



**T.C.**  
**KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**KENEVİR BİTKİSİ ATIKLARININ ISI**  
**YALITIM MALZEMESİ OLARAK**  
**KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ**

**Bekir KAYNAK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Haziran-2022**  
**KONYA**  
**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Bekir KAYNAK tarafından hazırlanan “Kenevir Bitkisi Atıklarının Isı Yalıtım Malzemesi Olarak Kullanılabilirliğinin İncelenmesi” adlı tez çalışması 30/06/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

### İmza

#### Başkan

Prof. Dr. Hicran AÇIKEL

.....

#### Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Arife AKIN

.....

#### Üye

Doç. Dr. Mustafa ALTIN

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN  
Enstitü Müdürü

Bu tez çalışması Konya Teknik Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü tarafından 211004004 nolu proje ile desteklenmiştir.

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## **DECLARATION PAGE**

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Bekir KAYNAK

Tarih: 30/06/2022

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

# KENEVİR BİTKİSİ ATIKLARININ ISI YALITIM MALZEMESİ OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

**Bekir KAYNAK**

**Konya Teknik Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Arife AKIN**

**2022, 51 Sayfa**

**Jüri**

**Prof. Dr. Hicran AÇIKEL  
Doç. Dr. Mustafa ALTIN  
Dr. Öğr. Üyesi Arife AKIN**

Dünyanın büyük bir kısmını yapılar oluşturmaktadır. Yapılar nedeniyle ortaya çıkan enerji tüketimi, dünyada var olan enerji ihtiyacı toplamının %40' ını içine almaktadır. Yapı ile ilgili bütün birimler dikkate alındığında bu oran %70' lere çıkmaktadır. Böylesine yüksek enerji tüketim oranları sonucunda, sağlık ve çevre ile ilgili sorunlar artmış ve bunların sonucunda çözüm yollarının araştırılması ihtiyaç olmuştur. Araştırmalar sonucunda sürdürülebilir gelişme çözüm yolu olarak ortaya çıkmıştır. Yapılar için alternatif yapı malzemeleri araştırılmış ve doğal yapı malzemelerinin sürdürülebilirlik için önemli olduğu belirlenmiştir. Sürdürülebilirlik ve enerji verimliliği açısından yapı malzemelerinden ısı yalıtım malzemelerinin önemi ise oldukça fazladır.

Bu çalışmada ısı yalıtım malzemesi olarak kullanılacak kenevirden üretilen ısı yalıtım malzemesinin özellikleri ve kullanılabilirliği ile birlikte sürdürülebilirlik kavramı incelenmiştir. Çalışmada ısı yalıtım malzemeleri ile ilgili kısa bilgiler verilerek organik yalıtım malzemelerinden özellikle kenevir bitkisi atıklarının yalıtım malzemesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Ayrıca sürdürülebilirlik kavramına dikkat çekilmiş ve sürdürülebilirlik ile ilgili açıklamalara yer verilmiştir. Konu ile ilgili yapılmış çalışmalar da incelenerek kenevirin ısı yalıtım malzemesi olarak kullanılabilirliği açıklanmıştır.

Yapılan incelemeler sonucunda doğal yalıtım malzemelerinden kenevirin ısı yalıtım malzemesi olarak kullanılması için gerekli mekanik ve fiziksel özelliklere yakın sonuçlar verdiği ve tam anlamıyla ısı yalıtım malzemesi olarak kullanılabilmesi için geliştirilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Isı yalıtımı, Kenevir, Sürdürülebilirlik

## **ABSTRACT**

### **MS THESIS**

# **INVESTIGATION OF THE USABILITY OF HEMP PLANT WASTE AS THERMAL INSULATION MATERIAL**

**Bekir KAYNAK**

**Konya Technical University  
Institute of Graduate Studies  
Department of Civil Engineering**

**Advisor: Asst.Prof.Dr. Arife AKIN**

**Year, 51 Pages**

**Jury**

**Prof. Dr. Hicran AÇIKEL  
Assoc. Prof. Dr. Mustafa ALTIN  
Asst.Prof.Dr. Arife AKIN**

Most of the world is made up of buildings. The energy consumption resulting from the buildings includes 40% of the total energy need in the world. When all units related to the building are taken into account, this rate rises to 70%. As a result of such high energy consumption rates, health and environmental problems have increased and as a result, it has become necessary to search for solutions. As a result of research, sustainable development has emerged as a solution. Alternative building materials for buildings have been researched and it has been determined that natural building materials are important for sustainability. In terms of sustainability and energy efficiency, the importance of thermal insulation materials from building materials is quite high.

In this study, the properties and usability of the heat insulation material produced from hemp, which can be used as a thermal insulation material, as well as the concept of sustainability were examined. In the study, by giving brief information about thermal insulation materials, the usability of organic insulation materials, especially hemp plant wastes, as insulation material was investigated. In addition, attention was drawn to the concept of sustainability and explanations about sustainability were included. The studies on the subject were also examined and the usability of hemp as a thermal insulation material was explained.

As a result of the examinations, it has been revealed that hemp, one of the natural insulation materials, gives results close to the mechanical and physical properties required for use as a thermal insulation material and that it needs to be developed in order to be used as a thermal insulation material.

**Keywords:** Hemp, Sustainability, Thermal insulation

## ÖNSÖZ

Sayın Dr. Öğretim Üyesi Arife AKIN yürütücülüğünde hazırlanan yüksek lisans tezinde kenevir bitkisi atıklarının ısı yalıtım malzemesi olarak kullanılabilirliği incelenmiştir.

Tezin yürütülmesi ve tamamlanması için geçen sürede, katkı ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım Dr. Öğretim Üyesi Arife AKIN' a, tezin her aşamasında desteğini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bekir KAYNAK  
KONYA-2022



## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ .....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	ix
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....</b>	<b>3</b>
<b>3. ISI YALITIM MALZEMELERİ İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER .....</b>	<b>6</b>
3.1. Yalıtım Malzemelerinin Özellikleri .....	6
3.2. Yalıtım Malzemelerinin Sınıflandırılması .....	7
3.2.1. Geleneksel yalıtım malzemeleri .....	8
3.2.1.1. Cam yünü .....	8
3.2.1.2. Taş yünü .....	9
3.2.1.3. Cam köpüğü .....	9
3.2.1.4. Genleştirilmiş polistren köpük levha (EPS).....	10
3.2.1.5. Extrude polistren köpük levha (XPS) .....	10
3.2.1.6. Poliüretan sert köpük .....	11
3.2.2. Organik yalıtım malzemeleri .....	12
3.2.2.1. Mantar .....	12
3.2.2.2. Saman balyaları.....	13
3.2.2.3. Koyunyünü.....	13
3.2.2.4. Kenevir.....	14
3.2.3. İnovatif yalıtım malzemeleri .....	19
3.2.3.1. Şeffaf sistemler .....	20
3.2.3.2. Vakum paneller .....	20
3.2.3.3. Özel gaz dolgular .....	21
<b>4. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>22</b>
4.1. Kullanılacak Malzemelerin Özellikleri .....	22
4.2. Karışımların Hazırlanması .....	23
4.3. Yapılan Deneyler .....	26
4.3.1. Basınç dayanımı deneyi .....	26
4.3.2. Eğilme dayanımı deneyi .....	27
4.3.3. Su emme deneyi .....	27
4.3.4. Isıl İletkenlik Katsayısının Belirlenmesi.....	28
<b>5. DENEY SONUÇLARI .....</b>	<b>29</b>
<b>6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>34</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>38</b>





## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Kısaltmalar

- KK: Kenevir ve Kireç Karışımı  
KS: Kenevir ve Silis Dumanı + Kireç Karışımı  
Fe: Eğilmede çekme dayanımı  
Sa: Su emme oranı



## 1. GİRİŞ

Günümüz iklim değışiklikleri ve küresel ısınma ile birlikte dünyada bulunan kaynakların da azaldığı göz önüne alındığında doğallık yani sürdürülebilirlik kavramları her geçen gün popülerliğini arttırmaktadır.

Sürdürülebilirlik; çeşitlilik ve üretkenlik devam ettirilirken, daimi olabilme yeteneğini korumak olarak tanımlanabilir. Bu tanımdan yola çıkılırsa sürdürülebilir gelişmeler gelecek olan nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılayabilmesinden taviz vermeden mevcut ihtiyaçlarını karşılayabilen gelişmelerdir. Sürdürülebilirlik kavramını yapı malzemelerine uyarladığımızda karşımıza çıkan kavram sürdürülebilir yapı malzemeleridir. Sürdürülebilir yapı malzemeleri ise yaşamları süresince minimum oranda enerji harcayan, hammaddelerinin elde edilmesi ve işlenmesinin yanında kullanım, bakım onarım ve atık oluşumlarında insan sağlığına ve çevreye zarar vermeyen malzemelerdir. Diğer bir deyişle malzemelerin üretiminden tüketimine ve yok olmasına kadar geçen süre içerisinde gelecek nesillere olumsuz etkileri olmayacak şekilde kullanılabilir forma toplanmış ve üretilmiş malzemelerdir.

İnşaat sektörü dünyadaki enerji ve hammadde kullanımının %40'ına sahip olması nedeniyle sürdürülebilir yapı malzemeleri çevre sorunları ve geleceğimiz için büyük önem taşımaktadır. Enerji tasarrufu açısından bakıldığında öneminin azımsanmayacak kadar çok olduğu yalıtım malzemelerinin çoğunluğunun ekolojik olarak yeterli özellikleri taşımadığı görülmektedir.

Son zamanlarda gelişen teknoloji ve ekolojinin öneminin artmasıyla birlikte yalıtım malzemeleri de farklı özellikler kazanmıştır. Enerji etkin bina, doğaya uygun malzemeler ve uygulama teknikleri kullanarak, kendi enerjisini kendisi üreten yani tasarruflu binalar, tasarımında önemi ön plana çıkan bu malzemeler sadece ısı, yangın ve ses yalıtımı değil aynı zamanda sürdürülebilir yapı tasarımı açısından insan sağlığına ve çevreye zarar vermeyerek mekâna ısı kazancı sağlayan malzemeler olarak gelişimini sürdürmektedir (Ayçam ve ark., 2010).

Düşük oluşum enerjisine sahip ve çevreye duyarlı organik yalıtım malzemeleri de bu değışim sürecinin göze çarpan örnekleri arasındadır. Organik malzemeler içerisinde yalıtım malzemesi olarak kullanılacak ürünler arasından kenevirin önemi göz ardı edilemeyecek kadar fazladır.

Doğal yapı malzemelerinden olan kenevirin sürdürülebilirlik ve enerji etkin bina açısından önemi azımsanmayacak kadar fazladır. Kenevirin ısı yalıtım malzemesi

olarak kullanılabilirliği konusu ile ilgili yapılan bu çalışmada doğal yapı malzemelerinden olan kenevir bitkisine yönelik araştırmalar yapılmış ve kenevirin özellikle ısı yalıtım malzemesi olarak kullanılabilirliği incelenmiştir.



## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Kenevir son zamanlarda en çok araştırma yapılan bitkilerden biri haline gelmiş ve dünyadaki bilim camiasının odak noktası olmuştur. Bu bağlamda yapılan araştırmalar sonucunda ülkemizde son birkaç yıla gelene kadar kenevir ile ilgili yapılmış akademik çalışmaların yeterli olmadığı ortaya çıkmıştır. Bu durumun nedeni ülkemizde kenevir yetiştiriciliğinin devlet kontrolünde kısıtlı olarak yapılması olabilir. Ancak son yıllarda araştırması artan kenevirin ile birlikte ülkemizde de araştırmalar ve akademik çalışmalar artmıştır. Ancak yurt dışında geçmişe dayalı olarak kenevirin birçok alanda kullanıldığına dair çalışmalar mevcuttur. Özellikle kenevirin ısı yalıtım malzemesi olarak kullanılmasına yönelik yapılan çalışmalar ön plana çıkmaktadır. Bu çalışmalardan bazıları aşağıda verilmiştir.

Barnat-Hunek ve ark. (2015), kenevir-kireç kompozitinin mekanik ve termal özelliklerinin belirlenmesi isimli çalışmalarında yenilenebilir bir tarım ürünü olan kenevirin yanı sıra kireç, çimento ve metakaolinle üretilen hafif ve ekolojik kompozitler test edilmiştir. Kenevir-kireç kompozitine dair fiziksel ve mekanik özellikler için testler yapılarak emicilik, ısı iletkenlik, basınç dayanımı, eğilme dayanımı belirlenmiştir. Yapılan çalışmada kenevir miktarı artışının emiciliği arttırdığı, %60 oranında kenevir sapı eklenmesinin emicilikte %35 artışa sebep olduğu görülmüştür. Emicilik artarken ısı iletkenlikte 0,111 W/mK' den 0,094 W/mK' ye kademeli bir azalma olmuştur. Konutlarda duvarlar tarafından yerine getirilmesi gereken  $U=0,25$  W/mK değerini karşılamak için %60 kenevir içeren kompozitine 37 cm genişliğinde kullanılması gerektiği görülmüştür. Sonuç olarak kenevir-kireç kompozit bileşimlerinin, çağdaş ısı yalıtımı veya enerji tasarruflu malzemelerinkine benzer özellikler gösterdiği ve duvar yapılarını inşa etmek için taşıyıcı çerçevelerle birlikte kullanılabilceği söylenmiştir.

