6. Yerleşim planı hesabı-6.....	45
Şekil 3.7. Yerleşim planı hesabı-7	46
Şekil 3.8. Yerleşim planı hesabı-8.....	47
Şekil 3.9. Yerleşim planı hesabı-9.....	48
Şekil 3.10. Yerleşim planı hesabı-10.....	49

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1. Breeam dereceleri.....	10
Tablo 2.2. LEED dereceleri.....	10
Tablo 2.3. Sürdürülebilir sahalar için gereklilikler.....	11
Tablo 2.4. Su kalitesinin verimliliği	12
Tablo 2.5. Enerji tasarrufu ve kirletici gazların kullanılmaması	12
Tablo 2.6. Malzeme kullanımı ve kaynaklar	13
Tablo 2.7. İç mekan kalitesinin sağlanması.....	13
Tablo 2.8. İnovasyon	14
Tablo 3.1. Elektrik tüketim maliyeti hesabı.....	34
Tablo 3.2. Sinerji ısıcam ile maliyet hesabı.....	35
Tablo 3.3. Isıcam ile maliyet hesabı	36
Tablo 3.4. Yağmur suyu kolon hesabı için tablo	37
Tablo 3.5. Boru maliyeti hesabı.....	37
Tablo 3.6. Fabrikada tasarımındaki uygulanan sürdürülebilir yeşil bina tablosu	39
Tablo 3.7. Fabrikada yapılan sürdürülebilir yeşil bina LEED puanlaması.....	39
Tablo 3.8. Sürdürülebilir yeşil bina fiyat farkı-maliyet analizi	40

1. GİRİŞ

Son yıllardaki nüfus artışı ile doğal kaynaklar hızla tükenmekte, enerjiye olan ihtiyaç sürekli artmaktadır. Bu durum gün geçtikçe küresel ekolojik kirlilik oluşturmuş ve özellikle 1990'ların başında dünyada büyük bir tehdit haline gelmiştir. Bütün bu tehlikelerin ve olumsuzlukların önüne geçebilmek için “sürdürülebilir yeşil bina”, yenilenebilir enerji kavramları üzerinde durulmuş ve harekete geçilmeye başlanmıştır. Gelişen bu kavramlarla birlikte dünyada birçok yöntem, araç ve program belirlenmiştir. Yapılan araştırmalar neticesinde “yeşil bina değerlendirme sistemleri” ortaya çıkmış, gerekli teşvik, tanıtım, yatırım çalışmaları yapılmış ve topluma hedeflenen amaçta bakış açısı kazandırılmaya başlanmıştır.

Ülkemizde de son yıllarda büyük önem kazanan, sürdürülebilir yeşil binaların sadece büyük şehirlerde veya kurumsal binalarda sınırlı kalmayacağını, birçok şehirde, ev ve iş yerinde, resmî kurumlarda kolaylıkla uygulanabilir hale gelebilecektir. Aynı zamanda sürdürülebilir yeşil bina uygulamalarına dikkat çekmek, dünyada yaygın olarak kullanılan değerlendirme sistemlerini incelemek ve uygulamaya koymak, konu hakkında toplumda ve yapı sektöründe geniş bir bakış açısı kazanılmasını sağlayacaktır. Özellikle Türkiye’de üretimi teşvik etmek amacı ile devlet desteği alan firmalar, üretim sektöründe yoğunlaşmıştır. Bu da sanayi yapılarının sayısının zamanla artışını sağlamıştır. Fakat sanayi yapıları üzerinde piyasada “sürdürülebilir yeşil bina” konusunda yapılan çalışmalar oldukça yetersizdir. Binalarda sadece büyük miktarda enerji harcamakla kalmayıp, çevre için zararlı olabilecek ve dünyanın iklim değişikliğinde büyük rol oynayabilecek önemli karbondioksit emisyonları da olmaktadır. Ayrıca, bina inşası, toksik materyallerin ve diğer birçok zararlı süreçlerin kullanımından kaynaklanan atmosferik ve su kirliliği gibi birçok çevre sorununu da birlikte getirir. Sürdürülebilir yeşil bina kavramını topluma, özellikle inşaat alanında faaliyet gösteren firmalara, devlet desteğiyle birlikte uygulama zorunluluğu getirilmesi, yapım aşamasında ve sonrasında gerekli teşviklerin verilmesi, oluşan kirliliğin, enerji kayıplarının, ekonomik giderlerin uzun vadede önüne geçileceğini göstermektedir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Sürdürülebilirlik

Sürdürülebilirlik, 21.yüzyılın önemli gündem maddelerinden birisi haline gelmiştir. Bu kavramın ilk ve temel amacı, yüksek miktarlarda gerçekleştirilen üretim faaliyetlerinin çevreye zarar veren koşullarını, özellikle de ekonomik ve sosyal açıdan değiştirmeye çalışmaktır. Bu amacın sağlanmasıyla birlikte, gelecek nesiller için yaşanabilir bir çevrenin miras bırakılacağı beklenmektedir (Küçük et al., 2020). Sürdürülebilirlik, felsefi olarak yeryüzünde yaşayan bütün canlıların, dünya üzerinde bulunan kaynaklara eşit derece ulaşabilmesine olanak sağlayarak bu hakların tanınmasıyla ilgilidir.

Genel itibariyle sürdürülebilirlik, yaşam kalitesinin artırılmasıyla beraber kişilerin sahip olduğu düşünce yapılarında değişiklikler olmasına ihtiyaç duyan bir kavramdır. Bu noktada, değişiklik olarak ifade edilen, bireylerin sahip olduğu tüketim davranışlarındaki değişimler ile birlikte dünya düzeninde bütün vatandaşların belirli bir duyarlılık seviyesinde davranmalarını sağlayarak, çevresel problemlere karşı kitlesel bir tutum geliştirilmesini sağlamakla ilgilidir (Doğan ve Seçme, 2018). Bir başka ifadeyle değerlendirmemiz gerekirse sürdürülebilirlik, toplumdaki bireylerin etkileşimde olduğu diğer canlı ve cansız varlıklar ile birlikte genel olarak evrenin, doğal kaynakların bilinçli bir şekilde tüketilerek sürekli bir biçimde kullanılmasını hedefler. Yani, sürdürülebilirlik, küresel ölçekte var olan ekolojik döngünün korunmasını sağlamayı amaçlamaktadır (Geçer et al., 2019). Dünya ekosistemine zarar verecek her türlü eylemin en aza indirilmesidir. Bu eylemlerden bazıları, çevresel atıkların doğaya salınması, kitlesel üretime bağlı olarak hava kirliliğinin meydana gelmesi vb. olarak sıralanabilir. Ancak bireylerin ve toplumların bilinçlendirilerek belirli bir hedefe, yani ekolojik döngüyü korumaya yönelik ortak tutumlar aracılığıyla yönlendirilmesiyle mümkün olabilir. Biyolojik özelliği itibariyle doğaya sıkı sıkıya bağlı olan insanoğlunun, ekonomik ve sosyal refah seviyesinin artmasının ilk koşullarından birisi de içinde yaşadığı çevreye duyacağı saygıyla doğrudan ilişkilidir.

Bireyler ve bireylerin bir araya gelerek oluşturmuş oldukları toplumlar, çevreye verilen hasarın (veya çevrede iyi yönde ilerleyen gelişmelerin) ana sağlayıcılarıdır. Bu anlamda toplum ve çevre ilişkisi, sürdürülebilirliğin temelini oluşturmaktadır. Bu

iki olguya ek olarak ekonomik gelişmeler de eklenmelidir (Şahin, 2010). Öyleyse, sürdürülebilirliğin temel kavramlarının toplum (insan), çevre ve ekonomi olduğunu söyleyebiliriz. Toplum, çevreye ve çevrede var olan döngüye biyolojik olarak bağımlıdır. Daha iyi bir çevre ile daha kaliteli bir toplum yaşamı olabilir. Diğer taraftan çevre, canlı olmadan da varlığını sürdürmek durumundadır. Bu açıklamaya benzer şekilde, ekonomi de büyük ölçüde çevreye ve toplumlara bağımlı bir şekilde ilerler; ancak, tarihin kimi dönemlerinde de görülebileceği gibi, ekonomi olmadan da toplum var olabilir ve biyolojik devamlılığını sağlayabilir.

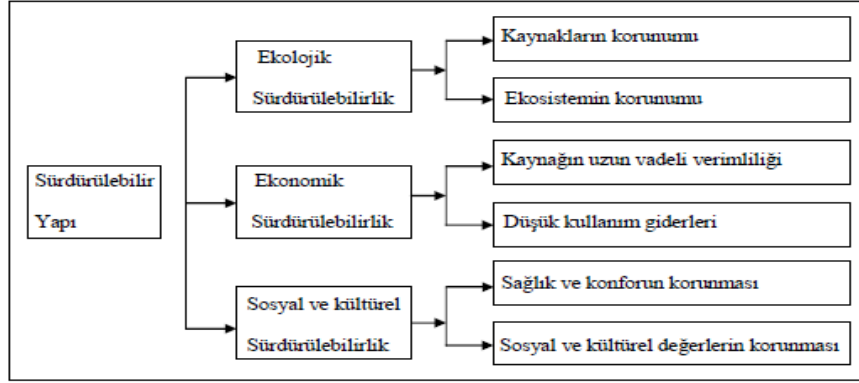
Sürdürülebilir kalkınma fikirlerinin belirlenmiş standartlar üzerine oturtulması uzun yıllardır sürmektedir. Bu standartların oluşmasında başta Birleşmiş Millet olmak üzere, birçok uluslararası örgütün katkıları olduğunu söylemek doğru olacaktır. Bütün bu gelişmelerin ortaya çıktığı dönem de 1970 yılını takip eden yıllardır. Bu yıllar itibariyle bahsi geçen örgütler tarafından birçok ulusal ve uluslararası kongreler düzenlenmiş, bilimsel araştırmalar ileriye taşınmış ve çevrenin önemi vurgulanmıştır. 1972 de Stockholm Konferansı, 1987 Ortak Geleceğimiz Raporu, 1992 Rio Zirvesi, 1996 Habitat II Zirvesi, 1997 Rio+5 Zirvesi ve 2002 Johannesburg Zirvesi gerçekleşmiştir.

Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu veya bilinen diğer ismiyle Braundland Komisyonu, tarihler 1987’yi gösterdiğinde “Ortak Gelecek” isimli bir rapor yayınlamış ve sürdürülebilirlik kavramının somut bir şekilde değerlendirmeye almış ve devamında uluslararası ortamda gündemde tutulmasına yol açmıştır (Zhang et al., 2009). Raporun içeriğinde, insanlık tarafından çevreye verilen zararın boyutlarının oldukça ileri seviyelerde olduğundan bahsedilerek ekonomik gelişim gösterebilmenin daha iyi bir çevre ile mümkün olabileceğine dair görüşler bildirilmiştir.

Diğer yandan tarihler 1992’yi gösterdiğinde Brezilya’nın başkenti Rio de Janeiro’da “Dünya Zirvesi” gerçekleştirilmiştir. Önceki buluşmalara göre uluslararası sistemde görece olarak önem arz eden Dünya Zirvesi’nde sürdürülebilirlik ve kalkınma kavramlarına dair önemli belgeler değerlendirilmiş ve yasal olarak kabul edilmiştir. Bu belgeler, sırasıyla: Gündem 21 (Agenda 21), Rio Çevre ve Kalkınma Deklarasyonu, Ormanlar Üzerine İlkeler Beyanatu, İklimsel Değişim Üzerine Çerçeve Konvansiyonu (Framework Convention on Climate Change) ve Biyolojik Çeşitlilik Konvansiyonu’dur (Doğaroğlu ve Yurdusev, 2019).

“Sürdürülebilirlik” ve “sürdürülebilir kalkınma” kavramları, 20. yüzyılın sonlarından itibaren, canlı yaşamının her aşamasında gündeme gelmektedir. Mimarlık

ve inşaat sektöründeki yansımaları hem sürdürülebilir yapım hem de bir yöntem olarak gündeme gelebilir (Şahin, 2010). Sürdürülebilir yapımın ne olduğuna dair farklı tanımlamalar bulunmaktadır ve sürdürülebilir yapımın 3 ana maddesi şekil 2-1de gösterilmiştir:



Şekil 2.1. Sürdürülebilir yapımın sınıflandırılması (Hoşkara, 2007)

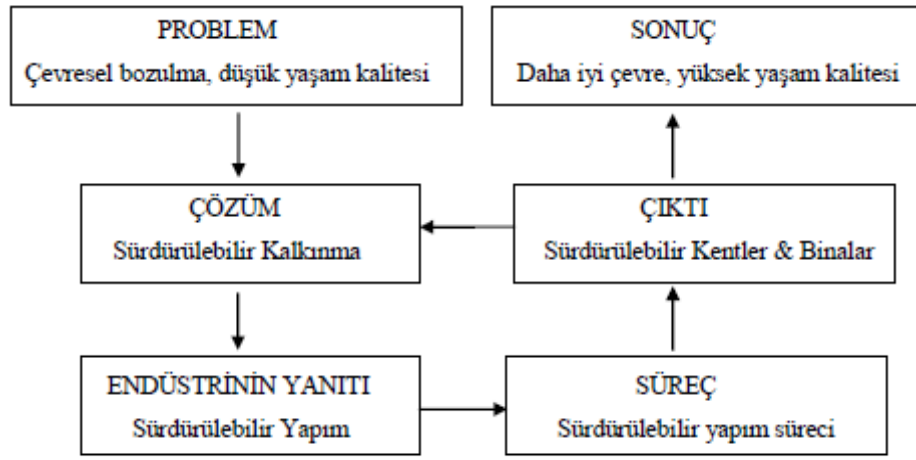
Toplumun geleceği için ekolojik, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik kavramlarının hedeflerini şöyle sıralayabiliriz (Şahin, 2010):

- Yaşam kalitesinin devamlılığının sağlanması ve iyileştirilmesi
- Ekonomik verimliliğin artırılması
- Toplumların arasındaki sosyal eşitliğin/adaletin, birlikteliğin sağlanması
- Çevre kalitesinin korunması ve artırılması, kirliliğin minimuma düşürülmesi

Ekolojik (çevresel) sürdürülebilirlik, doğal kaynakların bilinçli bir şekilde kullanılmasını, çevreye zarar veren kaynaklardan ziyade geri dönüşümü ve yenilenmesi mümkün olan enerjilerin yaygınlaşmasını ve sonuç olarak çevrenin korunmasını ifade etmektedir.

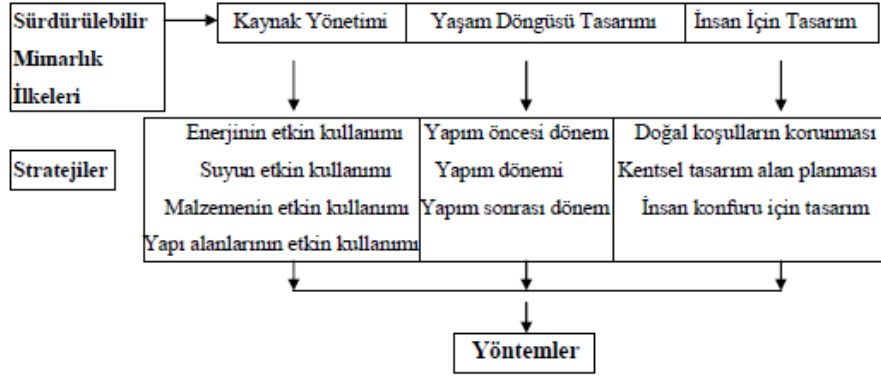
Ekonomik sürdürülebilirlik, yine çevreyle doğrudan ilişkili olan bir kavramdır. Yapım süreçlerinde kullanılacak malzemelerin aynı anda düşük kullanım maliyetleri içerirken, uzun vadeli verimlilik sağlaması ve dayanıklı olmasını içermektedir (Paker ve Taş, 2017). Böylelikle, kullanılacak kaynak uzun vadede hem çevreye hem de insana fayda sağlayacak nitelikte olacaktır. Örneğin, inşa edilecek bir yapımın ısı yalıtımı olması, binanın kullanıcıları tarafından uzun vadede ısı tasarrufu yapılmasına yol açarak enerji tasarrufu yapılmasını ve dolayısıyla çevrenin korunmasını sağlayacaktır.

Sosyal ve yapısal sürdürülebilirlik, inşa edilecek yapıların plan aşamasından nihai bir sona ulaşana kadar geçen süreçte, kullanılacak malzemeler ve ortaya çıkacak atıklar özelinde değerlendirilmesini içeren geniş bir perspektiftir. İnsanın, çevreden de önce kendisine olan saygıyla doğrudan ilişkili olan sürdürülebilir yapım, insanların yerleşim yerlerinin inşa edilmesinde geliştirilen alt yapı çalışmalarının tamamını içeren, kullanılacak malzemelerden, yapının tamamına kadar gelişen süreci içermektedir. Şekil 2.2’de sürdürülebilir yapım için kolaylaştırılmış bir model sunulmuştur.



