T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MEŞE MAZISI ATIĞININ YEREL YAPI STOĞUNDA YALITIM MALZEMESİ OLARAK ARAŞTIRILMASI

GAMZE ÖZER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. SEMİHA KARTAL

EDİRNE-2019

GAMZE ÖZER' in hazırladığı "MEŞE MAZISI ATIĞININ YEREL YAPI STOĞUNDA YALITIM MALZEMESİ OLARAK ARAŞTIRILMASI" başlıklı bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından Mimarlık Anabilim Dalında bir Yüksek lisans olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Ünvan, Ad, Soyad): İmza

Doç Dr. Esma MIHLAYANLAR

Doç. Dr. Semiha KARTAL

Doç. Dr. Ümit T. ARPACIOĞLU

Tez Savunma Tarihi:17/06/2019

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

İmza

Doç. Dr. Semiha KARTAL

Tez Danışmanı

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

Prof. Dr. Murat YURTCAN

T. Ü.FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİMARLIK ANABİLİM DALI YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

DOĞRULUK BEYANI

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında, tüm verilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini, kullanılan verilerde tahrifat yapılmadığını, tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını, kullanılan tüm literatür bilgilerinin bilimsel normlara uygun bir şekilde kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını ve bu tezin tamamı ya da herhangi bir bölümünün daha önceden Trakya Üniversitesi ya da farklı bir üniversitede tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

17/06/2019

GAMZE ÖZER



Yüksek Lisans Tezi

Meşe Mazısı Atığının Yerel Yapı Stoğunda Yalıtım Malzemesi Olarak Araştırılması

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

Mimarlık Anabilim Dalı

ÖZET

Dünyadaki gelişen teknolojiyle birlikte kullanıcı ihtiyacının artması, enerji tüketimindeki artışı da beraberinde getirmektedir. Enerji tüketiminin artışı da çevresel bozulmalara ve küresel sera emisyonlarına neden olmaktadır. Bu bağlamda enerji tüketimine en çok katkıyı sağlayan sanayi, bina (konut/ticari), ulaştırma ve tarım sektörleri olup, bunların büyük bir kısmı da binaların inşaatı ve işletilmesiyle gerçekleşmektedir. Enerji konusunun dünya ekonomisi açısından stratejik bir öneme sahip olması, bu sektörler için enerji verimliliği, enerji tasarrufu, doğal enerji, sürdürülebilirlik vb. kavramlarını da odak noktası haline getirmiştir.

Gelişmekte olan ve nüfus artış oranı yüksek olan Türkiye'de de enerji ihtiyacı bu oranda artmaktadır. Sektörel dağılıma bakıldığında bu artışın sanayiden sonra binalardan kaynaklandığı bilinmektedir. Ham madde elde edilmesinden, yapının yıkılmasına kadar uzanan süreçte enerji tüketimi söz konusudur. Bu bağlamda yapılarda kullanılan yapı malzemeleri de bu süreçte önemli bir paya sahiptir. Yenilenemeyen kaynakların hızlı bir şekilde tüketildiği günümüzde, atıkların geri dönüştürülerek kullanımı veya doğal yapı malzemesi seçimi ile tüketilen enerji miktarı azaltılabilmektedir. Ayrıca sürdürülebilir mimari yaklaşımlarda yapıların, yerli ve düşük enerji içeriğine sahip, yenilenebilir, geri dönüştürülebilir ve toksik olmayan malzemelerle yapılması çevre dostu yaklaşımlar açısından önemlidir.

Bu bağlamda, özellikle konutlardaki enerji verimliliğinin sağlanması amacıyla, yeni türev doğal bileşenli ve ekolojik inşaat malzemeleri üzerine araştırma geliştirme

çalışmaları en güncel konuların başında gelmektedir. Türkiye'de konutlarda enerji tüketim miktarının azaltılabilmesi için alınan önlemlerin başında bina yalıtımı gelmekte olup, günümüzde yalıtım amaçlı malzeme kullanımı her geçen gün artış göstermektedir.

Bu çalışma, enerji dönüşümünün devamlılığı, çevresel sürdürülebilirlik göz önüne alınarak enerji verimliliğinin en iyi şekilde gerçekleştirilebilmesi için ekolojik kökenli yalıtım malzemelerine, yaşamsal döngüsü ve yapısal özelliği sebebiyle örnek olabilecek meşe mazısının ısı ve ses yalıtımı bakımından incelenmesini içermektedir. Çalışmada, ülkemizde bol miktarda, farklı coğrafyalarda bulunan mazı meşesi ağaçlarının, yaşamsal döngüsü içerisinde her yıl düzenli olarak ürettiği, patolojik oluşum olan mazı ile yapısal akrilik bağlayıcının bir araya getirilmesiyle oluşturulmuş ekolojik kökenli yalıtım plaka üretimi ve ürün geliştirme süreçleri üzerine devam eden çalışmalardan elde edilen bulgular aktarılmıştır.

Çalışma kapsamında meşe mazısı malzemesinden üretilen levhalara, yalıtımında kullanılabilirliği için yapılması gereken ısıl iletkenlik, ses geçiş kaybı ve ses yutma testleri uygulanmıştır. Ayrıca levhaların üretim aşamasındaki karbon ayak izi hesaplanmıştır. Yapılan testlerin ve hesapların sonucunda elde edilen bulgular ile günümüzde kullanılan yalıtım malzemeleri, sürdürülebilirlik, enerji verimliliği, üretim kolaylığı, ulaşım kolaylığı gibi konular karşılaştırılarak bunlara ilişkin yorumlar aktarılmıştır. Çalışmanın sonucunda elde edilen bulgularla, meşe mazısıyla hazırlanmış olan yalıtım plakası ve mazının endüstriyel olarak kullanımına yeni bir örnekleme de yapılmış olacaktır.

Yıl : 2019

Sayfa Sayısı : 95

Anahtar Kelimeler : Meşe mazısı, ekoloji, enerji verimliliği, ısı yalıtımı, ses yalıtımı, karbon ayak izi.

Master's Thesis

Investigation of Oak Gall Waste as Insulation Material in Local Building Stock

Trakya University Institute of Natural Sciences

Department of Architecture

ABSTRACT

In the world, increasing of consumer's needs with developing technology, comes with increased consumption of energy. The increase in energy consumption causes environmental degradation and global greenhouse emissions. In this context, having most of the contributions of energy consumption take place industry, building (house/ commercial buildings), transportation and agriculture sectors and the biggest part of those are constructions and management of buildings. The subject of energy has strategical importance in the world economy turns into focus point to energy efficiency, energy conservation, natural energy, sustainability for these sectors.

In Turkey which has an increasing population rate and emergent is on the rise of that much. When the sectoral distribution is checked on, this increase is known originated industrial and then building. The process from raw material production to pull down to building are a matter of energy consumption. In this context construction materials that use on buildings have lots of important shares. The day in nonrenewable resources are consumed expeditiously, recycles and uses of wastes or choosing natural building materials may be reduced energy consumptions. Also, in the sustainable architecture approaches, buildings are important in terms of environment-friendly approaches that build local and low energy, sustainable, renewable, recyclable and non-toxic materials.

In this context, houses which purpose on especially energy efficiency, are top on the current issues that research studies on a new type of natural component and ecologic

construction materials. Reducing energy for houses in Turkey, the most important precaution is building insulation and today using materials for insulation is increasing day by day.

This study contains analyzing of oak gall in point of heat and sound insulation which may be exemplary for energy efficiency to ecologic insulation materials for its structural characteristics and lifecycle in defiance of environmental sustainability. In the study, oak gall trees found in different regions in our country, the yearly bases productions and continued studies on the development process are quoted manufacturing an insulation plaque which is made from a pathologic formation gall a combination with an acrylic binder.

In the content of the study, plaques made from oak gall materials were tested on heat transmission, loss of sound permeability and sound absorption for uses on insulation. Also, the plaque's carbon footprint on the production phase was calculated. Result of the tests and calculations with acquired findings were quoted related to today's current insulations materials. With acquired findings which are got the end of the study, insulation plaque which made form oak gall and gall's industrial usage also will have been a new example.

Year : 2019

Number of Pages : 95

Keywords : Oak gall, ecology, energy efficiency, thermal insulation, acoustic insulation, carbon footprint.

ÖNSÖZ VEYA TEŞEKKÜR

Öncelikle ilerlemenin en önemli ve tek temel basamağının eğitim olduğunu öğrendiğim Devrim Yavuz Bal'a, özverili ilgileri, değerleri fikirleri, bilgi ve deneyimleriyle bana ışık tutan, çalışmalarımın ilk adımlarını atmama sebep ve yardımcı olan Kadir Düşünen ve Ahmet Coşan' a tüm içtenliğimle teşekkür ederim.

Yüksek Lisans tezimi hazırlarken özverili ilgisi, desteği, hoşgörüsü, bütün bilgi birikim ve tecrübelerini paylaşan sevgili danışman hocam Doç. Dr. Semiha Kartal'a, proje yazımında desteği olan Trakya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkür ederim.

Bugünlere gelmemde en büyük paya sahip, güven, sevgi ve destekleri ile her zaman yanımda olan başta babam Mehmet Özer olmak üzere aileme ayrıca başta Aydan Kurt ve Berk Özyurt olmak üzere yardım ve destekleri ile her daim yanımda olan arkadaşlarıma, teşekkürlerimi sunarım.

GAMZE ÖZER

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **vi**

ÖNSÖZ VEYA TEŞEKKÜR ..... **viii**

İÇİNDEKİLER ..... **ix**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **xii**

ŞEKİL LİSTESİ ..... **xiii**

ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xv**

BÖLÜM 1 GİRİŞ **1**

1.1. Araştırmanın Amacı 7

1.2. Araştırmanın Yöntemi 8

1.3. Literatür Taraması 10

BÖLÜM 2 KURAMSAL KAVRAMLAR **18**

2.1. Çevre ve Ekoloji 18

2.2. Sürdürülebilirlik 20

2.3. Karbon Ayak İzi 23

2.4. Enerji ve Enerji Verimliliği 27

BÖLÜM 3 ENERJİ VERİMLİLİĞİNDE YALITIMIN ÖNEMİ **33**

3.1. Yalıtım Çeşitleri 35

3.1.1. Isı Yalıtımı 35

3.1.2. Ses Yalıtımı 37

3.1.3. Su ve Nem Yalıtımı 38

3.1.4. Yangın Yalıtımı 39
3.2. Yalıtım Malzemeleri 40
3.2.1. Isı Yalıtım Malzemeleri 41
3.2.2. Ses Yalıtım Malzemeleri 43
3.2.3. Su ve Nem Yalıtım Malzemeleri 45
3.2.4. Yangın Yalıtım Malzemeleri 46
3.3. Yalıtım Malzemelerinin Ham Madde Kaynağının Yapısına Göre Sınıflandırılması 47
3.3.1. Doğada Var Olmayan Yapay Olarak Üretilen Yalıtım Malzemeleri 48
3.3.2. Doğada Var Olan Malzemelerden Üretilen Yalıtım Malzemeleri 49
BÖLÜM 4 DOĞAL YAPI MALZEMESİ ÖRNEĞİ-MEŞE MAZISI 51
4.1. Meşe Mazısı 51
4.2. Meşe Mazısı Konakçılları 53
4.3. Meşe Mazısının Kimyasal Özellikleri 54
4.4. Meşe Mazısının Kullanım Alanları 56
4.5. Mazı Meşesinin Yetiştiği Bölgeler 56
BÖLÜM 5 MATERYAL VE METOT 58
5.1. Ham Maddenin Hazırlanması 60
5.2. Yalıtım Levhasının Üretilmesi 62
5.2.1. Bağlayıcı Olarak Yapı Amaçlı Epoksi Reçine ile Üretilen Yalıtım Levhaları 63
5.2.2. Bağlayıcı Olarak Polivinil Asetat Tutkal ile Üretilen Yalıtım Levhaları 65
5.2.3. Bağlayıcı Olarak Yapı Amaçlı Akrilik Reçine ile Üretilen Yalıtım Levhaları 67
5.3. Deneysel Çalışmalar 69
5.3.1. Isıl İletkenlik Katsayısı Testi 69

5.3.2. Ses Geçiş Kaybı ve Ses Yutma Testi 70
5.4. Karbon Ayak İzi Hesaplanması 73
5.4.1. Levha Üretim Süreci 73
5.4.2. Hesap Yöntemi 74
BÖLÜM 6 BULGULAR, SONUÇ VE DEĞERLENDİRME 76
6.1. Isıl İletkenlik Katsayısı Testi Sonucu 76
6.2. Ses Geçiş Kaybı ve Ses Yutum Testi Sonucu 77
6.3. Karbon Ayak İzi Hesap Sonucu 88
6.4. Sonuç ve Değerlendirme 83
KAYNAKLAR 86
ÖZGEÇMİŞ 95

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltma	Açıklama
AB	Avrupa Birliği
BM	Birleşmiş Milletler
CEN	Avrupa Standartlar Komitesi
CF	Karbon Ayak İzi
EKB	Enerji Kimlik Belgesi
EPB	Genleştirilmiş Perlit
EPS	Genleştirilmiş Polistiren Köpük
ICB	Genleştirilmiş Mantar
IPCC	Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
ISO	Uluslararası Standart Organizasyonu
OECD	Avrupa Ekonomik İşbirliği Örgütü
PF	Fenol Köpüğü
PUR	Poliüretan Köpük
PVA	Polivinil Asetat Tutkal
PVC	Polivinil klorür
TSE	Türk Standardları Enstitüsü
UNEP	Birleşmiş Milletler Çevre Programı
WF	Odun Lifli Levha
WMO	Dünya Meteoroloji Örgütü
WW	Ahşap Yünü
XPS	Extrüde Polistiren Köpük
YDA	Yaşam Döngü Analizi
YDD (LCA)	Yaşam Döngüsü Değerlendirme (Life Cycle Assesment)

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil Listesi **Sayfa No**

Şekil 1.1. YDA'nın aşamaları (USEPA, 2006; Demirer, 2017) ……...3

Şekil 1.2. Yapılarda YDA (EPA, 2006) ……...4

Şekil 1.3. Tez aşaması akış şeması ……...9

Şekil 2.1. 1987 öncesi dünya gelişiminin temel ilkesi (Berber, 2012) ……...21

Şekil 2.2. Üç daire modeli (Aksu, 2011) ……22

Şekil 2.3. 2017 yılı Türkiye toplam sera gazı emisyonu CO_2 eşdeğeri pay dağılımı (TÜİK, 2019)……...…25

Şekil 2.4. Birincil enerji tüketiminin sektörlere göre dağılımı (ETKB; BOTAŞ, 2013) ……...……..29

Şekil 3.1. Konutlarda nihai enerji tüketiminin kullanım alanlarına göre payları (ETKB, 2018) ……...34

Şekil 3.2. Yalıtım malzemelerinin ham madde kaynağının yapısına göre sınıflandırılması (Ceviz, 2008), (Ülker, 2009) ……...48

Şekil 4.1. Cynips gallaetinctoriae (Csoka vd., 1998) …..……...……...52

Şekil 4.2. Besin tabakası oluşumu (Csoka vd., 1998) ……52

Şekil 4.3. Tamamlanma aşamasında larva (Csoka vd,1998) ……..53

Şekil 4.4. Arının mazıdan çıkmak için oluşturduğu boşluk (Csoka vd., 1998) .....…53

Şekil 4.5. Temnothorax cinsi karınca (URL-18) ……54

Şekil 4.6. Mazı arısı (URL-19) ……...54

Şekil 4.7. Mazı meşesi (Quercus infectoria) ağacının Türkiye'deki dağılımı (OGM, 2006)...……...……...…57

Şekil 5.1. Mazının ışık mikroskobu altındaki görüntüsü (Özer, 2018) ……..58

Şekil 5.2. Tekirdağ ili Hayrabolu ilçesi Tatarlı köyünden toplanmış mazılar (Özer, 2018)...……...……...60

Şekil 5.3. Firmadan temin edilen mazılar (Özer, 2018) ……60

Şekil 5.4. Toplanan mazıların içerisindeki yaprak ve ağaç dalları elle ayrılması (Özer, 2018) ……..……61

Şekil 5.5. Çift şaftlı tahta kırma makinesi (URL-21) …….……61

Şekil 5.6. Elekten geçirilen mazılar (Özer, 2018) ……..……...62

Şekil 5.7. Gerekli numune ölçülerinde hazırlanmış kalıp örneği (Özer, 2018) ……..62

Şekil 5.8. Naylon folyo ile kaplı çerçeveye aktarılan karışım (Özer, 2018) ……..…63

Şekil 5.9. 24 saat kurumaya bırakılan numune (Özer, 2018) …….64

Şekil 5.10. 3307 gram ağırlığındaki sonuç ürün (Özer, 2018) ……...64

Şekil 5.11. El mikseri ile karıştırılan ham madde ve bağlayıcı (Özer, 2018) ….……65

Şekil 5.12. Polivinil asetat tutkallı karışımın çerçeveye aktarılması (Özer, 2018) ...….65

Şekil 5.13. 3800 gram ağırlığındaki sonuç ürün (Özer, 2018) ……...66

Şekil 5.14. Nem ve küf oluşan ürün (Özer, 2018) …….….66

Şekil 5.15. Yapı amaçlı akrilik reçineli karışımın çerçeveye aktarılması (Özer, 2018) …….……67

Şekil 5.16. Numunelerin pişirme fırınında işlem görmeden öncesi ve sonrası (Özer, 2018)...……..……...68

Şekil 5.17. 4504 gram ağırlığındaki sonuç ürünler (Özer, 2018) ……...68

Şekil 5.18. Isıl iletkenlik katsayısı test cihazı (Yüksel ve Avcı, 2012) ……...……...69

Şekil 5.19. Levhalarda meydana gelen kırılma (Özer, 2018) ……70

Şekil 5.20. İkinci ısıl işlem sonrası levhalarda meydana gelen deformasyon (Özer, 2018) ……...……..71

Şekil 5.21. PVC kalıplara yerleştirilen karışım (Özer, 2019) ……72

Şekil 5.22. Pres makinesinde basınç uygulanan numune (Özer, 2019) ……..72

Şekil 5.23. Ses geçirgenlik ve ses yutma testi için hazırlanan numuneler (Özer, 2019) …….73

Şekil 5.24. Ses geçirgenlik ve ses yutma testlerinin yapıldığı empedans tüpü (URL-22) …….73

Şekil 5.25. Meşe mazısı levhasının üretim aşamaları ……74

Şekil 6.1. Bulgulara göre hesaplanan karbon ayak izinin yüzdesel dağılımı …….……81

Şekil 6.2. Kapsamlarına göre karbon ayak izinin yüzdesel dağılımı ……..82

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge **Sayfa No**

Çizelge 2.1. Türkiye'de kişi başı sera gazı emisyonu ……26

Çizelge 2.2. Konutlarda nihai enerji tüketimi ……30

Çizelge 3.1. Isı yalıtım malzemelerinin ısıl iletkenlik değerleri ……..……..42

Çizelge 3.2. Ses yalıtım malzemelerinin ses yutma kaysayıları ……45

Çizelge 4.1. Mazının kimyasal bileşimi ……55

Çizelge 5.1. Isı yalıtım malzemelerinin üretimlerinin karbon ayak izleri……...75

Çizelge 5.2. Üretim başına karbon ayak izi analiz değerleri ……...……...75

Çizelge 6.1. Isıl iletkenlik katsayısı testi sonucu ……..……..76

Çizelge 6.2. Ses geçiş kaybı testi sonucu ……..……..77

Çizelge 6.3. Ses yutma testi sonucu ……..……..78

Çizelge 6.4. 4.000 adet meşe mazısı levhasının üretilmesi için gerekli faaliyet verileri ……79

Çizelge 6.5. Emisyon faktörleri ……..….80

Çizelge 6.6. 1.000m² alan kaplamak için gerekli olan 4.000 adet meşe mazısı levhasının üretiminin karbon ayak izi ……..….80

Çizelge 6.7. Kapsamlarına göre emisyon kaynaklarının karbon ayak izi miktarı ……..81

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Dünya küresel enerji tüketimi her geçen gün artmaya devam etmekte ve bu artışın yakın gelecekte de devam edeceği ön görülmektedir (IEA, 2016). Enerjiye duyulan ihtiyacın artışı ve buna bağlı yaşanan her enerji krizi, yaşamın sürdürülebilir bir şekilde devamı için ihtiyaç duyulan enerjinin önemini vurgulamaktadır (Tükenmez & Demireli, 2012). Günümüzde enerji ihtiyacı, kullanımı ve ihtiyaçları karşılamaya yönelik kullanılan enerjinin nasıl azaltılacağı konusu yoğun ilgi görmeye başlamıştır. Bu konularla ilgili farklı ölçekler üzerinde disiplinler arası, birçok çalışma yapılmıştır (Gillingham, Newell & Palmer, 2006; Liu vd., 2014; Zhu & Li, 2015; Carutasiu vd., 2015; Calero vd., 2018; Naylor vd., 2018). Bilinçli enerji tüketimi düşüncesi ile tüm ülkeler, kalkınma düzeylerine bağlı olarak, konunun çevresel, sosyal ve ekonomik etkilerini de dikkate alarak farklı enerji politikaları oluşturma gayreti içerisine girmektedirler (Rosenow & Galvin 2013; Kim & Sun 2017; Yu vd. 2017). Enerji yönetiminde başarısız olan ülkeler ise tüketimde kısıtlamaya giderek kendi gelişimlerini sınırlandırmaktadırlar. 1970'deki küresel enerji krizi ile birlikte sürdürülebilir enerji yönetimi, çeşitli alanlarda ve farklı ölçeklerde enerji verimli çözümlerle önemli hale gelmektedir (WCED 1987; Ching vd., 2011).

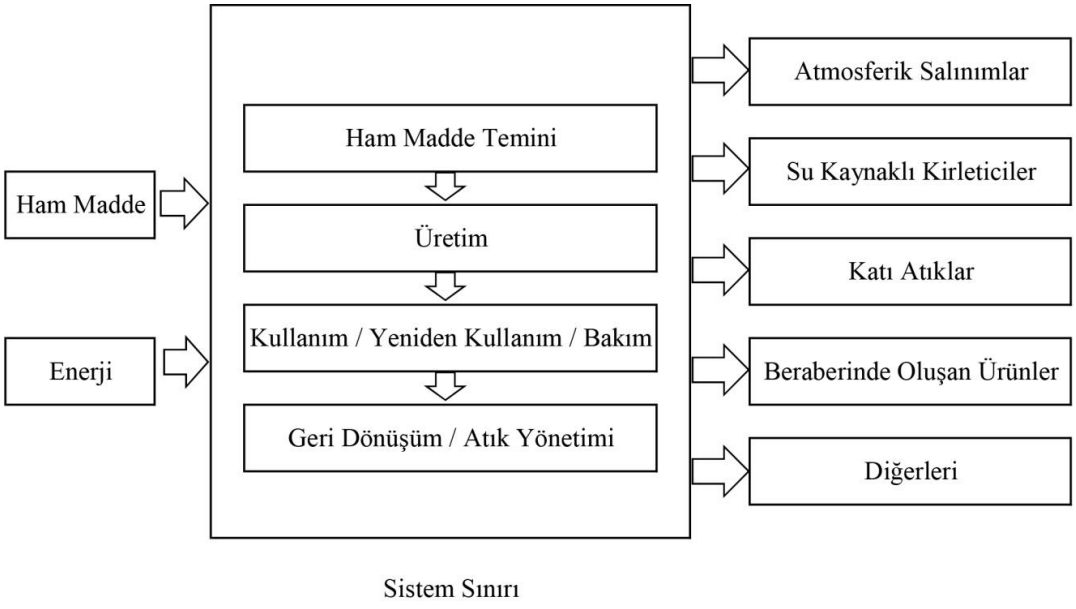
Bugün dünya nüfusunun hızla artması, enerji gereksiniminin de artışına neden olmaktadır. Bununla birlikte, enerji talebinin sınırlı miktarı yenilenebilir enerji ile karşılanmaktadır. Yenilenebilir kaynakların sınırlı kullanımı da küresel ısınmanın artmasıyla dünyanın sürdürülebilirliğine negatif katkı sağlamaktadır (Tükenmez & Demireli, 2012; Öztürk & Yüksel, 2016). Dünya nüfusunun büyümesi, insanların yaşadığı, çalıştığı, eğitildiği vb. ihtiyaçlarını karşılayacağı bina sayısındaki artışa neden

olmaktadır. Günümüzde, dünya nüfusunun %55'i kentlerde yaşamakta ve 2050 yılında kentleşme hızının artarak %70'e ulaşacağı tahmin edilmektedir (UN, 2014). Kentleşme oranı, nüfus oranına paralel olarak artmasına rağmen, kentler dünyada sadece %2 yer kaplamaktadır. Ancak, sadece bu oran bile kentleri, enerji tüketiminin %80'ini tüketen ve sera gazlarının %80'ini üreten en büyük enerji tüketicisinden biri yapmak için yeterlidir (Hoornweg, Freire, Lee, Bhada & Yuen, 2011). Bu sonuç, mevcut tüketim oranlarını koruyarak kentleri genişletmenin uygun ve sürdürülebilir bir yaklaşım olmadığını açıkça göstermektedir (Johansson & Goldemberg, 2002). Çünkü binalar, günümüz kentlerinde en büyük enerji tüketicilerinden biri haline gelmiştir. Tüketilen toplam enerjinin %40'ından, elektriğin %70'inden sadece inşaat sektörünün sorumlu olduğu (EIA, 2018) ve bu tüketime bağlı olarak sera gazı emisyonlarının %30'unun da binalardan kaynaklandığı bilinmektedir (Hoornweg vd., 2011). Bu nedenle, enerji tüketiminin azaltılması, tüketimin kontrol altına alınması, alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ve yaygınlaştırılması gibi politikaların geliştirilmesi inşaat sektöründe kaçınılmaz hale gelmektedir.

Yaşanılan çevre sorunlarının en önemli sebeplerinden biri hızlı nüfus artışına bağlı olarak gelişen, plansız ve sağlıksız kentleşmedir. Kentleşmenin temel ve en önemli öğesi ise yapılardır. Bu nedenle plansız ve sağlıksız kentleşmenin sebep olduğu çevresel sorunların oluşumunda yapıların da önemli katkısı vardır (Ünal, Mançuhan & Alpsayar, 2001; Yüksek & Mıhlayanlar, 2015). Yapı sektörünün büyük çevresel ve ekonomik etkilerinden dolayı konut ve ticari binaların yaşam döngüsü performanslarının daha iyi anlaşılmasına ve bu binaların küresel ısınma potansiyelinin azaltılmasına yönelik yöntemlerin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır (Hozatlı, 2013). Binaların çevresel performansının belirlenebilmesi için, binaların yapımından yıkımına kadar gerçekleştirilen tüm faaliyetler için gerekli enerji ve kaynakları içeren tüm süreç bir bütün olarak dikkate alınmalıdır. 90'lı yıllardan günümüze bu sürecin ifadesini gerçekleştirebilmek için yaşam döngü analizi kavramı geliştirilmiştir (Demirer, 2017).

Bir yapının çevresel etkilerini belirlemek amacıyla yaşam döngü analizinin dört ana başlığı olan; ham madde eldesi, binanın yapıldığı malzemelerin üretimi, bina kullanımı, bina yıkım ve yıkım sonrası oluşan atıkların geri dönüşüm aşamaları döngüsel bir bütün olarak ele alınmalıdır (Carabaño, Hernando, Ruiz & Beyode, 2015), (Şekil 1.1). Yaşam döngü analizi bir ürün ya da hizmetin tüm yaşam döngü aşamalarını ve bunların

kendi aralarındaki ilişkisini bir bütün olarak ele alır. Bu değerlendirmenin sonunda, olgu ya da oluşların beşikten mezara tüm süreçte sebep olabilecekleri çevresel etkileri ortaya koymaktadır (Mammadov & Cılız, 2017).



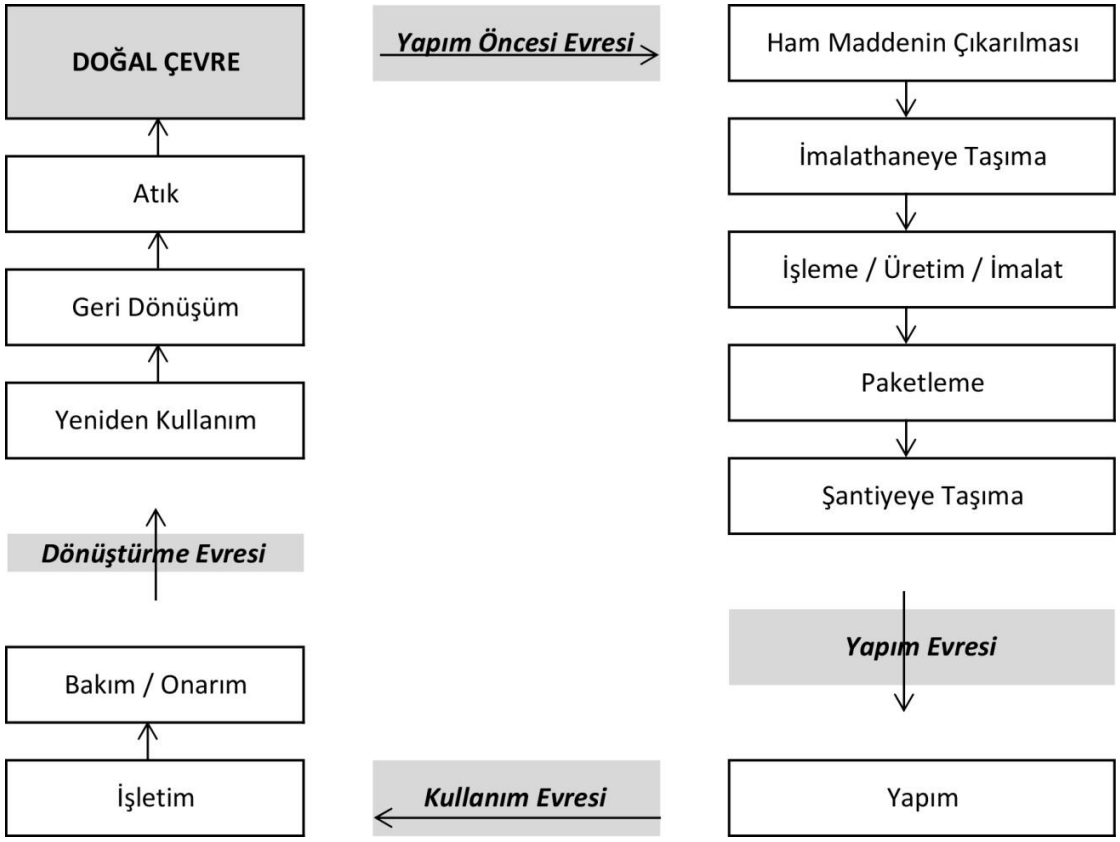
Şekil 1.1. YDA'nın aşamaları (USEPA, 2006; Demirer, 2017)

Yaşam döngü süresince tüm yapılar enerji harcayarak, doğal kaynakları tüketerek, katı atıklar üreterek ve bir takım gaz salımına neden olarak doğal çevreye olumsuz etkilerde bulunurlar. Söz konusu çevresel etkilerin bazıları iklim değişikliği, sera gazı oluşumu, ozon tabakasındaki incelme, toksik emisyonlarıdır.

Bu etkileri azaltmak için çevreye verilen zararı belirlemek, sebeplendirmek ve çözüme ulaştırmak için; yapı malzemelerinin ham maddelerinin eldesinden başlayarak, üretim-işletim-kullanım süreçleri, bu süreçte ihtiyaç duyulan ulaşım, paketleme, bakım onarımı; yapı işlevini ya da ömrünü tamamladığında ise yıkımı ve geri dönüştürülmesini, geri dönüşümden sonra malzemenin yeniden kazandırılması ve hazır hale gelmesi süreçleri bir bütün olarak analiz edilmeli, değerlendirilmelidir. Bu değerlendirme için Yaşam Döngüsü Değerlendirme-YDD (Life Cycle Assessment- LCA) yönteminden yararlanılmaktadır (Yüksek & Mıhlayanlar, 2015).

YDD yöntemi ile, yapı ürünlerinin yaşam döngülerinin her evresi ayrıca incelenebilmektedir. Böylelikle her aşamanın farklı çevresel etkileri tespit edilebilmektedir (Bekem, Gültekin & Dikmen, 2009). Yaşam döngü analizinin herhangi

bir basamağında, doğal kaynakların bilinçsiz ve plansız kullanımı veya büyük ölçekli çevresel sorunlara sebep olma olasılığı olan faktörler üzerinde henüz karar verme ya da tasarım aşamasında iken müdahale etme şansı elde edilebilmektedir.



Şekil 1.2. Yapılarda YDA (EPA, 2006)

Binayı oluşturan yapı ürünlerinin teknolojik tarihi 1800'lü yılların Endüstri Devrimi ile bir dönüm noktasına girmiş (Öztürk & Yüksel, 2016) ve 18. yüzyılın ortalarından günümüze kadar artan, artmaya devam etmekte olan etkileri ile doğa tahrip edilmektedir. Bu tahribatın temelini yapı üretimi oluştururken, bu üretim aşamasında görünmeyen, yapı üretiminin temelini oluşturan esas ana unsur ise malzemedir. (Öztürk & Yüksel, 2016). Dünyadaki malzemelerin %40'ını yapı malzemeleri oluştururken (Erten, 2011; Yüksek & Mıhlayanlar, 2015), yapı sektörü küresel olarak ham madde tüketiminin %24'ünü gerçekleştirmektedir (Bribian, Capilla & Uson 2011; Yüksek & Mıhlayanlar, 2015). Dünya üzerinde var olan malzemelerin büyük bir payını oluşturan yapı malzemeleri yaşam döngüleri boyunca farklı seviyelerde önemli miktarda çevresel etkilere sebep olmaktadır.