Sinka ve ark. (2014), yaptıkları çalışmada sıkıştırılmış kenevir-kireç karışımının mekanik özellikleri incelenmiştir. Yapılan çalışmanın amacı hazırlanan kenevir-kireç karışımlarında sıkıştırılmanın farklı oranlarda etkisini belirleyerek yoğunluk, ısı iletkenlik, basınç ve eğilme dayanımı arasındaki ilişkiyi test etmektir. Karışım %0, %25 ve %50 oranında sıkıştırılmış ve bağlayıcı miktarı da değiştirilerek farklı karışımlar oluşturulmuştur. Kenevir oranının arttırılan her  $50 \text{ kg/m}^3$  için 0,005 W/mK civarında yoğunluk ve ısı iletkenlik arasında bir korelasyon olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak kenevir-kireç karışımının toplumun ihtiyaçlarına cevap verebilecek iyi termal özelliklere ve tatmin edici mekanik özelliklere sahip olduğu görülmüştür.

Sinka ve ark. (2015), yaptıkları bir diğer çalışmada ise farklı üretim teknolojileri ile üretilen kenevir-kireç beton özellikleri ele alınmıştır. Kenevir-kireç karışımının mekanik özelliklerini arttırmak için çeşitli hidrolik katkıları kullanılmış ve numuneler tamamen kurutulduktan sonra yoğunluk, ısı iletkenlik, basınç ve eğilme mukavemetleri belirlenerek kenevir-kireç kompoziti için en uygun malzeme ve üretim teknikleri değerlendirilmiştir. Ayrıca 1 adet numune için yangın testi yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonunda numunelerin mikser veya tambur ile karıştırmanın mekanik ve termal özelliklere çok fazla etkisi olmadığı saptanmıştır. Fakat teknolojik avantajlar göz önünde bulundurulduğundan tamburla karıştırma işlemleri yavaşlatarak daha fazla manuel çalışma gerektirmiştir. Özel bir karıştırma tekniğinin ise ısı iletkenlikte çok fazla değişkenlik oluşturmadığı, 0,0718 W/mK ile 0,0778 W/mK arasında kaldığı tespit edilmiştir. Isı iletkenliğinin kenevir sapsularının granülometrisine bağlı olduğu belirtilerek çok fazla büyük ya da küçük parçaların ısı iletkenlik ve mekanik özelliklere negatif etkisi olduğu vurgulanmıştır. Yangın için ise organik dolgu malzemelerin hiç birinin A sınıfına ulaşmadığı göz önüne alınarak B sınıfına ulaşan kenevir-kireç kompozitinin yalıtım malzemesi olarak kullanılabilirdiğinden bahsedilmiştir.

Collet ve ark. (2014), çalışmalarında kenevir betonlarının termal iletkenlikleri üzerinde formülasyon, yoğunluk ve su içeriğinin etkilerini incelemiştir. Araştırmaları deneysel ölçümlere ve modellemelere dayanmaktadır. İncelenen malzemelerin ısı iletkenliğinin 0,09 W/mK ile 0,16 W/mK arasında değiştiğini görmüşlerdir. Isı iletkenlik yoğunluğunun artmasıyla birlikte artış göstermiştir. Yoğunluğun ısı iletkenlik üzerindeki etkisi nem içeriğinin etkisinden çok daha önemli etkisi olduğu görülmüştür. Bu etki bina periyodunun hidrotermal davranışının modellenmesinde dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır. Yüksek yoğunluk için termal iletkenliğin aynı formülasyonda düşük yoğunluk değerinin iki katından daha yüksek olduğu belirtilmiştir.

Busbridge ve ark. (2010), yaptıkları çalışmada kenevir ile birlikte bağlayıcı olarak kullanılan kirecin yerine kil kullanımının etkisini araştırmışlardır. Çalışmanın amacı kenevir-kireç karışımından daha çevreci bir malzeme ortaya çıkarabilmektir. Kenevir-kil duvarlarının termal parametrelerinin ilk incelemeleri kenevir-kireç karışımına benzer olduğunu göstermektedir. Bu nedenle kenevirin kil ile bağlayıcı yönteminin çevresel etkiyi daha çok azaltma potansiyeline sahip olduğu ve karbon dioksiti atmosferden fiilen uzaklaştırmada etkili olabileceği vurgulanmıştır.

Murphy ve ark. (2010), kenevir ve kireç karışımının fiziksel ve mekanik özelliklerini incelemiştir. Yapılan çalışma geleneksel yapı malzemelerine

alternatifler üretmeyi amaçlayan bir araştırma projesinin parçasıdır. Yapılan bu çalışmanın amacı biyolojik olarak parçalanamayan, sürdürülebilir olmayan ve yüksek enerji içeren yapı malzemelerinin yerini alabilecek sürdürülebilir, karbon negatif kenevir-kireç biyokompozitlerinin çeşitli özelliklerini araştırmaktır. Çalışmada kireç veya çimento ve değişen kireç-kenevir oranları ile yapılan kenevir-kireç numunelerinin eğilme ve basınç dayanımları incelenmiştir. Avrupa standartlarına göre 7, 28 ve 90 günlük eğilme basınç dayanımlarının gelişimi gözlemlenmiştir. Artan kenevir içeriği ile ilişkili olarak, basınç dayanımları sürekli azalırken eğilme dayanımları ile kenevir içeriği arasında çok az farklılık görülmüştür.

Walker ve ark. (2014), çalışmalarında kenevir-kireç karışımlarının nem iletkenliği ve termal özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmalarında kireç ve puzolanlarla birlikte hidrolik kireç ve çimento kullanmışlardır. Yaptıkları çalışma sonucunda bağlayıcı tipinin kılcal emilimi etkilediği ancak karışıma su tutucu ilave etmenin kılcal emilimi azalttığı görülmüştür. Kenevir parçacıkları arasındaki boşlukların geçirgenlik üzerindeki etkisinin bağlayıcı türünden çok daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bağlayıcı türünün ısı iletkenlik üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olmadığı sonucuna varılmıştır.

Mukherjee (2012), ahşap duvarlarda kenevir dolgunun yapısal faydalarını incelemiştir. Çalışmasındaki kenevir dolguyu kenevir sapı, çimento ve kireç kullanarak hazırlamıştır. Ahşap dikme duvarlarda kolonlar arasında hazırlanan dolguyu kullanarak ahşap kolonların burkulmasını önleyerek yapısal etkilere avantaj sağlayıp sağlayamayacağı araştırılmıştır. Değişken kolon boyutlarıyla ahşap duvarlar yapılarak, bu duvarların bazıları değişen yoğunlukta kenevir ile doldurulmuştur. Duvarlar basınç altında test edilmiştir. Yüksek yoğunluklu kenevir karışımının kolonların zayıf eksen burkulmasını önleyerek bir miktar yük de taşıdığı bulunmuştur. Düşük yoğunluklu kenevir karışımıyla doldurulan duvarlar ise sadece zayıf eksen burkulmasını önlemede başarılı olmuştur.

### 3. ISI YALITIM MALZEMELERİ İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER

Farklı sıcaklıklarda yer alan ortamlar arasındaki ısı transferini indirgemek için yapılan işlemlere “Isı Yalıtımı” denir. Yalıtım, kış koşullarında ısınmak, yaz koşullarında ise serinlemek için tükettiğimiz enerjiyi düşürmek ve daha konforlu yaşam için binaların dışa bakan yüzeyleri, pencereleri, çatıları, döşemeleri ve yapının tesisatlarında ortaya çıkan ısı geçişini azaltan önlemlerdir ( Yaman ve ark., 2015).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından 2018 yılı mart ayında hazırlanan “Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı”; Türkiye’deki enerji tüketim sektörlerindeki enerji verimliliğini Avrupa Birliği standartlarına getirmeyi amaçlamaktadır. Yapılan çalışmalara göre, 2015 yılı toplam nihai enerji tüketimi binalar (% 32,8), endüstri (% 32,4) ve ulaşım (% 25) olarak belirlenmiştir. Binalardaki enerji kullanımında ise ısıtma için harcanan miktar %87 olduğu ortaya çıkmıştır. Bu sonuca göre enerjide en büyük tasarruf potansiyelinin binalarda olduğu açıkça görülmektedir (url\_1).

Ülkemizdeki yüksek bina stokları ile sürekli büyüme gösteren bina sektörü, ısı yalıtımının kullanımını ve önemini fazlasıyla anlatmaktadır. Binalarda yapılan ısı yalıtım uygulamalarında ısıl iletkenlik katsayı düşük, yanmaz sınıfta yer alan, ekonomik ve kolay uygulanabilir ısı yalıtım malzemelerine ihtiyaç duyulmaktadır (Arslan ve ark., 2018).

#### 3.1. Yalıtım Malzemelerinin Özellikleri

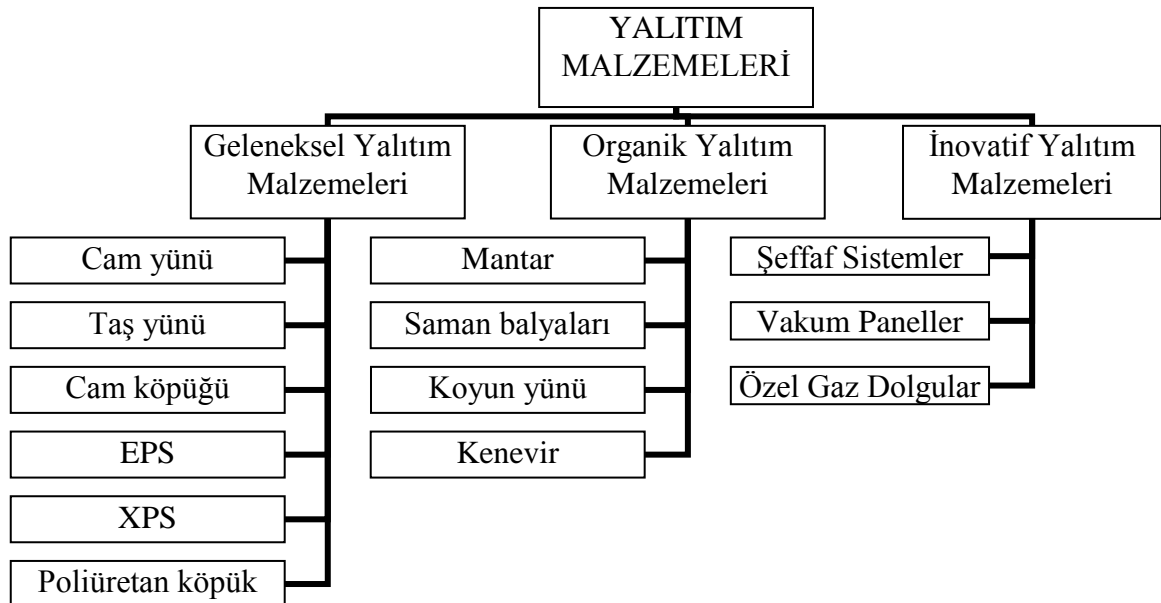
Isı yalıtım malzemeleri yapıların çeşitli yerlerini (duvar, çatı, döşeme vb.) oluşturan elemanlarda ve yapı tesisatlarının yalıtımında kullanılabilirler. Bu malzemelerin yanı sıra pencere ve kapılarda kullanılan doğramalar ve ısı yalıtımlı camlar da faal ısı yalıtımında önem taşımaktadırlar. Yalıtım malzemelerinin en iyisini doğru olarak seçebilmek için ısı yalıtım malzemelerinin özellikleri ile ilgili bilgi sahibi olmak gerekmektedir. Isı yalıtım malzemelerinin özellikleri şöyle sıralanabilir:

- Isı iletkenlik katsayısı düşük olmalıdır.
- Yeteri kadar basınç ve çekme dayanımı olmalıdır.
- Geçen süre içerisinde yalıtım özelliğini kaybetmemelidir.
- Birim hacim ağırlığı düşük olmalıdır.
- Hacim ve şekil değişimlerinde mukavemetli olmalıdır.
- Farklı kimyasal koşullara karşı dayanıklı olmalı ve özelliğini yitirmemelidir.

- Konstrüksiyonlarda işleme kolaylığı olmalıdır.
- Çürüme ve parçalanmalara karşı dayanıklı olmalıdır.
- Süresi değişen sıcaklıklarda ısı yalıtımı özelliği değişmemelidir.
- Uygulama yapılacağı yere uygun olmalıdır.
- Nem ve sudan etkilenmemelidir.
- Birlikte kullanıldığı diğer yapı malzemeleri ile entegre olmalıdır.
- Düşük maliyetli yani ekonomik olmalıdır.
- Yanıcı özelliği bulunmamalıdır.
- Kokusuz olmalıdır.
- Kullanılacağı alanın isteğine uygun buhar difüzyon direncinde olmalıdır (Arslan ve ark., 2018).