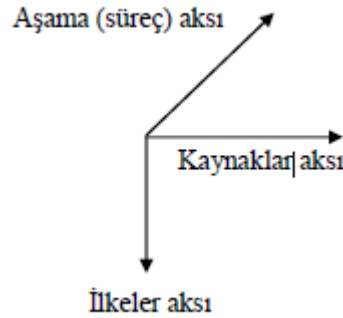
Şekil 2.2. Sürdürülebilir yapım için oluşturulmuş akım şeması (Geçer et al., 2019)

Sürdürülebilir yapımın temel hedefinde canlı ve cansız öğelerin bir araya gelmesiyle oluşturan ekolojik döngünün uzun vadede varlığını tesis etmek ve zarar vermesi muhtemel eylemlerden kaçınmak olduğunu söyleyebiliriz. Bu doğrultuda da birtakım çözüm önerileri oluşturulmaktadır. Sunulan çözüm önerileri, büyük ölçüde çevre bilincinin oluşturulması, geliştirilmesi ve uygulanması gibi konuları içermektedir. İlkelerden ilki çevre açısından belki de en önemlisi, kaynak yönetimidir (Doğan ve Seçme, 2018). Yapımın ortaya getirilmesinde ihtiyaç duyulan doğal kaynakların (su, enerji vb.) etkin kullanılması ilk adım olarak karşımıza çıkar. Yapımın inşa edilmesi ve sonraki süreçte karşılaşılan problemlere dair çözüm önerileri getirilme aşaması “yaşam döngüsü tasarımı” ve insanoğlunun sağlığının yükselmesi, konfor alanının ve seviyesinin artırılması gibi konuları içeren “insan için tasarım” ilkeleridir (Şekil 2.3.) (Zhang et al., 2009).



Şekil 2.3. Sürdürülebilir tasarım ve yapım için geliştirilen kavramsal çerçeve (Şenel, 2010)

Kibert tarafından sürdürülebilir yapımın ilkeleri, kaynaklar ve süreçlerin kesiştiği noktada buluşmasıdır ve geliştirilen küçük bir model de Şekil 2.4'te görülmektedir.

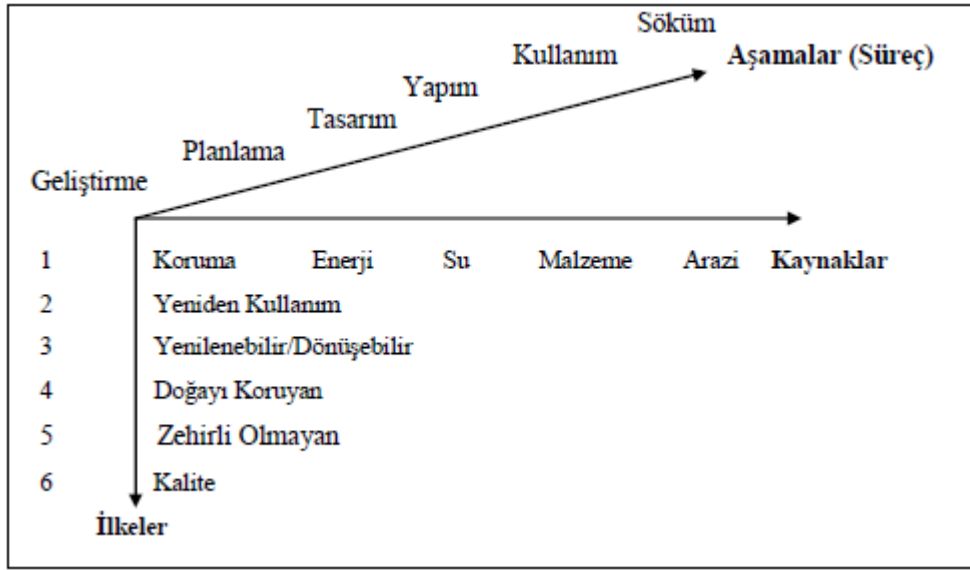


Şekil 2.4. Sürdürülebilir yapımın kesişimi (Abdulla and Shararef, 2009)

Kibert, yapılaşmış çevreyi oluştururken, çevresel göstergelerin ve duyarlılıkların temelini, ilkelerin kullanılmasının bir ürünü olduğunu düşünmektedir. Kibert sürdürülebilir yapım ilkelerini şu şekilde ifade etmiştir (Hoşkara, 2007):

1. Kaynak tüketiminin en aza indirilmesi (Koruma)
2. Kaynakların geri kazanımının maksimize edilmesi (Yeniden kullanım)
3. Yenilenebilir veya geri kazanılabilir kaynakların korunması (Ekolojik koruma)
4. Doğal çevreyi koruma (Doğayı koruma)
5. Kirletici faktörlerin azaldığı, sağlıklı bir çevre yaratma (Zehirli olmayan)

Bunun için bir model kavram Şekil 2.5’de görülmektedir:



Şekil 2.5. Sürdürülebilir yapım için kavramsal bir model (Hoşkara, 2007)

2.2. Sürdürülebilir Yeşil Binalar

Son yıllarda çevresel problemlerden küresel ısınma ve küresel iklim krizi, su kaynaklarının azalması, çevre kirliliğinin hızlanarak artması gibi problemler karşısında, inşaat ve yapı sektöründe çevreye duyarlı uygulamalar gündeme getirilmiştir (Jewitt, 2006). Bu uygulamalar yardımıyla, çevre dostu projelerin yaygınlaştığını söylemek doğru olacaktır.

Teknolojinin gelişmesi ile aktif (mekanik) sistemler kullanılmaya başlanmasına rağmen mimaride iklimsel koşullar dikkate çok fazla alınmamıştır. Fakat sürdürülebilirliğin tartışılmaya başlamasıyla bina tasarımlarında pasif yaklaşımlar tekrar önem kazanmış ve sürdürülebilir yeşil bina kavramı ortaya çıkmıştır. İklim şartları dikkate alınarak yeşil bina uygulamalarının ilk örnekleri binanın pasif tasarım yaklaşımları ile tasarlanmıştır.

Sürdürülebilir yeşil binalar, kullanılacak malzemelerin özelliklerine bağlı olarak yapının içerisindeki ses, hava kalitesi gibi konularla doğrudan ilgilenmesi yönüyle, insan sağlığını ve yaşam kalitesinin artmasıyla direkt olarak ilgilenmektedir. Yeşil binalar, bütün bu özellikleri itibarıyla doğal kaynaklara ve insan sağlığına saygı duyarlar (Eren et al., 2016). Üstelik yeşil binaların yıkılacağı durumlarda bile geri dönüşümünün sağlanması yönüyle çevreye verilebilecek en az hasarın verilmesi hedeflenir. Öyleyse yeşil binalar, kullanılacak doğal kaynaklar ve malzemeler özelinde

oldukça etkin ve verimlidirler. Yeşil binalar, birtakım sosyal, ekonomik ve çevresel hedeflere sahiplerdir (Orcan, 2021):

- Değişen koşullara adapta olabilen, uzun ömürlü ve çevre dostu yapıların inşa edilmesi,
- Kullanılacak olan enerjinin verimli olarak tüketilmesi,
- Kaynakların etkin kullanımı,
- Çevreye bırakılacak atık maddelerin geri kazandırılabilir olması
- Su kaynaklarının korunması ve gelecek nesillere aktarılması,
- İnsanlara veya çevreye zarar verecek zararlı maddelerin azaltılması,
- İnsan sağlığıyla ilgili riskleri en aza indirilmesi
- Bina içinde sağlıklı ve ferah hava akımının olması
- Doğadaki canlı dengesinin ve döngüsünün korunması

Sürdürülebilir yeşil bina konusunun pratikte uygulanabilmesi için özellikle de 1990 sonrası yeni gelişmeler olmaktadır. Bu bağlamda, yapılacak binaların ne derece çevre dostu olduğunu ölçmeye yönelik yeni standartlar geliştirilmektedir.

2.3. Yaygın Kullanılan Sürdürülebilir Yeşil Bina Değerlendirme Sistemleri

Yeşil binaya dair uygulamalara göz atıldığında, dünya genelinde kabul görmüş birtakım uygulamaların olduğundan bahsetmemiz yerinde olacaktır. Bu uygulamalar, temelinde yeşil binaların sağlamak istediği çevresel faydalara ulaşabilmek adına tasarlanmış ve uygulanmaya başlanmıştır.

2.3.1. Breeam Sertifika Sistemi

Breeam sertifika sistemi, 1990 yılında İngiltere’de geliştirilmiş ve çevresel değerlendirme yöntemlerinden ilki olması özelliğiyle önemli bir yere sahip değerlendirme yöntemidir. BRE (Building Research Establishment) tarafından geliştirilen bu sistemden sertifika almak üzere, 1990 yılından bugüne dek milyonlarca başvuru yapılmış olmasına rağmen yalnızca çok az yapı Breeam sertifikası almayı başarmıştır.

Breeam’in amaçları aşağıdaki gibidir (Orcan, 2021):

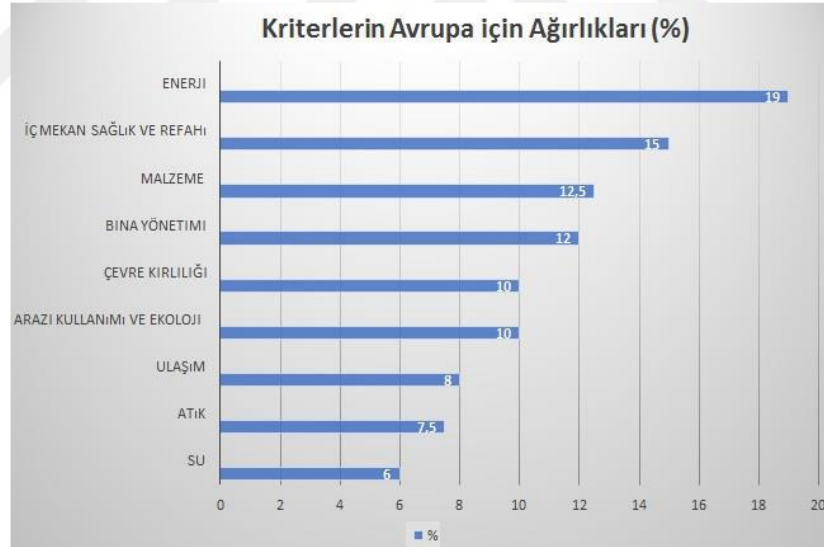
- Binaların yapım ve yıkım aşamasında çevreye etkilerini azaltmak,
- Binaların çevreye olan katkılarını göz önünde bulundurarak değerlendirmek,

- Binalar adına “çevre dostu” etiketi oluşturmak ve bunu yaymak
- Sürdürülebilir yapıların bilinirliğini arttırmak.

Breem sertifikası, aşağıda yer alan maddeleri içermektedir (Hoşkara, 2007):

- Binanın nasıl bir yönetim modeli izlediği
- Bina içindeki temiz hava, ferahlık
- Kullanılan enerjinin etkinliği (ve nasıl kullanıldığı)
- Tüketilen suyun verimliliği
- Ulaşım,
- Kullanılacak malzemenin geri dönüştürülebilir olması,
- Oluşacak atıkların geri dönüştürülebilir olması
- Arazinin çevreye çok zarar vermeden kullanımı
- Çevreye duyulacak hassasiyet

Bu konular, sertifika vericiler tarafından belirli ağırlık puanlarına sahiptir. Şekil 2.6’da, Avrupa adına belirlenen ağırlıklar görülmektedir.



Şekil 2.6. Kriterlerin Avrupa için ağırlıkları (Eren et al., 2016)

Breem Sertifikası, bahsi geçen kıstaslardan alınacak puanlara göre belirli dereceler ile yapıya verilir. Tablo 2.1’de bu sınıflandırmanın nasıl yapıldığı gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Breeam dereceleri (Büke, 2021)

Breeam Dereceleri	%Skoru
Sınıflandırılmış	<30
Geçer	30>
İyi	>45
Çok iyi	>55
Mükemmel	>70
Olağanüstü	>87

2.3.2. LEED Sertifika Sistemi

LEED sistemi, tüm bina türlerinde yani mevcut binalarda, ticari iç mekânlarda, okul ve evlerde, yeni inşaat halindeki binalar ve büyük tadilat geçiren yenilenen binalar da kullanılabilir. LEED sistemi:

- Puan tabanlı bir sistemdir ve her bina projesi belirli yeşil bina kriterlerini karşılamalıdır.
- Altı adet LEED kredi kategorisinin her birindeki projeler, özellikle belirli önkoşulları sağlamalı ve puan kazanılmalıdır.

Bölgesel krediler, LEED Sertifikasyon sisteminin bir başka özelliğidir ve en iyi çevresel tasarım ve inşaat uygulamalarının belirlenmesinde yerel koşulların önemini kabul ederler.

LEED uzmanlarının akreditasyon programı, Yeşil Bina Sertifikasyon Enstitüsü (GBCI) tarafından yönetilen ve LEED uzmanlarının yeşil bina uygulamaları ile ilgili güncel bilgi ve anlayışa sahip olabilmelerini, bilgi ve uzmanlıklarını ilerletebilmelerini sağlayan çok yönlü bir akreditasyon sistemini içerir.

Tablo 2.2. LEED derecelerinin puanları (Taşdemir, 2021)

LEED Dereceleri	Puanı
Sertifikalı	40-49
Gümüş Sertifikalı	50-59
Altın Sertifikalı	60-79
Platin Sertifikalı	60-79

LEED binalarının sahip olması gerekli olan önkoşullar:

- Sürdürülebilir arazinin olması
- Su kalitesinin verimliliği
- Enerji tasarrufu ve atmosfere kirletici gazların verilmemesi
- Malzeme kullanımı ve Doğal Kaynaklar
- İç Mekân Yaşam Kalitesi sağlanması
- İnovasyon

Olmak üzere altı ana çevresel kategori ve bunların alt kategorileri çerçevesinde incelenmektedir. Diğer taraftan LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), Amerikan Yeşil Binalar Konseyi (USGBC) tarafından geliştirilmiş yeşil bina derecelendirme sistemlerinden biridir. LEED ile sürdürülebilir tasarımların ve sürdürülebilir yaşamın olmazsa olma kriterleri değerlendirilmektedir. LEED derecelendirmesinden olur puan alan yapılar, geleneksel yapılara göre daha çevreci yapılar olma özelliği gösterirler.

Tablo 2.3. Sürdürülebilir sahalarda için gereklilikler (Çelik, 2016)

Sürdürülebilir sahalarda	Puan 26
Ön koşul1	Gerekli
	İnşaat faaliyetleri kirlilik engellenmesi
Kredi1	Saha seçimi 1
Kredi 2	Gelişme yoğunluğu ve toplum bağlayıcılığı 5
Kredi 3	Terkedilmiş sahalarda yeniden geliştirilmesi 1
Kredi 4.1	Alternatif ulaşım-toplu taşıma erişimi 6
Kredi 4.2	Alternatif ulaşım-bisiklet yolu 1
Kredi 4.3	Alternatif ulaşım-yakıt tasarruflu araçlar 3
Kredi 4.4	Alternatif ulaşım-otopark kapasitesi 2
Kredi 5.1	Saha gelişimi -doğal ortam korunması 1
Kredi 5.2	Saha gelişimi-azami düzeyde açık alanlar 1
Kredi 6.1	Yağmur suyu tasarımı- miktar kontrolü 1

Kredi 6.2	Yağmur suyu tasarımı-nitelik kontrolü	1
Kredi 7.1	Isı ada etkisi: çatı harici	1
Kredi 7.2	Isı ada etkisi çatı	1
Kredi 8	Işık kirliliği azaltılması	1

Tablo 2.4. Su kalitesinin verimliliği (Çelik, 2016)

Su kalitesinin verimliliği		Puan 26
Ön koşul1	Su kullanımı ve azaltılması	Gerekli
Kredi1	Su verimi yüksek peyzaj	2\4
Kredi 2	Yenilikçi atık su teknolojileri	2
Kredi 3	Düşük su kullanımı	2\4

Tablo 2.5. Enerji tasarrufu ve kirletici gazların kullanılmaması (Çelik, 2016)

Enerji Tasarrufu ve Atmosfere Kirletici Gazların Verilmemesi		Puan 35
Ön koşul1	Bina enerji sistemlerini devreye alma	Gerekli
Ön koşul 2	Düşük enerji performansı	Gerekli
Ön koşul3	Ana soğutucu idaresi	Gerekli
Kredi1	Enerji performansı optimizasyonu	1\19
Kredi 2	Yerinde yenilenebilir enerji	1\7
Kredi 3	Arttırılmış devreye alma	2
Kredi 4	Arttırılmış soğutucu idaresi	2
Kredi 5	Ölçüm ve doğrulama	3
Kredi 6	Yeşil enerji	2

Tablo 2.6. Malzeme kullanımı ve doğal kaynaklar (Çelik, 2016)

Malzeme ve Doğal kaynaklar		Puan 14
Ön koşul1	Geri kazanılmış malzemelerin toplanması ve depolanması	Gerekli
Kredi 1.1	Yapı yeniden kullanım- mevcut duvar, kat ve çatıların muhafaza edilmesi	1\13
Kredi 1.2	Yapı yeniden kullanım-taşıyıcı olmayan iç elemanların muhafaza edilmesi	1
Kredi2	İnşaat atık idaresi	1\2
Kredi 3	Malzeme yeniden kullanımı	1\2
Kredi 4	Geri dönüştürülmüş içerik	1\2
Kredi 5	Bölgesel malzemeler	1\2
Kredi 6	Hızlıca yenilenebilir malzemeler	1
Kredi 7	Onaylı ahşap	1

Tablo 2.7. İç mekân kalitesinin sağlanması (Çelik, 2016)

İç mekân yaşam kalitesi		Puan 15
Ön koşul1	Belli düzeyde iç mekân hava kalitesi performansı	Gerekli
Ön koşul 2	Pasif içicilik kontrolü	Gerekli
Kredi 1	Dış hava dağıtımı izleme	1
Kredi 2	Arttırılmış havalandırma	1
Kredi3.1	İnşaat sırasında iç mekân hava kalitesi yönetim planı	1
Kredi 3.2	Oturumdan önce iç mekân hava kalitesi yönetim planı	1
Kredi 4.1	Düşük salınımlı malzemeler- yapışkan ve dolgu macunları	1
Kredi 4.2	Düşük salınımlı malzemeler - sıva ve boya	1
Kredi 4.3	Düşük salınımlı malzemeler - döşeme kaplaması	1

Kredi 4.4	Düşük salınımlı malzemeler-karma ahşap ve akrifiber ürünler	1
Kredi 5	İç mekân kimyasal ve kirletici madde kontrolü	1
Kredi 6.1	Sistemlerin denetlenebilirliği-ışıklandırma	1
Kredi 6.2	Sistemlerin denetlenebilirliği-sıcaklık konforu	1
Kredi 7.1	Sıcaklık konforu-tasarım	1
Kredi 7.2	Sıcaklık konforu-doğrulama	1
Kredi 8.1	Gün ışığı ve manzara-gün ışığı	1
Kredi 8.2	Gün ışığı ve manzara -manzara	1

Tablo 2.8. İnovasyon (Çelik, 2016)

inovasyon	Puan	6
Kredi 1	Tasarımda yenilikçilik	1\5
Kredi 2	Akredite LEED profesyoneli	1

2.3.3. DGNB Sertifika Sistemi (Alman Sürdürülebilir Yapı Sertifikası)

DGNB Sertifika Sistemi veya bilinen diğer ismiyle Alman Sürdürülebilir Yapı Sertifikası 2007 yılında kurulmasının hemen 1 yıl sonrasında, 2008 yılı itibariyle Dünya Yeşil Bina Konseyi'ne üye olmuştur.