Yapı malzemelerinin sebep olduğu çevresel sorunlara bakıldığında en büyük etkinin malzemenin yaşamsal döngüsün ilk aşaması olan ham maddenin elde edilme evresi olduğu anlaşılmaktadır. Dolayısıyla bu aşamada hızlı yenilenebilir kaynakların kullanımı, ham maddenin temin edildiği nokta ile işlem göreceği noktanın yakınlığı, ambalajsız, az veya ekolojik ambalaj kullanılması, geri dönüştürülmüş malzemelerden yapılması, ham maddenin yaşam döngüleri boyunca etkilerinin en aza indirilmesine önemli katkı sağlayacaktır.

Ham madde ediniminden sonra yapı malzemelerinin önemli çevresel etkiye sahip oldukları bir sonraki aşama, üretim, kullanım, yeniden kullanım ve bakım sürecidir. Bu aşamada başta doğal kaynakların (su, enerji vb.) tüketimi (Yüksek & Esin, 2013; Yüksek & Mıhlayanlar, 2015) ve bu tüketiminden kaynaklı enerji harcamaları, yine bu tüketime bağlı olarak oluşan atık ürün ve emisyonlar çevre kirliliğine sebep olan etmenlerin başında gelmektedir. Enerji tasarrufunun sağlanması, enerji etkin malzeme kullanılması, üretim süreçlerinde kullanılan malzemelerin dönüştürülebilir ya da dönüştürülmüş olması, düşük yoğunluklu endüstriyel işlemlerle üretilmesi, işletim ve kullanımı aşamasında su tüketimini azaltan malzemelerin kullanılması, üretim sürecinde yenilenebilir enerji kaynakları kullanılan malzeme tercih edilmesi, gibi unsurlar ile çevresel etkilerin azaltılması sağlanabilecektir (Alkaya, 2011).

Yapı malzemesinin yaşam döngüsü sürecindeki bir diğer aşama olan taşıma, özellikle ham madde ve imalat yeri arasındaki mesafeye göre enerji tüketiminin artması ve buna bağlı çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Bu nedenle taşımanın ve neden olduğu olumsuz etkilerin en aza indirilmesi için, yerel malzeme kullanılması, üretim tesislerinin ham madde kaynağına yakın olması, ülke genelinde ham madde kaynaklarının doğru tespit edilerek üretim tesislerinin bölgelerin ihtiyaçlarına göre planlanması gerekmektedir.

Yaşam döngüsü sürecinde en az enerji tüketilen ve atık üretilen evre, yapım evresidir. Yapım aşamasında, yapımın kullanım ve yıkım aşamaları da düşünülmeli, yapı en az kayıp verecek şekilde uygulamalar yapılmalıdır. Geri dönüştürülerek yeniden kullanılabilir, yerel, standart ölçülerdeki malzemelerin kullanımına önem verilmelidir. (Rousseau, 2008; Yüksek & Mıhlayanlar, 2015).

Kullanım evresinde çevresel etkileri en aza indirmeye yönelik alınan tasarım kararları önem arz etmektedir. Yapım aşamasında seçilen malzemelerin dayanıklı, daha az bakım onarım gerektirmesi, kolay geri dönüştürülebilir, doğada kolay yok olabilir ve yeniden kullanılabilir olması önemlidir.

Yapı malzemelerinin, yaşam döngüleri aşamalarındaki sebep olduğu çevresel etkilerin azaltılması, çevresel sürdürülebilirlik açısından büyük önemi taşımaktadır. (Yüksek & Mıhlayanlar, 2015). Yapıların sebep oldukları çevresel etkileri, yapının ana malzemelerinin sahip olduğu ekolojik özellikler belirlemektedir. Günümüzde kullanılan yapı malzemelerine bakıldığında malzemelerin doğallıktan uzak olduğu, daha çok endüstriyel üretim yöntemlerine sahip, yaşam döngüleri boyunca enerji tüketimi, doğal kaynakların tüketimi ve çevresel kirlilik meydana getiren malzemeler olduğu bilinmektedir.

Her geçen gün artan çevresel problemlerin oluşumunda, malzemenin payına düşen yüzdeyi azalması için yapı tasarımcısının doğru malzemeler ile doğru uygulamalar yapması, kullanıcının bilinçli olması ve devletin konuyla ilgili çeşitli karar alarak, bu kararların uygulanmasını sağlaması gerekmektedir. Malzemenin çevreye verdiği zararın minimuma indirilebilmesi için, yapılarda kullanılan her malzemenin yaşam döngüsü aşamasındaki kullanılan, enerji, su, diğer ham maddeler, doğal kaynak tüketimleri ve bu tüketimlerin sebep olduğu çevresel kirlilik ve emisyonların belirlenmesi gerekmektedir. Bu envanterlerde belirlenen girdi ve çıktılara bakılarak meydana gelebilecek çevresel etkiler değerlendirilmeli ve gerektiğinde önlemler alınmalı, planlı hareket edilmelidir. Ayrıca yapının tasarımından başlayarak, kullanılacak yapı malzemesi, bileşeni ya da ürünün yaşamsal döngüsü göz önüne alınarak karar verilmesi ve tercihlerin bu doğrultuda yapılması gerekmektedir.

Malzeme seçiminde, az enerji gerektiren, çevreye zararlı atık vermeyen, bileşiminde zehirli ham madde veya zararlı gazlar bulundurmamasına, geri dönüşümlü olmasına dikkat edilmelidir. Sağlıklı bir gelecek düşünülerek tasarlanan yapıların uygulamaları, insan sağlığını koruyan, temiz bir çevreye sahip, kullanıcılarının konfor şartlarını sağlayan, en az enerjiye ihtiyaç duyan, atık üretimi az, tekrar kullanılabilen, doğada çabuk yok olabilen, geri dönüşümlü, sürdürülebilir, ekolojik malzemelerle üretilen yapılar olmalıdır.

Dünyada bulunan doğal kaynakların yanlış, plansız kullanılması neticesinde çevresel sorunların giderek artması ile oluşan çevresel yönetimin ve kararlı bir yönetim sürecinin sağlanabilmesi için sürdürülebilirlik kavramı önemli bir hal almıştır. Böylece yapıların yaşamları boyunca kullanılan malzeme ve sistemlerden oluşan girdiler ve atıkları, bunların yeniden kullanım olanaklarının değerlendirilmesi sürecindeki enerji üretim aşamalarının toplumsal faydaları üzerinde tasarımcıların dikkatli davranmaları sağlanabilecektir.

Günümüzün en önemli konularından biri olan enerji kavramı ve bu kavram çerçevesinde gelişen, enerji verimliliği bağlamında üretilen yalıtım malzemeleri de yaşam döngüleri boyunca birtakım çevresel etkilere sebep olmaktadırlar. Fakat enerji verimliliği amaçlı kullanılan malzemelerin enerji tasarrufunda sağladığı yararların yanı sıra çevreye verdiği zararlar göz ardı edilmekte ve her geçen gün bu zararlar artmaktadır. Bilindiği üzere mimaride enerji verimliliği için kullanılan doğal olmayan malzemelerin doğada yok olması yüzyıllarca sürmekte, bu durum günümüzde olduğu gibi ve ileride de insanlık için büyük bir tehdit oluşturmaya devam edecektir. Bu durumda sürdürülebilirlik ve ekoloji kavramları önem kazanırken, ekolojik malzemelerin, günümüzde kullanılan malzemelere göre alternatif olmak yerine, temel olması hedeflenmektedir.

Bu amaçla başta enerji verimliliği için kullanılan yalıtım malzemeleri olmak üzere, yapıda kullanılacak malzemelerin seçiminde; endüstriyel işlem görmeden kullanıma hazır hale gelebilen ve mümkün olduğunca hızla yenilenebilen doğal malzemeler olmasına önem verilmelidir. Sonrasında özellikleri geliştirilmiş yapı malzemeleri tercih edilmelidir.

1.1. Araştırmanın Amacı

Tekirdağ Ganos Dağı'nda gözlemlenen, mazı arısının (Cynips gallaetinctoriae) oluşumuna sebep olduğu meşe mazılarının (Quercus infectoria) kendi de dahil olmak üzere birçok konakçıl canlının barınma ihtiyacını karşıladığı bilinmektedir. Bu çalışmada olumsuz dış ortam koşullarından korunmak amacıyla kullanılan, ekolojik kökenli meşe mazısının, biyolojik özelliklerine bakıldığında sahip olduğu düzensiz boşluklu yapısı sayesinde ısı ve ses yalıtım özelliklerinin olumlu olabileceği düşünülmüştür. Bu düşünce ile meşe mazısının ısıl iletkenlik, ses geçirgenlik özellikleri ve karbon ayak izi enerji verimliliği bağlamında değerlendirilmiştir.

Yapılan çalışma doğal yaşam döngüsü içerisinde mazı arısının, oluşumuna sebep olduğu meşe mazısının, günümüzde kullanılan malzemelere bir alternatif olarak, çevre dostu, ekolojik ısı ve ses yalıtım malzemesi olarak araştırılmasını içermekte olup mühendislik, biyoloji ve kimya gibi bilim dalları ile disiplinler arası bir çalışmayı gerektirmektedir.

Çalışmanın amacı meşe mazısı bitkisinin, enerjinin her geçen gün daha da önem kazanması ile birlikte yeni geliştirilebilecek ya da üretilebilecek ekolojik kökenli malzemelere örnek, yapay malzemelere ise alternatif bir malzeme olması niteliği taşımasıdır. Bu nedenle çalışma, meşe mazısından üretilen yalıtım levhasının, ısı ve ses yalıtım malzemesi olabilmesi için gerekli şartların oluşturulduğu laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiş, ısıl iletkenlik, ses geçiş kaybı ve ses yutma testlerinin sonuçlarını ve karbon ayak izi hesabını içermektedir. Böylelikle Türkiye'nin birçok bölgesinde dağılım gösteren; boya, kimya, ilaç vb. sektörlerde ham madde olarak kullanılan meşe mazısının, yapı sektörü gibi yeni alanlarda da kullanılabilir ihtimali araştırılmıştır.

1.2. Araştırmanın Yöntemi

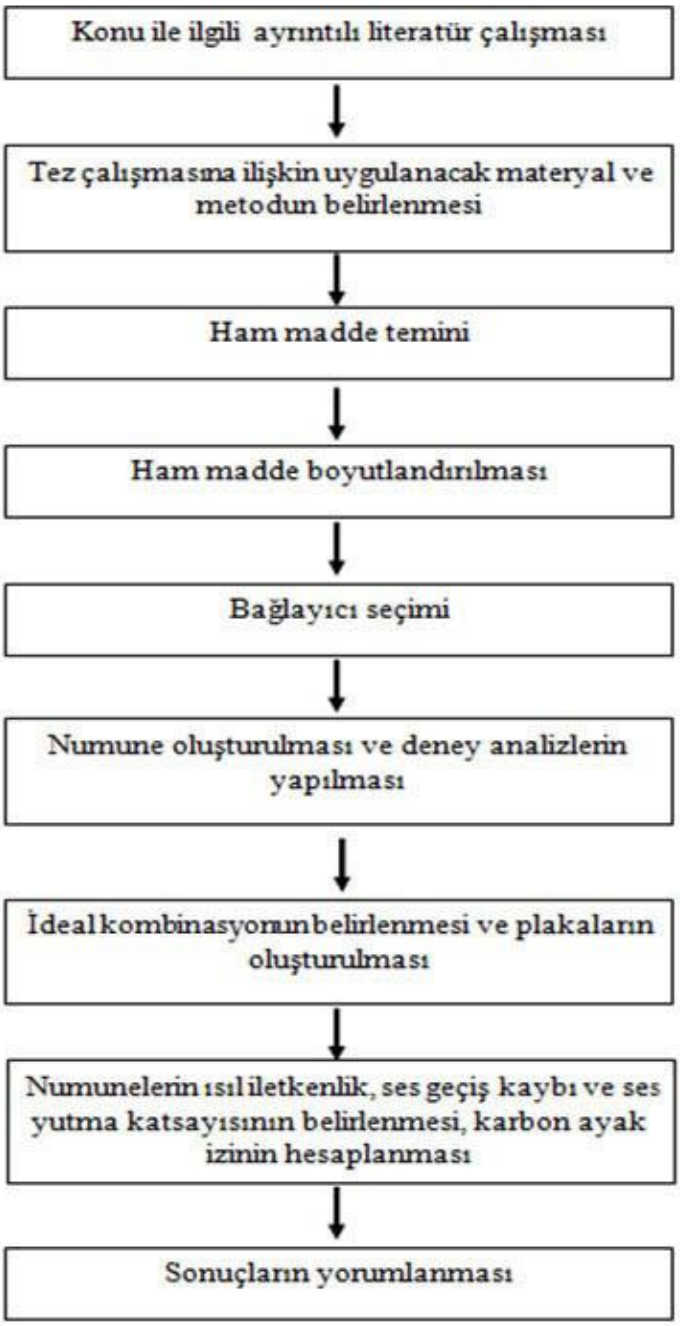
Araştırma yönteminde, öncelikle konu ile ilgili yazılı kitap, dergi, makale, tez ve internet gibi tüm kaynaklar incelenmeye çalışılmıştır. Malzemelerin enerji verimliliğine etkisi ve çalışmanın ham maddesini oluşturan meşe mazısının kimyasal, fiziksel, biyolojik özellikleri, yetiştiği bölgeler, kullanım alanları, konakçılları, meşe mazısından üretilen yalıtım levhasının sahip olması gereken fiziksel özellikleri ve uygulanacak test standartları araştırılmıştır.

Çalışmanın deneysel aşaması için ısı ve ses yalıtım malzemesi üreten ve kullanan tesislerle bağlantı kurularak, yerinde ziyaret edilmiştir. Malzemelerin teknik özellikleri, üretim şekilleri, üretilen malzemelerin hangi boyutlarda, hangi özelliklerde üretildikleri ve üretim safhaları gözlemlenmiştir. Elde edilen tüm veriler doğrultusunda meşe mazısından tez çalışmasına veri oluşturmak üzere üretilen yalıtım levhaları, ısıl iletkenlik, ses geçiş kaybı ve ses yutma testlerine tabi tutulmuştur.

Isıl iletkenlik testi için gerekli olan meşe mazısı Tekirdağ ili Hayrabolu ilçesi Tatarlı köyünden toplanmıştır. Ses geçiş kaybı ve ses yutma testi için gerekli olan meşe mazısı ise Malatya ilinde bulunan bir firmadan temin edilmiştir. Levhanın

oluşturulabilmesi için meşe mazısı partiküllerini bir arada tutması için yapı esaslı akrilik bağlayıcı kullanılmıştır. Testlerin yanı sıra elde edilen levhaların karbon ayak izi hesaplanmıştır.

Bu tez çalışmasında yürütülen araştırma ve deneysel inceleme çalışmaları Şekil 1.3.'de akış şemasında gösterilmiştir.



Şekil 1.3. Tez çalışması akış şeması

1.3. Literatür Taraması

Literatür taraması yapılırken araştırma konusuna yönelik yapılan ulusal ve uluslararası alanda yayınlanmış kitap, tez, dergi ve makale gibi birçok çalışmadan yararlanılmıştır. Yapılan çalışmalarda çevresel etkiler, enerji verimliliği, karbon ayak izi, doğal yapı malzemeleri, meşe mazısı, ısı yalıtım ve ses yalıtım konu başlıkları araştırılmıştır. Taraması yapılan çalışmalar kronolojik sıra ile aşağıda bulunmaktadır.

Ekici, (1975) mazı arısı ile ilgili tezinde, meşe ağacının tomurcuklarına, mazı arısının yumurtalarını bırakması sonucu oluşan, bitkinin kanseri olan mazısının oluşum sürecini anlatmaktadır. Bu süreçte meşe yumurtaya tepki olarak %65 tanen ve bol miktarda protein içerikli mazıyı oluşturduğundan ve mazı arısının yaşam döngüsünün büyük bir kısmını bu mazının içerisinde geçirdiğini söylemiştir.

Yaltırık, (1984) kitabında meşe mazısı bitkisinin yetiştiği yerleri, kullanım alanlarını ve biyolojik özelliklerini anlatmıştır. Türkiye'nin birçok yerinde yetişen mazının özellikle kimya ve tıp alanında kullanımına değinmiştir.

Guzowski (2010), çalışmasında sıfır enerjili ve sıfır karbonlu yapı tasarımlarım yapılırken yalnızca ihtiyaçlara cevap veren, düşük enerjili, verimli bir yapı yapmayı değil, aynı zamanda sürdürülebilir ve estetik binalar yapmanın önem ve gerekliliğini savunmuştur. Estetik kavramı, sağlıklı, düşük enerjili, düşük karbon izine sahip, çevre dostu bir yapı yapmak kadar önemlidir. Estetik kaygılı tasarım yapılırken doğadan ilham alınmalıdır. Bir tasarımda estetiğin geliştirilebilmesi için, ekolojinin temel ilkelerinin kullanılmasının yanı sıra kişinin duyularına hitap eden (dokunma, görme, işitme ve tat alma) aynı zamanda çevre ile ilişkili (ışık, gölge vb.) tasarımlar yapılması gerekmektedir. Gelişen teknolojiye paralel olarak yenilenen ve gelişen malzeme özelliklerine ek olarak, tasarımda doğal çevre verilerinin (güneş, rüzgar, mevsim, iklim vb.) kullanılması, ekolojik estetik kavramını ön plana çıkaracaktır. Ekolojik ve estetik tasarımların yapılması, yaşamsal düzenimizi değiştirmesi ve daha sürdürülebilir bir yaşam tarzı kurmamızı sağlanması ile ekolojik sorunları büyük ölçüde çözülebilir.

Pašić vd., (2010) çalışmalarında ekolojik olmayan yapı malzemelerine alternatif olarak, yerel doğal lifli malzemelerin kullanımının önemine vurgu yapmışlardır. Ahşap yünü, saman ve kargı gibi doğal malzeme örneklerinin ısıl iletim katsayıları ve yalıtımda

kullanım avantajları aktarılmıştır. Uzun ahşap lifleri emprenye edildikten sonra çimento ile karıştırılarak oluşturulan ahşap yünü levhaların, sahip olduğu %70 hava gözenekli yapısıyla yalıtımı gerçekleştirdiği ve çevreye zarar vermeyen ekolojik bir malzeme olduğu vurgulanmıştır. Ahşap yünü malzemenin yoğunluğu 360-480 kg/m^3; ısıl iletkenlik katsayısı 0,090 W/mK; U=0,40 W/m^2K (21 cm kalınlık) olarak belirlenmiştir. Saman doğal malzemesi için de ısı yalıtım açısından olumlu sonuç veren özellikle pasif bina yapımında kullanılan, çevreye zararı olamayan ekolojik bir malzeme olduğu vurgulanmıştır. Yoğunluğu yaklaşık 110 kg / m^3 olan saman doğal malzeme için ısıl iletkenlik katsayısı 0,045-0,13 W/mK ve U = 0,40 W / m^2K (23-33 cm kalınlık) olarak belirlenmiştir. Çalışmada incelenen kargı doğal malzemenin genellikle çatı örtüsü ve duvar yapımında ısı ve ses yalıtımı için kullanıldığı vurgulanmıştır. İşlenmesi kolay ve dayanıklı olmasının yanı sıra yapısal özelliğinden dolayı havayı sabit tutmasıyla yalıtım özelliğini sağlayan malzemenin, yıllık yetişme ve büyüme oranının yüksek olmasıyla uygulama ve üretim avantajına da sahip olduğu belirtilmiştir. Panel kalınlığı 5 cm iken; ısıl iletkenlik katsayısı 0.040-0.060 W/mK; U = 0,40 W/m^2K olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak çalışmada enerji ve çevre açısından verimli binalar için yerel doğal malzemelerin kullanımı vurgusu yapılmıştır.

Tönük (2010), çalışmasında ekolojik mimarlığı 1970 öncesi,1970-1980 yılları arası, 1980-1990 yılları arası, 1990-2000 yılları arası, 2000'li yıllar olarak olmak üzere sınıflandırmış ve dönemin ekolojiye bakış açısını ifade etmiştir. Ayrıca çalışmasında, 1973 petrol krizine kadar temiz enerji kaynakları kullanan binaların konut ağırlıklı ve sayılarının az olduğundan söz etmiştir. Dönemde yapılan uygulamalar pasif sistem gerektiren, yönlenme, yapı malzeme ve elemanı, duvar kalınlığı belirlenmesi, izolasyon uygulamaları ve bunlara entegre aktif sistemlerin kullanılmasıyla enerji verimliliğinin (%30 ısıtma) sağlanmasını amaçlamaktadır. 1970-1980 yılları arasındaki dönemde iki kere petrol krizi yaşanması petrole alternatif arayışlara girilmesine sebep olmuştur. Bu nedenle enerji kazanımı, doğal enerji kaynaklarının kullanımı konuları önem kazanmıştır. Bu bağlamda gelişen teknoloji ile birlikte, doğal malzeme kullanımı, bir malzemenin birden çok amaca hizmet etmesi, kaynakların bilinçli kullanılması, biyolojik atıklı malzeme kullanılması ve dönüştürülmesi önem kazanmıştır. 1980-1990 yılları arasındaki dönemde doğal enerji kaynaklarından faydalanma teknolojisi büyük ölçekli binalarda uygulanmaya başlanmış ve en önemli gelişmeler (Orta) Avrupa Ülkeleri'nde

görülmüştür. İklime bağlı tasarımlara önem verilen bu dönemde pasif (bina kabuğu şekillenmesi, bina içi mekan organizasyonu, iklimsel verilere uygun kurgu vb.) ve aktif tasarım sistemleri kullanılmıştır. Ayrıca Bruntland Raporu, iklime bağlı tasarım, enerjinin bilinçli kullanılması dönemin en çok konuşulan kavramları olmuştur. 1990-2000 yılları arasında çevre kirliliği dünya gündeminde yoğun olarak yer almış ve konuyla ilgili alınan önlem ve çalışmalar herkesin üzerinde düşündüğü bir konu haline gelmiştir. İlk defa ekolojik gökdelen kavramında söz edilmiş ve sıfır enerjili bina uygulamaları yapılmıştır. Bu dönemde yapılan çalışmalar sayesinde çevreci, ekolojik, sürdürülebilirlik kavramları literatüre kazandırılmış, ekolojik gökdelen, sıfır enerjili bina uygulamaları gerçekleştirilmiş ve Agenda 21, Kyoto Protokolü bildirgeleriyle çevre ve çevreyi korumayı hedef alan ekolojik tasarım manifestoları yazılmıştır. 2000'li yıllarda gelişen ekolojik sınırlılıklar kaldırılmış olup sıfır enerjili binaların yüksek binalarda uygulamaları tasarlanmıştır. Yaşam döngüsü kavramı, geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanılması, malzemelerin çevresel etki performansı değerlendirme kriterleri, iklim değişikliği ve iklim değişikliğinin kontrol altına alınması gibi konular dönemin üzerinde en çok konuşulan kavramları olmuştur. Günümüzde bu çalışmalar ve uygulamalar üniversite-sanayi iş birliği ve devlet destekleri ile gerçekleştirilmelidir. Teknolojik gelişmeler ve çevre ile ilgili çalışmalar artık tek bir bilim dalı ya da kişi ile değil disiplinler arası ekip çalışması ile gerçekleştirilmelidir vurgusu yapmıştır.

Williams, (2010) kitabında, meşe mazısını, savunma ve dış ortam koşullarından korunmak için sadece mazı arılarının değil diğer parazitlerin de kullandıklarını belirterek bu bitkinin ekolojik öneminden söz etmektedir.

Bayraktar (2011), çalışmasında endüstrileşme, hızlı kentleşme, tarımsal vb. faaliyetlerin, kaynak tüketiminde meydana getirmiş olduğu artışa ve bu artışa bağlı olarak meydana gelen çevre kirliliği, doğal dengenin bozulması gibi problemlere vurgu yapılmıştır. İnsan doğal çevreye yapmış oldukları faaliyetlerle olumlu ve olumsuz birtakım iz bırakmaktadırlar. Çalışmada sürdürülebilirlik ve ekolojiye vurgu yapılarak, teknolojik gelişmelerin olmadığı dönemlerde, insanın dünya ekosisteminin bir parçası olduğunu; ancak günümüzde insan ve faaliyetlerinin doğa tahribatına sebep olması yüzünden, insanın doğadan fayda sağlayan, parazit bir tavır sergilediğini vurgulamıştır. Doğanın korunması, tahribatın, kirliliğin azaltılması ve geleceğe aktarılması için ana hedef enerji ve kaynak kullanımının azaltılması, yerel, yenilenebilir, iklimsel verilerin

dikkate alındığı pasif ısıtma soğutma sistemlerinin kullanıldığı ekolojik yapılar yapılmalıdır vurgusu yapılmıştır.

Alkaya vd., (2012) çalışmalarında, yaşam döngüsü analizini ve aşamaları hakkında ön bilgi verilmiştir. Sonrasında dünyada ve ülkemizde yoğun kullanımı olan cam yünü, taş yünü, genleştirilmiş polistren köpük (EPS), ekstrüde polistren köpük (XPS) ve poliüretan köpük (PUR) gibi ısı yalıtım malzemeleri ile ilgili gerçekleştirilmiş yaşam döngüsü analizleri çalışmaları özetlenmiş ve sonuçları aktarılmıştır. Malzemelerin yaşamsal döngülerinin çevresel etkileri vurgulanmıştır. Malzemelerin yaşam döngüsü envanterleri ve inşa aşamasına kadar temel çevresel etkileri grafiklerle aktarılmıştır. Fakat grafiklere aktarılan bilgilerin farklı amaç ve kapsamlarda yapılmış olması sebebiyle malzemelerin birebir karşılaştırmaları yapılmamıştır. Genel olarak yalıtım malzemelerinin çevresel etkileri; ham madde temini ve malzeme üretimi aşamasında olduğu belirtilmiştir. En büyük etkiler ise enerji tüketimi ve sera gazı salımıdır. Bunların önlenebilmesi ve azaltılabilmesi için temiz üretim gerçekleştirilmesi, geri dönüştürülmüş malzeme kullanımına, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması, ham madde kaynağına yakınlık vurgusu yapılmıştır.

Berber, (2012) çalışmasında, insan faaliyetleri ve müdahaleleri neticesinde doğal çevrenin zarar görmesi sonucu, çevreye ilişkin konuların ön plana çıkarılarak özellikle enerji, ekoloji kavramlarının önem kazanmasından söz etmiştir. Ayrıca ekoloji kavramının ise mimaride etkin olabilmesi için yapının enerji ihtiyacının minimum seviyeye indirilmesine, tasarımın ve malzeme seçiminin önemine dikkat çekmiştir. Bu sorunlara çözüm olabilmesi için, gelişen teknoloji ile birlikte malzeme çeşitliliğine gidilmiş fakat yapay malzemelerde kullanılan çeşitli kimyasal maddelerin kullanılmasının çevreye zarar verdiğini çeşitli deneylerle vurgulamıştır. Bu nedenle ekolojik mimarlık kavramının en büyük temellerinden biri olan ekolojik malzemelerin tercih edilmesi gerektiğini vurgulamıştır.

Manohar, (2012) çalışmasında, palmiye ağacı, hindistan cevizi ve şeker kamışının doğal lifli malzeme olmaları ve tarımsal atık ürün olmaları sebebiyle enerji verimliliğinde kullanılabilirliğinin kanıtlanabilmesi için termo-fiziksel özelliklerinin tespiti için izlenecek yol ve yöntemden söz etmiştir. Çalışmada malzemelerin termo-fiziksel ölçümleri yapılarak ısıl iletkenlik değerleri tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlardan üç

malzemenin enerji verimliliğinde kullanılabilirliği ile ilgili bilgiler verilmiştir. Her biri 25kg'lık palmiye ağacı lifi, hindistan cevizi lifi ve şeker kamışı lifi, ASTM C518-04 standartlarına uygun özelliklerine sahip cihaz ile ısıl iletkenlik katsayısı testi uygulanmıştır. Ölçümler için 254x254x51 mm ölçülerine sahip kare çerçeve hazırlanmıştır. Malzemeler doğası gereği sıkıştırılabilir olması sebebiyle 51mm yüksekliğinde olacak şekilde sert numune tutucu hazırlanmıştır. 686 kg/m³ en düşük yoğunluğa sahip şeker kamışının ısıl iletkenlik katsayısı 0.0461 W/mK, hindistan cevizi lifli malzemenin yoğunluğu 755 kg/m3 iken ısıl iletkenlik katsayısı 0.048 W/mK, palmiye ağacı lifli malzemenin ise yoğunluğu 797 kg/m³ iken ısıl iletkenlik katsayısının 0.0555 W/mK olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlara bakıldığında ısıl iletkenlik katsayılarının günümüzde kullanılan sentetik esaslı yalıtım malzemelere yakın olduğu belirtilmiştir. Ayrıca malzemelerin doğal tarımsal atık ve çevre dostu malzeme oluşu vurgusu yapılmıştır.

Yeang (2012)'ın çalışması, yapılı çevrenin ekolojik sonuçları, yapıların inşasıyla doğrudan ilişkili olup, yapıların kullanım, kullanım sonrası yıkım ve geri kazanım ve bu süreç boyunca meydana gelen çevresel etkileşimi kapsamaktadır. Bu süreçlerdeki tüm girdi ve çıktılar (enerji tüketimi, karbon salımı, kaynak tüketimi vb.) ekosistemi etkilemektedir. Binalarda kullanılan enerji çoğunluğunun (yaklaşık %60) konutlarda tüketilip, bu tüketimin azaltılması için tasarım, malzeme seçimi gibi konular dikkate alınmalıdır. Bir yapının tasarımı ve oluşumu, yapı sisteminin bütün yaşam döngüsüne yayılan bir enerji ve malzeme yönetimi biçimidir. Bu nedenle çalışmasında, geri dönüşümlü, yerel, az atıklı malzeme, zararlı gaz ve kirletici salımı az, kullanım ömrü uzun, sürdürülebilir, doğal, çevreyle bütünleşen malzeme ve yenilenebilir enerji kullanılmasının gerekliliğini ifade etmiştir.

Yılmaz, (2012) çalışmasında**,** enerjinin öneminden söz ederek tüketilen enerjinin büyük bir kısmının konutları ısıtmak için kullanıldığını vurgulamış ve ısı yalıtımının önemine dikkat çekmiştir. Çalışmaları kapsamında 3. iklim bölgesinden Konya ve 4. iklim bölgesinden Erzincan illeri pilot bölgesi seçilmiş ve bu il merkezlerinde seçilen örnek 10 adet çok katlı yapıların ısı yalıtım uygulaması öncesi ve sonrası proje bilgileri ve elde edilen hesaplar verilmiştir. Elde edilen sonuçlarda yalıtım sonrası ortalama %55,4 enerji verimi sağlanmıştır. Ayrıca 4. iklim bölgesinde yer alan Erzincan ilinde yer alan

konutlarda yapılan yalıtımdan sağlanan veriminin, 3. iklim bölgesinde yer alan Konya ilindeki konutlara göre daha avantajlı olduğu tespit edilmiştir.

Turak, (2013) çalışmasında, atık tekstil ürünlerinin ısı yalıtımında kullanımını araştırmıştır. Tekstil atıklarının doğal lifli yapısından yola çıkarak çimento-ince kum karışımına çeşitli tekstil atıkları eklenerek dört adet plaka elde edilmiş ve bu plakalara ısıl iletkenlik testleri uygulanmıştır. Çalışmada tekstil endüstrisi atıklarının yalıtım amaçlı yalıtım malzemesi olarak hem kompozit hem şilteler halinde (ara boşluklar) uygulanabileceği ortaya koyulmuştur.

Binici vd., (2014) çalışmalarında mısır koçanı katkılı levha üreterek ısı yalıtım bağlamında incelenmiştir. Çalışmanın ham maddesi olarak mısır koçanı, bağlayıcı olarak ise epoksi ve alçı, çimento karışımı kullanılmıştır. İki çeşit bağlayıcı ile farklı basınç ve içerik oranlarında toplamda 20 adet 10x10x2 cm ölçülerinde levhalar üretilmiştir. Üretilen levhalara ısıl iletkenlik ve ultrasonik ses geçirgenlik testleri uygulanmış, birim hacim ağırlık ve su emme miktarları tayini yapılmıştır. Sonuçlar aktarılmıştır. Çalışmanın sonucunda, epoksinin bağlayıcı olarak kullanıldığı yalıtım malzemesinin standartlarda verilen sınır değerleri sağladığı sonucuna varılmıştır.

Karadayı vd., (2016) çalışmalarında, kullanılan yapı malzemelerinin enerji tüketimine vurgu yaparak, uygun malzeme seçimi ile tüketilen enerjide miktarını azaltabileceğini ortaya koymuşlardır. Bu amaçla ülkemizde kullanılan, piyasada bulunan ısı yalıtım malzemeleri ve ısı yalıtım özelliğine sahip malzemeler, bitkisel ve hayvansal kökenli, mineral kökenli, sentetik kökenli olmak üzere üç başlık altında incelenmiştir. Malzemelerin ısıl iletkenlik katsayıları hakkında bilgi verilmiş, yalıtım uygulamalarında TS 825 standardının asgari limitlerinin üzerinde ısı yalıtımı yapılmalı vurgusu yapılmıştır.

Ali vd., (2017) çalışmalarında, lifli yapıda olan hurma ağaçlarının ısı yalıtımında kullanılabilmesi için ısıl iletkenlik katsayısı testi sonuçlarını aktarmıştır. Isıl iletkenlik testinin yapılabilmesi için toplanan lifler mısır nişastası reçinesiyle karıştırılarak farklı yüksekliklerde (yoğunluklarda) 30x30 cm kalıplarda preslenerek ve fırınlanarak levha haline getirilmiştir. 4 farklı yoğunlukta levha elde edilmiştir. ASTM C518 ile uyumlu cihazda yapılan 176kg/m³, 184kg/m³, 207kg/m³, 260kg/m³ yoğunluğundaki malzemelerin ısıl iletkenlik katsayısı testleri sonucu sırasıyla 0.0697 W/mK, 0.065 W/mK, 0.06 W/mK,

0.0475 W/mK olduğu belirlenmiştir. Numunelerin yoğunluğu arttıkça termal iletkenliklerindeki yükselişin de artığı gözlenmiştir.