### 3.2. Yalıtım Malzemelerinin Sınıflandırılması

Yalıtım malzemelerinin sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi için, günümüzde yaygın olarak kullanılan inorganik yalıtım malzemeleri ‘Geleneksel’, alternatif olarak gelişen organik kaynaklı malzemeler ‘Organik’, başlığı altında sınıflandırılmıştır. Bu sınıflar altında yalıtım malzemelerinin sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmeleri yapılabilir (Ayçam ve ark., 2010). Yalıtım malzemelerinin sınıflandırılması Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Yalıtım malzemelerinin sınıflandırılması (Ayçam ve ark., 2010)



### 3.2.1. Geleneksek yalıtım malzemeleri

Geleneksel yalıtım malzemeleri kullanım yaygınlığı, ekonomik oluşu ve uygulama kolaylığı nedeniyle günümüz koşullarında en çok tercih edilen yalıtım malzemeleri olmasına karşın çevresel etkileri olumsuzdur. Genellikle üretim aşamalarında sınırlı olan doğal kaynakları tüketmekte ve çevre kirliliğine sebep olmaktadır (Ayçam ve ark., 2010).

#### 3.2.1.1. Cam yünü

Silis kumunun, yüksek basınç altında ve yaklaşık 1200 C° ile 1250 C° aralığında ergitilip ince eleklerden geçirildikten sonra elyaf haline getirilmesiyle meydana gelen gözenekleri açık bir malzemedir. Değişken yoğunluklarda kullanılarak farklı formlarda levha, boru veya şilte gibi çeşitli formlarda üretim yapılabilir (İzoder, 2013).

Cam yünü ürünlerinden yayılan bir gaz olan formaldehit kanserojendir. Bu ve buna benzer zarar veren gazlar kulak, burun ve boğaz tahrişine yol açabilmektedir (Ayçam ve ark., 2010).

Cam yünü kullanım sıcaklığı  $-50$  ile  $+250$  °C aralığındadır. Yangın dayanım sınıfı A1 veya A2' dir. Isıl iletkenlik katsayısı ise  $0,035$  ile  $0,050$  W/m.K aralığında olup su buharı difüzyon direnç katsayısı  $\mu=1$ 'dir. Hacimce su emme değeri, %3 ile %10 aralığında yer almaktadır. Güneşin mor ötesi ışınlarından etkilenmez. Cam yünü malzemesinin görünümü Şekil 3.2'de görülmektedir.



Şekil 3.2. Cam yünü yalıtım malzemesi (url\_2)

### 3.2.1.2. Taş yünü

Taş yünü inorganik hammaddelerden bazalt ve diyabaz taşlarının 1350°C ile 1400°C aralığındaki sıcaklıklarda, ince eleklerden geçirilerek elyaf haline gelmesiyle oluşan gözenekli bir yapı malzemesidir. Değişik yoğunluklar kullanılarak farklı formlarda ile levha, şilte veya boru şeklinde üretilebilirler. Isıl iletkenlik değerleri 0,035 ile 0,050 W/m.K aralığındadır. A1 veya A2 sınıfında yanmaz bir malzemedir (Yaman ve ark., 2015). Şekil 3.3’de taş yününün şekli görülmektedir.



Şekil 3.3. Taş yünü yalıtım malzemesi (url\_2)

### 3.2.1.3. Cam köpüğü

Cam köpüğü; atık cam kırıklarının hücresel dolgu malzemesi ile birleştirilmesiyle oluşur. Bahsedilen bu bileşenler bir kalıba yerleştirilir ve yaklaşık 510°C’ ye kadar ısıtıldıktan sonra malzemenin ayrışmasıyla karışım genişler ve kalıbı doldurur. Farklı yoğunluklara sahip cam köpüğü elde edilir. Isıl iletkenlik hesap değeri 0,045-0,060 W/m.K arasındadır. A sınıfı yanmaz bir malzeme olan cam köpüğü Şekil 3.4’te görülmektedir.



Şekil 3.4. Cam köpüğü yalıtım malzemesi (url\_2)

### 3.2.1.4. Genleştirilmiş polistren köpük levha (EPS)

Şekil 3.5'te görülen (EPS) genleştirilmiş polistren köpük levha katı köpük halinde termoplastik yapı malzemesi, gözenekleri kapalı, genellikle beyaz renkli olan ısı yalıtım malzemesidir. EPS genel olarak polistiren tanelerine eklenen pentanın buharlaştırılmasıyla ortaya çıkar. EPS kapalı gözenekli ve düşük yoğunluklu olması nedeniyle kayda değer bir akustik özellik göstermez. Yoğunluğu 15 ile 30 kg/m<sup>3</sup> olan EPS levhaları ısı yalıtımı amacıyla kullanılabilir. EPS' nin % 98'i hareketsiz hava olup kalan %2'si ise polistirendir. Isıl iletkenlik hesap değeri 0,035 - 0,040 W/m.K olup yangına dayanım sınıfı ise D veya E'dir. Bazı üreticilerin üretiminde Hidrokloroflorokarbon (HCFC) açığa çıkarması ve yüksek oluşum enerjisine sahip olması önemli olumsuz özellikleridir (Ayçam ve ark., 2010).



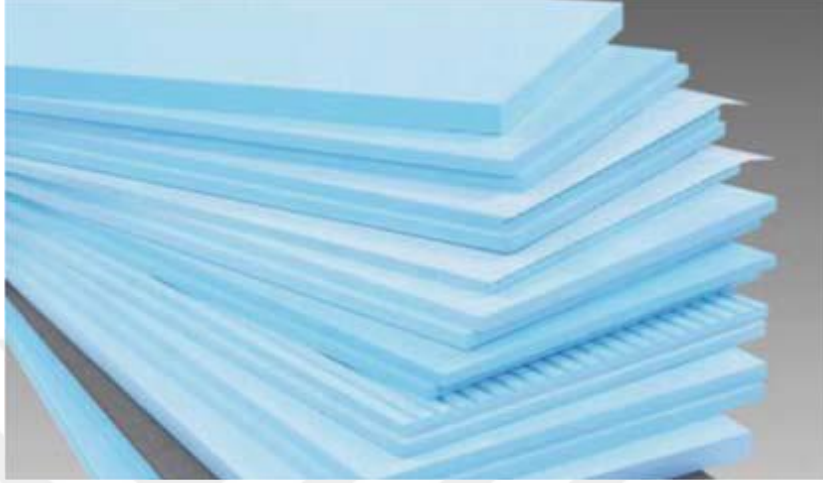
Şekil 3.5. Genleştirilmiş polistren köpük levha (EPS) yalıtım malzemesi (url\_2)

### 3.2.1.5. Extrude polistren köpük levha (XPS)

Polistiren hammaddesinin ekstrüzyon(haddeleme) tekniği kullanılarak çekilmesi ile üretilen kapalı hücre yapısında bir ısı yalıtım malzemeleridir. XPS' nin Şekil 3.6' da görüldüğü gibi pürüzsüz ve pürüzlü veya pürüzlü ve kanallı yüzey biçimleri bulunmaktadır. Değişken yoğunluklarda XPS levhaları boru veya levha şeklinde üretilir. Genel özellikleri şöyledir:

- Kullanım sıcaklığı yaklaşık -50 ile +80°C aralığındadır.
- Yangın dayanım sınıfı D veya E'dir.
- Isıl iletkenlik hesap değeri 0,030-0,040W/m.K aralığındadır.

- Su buharı difüzyon direnç katsayısı  $\mu=80-250$  arasındadır.
- Hacimce su emme değeri, %0-0,5 aralığında yer almaktadır.
- Basınç dayanımı 100 ile 1000kPa arasında değişkenlik göstermektedir.
- Güneşin mor ötesi ışınlarına karşı duyarlıdır (İzoder, 2013).



Şekil 3.6. Extrude polistiren köpük levha (XPS) yalıtım malzemesi (url\_2)

### 3.2.1.6. Poliüretan sert köpük

Poliüretan köpükler, poliöl sistem ile izosiyanatın belli oranlarda karışımı ve bu karışımın bir kabartıcı yardımıyla genişlemesinden oluşur. Poliüretan kullanıldığı yere göre sıvı haldeki hacminin 100 katına kadar genişletilebilir. Isıl iletkenlik hesap değeri 0,025 ile 0,040 W/m.K aralığında olup yangın dayanım sınıfı D, E veya F' dir (Yaman ve ark., 2015). Poliüretan sert köpüğün şekli ve uygulaması Şekil 3.7' de görülmektedir.



Şekil 3.7. Poliüretan sert köpük uygulaması (url\_2)

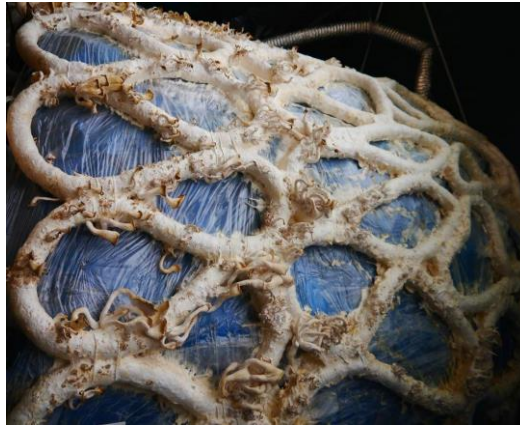
### 3.2.2. Organik yalıtım malzemeleri

Geleneksel yalıtım malzemelere alternatif olarak ortaya çıkan organik malzemelerin sürdürülebilirlik açısından olumlu özellikleri oldukça fazladır. Bütün organik yalıtım malzemeler yenilenebilir bitkisel ve hayvansal kaynaklardan üretilirken oluşum enerjileri düşüktür. Sadece üretim sırasında toksit içermeyen doğal katkı malzemeleri kullanırlar. Kullanımında sağlık problemlerine yol açmazlar ve doğada tamamen ayrışabilirler. Yani hiçbir toksit veya sentetik kimyasallar içermezler. Organik yalıtım malzemelerinin kullanımı geleneksel yalıtım malzemelerinin kullanımından ve üretilmesinden kaynaklanan çevresel problemleri azaltır (Ayçam ve ark., 2010).

#### 3.2.2.1. Mantar

Mycelium çoğunlukla yer altındaki mantarın bir bölümüdür. Mycelium tamamen doğal bir fütüristik yapı malzemesidir. Mantarların kök yapısını oluşturur. Mycelium, hava yoluyla kurutulup tuğla gibi hafif ve güçlü yapı malzemeleri veya başka şekiller ortaya çıkarmak için büyümeye teşvik edilebilir.

Londra, Brunel Üniversitesi öğrencisi Aleks Vesaluoma, mantarın miselyum kısmını kullanarak tamamen doğal ve çevre dostu bir yapı malzemesi ortaya çıkarmıştır. Yapımında kullanılan teknikte, malzeme tüp şeklinde olan mantar sosisi isminde pamuktan yapılmış kalıplara yerleştirilmeden önce, mantar miselyumu karton ile karıştırılmış, daha sonra sosisler kalıp görevi göreceği bir yapının etrafına yerleştirilmek suretiyle 4 hafta boyunca havalandırılmalı bir serada büyümeye bırakılarak Şekil 3.8’ de görülen mantar miselyumu elde edilmiştir.



Şekil 3.8. Mantar miselyumu (url\_3)

Sonuçta ortaya çıkan ve tutkal gibi bir arada duran yapı, alternatif bir malzeme özelliği taşıması sebebiyle de yeni bir yapı yönteminin kapılarını aralamıştır (Çelebi, 2017).

### **3.2.2.2. Saman balyaları**

Saman balyası uygulamaları yaygın olarak buğday, pirinç, çavdar ve yulaf samanı balyalarının taşıyıcı eleman olarak ve yapı yalıtımı olarak kullanıldığı sistemlerdir. Saman balyaları kolay bulunmasının yanı sıra ucuz ve kullanımı kolay olan yenilenebilir atık tarımsal üründür (Ayçam ve ark., 2010).

Yapılan yeni araştırmalarla birlikte teknolojiler, yapıların doğal olarak yerel alandan temin edilebilen malzemelerden yapılabileceğini ortaya koyuyor. Bir yapının duvarları için kullanabileceğiniz saman balyaları, diğer yapı malzemelerinin (alçı, sıva, fiberglas vb.) yerini de doldurabilir. Doğru sızdırmazlık sağlandığı takdirde saman balyaları sıcak veya soğuk iklim için çok yüksek yalıtım düzeyleri sağlar. Bunun yanı sıra sürdürülebilir durumdadır. Çünkü saman yenilenebilir bir kaynaktır.

Ülkemizde de saman yılda bir kez yenilenebilen, belirli zaman aralıklarında bol ve kolay bulunabilen bir malzemedir. Tahıl üretiminin yapıldığı yerlerde pirinç, yulaf, buğday, arpa gibi ürünlerin sapları artık kabul edildiğinden atılır ve genelde yakılarak yok edilir. Fakat artık olan bu malzeme ile birlikte enerji verimi yüksek, korunaklı yerler inşa edilebilir (İrklı Eryıldız ve ark., 2000).

Saman balyalarının özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Yalıtım Malzemesi olarak kullanılabilir.
- Çevreye duyarlı ve sürdürülebilirdir.
- Duvar malzemesi olarak kullanılabilir.
- Depreme dayanıklıdır.