DGNB'nin amaçları, aşağıda sıralanmıştır:

- Sürdürülebilirlik kriterlerini karşılamak için malzeme geliştirmek, binaların inşaat ve işletme sürecini planlamak için çözüm önerileri getirmek,
- Sürdürülebilir bir binaya verilebilmesi için bir kalite etiketi geliştirmek,
- Kaynakları verimli ve karlı kullanan, kullanıcılar için konfor ve performans sağlayan, refah sağlayan çevre dostu bir altyapı oluşturmak

DGNB Sertifikasyon Sistemi (Kapsamlı Bina Değerlendirmesi), sürdürülebilir binaların anlaşılır basit bir şekilde değerlendirilebilmesi ve planlanması için pratik bir

araç geliştirmiştir. Bu aracın güçlü yanı, sürdürülebilir binaların gerek duyduğu tüm kriterleri kapsamasıdır.

Her bina kriterlere göre değerlendirilir ve kriterleri sağlayabildiği ölçüde sertifika almaya hak kazanır.

Bu kriterler:

- Ekolojik Nitelik
- Ekonomik Nitelik
- Sosyokültürel Nitelik
- Teknik Nitelik
- Yerleşim Yeri Niteliği
- Süreç Niteliğidir.

2.4. Sürdürülebilir Yeşil Binalarda Çevresel Ürün Beyanı (EDP) Ürünlerin İncelenmesi

Modern dünyada, sürdürülebilirlik kavramının öneminin anlaşılmasıyla birlikte, yapılarda kullanılan malzemelerin de çevre dostu olmasına dikkat edilme eğilimi artmıştır. Bu sebepten ötürü, kullanılacak malzemelerin doğa dostu olması oldukça önem arz etmektedir.

Çevresel Ürün Beyanı (Environmental Product Decleration- EPD), bir ürünün yaşam döngüsü süresinde (hammadde eldesi, üretim ve atık oluşumuna kadar olan tüm basamaklar) ürünün çevreye olan tüm etkilerinin incelenmesi ardından verilen bir belgedir.

EDP belgeleri ile yapı malzemelerinin üzerinde sıklıkla gördüğümüz CE ibaresinin kontrolü sağlanmaktadır. Bu ibare, kullanılacak malzemenin doğa dostu olduğuna işaret etmektedir.

Yapılarda kullanılacak olan malzemelerin üreticileri de çevrenin korunması aşamasında CE uygulamalarını bir sosyal sorumluluk ilkesi olarak kabul etmeye başlamışlar ve bu doğrultuda üretimlerini devam ettirmeye çalışmaktadırlar. Özellikle, ürünün üretiminden tedarik ağının oluşturulup nihai tüketiciye ulaşana kadar geçen sürecin kontrolü oldukça önem arz etmektedir.

2.5.Şehirlerde Yağmur Suyu Altyapısı ve Verimli Toplama Yöntemleri

Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Sistemleri yani yeşil altyapı sistemleri kullanılarak yağmur suyu sorunu çözülebilecektir. Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Sistemleri,

yeraltına daha fazla yağış sızmasına izin veren sistemlerdir (Morales-Pinzóna et al., 2012). Aynı zamanda yağmurun geçişi yüzeylerde daha az kirlenmenin önüne geçme anlamında katkı sağlar. Zemindeki bitki örtüsü gibi kaplama malzemeleri yardımıyla yüzey akış hızını yavaşlatarak suyu arındırır.

Yeşil altyapı tasarımı, “doğa ile tasarım” yaklaşımını benimseyen bir mühendislik tasarımıdır. İşlev olarak doğayı taklit eden veya ekolojik sistemler ve kapasite üzerindeki etkilerini azaltmaya çalışan insan tarafından tasarlanmış cihazlardır. Aynı teknikler İngiltere’de Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Sistemleri olarak adlandırılmaktadır (Taşdemir, 2021). Yeşil Altyapı, ABD Çevre Planlama Ajansı Atık Su Yönetimi Ofisi tarafından genel çevresel kaliteyi geliştirmek ve kamu hizmetleri sağlamak için doğal sistemleri kullanan bir dizi ürün, teknoloji ve uygulamayı tanımlamak için kullanılan esnek bir terim olarak tanımlanmaktadır. Genel ilke olarak yeşil altyapı teknikleri, yağmur suyu akışına sızmak ve geri dönüştürmek için toprakları ve bitki örtüsünü kullanır.

Yağmur suyu yönetimi için yeşil altyapı teknikleri şu uygulamaları içermektedir: yeşil çatı, yağmur suyu iniş borusunun atık su kanalından ayrılması, yağmur suyu toplama ve yeniden kullanım sistemleri, doğal yağmur suyu drenaj sistemleri (yağmur hendekleri), yağmur suyu saksıları ve süzme bahçeleri, yağmur suyu havuzları (tutma ve toplama havuzları, göletler), etkili çevre düzenlemesi, sulama (kuru peyzaj, yerel ekim) (Eren et al., 2016).

2.6. Yağmur Suyu Kullanım Alanları

2.6.1. Yağmur Bahçeleri

Yağmur bahçeleri, biyolojik önlükler kullanarak yağmur suyunu toplayan peyzajlı alanlardır. Biyolojik arıtma sistemleri, bakteri, azot, fosfor, ağır metaller gibi su kirleticilerinin tutulduğu, parçalandığı ve emildiği toprak ve bitki kök sistemleri aracılığıyla yağmur suyunu toplar ve filtreler. Arıtılmış yağmur suyu daha sonra yeraltı suyu olarak toprağa verilir. Değilse, yağmur suyu drenaj sistemine aktarılır. Yağmur bahçeleri geleneksel peyzajlara benzeyebilir ancak tasarım ve işlev bakımından farklılık gösterir (Doğaroğlu ve Yurdusev, 2019). Yağmur bahçelerinde çok yıllık bitkiler, çalılar, küçük ağaçlar ve yerel bitkiler tercih edilebilir.

2.6.2. Yapay Sulak Alanlar

Yapay sulak alanlar, sulak alan bitki örtüsünün, topraklarının ve mikrobiyal varlıkların doğal fonksiyonlarını, yüzey suları, yeraltı suları veya atık akışlarındaki kirleticileri arıtmak için kullanılmak üzere tasarlanmış ve inşa edilmiş mühendislik sistemleridir". Su akış rejimine göre iki yol bulunmaktadır. Bunlar serbest su yüzeyi akışı veya yüzey altı akış yapay sulak alanlarıdır. Bu alanlar, farklı kentsel ve kırsal atık su akışlarını arıtılabilme özelliği gösterirler (Zhang et al., 2009).

İnşa edilmiş filtre yatakları, atık suyun biyolojik olarak arıtılması için yer sağlar. Filtre yatakları genellikle, genellikle kum veya çakıl olmak üzere iki farklı filtre malzemesi türünden birini içerir. Oluşturulan sulak alanlar genellikle filtre yatağındaki akış rejimlerine göre tanımlanır.

Bir yüzey akışı sulak alanı, bitki köklerini desteklemek için sığ bir havza, toprak veya başka bir ortamdan oluşur. Aynı zamanda sığ bir su derinliğini koruyan bir su kontrol yapısıdır. Yüzey akışı sulak alanları, doğal bataklıklara benzer özellikler gösterirler. Su arıtmanın yanı sıra vahşi yaşam habitatı için estetik faydalar sağlayabilir. Maden drenajını ve tarımsal akışı tedavi etmek için inşa edilen yağmur suyu sulak alanları ve sulak alanlar genellikle yüzey akışı sulak alanlarıdır (Zeng, Tan, ve Wu, 2007).

2.6.3. Su Rezervuarları

Rezervuarlar, güvenilir ve kontrol edilebilir bir kaynak sağlamak için belirli amaçlar için insan faaliyetleri tarafından oluşturulan su kütleleridir. Rezervuarlar genellikle su sıkıntısı veya fazla su olan bölgelerde kullanılır. Rezervuarlar çeşitli tiplerde yapılabilirler. Suyun az olduğu yerlerde, rezervuarlar mevcut suyu korur; böylece en çok ihtiyaç duyulan zamanlarda sulama veya içme suyu için rahat kullanım sağlar. Aşırı su sorunu olduğunda, örneğin daha fazla yağış alanlarını veya kar erimesi sırasında su akışını engelleyen alanları çöktürmesini önlemek için taşkın kontrolü için bir rezervuar kullanılabilir.

Bir rezervuar, suyun depolanmasına hizmet eder ve tankın boyutu, depolanacak su hacmine tabidir. Rezervuarlar iki ana kategoriye ayrılırlar. Bunlar (Devkota et al, 2015):

- Bir nehrin doğal olarak aktığı su tutma rezervuarları

- Yapay olarak kendilerine pompalanan veya kanalizasyon edilmiş malzemeleri alan hizmet veya dengeleme rezervuarları.

Genel olarak, arz ile talebi dengelemek için hizmet veya dengeleme rezervuarları gereklidir. İkinci tip rezervuarlar hacim olarak nispeten küçüktür, çünkü gerekli depolama kısa sürelidir. Su tutma veya depolama rezervuarlarının, nehir akışının bir kısmını taşkın olmayan aylarda kullanılmak üzere biriktirmesi amaçlanır.

2.6.4. Yeşil Sokaklar

Yeşil bir sokak, geçirimsiz yüzeylerden (örn. sokaklar, kaldırımlar) yağmur suyu akışını yavaşlatmak, filtrelemek ve temizlemek için bitki örtüsü (uzun ömürlü bitkiler, çalılar, ağaçlar), toprağı ve mühendislik sistemlerini (örn. geçirgen kaldırımlar) birleştiren bir yağmur suyu yönetimi yaklaşımıdır. Yeşil sokaklar, yağmur suyunu kaynağında, yağmurun yağdığı yerde yakalamak için tasarlanmıştır. Oysa geleneksel bir cadde, yağmur suyu akışını geçirimsiz yüzeylerden doğrudan yüzey sularına, nehirlere ve akarsulara boşaltan yağmur suyu sistemlerine (oluklar, drenajlar, borular) yönlendirmek için tasarlanmıştır (Orcan, 2021).

Yeşil sokaklar, tipik olarak yol kaplaması ve kaldırım arasında yer alan çökük bitkili alanları sokağın genel tasarımına dâhil eder. Yeşil sokaklar, daha büyük yağmur suyu yönetim sistemine iletilmeden önce yavaşlatılabilmesi ve emilebilmesi için kasıtlı olarak tasarlanmış ekili alanlarda akışı toplayarak, yakındaki karayolundan gelen yağmur suyunun akışını doğrudan kaynağında azaltır ve yağmur suyunu kontrol eder (Taşdemir, 2021). Dikim, yaz ve ara sıra sel altında kuruma koşullarını tolere edebilmelidir. Tercihen, bitkiler her zaman yeşil olacak ve düşük büyüyen bitkilerin yanı sıra derin kökleri olmayan bitkiler olacaktır. Yeşil sokaklara ait bazı özellikler şu şekilde sıralanabilir (Xu et al, 2012):

- Yeşil sokaklar şehrin yeşil altyapısının önemli parçalarıdır ve şehrin gri veya boru altyapısının korunmasına ve verimliliğinin artırılmasına yardımcı olur.
- Yeşil sokaklar kentsel yeşil alanı artırır, hava kalitesini iyileştirir, yeraltı suyunu yeniler ve hava sıcaklığını düşürür.

2.6.5. Ekolojik Su Kaynak Merkezi Örneği

Birçok çeşit Ekolojik Su Kaynak Merkezi vardır. Bu merkezler, farklı boyutlarda, farklı işlevlerde, farklı kapasitelerde ve farklı alanlarda uygulanabilirler. Ekolojik su kaynakları merkezleri eğitim programları, çevre ve insanların çevre ile ilişkileri

hakkında yaşam boyu öğrenmeyi teşvik eder (Paker ve Taş, 2017). Rekreasyon fırsatları da dâhil olmak üzere sunulan çok sayıda aktivite, çocukları ve ailelerini doğaya ve suya bağlar.

Bunlardan biri Kentsel Sular Merkezi'dir. Bu merkez, Washington'da bulunur. Kentsel Sular Merkezi, kentsel körfez topluluklarının karşılaştığı sorunlara çözümler geliştirmeye adanmış önde gelen bir araştırma merkezi hayal eden sivil liderler ve kuruluşlar tarafından yaklaşık on yıllık bir çalışmanın sonucudur. Kentsel Sular Merkezi, çevre bilimcileri, analistleri, mühendisleri ve politika yapıcılarını bir araya getiriyor (Eren et al., 2016). Araştırmacıların su sistemlerini ve doğal kaynak sorunlarını araştırmaları için yaşayan bir laboratuvar ortamı sağlar.



Şekil 2.7. Ekolojik su kaynak merkezi örneği (Melike ve Destan, 2018)

Kentsel Sular Merkezi, 2012 yılında LEED (Enerji ve Çevresel Tasarımda Liderlik) Platinum® projesi (mümkün olan en yüksek derece) olarak onaylanmıştır.

Merkez, aşağıdaki çevresel kategoriler göz önünde bulundurularak tasarlanmıştır (Erke, 2018):

- Binanın mekanik alanlar hariç tüm çatısı yeşil çatıdır. Su yalıtım üzeri toprak ve bitkilerle kaplıdır. Yağışları emer ve yağmur suyu akışını azaltır.
- Ayrıca binanın otoparklarına yağmur bahçesi yapılmıştır. Yağmur bahçeleri, faydalı kuşlar ve böcekler için yaşam alanı sağlar ve sel sorunlarını azaltır.
- Su depolama tankları, çatıdan akan suyu ve laboratuvarın saf su sistemi tarafından reddedilen suyu toplar. Kentsel Sular Merkezi, suyun yeniden

kullanımı ve verimli sıhhi tesisatın birleşimi nedeniyle geleneksel bir tesise göre %46 daha az su kullanır.

- Günışığı, tesisi aydınlatmak için pencereler ve yansıtıcı yüzeyler kullanarak enerji tüketimini azaltır. Açık alanlar, doğal ışık miktarına göre ışık seviyelerini otomatik olarak ayarlayan gün ışığı sensörleri ile donatılmıştır.
- Bu tesisin güney cephesinde sabit güneşlikler, batı cephesinde motorlu güneşlikler bulunmaktadır. Güneş gölgelikleri, güneş ışığının doğrudan pencerelere inmesini ve bina içini ısıtmasını önlemek için tasarlanmıştır.

2.7. Yağmur Suyu Kullanım Avantajları ve Dezavantajları

Yağmur suyu kullanımı avantajları (Najifar, 2018):

- Çatıdaki yağmur suyu toplama genellikle diğer su kaynaklarından daha ucuzdur.
- Yağmur suyunun fiziksel ve kimyasal özellikleri çoğunlukla yer altı sularının ve yüzey sularından daha üstündür.
- Sınırlı tatlı su akiferlerine sahip adalarda, yağmur suyu konutlarda kullanım için tercih edilen su kaynağıdır.
- Acil durumlarda veya kamu su tedarik sistemlerinin bozulmasında, özellikle de doğal afetler sonrasında önemli bir rezerv sağlar.
- Çatıdaki yağmur suyu toplama sisteminin inşaatı basittir ve bu sistemler neredeyse tüm gereksinimleri karşılamak üzere yapılabilir.
- Bina bütününe bir parçası olarak yapılan beton sarnıçlar, bina alt yapısının kapasitesini arttırabilir.
- İşletme ve bakım maliyetleri düşüktür.
- Mineral içeriği düşük, yüksek kaliteli yumuşak su sağlar

Yağmur suyu kullanımı dezavantajları;

- Yağmur suyu toplama yağış miktarına bağlıdır. Bu nedenle, uzun süren kuraklık dönemlerinde güvenilir bir su kaynağı değildir.
- Tanklardan olabilecek su sızıntısı, bina temeline zarar verebilir.
- Depolama tankları küçük çocuklar için güvensiz olabilir.

- Su önlem alınmaz ise; hayvan atıkları (kuş, yaras, kemirgen pisliği) ve sebze maddesi (çürüyen yapraklar, meyve) ile kirlenebilir.
- Yağmur suyu toplama sistemleri inşaat maliyetlerini arttırabilir.
- Yağmur suyu mineral içermediği için insanlarda beslenme yetersizliklerine neden olabilir.