Kaya & Dalgar, (2017) çalışmada gürültü kirliliği sorununun öneminden söz edilerek, gürültü önlemede kullanılan malzemelerin petrol türevi olduğuna vurgu yapılmıştır. Bu malzemelerin doğaya ve insan sağlığına verdiği zarara alternatif olarak doğal lifli malzemelerin kullanımına dikkat çekilmiştir. Kenaf, ahşap, kenevir, hindistan cevizi, hurma ağacı, çay yaprağı, lif kabağı ve koyunyünü malzemelerinin her birinden ayrı ayrı 100mm ve 29mm çaplarında numuneler oluşturularak empedans tüpünde ses yutum katsayısı ve ses iletim kaybı değeri tespit edilmiştir. Empedans tüpü yöntemi kullanımının seçilmesinin sebebi uygulamasındaki kolaylık, numune boyutlarının küçük olması ve test süresinin kısa olmasıdır. Uygulanan testler sonucu kenaf lifinin 1600 Hz-3600 Hz aralığında 0.91 oranında ses emme değerine ulaşmıştır. Odun lifleri 1500Hz frekansa kadar lineer artış ile 0.81 ses emme, 4.000 Hz frekansında 0.84 ses emme katsayısına ulaşmıştır. Kenevir lifi 600 Hz-1000 Hz aralığında 0.62, 2.000 Hz 'de ise 0.82 ses yutma değerine ulaşmıştır. Hindistan cevizi lifi 2.500 Hz' de 0.98 ses yutma katsayısına ulaşmıştır. Hurma ağacı 2.800 Hz 'de 0.68 ses yutma katsayısı değerine ulaşmıştır. Çay yaprağı 4.000 Hz' de 0.95 ses yutma katsayısına ulaşmıştır. Lif kabağı 4.000 Hz'de 0.35 ses yutma katsayısına ulaşmıştır. Koyunyünü 1.800 Hz' de 0.97 ses yutma katsayısına ulaşmıştır. Çalışmanın sonucunda özellikle kenaf, odun ve hindistan cevizi lifli malzemelerin ses yalıtımından, kullanılan malzemelere alternatif doğal malzeme olduğu aktarılmıştır.

Keskin vd., (2017) yapmış oldukları çalışmada tekstil firmasının kumaş üretiminin enerji ve karbon ayak izi hesaplanmıştır. Hesaplamaların yapılabilmesi için öncelikle tesisteki kumaş üretiminin akış şeması hazırlanmıştır. Üretim aşamalarında harcanan enerji miktarı ve çeşidi belirlenmiştir. Çalışmada karbon ayak izi hesaplanırken, eldeki verilerin sınırlı olması sebebiyle, Tier-1 yöntemi ve istisna olarak Tier-3 metodu kullanılmıştır. Kumaş üretiminin gerektirdiği tüm aşamaların enerji ayak izi hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda tüm süreçte en yüksek değere sahip kazan dairesi faaliyetleri olup, bu süreci ham madde olarak kullanılan yün ve polyesterin üretim faaliyetleri takip etmiştir. Tesisteki üretimden kaynaklanan toplam karbon ayak izi 31,2 $kgCO_2e/kg$, toplam enerji ayak izi 87,7 kWh/kg kumaş olarak hesaplanmıştır.

Mutlu vd., (2018) yapmış oldukları çalışmada kauçuk sektörü ile ilgili veriler yıllık üretimi ortalama 17.500 ton olan bir tesisin 2017 yılına ait verilerinden yola çıkılarak, üretilen kauçuk malzemenin karbon ayak izi hesaplanmıştır. Karbon ayak izinin hesaplanması için hem uygulama kolaylığı hem eldeki verilen niteliği sebebiyle Tier-1 yöntemi kullanılmıştır. Hesapların yapılabilmesi için faaliyet verileri, birimleri ve emisyon birimleri belirlenmiştir. Yıllık karbon ayak izi 55.000.000 $kgCO_2e$ olarak hesaplanan firmaya ait faaliyet verilerinin %77'sinin ham madde kaynaklı olduğu belirlenmiştir. Ayrıca emisyon kaynaklarına göre sınıflandırma yapılmış ve en yüksek değerin, diğer kaynaklı emisyonlara (ham madde, atık ve taşımacılık) ait olduğu belirtilmiştir.

BÖLÜM 2

KURAMSAL KAVRAMLAR

Günümüzün önemli konularından biri olan sürdürülebilir, çevre dostu ekolojik yaklaşımlar çalışmanın temelini oluşturmaktadır. Bu bölümde, enerji verimliliği açısından ekolojik bir malzemenin üretilmesini hedefleyen çalışmada; sürdürülebilirlik, çevre, ekoloji, enerji, karbon ayak izi kavramları açıklanmıştır.

2.1. Çevre ve Ekoloji

Canlı ve cansız varlıkların, birbirleri ile etkileşimleriyle oluşturduğu her türlü ortam, çevre kavramını oluşturmaktadır. Canlıların, çevre elemanları ile etkileşimini inceleyen bilim dalı ise ekolojidir. Bu nedenle ekoloji tanımı tüm çevre kavramlarını kapsamaktadır. Doğal çevre hiçbir canlı varlık ürünü olmayan, kendiliğinden oluşmuş ve kendi dengesini kurmuş olan bir ortamdır. Canlı ve cansız varlıkların bir arada var olduğu doğal çevre bu varlıkların kendi içerisindeki etkileşimini de içermektedir. İnsanlar doğal çevreyle doğrudan etkileşim halinde olan en gelişmiş canlıdır.

İnsan var oluşu sebebiyle doğaya bağımlı bir varlıktır. İnsan doğa ile var olan, doğanın etkileriyle yaşamına yön veren, doğa ile zorunlu bağları olan bir varlıktır. Aynı şekilde insan gibi canlı bir varlık olan doğa, insanoğlunun varlığı devam ettiği sürece bu birlikteliğin zorunlu bir parçasıdır (Gül, 2013). Bu zorunlu birliktelik sonucu, insanın kendi ihtiyaçları ve isteklerine paralel olarak doğal çevreyi şekillendirmektedir. Bu etkileşim ve müdahaleler sonucu yapay çevre kavramı ortaya çıkmaktadır. Canlı varlıklar yaşamlarını doğal çevre ve içerisinde oluşturdukları yapay çevrenin bütününde sürdürmektedirler. Bu nedenle ‘çevre, canlıların yaşamalarını sağlayan ve onları sürekli

olarak etkileri altında bulunduran fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörlerin bütünlüğüdür' şeklinde tanımlanmaktadır (Keleş & Hamamcı, 1996; Sevgi, 2015).

Yapay çevreler kimi zaman, doğal çevrede olumsuz birtakım olayların meydana gelmesine sebep olmaktadır. Doğal çevrenin, insan faaliyetleri ve yanlış müdahaleleri sonucu bozulması ve zarar görmesi çözümler üretilerek önlem alınması gereken başlıca konulardandır.

Büyük ölçekte ilk çevre sorunları sanayi devrimi ile başlamıştır. Küresel ölçekteki çevre sorunları ise; 2. Dünya Savaşı sonrasında ortaya çıkan ülkeler arası ekonomik kalkınma yarışının etkisi ile meydana gelmiştir. Günümüzde küresel ölçekteki başlıca çevre sorunları; küresel ısınma, ozon tabakasının incelmesi, sera gazı salımı, su kirliliği, manyetik kirlilik, hava kirliliği, toprak kirlenmesi, radyoaktif kirlenme, kuraklaşma, görüntü kirliliği, gürültü kirliliği ve ışık kirliliğidir.

Meydana gelen çevresel sorunlara insana bağlı eylemler sebep olmaktadır. Yüksek ve hızlı nüfus artışı, yaşam standartlarının yükselmesine ve karşılanacak ihtiyaç açığının artmasına sebep olmaktadır. Bu ihtiyaçların karşılanabilmesi için gelişen teknolojinin bilinçsiz, plansız ve duyarsız kullanılması hem doğal çevreye zarar vermekte hem de biyolojik çeşitliliğin düzenini bozmaktadır.

Nüfus artışına bağlı olarak ortaya çıkan ihtiyaçlar doğrultusunda gerçekleştirilen hızlı ve çarpık kentleşme, yeşil alanların yok olmasına sebep olmakta dolayısıyla doğal dengeye zarar vermektedir. Hızlı ve plansız kentleşme süreci verimli toprakların yanlış kullanımına ve tarım alanlarının azalmasına sebep olmaktadır. Sanayileşmenin artışı ve bu artışa bağlı olarak sanayide kullanılan kimyasal maddeler ve etkileri, ormanların tahrip edilmesi, yanlış arazi kullanımı, fosil yakıt kökenli enerji kaynakları seçimi gibi sorunlar çevre tahribatına sebep olan diğer problemlerdir.

Mimarlık alanında yapılan faaliyetlerin çevre kirliliğine ve küresel ısınmaya sebep olması ve katkısı olması sebebiyle konu ile ilgili mimarlık alanında da çalışmaları hızlandırmıştır.

Bu bağlamda ekoloji, sürdürülebilirlik, sürdürülebilir mimari, yenilenebilir enerji, sıfır enerji, çevresel tasarım, yeşil mimari, akıllı yapı, enerji verimliliği-korunumu, fiziksel çevre kontrolü gibi bir dizi kavramlar literatürde yerini almıştır (Altun, 2009).

Bir yapı sadece kullanıcılarını değil yakın çevresini de etkilemektedir. Böylelikle bulunduğu alanın ortak kullanım alanlarının bir parçası haline gelmektedir. Bu doğrultuda bir yapı, geçen zamanda toplumdaki bireyleri, uzun sürede ekolojik dengeleri, netice itibariyle dünyadaki tüm dengeleri etkilemektedir (Berber, 2012). Mimarlığın, insan ve topluma yaralı olma ilkesinin temeli doğaya duyulan saygıya dayanmaktadır. Bu noktada mimarlar tasarım yaparken, geçmişte olduğu gibi toplumsal bir görevi üstlenerek, çevresel sorunları düşünmeye başlamışlardır.

Çevre tahribatındaki artış, insanın en temel ihtiyacı olan sağlıklı, temiz bir çevrede yaşaması için gerekli olan koşulları yok etmektedir. Bu tahribatın giderilmesi, sağlıklı yaşamın, ekolojik dengelerin korunduğu bir çevrenin devamlılığının sağlanması ve korunan bu çevrenin gelecek kuşaklara aktarılması gerekmektedir. Bu gerekliliklerin sağlanabilmesi için sürdürülebilirlik kavramı geliştirilmiştir.

2.2. Sürdürülebilirlik

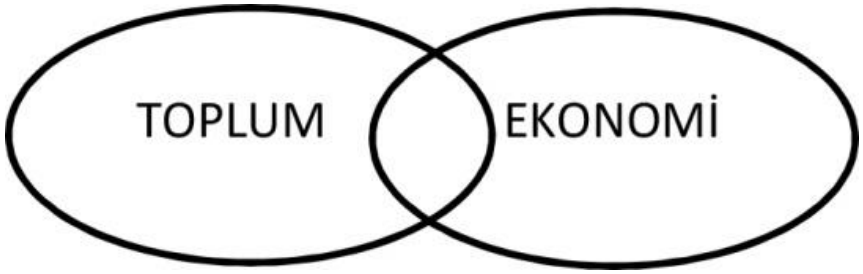
Sürdürülebilirlik, daim olma durumudur. Bu durum ekolojide biyolojik sistemdeki çeşitliliğin, üretimin, üretkenliğin, varoluşun devamlılığının sağlanması olarak ifade edilmektedir. Yaşamın devamlılığının sağlanabilmesi için çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması şarttır.

İnsanların yaşam kalitesinin yükselmesi, refah düzeylerinin artması için sürdürülebilirlik kavramı ve kalkınma ilkelerinin benimsenmesi gerekmektedir. Dünya Çevre Kalkınma Komisyonu sürdürülebilir gelişmeyi ‘bugünün gereksinimlerini, gelecek kuşakların da kendi gereksinimlerini karşılayabilme olanağından ödün vermeksizin karşılamaktır’ biçiminde tanımlamıştır (Yeni, 2014).

Günümüz ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik hareket edilirken, gelecek kuşakların da kendi gelişmişlik düzeylerine göre duyacakları ihtiyaçlar ön görülmelidir. Alınacak kararlar ve hazırlanacak eylem planlarında bu durumlar göz önüne alınarak hareket edilmelidir. Geçmişten geleceğe her dönemi etkileyen, doğal varlık tabanının korunması ya da azaltılmaması kalkınmanın devamlılığı için şarttır.

Kalkınma, toplumların sosyo-ekonomik durumlarının korunup artması, refah seviyesinin yükselmesi, toplumsal gelişme ve ilerleyişin sürdürülebilmesi, çağdaş yaşamın devamlılığı için vazgeçilmez bir unsurdur. Toplumsal kalkınma anlayışının

tarihsel gelişimine bakıldığında, 1987 öncesinde hızla tüketilen kaynaklar düşünülmeden, sadece toplum, ekonomi ve bu iki ilkenin birbirileriyle etkileşimi düşünülmekteydi (Şekil 2.1.) (Berber, 2012).



Şekil 2.1. 1987 öncesi dünya gelişiminin temel ilkesi (Berber, 2012)

Sanayi devrimi ardından yeni bir sanayi toplumu yapısı oluşmaya başlamıştır. Oluşan sanayi toplumunun ve teknolojik gelişmelerin bir sonucu olarak enerji tüketimindeki artış ve buna bağlı olarak kullanılan enerji kaynaklarının çevreye yaptığı tahribatlar artmıştır. Meydana gelen doğa tahribatının sonucu olarak toplum-ekonomi girdilerine çevre kavramı da dahil edilmiştir.1987'den sonra çevre tahribatının artması üzerine, çevre toplum ve ekonomi kavramlarının ortak etkileşim süreçleri birlikte düşünülmüştür.

1987 yılında BM Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafından yayınlanan Brundtland Raporu (Ortak Geleceğimiz) ile ekonomiyi, içinde bulunduğu çevre ve sosyal yapıyla bir gören, karşılıklı etkileşim ve bağlılık olduğu savunan bir anlayış geliştirmiştir (Pearce, Markandya & Barbier, 1999; Toprak, 2006)

Bu etkileşimin sonucunda sürdürülebilir kalkınma üç daire modeli (three pillar veya three circles model) ile ifade edilmiştir (Şekil 2.2.). Bu modele göre ancak ekonomi, sosyal, çevre kavramları ve bu kavramların birbiriyle etkileşimleri eş zamanlı düşünülüp hareket edildiğinde sürdürülebilirlik gerçekleştirilebilir (Aksu, 2011).



Şekil 2.2. Üç daire modeli (Aksu, 2011)

Günümüzde kullanılan sürdürülebilir kalkınma anlayışına bakıldığında, ekonomi, sosyal ve çevre kavramlarının eş zamanlı düşünülmekte aynı zamanda bu kavramlar gelişen teknoloji ile birlikte değerlendirilmektedir. Bu temel başlıklar altında sürdürülebilir kalkınmanın sağlanabilmesi için sosyal alanda, toplum bilinçlendirilmeli, teknolojik gelişmeler takip edilmeli, gelişen teknoloji ve ekonomik koşullarına uyum sağlayacak şekilde sosyal yaşam, eğitim, ulaşım ve sağlık koşullarında iyileştirilmeler meydana getirilmelidir. Ekonomik anlamda yaşam tarzında değişikliğe gidilmeli verimlilik kavramı dikkate alınmalı, doğal kaynakların kullanımına önem verilmeli, dengeli gelir dağılımı sağlanmalıdır. Toplumsal ve ekonomik faaliyetlerin devamlığı için çevrenin korunmasına önem verilmeli, sürdürülebilirliği sağlanmalıdır.

Sürdürülebilir kalkınma anlayışına sonradan dahil olmasına rağmen, sosyal ve ekonomi alanlarına ev sahipliği yapan çevrenin devamlılığının sağlanması şarttır. Doğal çevresel değerlerin sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi için sahip olduğumuz doğal enerji kaynakları mümkün olduğu kadar bilinçli tüketilerek verimli kullanılmalı, çevresel kirlilik azaltılmalı; dönüştürülebilir, sürdürülebilir, yenilenebilir enerjinin kullanımına önem verilmelidir.

Çevre bilincinin gelişme ve değişmesiyle birlikte, ülkemizde ve dünyada, sivil toplum örgütlerinin çalışmaları, anayasal düzenlemelerinin yapılması, çevresel yatırım kararlarının belirlenmesi, kurumlar arası iş birliği yapılması, strateji ve eylem planın hazırlanması, küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda yapılan anlaşmalar gibi faaliyetler ve bu faaliyetlerin uygulanması ile sürdürülebilir çevrenin sağlanması mümkündür.

2.3. Karbon Ayak İzi

Canlılar yaşam devam ettiği sürece gerçekleştirdikleri tüm faaliyetler sonucu yer kürede iz bırakmaktadırlar. İnsanların istek ve ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için harcanan enerji, kullanılan kaynaklar, tüketilen ürünler ve bu ürünlerin üretilebilmesi için kullanılan ham madde ve yatırımlar düşünüldüğünde küresel ölçekli bir etki düşünülebilir. Küresel ölçekte yeryüzünde bırakılan izin azaltılabilmesi için sürdürülebilirliğin sağlanması şarttır. Sürdürülebilirlik için yenilenebilir doğal kaynakların tüketim miktarının, aynı süre içerisinde doğanın üretebildiği kaynak miktarını geçmemesi gerekir (Han & Kaya, 2013; Küçüker, 2017).

Nüfus oranındaki artış, yoğun göç, kentleşme hareketleri, sanayi devriminin etkisiyle yoğunlaşan sanayi üretimindeki artışın sonucu olarak 1900'lü yıllardan günümüze, özellikle insan eli ile atmosfere salınan gaz miktarında artış meydana gelmiştir. Özellikle sanayi sistemleri tarafından atmosfere bırakılan ozonun (O_3) yoğunluğunu azaltan kloroflorokarbon (CFC), karbondioksit (CO_2), metan (CH_4), diazot monoksit (N_2O) gibi sera gazlarının miktarlarında önemli ölçüde artışlar olmuştur (Akın, 2006; Abacı, 2018). Bu artış sera etkisini meydana getirmiştir. Sera etkisi, küresel ısınmaya ve küresel iklim değişikliği problemlerine neden olan en önemli faktörlerden biridir.

Küresel ısınmanın artış göstermesindeki en önemli etki insan faaliyetleridir. Dolayısıyla, küresel ısınmaya sebebiyet veren gazların saınım kontrolü insanların elindedir. İnsan ve faaliyetlerinin sebep olduğu küresel ölçekli iklim değişikliği sorununa çözüm üretilebilmesi için, söz konusu gazların çıkış kaynaklarını bulunması ve denetim altına alınması gerekmektedir.

Küresel ısınma ve iklim değişiklerine sebep olan sera gazları içerisinde yer alan en önemli etken madde CO_2 gazıdır (Akmandor, 2015). Gelişmiş birçok ülkede enerji politikalarının oluşturulmasında karbon salımı az seviyede tutulması amaçlanmaktadır. Bunun nedeni, sürdürülebilir kalkınmanın sağlayabilmeleri için küresel ısınmayı ve iklim değişikliğini önlemektir. Bu da ancak karbon salımının kontrollü ve minimum seviyede tutulması ile gerçekleştirilebilir.

Bir ürün veya işlemin tüm yaşam sürecinde çevreyi kirletmesi ile alakalı olup insan faaliyetlerinin çevreye verdiği zararların birim karbondioksit veya karbon cinsinden

hesaplanması ve bu zararın minimuma indirilebilmesi amacıyla birçok çalışma yapılmıştır. (Yılmaz, 2014; Küçüker, 2017) Bu çalışmaların ölçütü olarak karbon ayak izi kavramı ortaya çıkmaktadır. Karbon ayak izi yapılan her türlü faaliyetten dolayı atmosfere yayılan sera gazı emisyonlarının karbondioksit cinsinden ifade edilmesidir (Wiedmann & Minx, 2008; Özçelik, 2018).

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) 1988 yılında, Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından kurulmuştur. Bu kuruluş, insan faaliyetlerinin neden olduğu iklimsel değişikliklerin getirdiği riskleri değerlendirmek ve hükümetlere iklim politikalarını geliştirmek için kullanabilecekleri bilimsel verileri sağlamak amacıyla kurulmuştur. IPCC şu anda Türkiye'nin de aralarında bulunduğu 195 üyeye sahiptir (URL-1). IPCC kurulduğu tarihten itibaren dünya çapında üretilen iklim değişikliğine ilişkin içlerinde Kyoto Protokolü'nün de bulunduğu en kapsamlı bilimsel raporları bizlere sunmuştur.

Karbondioksit ve sera etkisine sebep olan gazların azaltılması ile ilgi 1997 yılında Kyoto Protokolü yapılmıştır. Kyoto Protokolü kapsamında ülkelerin üretim süreçleri sonucunda meydana gelen CO_2 salımlarının azaltılması ve belirlenen değerlere ulaşılması adına hedefler oluşturulmuştur. Bu kapsamda CO_2 salımının dünya çapında kontrol altına alınması hedeflenmiştir (Gunawardana & Gunathilaka, 2015; Mutlu, Özgür & Bekiroğlu, 2018). BM çatısı altında düzenlenen sürdürülebilir kalkınma modeli merkezli konferansta alınan kararlar ancak 2005 yılında faaliyete geçirilebilmiştir (URL-2; Furkan, 2018).

Türkiye'nin, Kyoto Protokolüne imzalanmasına ilişkin tasarı 2008 yılı Haziran ayında meclise sunulmuştur. Küçüker (2017, s.21)'in çalışmasında yer alan bilgiye göre "Türkiye'nin, Kyoto Protokolüne katılmasının uygun bulunduğuna ilişkin kanun tasarısı 05.02.2009 tarihinde, TBMM Genel Kurulunda kabul edilerek yasalaştı. 17 Şubat 2009 tarih ve 27144 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan 5836 Sayılı Kanun ile birlikte meclis oylamasında alınan karar yasal olarak yürürlüğe girmiş oldu."

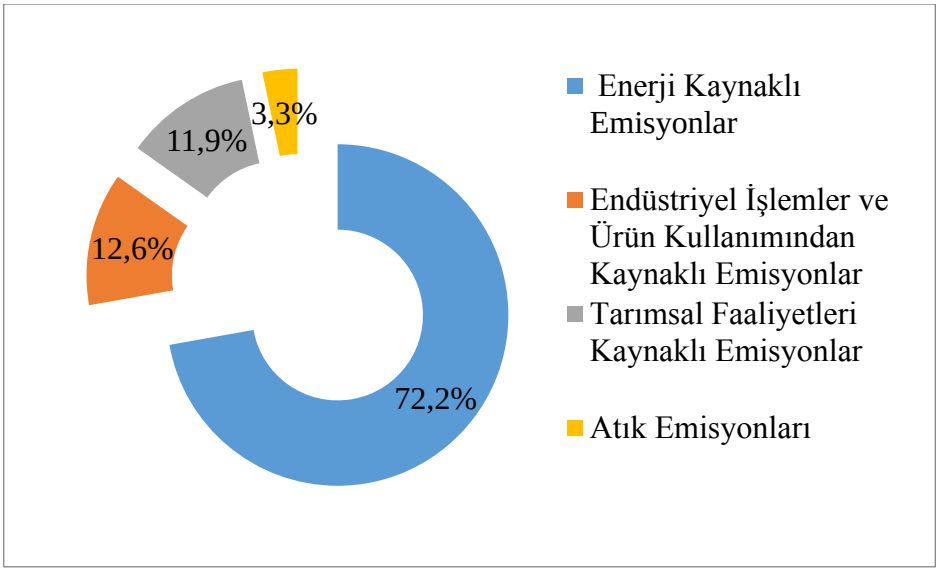
2005 yılında yürürlüğe giren Kyoto Protokolü'nün, sera gazı emisyonlarının ve iklim değişikliğinin bu süreçte hızlanması sebebiyle beklenilen sonuca ulaşamadığı görülmektedir. Kyoto Protokolü ile sera gazı emisyonlarında en çok etkisi olan ülkelere

yaptırım ve cezai işlemler getirilmiş olsa da çözümler için belirlenen sürenin kısıtlı, uygulanacak yaptırımların belirsiz olması sebebiyle işlevini yitirmiştir (Furkan, 2018).

İklim değişikliğini kısa vadede yavaşlatmayı ve uzun vadede sona erdirmeyi hedefleyen Paris Anlaşması 4 Kasım 2016 yılında yürürlüğe girmiştir. Paris Anlaşması ile ülkelerin ve işletmelerin karbon salımı miktarının azaltılması amaçlanmış bu doğrultuda karbon ayak izi (CF) hesaplama çalışmaları hız kazanmıştır. (Mutlu vd., 2018). Anlaşmayı Türkiye'nin de dahil olduğu 197 taraf ülke imzalamasına karşın bu ilkelerden yalnızca 86 tanesi iç hukuklarına geçirmişlerdir (Küçüker, 2017).

Karbon ayak izi ve hesaplanması ile ilgili çeşitli çalışmalar günümüzde yapılmaya devam etmektedir. Çalışmaların içerikleri farklılıklar göstermesine rağmen tümünde öncelikli hedef her alanda karbon salımının mümkün olduğunca azaltılmaya çalışılmasıdır. Bu amaçla ülkeler yıllık sera gazı emisyon miktarını ve bu miktarın hangi sektörden kaynakladığı ile ilgili araştırmalar yaparak, kaynak esaslı çözüm çalışmaları gerçekleştirmelidirler.

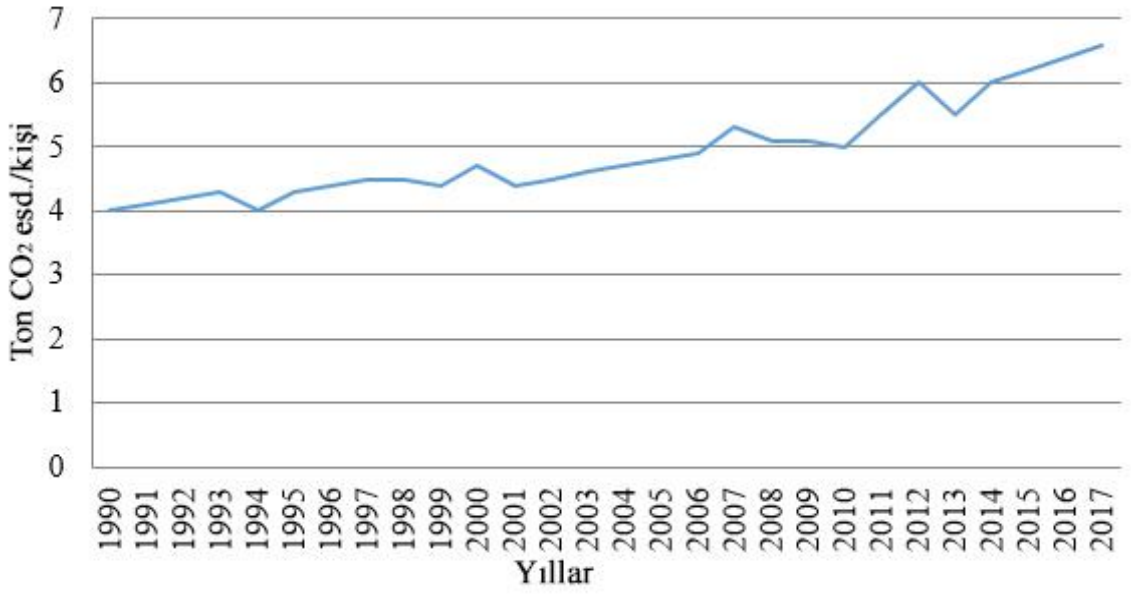
Türkiye'nin 2017 yılına ait sera gazı emisyon envanteri sonuçlarına göre, toplam sera gazı emisyonu CO_2 eşdeğeri olarak 526,3 milyon tondur (Mt). Bu değerde en büyük payı %72,2 ile enerji kaynaklı emisyonlar alırken, bunu sırasıyla %12,6 ile endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı, %11,9 ile tarımsal faaliyetler ve %3,3 ile atık takip etmektedir. (TÜİK, 2019) (Şekil 2.3.).



Şekil 2.3. 2017 yılı Türkiye toplam sera gazı emisyonu CO_2 eşdeğeri pay dağılımı (TÜİK, 2019)

Türkiye'de CO_2 eşdeğeri olarak 2017 yılı toplam sera gazı emisyonu 1990 yılına göre %140,1 artış göstermiştir. Bu artış 1990 yılında kişi başı CO_2 eşdeğer emisyonu 4 ton/kişi olarak hesaplanırken, bu değer 2017 yılında 6,6 ton/kişi olarak hesaplanmıştır. (TÜİK,2019), (Çizelge2.1.).

Çizelge 2.1. Türkiye'de kişi başı sera gazı emisyonu (TÜİK, 2019)



Türkiye'de her geçen gün CO_2 eşdeğer emisyonu artış göstermektedir. Toplam sera gazı emisyon oranlarına bakıldığında ise en büyük payın %72,2 ile enerji kaynaklı olduğu görülmektedir. Türkiye gelişmekte olan bir ülke olup, sanayi gelişimi devam ettiği için enerji açığı da fazladır. Bu durum ise Türkiye'nin küresel anlamda karbon ayak izi oranının daha da artacağını göstermektedir (Furkan, 2018). Bu artışın önlenebilmesi için karbon ayak izi oranını ve sera gazı emisyonunu azaltması yenilenebilir enerji kaynakların kullanıma önem verilmelidir. Enerji ithali minimuma düşürülmeli, Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyeli değerlendirilmeli, fırsata çevrilmelidir.

Toplam sera gazı emisyon oranında en büyük paya sahip olan enerji başta olmak üzere, karbon salımın azalmasıyla ilgili yapılacak her çalışma sayesinde sera gazlarının salımını minimum düzeye inecek, çevreye verilen zararda azalacaktır. Böylelikle gerçekleştirilen faaliyetlerin karbon ve enerji ayak izlerinin azaltılması son derece önemli bir ekolojik katkı sağlayacağından, çevre odaklı üretim gerçekleştirilecektir.

2.4. Enerji ve Enerji Verimliliği

Enerji, elle tutulup gözle görülemeyen, bir anlamda maddesel varlığı olmayan, iş yapabilme gücü olarak tanımlanmaktadır. Evrendeki enerjinin devamlı olarak maddeye, maddenin de enerjiye dönüşmesi sebebiyle; madde, somutlaşmış bir enerji biçimidir olarak tanımlanmaktadır (Göksu, 1999). Genel anlamda enerji, yaşamımızı kolaylaştıran, alıştığımız konfor koşullarının devamlılığını sağlayan, insanların ısınma, barınma, aydınlatma ve ulaşım gibi günlük aktivitelerine ve ihtiyaçlarına cevap veren bir araçtır. Hayatın her alanında ihtiyaç duyulan enerji, yaşamın devamlılığı için bir zorunluluktur.

Yaşam standartlarının iyileştirilmesi, kalitesinin yükseltilmesi; sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması, ekonomik ya da üretime yönelik her türlü faaliyetin gerçekleştirilebilmesi için enerji kullanımı şarttır. Nüfus artışı ve bu artışa bağlı olarak ekonomik büyüme nedeniyle enerji tüketiminin giderek artmaktadır. Bu artış, artan enerji gereksiniminin karşılanmasını zorunlu kılmaktadır (Seydioğulları, 2013).

Toplumların gelişimi ve sayıca artmaları, kendilerine ulaşan enerji, her geçen gün giderek artmaya devam eden bir ivme ile tüketmelerine sebep olmaktadır. İnsanlar diğer tüketicilerden farklı olarak, kendi ihtiyacı olan enerjiyi aktif olarak denetleyebilmekte ve bu enerjiyi birtakım destek enerjiler kullanarak arttırabilmektedir. İnsanoğlu yaşamını devam ettirebilmek ve bu süreçte kolaylaştırabilmek için enerjiyi hayatın her alanında kullanmıştır. Sınırı olmayan insan ihtiyaç ve isteklerinin karşılanması için kaynak olarak enerji büyük rol oynamaktadır. Bu nedenle enerji farklı çeşit, miktar ve yöntemlerle her an üretilmekte ve tüketilmektedir (Adaçay, 2014).

İnsanların enerjiyi denetleyebilmesi ve istekleri doğrultusunda kullanabilmesinin, olumlu ve olumsuz sonuçları olabilmektedir. Örneğin yenilenebilir enerji kaynaklarının, yenilenemeyen enerji kaynaklarına göre daha ekonomik, sürdürülebilir, güvenilebilir, dönüştürülebilir, sağlıklı ve çevreci kaynaklar olduğu bilinmektedir. Yine yenilemeyen enerji kaynaklarının kullanılmasının ve tüketilmesinin en büyük zararı çevre üzerinde görülmektedir (Adaçay, 2014). Enerjinin doğaya zarar verecek şekilde, bilinçsiz ve plansız kullanılması, ekolojik dengenin bozulmasına ve tüm canlıların yaşamının tehlikeye girmesine sebep olmaktadır. Bu durum insanların enerjiyi kullanırken yapılan müdahalelerin doğrudan ya da dolaylı olarak doğa üzerinde ne kadar önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Enerji, dünya ekonomisinde en hassas konulardan birisi durumundadır. Günümüzde enerji kavramı; ekonomik bir girdi, farklı amaçlarla kullanılan endüstriyel bir ürün veya insanların ihtiyaçlarını karşılayan için bir ürün olmanın yanı sıra stratejik bir önem kazanmıştır. Enerji tüketiminin her geçen gün artması ve bilinçsizce tüketimi sebebiyle, enerji kavramı günümüzde uluslararası politika gündeminde ilgi alanlarından birisi haline gelmiştir. Bu bağlamda küresel tehdit göz önünde bulundurularak yenilenebilir, sürdürülebilir enerjinin kullanımına önem verilmesi, var olan enerjinin verimli kullanılması gerekmektedir. Kullanılan enerji kaynaklarının türü ve miktarlarının yeniden gözden geçirilmesi ve alternatif çözümler üretilmesi gerekmektedir (Seydioğulları, 2013).