### **3.2.2.3. Koyunyünü**

Koyunyünü, kullanım popülaritesi gittikçe artan, insan ve çevre sağlığı için tehlikeli olmayan, yenilenebilir, sürdürülebilir ve geri dönüştürülebilir bir malzemedir. Geleneksel ısı yalıtım malzemeleri gibi insan sağlığına ve cilde zarar vermez. Kalınlığı 30 mikrometreyi geçen lifleri sağlık riski meydana getirmek için çok büyüktür. Çünkü

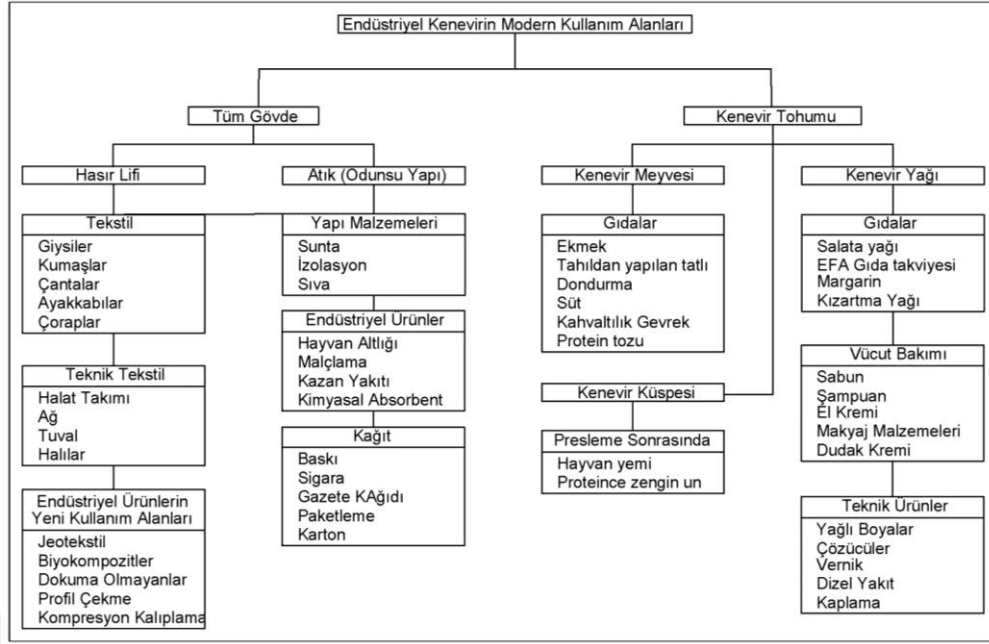
kanserojen liflerin kalınlığı 1-4 mikrometre aralıdır. Ayrıca koyunyününden yapılan yalıtımlar diğer malzemelerin yapım aşamalarında veya kullanım zamanında yaydıkları zararlı gazları (nitrojen oksit, formaldehit vb.) sürekli olarak çıkarmazlar. Yün yalıtımı hiçbir kimyasal madde barındırmadığından ve yapıştırıcıya ihtiyaç duyulmadığından yanma sırasında zehirli gaz çıkarmazlar. Kullanılmış olan yalıtım tekrar kullanılmayacak ise doğada kolaylıkla ayrışır ve çevreye zarar vermeden gübre olabilir (Ayçam ve ark., 2010).

#### **3.2.2.4. Kenevir**

Kenevir günümüz koşullarında çeşitli alanlarda kullanılabilen bir endüstri bitkisidir. Dünyaya bakıldığında kenevirin önemi ve kullanımı yakın zamanlar dikkate alındığında gittikçe yaygınlaşmaktadır. Bunun sonucunda kenevir ile ilgili kullanım alanları çeşitlenmiş ve sanayide kenevire dayalı alanlarda birçok imalat kalemleri oluşmuştur. Kenevir odaklı gelişme gösteren sanayi alanları ise gıda, inşaat, tekstil, ilaç, kompozit malzemeler ve kozmetik ürünler alanlarıdır. Bu alanların meydana gelmesi ile kenevir tarımında ve ekim alanlarında da gelişmeler ve artışlar ortaya çıkmaktadır (Yılmaz ve ark., 2022).

Kenevir doğal olarak tetrahidrokannabinol (THC) içerir. Sıcaklık, gün uzunluğu, gibi çevre koşullarına çok hassas bir bitkidir. Çevre koşullarının değişikliğine göre farklı gelişim ve tepki gösterir. Bu nedenle, kenevir yararlanma amacına göre farklı ortam ve koşullar içerisinde yetiştirilebilir. Sıklıkla lif amacıyla üretilen kenevirde (THC) oranı düşükken nadiren üretilen, gün ışığını çok alan ve gerektiğinde takviye ışık kaynağı ile üretilen kenevirin ana genotipinden birkaç katı fazla oranda THC alınabilmektedir (Gizlenci ve ark., 2019).

Endüstriyel kenevir, kenevirin sanayi amaçlı kullanımını içeren ve THC oranı düşük olan keneviri ifade eder. Endüstriyel tip kenevirlerde THC oranının üst sınırı Avrupa Birliği için %0.2 ve Kanada için %0.3 olmalıdır. Endüstriyel kenevir yıllık bir bitki olarak tohumdan yetişir. Endüstriyel kenevirin kullanım alanları tüm gövde ve kenevir tohumu ana başlığı altında Şekil 3.9' da görüldüğü gibi sınıflandırılabilir.



**Şekil 3.9.** Endüstriyel kenevirin modern kullanım alanları (Gizlenci ve ark., 2019)

Kenevirin ısı iletim katsayısı 0,038 ile 0,060W/m.K arasındadır. Yoğunluğu 20 ile 90 kg/m<sup>3</sup> ve özgül ısısı 1,6 ile 1,7 kJ/kg K arasındadır (Arslan ve ark., 2018).

Endüstriyel kenevir lif, sap ve lif + sap olarak kullanılabilir. Her bir bölümünden farklı ürünler üretildiği gibi, birbirleriyle karıştırılarak da ürünler elde edilebilir. Kenevirin bölümleri Şekil 3.10' da verilmiştir.



**Şekil 3.10.** Kenevirin bölümleri (url\_4)

Kenevirin bölümlerinden elde edilebilen ürünler birden fazladır. Bu ürünlerden bazıları aşağıda verilmiştir. Şekil 3.11' de kenevir lifinden üretilen çuval ve bir kompozit örneği verilmiştir.



### a. Kenevir Lifi

Kenevirin lifinden üretilebilen bazı ürünler şunlardır:

- Tekstil (Çanta, kumaş, ayakkabı vb.)
- Teknik tekstil (halı, ağ, tuval vb.)
- Biyo kompozitler ve jeo tekstil gibi endüstriyel ürünlerin yeni kullanım alanları



Şekil 3.11. Kenevir lifinden çuval ve bir kompozit örneği (Gizlenci ve ark., 2019).

### b. Kenevir Sapı (Kırtık)

Endüstriyel kenevirden yapılan ısı yalıtım malzemesi doğal olmakla birlikte taş yünü üretiminden %40 daha az enerji ile üretilir. Kenevirden üretilen ısı yalıtım malzemesi çevre dostu olmakla birlikte bizlere sağlıklı bir yaşam için ideal şartlar sağlar. Ayrıca üretilen kenevir bloklar hafif olup yapıya fazla yük getirmez. Kenevir sapından üretilen ürünlerin en önemlileri ısı yalıtım plakaları ve duvar blokları olarak görülebilir. Bunları şöyle detaylandırabiliriz (Gizlenci ve ark., 2019):

- Kenevir günümüz inşaatlarında kullanılan petrol türevi ısı yalıtım yapı malzemeleri yerine yalıtım malzemesi olarak kullanılır. Doğal olması sağlıklı olmasının yanı sıra uzun ömürlüdür. Dayanıklılık ve mukavemet olarak mevcut yalıtım malzemelerinden misli ile uzun yıllar dayanıklıdır. Uluslararası yangın standartlarına sahip olduğu için her tip yapı için kullanılabilir. Şekil 3.12’ de görülen kenevirden yapılmış ısı yalıtım plakaları ile yapılan binalar ısı ve ses yalıtımı konusunda oldukça iyidir.



Şekil 3.12. Kenevir yalıtım malzemesi (Gizlenci ve ark., 2019).

- b. Kenevir sapı kireç ile bağlanarak doğal beton benzeri yapı malzemesi “Hempcrete” yapılır. Şekil 3.13’ de görülen kenevir bloklar çok hafif olduğu için hem taşımak için kullanılan enerji azalır hem de yapıya etkiyen yük fazla olmaz. İnşaat sektörünün analizlerine göre ömrü 600 yıl dayanıklıdır. Kenevir bloklardan yapılan binalar doğal bina kategorisindedir. Malzemesi doğaldır ve kimyasal içeriği yoktur. Binaların daha iyi havalanmasını sağlayarak yaşam kalitesi için idealdir. En önemlisi ise hammaddesi olan kenevir tamamen organik ve yenilenebilir malzeme olması sebebiyle hem sağlıklı hem de ekonomiktir.



Şekil 3.13. Kenevir tuğla (Gizlenci ve ark., 2019).

**c. Kenevir Sapı Tamamı (Lif + Sap)**

Kenevir sapının tamamı kullanılarak elde edilen ürünler daha çok kağıt ve enerji ürünleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Şekil 3.14.’ de kenevirden üretilen karton ve enerji elde etmek için kullanılan pelet örneği görülmektedir.

- Kağıt ürünleri
- Etanol, pelet, briket ve otomotiv gibi çevresel ve enerji ürünleri



Şekil 3.14. Kenevir karton ve pelet (Gizlenci ve ark., 2019).

Üretim ve kullanımı bu kadar çeşitli olan kenevirin ısı yalıtım özelliklerinden bahsetmek gerekirse kenevir dünya tarafından bilinen en eski bitkilerinden biridir. Çabuk büyümesi esnasından bir ağaçla kıyaslandığında karbondioksit emme hızı ve oranı çok daha fazladır. Bu oranın 1 hektar kenevirin yılda yaklaşık 15 ton karbondioksit emme kapasitesiyle açıklanabilmesi mümkündür. Kenevirin verimli bir toprağa ihtiyacı olmadığı gibi gübrelemeye gerek kalmadan hızlı büyür ve kolay işlenebilir. Kenevir, ekim anında herhangi bir kimyasal takviyeye gerek duymaması özelliğiyle toprağın kalitesini de olumlu etkisi vardır. Atık kenevir esaslı malzemeler geri dönüştürülebilir veya atık toplama alanlarında imha edilebilir.

Kenevir yalıtım levhası ülkemiz için daha yeni tanınan bir ürün olsa da dünyanın çeşitli yerlerinde çok uzun yıllardır kullanımı devam eden ve öncelikli olarak tercih edilen bitkisel kaynaklı bir yalıtım ürünüdür. Kenevir yalıtım levhası geri dönüştürülen kenevir lif ve saplarından üretilen son derece sağlıklı, doğal, çevre dostu ve sürdürülebilir bitkisel bir yalıtım malzemesidir.

Kenevir ısı yalıtım malzemesinin bir standardı yoktur. Kenevir bitkisi liflerinden ve hasat sonrası artık bölümlerden üretilir. Elde edilmek istenen amaca bağlı olarak yangın geciktirici özellik katmak için borik tuzu, dayanımını arttırmak için metakaolin veya su geçirgenliğini azaltmak için bitüm ilave edilebilir. Kenevirin nem tutma kapasitesi fazladır. Nem içeriği arttıkça malzemenin ısı yalıtım özelliği azalır. Bu yüzden neme, haşerelere ve suya karşı korunmalıdır.

Kenevirin ısı iletim katsayısı 0,039 ile 0,060W/m.K arasında yoğunluğu ise 20 ile 90 kg/m<sup>3</sup> arasındadır. Kenevir katkılı malzemeler her doğal malzemede olduğu gibi havadan büyük miktarlarda su emme isteği gösterirler ve bununla birlikte ısı iletkenlik katsayıları artar.

Kenevir lifi malzemesi öncelikle daha uzun bir kullanım süresine olanak tanıyan biyolojik bozunabilirlik, düşük ısı iletim katsayısı ve bazı çevreyle ilgili olumlu özellikleri sebebiyle ısı yalıtım malzemesi olarak etkisini kanıtlamıştır.

Yapılan çalışmalarda kenevir lifleri, mıcır ve bir bağlayıcı kullanılarak elde edilen numunelerin testlerinde, yoğunluğu 82 kg/m<sup>3</sup> olan malzeme için ölçülen en düşük ısı iletim katsayısı değeri 0,039 W/m.K bulunmuştur.

Organik yalıtım malzemelerinden olan kenevirin tamamen yenilenebilir bitkisel kaynaklardan elde edilmesi, düşük oluşum enerjisine sahip olması, geri dönüştürülebilir, doğada ayrışabilir olması, insan sağlığı açısından olumlu olması ve zehirli atık içermemesi nedeniyle sürdürülebilir malzemedir. Gelecekte organik kaynaklı yalıtım

malzemelerinin çeşitlenmesi ve gelişmesiyle beraber yalıtım sektöründe daha fazla tercih edilmesi öngörülmektedir.