2.8. Binalarda Yağmur Suyu Korunumu Konusunda Türkiye'deki Yönetmelikler

- Çevre, Şehircilik ve İklim Bakanlığınca, Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği'nde yapılan değişiklikle, çatıda toplanan yağmur suyunun bahçe zemini altında bir depoda toplanmasını sağlamak amacıyla yeni binalara "yağmur suyu toplama sistemi" kurulması zorunluluğu getirildi.
- Çevre, Şehircilik ve İklim Bakanlığınca hazırlanan Planlı Alanlar İmar Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik, Resmi Gazete'de yayımlandı (CSA, 2016).

PLANLI ALANLAR İMAR YÖNETMELİĞİ

Yapı projeleri

MADDE 57 –

- (7) a) 2000 m²'den büyük parsellerde yapılacak yapıların mekanik tesisat projelerinin; çatı yüzeyinden toplanacak yağmur sularının gerekmesi halinde filtre edilerek bir tankta toplanması ve bina tuvalet sifonlarında kullanılması amacıyla yağmur suyu toplama sistemi içermesi zorunludur. Toplama tankının hacmi; yapının bulunduğu ilin aylık m²'ye düşen en fazla ortalama yağış miktarı ile binanın çatı alanı esas alınarak hesaplanır. Toplanan yağmur suyunun bina tuvalet sifonlarının ihtiyacından fazla olan kısmı, tesisat projesinde gösterilmek suretiyle bahçe veya diğer ortak alanlarda kullanılabilir. İlgili idarelerce yağmur suyu toplama sisteminin daha küçük parsellerde yapılmasına, toplama tankı hacim hesap yöntemine ve ilave kullanım alanlarına ilişkin de zorunluluk getirilebilir. Yağmur suyu toplama tankı, bina bünyesinde veya çekme mesafelerini ihlal etmemek kaydı ile ön, yan ve arka bahçelerde ya da bahçe zemini altında konumlandırılabilir. Toplama tankı

tahliye hattı varsa yağmur suyu şebekesine bağlanır, atık su şebekesine bağlanamaz. Gri su sistemi de bulunan binalarda toplanan yağmur sularının bu sisteme verilmesinin mümkün olması halinde yağmur suyu için ayrıca bir toplama tankı yapılma zorunluluğu aranmaz.

Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik Birinci Bölüm Dördüncü Bölüm

Yağmursuyu Sistemlerinin Tasarım ve Projelendirilmesine İlişkin Esaslar

- **MADDE 16** – (1) Park, bahçe ve bina çatı yüzeylerine düşen yağmursuyu sahada toplanabilir ve evlerde, işyerlerinde ve bahçelerde kullanma suyu, yangın suyu veya ticari sulama suyu olarak umuma mahsus su dağıtım ve temin sistemlerine bir alternatif olarak kullanılabilir.
- (2) Yağmursuyu hasat sistemlerinin çeşitlerine ait bilgilere EK-1’de yer verilmiştir.

2.9. Yağmur Suyu Sistem Bileşenleri

Yağmur suyu toplama sistemi altı ana bileşenden oluşmaktadır:

1. Toplama alanı: yağmurun düştüğü yer bir çatı veya geçirimsiz kaldırım olabilir ve peyzaj alanlarını içerebilir.
2. Su transferi: suyun toplama alanından depolamaya gönderen kanallar veya borulardan oluşmaktadır.
3. Çatı yıkama: Kirletici maddeleri ve artıkları süzüp çıkaran sistemler. Bunlara ilk yıkama cihazları dâhildir.
4. Depolama: yağmur sularının toplandığı tanklardır.
5. Dağıtım: yerçekimi etkisi veya pompa ile yağmur suyunun dolanımını sağlayan sistemdir.
6. Arıtma: Filtreleme ekipmanı, damıtılması ve toplanan yağmur suyunu çöktürmek, filtrelemek ve dezenfekte etmek için katkı maddeleri içerir.

Yağmursuyu depolama tankları iki kategoride sınıflandırılır:

- Yüzey tankları veya yer üstü depolama alanları, çatı sularını toplamak için daha yaygın kullanılmaktadır.
- Yüzey suyu toplama sistemleri için yer altı depolama alanları veya yer altı rezervuarları yaygın olarak kullanılır.

Tank duvarı veya alt katman rezervuarları için malzeme ve tasarım yöntemleri, rezervuar boşaldığında, topraktaki rezervuar dışından gelen basıncın ve basıncın dayanabileceği şekilde olmalıdır. Ağaçların kökleri aynı zamanda yerdeki haznelere zarar verebilir.

Su kullanıcılarına ilişkin verilerin belirlenmesi: Kişilerin su tüketim miktarları pek çok faktörden etkilenmektedir. Bunların başında su kullanıcıların kültür ve refah seviyesi anlayışı ile yaptığı eylemlerin çeşitliliği gelmektedir. Ek olarak kişilerin yaş, cinsiyet vb. kişisel özellikleri de diğer etkenlerdir.

2.10. Sürdürülebilir Yeşil Binalarda Yağmur Suyu Tesisatı

Yağmur suyu tesisatı, yağmur kar vb. her türlü yağış sonucunda konut, ticari ve endüstriyel yapılar gibi binaların çatı, teras, avlu vb. yüzeylerinden akan suları toplayarak taşıyan tesisattır.

Yağmur sularının pis su kanalizasyonuna bağlanması sakıncalıdır. Çünkü yağmur suları, pis suyun hacmini büyütürken kanalizasyon tesisatının yükünün artmasına ve tıkanmalara yol açarak taşmasına neden olur.

Bu nedenle yağmur suyu tesisatları genellikle kanalizasyon tesisatından ayrı olarak yapılır. Yağmur suyu tesisatıyla toplanan sular bu amaçla özel olarak yapılmış kapalı yağmur suyu kanalına ya da zeminde açık olarak yapılmış ark ve kanallara akıtılarak uzaklaştırılır.

Yağmur suyunun açık veya kapalı bir yağmur kanalına verilmesi mümkün olmadığı küçük ölçekli konut vb. yapılarda binanın oturduğu çevresindeki serbest alana (zemine) akıtılması sağlanabilir.

Binaların çatı ve teraslarına yağın yağmur, yağmur olukları, teras süzgeçleri vb. tesisat elemanlarıyla toplanarak düşeydeki yağmur kolon sistemine iletilir.

Yağmur olukları; çinko, bakır, alüminyum ya da sert plastik (PVC) vb. malzemedен yapılır.

Yağmur suyu toplama tesisatı aşağıdaki elemanlardan oluşmaktadır.

1. Toplama Yüzeyi (Çatı),
2. Yaprak tutuculu oluklar,
3. Yıkayıcı filtreler,
4. Yağmur suyu depo su girişi,
5. Yağmur suyu deposu,
6. Fazla su tahliyesi,

7. Yüzücü filtreler,
8. Pompa,
9. Filtre ve klorlama,
10. Basınç tankı,
11. Ana şebeke bağlantısı

2.10.1. Yağmur Suyu Toplama Yüzeyi

- Yağmur suyunun çatı vasıtası ile toplanması
- Yağmur suyunun özel mimari tasarım yöntemleri ile elde edilmesi

Yağmur suyu elde edilmesinde çoğunlukla kullanılan sistem; geleneksel olarak oluşturulan çatıya gelen suyun istenen noktalara aktarılarak depolanması ve daha sonra pompa vasıtası ile kullanılacak mekânlara gönderilmesi şeklindedir.



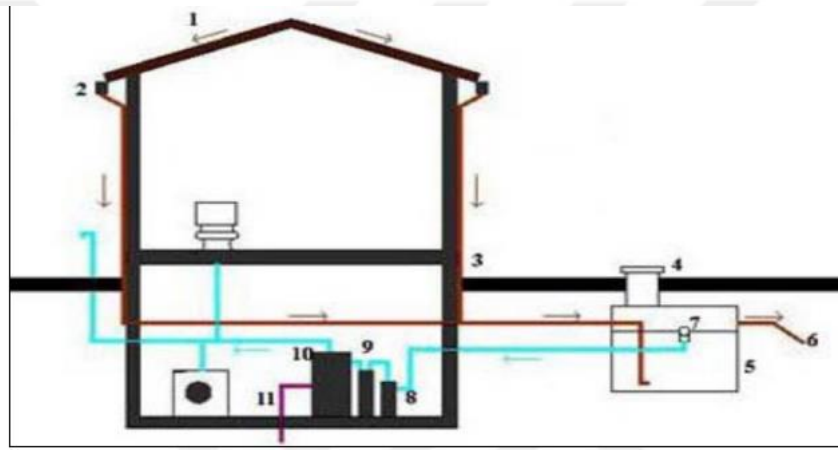
Şekil 2.8. Çatı örneği

2.10.2. Özel Mimari Tasarımlar

Mimari tasarım sırasında alınan tedbirlerle suyun toplanması, biriktirilmesi ve kullanımını içermektedir. Bu tasarımlar genellikle geleneksel çatı uygulamalarından farklı uygulamaları sunmaktadırlar ve genellikle tasarım aşamasında kalmaktadırlar. Örneğin; aşağıdaki şekildeki nilüfer şekilli itfaiye istasyonu Çinli tasarımcılar Jie Huang, Jin Wei, Qiaowan Tang, Yiwei Yu ve Zhe Hao, tarafından Amazonda Yağmur Ormanı Muhafızları için tasarlanmıştır. Tasarımın birinci işlevi; Yağmur suyunun çatı tablasında toplanması ve yangın esnasında sprej dronları vasıtası ile kullanılmasıdır. İkinci işlevi ise; yağmur mevsimi boyunca üst tablada biriktirilen suyun fazla kısmı, borularla iletilerek çevre arazinin sulanmasında kullanılması düşünülmüştür.



Şekil 2.9. Nilüfer şekilli istasyon



Şekil 2.10. Yağmur suyu tesisatı

2.10.3. Su Seviye Şalteri

Seviye şalteri, belirlenen depoda belirli hacimdeki su seviyesindeki, artma ve azalmasına göre, elektriksel kontak veren bir mekanizmaya sahip kontrol elemanıdır. Suyun seviyesinin her zaman belirli bir aralıkta tutulmasını, ya da su seviyesine göre başka bir cihazın devreye girip çıkartılmasını sağlarlar. Seviye şalteri iki farklı şekilde kullanılabilir.

1) Depo Dolumu: Bir su deposunun otomatik dolumunda kullanılır. Depo dolduğunda kontak vererek pompayı durdurur, depoda su boşaldığında ise kontak verip pompanın çalışmasını sağlar. Böylece su depomuz her zaman dolu kalır.

2) Depo Boşaltımı: Pompa ve hidroforları su deposundaki suyun bitmesine karşı korurlar. Bilindiği üzere pompa ve hidroforlar susuz çalışmaları halinde pahalı arızalara yol açacak şekilde bozulurlar. Kendi üzerinde seviye şalteri olmayan tüm

dalgıç pompalar, diğler santrifüj yüzey pompaları ve hidroforlar susuz çalışmaya karşı bu tür flatörlerle koruma altına alınmalıdır (Sumak, 2019).

2.10.4. Yağmur Suyu Fitreleri

Yağmur suyu fitreleri, geniş çatı alanları için uygundur. Filtre, yapı dışında 1000 mm çaplı beton bir kuyuya ya da doğrudan toprağa yerleştirilebilir. Kontrol için bir menhol bulunmaktadır. İki aşamalı temizleme sistemi sayesinde, kapsamı ne olursa olsun yüksek verimliliğe sahiptir. Filtre kartuşunun dik eğimi, filtrenin sürekli olarak kendi kendini yıkayabilme hareketini garantilemektedir. Temiz su bir tankın içinde toplanır ve sonra tanka karışır. Filtrenin incelenebilmesi için bir bakım kapağı vardır. İki aşamalı temizleme sistemi sayesinde yüksek çalışma verimine sahiptir. Filtre kartuşundaki dik eğim sayesinde atıkların düzenli bir şekilde savaklardan atılması garantilenmiş olur. Temiz su tankta depolanır ve tankın içine akar. Bu filtreye “Yaprak Filtre” denmektedir (Omni Endüstri, 2018).

2.11. Yapılarda Yağmur Suyu İçin Hesap Yöntemleri

Yağmur suyu hesaplamalarını yapabilmek için dünyada önemli kaynaklardan birisi Köppen iklim sınıflandırma verileridir. Dünyada Köppen iklim sınıflandırması Köppen iklim sınıflandırması,1900'lü yıllarda Alman klimatolog Wladimir Köppen tarafından ortaya atılmış ve 1918 ile 1936 yılları arasında yine Köppen tarafından büyük ölçüde geliştirilmiştir. Köppen'in sınıflandırma yöntemine göre bir yörenin iklimini açıklamak için en iyi değerlendirme aracı o yörenin doğal bitki örtüsüdür. Bu nedenle Köppen iklim bölgelerini ayırırken bitki örtüsünün dağılışını göz önüne almıştır. Köppen sınıflandırması bir bölgenin yıllık ve aylık sıcaklık ortalaması ile yağış miktarını hesaplayarak iklim bölgelerinin sınırlarını çizmektedir.

Yağmur suyu tesisat tasarımı yapılırken aşağıda belirtilen konulara dikkat edilmelidir.

Koordinasyon:

1.Binalarda yağmur suyu tesisat tasarımı farklı disiplinlerin koordinasyon çalışmasını gerektirir. Bina yapısı hakkındaki ayrıntıları mimar; çatı yapısı, boruların geçeceği yerler vb. statik projeyi hazırlayan inşaat mühendisi; maksimum çatı yükü vb. bilgileri verecek, tesisat mühendisi de tüm yağmur tesisatının hesaplarını ve tasarımını yapacak, çevre mühendisleri sistem kontrolünü en başından, sonuna kadar takipçisi olacak, denetim, yürütme ve kontrolü sürdüreceklendir.

Tasarımla ilgili tavsiyeler:

2.Bina içindeki orta avlu, aydınlık ve ışıklık gibi iç mekânların en alt kotlarına, yağmur tesisatına bağlı yer süzgeci konulmalıdır.

3.Avlu süzgecinin bağlantı noktası ile çatıdan inen yağmur kolonu arasında, hidrolik sıçrama etkisinin önlenmesi için minimum 3 m uzaklık olmalıdır.

Yağmur suyu tesisatında bina çatısında yer alan oluklar, süzgeçler ve iniş boruları veya bina içindeki bağlantı boruları ve süzgeçlerin boyutlandırılmasında, drenaj yapılacak suyun debisi üç temel faktöre bağlı olarak yapılır:

- 1.Yağış düşen alanın büyüklüğüne
- 2.Alanın pürüzsüzlük ve süzülme oranına
- 3.Alana düşen yağış şiddetine bağlıdır.

Yerel iklim koşulları, yağmur tesisat tasarımında kullanılan kriterler genel olarak aşağıda belirtilen mevzu ve dokümanlar kapsamında yer almaktadır.

Bina yapısı (çatı tipi, akıtma eğilimlerinin dağılımı, dik duvar ve parapet yükseklikleri, taşma ağız ölçüleri, acil drenaj ihtiyacı vb.), saha koşulları (konum, bölge, bölge özellikleri) dikkate alınmalıdır.

2.11.1. Yağmur Suyu Toplama Tesisatı Yüzeysel Akış Hesapları

-Yağmur Suyu Yağış Şiddeti (r)

Yağış şiddeti her şehir için Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün istatistiki verilere göre hazırlanmış çizelgelerinden seçilir.

Buna göre çizelgeler, her şehir için dakikalık yağış süreleri esas alınarak hazırlanmaktadır.

300 l/s.ha değerinden daha küçük yağış değerleri için de 300 l/s.ha değerinin kullanılması tavsiye edilmektedir.

Taşma tesisatının hesabındaysa 5 dakikalık periyottaki en büyük yağış şiddeti değeri (Y-EB) kullanılır.

Yağış şiddeti, bu çizelgelerde; söz konusu sürelerde (mm) olarak yağın yağmur olarak verilmektedir. Oysa yağmur tesisatında yağış şiddeti birimi (l/s.ha) olarak anılmaktadır.

Buna göre yağmur suyu yağış şiddeti aşağıdaki formül aracılığıyla hesaplanabilecektir:

$$Q= r.A.c$$

Burada:

Q: Yağmur suyu debisi (l/s)

R:Yağmur yağış şiddeti(l/s.metrekare)

A:Etkili çatı alanı (metrekare)

c:Çatının yüzeysel akış katsayısı, boyutsuz (ulusal ve yerel düzenlemeler ve uygulamalarda aksi belirtilmedikçe 1,0 alınır.)

Bir binanın çatı ve terasına düşen yağış miktarının hesaplanması bu iki durum için ayrı ayrı yapılır.

-Etkili Çatı Alanı Hesabı (A)

Ulusal ve yerel düzenlemelerde ve uygulamalarda aksi belirtilmedikçe, etkili çatı alanı hesaplanırken rüzgâr etkileri için hiçbir tolerans verilmemelidir.

Rüzgâr etkileri için hiçbir tolerans verilmediği durumlarda etkili çatı alanı, aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır.

$$A=Lr \times Br$$

Burada:

A:Etkili çatı alanı (metrekare)

Lr: Drenajı yapılacak çatı uzunluğu (metre)

Br: Çatının oluktan mahyaya kadar yatay iz düşüm mesafesi (metre)

Rüzgâr etkileri için tolerans verildiği durumda, etkili çatı alanı, standarda uygun şekilde hesaplanmalıdır.

-Yüzeysel Akış Katsayısı (c)

Yüzeysel akış katsayısı, çatı zemin şartlarına bağlı olarak değişir ve düşen yağmurun yüzey tarafından emilmeyen yüzdesini gösterir.