Tüketilen enerjinin ve sebep olduğu zararların en aza indirilebilmesi, üretimdeki miktar ve kaliteyi düşürmeden ekonomik kalkınmanın sağlanması ve sosyal sürdürülebilirliğin devamlılığı için enerji verimliliği şarttır. Enerji tasarrufu ve verimliliği sayesinde bir taraftan ekonomik ve sosyal kalkınma hedefleriyle sürdürülebilirlik sağlanırken, diğer taraftan da toplam sera gazı salımı azaltılacak böylelikle daha yaşanılabilir bir çevre sağlanacaktır.

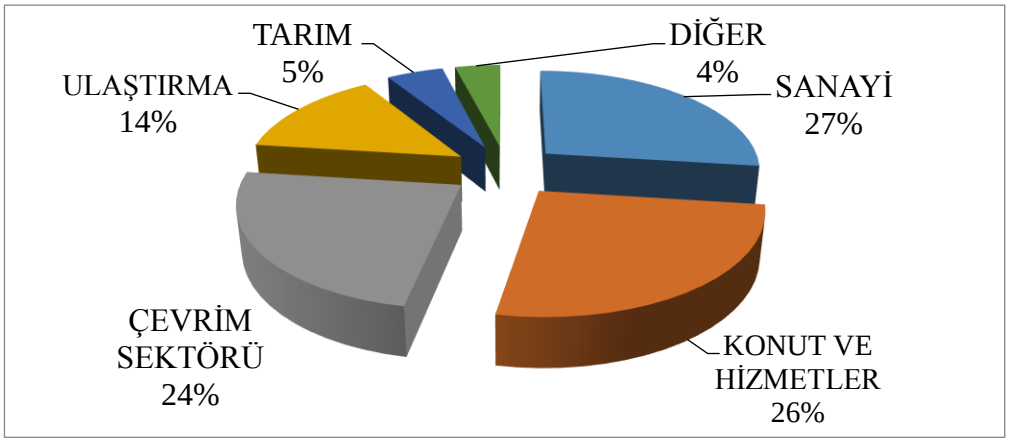
Enerji verimliliği, binalarda yaşamsal standartların ve kalitenin, endüstriyel işletmelerde ise üretim kalitesinde veya miktarında düşüşe sebep olmadan, birim hizmet, faaliyet veya ürün miktarı başına tüketilen enerjinin azaltılmasıdır (URL-3). Enerji verimliliğinin artış göstermesiyle, aynı üretim miktarı için daha az enerji kaynağına ihtiyaç duyulmaktadır. Enerji verimliliğindeki artış sayesinde işletmede bir ünite başına enerji girdisi ve buna bağlı olarak enerji çıktısı azalmaktadır. Böylelikle enerji kayıpları ve tüketimi azaldığı için kirlilik üretiminde de azalma meydana gelmektedir. Verimliliğin maksimumda sağlanabilmesi için malzemenin, teknolojinin ya da ürünün kendi yaşam döngüsü önem taşımaktadır. Yaşam döngüsünü içinde barındıran enerji kaynakları, malzemeler ve teknolojiler, birinci bölümde bahsedilen yaşam döngüsünün en önemli aşamalarında çevresel etkilerinin azalmasını sağlayan gelişmiş verimlilik sunar (Selici, Utlu & İlten, 2009).

Enerji tasarrufunun sağlanabilmesi için başta enerji tüketiminin azaltılması, sonrasında ise kullanılan enerjiden maksimumda fayda sağlanabilmesi için verimli kullanılması böylelikle de enerji çıktıları azaltılarak kirlilik üretiminin azaltılması

gerekmektedir. Enerji tüketiminde azalma meydana gelmesi için öncellikle yoğunluklu enerji tüketim alanları tespit edilmeli, alınabilecek önlemler belirlenmelidir. Harcanacak enerji kaynaklarının doğal, sürdürülebilir, dönüştürülebilir olmasına önem verilmelidir. Kullanılan enerjiden maksimumda fayda sağlaması için hapsedilmesi verimliliğinin sağlanması gerekmektedir. Böylelikle doğrudan enerji çıktısında, dolaylı olarak da kirlilik üretiminde azalma meydana gelecektir.

Türkiye'de kullanılan birincil enerjinin sektörlere göre paylarına bakıldığında; %27 sanayi, % 26 konutlar, %24 çevrim sektörü, %14 ulaştırma, % 5 tarım ve %5 enerji dışı diğer işler şeklinde dağılım göstermektedir. Sanayiden sonra en büyük enerji tüketimi konutlarda görülmektedir (Şekil 2.4.) (BOTAŞ, 2013).

Dağılımda en büyük paya sahip olan sanayi ve konut sektörlerinde enerji tüketiminin azaltılması, enerjinin verimli kullanılması ülke ekonomisine ve doğal çevrenin korunmasına büyük katkı sağlayacaktır. Bu nedenle verimlilik konusunda öncelik verilesi gereken alanlar dağılımda en büyük paya sahip olan sanayi ve konut sektörü olmalıdır.

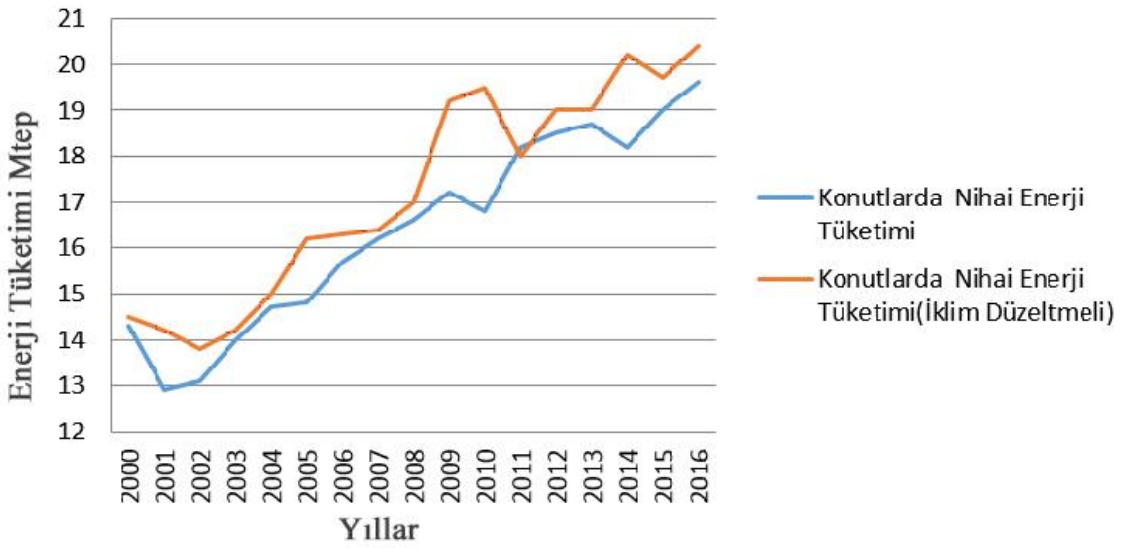


Şekil 2.4. Türkiye'de 2012 yılı birincil enerji tüketiminin sektörlere göre dağılımı (ETKB; BOTAŞ, 2013).

Türkiye'de nihai enerji tüketimi her yıl artış göstermektedir. Konut sektöründe 2015 yılında tüketilen enerji 2000 yılına kıyasla %66 oranında artarak 32,4 Mtep (YEGM, 2018) değerine ulaşmıştır ve bu artış her geçen gün artarak devam etmektedir. Nihai enerji tüketimi iklim düzeltmeli olarak hesaplandığında ise 2016 yılında konutlarda tüketilen enerjinin 2000 yılına kıyasla %41,3 oranında arttığı görülmektedir (Çizelge 2.2.). 2000-

2016 yılları arasındaki dönemde konutlardaki enerji tüketiminin yıllık bazda ortalama artış hızı ise %2 olarak gerçekleşmiştir. (ETKB, 2018).

Çizelge 2.2. Konutlarda nihai enerji tüketimi (ETKB, 2018).



Türkiye'de artış gösteren enerji tüketiminin azaltılmasına yönelik Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı 2017-2023 kapsamında çalışma hazırlanmıştır. 'Bu çalışma kapsamında bina ve hizmetler, enerji, ulaştırma, sanayi ve teknoloji, tarım ve yatay konular olmak üzere toplam 6 kategoride tanımlanan 55 eylem planı mevcuttur.' Bu planlama ile 6 yıllık süreçte Türkiye'nin birincil enerji tüketiminin %14 azaltılması hedeflenmektedir (ETKB, 2018).

Enerji verimliliği, bireysel katılımdan çok toplumun bilinçlendirilmesi ve eğitilmesi ile büyük kitlelere ulaşabilecek bir husustur. Bilinçli tüketicilerin oluşturulabilmesi için bireylerin enerjiyi verimli kullanarak önce aile bütçesine, toplamda da ülke ekonomisine yapacağı katkı anlatılmalıdır. Tükenen enerji kaynakları açısından çevreye etkileri ve olumsuz etkilere sebep olmamak için yapılması gerekenleri topluma anlatılması ve kavratılması gerekmektedir (Atmaca, 2010).

Hazırlanan eylem planının temelinde başında enerji verimliliği konusunda farkındalık yaratma, konuyla ilgili eğitim ve bilinçlendirme faaliyetlerinin yürütülmesi yer almaktadır. Uygulama konusunda ise enerji verimliliği etütlerinin yapılması, inşaat

sektöründe kullanılan malzeme ve teknolojiye ilişkin en iyi uygulamaların tespiti, paylaşılması, sürdürülebilir yeşil binaların ve yerleşmelerin belgelendirilmesinin özendirilmesi, binalarda yenilenebilir enerji ve kojenerasyon, sistemlerinin kullanımının yaygınlaştırılması çalışmaları yer almaktadır. Eylem planının esas amacı ise yeşil, yenilenebilir, dönüştürülebilir enerji ve malzeme kullanımın desteklenmesidir.

Enerji, çevre ve sürdürülebilir kalkınma kavramları bir bütün olarak ele alınmalıdır. Bu kavramlar çerçevesinde ülkemizdeki enerji politikasının ana hedefi, sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması, doğal çevrenin korunması, geliştirilmesi ve geleceğe taşınması olarak belirlenmiştir.

Buna paralel olarak çevre politikasının ana stratejisi ise, doğal kaynakların yönetimi, enerji kullanım planlaması, insan sağlığı, doğal dengenin korunması ve gelecek kuşaklara aktarılmasıdır. Enerji ve çevre politikalarının temel amaçları benzer olup, bu politikaların eş zamanlı çalışması ile birlikte sürdürülebilir bir kalkınma sağlanabilir. Sürdürülebilir kalkınma sayesinde gelecek nesillere korunmuş doğal fiziksel ve sosyal bir çevrenin bırakılması mümkün olabilir. Bu bağlamda ülkemizin artan enerji talebinin karşılanması ve bu talebin karşılanmasına arasındaki bağ ve dengenin korunması için enerji ve çevre politikalarının eşgüdümlü olarak çalışması gerekmektedir.

Enerji tüketimin her yıl artış gösterdiği yapılarda uygulanacak enerji ekonomisi; dünyadaki ekonomik, toplumsal ve ekolojik gelişmelere paralel olarak, bina teknolojisi, yapı malzemeleri ve tasarımında en önemli kriter haline gelmektedir. Türkiye'de kullanılan birincil enerjinin %26'lık dilimini kapsayan konut sektörüne bakıldığında, kullanılan bu enerjinin ~%70-90'lik kısmı ısıtma ve soğutma amaçlı, ~%10-30'luk kısım ise aydınlatma ve elektrikli cihazlar tarafından harcandığı bilinmektedir. Konutlarda nihai enerji tüketim kullanım alanlarının dağılımına bakıldığında, en büyük payın alan ısıtma/soğutma olduğu görülmektedir. Bu nedenle enerji ekonomisinde bütününe bakıldığında ana amaç, binalarda ısıtma ve soğutma amacıyla harcanan enerjinin en aza indirilmesidir (ETKB, 2018). Bu nedenle konutlarda enerji verimliliği için alınabilecek önlemlerin başında ısı yalıtım uygulamaları gelmektedir. Isı yalıtımını desteklemek ve enerji akışını azalmak amacıyla ısı köprülerinin oluşumunun önlenmesi, bina iç ve dış ortamları arasında var olan boşluklardan meydana gelebilecek olan enerji kayıplarının

önlenmesi, bu amaçla bina girişlerinde rüzgarlık tasarlanması vb. uygulamalar yapılmalıdır.

Yalıtım uygulamasını etkin bir biçimde gerçekleştirmek için, konu ile ilgili yönetmeliklere uygun şekilde yapılması büyük önem arz eder. Hedeflenen verim ve tasarruf için yalıtım malzemesinin seçimi, binaya uygulanışı ve bu uygulamanın işinin ehli kişilerce yapılması çok önemlidir. Bu önlemlerin alınması ile daha sağlıklı ve konforlu bir yaşam alanı oluşacaktır.

BÖLÜM 3

ENERJİ VERİMLİLİĞİNDE YALITIMIN ÖNEMİ

Nüfustaki hızlı artışa bağlı olarak enerji tüketiminin artması, var olan doğal enerji kaynaklarının hızla tükenmesine ve alternatif enerji kaynaklarının arayışlarına sebep olmaktadır. Enerji kaynaklarının bilinçsiz ve plansız kullanılmasının doğal çevre üzerindeki olumsuz etkisi giderek artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle kullandığı enerjinin büyük bir kısmını ithal eden ülkeler için enerjinin verimli bir şekilde kullanımı büyük önem taşımaktadır (İnce, 2012). Enerji tüketiminde, enerjinin akılcı kullanımı ve tasarruf edilme yolları önemlidir.

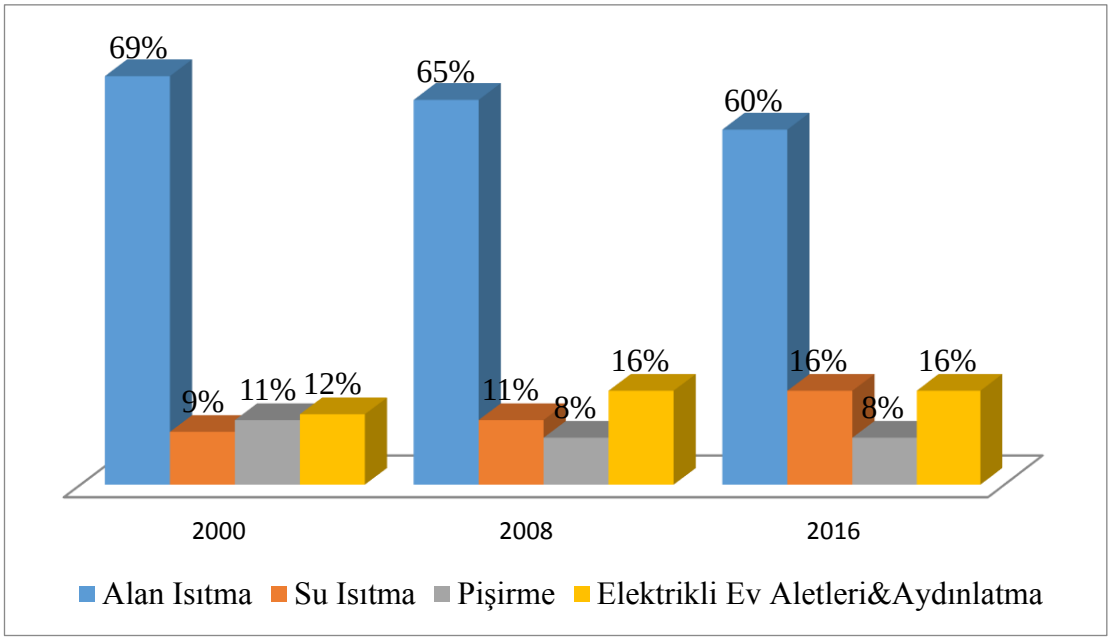
Çalışmanın enerji ve enerji verimliliği bölümünde bahsedilmiş olan Türkiye'de kullanılan birincil enerjinin sektörlere göre dağılımına bakıldığında, dağılımda en büyük paya sahip olan sanayi (%27) ve konut (%26) sektörlerindeki enerji tüketimleri tasarruf yapılması gereken öncelikli alanlardır.

Türkiye'de 2010 yılında küresel inşaat hacminin sektörlere göre dağılımına bakıldığında; konut inşaatları % 40 ile ilk sırayı almaktadır. Bu sıralamayı, %32 ile alt yapı ve %28 ile konut dışı binalar takip etmektedir. 'Ülkelerin gelişmişlik seviyesine göre değişmekle birlikte OECD ülkelerinde toplam enerji kullanımının %25-40'ı, AB ülkelerinde 40-45'i binalarda gerçekleşmektedir' (TMMOB, 2012).

Türkiye'de 2012 yılı verilerine göre nihai enerji tüketiminin %26'sı bina ve hizmetler sektöründe gerçekleşmiş (ETKB, 2018) olup 1980 yılından itibaren enerji tüketimi iki katına çıkmıştır. Buna rağmen tüm sektörlerde enerji ihtiyaç ve tüketimindeki artışa bağlı olarak, nihai enerji tüketiminin sektörel dağılımı içerisinde bina sektörünün payı düşmektedir (TMMOB, 2012).

ETBK (2018) verilerine göre "2016 yılında konut sektöründe tüketilen enerji 2000 yılına kıyasla %36,8 oranında artarak 19,7 Mtep'e ulaşmıştır." Konut sektörüne ait bu hacmin %60'ı ise ısıtma için harcanmaktadır. (Çizelge 3.1.) Bu sonuca göre enerjide en büyük tasarruf potansiyelinin binalarda yalıtım olduğu açıkça görülmektedir.

Bu nedenle sanayi sektöründen sonra, enerjinin en çok tüketildiği konut sektöründe tüketilen enerjinin azaltılabilmesi için en büyük paya sahip olan ısıtma ve soğutma amacı ile harcanılan enerjinin minimize edilmesi gerekmektedir. Harcanan enerjinin en aza indirgenmesi için de yalıtımda enerji verimliliği konusu önem kazanmaktadır.



Şekil 3.1. Konutlarda nihai enerji tüketiminin kullanım alanlarına göre payları (ETKB, 2018).

Yalıtım, iç ve dış ortamlar arasındaki enerji akışının azaltılması olarak tanımlanabilir. Bina yalıtımı ise yapı kullanıcılarına, nesnelere zarar veren, ısı, ses, gürültü, su, nem gibi etmenlerin yapı elemanlarından içeri girmesini ya da dışarı çıkmasını önlemektir. Yalıtımın temel amacı yapıyı olumsuz dış etmenlerden koruması, tüketilen enerjinin indirgenmesi, çevreye minimumda zarar vererek kullanıcı isteklerini karşılayan sağlıklı, konfor koşullarının sağlanmasıdır.

Yapıların ilk aşamada inşaat maliyeti, kullanım sürecinde ise işletme maliyeti vardır. İnşaat maliyeti bir kere ödenirken, işletme maliyeti bina kullanıldığı süre boyunca

devam etmektedir. Yeni yapılan binalarda yalıtım maliyeti, bina toplam maliyetinin %1-3 arasındadır. Bu oran, yapılan yalıtım türüne, kullanılan malzemeye ve malzeme özelliklerine göre değişebilir. Ayrıca yalıtımın ilk yatırım maliyeti yüksek görünmesine rağmen, malzemesine ve uygulamasına bağlı olarak 3 ile 5 yıl aralığında ilk yatırım maliyetinin geri dönüşümü sağlanır (Altınel, 2017). Bunun yanı sıra yalıtım sayesinde binanın "ısıtma veya soğutma masraflarında her yıl %80-90 oranında tasarruf sağlanabilir." (URL-4, s.1). Bina yalıtımıyla enerji tasarrufu sağlanırken, bina dış ortam koşullarından korunacağı için sağlıklı iç konfor koşulları da oluşturulmaktadır.

Isı yalıtımı dışında yapılarda kullanıcı konforunun sağlanması açısından su, ses ve yangına karşı alınan yalıtım önlemleri, sağlıklı ve sürdürülebilir binaların yapılabilmesi için çok önemlidir. Bu bölümde öncelikle ısı, ses, su-nem ve yangın yalıtım çeşitleri açıklanmıştır. Sonrasında yalıtım malzemeleri ham madde kaynağının yapısına göre yapay ve doğal malzemeler olarak sınıflandırılmıştır.

3.1. Yalıtım Çeşitleri

Yalıtım uygulamaları sayesinde yapı ve kullanıcılarının güvenliği, konfor koşulları sağlanmakta, enerji kullanımı azalmaktadır. Böylelikle hem birey hem de ülke ekonomisine katkı sağlanmaktadır. Enerji kullanımındaki azalma sayesinde çevre kirleticileri, sebep olunan karbon salınımı azalmakta olup; sağlıklı, sürdürülebilir, yeşil çevre korunmaktadır. Yalıtım uygulamaları, yapım amacına göre; ısı, ses, su ve nem, yangın yalıtımı olarak sınıflandırılmıştır.

3.1.1. Isı Yalıtımı

İnsanoğlu var olduğu günden beri doğanın olumsuz etkilerinden korunmak için ısı yalıtım önlemlerini almaktadır. Farklı sıcaklıktaki iki ortam arasındaki ısı geçişini, yapı malzemeleri uygulamalarıyla, önlemek amacıyla yapılan işlemlere ısı yalıtımı denir (Kulaksızoğlu, 2006). Bunu sağlayan yapı malzemelerine, ısı yalıtım malzemesi adı verilir.

Binalarda ısı yalıtım uygulamaları; kışın binayı ısıtmak için üretilen sıcak havanın dışarıya transferini önlemek, yazın da dış ortamdaki sıcak havanın iç ortama girmesini önlemek amacıyla, yapıyı oluşturan elemanların ısıl geçirgenlik katsayılarının yeterli

olmaması durumunda yapılmaktadır. Isı yalıtımı sayesinde termik konfor sağlanmakta, kirliliği azaltılmakta, iç ve dış etkenlerden korunarak yapıların kullanım ömrü uzamaktadır.

Konutlarda, 20-22°C sıcaklık ve %50 bağıl nem değerine sahip olan ortamlarda konforlu bir yaşam sürdürülebilir (Altınel, 2017). Isı yalıtımda istenilen sonuçların alınması ve konfor koşullarının sağlanması için, nitelikli malzeme kullanımı, doğru detay çözümü ve bilirkişilerce sağlıklı uygulama yapılmalıdır.

Türkiye'de yalıtım uygulamaları ile ilgili yönetmelikler incelendiğinde; ilk olarak 1970 yılında yürürlüğe giren TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları hazırlanmıştır. Fakat hazırlanmış olan yönetmeliğin uygulanması ile ilgili herhangi bir zorunluluk getirilmemiştir. 1981 yılında Isı Yalıtım Yönetmeliği yürürlüğe girmiştir (Sezer, 2005). '1985 yılında TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları standardı üzerinde revize çalışmaları yapılmaya başlanmış ve 1998 yılında onaylanarak yürürlüğe girmiştir.' (Yaman, Şengül, Selçuk, Çalıkuş, Kara, Erdem & Özgür, 2015; Bektaş, Çerçevik & Kandemir, 2017).

Binalarda ısı yalıtımı yapılmasına dair yönetmelik düzenlemeleri "08.05.2000 tarihli ve 24043 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği ile başlamış olup bunu 09.10.2008 tarih ve 27019 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği ve son olarak 05.12.2008 tarih ve 27075 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği" takip etmektedir. (Yaman vd., s.73). Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği ile yeni ve mevcut yapıların, enerji performansını belgeleyen, Enerji Kimlik Belgesi (EKB) alması zorunluluğu getirilmiştir (Altınel, 2017).

Türkiye'de yapılan ısı yalıtım uygulamalarında TS 825 standartları referans alınmaktadır. TS 825 standardının gerektirdiği ısıl geçirgenlik katsayısı (U değeri) sağlamak için, yeni inşa edilen binaların yapım aşamasında kullanılacak yapı kabuğunu oluşturan yapı malzemeleri ve bileşenleri uygun ısıl geçirgenlik katsayısına sahip olacak şekilde oluşturulmalıdır. Yapı kabuğunu oluşturan malzemelerin, U değerini sağlamada yetersiz kalması durumunda ek bir ısı yalıtım malzemesi kullanmalıdır. Bu durumlarda kullanılacak malzemelerin ISO ve CEN standartlarına göre ısı yalıtım malzemesi kabul edilen malzemeler olması gerekmektedir. Bu uygulamalar sayesinde standarda uygun ısı geçimsizlik değeri sağlanabilir (Karadayı & Yüksek, 2016).

Isı yalıtımın gerçekleştirilmesiyle binayı ısıtmak ve soğutmak için sarf edilen enerji azalacak, bu durum hem birey hem de enerji talebinin %75'ini ithal eden (TYÜKO; Altınel, 2017) Türkiye'nin ekonomisine katkı sağlayacaktır. Yalıtım sayesinde enerji tüketimi azalacağından, enerji tüketiminden dolayı ortaya çıkan SO_2, CO_2 parçacıkları ve diğer emisyonlar gibi hava ve çevre kirliliğine sebep olan zararlı gazların salımı azalacaktır.

Isı yalıtım uygulamalarıyla, ısı köprülerinin oluşumu engellenecek, yalıtımsızlık veya eksik yalıtım uygulamalarının neden olduğu bina dış kabuğunun iç yüzeylerindeki terleme, nem ve küf oluşumu önlenecek, sağlıklı yaşam konforu sağlanacaktır. İç hacimde ısı dengeli bir şekilde yayılacak böylelikle iç ısıl konfor sağlanmış olacaktır. İklim şartlarına bağlı olarak meydana gelen iç-dış sıcaklık farklarının neden oluğu bir takım yapısal sorunlar (malzemede gerilme, çatlama, şekil değiştirme vb.) önlenecek, yapının onarım ihtiyacı azaltılacaktır (Bektaş vd., 2017).

3.1.2. Ses Yalıtımı

Teknolojik gelişmelerdeki artış, kentleşmeye hız kazandırmaktadır. Hızlı kentleşme, plansız ve düzensiz yerleşim alanlarının kurulmasına, kitlesel yoğunluk alanlarının oluşmasına sebep olmaktadır. Düzensiz yapılaşma ve kitlesel yoğunlaşma; farklı frekans bileşenlerine sahip, genellikle zamana göre değişkenlik gösteren düzensiz yapılı ses oluşumunu beraberinde getirmektedir.

İnsanlar 20 Hz ile 20.000 Hz arasındaki sesleri işitebilme kabiliyetine sahiptirler (Kaya, Dalgar, 2017). Eğer ses dalgası gelişigüzel bir spektrumda yer alıyorsa, yüksek bir frekansa sahipse ya da diğer bir değişle istenmeyen bir ses ise buna gürültü adı verilmektedir. Günümüz modern toplumunda, günlük yaşam akışının sebep olduğu gürültünün insan sağlığı ve konforu üzerinde, çözüm gerektiren olumsuz etkileri vardır.

Gürültünün insan üzerinde, işitme hasarı oluşması, vücut aktivitesinde kan basıncının artması, kasların istem dışı kasılması, huzursuzluk sinirlilik gibi psikolojik tesirler ve iş veriminin düşmesi gibi olumsuz etkileri sebep olmaktadır (URL-5). Bu nedenle yaşam ortamının kalitesinin artması için gürültü kontrolü zorunluluk haline gelmelidir.

Gelişen teknolojiye paralel olarak yapı elemanlarının hafiflemesi, incelmesi yalnızca dış ortamdan kaynaklanan gürültüleri değil, mekanlar arası ses geçişine de imkan tanımaktadır. Aynı zamanda deprem etkisi altındaki davranışlarını iyileştirmek amacıyla binalarda hafifletilmiş malzemelerin kullanılması yüksek ses geçişlerine izin vermekte bu durum da ses yalıtımının gerekliliğini özler önüne sermektedir (Aksoylu, 2014).

"Ses yalıtımı ile ilgili olarak AB uyum süreci içerisinde 2002/49 sayılı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği 01 Temmuz 2005 tarihinde Gürültü Kontrol Yönetmeliğinin yerine yürürlüğe girmiştir." (URL-6). Bunların yanı sıra Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 30082 sayılı Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik 31.05.2017 tarihinde yayınlanmıştır'

Avrupa'da ses yalıtımı ile ilgili ölçüm ve hesaplama yöntemlerine yönelik standart hazırlıkları büyük ölçüde tamamlanmasına karşın yalıtım malzemeleri ile ilgili Avrupa standardının hazırlanmasına yönelik bir çalışma henüz başlatılmamıştır. AB tarafından oluşturulan ölçüm standartlarının bir kısmı tercüme edilerek Türk Standardı olarak yayınlanmıştır. Ses yalıtım malzemelerine yönelik yapılan Avrupa standart çalışmaları tamamlandıktan sonra TSE tarafından entegre edilecek ve hayata geçirilecektir (URL-6).

Yapılacak standart uygulamaları ve ses yalıtım uygulamaları sayesinde gürültü kirliliği önlenecektir. Böylelikle ses kirliliğinin insan sağlığına olumsuz yöndeki etmenleri (işitme kayıpları, psikolojik açıdan olumsuz etkiler vb.) ortadan kalkmış olacaktır. Ses yalıtımı ve uygulamaları sayesinde yapı kullanıcılarına konforlu, huzurlu ve sağlıklı bir yaşam sunulacaktır.

3.1.3. Su ve Nem Yalıtımı

Binaların yaşam süreci, dayanıklılığı ve rijitliği açısından en büyük tehdit sudur. Binaya toprak ile temas eden kısımlarından sızan su veya zemin rutubetinin içerdiği sülfatlar; yapıların taşıyıcı kısımlarındaki donatıları korozyona uğratarak yük taşıma kapasitesini azaltmakta, beton bütünlüğünün bozulmasına, çatlak ve kırılmaların oluşmasına neden olmaktadır (Üçgül & Turak, 2015). Oluşan hasarlar yapının dayanımını ve ömrünü olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle binaya ulaşan su sebebiyle, binada oluşan bozulmaların, olası bir harekette veya depremde daha da büyüyüp mal ve can güvenliğine zarar vermemesi için yapının su ve nemden korunması şarttır. Yapıların yağış

suları, zemin nemi, basınçlı ve basınçsız su ile su buharı gibi her türlü su ve neme karşı korunması için yapı kabuğunun yüzeyinde yapılan işlemlere su ve nem yalıtımı denilmektedir (Kartal & Üstündağ, 2016).

Türkiye'deki mevcut yapıların su ile ilgili problemlerle karşı karşıya olması, var olan suyun binaya yapısal olarak zarar vermesi, pek çok binada nem ve su problemi nedeniyle yüksek onarım ve güçlendirme maliyetlerinin ortaya çıkması gibi nedenlerden dolayı Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından hazırlanan 30223 sayılı Binalarda Su Yalıtımı Yönetmeliği 27.10.2017 tarihinde yayınlanmıştır. Mevzuatta standartlar ve uygulama alanları ile ilgili bilgi verilmektedir. Yapılan düzenleme ile su yalıtımı konusunda başta toplumun ve sektörün bilinçlendirilmesi hedeflenmektedir. Sonrasında ise sorun tespitinin doğru yapılması, soruna yönelik projelendirme, malzeme seçimi ve uygulamaların bilirkişi tarafından yapılması, yapılan uygulamaların ise denetlenmesinin sağlanması hedeflenmektedir (ÇŞB, 2017).

Yapıyı su ve neme karşı korumak amacıyla alınan yalıtım önlemleri aynı zamanda insan sağlığı ve konforu açısından da önemlidir. İç ortam koşullarının konforlu olması ancak yaşam alanını çevreleyen malzemelerin yeterli düzeyde kuru olması durumunda sağlanabilir (Gökaltın, 2001).

Suyu yapıdan uzaklaştırmanın başlıca sebebi hasar görmesinin önlenerek, yapının mukavemetinin korunması böylelikle can ve mal güvenliğinin sağlanmasıdır. Yapılan su yalıtımı uygulamaları ile yapının ömrü uzatılırken, depreme karşı dayanıklılığı da artmaktadır. Yapıda kuruluğun sağlanmasıyla insan sağlığına uygun, konforlu iç ortam koşulları sağlanmaktadır. Alınan tedbirlerin sonucunda, binanın bakım giderleri azalmakta, yapı malzemelerinde küf ve mantar oluşumu önlenmekte, yapı malzemelerin kullanım ömrü maksimuma ulaşarak yapının ömrü ve dayanıklılığı korunmaktadır.

3.1.4. Yangın Yalıtımı

Gelişen teknoloji, sanayileşmedeki artış, nüfusun giderek çoğalması ve toplu yerleşim yerlerinin artması; yangın riskini ve buna bağlı olarak yangından kaynaklanan maddi ve manevi zararların artmasına neden olmakta, can güvenliği için tehlike oluşturmaktadır (MEGEP, 2006; Turak, 2013). Yangın, günlük hayatımızda bile bir araya gelme olasılığı yüksek olan yanıcı madde, oksijen ve ısı kaynağının birleşmesi ile

oluşan, kontrolsüz yanmanın ortaya çıkmasıdır. Yangından kaynaklanan muhtemel can ve mal kaybını en aza indirmek için yapılan yapısal uygulamalar yangın yalıtımı denilmektedir (URL-7).