Yalıtım malzemelerinin çevresel etkilerinin en düşük seviyeye çekilebilmesi organik ve geri dönüşüm içeriği olan yalıtım malzemelerinin kullanılmasıyla gerçekleştirilebilir. Bu koşul kenevir gibi organik hammaddeden üretilen yalıtım malzemelerinin yalıtım pazarına girmesi, ekonomik olması ve tüketicinin bilinçlendirilmesiyle yerine getirilebilir.

Kenevirin yalıtım malzemesi olarak kullanımının en önemli avantajı sürdürülebilir, geri dönüştürülebilir, çevreci ve düşük maliyet avantajı olmasıdır. Kenevir yalıtım malzemesinin diğer avantajlarını şöyle sıralayabiliriz.

- Termal kapasitesi farklı yalıtım malzemelerine göre çok daha yüksektir. EN ISO 10456' ya göre cam yününün termal kapasite değeri yaklaşık 670 joul/kg; taş yününün değeri yaklaşık 860 joul/kg' dır. Keten ve selüloz esaslı yünün termal kapasite değeri ise yaklaşık 1600 joul/kg' dır.
- Isının madde içinde yer değiştirmesi yani konveksiyon meydana gelmez.
- Dayanıklısıdır ve bakıma ihtiyaç duymaz, zaman içinde çökmez ve tozuma yoluyla erimez.
- Alev yürümez bir malzeme olmasının yanı sıra elektriğe karşı dayanıklısıdır.
- Termal performansa zarar vermeden nemi emip bırakma özelliği vardır.
- Akustik etkisi son derece iyi olup hacimler arası ses geçişini engeller.
- Uçucu organik bileşenleri (VOC), toksinleri ve havada bulunan nemi emer.
- Doğa dostu olup sürdürülebilirdir.
- Kış ve yaz aylarında yüksek termal kapasite ve enerji verimliliği sağlar.
- Bütün yönlerde esnektir ve kolay kesilip şekil verilebilir.
- Çürümeye, karşı dayanıklı olup mikroorganizma ve haşere barındırmaz.

### 3.2.3. İnovatif yalıtım malzemeleri

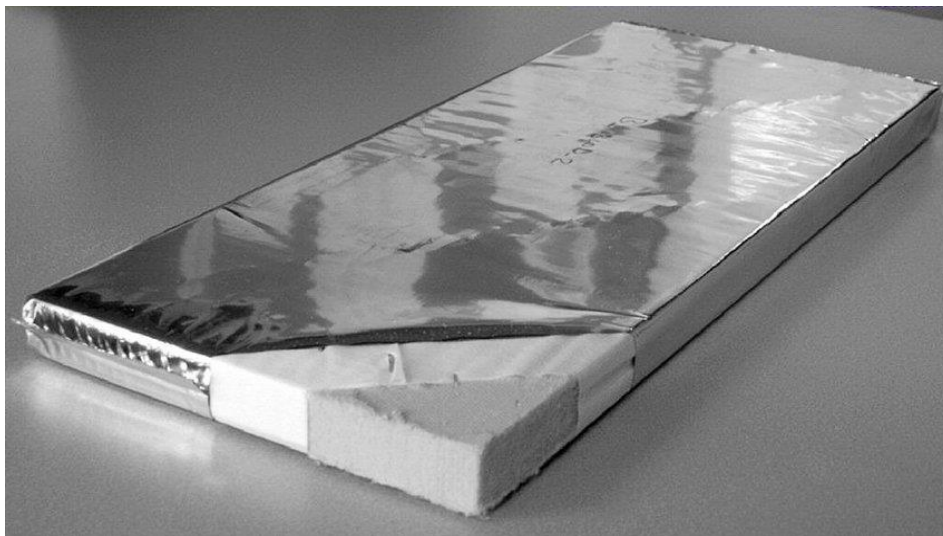
İnovatif yalıtım malzemeleri teknolojiden yararlanılarak geleneksel yalıtım malzemelerinin olumsuz çevresel etkilerine karşı alternatif olarak geliştirilen ve ısı iletkenlik katsayıları oldukça düşük malzemelerdir. Her ne kadar maliyetinin yüksek olması olumsuz özelliği olsa da yakın zamanda yalıtım sektöründe yerini almak için çalışmalar ve üretimler devam etmektedir.(Ayçam ve ark., 2010).

### 3.2.3.1. Şeffaf sistemler

Şeffaf ısı yalıtım malzemeleri ısı yalıtım değerini iyileştirmek ve daha fazla enerji kazanımı sağlamak amacı ile ilk kez güneş kolektörlerinde uygulanmıştır. Bu malzemeler yapının dışında konumlandırılarak güneşten ısı kazanımı yoluyla enerji tasarrufu sağlamaya yönelik uygulamalarda kullanılırlar. Özellikle duvar ve pencereler kullanım alanlarındandır. Şeffaf ısı yalıtım malzemeleri dolu gövdeli ve arada boşluk bulunan çift katmanlı olarak incelenebilir. Şeffaf kısımların türüne, boşluk yapısına ve boşlukta yer alan malzemenin cinsine göre farklı performanslarda şeffaf yalıtım malzemeleri üretilebilir (Çelebi ve ark., 2000).

### 3.2.3.2. Vakum paneller

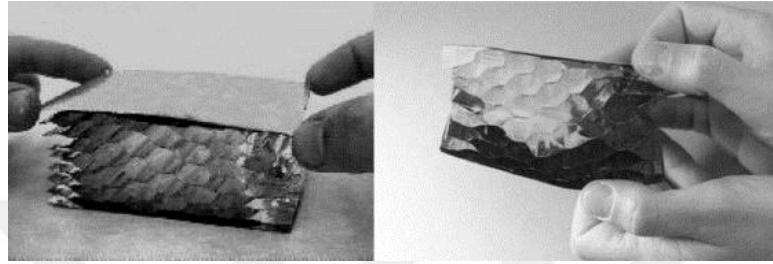
Vakum ısı yalıtım panelleri, geleneksel ısı yalıtım malzemelerine göre çok daha yüksek performanslı yalıtım malzemeleridir. Bu performans 10 kata kadar ulaşan ısı iletkenlik katsayıları ile ifade edilebilir. Örneğin geleneksel yalıtım malzemeleri maksimum 0,04 W/mK ısı iletkenlik değeri gösterirken, vakum yalıtım panelleri 0,004 W/mK ısı iletkenlik değeri sağlayabilmektedir. Vakum yalıtım panelleri gözenekli bir iç dolgu malzemesinin etrafı kaplanarak sızdırmazlığı sağlanıp atmosfere kapatılması ile meydana gelir (Bayrakçı ve ark., 2011). Şekil 3.15' te vakum ısı yalıtım paneli örneği görülmektedir.



Şekil 3.15. Vakum yalıtım paneli (url\_5)

### 3.2.3.3. Özel gaz dolgular

Özel gaz dolgulu yalıtım malzemeleri, Gas Filled Panels (GFP) olarak adlandırılırlar. Bu yalıtım malzemelerini Şekil 3.16' da görüldüğü gibi petek şeklinde konumlanan yansıtıcı paneller içerisinde ısı iletkenliği düşük gazların doldurulmasıyla oluşturulurlar. Çatı ve duvarlarda kullanılabilen bu paneller kripton, argon veya hava ile farklı gazlarla doldurulabilirler (Ayçam ve ark., 2010).



Şekil 3.15. Vakum yalıtım paneli (url\_6)

#### 4. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde tez kapsamında kullanılan malzemelerin özellikleri ve yapılan deneylerden bahsedilmektedir.

##### 4.1. Kullanılacak Malzemelerin Özellikleri

Çalışmada, bağlayıcı malzeme olarak hidrolik kireç ve silis dumanı kullanılmıştır. Kenevirin ise sap kısmından faydalanılmıştır. Kullanılan Master Emaco A265 markalı hidrolik kirece ait kimyasal ve fiziksel özellikler Tablo 4.1’de, Antalya Ferrokrom’dan elde edilen silis dumanına ait özellikler ise Tablo 4.2’de sunulmuştur.

**Tablo 4.1.** Karışımlarda kullanılan hidrolik kirecin kimyasal ve fiziksel özellikleri

Kimyasal Analiz Değerleri	Kalsiyum Hidroksit	TS EN 459-1
Kızdırma Kaybı	Max. 4	Max. 4
Ca(OH) <sub>2</sub>	Min. 90	-
Toplam CaO+MgO	Min. 91	Min. 90
MgO	Max. 3	Max. 5
Çözünmeyen Madde	Max. 2,5	-
H <sub>2</sub> O	Max. 1,0	Max. 2
SO <sub>3</sub>	Max. 2,0	Max. 2
R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Max. 1,5	-
Fiziksel Analiz Değerleri	%	TS EN 459-1
200 $\mu$ (Elek Üstü)	Max. 1,0	Max. 2
90 $\mu$ (Elek Üstü)	Max. 5	Max. 7
Birim Hacim Kütlesi (Kg/dm <sup>3</sup> )	Max. 0,5	Max. 0,6

**Tablo 4.2.** Karışımlarda kullanılan silis dumanına ait özellikler

Analiz Değerleri	%
SiO <sub>2</sub>	68,97
MgO	10,83
CO <sub>2</sub>	6,78
K <sub>2</sub> O	4,12
Na <sub>2</sub> O	3,25

Karışımlarda kullanılan kenevir sapsarı Samsun ili Vezirköprü ilçesinden temin edilmiştir. Şekil 4.1’ de verilen ve karışımlarda kullanılan kenevir sapsarının uzunluğu, 0,3 cm ile 1,1 cm arasında değişiklik göstermektedir.



Şekil 4.1. Kullanılan kenevir sapları

#### 4.2. Karışımların Hazırlanması

Karışımlarda yer alan temel bileşenler; kenevir sapı, hidrolik kireç, silis dumanı ve sudur. Karışımdaki bileşenler farklı oranlarda kullanılmıştır.

Kullanılan her bir bileşende kenevir sapı, iki farklı bağlayıcı olan hidrolik kireç ve hidrolik kireç + silis dumanı ile hazırlanmıştır. Karışımların hazırlanmasında 25 lt. kapasiteli planet tipi mikser kullanılmıştır (Şekil 4.2). Karışımlar hazırlanırken öncelikle kenevir ve bağlayıcı mikser konulmuş ve karışımda kullanılacak olan su miktarının yarısı ilave edilerek 3 dakika boyunca karıştırılmıştır. Daha sonra kalan su miktarı yavaş yavaş ilave edilerek 3 dakika daha karışıma devam edilmiş ve karışım hazır hâle getirilmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.2. Planet mikser





**Şekil 4.3.** Kenevir - Kireç ve Silis Dumanı Karışımı

Tablo 4.3'te oranları verilen her bir karışımdan ısı iletkenlik katsayısının belirlenmesi için 30 adet 150x150x50 mm, basınç dayanımı için 30 adet 50x50x50 mm, eğilme dayanımı için 30 adet 40x40x160 mm, su emme oranı için 10 adet Ø100x200 mm boyutlarında toplam 100 adet numune hazırlanmıştır. Isıl iletkenlik katsayılarının belirlenmesinde kullanılacak numuneler Şekil 4.4' te görüldüğü üzere plywood kalıplarda hazırlanmış, diğer numunelerin hazırlanması için Şekil 4.5' te verilen standart kalıplar kullanılmıştır.



**Şekil 4.4.** Plywood kalıplarda hazırlanan numuneler



Şekil 4.5. Standart kalıplarda hazırlanan numuneler

Prizini alan ve 28 gün bekletilen numuneler ısı iletkenlik katsayısını, basınç dayanımını, eğilme dayanımını ve su emme oranını belirlemek için test edilmiştir.

Karışım oranları belirlenirken, yapılacak tezin asıl amacı ısı iletkenlik katsayısının kenevir miktarına bağlı değişimi olduğundan kenevir/bağlayıcı oranları değiştirilerek su/bağlayıcı oranları sabit tutulmuştur. Böylece kenevir miktarının ısı iletkenlik üzerine etkisi görülmüştür. Hazırlanan karışımların oranları Tablo 4.3' te verilmiştir.

**Tablo 4.3.** Karışım oranları

Numune	Kenevir Kireç Karışımı				
	Kenevir(K) (kg/m <sup>3</sup> )	Kireç(KR) (kg/m <sup>3</sup> )	Su(W) (l/m <sup>3</sup> )	W/KR	K/KR
KK1	33,6	112	120	1,07	0,30
KK2	44,8	112	120	1,07	0,40
KK3	56	112	120	1,07	0,50
KK4	67,2	112	120	1,07	0,60
KK5	78,4	112	120	1,07	0,70
Numune	Kenevir-Kireç+Silis Dumanı Karışımı				
	Kenevir(K) (kg/m <sup>3</sup> )	% 10 Silis Dumanı(S)+%90 Kireç(KR) (kg/m <sup>3</sup> )	Su(W) (l/m <sup>3</sup> )	W/(KR+S)	K/(KR+S)
KS1	33,6	112	120	1,07	0,30
KS2	44,8	112	120	1,07	0,40
KS3	56	112	120	1,07	0,50
KS4	67,2	112	120	1,07	0,60
KS5	78,4	112	120	1,07	0,70

### 4.3. Yapılan Deneyler

Bu çalışma kapsamında yapılan deney ve metotlar aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

#### 4.3.1. Basınç dayanımı deneyi

Küp numunelere ASTM C39 ve TS 12390-3'e uygun olarak Şekil 4.6' basınç deneyi yapılmış ve kırma yükü belirlenmiştir. Basınç dayanımı, kırma yükünün basınç yükünün uygulandığı kesit alanına oranlanması ile hesaplanmıştır. Şekil 4.6' da basınç deney düzeneği gösterilmiştir.