2.12. Türkiye’de Yeşil Binaların Yaygınlaştırılması

Dünya Doğayı Koruma Vakfı (World Wide Fund for Nature-WWF) tarafından yayınlanan Enerji Raporu’na göre, gerekli düzenlemelerin yapılması hâlinde 2050 yılına dek dönüştürülebilir veya yenilenebilir enerjilerin kullanımının yaygınlaşacağını öngörmektedir.

Şüphesiz, bu uygulamaların öngörüldüğü düzeyde gerçekleşmesi için, bireylerden başlamak üzere toplumsal bilinçlenmenin gerçekleştirilmesi, ardından hükûmet politikalarıyla iyi bir teşvik mekanizmasının geliştirilmesi gerekmektedir.

Özellikle küreselleşmenin başlamasından sonra kitlesel üretimin artmasına bağlı olarak ihtiyaç duyulan ve kullanılan enerjilerin büyük bir artış sergilediğini söyleyebiliriz. 1990-2008 dönemi arasında kullanılan enerji %40 oranında artış göstermiştir. Üstelik bu enerjinin oldukça büyük bir kısmı, doğal kaynaklardan, daha çok fosil kaynaklardan elde edilmiştir (Orcan, 2021). İnşa edilen yapılar da dünyadaki fosil kaynakların en büyük kullanıcısı konumunda olmaya adaydır. Binalar, fosil kaynakların yaklaşık %35-40’ını tüketme özelliği göstermektedir.

Bu kapsamda, yeşil bina uygulamalarının bütün dünyada olduğu gibi Türkiye’de de yaygınlaşması oldukça önem arz eden bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Hâlihazırda, kentsel dönüşüm çalışmalarıyla sürdürülebilir yeşil binaların sayısında bir artış olduğunu görebilsek de genel itibarıyla yeterli seviyeye ulaşamadığı bir gerçektir.

2.13. Türkiye’de Sürdürülebilir Yeşil Bina Örneği

Türkiye’de yeşil bina uygulamaları giderek yaygınlaşırken, bu binalar arasında bazı önemli olanlarından bahsetmek yerinde olacaktır

2.13.1. Mustafa Bey Apartmanı



Şekil 2.11. Mustafa Bey Apartmanı (Erke, 2018)

Mustafa Bey Apartmanı, ERKE Sürdürülebilir Bina Tasarım danışmanlığında yürütülen süreç sonunda, Amerikan Yeşil Binalar Konseyi (USGBC) tarafından verilen LEED Gold sertifikasını BD+C: New Construction kategorisinde almaya hak kazandı.

2.13.2. Örnek Yeşil Binalarda Sürdürülebilir Araziler Hususu

- Yozgat Şehir Hastanesi proje alanı seçimi yapılırken, bu alanın hiçbir tarım alanı, olmamasına, ya da herhangi bir su kütleline zarar verecek bir yakınlıkta bulunulmamasına dikkat edilmiştir.
- Toplu taşıma duraklarına olan yakınlığı, bu ulaşım türünün kullanımına teşvik edilmesini sağlamıştır.
- Araç kullanımından kaynaklı hava kirliliğini ve trafik yoğunluğunu düşürmek amacıyla yapılan bir diğer uygulama ise; kullanıcı sayısının %5'i kadar bisiklet park yeri tasarlanmış olmasıdır.
- Projede otopark alanları tasarlanırken düşük emisyonlu araçlar için belirli sayıda araç park imkânı sağlanmıştır. Bu şekilde karbon emisyonlarının azaltılması hedeflenmiştir, araç yoğunluğu ihtimalinin önüne geçmek için, yönetmelikleri aşmayacak seviyede otopark sayısı belirlenmiştir.
- Projede otoparkların büyük bir kısmı yer altında olacak şekilde tasarım yapılmıştır. Zeminde yeşil alana yer verilerek ısı etkisini azaltmak

hedeflenmiştir. Ayrıca ısı etkisini azaltmanın bir diğer yöntemi olarak çatıda açık renkli materyal kullanımı sağlanmıştır.

- Proje yoğun bir yapılaşmanın gözleendiği bir alanda konumlanmıştır. Ayrıca inşaat sırasında kirliliği önlemek, bölgeden geçen su kaynaklarının ya da hatlarının korunmasını sağlamak, erozyonu önlemek amacıyla önlemlerin alındığı bir plan yapılmış ve bu plana dayalı olarak inşaat aşaması ilerlemiştir.
- LEED'in önemli amaçlarından bir tanesi de özel araca bağımlılığı azaltmak ve alternatif ulaşım yöntemlerini teşvik etmektir. Bu amaç kapsamında toplu taşıma olanaklarına ve temel servislere kolay erişim önem arz etmektedir. Proje konumu toplu taşıma olanaklarına ve hizmet alınabilecek temel servislere yakın olduğu için, araç kullanımına ihtiyaç duyulmadan yürüyerek bu servislerden faydalanılmaktadır. Bu sayede de ulaşımında araç kullanımından kaynaklı karbon emisyonlarının düşürülmesi hedeflenmiştir.
- Bisiklet kullanımını teşvik edici uygulamalarda proje kapsamında gerçekleştirilmiş ve alternatif ulaşım kaynağı olarak kullanımının artması hedeflenmiştir. Bu sebeple kullanıcı sayısının %15'i kadar toplam 9 adet bisiklet park yeri oluşturulmuştur.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1.Çalışma Alanı-Sinop İli İklim Özellikleri

Sinop İli, Doğu ve Batı Karadeniz iklim özelliklerinin iç içe geçtiği bir yöredir. İilde mevsimler arası sıcaklık farkları pek büyük değildir. İl’de, yıl boyunca esen sürekli rüzgârlar etkili olmaktadır. Yazın belli bir dönem dışında, bütün yıl nemli ve yağışlı geçmektedir. Sinop’un kuzey kesiminde Karadeniz iklim tipi egemendir. İlin güney kesiminde ise kıyıya koşut olarak uzanan dağlar nedeniyle, Karadeniz ikliminin etkisi giderek azalmaktadır. Bu bölgede yağışlar ve sıcaklık düşer ve bozkır ikliminin etkileri görülür. Sinop ili, yarı kurak, az nemli bir iklime sahiptir. Kışları serin, yazları ılık, sıcaklık ve yağış parametrelerine göre mevsimler arası sıcaklık farkı fazla olmayan, yağışlar düzenli, sahil kesimi mutedil, iç kesimlerde Karadeniz iklimi ile İç Anadolu İklimi arasında geçiş bölgesi iklimi hâkimdir.

Sinop’ta yağışlar, aylara göre oldukça düzenlidir. En çok Ekim ayında, en az Mayıs ayında yağış alan İlimizde yıllık ortalama yağış miktarı 685,7 mm’dir. Sahil şeridinde ortalama yağış miktarı 679- 1077 (2016 yılı 685,7)mm., olup, yağışlı gün sayısı ortalama 125-135 gün (2016 yılı 133gün) arasındadır.2016 yılında en sıcak ay Ağustos, en soğuk ay da Şubat olmuştur. İlimizde en yüksek sıcaklık 34,4 santigrat ile (2000 yılı) temmuz ayında, en düşük sıcaklık ise -7,5 santigrat ile (1985 yılı) Şubat ayında gerçekleşmiştir. İç kesimlerde ise ortalama yağış 388- 473 mm., yağışlı gün sayısı ise 66- 87 gün arasındadır.

İlin hâkim rüzgâr yönü Batı, Kuzeybatı (karayel) yönünde olup, uzun yıllar (1960-2015 yılları arası) yapılan ölçüm neticesinde %13,7’lik oranla rüzgâr bu yönden ortalama 76652 saat olarak esmiştir. Bu rüzgârların hızı saniyede 20-25 metreye dek ulaşabilir. En hızlı rüzgârın hızı ise 35,6 m/sn’dir.

Ortalama deniz suyu sıcaklığı 15.9 santigrat olan Sinop’ta ortalama güneşlenme süresi ise 4,75 saat/gündür. İl, genel olarak dağlık bir bölgede yer almaktadır. Dağlar, İl topraklarının % 74.3’ünü oluşturmaktadır

3.2. Araştırmanın Yöntemi

Araştırmada, sürdürülebilir yeşil binalarda enerji tasarrufu ve enerji verimliliği sağlayan ısı yalıtımı malzemesi seçimi ve yağmur suyu hasadı ile ekonomik değerlendirme yapılmıştır.

Yöntem olarak, nitel araştırma yöntemlerinden literatür taraması gerçekleştirilmiş, konu başlığıyla ilgili olduğu düşünülen ulusal ve uluslararası kaynaklara yer verilmiştir. Ayrıca, konunun somut bir şekilde tartışılabilmesi açısından, Türkiye’de yer alan yeşil bina uygulamasına örnek olması için Sinop’ta bulunan Demirciköy mevki Organize Sanayi Bölgesi özelinde, parsel üzerinde çalışma yapılmıştır. Bu alanda henüz bir bina bulunmamaktadır. Fabrika binası projesinin mimari ve sıhhi tesisat projeleri çizilip, binada kullanılacak malzemeler için “sürdürülebilir yeşil bina” özelliklerine göre çevreye zarar vermeyecek kaynak kullanımında tasarruf sağlayacak malzeme seçimi yapılmıştır. Çevre Şehircilik ve İklim Bakanlığı’nın 2022 İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları Listesinden yararlanılarak maliyet analizleri çıkartılmış ve binanın kendini amorti etme süresi hesaplanmıştır.

3.3.Araştırmada Kullanılan Maliyet Analizleri

3.3.1.Elektrik Tüketimi Maliyet Analizi

İşletmelerin alanları, makinaların elektrik kullanım güçleri, çalışma saatleri ve binalarda kullanılan yapı malzemeleri farklılık gösterdiğinden, ısıtma ve soğutmada kullanılan enerji oranı hakkında net bir bilgiye ulaşılamamıştır. Bu yüzden, binada trapezoidal alüminyum levha kullanılan ve alan olarak benzer büyüklüğe sahip bir işletmenin aylık yaklaşık elektrik kullanım miktarı temel alınmıştır.

Isıtma ve soğutma gideri, toplam elektrik giderinin %40’ı olarak kabul edilmiştir. Taş yünü tasarruf oranı iste %50 dir. Sinop OSB’de 1 KWh elektrik kullanım bedeli ise 1,23 TL’dir. Örnek fabrikanın kullandığı 1 aylık toplam enerji miktarı 19750 KWh dir.

Tablo 3.1. Elektrik tüketim maliyeti hesabı

Bina Alanı	Alan(m ²)	Birim Fiyat(TL)	Tutar (TL)
Cephe	2207	167,00	368.569,00
Teras	1131	49,41	55.882,71
Çatı	1472	43,79	64.458,88
Toplam			488.810,59

Aylık Isıtma ve Soğutma Gideri : 19750 kwh x 0,4(%40) = 7900 kwh

Taş Yünü Tasarruf Oranı :7900 x 0,5(%50) =3950 kwh

1 Aylık taş yünü tasarruf tutarı :3950 kwh x 1,23 tl = 4.858,50 TL

1 Yılda Elde Edilen Tasarruf Tutarı :4.858,50 TL x 12 =58.302,00 TL

Burada toplam taş yünü maliyetini tasarruf tutarına oranlandığında, taş yünü yalıtım sisteminin kendini yaklaşık 9 yılda amorti ettiğini görülmektedir. Elektrik tasarrufunun yanı sıra binanın kullanım süresince hava kalitesi korunmuş olacak ve çevreye zarar vermeyen bir yapı inşa edilecektir.

3.3.2. Cam Maliyet Analizi

Önceki araştırmaların sonuçlarına göre, bir alanın aydınlatılması için harcanan enerji tutarı, binanın harcadığı enerji tutarının yaklaşık %25-%40'ını oluşturmaktadır. Bu sebepten ötürü de güneş ışığından mümkün olduğunca faydalanılarak binaların önemli ölçüde enerji tasarrufu yapmaları sağlanabilmektedir.

Burada cam türünü uygun seçimi de yalıtım ile doğrudan ilişkili olduğundan ötürü, ısı kaybının engellenmesi konusunda oldukça önem arz etmektedir. Isıcam'ı standart çift camlardan ayıran fark ara boşluğunda hava yerine argon gazı doldurulması, ısı kontrol kaplamalı camlar kullanılmasıdır. Isıcam konfor ve sinerjik olarak 2 türü bulunmaktadır. Isıcam Konfor Özellikleri ise kaplamalı yalıtım camı sayesinde güneş ısı girişi %40 azaltarak evin yazın serin kalmasını sağlar ve klima elektrik masraflarını azaltmaya yardımcı olur. Isıcam konfor aynı zamanda kışın da evin sıcaklığını muhafaza etmekte etkilidir ve ısıtma giderlerinizde tasarruf sağlar Cam olarak kışın evin sıcaklığını koruyan sinerji cam ve ısıcam avantajları irdelenmiştir Sinerji cam, ışık geçirgenliğini muhafaza ederek güneş ısısından maksimum faydalanılarak, pencere önünün soğuk olmasını engelleyerek olası buğulanmaları

geciktirir. Sinerji cam olarak isimlendirilen çift katlı camlarda, ısı kaybını sıradan camlara göre %45 olarak azalttığı düşünülmektedir. Yalnızca, sinerji camların bir yatırım maliyeti olmasından ötürü, ortalama birkaç yıl içerisinde bu maliyetin geri karşılanabileceği söylenebilir (Orhan ve Kaya, 2016).

Camın boyutlandırılmasıyla ilgili herhangi bir oran bulunmamaktadır. Bu yüzden metrekareye uygun bir boyutlandırma yapılmıştır. Camlar aydınlığı sağlamak ve gün ışığından yararlanmak için imalat alanı seviyesinin üstünde yerleştirilir.

Fabrika projemizde kullanılacak camların boyutları belirlenmiş ve sinerji cam-ısıcam için aşağıda görülecek fiyat çalışmaları yapılmıştır. Bu fiyatlar Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın,2022 güncel İnşaat Birim Fiyatları Rayiç Liseleri'nden alınmıştır (Tablo 3.1 ve 3.2.).

Tablo 3.2. Sinerji ısıcam ile maliyet hesabı

Ürün İsmi	Miktar	Tutar (Birim Başı)	Toplam Tutar
Winopen Kasa Profili 70'lik	199,16 Metre	174,00	34.653,12
Winopen Pencere Kanat	117,39 Metre	175,00	20.542,70
Winopen Ortakayıt Profili 70lik	40,54 Metre	162,00	6.552,52
Silikon-Köpük Gideri	48 Adet	250,00	12.000,00
Pencere Aksesuarı	36 Adet	120,00	4.320,00
Vasistas Aksesuar	9 Adet	100,00	900,00
Tekcam Buzlu	2,25 Metrekare	338,00	760, 50
4-16-4 Sinerji Isıcam	57,60 Metrekare	696,00	40.089,60
			=119,818, 44 TL
			%18 KDV=
			21. 567,32 TL
Toplam			141.385, 76 TL

Tablo 3.3. Isıcam ile maliyet hesabı

Ürün İsmi	Miktar	Tutar (Birim Başı)	Toplam Tutar
Winopen Kasa Profili 70'lik	199,16 Metre	174,00	34.653,12
Winopen Pencere Kanat	117,39 Metre	175,00	20.542,70
Winopen Ortakayıt Profili 70lik	40,54 Metre	162,00	6.552,52

Silikon-Köpük Gideri	48 Adet	250,00	12.000,00
Pencere Aksesuarı	36 Adet	120,00	4.320,00
Vasistas Aksesuar	9 Adet	100,00	900,00
Tekcam Buzlu	2,25 Metrekare	338,00	760, 50
4-16-4 Isıcam	57,60 Metrekare	696,00	36.000,00
			=115.728, 84
			%18 KDV=
			20. 831, 19 TL
Toplam			136.560, 04 TL

Sinerji ısı cam ve ısı cam arasındaki maliyet farkı 4.825,72 TL'dir. Tercih edilen sinerji ısı cam ile taş yünü yalıtım sistemi desteklenmiş olacak ve sistem kendini kısa sürede amorti edecektir.

3.3.3. Fabrika Yağmur Suyu Toplama ve Maliyet Analizi

Binada toplam çatı alanı 1472m², toplam teras alanı 1131m²'dir. Yağmur kolonu sayısı eşit aralıklarla olacak şekilde belirlenmiş olup yağmur suyu tahliyesi 2 ayrı bölümde (çatı ve teras) hesaplanmıştır.

Yağmur suyu toplama ve çalışma prensibi; Çatılardan ve ızgaralardan toplanan yağmur suyu boru ve kanal yardımıyla öncelikle filtreden geçerek yağmur suyu depolama tankına iletilir. Depoda biriken fazla su, su seviye şalteri yardımıyla tahliye borusundan tahliye edilir. Geriye kalan yeterli seviyedeki su ise pompalar yardımıyla klozetlere iletilir ya da bahçe sulama, araba yıkama işlerinde kullanılır.

Yağmur suyu mekanik tesisat projesi Şekil 3.1, Şekil 3.2, Şekil 3.3, Şekil 3.4, Şekil 3.5, Şekil 3.6, Şekil 3.7, Şekil 3.8 ve Şekil 3.9 gösterilmiştir. Yağmur suyu tahliyesinde için toplamda 11 adet PVC boru kullanılacaktır ve debiye göre boru çapı belirlenecektir. Ayrıca boru adet ve birim fiyatlarından yola çıkarak toplam yağmur suyu tesisatı ile ilgili hesaplamalar yapılmıştır. Bu yüzden hesaplamalarda, yağışın artması ihtimali düşünülerek Sinop'un yıllık yağış ortalaması 685,7 mm baz alınmıştır. İlgili hesaplar aşağıda görülebilmektedir.

$$Q=r \times A \times c$$

A: yağış alan yatay yüzey-hektar (2603 m² -0.2603 hektar)

r: yağış şiddeti L/sn.hektar

c: yüzey akış katsayısı

$$Q=0,2603 \text{ (hektar)} \times 307 \text{ L/sn. hektar} \times 1$$

$$Q=79,9121 \text{ L/sn}$$

Yağmur borusu adedi :11 adet

$$\text{Düşey yağmur borusu kesiti} : 79,9121 / 11 = 7,264 \text{ lt/sn}$$

Düşey yağmur borusu çapı :150 mm bulunur.