Yangının oluşması için gerekli olan üç temel öğeden biri olan yanıcı madde, malzemenin niteliği ile ilgili olup, yapıda kullanılacak malzeme seçiminde; yapı elemanlarının ısı etkileri karşısında işlevlerini sürdürebilmesi yeteneğine sahip olmalarına dikkat edilmelidir (Bayraktar, 1999). Yangın yalıtımının asıl amacı, yapı bileşenleri ve taşıyıcı sisteminin dış etmenlerden korunması, yangından oluşan çok yüksek ısı ve dumanın yayılmasını geciktirmek ve yapının yangın dayanım süresinin arttırılmasıdır. Yangın yalıtımı, bireylerin binayı yangından zarar görmeden terk edebilmeleri için imkan ve zaman sağlanacak böylelikle can kaybı yaşanmayacaktır (Mercan, 2016).

Bir yapı malzemelerinin yangına direnebilmesi için, durağanlık, bütünlük ve yalıtkanlık özelliklerini sürdürebilmesi gerekmektedir. Yapı elemanlarının yangına dayanımının sınıflandırılması için Türk standartlarının da tabi olduğu EN13501-1+A1 kodlandırma sistemi kullanılmaktadır. Ayrıca Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 26735 sayılı Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik 19.12.2017 tarihinde yayınlanmıştır (URL-8).

3.2. Yalıtım Malzemeleri

Yalıtım malzemeleri, yapı elemanlarını ve bileşenlerini her türlü istenmeyen etkiden korumak amacıyla kullanılan malzemelerdir. Yalıtım malzemelerinde aranan genel özellikler, yalıtım çeşitlerinin genel ihtiyaçlarını karşılayarak, konfor koşullarını sağlayacak, işlenebilir, dayanıklı, ekonomik, sürdürülebilir, uzun ömürlü, insan sağlığına zarar vermeyen ve çevre dostu malzeme olmasıdır. Alınacak her yalıtım önlemi için farklı uygulama ve malzeme olmasına rağmen, bir yalıtım malzemesinden asıl beklenen birden çok yalıtım çeşidinin ihtiyaçlarını karşılayacak ortak özelliklere sahip olmasıdır.

3.2.1. Isı Yalıtım Malzemeleri

İnsanların konforlu bir yaşam sürebilmeleri için gerekli olan 20-22°C' nin sağlanması için tüketilen enerjinin ve elde edilen sıcaklığın korunabilmesi için binalarda

ısı yalıtım gerçekleştirilmelidir. (Yaman vd., 2015). Türkiye'de nihai enerji tüketimi %16'ısı konutlarda, ısıtma ve soğutma için gerçekleşmektedir. Bu tüketimin %75'si ise ithal edilmektedir (Öztürk, 2018). Konutlarda nihai enerji tüketim kullanım alanlarının dağılımına bakıldığında, en büyük payın alan ısıtma/soğutma olması ve bu tüketim giderlerinin enerji ekonomisinde önemli bir yer kapladığı düşünüldüğünde, binalarda ısıtma/soğutma amacıyla tüketilen enerjinin en aza indirilmesi gerekmektedir.

Konutlarda, termik konfor koşullarının sağlanması için nitelikli yapı malzemeleriyle yapılan uygulamalara ısı yalıtım uygulamaları denilmektedir. Bir yapı elemanının, ısı yalıtım malzemesi olabilmesi için ısıl iletkenlik katsayısının ISO ve CEN standartlarına göre 0,065W/m²K değerinden küçük olması gerekmektedir (Karayiğit, 2015). Bir malzemenin ısıl iletkenlik katsayısı değeri azaldıkça, ısı geçişine direnci artmaktadır. Yalnızca ısıl iletkenlik katsayısına bakılarak seçilen bir yalıtım malzemesiyle istenilen sonuçlara ulaşmak neredeyse imkansızdır. Ortamlar arasındaki ısı ve basınç farklılıklarından dolayı oluşan nem ve yoğuşma problemleri yapıya zarar verebilmektedir. Bu nedenle yapılacak ısı yalıtım uygulamalarının amacına uygun yapılabilmesi ve istenilen sonucun elde edilebilmesi için, yalıtım malzemesi seçiminde ısıl performansla birlikte dayanıklılık, maliyet, basınç dayanımı, su buharı emilimi ve iletimi, yangına karşı direnci, uygulama kolaylığı da dâhil olmak üzere birçok parametre göz önüne alınmalıdır (Arslan & Aktaş, 2018).

Yapı malzemelerine ısı yalıtım özelliğini bünyesindeki boşluklu yapısı vermektedir. Malzemelerin yapısındaki boşluklar, ısıl iletkenlik katsayısı düşük olan gazları hapsederek ısı geçişine engel oluştururlar (Yılmaz, 2016).

Isı yalıtım malzemeleri yapılarına göre; hücresel yapılı ve lifli olmak üzere iki gruba ayrılır. Hücresel yapılı malzemeler, bünyesindeki boşlukların havayı veya ısıl iletkenlik katsayısı düşük olan gazları hapsetmesi (hareketsizliğini sağlaması) ile ısı yalıtımı gerçekleştirirler. Bunlar yapay yollarla mineral veya plastik kökenli maddelerin şişirilerek, hücre çeperlerinin içinde ısıl iletkenliği düşük gazların veya havanın hapsedilmesi ve hapsedilmiş havanın hareketsiz bırakılmasıyla gerçekleştirilebilir. Hücresel malzemeler, birim hacim ağırlıkları düşük, dayanımları yüksek, birim maliyeti yüksek, yüksek sıcaklıklara ve yangına dayanımsız, kapalı gözenek özelliğine sebebiyle sudan etkilenmeyen ve ses yutuculuğu düşük malzemelerdir. Lifli malzemeler ise,

bitkisel, hayvansal veya mineral kökenli liflerin, düzensiz boşluklar oluşturacak şekilde bir araya gelmesi ile ısı geçişine engel olmaktadır. Lifli malzemeler, birim hacim ağırlıkları yüksek, dayanımları düşük, birim maliyeti düşük, yüksek sıcaklıklara ve yangına dayanımlı, bağlayıcı madde boşluk özelliğine sahiptirler (Ülker, 2009). Bağlayıcı madde özelliği sebebiyle ses yutuculukları da yüksek malzemelerdir.

Türkiye'de kullanılan ısı yalıtım malzemeleri; cam yünü, taş yünü, plastik köpük (EPS, XPS, PUR, PF vb.), genleştirilmiş perlit (EPB), genleştirilmiş mantar (ICB), sentetik elyaflar, odun lifi, yonga, rende talaşı vb. prese edilmiş kamış levhalar gibi malzemelerdir (URL-9). Günümüzde kullanılan bazı yalıtım malzemelerinin ısıl iletkenlik değerleri Çizelge 3.1.' de verilmiştir. Isı yalıtım uygulamaları konutlarda, dış duvarlar, çatı, iç bölmeler ve döşemelerde kullanılırlar.

Çizelge 3.1. Isı yalıtım malzemelerinin ısıl iletkenlik değerleri

Malzeme	Yoğunluk (kg/m³)	Isı İletim Katsayısı (W/mK)	Kaynak
Polistren Köpük (EPS)	10-.30	0.035-0.04	Akıncı, (2007), ÇŞB, (2015)
EkstrüdePolistren(XPS)	25-45	0.03-0.04	Ceviz, (2008), ÇŞB, (2015)
Poliüretan Köpük (PUR)	30-200	0.025-0.04	Akıncı, (2007), ÇŞB, (2015)
Melamin Köpüğü	11	0.034	Akıncı, (2007)
Cam Yünü	8-100	0.35-0.5	ÇŞB, (2015)
Taş Yünü	30-200	0.35-0.5	Ceviz, (2008), ÇŞB, (2015)
Seramik Yünü	100-150	0.068-0.28	Akıncı, (2007)
Odun Lifli Levha (WF)	230-400	0.086	Akıncı, (2007)
Ahşap Yünü (WW)	360-480	0.09	Pašić vd., (2010)
Pamuk Keçeleri	500	0.103	Akıncı, (2007)
Selüloz Lifli Yalıtım Malmezesi	30-80	0.037-0.042	Arslan & Aktaş, (2015)
Kenaf Esaslı Yalıtım Malzemesi	30-180	0.051-0.058	Arslan & Aktaş, (2015)
Mantar Isı Yalıtım Levhası	120-190	0.04-0.06	Akıncı, (2007)
Saman	110	0.045-0.13	Pašić vd., (2010)
Muz ve Polipropilen (PP) Elyafı	980-1040	0.157–0.182	Asdrubali vd., (2015)
Küspe	70-350	0.046–0.055	Asdrubali vd., (2015)
Mısır Koçanı	171-334	0.101	Asdrubali vd., (2015)
Pirinç	154-168	0.0464–0.566	Asdrubali vd., (2015)
Ayçiçeği	500-585	0.0885–0.110	Asdrubali vd., (2015)
Hindistan Cevizi Lifi	250-350	0.046	Arslan & Aktaş, (2015)
Kenevir	330-400	0.11	Vinceslas vd., (2017)
Hurma	176	0.0697	Ali vd., (2007)

3.2.2. Ses Yalıtım Malzemeleri

Mekanları istenmeyen seslerden yalıtmak, gürültüden korumak ya da özel işlevli mekanların ses seviyesini kontrollü tutmak için nitelikli malzemelerle yapılan uygulamalara ses yalıtımı, bu amaçla kullanılan malzemelere ise ses yalıtım malzemeleri denir.

İnsanları etkileyen sesler hava kaynaklı ve yapısal (darbe) kaynaklı olarak sınıflandırılabilirler. Bu seslere karşı alınacak önlemlerde farklı yalıtım malzemeleri kullanılmaktadır. Ses yalıtım malzemeleri, ses iletim ve ses yutma kabiliyetleri açısından sınıflandırılabilir (Arslan & Aktaş, 2018).

Hava kaynaklı ses yalıtımında iki madde arasında sesi yayma görevi gören ses yutucu malzemeleri kullanılmaktadır. Ses yutma kabiliyeti, ses kaynağından çıkan sesin, kullanılan yalıtım malzemesi içerisinde sürtünerek bir kısmının ısı enerjisine dönüşmesi sonucu, ses enerjisinde meydana gelen azalmayı, yutumu ifade etmektedir (Kaya & Dalgar, 2017). Ses yutucu malzemelerin içerisinde havanın geçebileceği boşlukların bulunması gerekmektedir. Ses yutucu malzemelerin sahip olduğu iç boşluklara nüfuz eden ses enerjinin bir kısmı; bu boşluklardan ilerlerken ısı enerjisine dönüşerek kaybolurlar. Bu nedenle kullanılan ses yutucu malzemelerde, ısı yalıtım malzemelerinin aksine hareketli hava bulundurması gerektiği için açık gözeneklilik esastır. Ayrıca ses dalgasının malzeme içerisinde aldığı yol arttıkça (malzeme kalınlığı-kütlesi) yutulan ses enerjisi de artmaktadır. Fakat bu durum binanın ağırlaşmasına ve kullanım alanının azalmasına sebep olabilmektedir.

Bir nesnenin bir yüzeye teması ya da çarpması ile oluşan darbe kaynaklı sesler; katı ortamdaki moleküllerin titreşmesine ve ses iletimine neden olurlar (URL-10). Bu nedenle darbe kaynaklı ses yalıtımında kullanılan yalıtım malzemeleri ses iletim malzemeleridir. Ses iletimi, ses dalgalarının ilerledikleri ortamdan farklı yoğunluk veya esneklikte bir engelle karşılaşırsa enerjinin bir bölümünün yansıtılmasını, bir kısmının ısı enerjisine dönüşerek soğurulmasını, kalan kısmınım da geçişini ifade etmektedir (Kaya & Dalgar, 2017). Darbenin meydana geldiği ortam ile diğer yapı elemanlarının birbirinden ayırmak için kullanılan ses yalıtım malzemeleri, belirli miktarda sünebilen, elastik yapıya sahip malzemeler olmalıdır. Ayrıca bu malzemeler kapalı hücrelere sahip olmalı, titreşimlerin sönümlemesini sağlayarak darbe sesleri yalıtımında etkinliğinin

artmasını sağlamalıdır. Darbe kaynaklı ses yalıtımında kullanılan malzemeler, sahip oldukları kapalı gözenekli özelliğiyle ısıl geçirgenlik malzemeleriyle benzer özellik gösterirler.

Her ihtiyaca cevap verebilen tek bir yalıtım malzemesi yoktur. Fakat birçok yalıtım malzemesinin birden fazla kullanım alanı mevcuttur. Ses yalıtımının uygulanacağı alan ya da mekanın işlev gerekliliklerine göre yalıtımda kullanılacak malzeme ya da özellikleri farklılık göstermektedir. Bir malzemenin ses yalıtımında kullanılabilirliğini belirleyen öncelikli etmeler yoğunluğu, sertliği, elastikliği, hücre yapısı gibi özellikleridir. Açık gözenekli, sert, yoğunluğu fazla olan malzemeler ses yalıtım performansını arttırırken, kapalı hücrelere sahip yoğunluğu daha düşük, elastik malzemeler darbe sesleri yalıtımında etkisini göstermektedir. Kullanılan malzemeler yerine göre değişkenlik gösterse bile, malzemelerin mekanik dayanım, ekonomik, ulaşılabilir, dönüştürülebilir, nem, küf, böceklenme ve yanma dayanımı gibi özellikleri ortak dikkat edilmesi gereken hususlardır. Genellikle ses yalıtımında kullanılan lifli ya da sentetik malzemelerin çoğu neme ve küf oluşumuna dayanıksızdır. Bu nedenle malzemenin yapısını zamanla bozarak, yalıtım gücünün yitmesine, insan sağlığına zarar verebilecek ortamların oluşmasına sebep olabilmektedir. Bu nedenle malzeme seçiminde malzeme özellikleri incelenmelidir. Ayrıca kullanılan malzemelerin yangına dayanımını da dikkat edilmeli, sentetik ürünlerin kullanımı tercih edilmemelidir.

Günümüzde ses yalıtımında kullanılan malzemeler, cam yünü, taş yünü, ahşap yünü, ahşap lifli levha, polietilen, kauçuk köpüğü, polistren esaslı köpükler, melanin köpüğü, keçeler, mantar levhalar, akustik süngerler, akustik halı gibi sayısı arttırılabilir malzemelerdir (Aksoylu, 2014). Ses yalıtımında kullanılan bazı malzemelerinin ses yutma katsayıları Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Ses yalıtım malzemelerinin ses yutma kaysayıları

Malzeme	Frekans (Hz)	Ses Yutma Katsayısı (α)	Kaynak
Polistren Köpük (EPS)	1000-2000	0.12-0.22	URL-11
Melamin Köpüğü	1000-2000	0.78-0.92	URL-12
Cam Yünü	1000-2000	0.8-0.9	URL-12
Taş Yünü	1000-2000	0.8-0.9	URL-12
Odun Lifli Levha (WF)	1500	0.81	Kaya &Dalgar, (2017)
Ahşap Yünü (WW)	1000-2000	0.52-0.71	URL-12
Kenaf Esaslı Yalıtım Malzemesi	1600-3600	0.91	Kaya &Dalgar, (2017)
Mantar Isı Yalıtım Levhası	1000-2000	0.55-0.60	URL-11
Ayçiçeği	1600	0.89	Kırbıyık, (2012)
Hindistan Cevizi Lifi	2500	0.98	Kaya &Dalgar, (2017)
Kenevir	600-1000	0.62	Kaya &Dalgar, (2017)
Hurma Ağacı	2800	0.68	Kaya &Dalgar, (2017)

3.2.3. Su ve Nem Yalıtım Malzemeleri

Yalıtım sadece konfor koşullarının ya da enerji verimliliğinin sağlanması için değil, yapının dayanıklılığı ve uzun ömürlülüğü için de gereklidir. Örneğin yapıya zarar veren en önemli faktörlerden biri olan suyun yapıya ya da yapı malzemelerine geçişini önlemek için yapılan su ve nem yalıtımı da yalnızca konfor koşullarının değil, aynı zamanda yapının zarar görmemesi amacıyla yapılmaktadır.

Su yalıtımı, binanın yapısal iç kaynaklı ve yüzeysel dış kaynaklı suya maruz kalmasını önlemek için yapılmaktadır. Yapıya zarar veren su ve nemin binaya girmesini, suyun bir bölümden diğerine geçişini önlemek için kullanılan özel su geçirimsiz malzemelere su yalıtım malzemeleri denir. Su ve neme karşı alınan önlem için kullanılan malzemeler özellikle yapının çatısında, temelinde ve yapıdaki ıslak hacimlerin yüzeylerinde kullanılmaktadır. Su yalıtım sistemleri önlem alınacak bölgeye göre değişim gösteren su yalıtım malzemeleri, suyun yapıdan uzaklaştırıldığı drenaj veya tahliye sistemine yönlendirildiği eğim betonu vb. katmanlarından oluşan bir bütündür (URL-11).

Yapıya zarar veren su kar, yağmur, zemin-yer altı suyu, toprak nemi gibi dış etmenlerden kaynaklanabileceği gibi; yapıdaki mutfak ve banyo gibi ıslak hacimlerden kaynaklı iç etmenlerden de meydana gelebilmektedir. Yapıya dış etmenlerden kaynaklı istenmeyen sudan korumak için yüzeysel; iç ortamdan kaynaklı istenmeyen sulardan korumak için ise yapısal su yalıtım uygulamaları yapılmaktadır (Kısa, 2015). Yapısal ve

yüzeysel su yalıtım önlemleri alınırken farklı yalıtım malzemeleri ve sistemler uygulanmaktadır.

Yüzeysel su yalıtım uygulamaları, suyun bulunduğu dış ortam ile yapının temas ettiği yüzeylere, kesintisiz olarak yapılmaktadır. Yapısal su yalıtım uygulamaları ise ıslak hacimlerdeki var olan suyun girişinin engellenerek, yapıya zarar vermemesi veya etkisinin azaltılması için, bina yapım aşamasında özellikle beton kalitesinin korumak amacıyla toz ya da sıvı haldeki yapı kimyasallarının katkı olarak kullanılması ile sağlanmaktadır. Farklı kullanım alanlarına göre, faklı yalıtım malzemeleri kullanılsa bile, su ve nem yalıtım malzemelerinin genel özelliklerine bakıldığında su geçirimsizliğinin sürdürülebilir, kullanım ömrü uzunluğu, ekonomik, suda bulunabilen kimyasallara dayanıklı olması gerekmektedir.

Su ve nem yalıtım malzemeleri su yalıtım örtüleri, sürme esaslı malzemeler ve yapısal su yalıtım malzemeleri olarak sınıflandırılabilirler (URL-12). Türkiye'de su ve nem yalıtımı için üretilen ve kullanılan malzemeler su yalıtım örtüleri olarak; bitümlü örtüler, okside bitümlü örtüler, polimer bitümlü örtüler, sentetik örtüler, sürme esaslı olarak; çimento, akrilik, bitüm, poliüretan esaslı malzemeler, yapısal su yalıtım malzemeleri olarak ise; yapı kimyasalları ve derz malzemeleridir (Kısa,2015), (URL-13).

Doğru malzemenin seçimi ve uygulanması ile su ve neme karşı yapılan yalıtım binanın güvenliğini sağlayacaktır. Meydana geldiğinde binaya büyük zarar verebilecek, can ve mal kayıplarına sebep olabilecek, önlem alınması gereken bir diğer unsur ise yangındır.

3.2.4. Yangın Yalıtımı Malzemeleri

Yanma olayı sonucu gerçekleşebilecek can ve mal kayıplarını önlemek veya en aza indirmek amacıyla yapılarda gerçekleştirilen uygulamalara yangın yalıtımı denir. Yangının oluşması için gerekli olan üç unsur olan oksijen, ısı kaynağı ve yanıcı madde günlük hayatımızda bir araya gelmesi oldukça mümkün malzemelerdir. Yangın için gereken oksijen havada mevcuttur. Yapıda bulunan ya da dışarıdan gelebilecek bir ısı kaynağının, kimyasal tepkimelerin veya sürtünmeye bağlı olarak ortaya çıkabilecek olan ısıların, yapıyı oluşturan ve birçoğu yanıcı özelliğe sahip olan eleman ve malzemenin bir araya gelmesi yangının başlamasına sebep olabilir. Yangının önlenmesi ya da yangının

verdiği zararın en aza indirilebilmesi için bina bazında en başta alınabilecek önlemler; var olan yapılarda yangın yalıtımı yapılması, yeni yapılacak olan yapılarda ise yapıda yangına dayanıklı malzemelerin kullanılmasıdır.

Oluşan yangını söndürmek ya da bildirmek için kurulan, yangın söndürme sistemleri, yangın dolapları, duman detektörleri gibi aktif sistemlerin yanı sıra, yangının oluşmasını önlemek, yavaşlatmak veya yayılmasını yavaşlatmak amacıyla tasarım ve malzeme seçimi başta olmak üzere yapısal ve pasif önlemler alınmalıdır.

Yapı elemanları, yangın süresince yapının yük taşıma ve bütünlük özelliklerini mümkün olduğunca korumalı, yapıda bulunan kişilerin binayı boşaltması ve itfaiye ekiplerinin müdahalesi için gerekli süreyi kazandırmalıdır. Bu özelliklere sağlamayan yapı ya da elemanlara yangın yalıtımı uygulamaları yapılmalıdır.

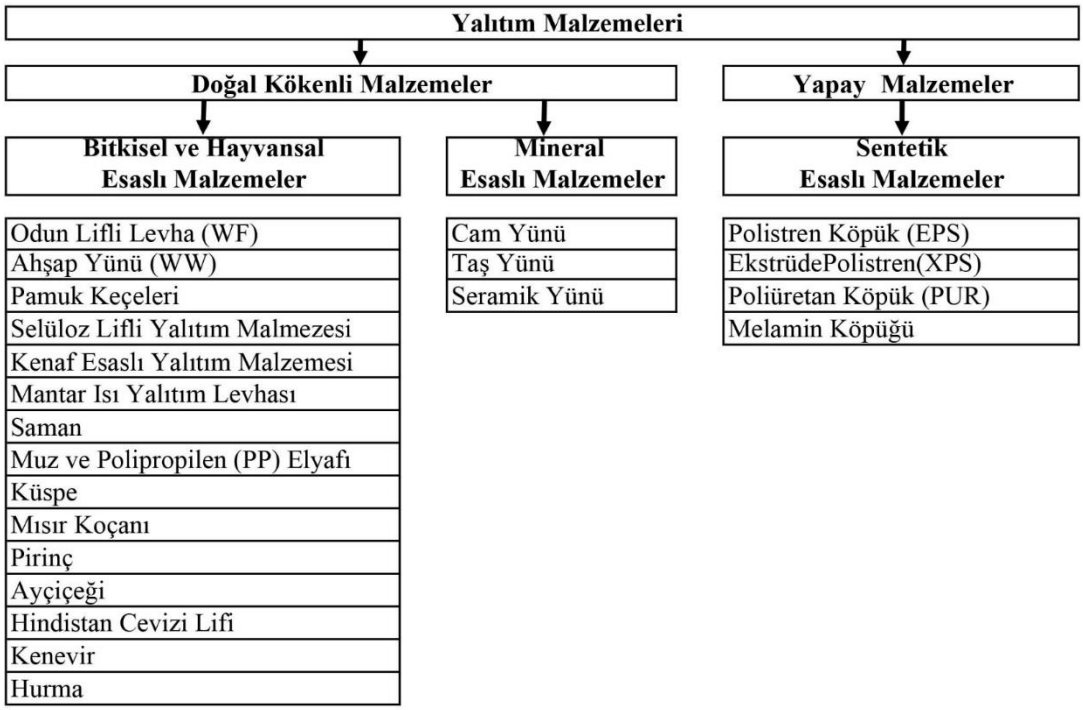
Yangın yalıtımı amacıyla kullanılan ürünler şunladır; cam yünü, taş yünü, seramik yünü, alçı panolar, lifli çimento panolar, perlit, vermikulid plakalar, cam köpüğü, kalsiyum silikat, silikon mastikler, ısı ile genleşen özel boyalar, özel kapı, yanmaz camlar, cam fitilleri ve benzeri malzemelerdir (URL-14).

Bir yapıda kullanılan her türlü yalıtım malzemelerinin, kullanım amacına ulaşabilmesi için doğru malzeme seçimi ve uygulanması gerekmektedir. Doğru malzemenin seçimi malzemenin ekonomik, dayanıklı, uzun ömürlü, sağlıklı, sürdürülebilir, geri dönüştürülebilir oluşuna bağlıdır. Amaca uygun doğru seçilmemiş veya doğru uygulanmamış malzemeler, değiştirilse, yenilense ya da onarılsa bile bir süre sonra yeniden sorun yaratırlar. Bu sorunlar, etkileri ve çözüm arayışları pahalıya mal olmaktadır. Ayrıca maddi hasarın yanı sıra taşıyıcı sistemde meydana gelebilecek hatalar ya da sorunlar ise can ve mal kayıplarına sebep olabilmektedir. Bu nedenle amaca uygun doğru malzemenin seçimi önem taşımaktadır. Doğru malzemenin seçiminde ise dikkat edilmesi gereken ilk özellik kullanılacak ürünün yapısal özelliği ve etkisidir.

3.3. Yalıtım Malzemelerinin Ham Madde Kaynağının Yapısına Göre Sınıflandırılması

Yalıtım malzemeleri üretildiği ham maddenin türüne göre iki gruba ayrılabilir. Bunlar doğada var olan malzemelerden üretilen ve doğadan var olmayan-sentetik olarak üretilen yalıtım malzemeleridir (Ceviz, 2008), (Şekil 3.2.). Doğal malzemelerin ham

maddeleri doğa verilerine dayanan, ham maddesinin kimyasal özelliği değiştirilmeden kullanılan malzemelerdir. Yapay- sentetik malzemeler ise ham maddesi yine doğal olup birtakım iyileştirmeler için eklenen katkı malzemeleri ile kimyasal özelliğinin değişmesi sonucu elde edilen malzemelerdir.



Şekil 3.2. Yalıtım malzemelerinin ham madde kaynağının yapısına göre sınıflandırılması (Ceviz, 2008), (Ülker, 2009).

3.3.1. Doğada Var Olmayan Yapay Olarak Üretilen Yalıtım Malzemeleri

Yapay malzemelerin kökeni doğal olmakla birlikte, bu malzemelerin kimyasal dönüşüm ve birleşimi ile elde edilmektedirler (Berber, 2012). Elde edilen malzemeler, ilk durumuna göre yapısal karakteri değişmiş ve yapılan müdahalelerle istenilen özellikler eklenmiş halidir.

Doğada var olan ham maddelerin karışımı ve değiştirilmesiyle oluşturulabilecekleri gibi gelişen teknolojiyle birlikte yeni ham madde üretimleri de gerçekleşmektedir. Gelişen teknoloji ile birlikte malzemelere istenilen özellikler eklenebilmekte ya da var olan özelliklerinde değişikler meydana getirilebilmektedir. Bu sayede ulaşım kolaylığı, ürün çeşitliliği, işlenebilirliği ve üretim hızı sağlanmaktadır.

Ürün çeşitliliğinin ve seçeneklerin artması farklı tasarımlar yapmasını olanaklı hale getirmiştir. Günümüzde kullanılan bazı yapay yalıtım malzemeleri, XPS, EPS, poliüretan köpük, polietilen köpük, fenol köpüğü, melanin köpüğü, plastik esaslı malzemeler gibi malzemelerdir.

Yapay malzemeler, doğal malzemelerin artan tüketim talebini karşılayamaması sebebiyle ortaya çıkmıştır. Doğal malzemelerin bilinçsiz ve plansız olarak kullanılması ekolojik dengenin bozulmasına sebebiyet vermektedir. Az işlem görmüş, kimyasal özelliği az, geri dönüştürülebilir, ekonomik, ulaşımı ve erişimi kolay yapay malzemeler bu nedenlerden dolayı tercih sebebi olmuştur.

Yapay malzemelerde kullanılan çeşitli kimyasal maddelerin kullanılmasının çevreye zarar verdiği çeşitli deneylerle tespit edilmiştir (Berber, 2012). Çevrenin konumu ve insan sağlığı için endüstriyel malzemelerin çevreye zarar vermeyen türleri veya katkı maddelerinin azaltılması ile elde edilen ekolojik malzemeler tercih edilmektedir.

3.3.2. Doğadan Var Olan Malzemelerden Üretilen Yalıtım Malzemeleri

Bu malzemelerin ham maddeleri doğal kaynaklı olup, ana yapıları doğa verilerine dayanmaktadır. Bu tür malzemeler doğadan direkt olarak elde edilebileceği gibi, iyileştirme amacıyla yapılarına birtakım özellikler de katılabilmektedir. Malzemeler var olan doğal çevreden elde edilmekte olup çoğu zaman işlemeye hazır halde bulunmaktadırlar.

Yenilenebilir, geri dönüştürülebilir, çevre ve insan açısından sağlıklı malzemelerdir. Genellikle yöresel olmalarından kaynaklı ekonomiktir. Malzemeler doğal içerikli olup, hızla yenilenebilir, düşük enerjilidirler. Malzemelerin ömrünün uzaması, kullanım kolaylığının sağlanması için, malzemelere bir takım işlemler ya da müdahaleler yapılabilmektedir. Özellikle gelişen teknoloji ile birlikte doğal malzemeler çeşitli işlemler görmekte böylelikle ürün çeşitliği sağlanmaktadır.

Ekosistem dengesinin korunumu ve sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için önceliğimiz her daim doğal malzemelerin kullanımı olmalıdır. Fakat sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için, bilinçsiz ve plansız doğal malzeme kullanımı da engellenmelidir.

Odun lifli levha (WF), ahşap yünü (WW), bambu, saz, saman, kerpiç, lifli malzemeler (kenevir, mısır koçanı, çavdar sapı vb.), mantar levhalar vd. doğal yalıtım

malzemelerine örnek olup genellikle yöresel, hafif, ucuz, ulaşımı ve kullanımı kolay malzemelerdir. Bu sebeplerden dolayı da doğal malzemeler tercih edilmektedir. Fakat diğer seçeneklere göre materyal yetersizliği, maliyetinin yüksek oluşu, mekanik hasara ve yanmaya karşı direncinin düşük olması sebebiyle endüstriyel üretim ile fizik, kimya ve biyoloji bilimlerindeki gelişmeler sonucu doğal malzemelere alternatif yapay malzemelerin geliştirilmesi söz konusu olmuştur. Günümüzde doğal malzemelerin yanı sıra geliştiren yapay malzemelerin kullanımına ağırlık verilmektedir.

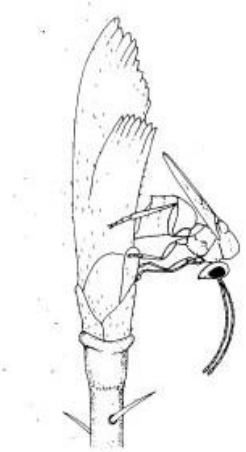
Bu çalışmada ekolojik kökenli malzemelere örnek, yapay malzemelere ise alternatif bir malzeme olduğu düşünülen meşe mazısının enerji verimliliği bağlamında incelenmesini içermektedir.

BÖLÜM 4

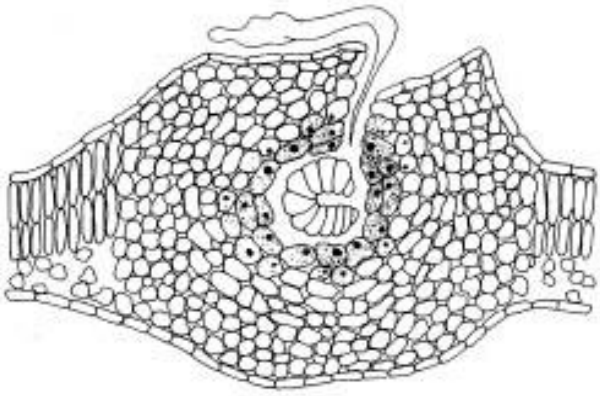
DOĞAL YAPI MALZEMESİ ÖRNEĞİ - MEŞE MAZISI

4.1. Meşe Mazısı

Meşe mazısı ile ilgili kaynaklarda birçok tanımlar yapılmıştır. Mazı meşesinin 12 metreye kadar boy, 80 santimetreye kadar çap yapabilen geniş tepeli, kışın yaprağını döken ya da her dem yeşil çalı ya da ağaç olduğu (Mengeloğlu vd., 2011), yapraklarının her zaman sonbaharda dökülmediği, fazla soğuk olmayan kış dönemlerinde ise bahara kadar yapraklarının üzerinde bulunduğu ağaç türü olduğu (Güneş, 2010), 150–850m rakım aralığında yayılış gösterdiği (OGM, 2016; Güngördü, 1999) belirtilmiştir. Meşe mazısı, Haziran Temmuz ayları arasında, dişi mazı arısının yumurtalarını, mazı meşenin tomurcuklarına bırakmasıyla oluşan patolojik oluşumdur (Şekil 4.1.). Tomurcukların içerisine yerleştirilen yumurtaların gelişimi bitkinin saplarından sağlanmaktadır. Zamanla bırakılan yumurtaların etrafında bitkinin yumurtaya karşı tepki olarak oluşturduğu ince zarlı bir beslenme tabakası, gomolaklar (gal) oluşur (Şekil 4.2.). Bu proteince zengin beslenme tabakasının dışında da sert bir koruyucu tabaka mevcuttur. Yaklaşık olarak 2 cm çapa sahip bu iki tabaka mazı gomalağını oluşturur (Güneş, 2010). Bu oluşuma meşe mazısı, mazının oluştuğu ağaca ise mazı meşesi denilmektedir.