**Şekil 4.6.** Basınç dayanımı deney presi

### 4.3.2. Eğilme dayanımı deneyi

Eğilme deneyi Şekil 4.7’ te gösterildiği gibi 40x40x160 mm boyutundaki kiriş numunelere ASTM C293 ve TS 12390-5’e uygun olarak 3 noktalı eğilme yüklemesi şeklinde uygulanmış ve eğilmede çekme dayanımı ( $f_e$ ) Denklem 4.1 ile hesaplanmıştır.

$$f_e = \frac{3 PL}{2bd^2} \quad (4.1)$$

$f_e$ : Eğilme dayanımı, (MPa).

P: Kırılmaya neden olan yük, (N).

L: Deneş numunesinin mesnetler arasındaki mesafesi, (mm).

b: Deneş numunesinin genişliği, (mm).

d: Deneş numunesinin kalınlığı, (mm).



Şekil 4.7. Eğilme dayanımı deneş presi

### 4.3.3. Su emme deneş

Çalışmada gerçekleştirilmiş su emme deneşleri ASTM C642 standardına göre yapılmıştır. Deneş öncesinde numuneler tamamen kuru hale gelmesi için 3 gün süre ile 50 °C’de etüvde bekletilmiş, 3 gün sonunda etüvden çıkarılan numuneler terazi yardımıyla tartılarak kuru ağırlıkları ( $W_k$ ), daha sonra doşgun duruma gelmeleri için numuneler su içerisine konulmuş ve burada en az 2 gün bekletilmiştir. Sonra numuneler

sudan çıkarılarak ve yüzeylerindeki kaba su alındıktan sonra hassas terazide tartılmıştır (Ws). Su emme oranı (Sa) Denklem 4.2 'den hesaplanmıştır.

$$Sa (\%) = \frac{Ws - Wk}{Wk} \cdot 100 \quad (4.2)$$

#### 4.3.4. Isıl İletkenlik Katsayısının Belirlenmesi

Hazırlanan numunelerin termal iletkenlik ısı akısı tekniğine dayanarak düz katı numunelerin ASTM C518 ve EN 12667 standartlarına göre ısı iletkenliği ve ısı direnci ölçülmüştür. Ölçümde Şekil 4.8' de gösterilen ThermtestHFM-100 marka cihaz kullanılmıştır. Ölçümler Erciyes Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Uygulama merkezinde yaptırılmıştır.



Şekil 4.8. ThermtestHFM-100 Cihazı

## 5. DENEY SONUÇLARI

Bu çalışma kapsamında yapılan deneyler basınç dayanımı, eğilme dayanımı, su emme ve ısı iletkenlik katsayısı belirleme deneyleridir.

Yapılan deneylerden basınç ve eğilme dayanımı testleri UTEST cihazında 0,2 kN/s saniye yükleme hızında yapılmıştır. Yapılan testler sırasında herhangi bir kırılma değeri alınmadan numuneler kırılmıştır. Aynı şekilde eğilme dayanımı testinde de herhangi bir eğilme değeri alınmadan numuneler kırılmıştır.

Isıl iletkenlik analizinde elde edilen ısı iletkenlik katsayıları, ısı yalıtım özelliği taşınması için gerekli olan 0,065 W/mK değerinin üzerinde 0,10 W/mK ile 0,30 W/mK arasında çıkmıştır. Kullanılan kenevir miktarı arttıkça ısı iletkenlik katsayısının düştüğü yani ısı yalıtım özelliğinin iyileştiği görülmüştür. Tablo 5.1' de ısı iletkenlik katsayısının kenevir oranına göre değişimi verilmiştir

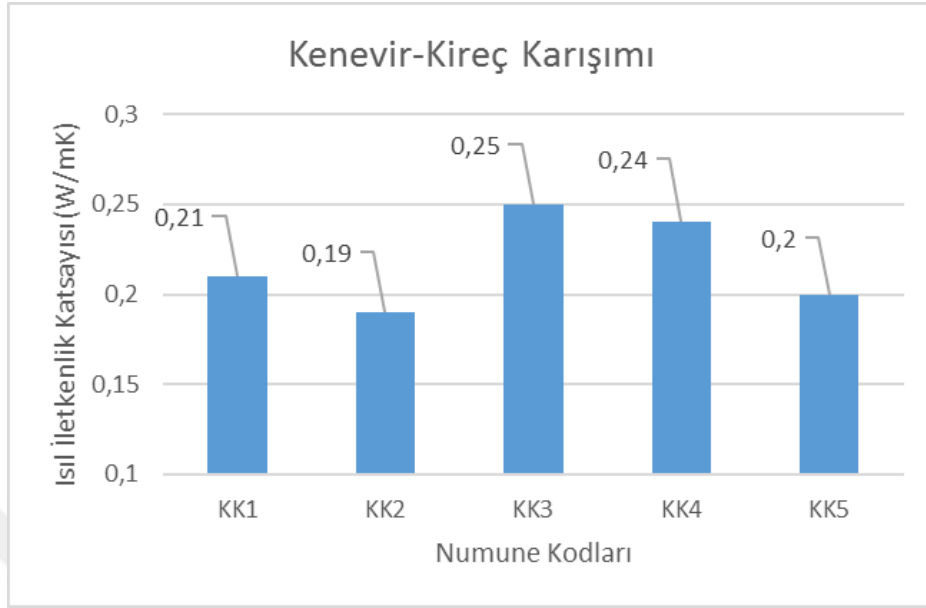
**Tablo 5.1.** Isıl iletkenlik katsayısı sonuçları

Numune No	Kenevir Oranı (%)	Isıl İletkenlik Katsayısı (W/mK)
KK1	30	0,21
KK2	40	0,19
KK3	50	0,25
KK4	60	0,24
KK5	70	0,20
KS1	30	0,21
KS2	40	0,20
KS3	50	0,23
KS4	60	0,15
KS5	70	0,14

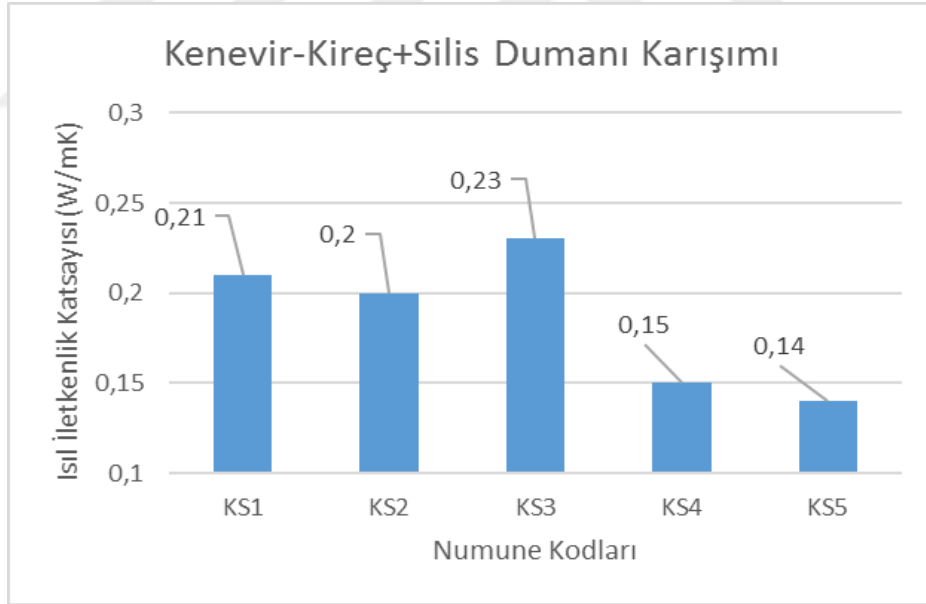
İki farklı bağlayıcı kullanılarak hazırlanan numunelerde, bağlayıcı cinsinin ısı iletkenlik üzerine etkisinin olmadığı görülmüştür. Kenevir-kireç numunelerin ısı iletkenlik değerleri yapılan deneyler ve her karışımdan hazırlanan üç adet numunenin matematiksel olarak alınan ortalamaları sonucunda, 0,19 W/mK ile 0,25 W/mK arasında çıkmıştır. Kenevir-kireç + silis dumanı numunelerin ise ısı iletkenlik değerleri yapılan deneyler ve her karışımdan hazırlanan üç adet numunenin matematiksel olarak alınan ortalamaları sonucunda, 0,14 W/mK ile 0,23 W/mK arasında olmuştur.

Kenevir-kireç numunelerinin ısı iletkenlik katsayısı değişimi Şekil 5.1' de ve kenevir-kireç + silis dumanı numunelerinin ısı iletkenlik katsayıları değişimi ise Şekil

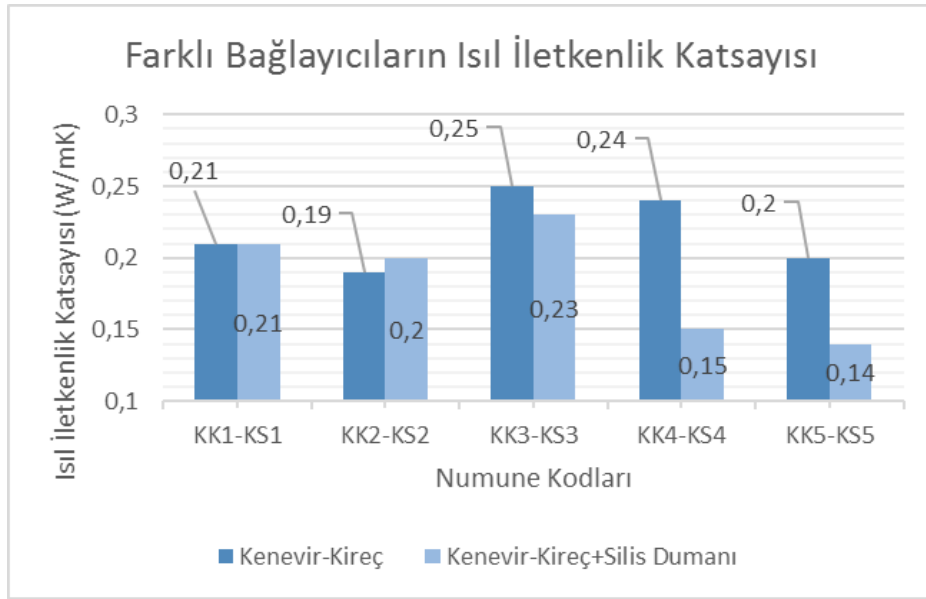
5.2' de görülmektedir. Ayrıca Şekil 5.3'te bağlayıcı cinsine göre ısı iletkenlik katsayıları değişimi verilmiştir.



**Şekil 5.1.** Kenevir kireç karışımı ısı iletkenlik değerleri



**Şekil 5.2.** Kenevir kireç + silis dumanı karışımı ısı iletkenlik değerleri



**Şekil 5.3.** Bağlayıcı cinsine göre ısı iletkenlik değeri

Kenevirin su emme oranının yüksek olduğu bilinmektedir. Hazırlanan numunelerin su emme oranları tayini için yapılan deney sonuçları Tablo 5.2.' de verilmiştir. Yapılan deneylerde karışımların su emme oranlarının %66 ile %112 arasında değiştiği görülmüştür. Su emme oranları karışımlarda kullanılan kenevir oranları ile orantılı olarak değişmektedir. Hazırlanan numunelerde kullanılan kenevir oranı arttıkça su emme oranının da arttığı gözlemlenmiştir.