Tablo 3.4. Yağmur suyu kolon hesabı için tablo (Anonim, 2016)

Yağmur debisi lt/sn	Yük değeri	Boru Çapı(kolon) (mm)
1,40	45	100
3,50	130	
4,15	150	125
7	270	
7,75	300	150
10,00	400	

Yağmur Deposu hacminin tespiti için yapıdaki 17 adet klozetin günde 2'şer kez kullanılacağı öngörülerek hesap yapılmıştır.

Aylık Tüketim=Klozet Sayısı x Günlük Kullanım Sayısı x Rezervuar Hacmi x 30(gün)

$$\text{Aylık Tüketim}=17 \times 2 \times 6\text{lt} \times 30 = 6120\text{lt/ay} = 6,12\text{m}^3/\text{ay} = 5.875 \text{ ton/ay}$$

Burada tespit edilen değerler üzerine bahçe sulama ve araç gereç yıkaması için eklemeler yapılarak deponun 10 tonluk seçilmesine karar verilmiştir. Bu fiyatlar Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın, 2022 İnşaat Birim Fiyatları Rayiç Liseleri'nden alınmıştır. Sinop OSB'de 1 m³ suyu fiyatı 4,95 TL'dir. Sinop'un ortalama yağışlı gün sayısı ise 135 gündür.

Tablo 3.5. Boru maliyeti hesabı

Boru çapı (mm)	Boru uzunluğu(mm)	Birim Fiyat	Toplam Tutar
Ø150 PVC Boru:	946	26,80	25.355,00
Ø 200 HDPE-PP Boru:	18,42	31,40	578,40
Ø 250 HDPE-PP Boru:	2,89	56,50	90,47
Ø 300 HDPE-PP Boru:	15,95	63,00	1004,83
Ø 350 HDPE-PP Boru:	36,43	105,00	3.825,00
Ø 500 HDPE-PP Boru:	7,43	166,00	1.233,38

Ø 20 HDPE-PP Boru:	12,2	11,33	138,226
Ø 25 HDPE-PP Boru:	6,8	18,31	124,508
Ø 32 HDPE-PP Boru:	24,8	27,45	680,76
Ø 40 HDPE-PP Boru:	52	39,94	2.076,88
Pe,Cam Elyaf Kaplı Galveniz Yağmur Suyu Tankı(10 ton)			26.820,23
Tank montaj bedeli			570,23
Toplam			62.497,264

1 Yılda Biriken Su Miktarı : $135 \text{ gün} \times 10 \text{ m}^3 = 1350 \text{ m}^3$

1350 m³ suyun fiyatı: $1350 \text{ m}^3 \times 4,95 \text{ tl} = 6.682,00 \text{ tl}$

Bu verilere baktığımızda Tablo 3.4'deki yağmur suyu toplama sisteminin, toplam maliyetini 10 yılda amorti edebileceğini göstermektedir. Aynı zamanda bu 10 yıllık süreçte 13.500 m^3 temiz sudan tasarruf sağlanacaktır.

3.4.Fabrikanın Maliyet Karşılaştırması

Fabrika plastik enjeksiyonu alanında faaliyet gösterecektir. 6310 m^2 kullanım alanına sahiptir. Şekil 4.1'de de Sinop OSB'nin konumu ve seçilen parsel verilmiştir. Anayola ve limana olan yakınlığı bu bölgeyi işlevsel kılmakta aynı zamanda nüfus artışına ve tüketim ihtiyacına bakıldığında sanayide her gün büyümeye gidileceğini göstermektedir. Ayrıca Sinop ilinde ve OSB'de yaralan firmalarda daha önce tam anlamıyla hiçbir sürdürülebilir yeşil bina çalışması yapılmamış ve hiçbir bina için yeşil bina sertifikası alınmamıştır. Yapılan bu çalışma, uygulanabilirliğin kolaylığı, çevreci olması ve tasarruf sağlaması konusunda hem Sinop ilinde hem de OSB de yer alan diğer firmalara örnek teşkil edecektir. Böylelikle elektrik, su harcamasının yoğun olduğu bir bölgede daha fazla tasarrufa gidilecektir.

Duvarları trapezoidal alüminyum levha ve ısı yalıtım malzemesi, üzerine taş yünü ile yalıtım sağlanacaktır. Pencerelerde 4+16+4 ısıcam yerine 4 +16+4 sinerji ısıcam kullanılacaktır. Fabrika mekanik yağmur suyu tesisatı çizilmiş olup yağmursuyu hattı ve deposu şekillerde gösterilmiştir. Çatı, alüminyum kenet sistem ile yapılacaktır ve altı taş yünü kaplanacaktır.

Tablo 3.6. Fabrikada tasarımındaki uygulanan sürdürülebilir yeşil bina uygulaması tablosu

Uygulama	Kullanım avantajı
Yağmur suyu toplama	Yağmur suyu çatı ve zemindeki ızgaralardan toplanarak önce filtre sisteminden geçip depolanması. Ardından binada klozetlerde ve alan içerisinde bahçe sulamada, araç yıkamada kullanılması
Taş yünü cephe giydirme	Yazın ve kışın ısı yalıtımı sağlayarak enerji tasarrufu sağlaması. Aynı zamanda doğal malzemeden yapıldığı için kanserojen etkinin önüne geçmekte ve iç ortam hava kalitesini iyileştirmekte
Doğal havalandırma	Kapı, pencerelerin açılır -kapanır olması ve bina yüksekliğinin yeterli ölçüde yapılması. Aynı zamanda taş yünü malzeme kullanıldığı için kanserojen etkinin önüne geçilmesi ve iç ortam hava kalitesini iyileştirilmesi
4+16+ 4 ısı yalıtımlı sinerji çift cam	Işık ve ısı yalıtımlı sinerji cam sayesinde enerji giderlerinin düşülmesi
Gün ışığından faydalanma	Binada kullanılan pencerelerin kullanım alanlarını etkilemeyecek, binaya ışığın gireceği şekilde konumlandırılması

Tablo 3.7. Fabrikada tasarımında yapılan sürdürülebilir yeşil bina uygulamasının LEED puan tablosuna göre yaklaşık puanlaması

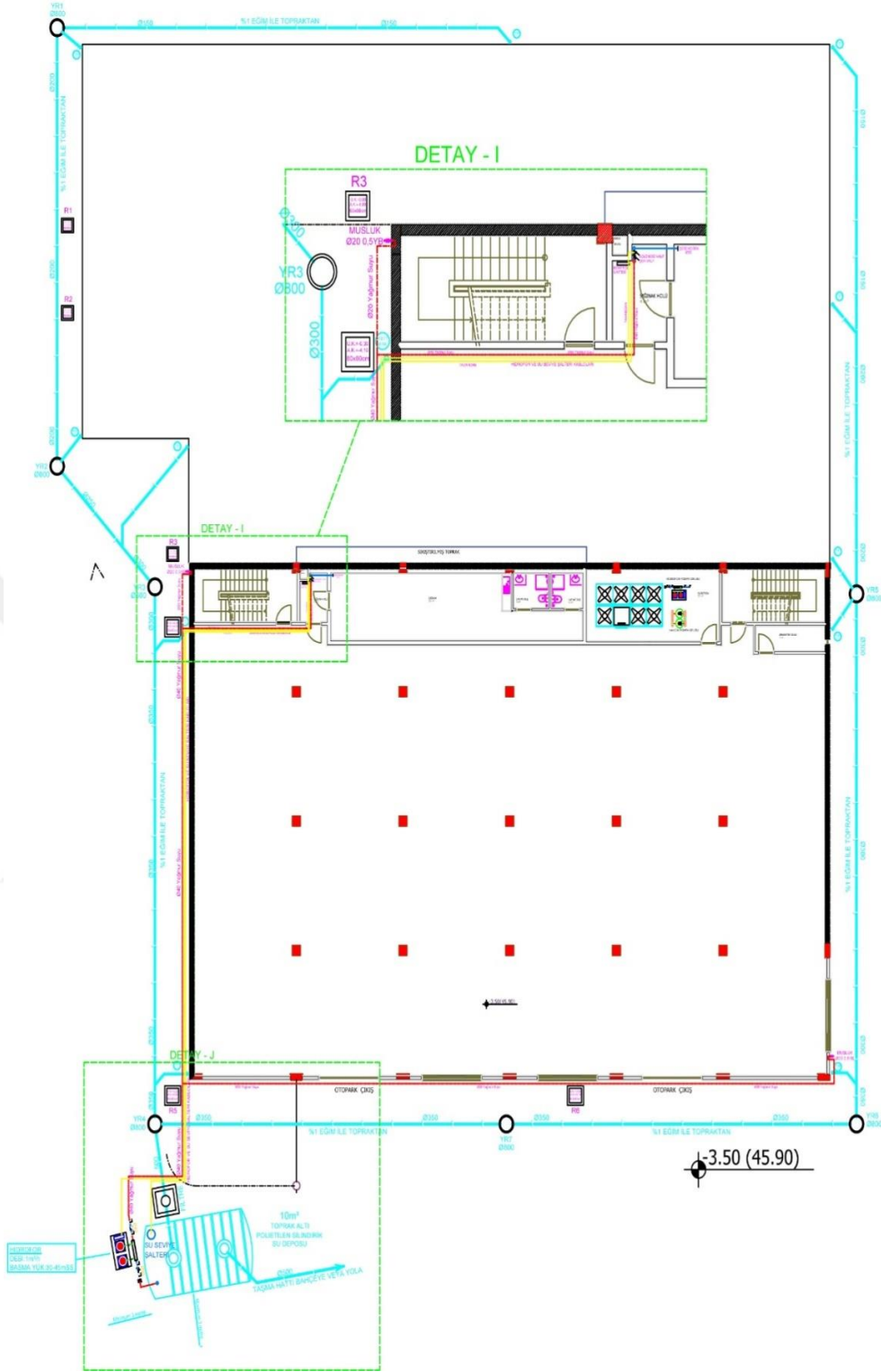
Uygulama	Puan
Yağmur suyu toplama (Tablo. Sürdürülebilir saha)	2
Taş yünü cephe giydirme (Tablo. Malzeme ve kaynaklar)	6
Gün ışığından faydalanma (Tablo. Günışığı) (tablo. İç mekân kalitesine göre)	5

Tasarlanan binanın yaklaşık ve tahmini puan tablosuna bakıldığında henüz başlangıç aşamasında olduğu görülmektedir. Sertifika programlarına yapılan başvuru sonrasında alacağı LEED sertifika ve yeşil bina danışmanlığınca yönlendirilip, geriye kalan uygun şartları sağlayarak sertifika alınabilecektir.

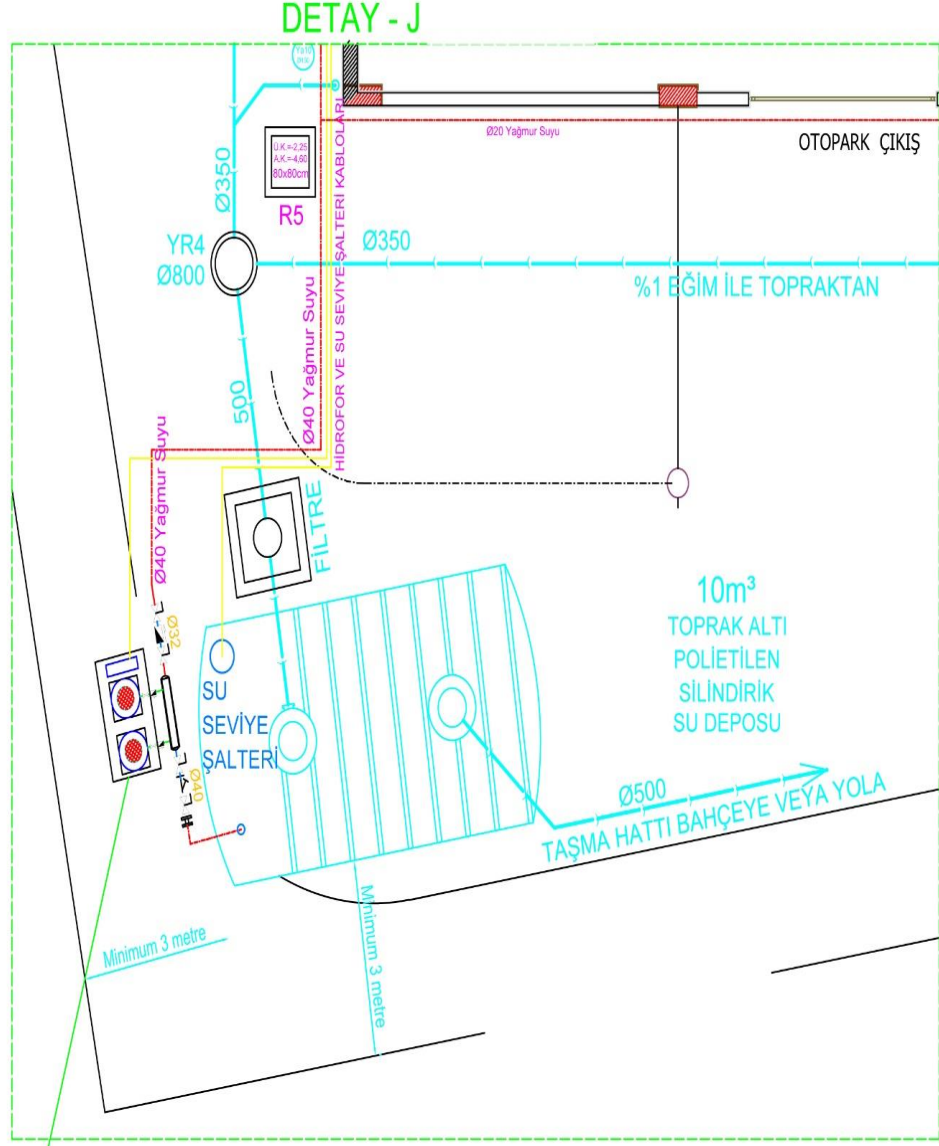
Tablo 3.8. Sürdürülebilir yeşil bina fiyat farkı-maliyet analizi(ilk yatırım maliyet farkı)

Boru çapı (mm)	Toplam maliyet farkı (TL)
Yağmur suyu toplama sistemi kurulumu	62.497,264
Taş yünü ısı yalıtım sistemi kurulumu ve işçilik	488.810,50
4+16+4 sinerji ısı cam kurulum farkı	4.825,72
Toplam	556.133,484

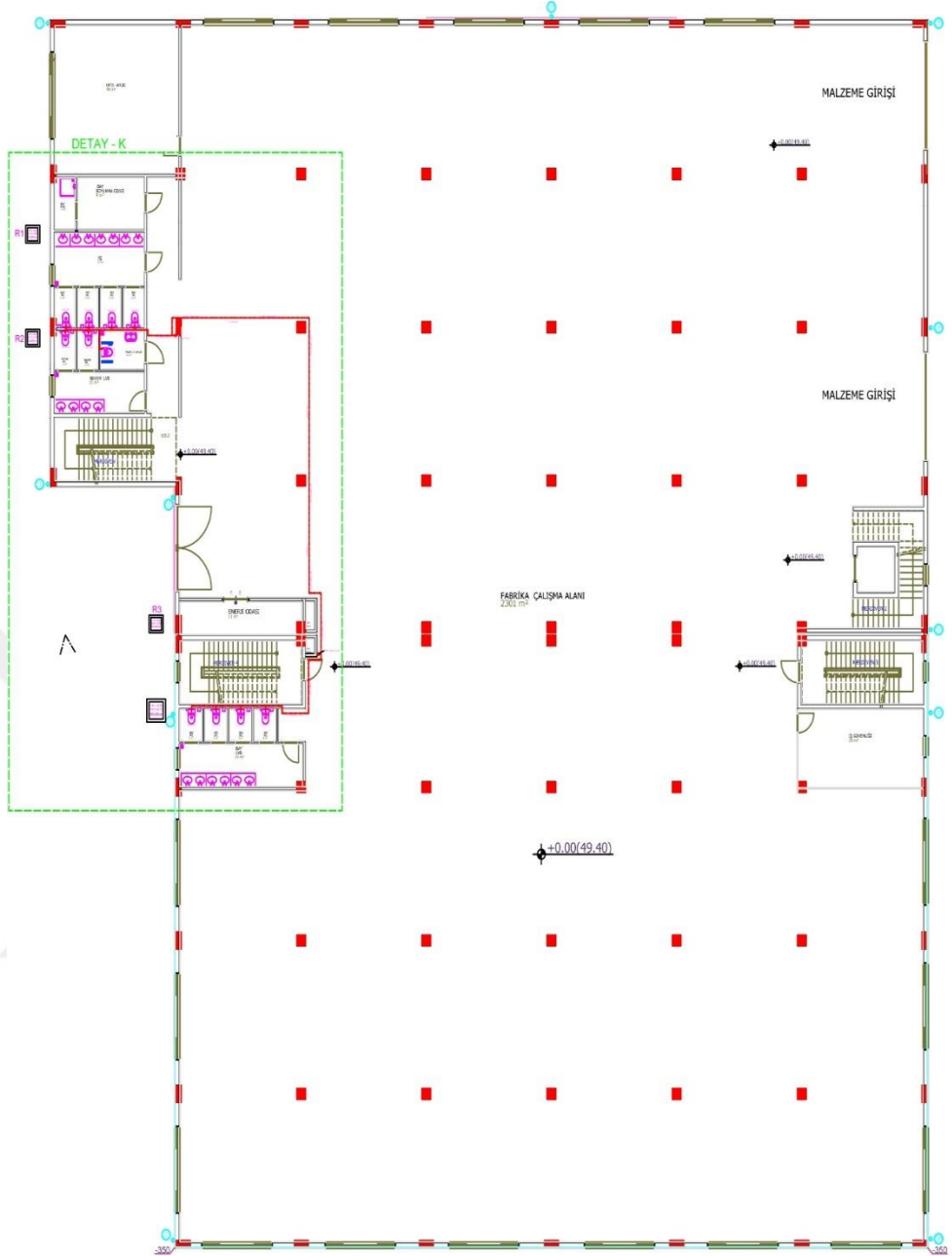
Burada tasarlanan bina ve sitemin toplam maliyeti belirtilmiştir. İlk yatırım maliyeti kurulacak işletmeler için ilk etapta ön yargı oluşturmaktadır. Fakat kendini amorti etme süresi ve bundan sonra kullanıldığı süre boyunca sağlayacağı tasarruf düşünüldüğünde, işletmeye kar olarak geri dönecek ve yatırımcılar için cazip bir yaklaşım oluşturacaktır. En önemlisi de doğal kaynak tüketiminin ve çevre kirliliğinin önüne geçilecektir.