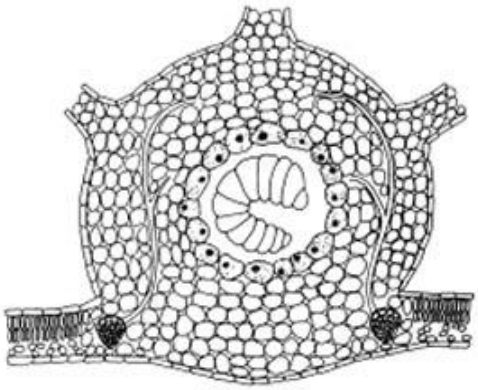


Şekil 4.1. Cynips gallaetinctoriae (Csoka, Mattson, Stone ve Price,1998)



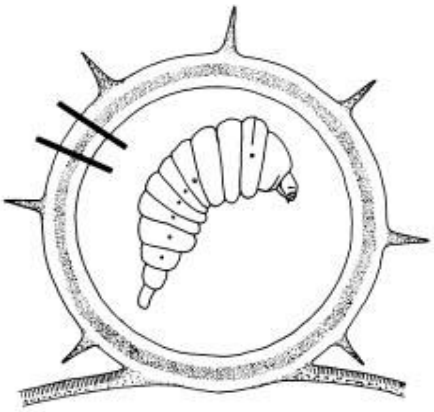
Şekil 4.2. Besin tabakası oluşumu (Csoka vd.,1998)

Mazılar, mazı arısının üreme döngüsünün bir parçasıdır. Mazı arısı yaşamının bir kısmını (larva ve krizalit dönemi) mazı içerisinde tamamlar (Şekil 4.3). Mazı arısı gelişim evrelerini tamamladıkça mazı oluşumu da tamamlanır. Mazının oluşabilmesi için gerekli iki şart; konukçu bitkinin, yumurtanın konulduğu tomurcuğunun canlı olması ve yumurtanın konulmuş bulunmasıdır. Bu böceğin taşıdığı önemin nedeni de bundan ileri gelmektedir (Ekici, 1975). Arının gelişiminde oluşacak bir sorun mazı oluşumunu da durdurmaktadır. Bu nedenle mazının oluşumu, mazı arısının gelişimi ile doğrudan ilişkilidir.



Şekil 4.3. Tamamlanma aşamasında larva (Csoka vd.,1998)

Mazı arısının gelişme evresinde mazı ona yiyecek ve emniyetli barınak sağlamaktadır (URL-17). Mazı arısı gelişme evresini tamamlayıp olgunlaşınca, mazıyı delerek dışarı çıkar (Kılıç, 2015) (Şekil 4.4.). Böylelikle mazı ve arısının gelişimi tamamlanmış olur.



Şekil 4.4. Arının mazıdan çıkmak için oluşturduğu boşluk (Csoka vd.,1998)

4.2. Meşe Mazısı Konakçılları

Mazı arıları olgunlaşınca mazıyı delerek dışarı çıktıktan sonra, terk edilmiş mazıların üzerinde delikler kalmaktadır. Bu delikler vasıtasıyla bazı parazitlerin mazıya yerleştikleri görülmektedir. Bu parazitler mazıyı besin kaynağı olarak değil barınak olarak kullanmaktadırlar (Williams, 2010). Bazen yalancı mazı arıları, sinekleri böcekler ve küçük tırtıllar koloni halinde mazının içine yerleşirler, burada misafir olarak yaşarlar ve gelişmiş mazıyı yerler (Shour, Jesse & Lewis, 2005) Bazı parazitlerin ise mazıdan yararlanmaları yalnız yuva sağlamak yönünden olmakta ve mazı arısı ile herhangi bir

ilişkileri bulunmamaktadır. Bunlar arasında karıncalar, örümcekler ve bin ayaklılar görülmektedir (Güneş, 2010), (Şekil 4.5.).



Şekil 4.5. Temnothorax cinsi karınca (URL-18)



Şekil 4.6. Mazı arısı (URL-19)

Mazı oluşumuna sebep olan mazı arısı, mazıyı terk ettikten sonra bazı parazitler barınma amaçlı mazıya yerleşmektedir (Şekil 4.6.). Parazitlerin barınma amacının temelinde dış etmenlerden korunma vardır (Allen, 1995). Bu etmenlerin başında da sıcaklık faktörü gelmektedir. Örneğin mazıya yerleşen parazitlerin arasında bulunan Temnothorax cinsi karıncalar, hava sıcaklığı yaşamlarını sürdürmeleri için gerekli olan minimum sıcaklığın altına düştüğünde, meşe mazılarının üzerindeki deliklerden mazıya yerleşerek, dış hava koşullarından korunarak yaşamlarını devam ettirebilmektedirler. Bu bağlamda mazının dış hava koşullarından koruyarak yalıtım gerçekleştirdiği düşünülmekte ve mazıya yeni bir kullanım alanı kazandırmak amaçlanmaktadır. Bu amaçla meşe mazısı ve çeşitli bağlayıcılarla oluşturulan numunelere ısıl iletkenlik, ses geçirgenlik ve ses yutma testleri uygulanarak malzemenin yalıtım özelliği incelenmiştir.

4.3. Meşe Mazının Kimyasal Özellikleri

Mazı ortadan kesildiğinde içten dışa doğru beslenme tabakası, koruyucu tabaka, paranşim dokusu ve epidermis olmak üzere 4 bölümden oluşmaktadır. Bunlardan ilk ikisi iç mazıyı, diğer ikisi de dış mazıyı meydana getirir (Ekici, 1975; Kieffer, 1887 - 1901). İç ve dış mazınsın renkleri farklı olduğundan kolaylıkla birbirinden ayırmak mümkündür. Mazı kurdunun beslendiği, protein, şeker, yağ, nişasta ve albumince zengin ince zarlı hücrelerden meydana gelen 6mm kalınlığındaki beslenme tabakasından sağlanmaktadır. Beslenme tabakasını çevreleyen kalın zarlı sklerit hücrelerinden meydana gelen koruyucu

tabaka ise oldukça sert olup ortalama 0,5 mm kalınlığındadır (Ekici, 1975; Berkel vd., 1964)

Koruyucu tabaka ile epidermis arasında yer almış olan paranşim dokusu tanence zengindir. 20mm çapındaki mazıda paranşim dokusunun ortalama kalınlığının 7 mm'dir. Paranşim dokusu ile epidermis arasında ortalama 4.5mm kalınlığında süngerimsi paranşim dokusu yer almaktadır. Paranşim hücrelerinin çeperleri yuvarlak ila yarık şeklinde basit geçitleri içermekte ve hücre aralarında boşluklar da bulunmaktadır (Ekici, 1975; Berkel vd., 1964).

Mazı, %65 tanen , %2-3 gallik asiti ve %2 ellag asitini içermektedir. İçerdiği gallik ve tannik asit sayesinde ilaç, kimya sanayi, boya gibi birçok sektörde kullanım alanı mevcuttur. Mazının kimyasal bileşimi Çizelge 4.1.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Mazının kimyasal bileşimi (Ekici, 1975; Kieffer, 1887 -1901)

Mazının Kimyasal Bileşimi	
Tannik asit yahut digallik asit veya tanen (C_{14} H_{10} O_9)	65%
Gallik asit (C_7 H_6 O_5)	2%
Ellag asidi (C_{14} H_8 O_9) ve luteo- gallik asit)	2%
Klorofil ve uçucu yağlar	0.7%
Kompleks maddeler	2.5%
Gom	2.5%
Amidon	2%
Lignin	10.5%
Sıvı şeker, albumin, potasyum sülfat, potasyum klorür, potasyum gallat, kireç, kalsiyum oksalat, kalsiyum fosfat	1.3%
Su	11.5%

4.4. Meşe Mazının Kullanım Alanları

İnsanların 7000 yıl öncesine kadar meşe mazısından yararlandıkları bilinmektedir. Sümer'ler tifo, Babilli'ler ve Mısır'lılar dizanteri ve malarya gibi hastalıkların tedavisinde mazıyı kullanmışlardır. Bunların yanı sıra meşe mazısı, kumaş boyar maddesi olarak, mürekkep yapımında doğal pigment olarak ayrıca deri tabakalanması vb. alanlarda da kullanılmıştır (Ekici, 1975).

Her geçen gün mazının kullanım alanı artmaktadır. Günümüzde birçok boya sanayinde (saç boyası, çivit yapımı, mürekkep yapımı vb.) mazıdan fiksatör olarak yararlanılmaktadır. Bunun yanı sıra mazının içerdiği tanen ve tanen türevleri 'tıpta tüberküloz, dizanteri, nefrit, iç kanamalar, cinsel organların iltihaplı hastalıkları, hemeroid, saç dökülmesi, frengi, sinir zafiyeti, kaşıntı, ülser gibi hastalıkların tedavisinde, alkoloid ve afyon zehirlenmelerinde, tentür yapımında' kullanılmaktadır (Ekici, 1975).

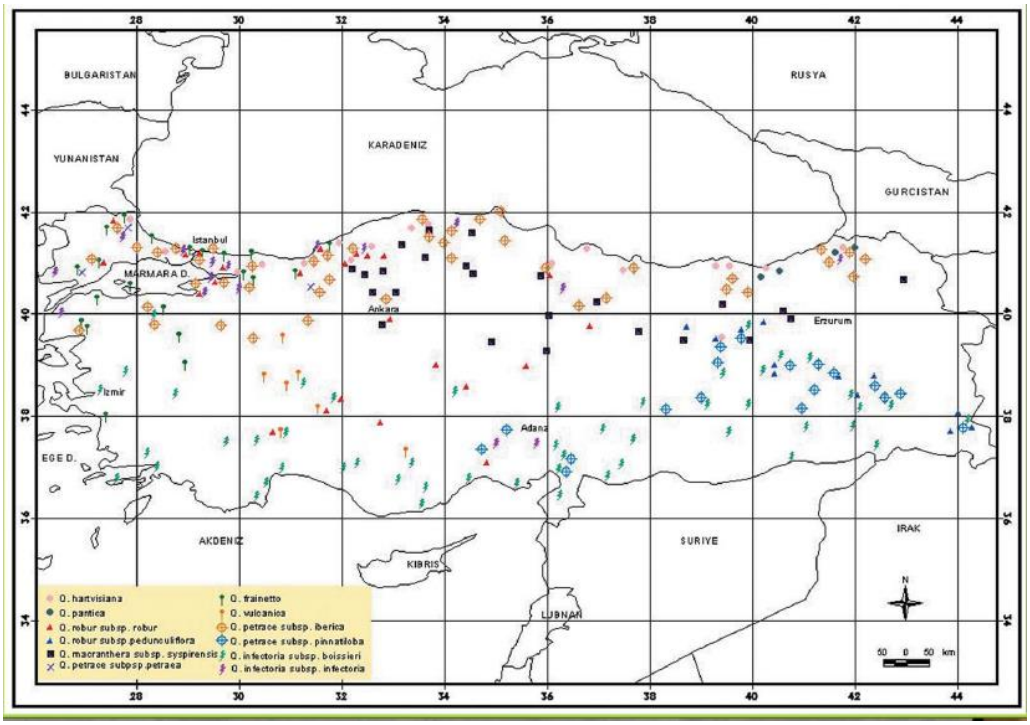
Sağlık ve sanayi sektöründe çokça kullanılan mazı, ağacının yavaş büyümesi ve gövde boyunun kısa olması nedeniyle genel olarak odun üretimine uygun değildir. Odun ürünü olarak yalnızca dayanıklı malzemelerin ve küçük ahşap el aletlerinin yapımında kullanılabilir. Ancak meşe mazısının ön plana çıkan özelliği, ekolojik olarak yetişme yeri elverişsiz alanların korunmasındaki önemi ile mazının odun dışı orman ürünü olarak kullanılmasıdır (OGM, 2016). "TSE tarafından hazırlanan 1001 sayılı standardı mevcuttur. En önemli döviz kaynaklarımızdan olan mazılar, başta Rusya, Belçika, Lüksemburg, Tunus olmak üzere birçok ülkeye ihraç edilmektedir." (URL-20)

4.5. Mazı Meşesinin Yetiştiği Bölgeler

Türkiye'deki orman alanlarının toplamı Orman Genel Müdürlüğü 2015 yılı envanter verilerine göre 22342935,0 hektardır. Ülke orman alanı içerisindeki meşe ağaç cinsinin kapladığı orman alanı 2382933,0 ha. verimli, 3503262,0 ha. bozuk olmak üzere toplam 5886195,0 ha. orman alanından oluşmaktadır. Türkiye'de ağaç cinsleri bakımından en geniş yayılışa sahip olan meşe ormanları, ülke ormanlarının %26,34'ünü kapsamaktadır (OGM, 2016). Meşe türlerinden biri olan mazı meşesi 121.604 ha' lık bir alanda yayılış göstermektedir (URL-20).

Mazı meşesinin dünyada en fazla dağılım gösterdiği alanlar; Türkiye, Yunanistan, İran, Irak, Lübnan, İsrail ve Suriye'dir. Türkiye, Andrieus (Cynips) gallaetinetoriae'nın

sebep olduğu mazı ürünü bakımından dünyada birinci sırada yer almaktadır (Ekici, 1975). Türkiye'de en geniş dağılımı Batı, Güney ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde göstermektedir (Yaltırık, 1986), (Şekil 4.7.).



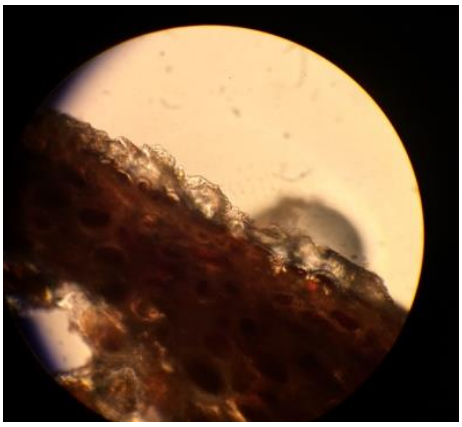
Şekil 4.7. Mazı meşesi (Quercus infectoria) ağacının Türkiye'deki dağılımı (OGM, 2006)

BÖLÜM 5

MATERYAL VE METOT

Çalışma meşe mazısının biyolojik ve kimyasal yapısının araştırılmasına yönelik literatür çalışması ile başlamıştır. Mazı meşesinin yetiştiği ve mazının temin edilebileceği bölgeler tespit edilmiştir. Doğal yalıtım malzemelerine örnek olabilecek meşe mazısı, yapı amaçlı epoksi reçine, polivinil asetat tutkalı ve yapı amaçlı akrilik reçine gibi farklı bağlayıcılar ile birleştirilerek; ısıl iletkenlik, ses geçiş kaybı ve ses yutma katsayısı tespiti için levhalar üretilmiştir. Testler uygulandıktan sonra, test amaçlı yapılmış olan levhaların üretim aşamasındaki karbon ayak izi Tier-1 metodu kullanılarak hesaplanmıştır (IPCC, 2006). Çalışma meşe mazısından üretilen levhanın, ısıl iletkenlik, ses geçiş kaybı, ses yutma katsayısı testlerini ve üretilen levhaların, üretim aşamasındaki karbon ayak izi hesabını içermektedir.

Meşe mazısının yaşamsal döngüsü araştırması sırasında meşe mazısı iç yapısı ışık mikroskobu ile incelenmiştir (Şekil 5.1.). Meşe mazısının boşluklu yapıya sahip bir malzeme oluşu sebebiyle ısı yalıtım malzemesi olarak kullanılabileceği araştırılmıştır.



Şekil 5.1. Mazının ışık mikroskobu altındaki görüntüsü (Özer, 2018)

Meşe mazısının levhalara dönüştürülerek test uygulanabilmesi için ***yapı amaçlı epoksi reçine, polivinil asetat tutkalı (PVA)*** ve ***yapı amaçlı akrilik esaslı bağlayıcı*** gibi çeşitli bağlayıcı malzemeler kullanılmıştır.

Bağlayıcı olarak kullanılan ***yapı amaçlı epoksi reçine*** likit olarak uygulanır ve ısıtılarak ya da kimyasal tepkimelerle sertleştirilir, sağlamlaştırılır. Kuruduktan sonra suya, asitlere, alkaliye vb. maddeye karşı etkili ve direnç göstermektedir. Bu direnci zaman içerisinde koruyan ve sürdüren, mekanik dayanımı yüksek, kolay temizlenebilen ve birçok alanda yapıştırıcı olarak kullanılan bir kimyasal reçinedir (Aytekin, Toğral & Yılmaz, 2015). Doğal bir malzemenin levhalaştırılma sürecinde bağlayıcı olarak tercih edilmiş olan epoksi, bu çalışmada da bağlayıcı olarak kullanılmıştır. Ham madde olarak mısır koçanı, bağlayıcı olarak epoksi kullanarak elde ettikleri levhaya uyguladıkları ısıl iletkenlik ve ses geçirgenlik testlerinden, bir başka çalışmada, standartlarda verilen sınır değere ulaşıldığı ifade edilmiştir (Binici vd., 2014).

Bir diğer bağlayıcı malzeme olan ***polivinil asetat tutkalı (PVA),*** genellikle ahşap esaslı malzemelerle birlikte bağlayıcı olarak kullanılmakta olup, marangoz tutkalı veya beyaz tutkal olarak bilinmektedir. Soğuk olarak kullanılabilen, kokusuz, yanmaz, değiştirilen kimyasal yapısı ile daha güçlü ve neme karşı daha dayanıklı bir bağlayıcıdır (Perçin, Özbay & Ordu, 2009). Malzemenin en büyük dezavantajı 80°C den sonra bağlayıcı özelliğinin kaybetmesi, sıcaklık arttıkça malzeme yumuşaması ve mekanik direncinin azalmasıdır. Çalışmada ahşap esaslı ham madde kullanılacağından, ahşap esaslı malzemelerle uyum gösteren polivinil asetat tutkalı, bağlayıcı olarak denenmiştir.

Çalışmada kullanılan bir diğer bağlayıcı malzeme, yüksek performanslı ***yapı amaçlı akrilik esaslı bağlayıcılar,*** sentetik polimer olup su ile inceltilebilmektedirler. Akrilik reçineler, birleştiği malzemelerin kimyasal dayanımlarını arttırır, onlara dayanıklılık, sertlik, sağlamlık ve güçlü bağlanma sağlar. Likit olarak kullanılan yapı amaçlı akrilik bağlayıcılar, yapı amaçlı akrilik sertleştiricilerle birlikte kullanıldığında tam kuruma ve rijitlik gösterebilir. Yapı amaçlı akrilik reçinelerin su ile inceltilebilir olması sebebiyle mazı ile çalışmada yapı esaslı akrilik reçine ve sertleştirici bağlayıcı olarak kullanılmıştır.

5.1. Ham Maddenin Hazırlanması

Çalışmada ısıl iletkenlik testi için hazırlanan levhada kullanılan meşe mazıları Tekirdağ ili Hayrabolu ilçesi Tatarlı köyünden toplanmış olup, ses geçiş kaybı ve ses yutma katsayısı testi için üretilen levhalarda kullanılan mazılar Malatya ili Battalgazi ilçesinde bulunan bir firmadan temin edilmiştir. Toplanılan meşe mazıları Şekil 5.2.'de, temin edilen mazılar ise Şekil 5.3.'te gösterilmiştir.



Şekil 5.2. Tekirdağ ili Hayrabolu ilçesi Tatarlı köyünden toplanmış mazılar (Özer, 2018)



Şekil 5.3. Firmadan temin edilen mazılar (Özer, 2018)

Isıl iletkenlik testi için toplanan mazıların içerisindeki yaprak ve ağaç dalları elle ayrılmıştır (Şekil 5.4.). Ses geçiş kaybı ve ses yutma katsayısı testi için temin edilen mazılar ise temizlenerek gönderildiği için ek işleme gerek kalmamıştır.



Şekil 5.4. Toplanan mazıların içerisindeki yaprak ve ağaç dalları elle ayrılması (Özer, 2018)

Geriye kalan 4 cm ortalama çaptaki mazılar 75 kw gücündeki çift şaftlı tahta parçalama makinesinde kırılmıştır. (Şekil 5.5.). Kırılma işlemi tamamlanan mazılar elekten geçirilmiştir. Elekten geçirilen mazıların boyutları 0.5mm-10mm aralığındadır (Şekil 5.6.).



Şekil 5.5. Çift şaftlı tahta kırma makinesi (URL-21)



Şekil 5.6. Elekten geçirilen mazılar (Özer, 2018)

5.2. Yalıtım Levhasının Üretilmesi

Çalışmada ısıl iletkenlik testi için 500x500x50 mm ölçülerinde, ses geçiş kaybı ve ses yutma katsayısı testi için 500x500x20 mm ölçülerinde levhalar hazırlanmıştır. Ayrıca ses geçiş kaybı ve ses yutma katsayısı testinin empedans tüpünde belirlenebilmesi için üçer adet 98.5 mm ve 27.5 mm çapında 30 mm kalınlığında numuneler hazırlanmıştır. Gerekli ölçülerdeki numunelerin hazırlanabilmesi için mazıların kırılma ve elekten geçme işlemi tamamlandıktan sonra bağlayıcı olarak yapı amaçlı epoksi reçine, polivinil asetat tutkal ve yapı amaçlı akrilik reçine kullanılarak karışımlar hazırlanmıştır. Bu karışımlar test için gerekli ölçülerde hazırlanmış olan kalıplara yerleştirilerek önce pres sonrasında da ısıl işlem görmüştür (Şekil 5.7.). Kuruması tamamlanan numuneler test için hazır hale gelmiştir.



Şekil 5.7. Gerekli numune ölçülerinde hazırlanmış kalıp örneği (Özer, 2018)

5.2.1. Bağlayıcı Olarak Yapı Amaçlı Epoksi Reçine ile Üretilen Yalıtım Levhaları

Çift şaftlı ahşap kırma makinesinde 0.5-10 mm boyutlarına getirilen mazılar, yapı amaçlı epoksi bağlayıcı ile birleştirilerek kompozit levha üretilmiştir. Bu levhanın üretimi için 2750 gram mazı, 500 gram yapı esaslı epoksi ve 300 gram yapı esaslı epoksi sertleştirici, bir kaba konularak el mikseri ile karıştırılmıştır. Hazırlanan karışım ahşap çerçeveye aktarılmadan önce, epoksinin ahşap çerçeveyle etkileşime girmemesi için çerçevenin yüzeyi naylon folyo ile kaplanmıştır. Hazırlanan karışım 500x500x50 mm ölçülerinde ahşap çerçeveye aktarılmıştır (Şekil 5.8.).



Şekil 5.8. Naylon folyo ile kaplı çerçeveye aktarılan karışım (Özer, 2018)

Oluşturulan numuneye, 150 ton kapasiteli hidrolik pres makinesinde 558 kPa basınç uygulandıktan sonra bu numuneler 50°C derecedeki pişirme fırınında 1 saat ısıl işlem görmüştür. Sonrasında 18°C derecedeki odada 24 saat kurumaya-dinlenmeye bırakılmıştır (Şekil 5.9.). Sonuç olarak 500x500x50 mm ölçülerinde 3307 gram ağırlığında levha elde edilmiştir (Şekil 5.10.).



Şekil 5.9.24 saat kurumaya bırakılan numune (Özer, 2018)



Şekil 5.10. 3307 gram ağırlığındaki sonuç ürün (Özer, 2018)

Elde edilen levhada zamanla aşınma ve döküntüler gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmalarda numune kalınlığı azaltıldığında levha mukavemeti düşmektedir. Bu nedenle ses geçiş kaybı ve ses yutma testi için gerekli olan 500x500x20 mm boyutlarında üretilecek levha kullanıma elverişli olmamıştır. Oluşturulan levhanın mukavemeti yüksek olmasına rağmen bağlayıcının malzemenin içerisine etki etmemesi, yalnızca yüzeysel olarak bağlayıcılık sağlaması sebebiyle istenilen sonuca ulaşılamamıştır.

5.2.2. Bağlayıcı Olarak Polivinil Asetat Tutkalı ile Üretilen Yalıtım Levhaları

Çift şaftlı ahşap kırma makinesinde 0.5-10 mm boyutlarına getirilen mazılar, bağlayıcı olarak polivinil asestat tutkalı ile birleştirilerek kompozit levha üretilmiştir. Bu levhanın üretimi için 3000 gram mazı, 1000 gram polivinil asestat tutkalı ile bir kaba konularak el mikseri ile karıştırılmıştır (Şekil 5.11.). Hazırlanan karışım ahşap çerçeveye aktarılmadan önce, bağlayıcının ahşap çerçeveyle etkileşime girmemesi için çerçevenin yüzeyi naylon folyo ile kaplanmıştır. Hazırlanan karışım 500x500x50 mm ölçülerinde ahşap çerçeveye aktarılmıştır (Şekil 5.12.).



Şekil 5.11. El mikseri ile karıştırılan ham madde ve bağlayıcı (Özer, 2018)



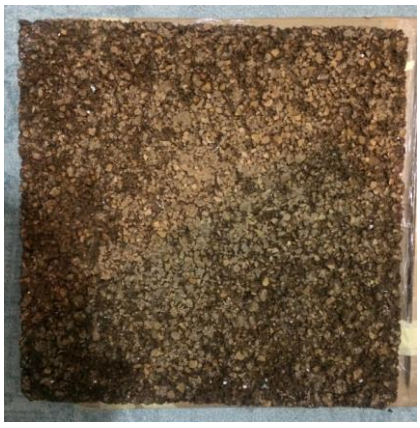
Şekil 5.12. Polivinil asetat tutkallı karışımın çerçeveye aktarılması (Özer, 2018)

Oluşturulan numuneye, 150 ton kapasiteli hidrolik pres makinesinde 558 kPa basınç uygulandıktan sonra bu numune 50°C derecedeki pişirme fırınında 2 saat ısıl işlem görmüştür. Sonrasında 18°C derecedeki odalarda 48 saat kurumaya-dinlenmeye bırakılmıştır. Sonuç olarak 500x500x50 mm ölçülerinde 3800 gram ağırlığında levha elde edilmiştir (Şekil 5.13.).



Şekil 5.13. 3800 gram ağırlığındaki sonuç ürün (Özer, 2018)

Fakat elde edilen karışımın kendi ağırlığından kaynaklı zamanla kuvvet yönünde kayma meydana gelmiş ve istenilen rijit yapıda levha elde edilememiştir. Ayrıca su bazlı olan polivinil asetat tutkalı, malzeme kalınlığının fazla olması sebebiyle, orta kısımlarında bağlayıcının geç kurumasına bağlı olarak nem ve küf oluşumuna sebep olmuştur (Şekil 5.14.). Ses geçiş kaybı ve ses yutma testi için, hedeflenen ölçülerdeki levha üretiminde sorunla karşılaşılmamasının yanı sıra ısıl iletkenlik testi için gerekli ölçülerde üretilen levhada karşılaşılan bu gibi olumsuz sonuçlardan dolayı polivinil asetat tutkalı çalışmanın devamında kullanılmamıştır.



Şekil 5.14. Nem ve küf oluşan ürün (Özer, 2018)

5.2.3. Bağlayıcı Olarak Yapı Amaçlı Akrilik Reçine ile Üretilen Yalıtım Levhaları

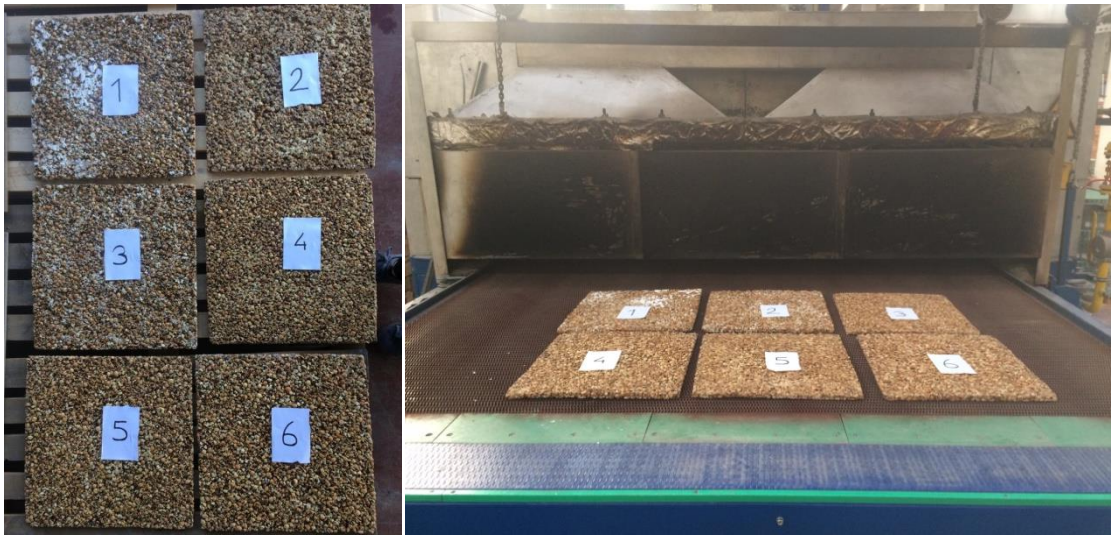
Çift şaftlı ahşap kırma makinesinde 0.5-10 mm boyutlarına getirilen mazılar, yapı esaslı akrilik reçine ile birleştirilerek kompozit levha üretilmiştir. Bu levhanın üretimi için 3800 gram mazı, 600 gram yapı amaçlı akrilik reçine ve 300 gram yapı amaçlı akrilik sertleştirici ile bir kaba konularak el mikseri ile karıştırılmıştır. Hazırlanan karışım ahşap çerçeveye aktarılmadan önce, akrilik bağlayıcının ahşap çerçeveyle etkileşime girmemesi için çerçevenin yüzeyi naylon folyo ile kaplanmıştır. Hazırlanan karışım 500x500x50 mm ölçülerinde ahşap çerçeveye aktarılmıştır (Şekil 5.15.).



Şekil 5.15. Yapı amaçlı akrilik reçineli karışımın çerçeveye aktarılması

(Özer, 2018)

Oluşturulan numuneye, 150 ton kapasiteli hidrolik pres makinesinde 558 kPa basınç uygulandıktan sonra 50°C derecedeki pişirme fırınında 2 saat ısıl işlem görmüştür (Şekil 5.16.). Sonrasında 18°C derecedeki odalarda 24 saat kurumaya-dinlenmeye bırakılmıştır. Sonuç olarak 500x500x50 mm ölçülerinde 4504 gram ağırlığında levha elde edilmiştir (Şekil 5.17.).



Şekil 5.16. Numunelerin pişirme fırınında işlem görmeden öncesi ve sonrası (Özer, 2018)



Şekil 5.17. 4504 gram ağırlığındaki sonuç ürünler (Özer, 2018)

Elde edilen levha diğer bağlayıcılarla oluşturulan numunelere kıyasla daha rijit olduğu gözlemlenmiştir ve kuruma aşamasında esneme olmamıştır. Oluşturulan levhada nem ya da küf sorunu gözlenmemiş, zaman aşımına bağlı olarak da yüzeyde aşınma ya da döküntü gözlenmemiştir. Isıl iletkenlik, ses geçiş kaybı ve ses yutma testi için gerekli ölçülerde üretilen levhalarda, üretim aşamasında herhangi bir sorunla karşılaşılmamıştır. Bu nedenle deneysel çalışmalara meşe mazısı ve yapı esaslı akrilik bağlayıcı ile yapılmış olan levhalar ile devam edilmiştir.

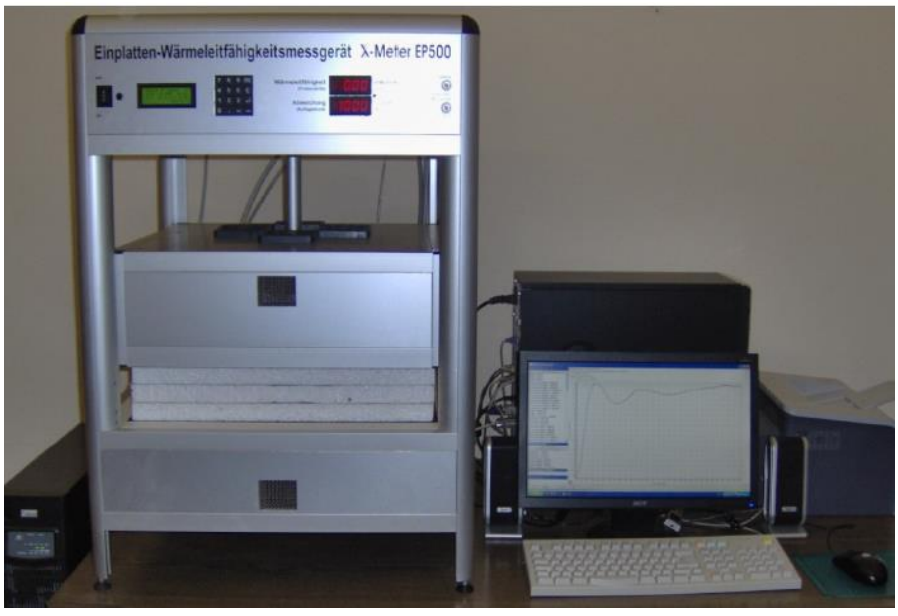
Isıl iletkenlik testi için gerekli olan 500x500x50 mm ölçülerindeki levhadan 1 adet, ses geçiş ve ses yutma testi için gerekli olan 500x500x20 mm ölçülerindeki levhalardan 48 adet, empedans tüpünde ses geçiş kaybı ve ses yutma testlerinin gerçekleştirilebilmesi için 98.5 mm ve 27.5 mm çapında ve 30 mm yüksekliğinde 3'er adet silindirik numune hazırlanmıştır.

5.3. Deneysel Çalışmalar

Hazırlanan numunelere ısıl iletkenlik, ses geçiş kaybı ve ses yutma testleri uygulanmıştır. Ayrıca levhaların üretim aşamasında kg başına oluşan karbon ayak izi hesaplanmıştır.

5.3.1. Isıl İletkenlik Katsayısı Testi

Üretilen levhanın, ısıl iletkenlik katsayısının belirlenmesi için uygulanan test, Gebze'de bulunan inşaat malzemeleri pazarında yer alan ve Ar-Ge bölümü olan bir firmada, EP500 muhafazalı sıcak plaka cihazı (Lambda-Meßtechnik GmbH Dresden) ile gerçekleştirilmiştir. Şekil 5.18'de görülen ısıl iletkenlik test cihazı, TS ISO 8302 standardına uygun olup 0.005 ile 1.8W/mK aralığında ölçüm yapabilen bir ısıl iletkenlik aygıtıdır (Yüksel ve Avcı, 2012). Bu test cihazı otomatik kontrollü ve EP500 kontrol programı ile çalışmaktadır.