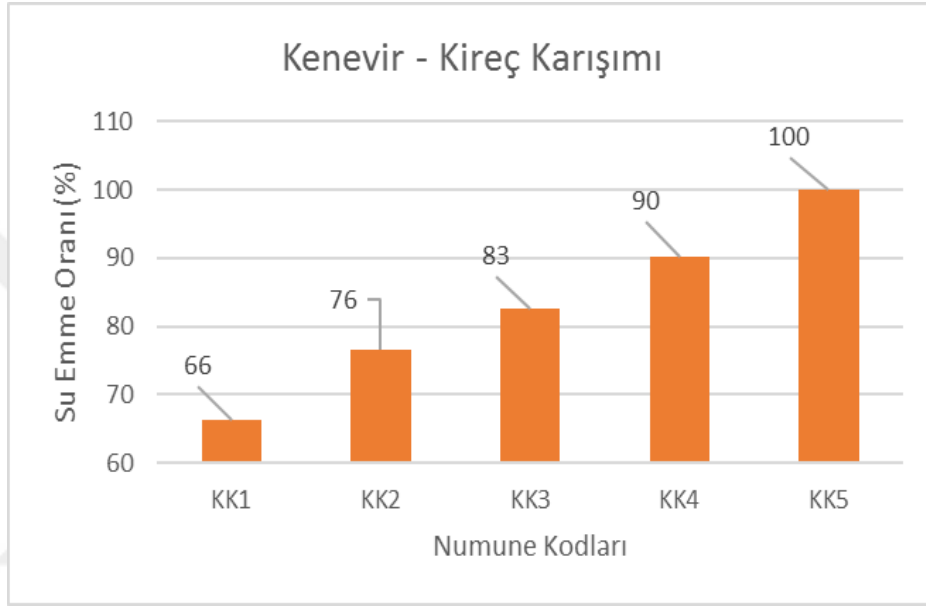
**Tablo 5.2.** Su Emme Oranları

Numune No	Wk (Kuru Ağırlık) (gr)	Ws (Doygun Ağırlık) (gr)	Sa (Su Emme Oranı) (%)
KK1	330	549	66
KK2	278	491	76
KK3	271	495	83
KK4	247	469	90
KK5	197	394	100
KS1	303	523	72
KS2	262	467	78
KS3	248	464	87
KS4	224	441	97
KS5	171	369	116

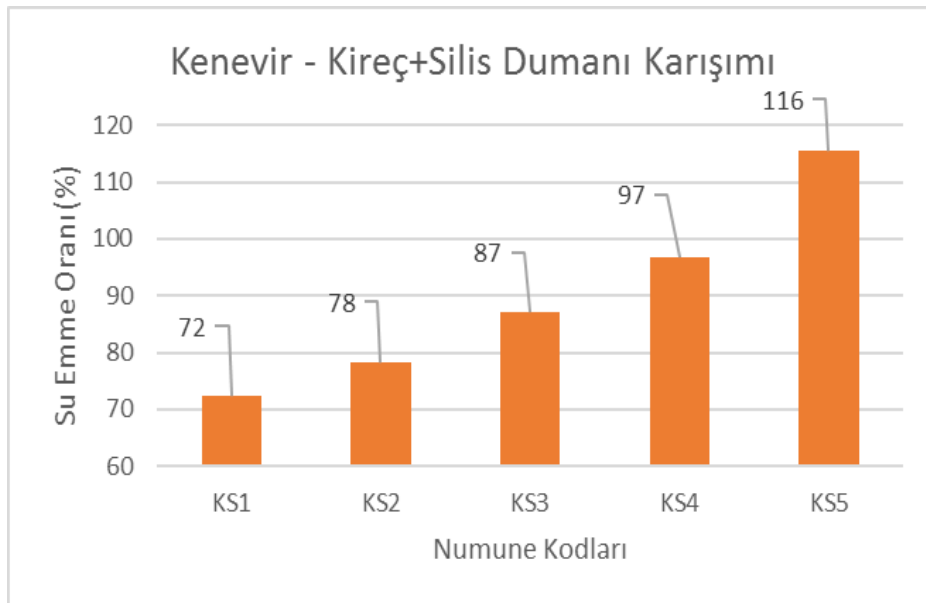


Ayrıca iki farklı bağlayıcı ile hazırlanan numunelerden silis dumanı kullanılan numunelerdeki su emme oranının yalnızca kireç kullanılarak hazırlanan numunelere göre daha yüksek olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

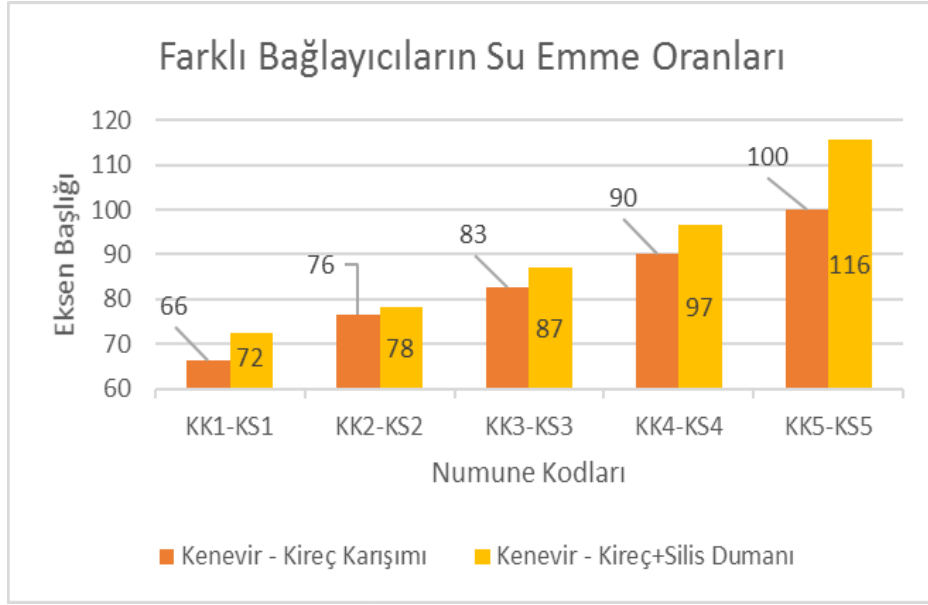
Kenevir oranı arttıkça artan su emme oranları kenevir-kireç numuneleri için Şekil 5.4' te ve kenevir-kireç + silis dumanı numuneleri için Şekil 5.5' te görülmektedir. Ayrıca Şekil 5.6' te her iki bağlayıcıya bağlı olarak değişen su emme oranları verilmiştir.



Şekil 5.4. Kenevir kireç karışımı su emme değerleri



Şekil 5.5. Kenevir kireç + silis dumanı karışımı su emme değerleri



**Şekil 5.6.** Bağlayıcı cinsine göre su emme oranları

## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Binalarda sürdürülebilir ve sağlıklı yaşam koşullarını sağlayan enerji verimliliği ve akustik konfor şartlarını sağlayacak, düşük ısı iletim katsayısına sahip olan yenilikçi ve bütüncül, ekonomik ve yerli anlayış ile tasarlanmış ısı ve ses yalıtımının birlikte istendiği ortamlara yönelik kolay uygulanabilir yalıtım malzemelerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Sürdürülebilirlik açısından etkin çözüm, yapının yaşam döngüsü içindeki tüm evrelerde yapı malzemesinin nitelikleriyle en iyi uyuşan çözümdür. Yapının planlanması aşamasından başlayarak enerji etkin tasarım yaklaşımlarından hareketle ve uygun bileşen seçimiyle, yapının yaşam döngüsü içindeki tüm evrelerde daha sürdürülebilir çözümlere ulaşmak, böylece yapay ve doğal çevreyi, kaynakların sürekliliğini de sağlayarak korumak mümkündür.

Bu malzemelerinden birisi belki de üretim ve kullanım açısından en uygun olan ürün kenevirdir. Yapılan araştırmaların incelenmesi sonucunda kenevirin yalıtım malzemesi olarak kullanılabilmesi için gerekli ve yeterli fiziksel ve mekanik özelliklere yakın sonuçlar alınmıştır. Hem ekonomik hem de sürdürülebilir malzeme olarak çevre dostu olması dolayısıyla kenevirden üretilen yapı malzemelerinin güvenle kullanılabileceği öngörülmüştür. Bu öngörü neticesinde yapılan çalışmada kenevir bitkisi atıklarından farklı oranlarda karışımlar hazırlanmıştır. Hazırlanan karışımlar basınç dayanımı, eğilme dayanımı, su emme ve ısı iletkenlik katsayısı deneylerine tabi tutulmuştur.

Basınç ve eğilme dayanımlarında herhangi bir kırılma değeri alınmadığı için hazırlanan numuneler daha dayanımlı hâle getirilmelidir. Bunun için bağlayıcı cinsi değiştirilmeli veya dayanım arttırıcı katkıları karışım içerisine eklenerek dayanımları arttırılmalıdır. Ayrıca üretilecek numunelere hafif elastik özellik kazandırmak uygulama esnasında kolaylık sağlayacaktır.

Kenevir su emme oranı yüksek bir malzeme olduğundan su emme değerleri beklenildiği gibi yüksek çıkmıştır. Karışımlar hazırlanırken su geçirimsiz katkıları kullanılarak su emilimi azaltılabilir. Bunun yanı sıra kenevir parçacıklarının arasında oluşan boşlukları minimum seviyeye çekmek için çalışmalar geliştirilirse su emme oranları azalabilir.

Isı yalıtım malzemesi olarak kenevirden hazırlanan numunelerde, gerekli ısı iletkenlik katsayısı olan 0,065 W/mK değerinin üzerinde sonuçlar alınmıştır. İki farklı

karışımla hazırlanan numunelerde bağlayıcı cinsinin ısı iletkenlik katsayısı üzerinde anlamlı bir etkisi olup olmadığını anlayabilmek için alınan sonuçlar istatistiksel olarak teste tabi tutulmuştur. Test için IBM SPSS Statistics programından yararlanılmıştır ve güven aralığı %95 seçilmiştir. Bunun için öncelikle iki farklı bağlayıcı ile hazırlanan numunelerin ısı iletkenlik sonuçları programa girilerek, ısı iletkenlik değerlerinin normal dağılıp dağılmadığı kontrol edilmiştir. Kontrol sonuçları Tablo 6.1 ve Tablo 6.2’ de verilmiştir.

**Tablo 6.1.** Kenevir – Kireç Karışımı Normallik Testi Sonuçları

Descriptives				
			Statistic	Std. Error
Kenevir-Kireç (KK)	Mean		,2213	,01088
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	,1979	
		Upper Bound	,2446	
	5% Trimmed Mean		,2227	
	Median		,2169	
	Variance		,002	
	Std. Deviation		,04215	
	Minimum		,12	
	Maximum		,30	
	Range		,18	
	Interquartile Range		,03	
	Skewness		-,544	,580
	Kurtosis		1,730	1,121

**Tablo 6.2.** Kenevir – Kireç + Silis Dumani Karışımı Normallik Testi Sonuçları

Descriptives				
			Statistic	Std. Error
Kenevir – Kireç + Silis Dumani (KS)	Mean		,1967	,01633
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	,1617	
		Upper Bound	,2318	
	5% Trimmed Mean		,1951	
	Median		,2011	
	Variance		,004	
	Std. Deviation		,06326	
	Minimum		,11	
	Maximum		,32	

	Range	,21	
	Interquartile Range	,11	
	Skewness	,307	,580
	Kurtosis	-,451	1,121

Tablo 6.1 ve Tablo 6.2’ de yer alan Skewness ve Kurtosis değerleri standart hataya bölündüğünde ortaya çıkan değerler -1,96 ile +1,96 aralığında olduğundan analiz sonucu verilerin normal dağıldığını göstermektedir. Normal dağılan değerler arasında yapılan bağımsız iki grubun karşılaştırılması testinin sonuçları ise Tablo 6.3’ de verilmiştir.

**Tablo 6.3.** Bağımsız iki grubun karşılaştırılması testi sonuçları

Independent Samples Test					
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means	
		F	Sig.	t	df
Veriler	Equal variances assumed	2,960	,096	1,250	28
	Equal variances not assumed			1,250	24,385
Independent Samples Test					
		t-test for Equality of Means			
		Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference
					Lower
Veriler	Equal variances assumed	,222	,02453	,01963	- ,01567
	Equal variances not assumed	,223	,02453	,01963	- ,01594

Tablo 6.3’ de görülen Levene’ nin test sonuçlarından signification değeri  $0,096 > 0,05$  çıktığından veriler anlamsız yani varyansları eşitir. Varyansları eşit çıkan değerlerin signification 2 değerlerine bakıldığında  $0,222 > 0,05$  olduğundan veriler arasında anlamlı bir fark yoktur. Yani bağlayıcı tipinin ısı iletkenlik katsayısı üzerinde kayda degecek etkisi olmadığı görülmüştür. Bu sonuçlar da dikkate alındığında hazırlanan karışımlarda kullanılan kenevir ve bağlayıcı oranları değiştirilerek gerekli ve

yeterli ısı iletkenlik katsayısı alınabilir. Ayrıca yalıtımda kalınlığın esas olduğu düşünülürse, yeterli ısı iletkenlik sonuçları alınabilmesi için numune kalınlıkları artırılabilir. Ancak numune kalınlıkları arttırılırken, kullanım kolaylığı ve hafifliğı de düşünölmelidir.

Tüm bu sonuçlar dikkate alındığında, çevre dostu ve sürdürülebilir bir yalıtım malzemesi üretmek mümkündür. Alınan deney sonuçlarına göre, kenevir bitkisi atıklarından ısı yalıtım malzemesi üretilebileceğı ancak bunun için çalışmalar genişletilmelidir.