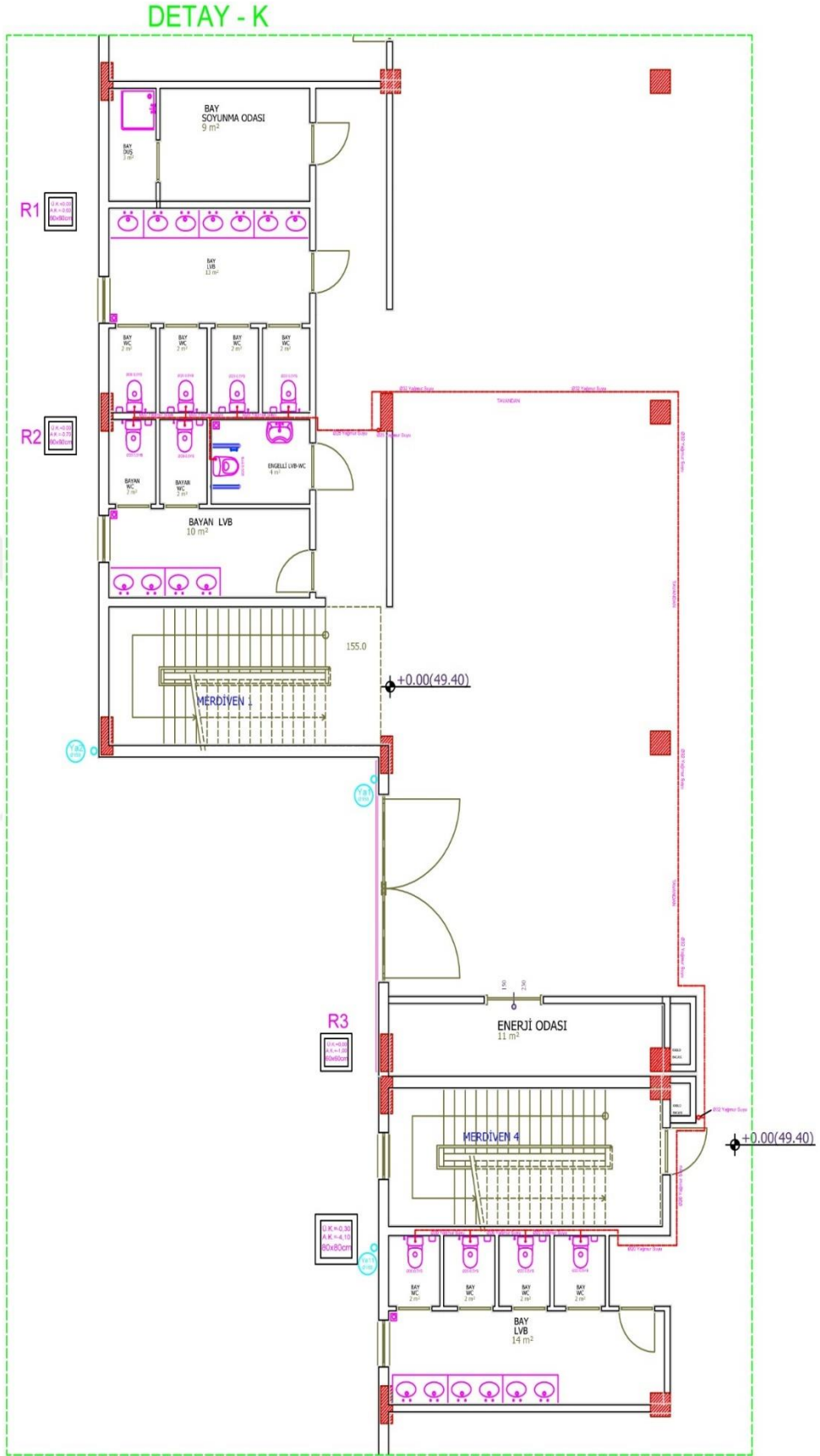
Şekil 3.2



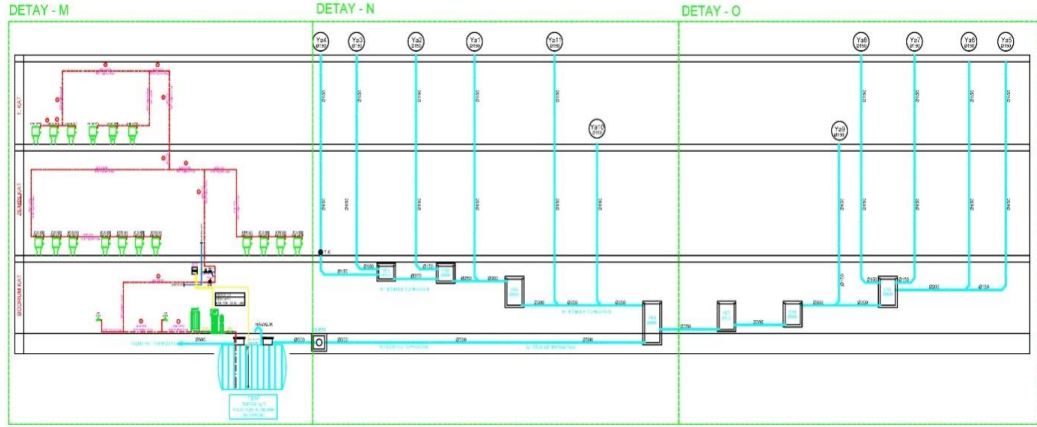
Şekil 3.3



Şekil 3.4



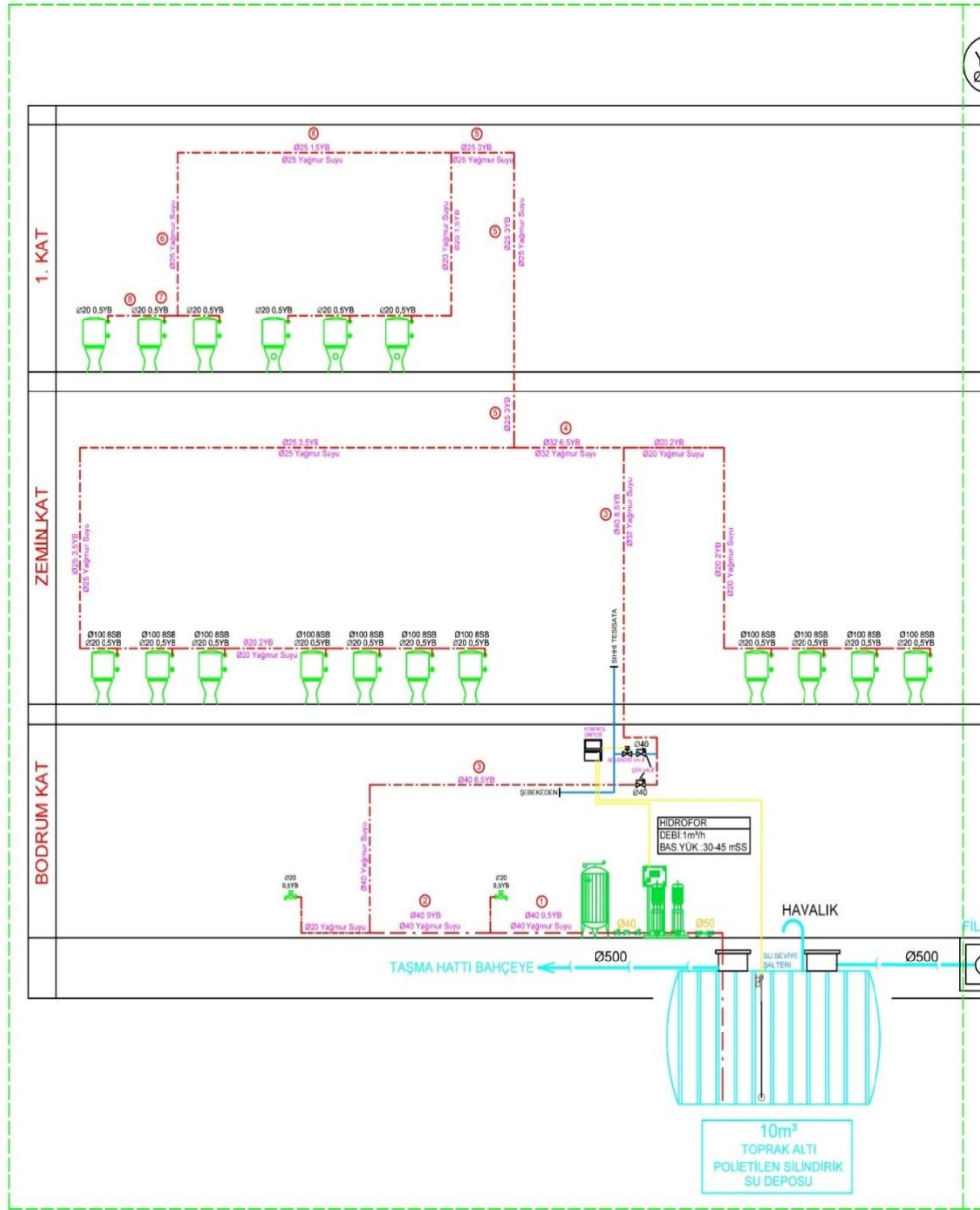
Şekil 3.5



Şekil 3.6

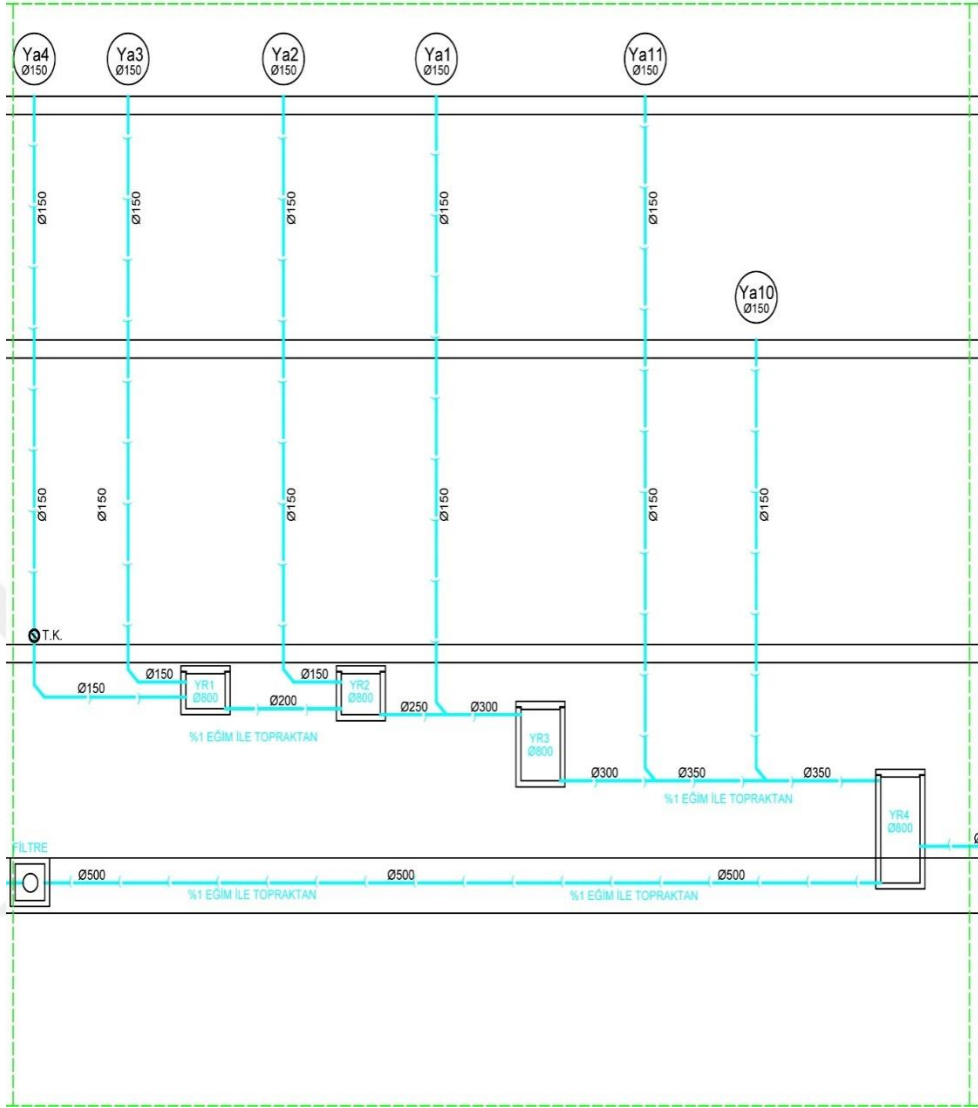


DETAY - M



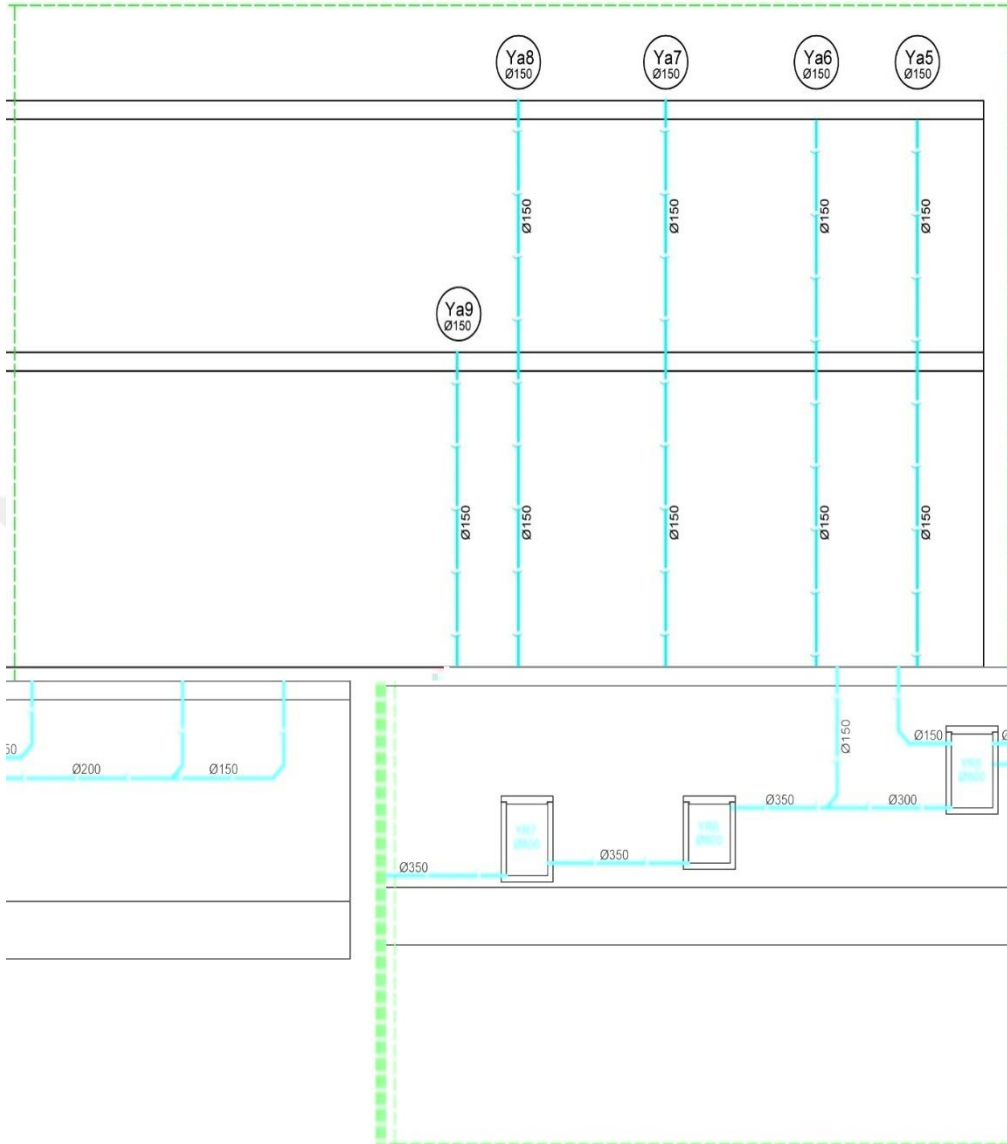
Şekil 3.7

DETAY - N



Şekil 3.8

DETAY - O



Şekil 3.9



Şekil 3.10 Sinop'ta bulunan Organize Sanayi Bölgesi

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

.Isı yalıtımı, iklim değişikliği ile mücadele de enerji kaynaklarının korunması, verimli kullanılması ve sera gazı salınımlarının azaltılması için oldukça önemlidir. Isı yalıtım uygulamaları, bir yandan binaların duvarlarını dış ortamdan oluşması muhtemel kötü ve olumsuz termal koşullarına karşı korurken bir yandan da bina içerisinde sağlayacağı ısı yalıtımı sayesinde, bina içerisinde kullanılacak enerjinin (bu bazen yakıt bazense doğal gaz olabilir) verimli bir şekilde kullanılmasına olanak sağlayarak, çevrenin korunmasına öncülük edecektir.