Şekil 5.18. Isıl iletkenlik katsayısı test cihazı (Yüksel ve Avcı, 2012)

5.3.2. Ses Geçiş Kaybı ve Ses Yutma Testi

Ses geçiş ve ses yutma katsayısı tespiti için uygulanan testlerden biri özel ses yalıtım odasının 300cmx400cm ölçülerinde 12m² alana sahip bir duvarının ölçüm yapılacak olan malzeme ile kaplanması ile gerçekleşmektedir. Bu oda tasarımı ses dağılımının homojenliğini sağlayacak şekilde yapılmaktadır. Verilen ölçülerdeki duvar, malzeme ile kaplandıktan sonra mikrofondan verilen ses değerlerinin sonuçları veri toplama cihazında toplanarak grafiksel sonuçları elde edilmektedir. Böylelikle testin sonucunda kaplanan malzemenin ses geçiş ve ses yutma değerleri tespit edilmektedir.

Bu çalışmada da ses geçiş ve ses yutma değerleri tespiti için testin yapılabilmesi için 48 adet 500x500x20 mm ölçülerinde levha oluşturulmuştur. Testin uygulanacağı laboratuvardaki yoğunluk sebebiyle malzeme başka bir depoda bekletilmiştir. Testin uygulanacağı laboratuar koşullarını bekleme süresinde, levhalar bir başka depoda uzun süreli bekletilmiştir. Ancak depolama koşullarından dolayı levhalarda kırılma ve deformasyon meydana gelmiştir (Şekil 5.19.). Levhaların kırılan ve deformasyona uğrayan bölümleri bağlayıcı ile birleştirilmeye çalışılsa da ikinci defa ısıl işlem gören levhalarda deformasyon devam etmiştir (Şekil 5.20.). Kullanılan depo ile testin uygulanacağı alan arasındaki mesafenin (585 km) fazla olması, levhalarda kırılma riskinin yüksek olması gibi olumsuzluklar dikkate alındığında, sonuç olarak bu duruma alternatif empedans tüpü testi ile ses geçiş kaybı ve ses yutma testinin yapılmasına karar verilmiştir.



Şekil 5.19. Levhalarda meydana gelen kırılma (Özer, 2018)



Şekil 5.20. İkinci ısıl işlem sonrası levhalarda meydana gelen deformasyon (Özer, 2018)

Empedans tüpü ile ölçüm, akustik odalarda yapılan ölçümlere alternatif bir yöntemdir. Diğer yöntemlere göre empedans tüpü ile yapılan ölçümler için gerekli olan numune miktarının az sayıda, küçük boyutlarda olması buna ek olarak testin kısa sürede yapılıyor olması açısından oldukça avantajlıdır. Empedans tüpü ile gerçekleştirilen ses yutma ve iletim kaybı testlerinde oldukça hassas ölçümler yapılabilmektedir.

Empedans tüpü ile ölçüm yapılabilmesi için 98.5 mm ve 27.5 mm çaplarında 3'er adet numune gerekmektedir. Çift şaftlı ahşap kırma makinesinde 0.5-10 mm boyutlarına getirilen mazılar, yapı esaslı akrilik reçine ile birleştirilerek kompozit silindirler üretilmiştir. Bu numunelerin üretimi için 650 gram mazı, 100 gram yapı esaslı akrilik reçine ve 50 gram yapı esaslı akrilik sertleştirici ile karıştırılarak hazırlanan karışım daha önceden hazırlanmış olan 98.5 mm ve 27.5mm çaplarındaki PVC kalıplara yerleştirilmiştir (Şekil 5.21.). Hazırlanan karışım kalıplara aktarılmadan önce, akrilik reçinenin PVC kalıplarla etkileşime girmemesi için çerçevenin yüzeyi naylon folyo ile kaplanmıştır.



Şekil 5.21. PVC kalıplara yerleştirilen karışım (Özer, 2019)

150 ton kapasiteli hidrolik pres makinesinde, 98.5 mm ve 27.5 mm çapındaki silindirlere sırasıyla 4.777 kPa ve 59.713 kPa basınç uygulanmıştır (Şekil 5.22.). Pres işlemi sonrası hazırlanan 6 adet numune 50°C derecedeki pişirme fırınında 1 saat ısıl işlem görmüştür. Sonrasında numuneler 18°C derecedeki odalarda 24 saat kurumaya-dinlenmeye bırakılmıştır. Sonuç olarak üretilen silindirlerin her biri 30mm yüksekliğinde olup, 98.5 mm çapında olanları ~245 gram, 27.5 mm çapında olanları ise ~18 gram ağırlığındadır (Şekil 5.23.).

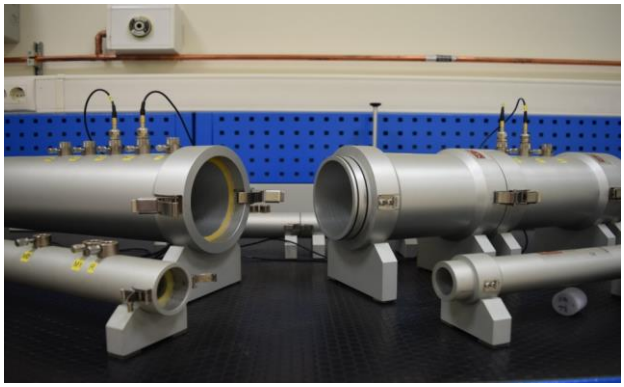


Şekil 5.22. Pres makinesinde basınç uygulanan numune (Özer, 2019)



Şekil 5.23. Ses geçiş kaybı ve ses yutma testi için hazırlanan numuneler (Özer, 2019)

Hazırlanan numuneler, TS EN ISO 10534-2 standartlarına uygun olacak şekilde yapılacak ses geçiş kaybı ve ses yutma testleri için TSE Yapı Malzemeleri Yangın ve Akustik Laboratuvarı'na gönderilmiştir. Testte kullanılan alet şekil 5.24'de gösterilmiştir.



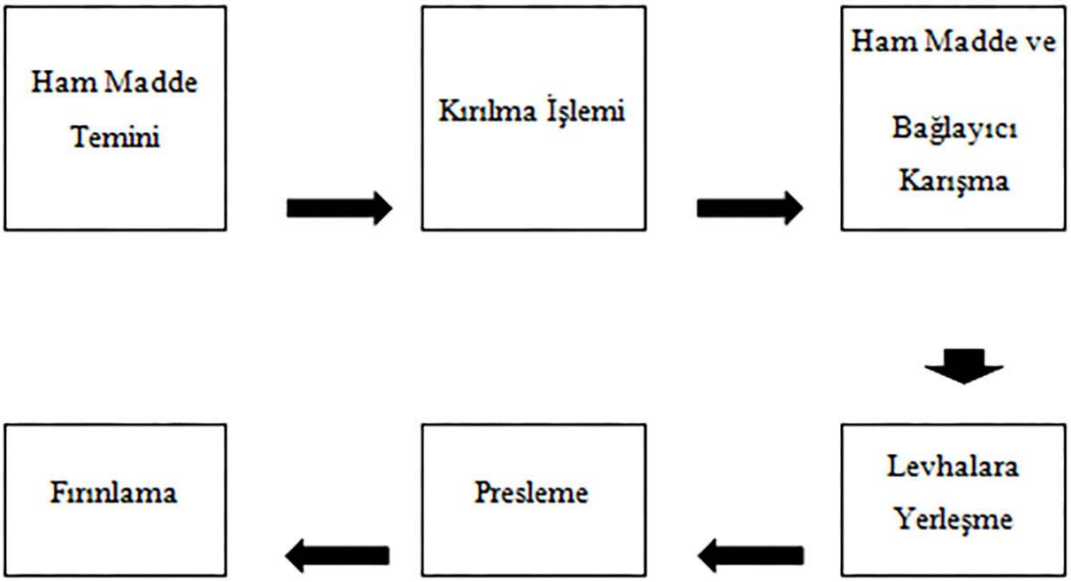
Şekil 5.24. Ses geçiş kaybı ve ses yutma testinin yapıldığı empedans tüpü (URL-22)

Kırılma sonrası test için kullanılamayan levhalar malzemenin karbon ayak izi hesaplanmasında kullanılmıştır.

5.4. Karbon Ayak İzi Hesaplanması

5.4.1. Levha Üretim Süreci

Bu çalışmada 1.000m²'lik alanın meşe mazısından üretilmiş olan yalıtım levhalarından kaplanması için gerekli levha üretiminin, yapım aşamasındaki karbon ayak izi hesaplanmıştır. Meşe mazısı levhasının üretimiyle ilgili akış şeması Şekil 5.25.'te gösterilmektedir. Meşe ağacının bir türü olan ve ağacın yaşam döngüsü içerisinde oluşturduğu patolojik oluşum olan mazının, levha haline getirilebilmesi için kırılma ham madde ile karıştırılma, pres ve kuruma işlemleri yapılmaktadır.



Şekil 5.25. Meşe mazısı levhasının üretim aşamaları

Yapılan işlemlerde enerji kaynağı doğalgaz ve elektrik kullanılmaktadır. Buna ek olarak dışarıdan temin edilen ham maddenin nakliyesi, çalışanların ulaşımı vb. yardımcı faaliyetlerde de enerji tüketilmektedir. Enerji tüketimine sebep olan tüm faaliyet ve faktörler göz önünde bulundurularak, 1.000m²'lik alanın meşe mazısı levhasıyla kaplanabilmesi için gerekli olan malzemenin üretim aşamasında oluşan enerji ve karbon ayak izleri hesaplanmıştır.

5.4.2. Hesap yöntemi

IPCC 2006 kılavuzuna göre, sera gazı salımlarının ayak izi hesaplanmasında üç farklı Tier yaklaşımı mevcuttur (IPCC, 2006). Bu üç yaklaşım kademeli olarak seviyelere ayrılmıştır. Bu seviyeleri belirleyen unsurlar faaliyet verileri ve teknoloji detaylarıdır. Tier-1, daha az veri gerektiren ve genel kabul edilen emisyon faktörü katsayılarının kullanılmasıyla yapılan hesap yöntemidir. Tier-2 aktivite verilerini içeren bir önceki seviyeden farklı olarak ülkenin kendi emisyon faaliyet katsayılarının kullanılmasıyla yapılan hesap yöntemidir. Tier-3 yöntemi ise içlerinde en çok detay veri ve bilgiyi içeren, tesis ve ülke bazlı özel yöntemlere sahip olan en karmaşık ve kapsamlı hesap sistemidir.

Çalışmada gerçekleştirilen enerji ve karbon ayak izi hesaplamaları, eldeki mevcut verilerin sınırlı olması sebebiyle, 'Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Yaklaşımı' kapsamında denklem 5.1.'de gösterilen IPCC' nin en basit yaklaşım olan Tier-1 metodu

kullanılarak hesaplanmıştır (IPCC, 2006). Bir firmanın kauçuk üretimi aşamasındaki karbon ayak izini hesaplayan başka bir çalışmada, uygulama kolaylığı ve verilerin niteliğine bağlı olarak hesap yöntemi olarak Tier-1 metodu kullanıldığı ifade edilmiştir (Mutlu vd., 2018).

$$CF = AD \text{ X } EF \qquad (5.1.)$$

Formüldeki CF; bir tesisin tüm faaliyetleri sonucu atmosfere yaymış olduğu hava kirleticilerinin karbondioksit eşdeğeri (CO_2e) cinsinden miktarını, yani karbon ayak izini ifade etmektedir. AD; üretim akış şemasında tüketilen ya da üretilen maddesel verileri (faaliyet verilerini), EF ise kirleticilerin birim değeri için ortalama emisyon faktörlerini temsil etmektedir. Üretim aşamasındaki karbon ayak izi hesaplanmış bazı yapı malzemelerinin karbon ayak izi değerleri Çizelge 5.1.' de, proses başına karbon aya izi değerleri ise Çizelge 5.2. 'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Isı yalıtım malzemelerinin üretimlerinin karbon ayak izleri

Malzeme	**kg CO2eq**	**Kaynak**
Polistren Köpük (EPS)	3.24197	PréConsultants (2001) ; Akgün (2017)
Ekstrüde Polistren (XPS)	4.04462	PréConsultants (2001) ; Akgün (2017)
Poliüretan köpük (PUR)	4.42797	PréConsultants (2001) ; Akgün (2017)
Cam Yünü	3.30205	PréConsultants (2001) ; Akgün (2017)
Taş Yünü	2.17293	PréConsultants (2001) ; Akgün (2017)
Kauçuk Ürün	3.15	Mutlu vd. (2018)
Kağıt	1.5	Wang vd.,(2016) ; Mutlu vd., (2018)
Odun Lifli Levha (WF)	1.2	Paolella & Grifoni, (2018)
Ahşap Yünü (WW)	0.98	Paolella & Grifoni, (2018)

Çizelge 5.2. Üretim başına karbon ayak izi analiz değerleri

Malzeme	**Maden Çıkarma**	**Üretim**	**Taşıma**	**Toplam (tCO2eq / kg)**	**Kaynak**
Polistren Köpük (EPS)	0.0005	0.003	0.000025	0.003525	Akgün (2017)
Taş Yünü	0.0003	0.002	0.000015	0.002302	Akgün (2017)

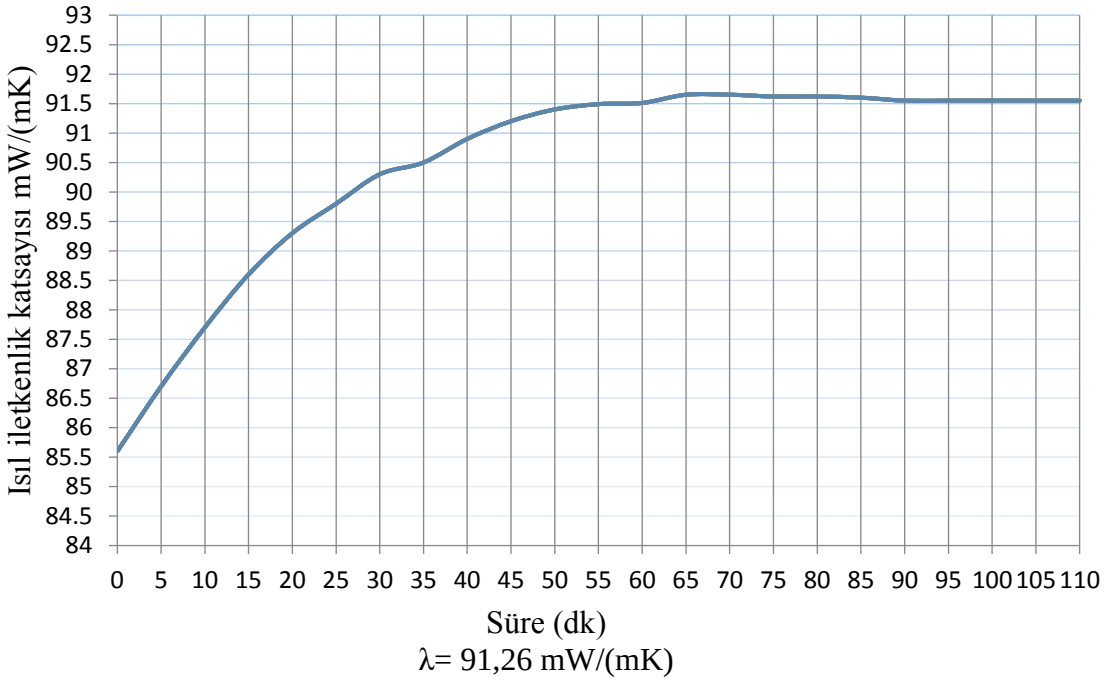
BÖLÜM 6

BULGULAR VE SONUÇ

6.1. Isıl İletim Katsayısı Testi Sonucu

Isıl iletim katsayısı testi için yapı amaçlı akrilik bağlayıcı ve mazı meşesi ile oluşturulmuş 500x500x50 mm ölçülerindeki levha, Gebze'de bulunan, inşat malzemeleri pazarında yer alan Ar-Ge bölümü olan bir firmaya gönderilmiştir. Firmanın Ar-Ge bölümünde yapılan testin sonuçları Çizelge 6.1.'de gösterilmiştir. Bu tabloya göre yapı amaçlı akrilik bağlayıcı ve mazı meşesi ile oluşturulmuş 500x500x50 mm ölçülerinde, 360kg/m³ yoğunluğundaki levhanın ısıl iletkenlik katsayısı 0.091W/mK'dır. Levhanın ısıl direci ise 0.5494 m²K/W olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 6.1. Isıl iletkenlik katsayısı testi sonucu



λ= 91,26 mW/(mK)

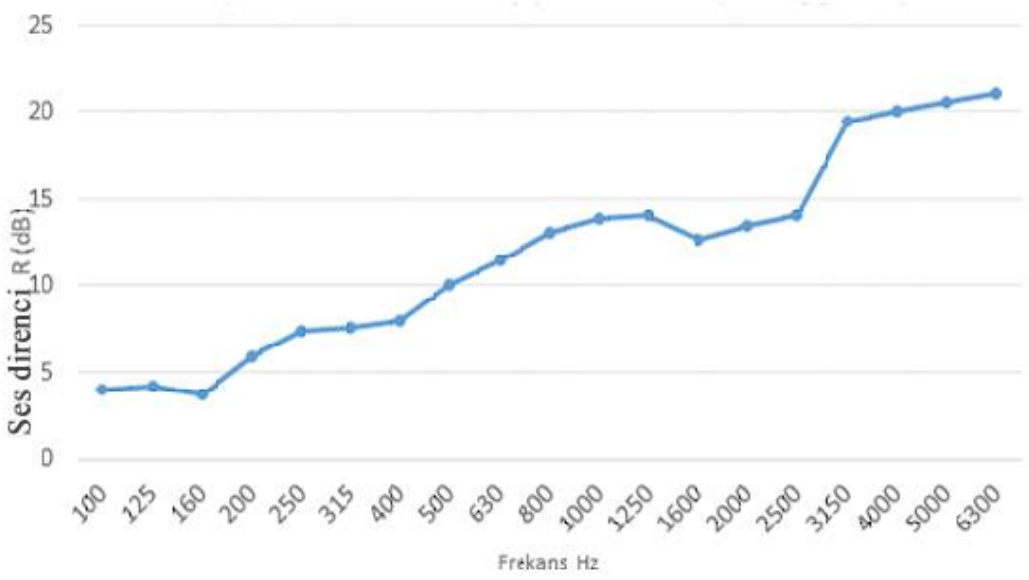
Meşe mazısı levhasının ısıl iletim katsayısı testi sonucunda elde edilen değerlere bakıldığında ISO ve CEN standartlarına göre ısı yalıtım malzemesinin olması gereken ısıl iletkenlik katsayısından daha büyük bir değere sahip olduğu görülmektedir. Bu nedenle hazırlanan numune gerekli ısı yalıtım malzemesi değerlerine sahip olmayıp, zayıf ısı yalıtım iletim değerine sahip doğal yapı malzemesi olarak nitelendirilebilir.

Meşe mazısı levhasının ısıl iletkenlik katsayısı, ısı yalıtım malzemeleri bölümde verilen günümüzde ısı yalıtım amacıyla kullanılan malzemelerin ısıl iletkenlik değerleri ile karşılaştırıldığında, sentetik esaslı malzemelere göre ısıl iletkenlik katsayısı daha büyük olduğu görülmektedir. Doğal malzemelerle karşılaştırıldığında ise birçok malzemeden daha iyi sonuca sahip olduğu görülmekte ve en yakın değer aralığında ahşap yünü ve odun lifli levhalar yer almaktadır.

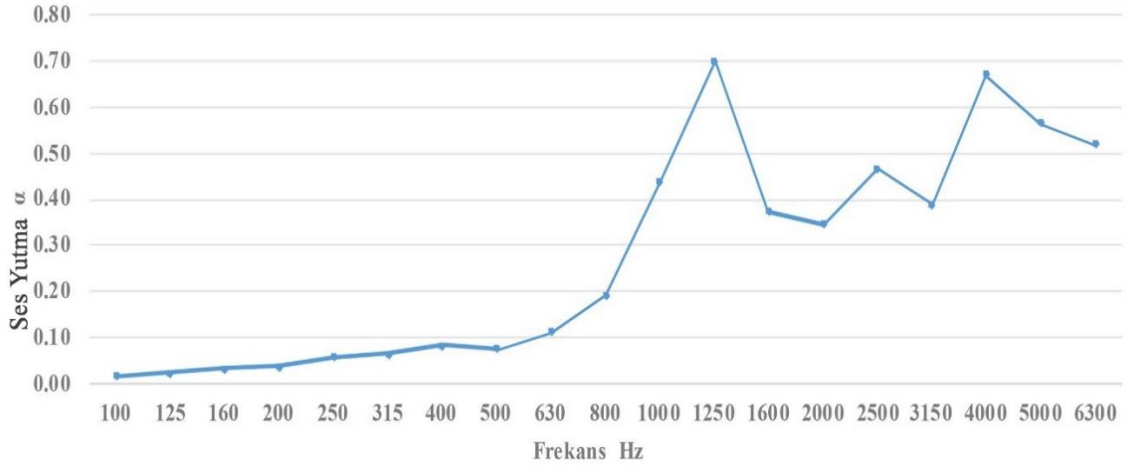
6.2. Ses Geçiş Kaybı ve Ses Yutma Testi Sonucu

Empedans tüpü ile ses geçiş kaybı ve ses yutma ölçümü yapılabilmesi için 3 adet 98.5 mm ve 3 adet 27.5 mm çaplarında toplamda 6 adet numune, TSE Yapı Malzemeleri Yangın ve Akustik Laboratuvarı'na gönderilmiştir. TSE Yapı Malzemeleri Yangın ve Akustik Laboratuvarı'nda yapılan ses geçiş kaybı testi sonucu Çizelge 6.2.'de, ses yutma katsayısı testi sonucu Çizelge 6.3.'de aktarılmıştır.

Çizelge 6.2. Ses geçiş kaybı testi sonucu



Çizelge 6.3. Ses yutma testi sonucu



Bu çizelgelere göre yapı amaçlı akrilik bağlayıcı ve mazı meşesi ile oluşturulmuş, 98.5mm çap- 30mm yükseklik ve 27.5 mm çap- 30 mm yüksekliğe sahip numunelerin ses geçiş kaybı ortalama 12.5 dB, ses yutma katsayısı 12500 Hz' de 0.70α olarak ölçülmüştür.

Ses yalıtım malzemeleri bölümünde, günümüzde ses yalıtım amacıyla kullanılan bazı malzemelerin ses yutma katsayıları verişmiştir. Çizelgede verilen malzemelerin değerleri ile meşe mazısının değerleri karşılaştırıldığında, meşe mazısın ses yutma değerinin, özellikle bazı sentetik esaslı malzemelere göre çok daha başarılı olduğu gözlenmiştir. Ayrıca meşe mazısının ses yutma katsayısının yine birçok doğal malzemenin ses yutma değerlerine göre daha başarılı olduğu görülmektedir. Yapılan testlerin sonucunda meşe mazısının ses yutma katsayısına en yakın değere sahip ürünler ahşap yünü ve odun lifli levhalardır.

6.3. Karbon Ayak İzi Hesap Sonucu

Çalışmanın bu bölümünde 1.000m²'lik alanın meşe mazısı levhasıyla kaplanabilmesi için gerekli olan levhaların üretimi aşamasında oluşan karbon ayak izi hesaplanmıştır. 1.000m²'lik bir alanın meşe mazısı levhası ile kaplanabilmesi için 500x500x50 mm boyutlarında 4.000 adet levha gerekmektedir. 4.000 adet levhanın oluşturulması için 10.8 ton mazı ve 3.6 ton yapı amaçlı akrilik bağlayıcı ve sertleştirici kullanılmıştır. Bu veriler kapsamında; belirlenen sayıdaki meşe mazısı levhasının üretimi

için katı atık üretiminden, elektrik kullanımından, ham maddeden, taşımacılıktan ve ısıl işlem için yakıt olarak kullanılan doğalgazdan kaynaklanan emisyon miktarı hesaplanmıştır. Su ve atık su verileri bu çalışmada karbon ayak izi hesaplarını etkileyecek miktarda kullanılmadığından hesaba dahil edilmemiştir. Hesaplamaların gerçekleştirilmesinde kullanılan faaliyet verileri Çizelge 6.4.'de verilmiştir. Hesaplamalar ham maddenin toplanma yerinden alınarak tesise getirilmesiyle başlayan ve nihai ürün oluşumu ile sonlanan süreci kapsamaktadır. Bu süre içerisinde işletmede meydana gelebilecek enerji kayıpları hesaplamalarda dikkate alınmamıştır. Çalışmada kullanılan tüm araçların dizel olduğu kabul edilmiştir.

Çizelge 6.4. 4.000 adet meşe mazısı levhasının üretilmesi için gerekli faaliyet verileri

Faaliyet Verisi	**Birim**	**Miktar**
Meşe Mazısı Levhası	ton	~14400
Endüstriyel Atık	ton	~0.0144
Elektrik Tüketimi	kWh	~1045.6
Doğalgaz Tüketimi	m^3	~249.75
Personel Aracı	km	~48
Nakliye	km	~139.4

Levha üretiminin karbon ayak izinin hesaplanmasında kullanılan emisyon faktörleri İngiltere Çalışma, Enerji ve Endüstriyel Strateji Bakanlığı veri tabanından temin edilmiştir (DBEIS, 2018). Bu çalışmanın temelini oluşturan iki malzeme, meşe mazısı ve yapı amaçlı akrilik bağlayıcıdır. Çalışmanın ham maddesi olan mazı meşesinin emisyon değeri, ortalama bir ahşap emisyonu esas alınarak belirlenmiştir. Levha yapımında bağlayıcı olarak kullanılan yapı amaçlı akrilik reçine için belirlenen ikincil ham madde emisyon faktörü, ortalama bir inşaat yalıtım malzemesi değeridir. Çizelge 6.5.'de ilgili emisyon faktörleri verilmiştir.

Çizelge 6.5. Emisyon faktörleri (DBEIS, 2018)

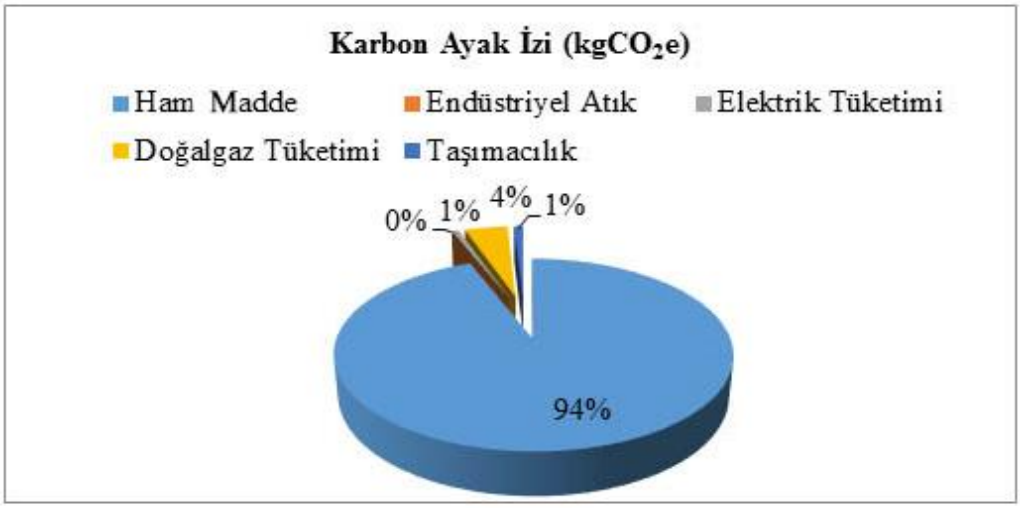
Faaliyet Verisi	**Birim**	**Emisyon Faktörü**
Birincil Ham Madde	$kgCO_2e$/ton	416
İkincil Ham Madde	$kgCO_2e$/ton	1.852
Endüstriyel Atık	$kgCO_2e$/ton	21,4
Elektrik Tüketimi	$kgCO_2e$/kWh	0,07367
Doğalgaz Tüketimi	$kgCO_2e/m^3$	2,04652
Personel Aracı	$kgCO_2e$/km	0,21520
Nakliye Kamyonu	$kgCO_2e$/km	0.70576

Çizelge 6.5.'den de anlaşılacağı üzere emisyon faktörleri bu çalışmada $kgCO_2e$ olarak verilmiştir dolayısıyla her gaz için ayrıca hesap yapmaya gerek kalmamıştır.

Çizelge 6.4.'de verilen faaliyet birim ve miktarları, Çizelge 6.5'de verilen emisyon faktörleri ve IPCC'nin Tier-1 formülüne göre hesaplanan 1.000m² alan kaplamak için gerekli olan 4.000 adet meşe mazısı levhasının üretiminin karbon ayak izi sonuçları Çizelge 6.6.'da görülmektedir. Bu miktarların yüzdelik değerleri Şekil 6.1.'de verilmiştir.

Çizelge 6.6. 1.000m² alan kaplamak için gerekli olan 4.000 adet meşe mazısı levhasının üretiminin karbon ayak izi

Karbon Ayak İzi Kaynakları	**Karbon Ayak İzi($kgCO_2e$/1.000m² ürün)**
Ham Madde	11.160
Endüstriyel Atık	0,31
Elektrik Tüketimi	77,03
Doğalgaz Tüketimi	511,12
Taşımacılık	108,71
TOPLAM	~11.857,17

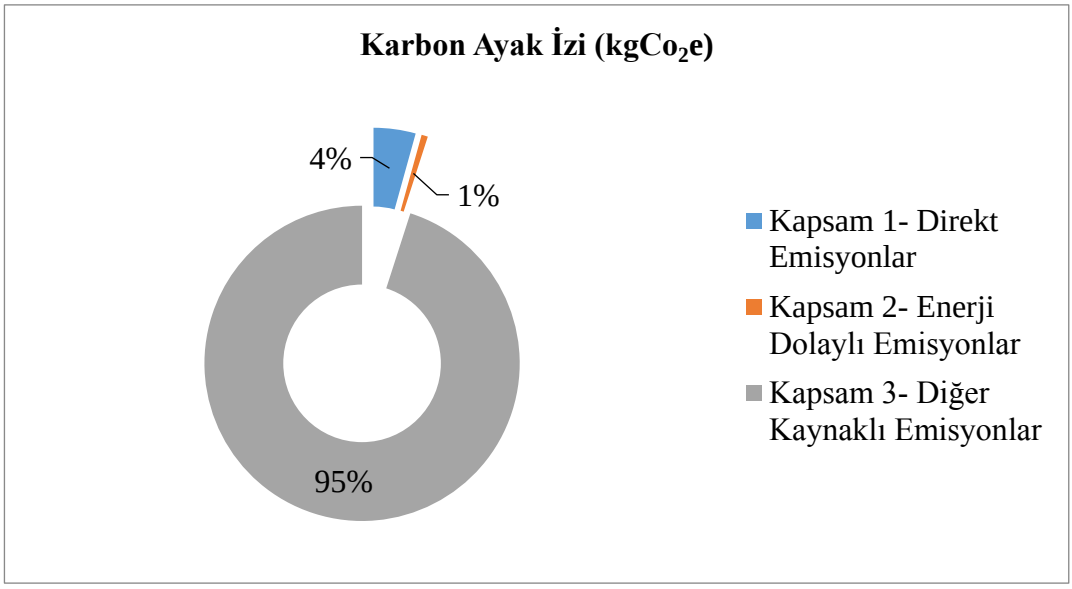


Şekil 6.1. Bulgulara göre hesaplanan karbon ayak izinin yüzdesel dağılımı

Çizelge 6.6.'da verildiği gibi hesaplanan karbon ayak izi yaklaşık 11.857,17 kg CO_2e tahmin edilmiştir. Şekil 6.7.'den de anlaşıldığı gibi karbon ayak izinde en büyük orana sahip olan kaynak, kullanılan ham madde karbon emisyonuna (%94) aittir. İkinci sırada doğal gaz tüketimi yer alırken, üçüncü sırada üretim aşamasında kullanılan makinelerin sebep olduğu elektrik tüketimi ve aynı paya sahip taşımacılık yer almıştır. Endüstriyel atık karbon emisyonları yok denecek kadar az bir paya sahiptir. Kapsamlarına göre direkt emisyonlar, enerji dolaylı emisyonlar ve diğer kaynaklı emisyonlara ait karbon ayak izi değerleri yaklaşık olarak Çizelge 6.7.'de ve kapsamlarına göre karbon ayak izinin yüzdesel dağılımı Şekil 6.2.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.7. Kapsamlarına göre emisyon kaynaklarının karbon ayak izi miktarı

Kapsamlar	**Emisyon Kaynağı**	**CF (kg CO_2e/yıl)**
Kapsam 1- Direkt Emisyonlar	Doğal Gaz	511,12
Kapsam 2- Enerji Dolaylı Emisyonlar	Elektrik	77,03
Kapsam 3- Diğer Kaynaklı Emisyonlar	Ham Madde	11.269,02
	Endüstriyel Atık	
	Taşımacılık	



Şekil 6.2. Kapsamlarına göre karbon ayak izinin yüzdesel dağılımı

Şekil 6.2.'den de görüldüğü gibi kapsam 3'e dahil olan endüstriyel atık, taşımacılık ve kullanılan ham maddelerden kaynaklı emisyonlar yaklaşık %95 ile en büyük payı oluşturmaktadır. Kapsam 1'e dahil olan üretim aşamasında kullanılan doğal gaz kaynaklı emisyonlarsa yaklaşık %4 ile toplam karbon salınımında ikinci sırada yer almaktadır. Son sırada ise elektrik kaynaklı emisyonlar olup yalnızca toplam karbon salınımında %1 paya sahiptir.