Sonuç olarak iyi yalıtım performansı, düşük üretim enerjisi, yeterli ısı-akustik konfor ve sağlıklı yaşam koşullarını sağlayan çevre dostu, yerel ve sürdürülebilir nitelikte yalıtım malzemeleri araştırılmalı ve üzerinde yapılacak çalışmalarla geliştirilerek üretimlerinin arttırılması ve kullanımalarının yaygınlaştırılması gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- ASTM C293, 1979, Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (using simple beam with center point loading), American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA.
- ASTM C39-05. 2005. "Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens", Annual book of ASTM standards, West Conshohocken, PA.
- ASTM C642-13. 1969. "Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete", Annual Book of ASTM Standards, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM C518. 2009. "Standard Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties", Annual Book of ASTM Standards, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM C1585-13. 2013. "Standard Test Method for Measurement of Rate of Absorption of Water by Hydraulic-Cement Concretes", Annual Book of ASTM Standards, ASTM International, West Conshohocken, PA
- EN 12390-3. 2019. "Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleleri - Bölüm 3 : Deneysel Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- EN 12390-5. 2019. "Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleleri - Bölüm 5: Deneysel Numunelerinin Eğilme Dayanımının Tayini", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- EN 12667. 2003. "Yapı malzemeleri ve mamullerinin ısı performansları-Mahfazalı sıcak plaka ve ısı akış sayacı metotlarıyla ısı direncinin tayini-Yüksek ve orta ısı dirençli mamuller", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Ayçam, İ. ve Tuna, M., Süt, G., 2010, Sürdürülebilirlik ve mimari değişimin yalıtım malzemelerine etkileri, Uluslararası Sürdürülebilir Yapılar Sempozyumu., Ankara.
- Arslan, M., ve Aktaş, M., 2018, İnşaat sektöründe kullanılan yalıtım malzemelerinin ısı ve ses yalıtımı açısından değerlendirilmesi, Politeknik dergisi., 21 (2), 299-320.
- Barnat-Hunek, D. and Fic, S., Smarzewski, P., 2015, Mechanical and thermal properties of hemp-lime composites, Polish Society of Composite Materials., 15 (1), 21-27.
- Bayrakçı, H.C. ve Davraz, M., Başpınar, E., 2011, Yeni Nesil Isı Yalıtım Malzemesi: Vakum Yalıtım Paneli, SDU Teknik Bilimler Der., 1 (2), 1-12.
- Busbridge, R. and Rhydwen, R., 2010, An investigation of the thermal properties of hemp and clay monolithic walls, (AC&T) The School of Computing and Technology 5th Annual Conference., University of East London, 163-170.

- Collet, F. and Prétot, S., 2014, Thermal conductivity of hemp concretes: Variation with formulation, density and water content, *Construction and Building Materials.*, 65, 612-619.
- Çelebi G., 2017, Bir yapı malzemesi olarak mantar miselyumu [online], <http://kot0.com/bir-yapi-malzemesi-olarak-mantar-miselyumu/> [Ziyaret Tarihi: 20 Aralık 2019].
- Çelebi, G.Ü. ve Erol, M.İ., 2000, Şeffaf Isı Yalıtım Malzemelerinin Güneşten Isı Kazancı Sağlamak Bağlamında Yapı Kabuğunda Kullanımı, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi.*, 13 (1), 149-160.
- Gizlenci, Ş., ve Acar, M., Yiğen, Ç., Aytaç, S., 2019, Kenevir Tarımı, *SKaradeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü*, Samsun, 4-6.
- İrklı Eryıldız, D. ve Başkaya, A., 2000, Saman balyası ile yapılanma:Kırıkkale-hasandede' de bir prototipin yapımı, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 15 (2).
- İzoder., 2013, İnşaat teknolojisi ısı yalıtımı, <https://www.izoder.org.tr/dosyalar/Bina-ve-Tesisatta-Isi-Yalitimi.pdf>
- Little S., 2019, 10 reason you should use sustainable building materials [online], <https://freshome.com/2014/09/19/10-reasons-you-should-use-sustainable-building-materials/> [Ziyaret Tarihi: 20 Aralık 2019].
- Mukherjee, A. (2012), "Structural benefits of hempcrete infill in timber stud walls", *Master of Applied Science, Department of Civil Engineering, Canada*
- Murphy, F. and Pavia, S., Walker, R., 2010, An Assessment Of The Physical Properties Of Lime-Hemp Concrete, *Proc. of BRI/CRI. Ní Nualláin, Walsh, West, Cannon, Caprani, McCabe eds. Cork 2010.*, 431-439.
- Orhon, A., 2012, Tasarımdan yapıma sürdürülebilir beton yaklaşımları, 2. Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi., İzmir, 700-706.
- Sinka, M. and Korjakins, A., Sahmenko, G., 2014, Mechanical properties of pre-compressed hemp-lime concrete, *Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering.*, 3 (8), 92-99.
- Sinka, M. and Bajare, D., Korjakins, A., Radina, L., Sahmenko, G., 2015, Enhancement of lime-hemp concrete properties using different manufacturing technologies, *First International Conference on Bio-based Building Materials.*, Letonya.
- Yaman, Ö., ve Çalikuş, O., Erdem, Ş., Şengül, Ö., Kara, İ., Özgür, D., Selçuk, H., 2015, *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 487, 62-75.
- Yılmaz, F. ve Yazıcı, L., 2022, Dünya'da Yükselen Değer; Endüstriyel Kenevir (*Cannabis sativa L.*), *Bozok Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi.*, 1 (1), 54-61.



Walker, G. and Pavia, S., 2014, Moisture transfer and thermal properties of hemp–lime concretes, *Construction and Building Materials* 2014., 270-276.

(url\_1) <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-verimlilik-ulusal-enerji-verimlilik-eylem-planı>

(url\_2) <https://beevet.eu/tr/course/topic-1-tr/lessons/isi-yalitim-malzemeleri-2/>

(url\_3) <https://bigumigu.com/haber/doga-dostu-bir-yapi-malzemesi-olarak-mantar/>

(url\_4) [https://wiki.opensourceecology.org/wiki/Hemp\\_Decorticator](https://wiki.opensourceecology.org/wiki/Hemp_Decorticator)

(url\_5) <https://www.arceyapiizolasyon.com/vakum-yalitim-panelleri>

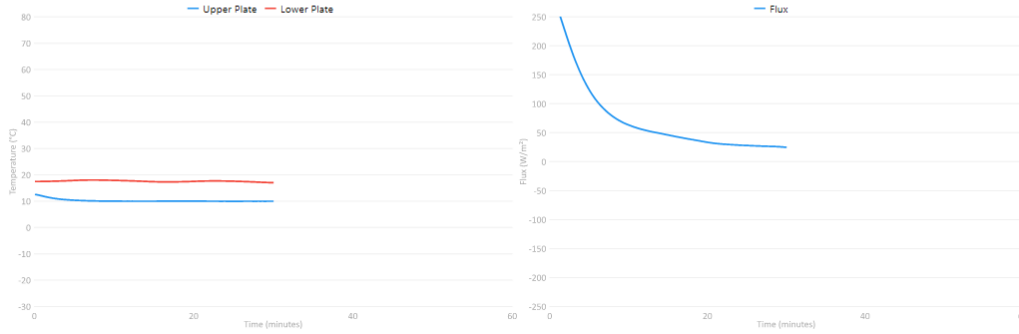
(url\_6) <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778810002124>



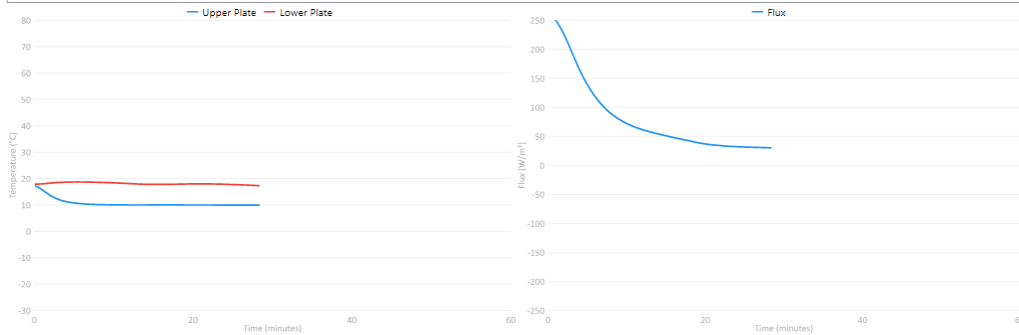
## EKLER

### EK-1 Isıl İletkenlik Hesap Sonuçları.

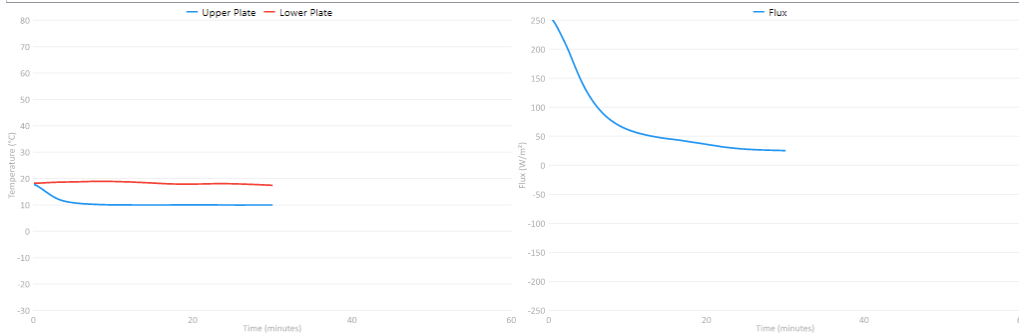
Sample	Upper temperature (°C)	Lower temperature (°C)	Status	Result (W/mk)	Thickness (mm)	Started	Completed
KK4_2	10.0	30.0	Complete	0.2312	55.1	5/24/2022 2:04:49 PM	5/24/2022 2:34:52 PM



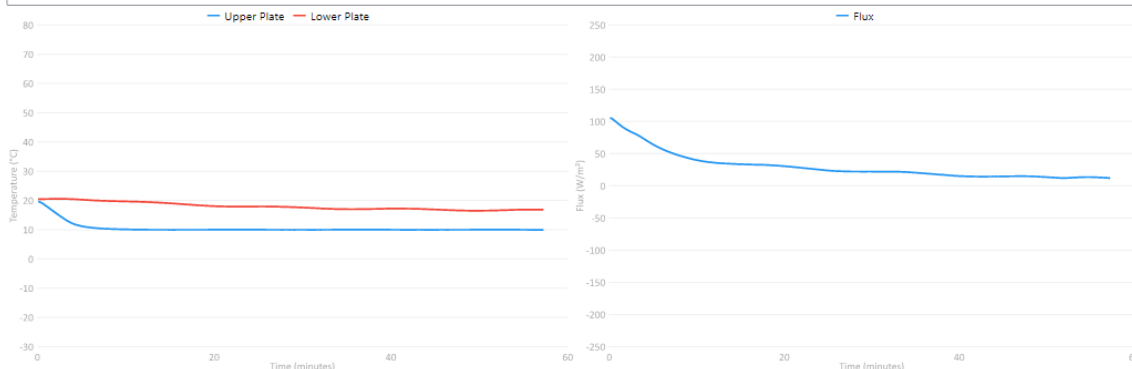
Sample	Upper temperature (°C)	Lower temperature (°C)	Status	Result (W/mk)	Thickness (mm)	Started	Completed
KK4_3	10.0	30.0	Complete	0.2769	58.5	5/25/2022 3:25:13 PM	5/25/2022 3:53:36 PM



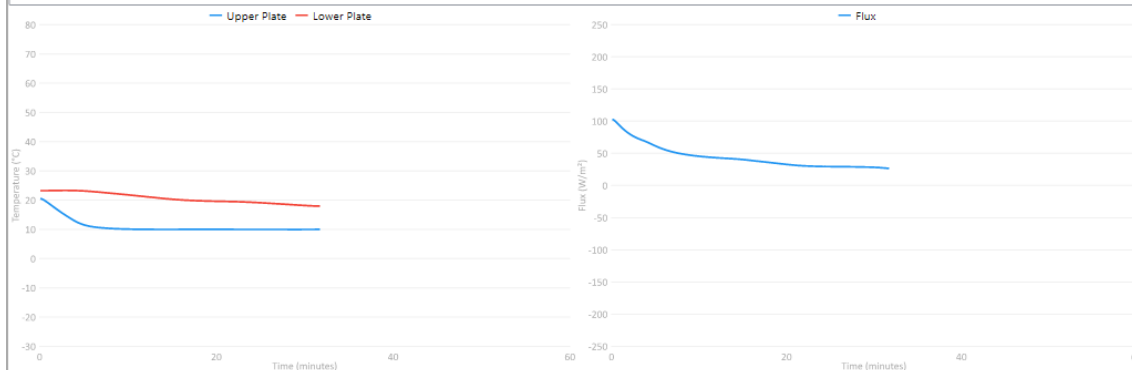
Sample	Upper temperature (°C)	Lower temperature (°C)	Status	Result (W/mk)	Thickness (mm)	Started	Completed
KK4_1	10.0	30.0	Complete	0.2169	55.1	5/24/2022 1:32:48 PM	5/24/2022 2:02:51 PM



Sample	Upper temperature (°C)	Lower temperature (°C)	Status	Result (W/mK)	Thickness (mm)	Started	Completed
BEKIR KAYNAK_KS4_2	10.0	30.0	Complete	0.1265	57.1	5/11/2022 9:16:16 AM	5/11/2022 10:13:31 AM



Sample	Upper temperature (°C)	Lower temperature (°C)	Status	Result (W/mK)	Thickness (mm)	Started	Completed
KS4	10.0	30.0	Complete	0.2245	57.0	5/24/2022 12:06:12 PM	5/24/2022 12:37:55 PM



Sample	Upper temperature (°C)	Lower temperature (°C)	Status	Result (W/mK)	Thickness (mm)	Started	Completed
BEKIR KAYNAK_KS4	10.0	30.0	Complete	0.1080	54.3	5/10/2022 9:23:53 AM	5/10/2022 10:21:14 AM