Binaların iç ortam termal konfor koşulları korunamaz ise ısı kaybı yüksek olur tüketilen yakıt binayı değil dış ortamdaki havayı ısıtmaktadır. Böylelikle iç ortamdaki termal konfor koşullarının sağlanması için daha da fazla yakıt tüketilmektedir Tüm binalarda ısıtma, soğutma, aydınlatma gibi etkinlikler için toplam enerji tüketiminin %40'ı oranında enerji tüketilmektedir. Bu tüketim, iklim değişikliğine neden olduğu bilenen sera gazlarının toplamının yaklaşık %35'inden sorumludur. Küresel iklim değişikliği nedeniyle çevrenin korunması için havaya salınan karbondioksit emisyonlarının azaltılması ve binalarda termal konforun en az enerji tüketimi ile sağlanması gerekmektedir (Altun, 2018).

Enerjinin verimli kullanılması için binanın inşa edilmesi sırasında kullanılacak yalıtım malzemelerinin çevreye duyarlı doğal kaynaklardan elde edilmesi önemlidir.

Yapılan araştırmalar sonucunda çevreci bir yalıtım malzemesi olduğu için, hem ısı hem de ses yalıtımında taş yünü kullanımına karar verilmiştir. Taş yünü doğada bulunan volkanik kayalardan elde edilen mineral açısından oldukça zengin olan inorganik taşlardan üretilmektedir. Taş yünü ısı iletkenliği çok düşük bir malzemedir. Taş yünü izolasyon sistemleri ısıtma ve soğutmada yüksek enerji tasarrufu sağlamakta ve ayrıca binalarda iklimsel konforlu koşullar sunmaktadır. Önemli özelliklerinden bir diğeri ise 1000°C derece üzerindeki ısı karşısındaki dayanıklılığı yani yangın güvenliğini sağlamak amacıyla rahatlıkla kullanılabilir (Altun, 2018).

Projede belirtilen binanın henüz yapımına başlanmamıştır. Yapılan araştırmalar ve bütün bu unsurlar göz önünde bulundurularak bina iç cephesi taş yünü malzeme ile kaplanacaktır. Tablo 3.1 'de görüleceği üzere taş yünü ilk yatırım maliyeti 488.810,59 TL olacaktır. İlk yatırım maliyeti başlangıçta yatırımcılar için dezavantaj olarak görülebilmektedir. Fakat kendini 9 yılda amorti edeceği, bu süreçte elektrik ve ısınma

tasarrufu sağlayacağı, minimum çevre kirliliği oluşturacağı düşüldüğünde hem iş yeri hem de fabrikada çalışacak bireyler için avantajlı hale gelmektedir.

Bina da kullanılan 4+16+4 sinerji ısıcam maliyeti ise, Tablo 3.2 ve Tablo 3.3 incelendiğinde sadece 4.825,72 TL fazladan fark oluşturmaktadır. Sinerji cam ısı ve ışık yalıtımı sayesinde yaz kış tasarruf sağlayarak, gün ışığı kullanımından maksimum seviyede yararlanılacak, sinerji ısıcamlar ekonomik olarak kendini kısa sürede amorti edebilecek ve uzun yıllar kullanılabilir yapıya sahiptir.

Bir diğer aşama ise binada uygulanan yağmur suyu toplama sistemidir. Organize Sanayi Bölgesinde belirlenen alanda projesi çizilen fabrikanın toplam çatı alanına göre yağmur suyu toplama boruları, su deposu ve bina içi tesisat boruları belirlenmiş, bir maliyet analizi oluşturulmuştur. Bu sistemin ilk yatırım maliyeti Tablo 3.5'te belirtildiği gibi 62.497,264 TL dir. Sistemin kendini yaklaşık 10 yılda amorti edebileceği ön görülmektedir. Bu süreçte hem yağmur suyu değerlendirilecek hem de temiz su kullanımından tasarruf sağlanmış olacak.

Yukarıda belirtilen çalışmalardan yola çıkılarak ve Tablo 3.7 de leed sertifika derecelendirme sistemi incelendiğinde yapılması planlanan projenin henüz başlangıç aşamasında olduğunu görmekteyiz. Bundan sonraki aşamalarda projelendirilen fabrika için bir leed danışmanlığı alınmalı, süreç alanında uzman kişiler ve çevre mühendisleri tarafından takip edilmelidir. Bu sayede sistemin kurulumundan sonuna kadar çevreci bir yaklaşım belirlenmiş, somut olarak ekonomik kazanç elde edilmiş olacaktır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan bu çalışmada öncelikli olarak konu ile ilgili araştırma yapılmış ve mevcut çalışmalar incelenmiştir. Sürdürülebilir yeşil binaya geçiş ne kadar hızlı olursa, çevresel kirliliğin ve ekonomik zararın önüne hızla geçilebileceği vurgulanmaya çalışılmıştır. Başlangıçta oluşan yatırım maliyetlerinin normal giderlerin üstünde olması “Sürdürülebilir yeşil bina” tasarlama isteğine ve gerekliliğine engel olmaması gerektiği, ekonomik gerekçeleri vurgulanmış, maliyet analizleri yapılmış ve çevresel kazanımları ortaya koyulmuştur. Araştırmanın temel amacı; piyasanın yaklaşık %60’ını oluşturan konut ve sanayi sektöründe, ortalama maliyet ve ulaşılması kolay malzemelerle, Sürdürülebilir yeşil bina sistemine geçilebileceğinin gösterilmesidir. Bu sisteme geçişte örnek teşkil edip henüz tam anlamıyla sürdürülebilir yeşil bina uygulaması yapılmamış bir şehirde, bu binaların artışı hem konut sektöründe hem de sanayi binalarında yaygınlaştırılması hedeflenmektedir.

Yapılan çalışmada fabrika binasının sürdürülebilir yeşil bina özelliklerine sahip olabilmesi için dış cephe uygulaması, gün ışığından yararlanma ve yağmur suyu toplama yönetimi açısından değerlendirilmiştir ve maliyet analizleri orta. Cephede kullanılan taş yünü malzeme diğer ısı yalıtım malzemelerine oranla daha pahalıdır. Fakat kanserojen madde içermemesi, yangın önleyici olması, kullanım süresi sonunda da kimyasal kirlenici içermemesi, çevreci olması ve enerji tasarrufu sağladığı için kısa sürede maliyetini amorti edeceği düşünülmekte daha avantajlı hale gelmektedir. Binada Sinerji ısıcam kullanarak hem yaz aylarında hem kış aylarında yalıtım sağlayacağı ve büyük miktarda enerji tasarrufu sağlayacağı görülmektedir. Yağmur suyu toplama yöntemi ile, yağmur suyu deposunun su seviye şalterinin üstünde olması, yarım dolu veya tam dolu olması durumunda, kontrol ünitesi solenoid valfi kapalı tutarak ve şebekeden girişi önleyerek klozet rezervuarlarının sadece yağmur suyu hidroforu tarafından beslenmesini sağlayacaktır. Su seviye şalterinin altında olması halinde kontrol ünitesi hidroforun devreye girmesini önleyecek ve solenoid valfi açarak klozet rezervuarlarının şebekeden beslenmesini sağlayacaktır ve şebekeden kullanılacak temiz sudan tasarruf sağlanacaktır.

Türkiye, hızla büyümekte olan, enerji açığını minimuma düşürmesi gereken önemli bir ülkedir. Enerji açığını düşürecek her çalışma, ülkemiz ve çevremizin geleceği büyük bir önem taşımaktadır. Bununla birlikte, çevreci olmayan her adım ülkeye ekonomik olarak zarara uğratabilecek ve geri dönüşü mümkün olmayan hasarlara

sebebiyet verecektir. Yaşanabilir bir dünya ve çevre için vakit kaybetmeden çalışmalara başlanması gerekmektedir. Sağlıklı bir çevrede büyüyen ve yaşayan insanların her anlamda işlerini daha verimli yapacakları ve daha bilinçli nesiller yetiştirecekleri yapılan birçok bilimsel çalışmada öne çıkmaktadır. Buradan hareketle; çevreci, geri dönüştürülebilir ve ekonomik olarak yıllarca fayda sağlayacak sistemlerin hayatımızda hızla artması gerektiği görülmektedir. Bu sürecinin hızlanmasını sağlamak içinde televizyon yayınlarında, yetkili birimlerin sosyal medya hesaplarında bilgilendirici paylaşımlar yapılmalı ve en önemlisi de inşaat sektöründe faaliyet gösteren firmaların bu konudaki çalışmalarına teşvik edici destekler verilmelidir. Aynı zamanda ülkenin temeli, geleceği olan okullarda yapılacak bilinçlendirme çalışmaları ve konuyla ilgili proje çalışmalarının yapılması yeni neslin bilinçli olarak ilerlemesinde büyük bir adım olacaktır.

Tüm dünyanın gündemini oluşturan küresel ısınma ve iklim değişikliği konularında enerji tasarrufu ile enerjinin verimli kullanımı öncelikli olarak yer almalıdır. Bu noktada ısı yalıtımının bir lüks değil, gereklilik olduğu konusunda tüm toplumu bilinçlendirmek, yalıtım ve enerji tasarrufu bilincini yaymak gerekmektedir. Isı yalıtımı, ısı kaybını ve kazancını engelleyerek ısıtma ve soğutma için harcanan enerjide tasarruf sağlar. Isı yalıtımı sayesinde yakıt tüketimi ve dolayısıyla atık gazlar azaltılarak çevrenin korunmasına katkıda bulunulur.

Bu bağlamda:

- Isı yalıtımının bir lüks değil, kaliteli yaşam standartları ve çevreye saygı konusunda bir gereklilik olduğu konusunda tüm toplumu bilinçlendirmek.
- Yalıtım ve enerji tasarrufu bilincini yaymak, böylelikle enerji tasarrufu sağlanmasına ve yalıtım yoluyla yakıt tüketiminin azaltılarak çevrenin korunmasına katkıda bulunmak.
- Çevre kirliliğine sebep olan gürültüye karşı ses yalıtımı çözümlerimizle çevre ve toplumsal yaşam kalitesi artırmak.

Bu araştırmanın ulaşmak istediği nihai sonuçtur.

KAYNAKÇA

- Abdulla, F. and Shararef, A. A. (2009). "Roof rainwater harvesting systems for household water". *Desalination*. 195-207.
- Altun, E. (2018). *Konutlarda ısıtma enerji performansının ve iyileştirme potansiyellerinin incelenmesi*. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Balıkesir
- Anonim. (2016). "Yağmur suyu hesabı ve boru seçimi", www.thesisat.org/yagmur-suyu-hesabi.html, adresinden alındı. Erişim Tarihi: 19.03.2022
- Çelik, K. (2016). *LEED sertifikalı sistemleri ve Türkiye'deki uygulamaların değerlendirilmesi*. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul
- Doğan, M. ve Seçme, D. (2018). "Çevre dostu binalar ve yeşil bina sertifika sistemleri". *Akademia Disiplinlerarası Bilimsel Araştırmalar Dergisi*, 4(1), 19-27.
- Doğaroğlu, B. ve Yurdusev, M. A. (2019). "Sifonik yağmur suyu drenaj sistemi tasarımı". *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(8), 945-948.
- Eren, B., Aygün A. ve Likos S. (2016). "Yağmursuyu hasadı: Sakarya üniversitesi esentepe kampüsü potansiyelinin değerlendirilmesi". *Uluslararası Mühendislik ve Teknoloji Araştırmaları Dergisi*.7(3). 1-5.
- Geçer, E., Şentürk, İ. ve Büyüküngör, H. (2019). "Yeşil bina tasarımında su ve enerji yönetimi üzerine uygulama örneği". *GÜFBED*. 5(3). 332-343.
- Ghimire, S., Johnston, J., Ingwersen, W. and Sojka, S. (2017). "Life cycle assessment of a commercial rainwater harvesting system compared with a municipal water supply chain". *Journal of Cleaner Production*. 13(2). 1-38.
- Hoşkara, E. (2007). *Ülkesel koşullara uygun sürdürülebilirlik yapım için stratejik yönetim modeli*, Basılmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul
- Jewitt, G. (2006). "Integrating blue and green water flows for water resources". *Physics and Chemistry of the Earth*, 753-762.
- Küçük, G., Can, T. ve Üstün, G. (2020). "Binalarda yağmur suyu hasadı". *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 25(3), 1595-1613.
- Küçükdeveci, (2022). "Manto taşıyını fiyat bilgileri", <https://www.kucukdeveci.com.tr/tasynunu-manto/>, adresinden alındı. Erişim Tarihi: 05.01.2022
- Li, F., Liu, X., Zhang, X., Zhao, D., Liu, H., Zhou, C. and Wang, R. (2016). "Urban ecological infrastructure: an integrated network for ecosystem services and sustainable urban systems". *Journal of Cleaner Production*. 9(4). 1-7.
- Matos, C., Santos C., Pereira S., Bentes I. and Imteaz, M. (2013). "Rainwater storage tank sizing: Case study of a commercial building". *International Journal of Sustainable Built Environment*. 8(3). 109-118.
- Onur, L. U. ve Leblebici, N. (2015). "Yeşil bina sertifikalandırma sistemlerinin inşaat maliyetleri ve taşınmaz değeri üzerindeki etkilerinin incelenmesi". *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 16(3). 544-576.
- Orcan, B. (2021). *Yeşil bina ve sürdürülebilirlik açısından yeni yapılan bir hastanenin leed sertifikasyon sistemi kapsamında inşaat sürecinin incelenmesi*. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar Anabilim Dalı

- Orhan H. ve Kaya. L.G. (2020). "LEED Belgeli Yeşil Binalar ve İç Mekan Kalitesinin İncelenmesi". *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Özel Sayı 1*, 18-28.
- Omnien Endüstri. (2018). "Yağmur suyu (yaprak) filtresi yağmur suyu toplama", www.omnienendustri.com/gorsel-gel-yaprak-filtre-pdf-tr, adresinden alındı. Erişim Tarihi: 15.03.2022
- Paker, B. ve Taş, N. (2017). "Sürdürülebilir yapım sürecinde mimarın yapısal atık oluşumuna etkisinin irdelenmesi: Bursa örneği". *Süleyman Demirel Üniversitesi Yalvaç Akademi Dergisi*. 7(4). 88-98.
- Sumak Holding. (2019). "Su seviyesi şamandırası montajı nasıl yapılır?", www.sumakpompa.com.tr/su-seviye-samandirasi-nasil-yapilir, adresinden alındı. Erişim Tarihi: 15.03.2022
- Şenel, A. (2010). *Sürdürülebilir bina tapım ilkelerinin ve yeni yaklaşımların incelenmesi*. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Bölümü, Yapı Bilgisi Anabilim Dalı, İzmir
- Şahin, N. İ. (2010). *Binalarda Su Korunumu*. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana
- Taşdemir, H. (2021). *Sürdürülebilir yeşil binaların LEED sertifikasına göre irdelenmesi*. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Vieira, A. S., Beal, C., Ghisi, E. and Stewart, R. (2014). "Energy intensity of rainwater harvesting systems: A review". *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (34), 225-242.
- Villareal, E. and Dixon, A. (2005). "Analysis of a rainwater collection system for domestic water supply in Ringdansen, Norrköping, Sweden". *Building and Environment*, 1174-1184.
- Xu, M., Weissburg M., Newell, J.P. and Crittenden, J.C. (2012). "Developing a science of infrastructure ecology for sustainable urban systems". *Environmental Science & Technology*, 7928-7929.
- Yalçınalp, E., Öztürk A. and Bayrak A. (2018). "Konut ölçeğinde gri su ve yeşil çatı sistemlerinin ekonomik etkileri". *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*. 5(1). 71-80.
- Zeng, B., Tan, H. and Wu, L.J. (2007). "A new approach to urban rainwater management". *Journal of China University of Mining and Technology*, 83-86.
- Zhang, Y., Chen, D., Chen, L. and Ashbolt, S. (2009). "Avustralya şehrindeki yüksek binalarda yağmur suyu kullanımı potansiyeli". *Journal of Environmental Management*. (4). 5-10.

ÖZGEÇMİŞ

Yasemin ÇELEBİ, Canip Baysal Lisesi'ni bitirdikten sonra OMÜ Mühendislik Fakültesinden 2017 yılında mezun olmuştur. 2018 yılında OMÜ Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans programına başlamıştır. 21-22 Mayıs 2021 tarihli 7. Uluslararası Mühendislik, Mimarlık ve Tasarım Kongresine'' Sürdürülebilir Yeşil Binalarda Yağmur Suyunun Kazanımı'' konulu sözel sunumla katılım sağlanmıştır. 2022 yılı itibariyle halen eğitimine devam etmektedir.

İletişim Bilgileri

Öğrenci No : 18211349
ORCID ID : 0000-0001-6284-0767