Yapılan hesaplamaların sonucunda meşe mazılarının üretim sürecindeki kg başına karbon ayak izi ~0.82 $kgCO_2e$ olarak hesaplanmıştır. Karbon ayak izi hesap yöntemi bölümünde verilen çizelgede yapı malzemelerinin üretimlerinin karbon ayak izleri değerleri mevuttur. Bu çizelgedeki değerlere bakıldığında meşe mazısından üretilen levhanın EPS, XPS, cam yünü, taş yünü gibi günümüzde kullanılan birçok yalıtım malzemesine göre kg başı karbon ayak izinin çok daha düşük olduğu görülmektedir. Meşe mazısının sonuçlarına en yakın değer yine ahşap yününe aittir.

Karbon ayak izi hesap yöntemi bölümünde verilen bir başka çizelgede günümüzde en çok kullanılan yalıtım malzemelerinden olan EPS ve taş yününe ait proses başına karbon ayak izi analiz değerleri verilmiştir. Bu değerlere bakıldığında iki malzemenin proses sürecinde karbon ayak izi değerlerinde en büyük orana sahip olan aşamanın, meşe mazısında olduğu gibi üretim aşamasından kaynaklı olduğu görülmektedir.

6.4. Sonuç Ve Değerlendirme

Meşe mazısı bir ürün ya da ham madde olmayıp her yıl düzenli olarak oluşan patolojik bir oluşumdur. Mazı, mazı arısının üreme döngüsünün doğal bir parçasıdır. Mazı arısı gelişimini tamamladıktan sonra mazıyı terk eder ve bundan sonraki süreçte mazı, ağaç ya da arı için bir önem ya da gereklilik arz etmemektedir. Bu nedenle meşe mazısı, ağacın kullanılmayan ekolojik bir atığıdır. Meşe mazısı ekolojik, doğal, yenilenen, tüketiminin bir zararı olmayan, bir döngü sonucu oluşan fakat bir döngünün parçası olmayan bir malzemedir.

Bu çalışmada, odun dışı ürünler sınıfında yer alan, ekolojik bir atık olan meşe mazısından üretilen levha ile günümüzde kullanılan yalıtım malzemeleri; ısı yalıtım özellikleri, ses yalıtım özellikleri ve malzemenin üretim aşamasındaki karbon ayak izi konularında kıyaslanmıştır. Meşe mazısından elde edilen yapı malzemesi numunelerine ısıl iletim, ses geçiş kaybı, ses yutum testleri uygulanmış, malzeme üretim aşamasındaki karbon ayak izi hesaplanmıştır.

Yapılan ısıl iletkenlik testi sonucunda 360kg/m² yoğunluğunda, 500x500x50mm ölçülerindeki meşe mazısı levhasının ısıl iletkenlik değeri 0.091W/mK, ısıl direnci 0.5494 m²K/W olarak hesaplanmıştır. Bu değere en yakın malzeme yine doğal malzeme sınıfından 360-480 kg/m³ yoğunluğunda 0.090 W/mK (Pašić vd.,2010) değere sahip ahşap yünü (WW) ve 230-400 kg/m³ yoğunluğunda 0.86 W/mK (Akıncı,2007) ısıl iletkenlik değerine sahip odun lifli levhadır (WF). Üretilen levhanın ısıl iletkenlik katsayısı sentetik esaslı malzemelere göre daha büyük olup, birçok doğal malzemeye kıyasla daha küçük bir değere sahiptir.

Empedans tüpünde yapı amaçlı akrilik bağlayıcı ve mazı meşesi ile oluşturulmuş, 98.5mm çap- 30mm yükseklik ve 27.5 mm çap- 30 mm yüksekliğe sahip numunelere uygulanan ses geçiş kaybı ve ses yutma testlerinin sonucunda, malzemenin geçiş kaybı ortalama 12.5 dB, ses yutma katsayısı 12500 Hz' de 0.70α olarak ölçülmüştür. Bu değerlere en yakın katsayılara sahip malzemeler yine doğal malzemeler sınıfından 1000-2000 Hz aralığında 0.52-0.71 α (URL-12) ses yutma katsayısına sahip ahşap yünü (WW) ve 1500 Hz'de 0.81α (Kaya &Dalgar,2017) yutma katsayısına sahip olan odun lifli levhalardır. Üretilen levhanın ses yutma değerinin, birçok sentetik esaslı ve doğal malzemelere göre olumlu olduğu gözlenmiştir.

Yapılan testler sonucunda meşe mazısından üretilen yapı malzemesinin ısıl iletim ve ses yutumu açısından diğer malzemelere kıyasla oldukça iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Testler için üretilen numunelerden yola çıkılarak yapılan karbon ayak izi hesabında ise, meşe mazısı levhasının üretim aşamasında kg başına karbon ayak izi ~0.82 $kgCO_2e$ olarak hesaplanmıştır. Bu sonuca göre günümüz ısı ve ses yalıtımı amacıyla kullanılan EPS (3,24197 $kgCO_2e$), XPS (4,04462 $kgCO_2e$), taş yünü (2,17293 $kgCO_2e$) (PréConsultants, 2001; Akgün, 2017) vb. malzemelerin karbon ayak izi değerleriyle kıyaslandığında, meşe mazısı levhasının karbon ayak izi değerinin günümüzde kullanılan birçok yalıtım malzemesine göre en düşük değerlere sahip olduğu belirlenmiştir.

Malzemenin doğal kaynaklı oluşu, yapımında az ve dönüştürülebilir enerji ağırlıklı tüketim olması, atık ürününün çok az ve doğal olması sebebiyle kg başı karbon ayak izi oldukça düşüktür. Fakat malzemenin tek başına kullanılması durumunda yoğunluğunun, buna bağlı olarak ağırlığının çok olması toplam karbon ayak izinin de artmasına sebep olacaktır. Ayrıca yapı malzemesinin yoğunluğunun çok yüksek olması, yapıya fazladan ilave olan bina yükü olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durum binada özellikle statik açıdan istenmeyen bir durumdur. Bu bağlamda kg başına karbon ayak izinin düşük değere sahip olması ve malzeme yoğunluğunun fazla olması, malzemenin kompozit olarak kullanılmasını destekler niteliktedir. Böylelikle hem malzemenin ağırlığı düşürülebilir hem de birlikte kullanıldığı yapı malzemelerinin özellikleriyle birleşerek elde edilen sonuçlarda daha çok iyileşme gözlemlenebilir.

Mazı meşesinin ülkemizde birçok bölgede yayılış göstermesi sebebiyle, mazı yerel malzeme olarak düşünülebilir. Malzeme kullanımın yaygınlaşması ve malzemenin elle toplanıyor olması birçok yerde istihdam yaratacaktır. Malzeme kullanımı ve toplanmasının yaygınlaşması ile ham madde eldesinde ulaşım sıkıntısı ortadan kalkacaktır. Ayrıca bu yaygınlaşma ile malzeme toplayan ve satışını gerçekleştiren firmalar arasında rekabet ortamı oluşabilir ve bu sayede günümüzde Orman Genel Müdürlüğü'nün belirlediği birim fiyat değerlerinin çok daha üzerinde bir fiyat aralığı ile piyasada satışı yapılan mazının satış fiyatlarında azalma gözlenebilir.

Ham maddenin toplanacağı, işleneceği ve ürünün hazırlanacağı üretim tesisi arasındaki mesafenin kısa olması zaman, finansal, enerji vb. konularda kazanım sağlamaktadır. Günümüzde malzeme toplayan ve satışını gerçekleştiren firmaların

sayısının az olması sebebiyle, yapılacak deneysel çalışmalarda malzeme işlenmesi ve muhafaza şartlarının oluşturulabilmesi açısından, üniversite- sanayi iş birliği önem kazanmaktadır.

Meşe mazısının odun dışı ürün oluşu, bitkisel esaslı doğal malzemelerin yapılarda kullanımı ekolojik tasarımı destekler niteliktedir. Meşe mazısı doğal malzeme olduğundan, insan ve çevre sağlığına zarar vermediği gibi iç ortamda da insan sağlığı için uygun koşulların oluşumda katkı sağlayacaktır.

Meşe mazısı ile ilgili yapılacak benzer çalışmalarda mazının tanecik boyutu, kullanılan bağlayıcı ve miktarı, pres değerlerinin değiştirilerek ayrıca test ve hesaplamaların yapılması yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

Abacı Ö., (2018). *Türkiye İnşaat Sektöründe Sürdürülebilirlik: Sürdürülebilir Beton Üretimi.* İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Yüksek Lisans Tezi.

Adaçay F. A., (2014). *Türkiye İçin Enerji ve Kalkınmada Perspektifler*. Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 6(2), 87-103.

Akgün M., (2017). *Yapı Malzemelerinde Karbon Ayak İzi Analizi ile Yaşam Döngüsü Analizinin Karşılaştırılması*. BACADER, https://termodinamik.info/makale/yapi-malzemelerinde-karbon-ayak-izi-analizi-ile-yasam-dongusu-analizinin-karsilastirilmasi (Erişim Tarihi :20.05.2019).

Akın G., (2006). *Küresel Isınma, Nedenleri ve Sonuçları*, Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi, Cilt 46, Sayı 2, 29-43.

Akıncı H., (2007). *Günümüzde Uygulanan Isı Yalıtım Malzemeleri, Özellikleri, Uygulama Teknikleri Ve Fiyat Analizleri,* Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Akmandor T., (2011). *Betonarme Yapılarda Sürdürülebilirlik: Bir Sanayi Yapısı Üzerine Örnekleme.* İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Yüksek Lisans Tezi.

Aksoylu C., (2014). *Yapılardaki Ses İzolasyonunun Bilgisayar Ortamında Simülasyonu.* Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Aksu C., (2011). *Sürdürülebilir Kalkınma Ve Çevre.* Güney Ege Kalkınma Ajansı.

Ali M. E., Alabdulkarem A., (2017*). On Thermal Characteristics And Microstructure Of A New Insulation Material Extracted From Date Palm Trees Surface Fibers Construction and Building Materials*. Constructionand Building Materials, Elsevier, New York, 276-284.

Alkaya E., (2011). *Yaşam Döngüsü Analizi ve Bina Sektöründen Örnek Çalışmalar*. AB 7. Çerçeve Programı Kapsamında "Sürdürülebilir Tüketim ve Üretim Projesi" Çalıştayı, Bilkent, Ankara, Türkiye.

Alkaya E., Böğürcü M., Ulutaş F., (2012). *Yaşam Döngüsü Analizi Ve Bina Isı Yalıtım Malzemeleri İçin Uygulamalar*. Çevre Bilim & Teknoloji Cilt 3, Sayı 4, 261-274.

Allen D. C., (1995). G*all Making Insects Unsightly, Yet İngenious.* NY Forest Owner, Mayıs-Haziran 1995, 16.

Altınel T., (2017). *Isı Yalıtım Yol Haritası*. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, El Kitabı, Mart 2017, 5.

Altun D. A,. (2009). *Sürdürülebilir, Enerji Korunumlu Bir Mimarlıkta "TASARIM".* Ege Mimarlık, (Ocak 2009),28-33.

Arslan M. A., Aktaş M., (2018). *İnşaat sektöründe kullanılan yalıtım malzemelerinin ısı ve ses yalıtımı açısından değerlendirilmesi*. Politeknik Dergisi, 2018;21(2):299-320, ISSN: 1302-0900 (print), ISSN: 2147-9429 (online).

Asdrubali F., D'Alessandro F., Schiavoni S., (2015). *A review of unconventional sustainable building insulation materials.* Sustainable Materials and Technologies 4 (2015) 1–17.

Atmaca M., (2010). *Binalarda Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi, (Bep-Tr) ile Otel Binalarının Enerji Performansının Değerlendirilmesi.* İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Aytekin A., Toğral A. K., Yılmaz Ö.H., (2015). *Epoksi Reçineleri ve Mesleki Dermatozlarla İlişkisi.* Ankara Med J, Cilt 15, Sayı 2, 96-101.

Bayraktar K. G., (1999). *Tesisatlarda Isı, Ses Ve Yangın Yalıtımı.* IV.Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi,665-676.

Bayraktar N. T., (2011). *Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Geleneksel Mimaride Ekolojik Yaklaşımlar.* Güney Mimarlık, Aralık 2011, 6.

Bekem, İ., Gültekin, A. B., Dikmen, Ç. B., (2009). *Yapı Ürünlerinin "Hizmet Ömrü" Açısından İrdelenmesi: Betonarme Örneği*. 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), Karabük, Türkiye, 2155-2160.

Bektaş V., Çerçevik A. E., Kandemir S. Y., (2017). *Binalarda Isı Yalıtımının Önemi ve Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığının Yalıtıma Etkisi.* Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Cilt:4, Sayı:1, 2017 ISSN: 2458-7575.

Berber F., (2012*). Ekolojik Malzemenin Tasarımdaki Yeri Ve Ekolojik Malzemeyle Mimari Konut Tasarımı*. Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Türkiye.

Binici H., Sevinç. A.H., Eken M., Demirhan C., (2014). *Mısır Koçanı Katkılı Isı Yalıtım Malzemesi Üretimi.* Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 29(2), 13-26.

BOTAŞ, (2013). *Sektör Raporu,* Bilkent, Ankara.

Bribian I. Z., Capilla A. V., Uson A. A., (2011). *Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential.* ISSN: 0360-1323, Building and Environment, 46, 1133-1140.

Carabaño R., Hernando S., Ruiz D., Beyode C., (2015). *Life Cycle Assessment (LCA) of building materials for the evaluation of building sustainability: the case of thermal insulation materials.* 24.

Ceviz A., (2008). *Atık Odun Talaşı Kullanılarak Isı Yalıtımlı Dış Cephe Kaplama Elemanının Geliştirilmesi.* Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 19.

Csoka G., Mattson W. J., Stone G. N., ve Price P. W., (1998). *The Biology of Gall-Inducing Arthropods,* United States Department of Agriculture. Ağustos,14-19.

ÇŞB, (2015). *Isı Yalıtım Uygulama Kılavuzu.* https://webdosya.csb.gov.tr/db/konya/webmenu/webmenu15657.pdf (Erişim : 20.05.2019).

ÇŞB, (2017). https://www.csb.gov.tr/quot-binalarda-su-yalitimi-yonetmeligi-quot-yayimlandi-bakanlik-faaliyetleri-22044 (Erişim Tarihi : 18.05.2019).

Demirer N.G., (2017). *Yaşam Döngüsü Analizi, Pratik Yaşam Döngüsü Analizi Kılavuzu AB Sürecinde İşletmeler ve Kamu için Yaşam Döngüsü Analizi Yöntem ve Örnekler.* Sürdürülebilir Üretim ve Tüketim Yayınları – I.

DBEIS, (2018). *Greenhouse Gas Reporting: Conversion Factors. Department For Business, Energy & Industrial Strategy.* Condensed set (for most users). https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2018 (Erişim Tarihi: 12.04.2019).

EIA,(2018).https://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=electricity_use (Erişim Tarihi : 20.04.2019).

Ekici M., (1975). *Andrıcus (Cynpıs) Gallaetinctoriae (Oliver) (Mazı Arısı) Üzerine Araştırmalar.* Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Ankara, Türkiye.

EPA, (2006). *Life Cycle Assessment: Principles and Practice. U.S. Environmental Protection Agency.* Washington, DC, EPA/600/R-06/060.

Erten D., (2011). *Yeşil Binalar*, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Bölgesel Çevre Merkezi, Ankara, Türkiye.

ETKB, (2018). *2000-2016 Türkiye Enerji Verimliliği Gelişim Raporu 2018.* EV-2018-01-V-1, Enerji Verimliliği Dairesi Başkanlığı Ölçme ve Değerlendirme Grub, Ankara.

Furkan A., (2018). *Karbon Ayak İzinin Küçültülmesi İçin Belediyelerde Alınabilecek Temel Önlemlerin İrdelenmesi.* Uzmanlık Tezi, İller Bankası Anonim Şirketi.

Gillingham K., Newell R., Palmer K., (2006). *Energy Efficiency Policies: A Retrospective Examination.* Annu. Rev. Environ. Resour., 31(1), 161–192.

Gökaltın E., (2001). *Yapıların zemine oturan döşemelerinde ortaya çıkan nem sorunları ve yalıtım çözümleri.* TMMOB Makina Mühendisleri Odası Yalıtım Kongresi 23-24-25Mart 2001 Eskişehir-Türkiye, 169.

Göksu Ç., (1999). *Güneş-Kent, Güneş Enerjili Yerleşim Modeli*. Göksu Yayınları, Ankara, 29.

Gunawardana K. D., Gunathilaka L. F. D. Z., (2015). *Carbon Footprint Calculation from Cradle to Grave: A Case Study of Rubber Manufacturing Process in Sri Lanka*. International Journal of Business and Social Science, 6, 10.

Guzowski M., (2010). *Sıfır Enerji Mimarlığına Doğru: Yeni Güneş Enerjili Tasarım*. Yem Yayınları, ISBN:978-605-4793-70-9, 162-165, İstanbul.

Gül F., (2013). *İnsan-Doğa İlişkisi Bağlamında Çevre Sorunları Ve Felsefe*. Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi Sayı 14, 17-21.

Güneş A., (2010). *Mazı Meşesi (Quercus Infectorıa Olivier) Gomalağından Doğal Pigment Eldesi.* Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi,11-34.

Güngördü, M., (1999). *Marmara Bölgesinin Bitki Coğrafyası.* İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 4176, E.F. Yayın No: 3416. İstanbul Üniversitesi Basımevi, ISBN: 975-404-536-4.

Han E., Kaya A., (2013). *Kalkınma Ekonomisi, Teori ve Politik.* Ankara: Nobel Yayınevi.

Hoornweg D., Freire M., Lee M. J., Bhada-Tata P., Yuen B., (2011). *Cities and Climate Change: Responding to an Urgent Agenda*. The World Bank, 14-32.

Hozatlı B., (2013). *Muğla İli Koşullarında Betonarme ve Ahşap Malzemeli Binaların Yaşam Döngüsü Analizi*. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye, Doktora Tezi.

IEA (International Energy Agency), (2016). *World Energy Outlook 2016*. IEA, Paris, France.

IPCC, (2006*). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. General Guidance and Reporting.*

İnce A., (2012). *Tesisat Yalıtımı Ve Uygulamaları.* TMMOB Makine Mühendisleri Odası Adana Şubesi.

Johansson T. B., Goldemberg J., (2002). *Energy For Sustainable Development: A Policy Agenda*. United Nations Development Programme. New York, USA.

Karadayı T.T., Yüksel İ., (2016). *Yapılarda Isı Yalıtım Malzemeleri Seçimi Üzerine Bir Araştırma.* Tesisat Dergisi, Sayı 242- Şubat 2016,90-102.

Karayiğit S., (2015). *Enerji Yönetmeliğine Göre Konutların Farklı Isı Yalıtım Malzemeleri İle Yalıtılmasının Ekonomik Analizi Üzerine Bir Araştırma: Kahramanmaraş Örneği.* Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Kartal S., Üstündağ S.I., (2016). *Yapılarda Su Yalıtım Uygulamalarının Önemi Ve Maliyeti.* Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Dergisi, Cilt: 7, 3, 3-9.

Kaya A. İ., Dalgar T., (2017). *Ses Yalıtımı Açısından Doğal Liflerin Akustik Özellikleri.* Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Özel Sayı 1: 25-37, ISSN Online: 1309-2243.

Keskin S. S., Erdil M., Sennaroğlu B., (2017). *Bir Tekstil Fabrikasının Kumaş Üretiminde Enerji Ve Karbon Ayak İzlerinin Belirlenmesi.* VII. Ulusal Hava Kirliliği Ve Kontrolü Sempozyumu, Hava Kirlenmesi Araştırmaları ve Denetimi Türk Milli Komitesi, Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Antalya.

Kılıç S., (2015). *Doğu Anadolu Meşesi (Quercus Brantii) Ve Mazı Meşesi (Quercus İnfectoria) Yapraklarının Silajlarına İlave Edilen Değişik Meyve Posalarının Silaj Kalitesi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi*. Doktora Tezi, Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Kırbıyık E., (2012). *Ses Ve Isı Yalıtımlı Ekolojik Yapı Malzemelerinin İncelenmesi Ve Trakya Bölgesinde Yetiştirilen Ayçiçeği Bitkisinin Yalıtım Malzemesi Olarak Araştırılması.*Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Kısa H., (2015). *Diatomitin Su Yalıtım Membranlarında Dolgu Malzemesi Olarak Kullanılmasıyla Elde Edilecek Performans Artışlarının Analiz Edilmesi.* Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Yüksek Lisans Tezi, 10.

Kulaksızoğlu Z., (2006). *Isı Yalıtım Sektör Araştırması.* İstatistik Şubesi,1.

Küçüker H., (2017). *Sürdürülebilir Çevre Açısından Bir Çevresel Maliyet Unsuru Olan Karbon Maliyetlerin İncelenmesi: Çanakcılar Seramik Fabrikası Örneği*. Bartın Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Bartın.

Mammadov A., Cılız N., (2017). *Yaşam Döngüsü Analizi: Tanımı, Amacı, Sürdürülebilirlik Kavramları ile İlişkisi ve Sanayideki Yeri*. Kalkınmada Anahtar Verimlilik Dergisi, 345,1.

Manohar K., (2012). *Experimental Investigation of Building Thermal Insulation from Agricultural By-products.* British Journal of Applied Science & Technology 2(3):227-239.

Mengeloğlu F. Z., Metin U., Özdemir N., Oduncu M. K., (2011). *Mazı Meşesi (Quercus İnfectoria) Gal Tohumlarının Antimikrobiyal Etkinliği.* Dicle Tıp Dergisi, 38 (3): 309-311.

Mercan H., (2016). *Yalıtım Sektöründe Pazar Araştırması Ve Pazarlama Stratejilerinin İncelenmesi.* Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Mutlu V., Özgür C., Bekiroğlu Ş.Ş.K., (2018*). Kauçuk Endüstisinde Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi.* Bilde International Journal of Science and Tegnology Research., ISSN:2651-401X,140.

Orman Genel Müdürlüğü, (2006). *Meşe Ormanlarının Rehabilitasyonu Eylem Planı 2006-2015.* 14.

Orman Genel Müdürlüğü, (2016). *Uluslararası Katılımlı Meşe Çalıştayı Bildiriler Ve Sonuç Bildirgesi.* Marmara Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, İğneada, 27.

Özçelik G., (2017). *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Kampüsü'nün Enerji Ve Karbon Ayak İzi Açısından Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye.

Öztürk M., Yüksel Y. M., (2016). *Energy Structure of Turkey for Sustainable Development*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 53, 1259–1272.

Öztürk H., (2018). *Merkezi Isıtma Sistemlerinin Ve Isı Ölçüm Ekipmanlarının Verimlilik Potansiyelleri.* Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.

Paolella A., Grifoni R.C., (2018). *The Use Of Expanded Polystyrene In Construction.* WWF Ricerche e Progetti s.r.l.

Pašić Z., Topalović M., Kobaš A., (2010). *Natural Fibrous Therma lInsulation Materials In Building.* 14th International Research / Expert Conference.

Perçin O., Özbay G., Ordu M., (2009). *Farklı Tutkallarla Lamine Edilmiş Ahşap Malzemelerin Mekaniksel Özelliklerinin İncelenmesi.* DPÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Sayı 19, Ağustos 2009,109-119.

Rousseau, D., (2008), *Environmentally Friendly Building Materials*. Sustainable built environment Vol, I, Enccyclopedia of Life Suppart System. Vancouver D.C. Kanada,162-186.

Rosenow, J., Galvin, R., (2013). *Evaluating the Evaluations: Evidence from Energy Efficiency Programmes in Germany and the UK*. Energy Build, 62, 450–458.

Selici T., Utlu Z., İlten N., (2009). *Enerji Kullanımının Çevresel Etkileri Ve Sürdürülebilir Gelişme Açısından Değerlendirilmesi*. Astsubay Meslek Yüksek Okulu Otomotiv Birimleri, Balıkesir, 2.

Sevgi O., (2015). *Ecology Teriminin Türkçe Karşılıkları Üzerine Bir Değerlendirme*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Toprak İlmi ve Ekoloji Anabilim Dalı İstanbul, Avrasya Terim Dergisi, 37; Keleş ve Hamamcı, 1993, 21.

Seydioğulları S. H., (2013). *Sürdürülebilir Kalkınma için Yenilenebilir Enerji, Şehir ve Bölge Plancısı*. Süleyman Demirel Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Isparta, Planlama 2013;23(1):19-25,24.

Sezer F. Ş., (2005). *Türkiye'de Isı Yalıtımının Gelişimi Ve Konutlarda Uygulanan Dış Duvar Isı Yalıtım Sistemleri.* Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 10, Sayı 2, 2005,80.

Shour M., Jesse L., Lewis D., (2005). *Insect galls on trees and shrubs.* The U.S. Department of Agriculture (USDA) Washington.

TMMOB, (2012). *Dünya ve Türkiye'de Enerji Verimliliği.* Ankara, Genişletilmiş 3. Baskı, 92.

Toprak D., (2006). *Sürdürülebilir Kalkınma Çerçevesinde Çevre Politikaları Ve Mali Araçlar.* Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 2/4, 147-169; Pearce D., Markandya A., Barbier E. B., (1999). *Yeşil Ekonomi İçin Mavi Kitap*. (çev: Türksen Kafaoğlu, Arslan Başer Kafaoğlu), Alan Yayıncılık, İstanbul.

Tönük S., (2010). *Ekolojik Mimarlıkta Çevre Sistemlerine Bağlı Döngüler-Kentte, Yaşamda, Mimaride Ekolojik Perspektifler.* TMMOB Mimarlar Odası İstanbul Büyükkent Şubesi, ISBN: 978-605-01-0024-2, 155-174.

Turak B., (2013). *Tekstil Atıklarından Elde Edilen Kompozit Isı Yalıtım Malzemelerinin İncelenmesi.* Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Türkiye, Yüksek Lisans Tezi.

TÜİK, (2019). *Seragazı Emisyon İstatistikleri,1990-2017.* http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=30627 (Erişim Tarihi : 18.04.2019)

Tükenmez M., Demireli E., (2012). *Renewable Energy Policy İn Turkey With The New Legal Regulations.* Renewable Energy. 39, 1-9.

UN (United Nations) (2014). *World Urbanization Prospects*, Department of Economic and Social Affairs, New York, USA.

USEPA, (2006). *Life Cycle Assessment: Principles and Practic.* EPA/600/R-06/060, May 2006, National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and Development, Cincinnati, Ohio, USA.

Üçgül İ., Turak B., (2015). *Tekstil Katı Atıklarının Geri Dönüşümü ve Yalıtım Malzemesi Olarak Değerlendirilmesi.* I. UCGUL /APJES III-III (2015) 39-48.

Ülker S., (2009). *Isı Yalıtım Malzemelerinin Özelliklerinin Uygulamaya Etkileri*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 41.

Ünal S., Mançuhan E,. Alpsayar A., (2001). *Çevre Bilinci, Bilgisi ve Eğitimi.* ISBN: 975-238-X, Yeni Teknolojileri Araştırma ve Geliştirme Merkezi, Marmara Üniversitesi Matbaası, İstanbul, Türkiye.

Vinceslas T., Colinart T., Hamard E., Hellouin de Menibus A., Lecompte T., Lenormand H., (2017). *Light Earth Performances For Thermal Insulation: Application To Earth- Hemp.* 2nd International Conference on Bio-based Building Materials & 1stConference on Ecalogical valorisation of Granular and Fibrous Materials, Fransa.

WCED (World Commission on Environment and Development) (1987). *Our Common Future*. Oxford University Press, Oxford, UK.

Wiedmann T., Minx J., (2008). *A Definition of 'Carbonfootprint.Hauppauge.* NY: Nova Sciencepublishers.

Williams R., (2010*). Oak-Galls in Britiain,* İngiltere.

Yaltırık F., (1984). *Türkiye Meşeleri Teşhis Kılavuzu*. Tarım Orman, Köyişleri Bakanlığı, Genel Müdürlüğü Yayını, İstanbul, Türkiye.

Yaman Ö., Şengül Ö., Selçuk H., Çalıkuş O., Kara İ., Erdem Ş., Özgür D., (2015). *Binalarda Isı Yalıtımı ve Isı Yalıtım Malzemeleri*. Türkiye Mühendislik Haberleri (TMH), Sayı 487, Sayfa 62-75.

Yeang K., (2012). *Ekotasarım Ekolojik Tasarım Rehberi.* Yem Yayınları, ISBN: 978-9944-757-64-5, B25,307-317, İstanbul.

YEGM, (2018). *Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı 2017-2023.* Ankara.

Yeni O., (2014). *Sürdürülebilirlik Ve Sürdürülebilir Kalkınma: Bir Yazın Taraması*. Gazi Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi,16/3, 181-208.

Yılmaz A., (2012). *Apartmanların dış kabuğuna uygulanan ısı yalıtımının bina enerji performansına etkisi (Konya ve Erzincan örneği).* Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Yılmaz, F. (2014). *Enerji Verimliliği ve Karbon Ayak İzi.* Dünya Gazetesi,30 Ağustos 2014.

Yılmaz G., (2016). *İnorganik Esaslı Kompozit Isı İzolasyon Paneli Üretimi.* Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 18.

Yüksel N., Avcı A., (2012). *Yalıtım Malzemelerinde Takviyenin Isıl Davranışa Etkisinin İncelenmesi*. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 17, Sayı 2, 80.

Yüksek İ., Esin T., (2013). *Yapı Malzemelerinin / Elemanlarının Geri Dönüşüm ve Yeniden Kazanım Olanakları Üzerine Bir Araştırma*. VIII. Uluslar Arası Sinan Sempozyumu, Edirne, Türkiye.

Yüksek İ., Mıhlayanlar E., (2015). *Döngü Sürecinde Yapı Malzemesi Çevre Etkileşimi*. 2nd International Sustainable Buildings Symposium, Ankara, Türkiye,975-983.

URL-1 : https://www.ipcc.ch/about/ (Erişim Tarihi : 14.04.2019)

URL-2: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Funfccc.int%2Fkyoto_protocol%2Fitems%2F2830.php&date=2017-05-12 (Erişim Tarihi : 19.05.2019)

URL-3: http://www.emo.org.tr/ekler/2f0d0c5243548cf_ek.pdf?dergi=920?jzwjsklnrzplwzpl (Erişim Tarihi : 20.04.2019)

URL-4 : http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/2489c9737cc2455_ek.pdf?dergi=140 (Erişim Tarihi : 18.05.2019).

URL-5 : http://eng.harran.edu.tr/~ihilali/ses_yalitimi.pdf (Erişim Tarihi : 21.04.2019)

URL-6 : http://www.megaboard.com.tr/ses-yalitimi-ile-ilgili-yururlukteki-standart-ve-mevzuatlar/ (Erişim Tarihi : 21.04.2019)

URL-7 : http://www.ode.com.tr/fire-insulation/ (Erişim Tarihi : 17.05.2019)

URL-8 : https://www.tse.org.tr/IcerikDetay?ID=2761&ParentID=8975 (Erişim Tarihi :17.05.2019)

URL-9 : http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Yal%C4%B1t%C4%B1m%20Ve%20Boya.pdf (Erişim Tarihi : 17.05.2019)

URL-10 :https://www.izoder.org.tr/dosyalar/Bina-ve-Tesisatta-Ses-Yalitimi.pdf (Erişim Tarihi : 17.05.2019)

URL-11 : http://file.ttmd.org.tr/makale/12-3.PDF (Erişim Tarihi : 17.05.2019).

URL-12 :https://www.izoder.org.tr/dosyalar/Bina-ve-Tesisatta-Ses-Yalitimi.pdf (Erişim Tarihi : 17.05.2019).

URL-13 : https://www.izoder.org.tr/dosyalar/Bina-ve-Tesisatta-Su-Yalitimi.pdf (Erişim Tarihi : 17.05.2019)

URL-14:http://mobil.tobb.org.tr/DuyuruResimleri/2567-2.pdf (Erişim Tarihi : 17.05.2019)

URL-15 : http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Islak%20Hacimlerde%20Su%20Yal%C4%B1t%C4%B1m%C4%B1.pdf (Erişim Tarihi : 17.05.2019)

URL-16 : https://docplayer.biz.tr/3217462-Yangin-yalitimi-yangin-yalitimi.html (Erişim Tarihi : 17.05.2019)

URL-17 : https://web.extension.illinois.edu/ccgms/downloads/42438.pdf (Erişim Tarihi: 14.04.2019).

URL-18:http://www.myrmecos.net/2013/01/08/the-dangerously-cold-life-of-acorn-ants/ (Erişim Tarihi: 14.04.2019).

URL-19: https://medthai.com/%E0%B9%80%E0%B8%9A%E0%B8%8D%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%B5/ (Erişim Tarihi: 14.04.2019).

URL-20 : https://atib.ogm.gov.tr/Sayfalar/T%C4%B1bbi%20ve%20Itri%20Bitkilerimizi%20Tan%C4%B1yal%C4%B1m/Mazimesesi.aspx (Erişim Tarihi: 14.04.2019).

URL-21 : https://www.mtmakina.com.tr/parcalama/cift-saftli-parcalayicilar/cst-tahta parcalama.html (Erişim Tarihi : 12.04.2019)

URL-22 : https://www.tse.org.tr/IcerikDetay?ID=2771&ParentID=8946 (Erişim Tarihi : 12.04.2019)

ÖZGEÇMİŞ

Gamze ÖZER, 1994 yılı Almanya-Isny doğumludur. Aşağıda belirtilen tarihler arasında ilgili kurumlarda öğrenimini tamamlayarak 2012 yılında Trakya Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nde lisans eğitimine başladı, 2016 yılında mezun oldu. Aynı yıl Trakya Üniversitesi'nde yüksek öğrenimine başladı. 2017 yılında başlamış olduğu serbest mimarlık çalışmalarına devam etmektedir.

EĞİTİM DURUMU :

2008-2012 Tekirdağ Anadolu Öğretmen Lisesi

2012-2016 Trakya Üniversitesi Mimarlık Bölümü (Lisans)

2016-2019 Trakya Üniversitesi Mimarlık Anabilim Dalı (Yüksek Lisans)