

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**FARKLI YOĞUNLUKTA KADEMELENDİRİLMİŞ
TAŞYÜNÜ İMALATI İÇİN MEKANİK SİSTEM
TASARIMI VE ÜRÜNÜN ISIL ÖZELLİKLERİNİN
İNCELENMESİ**

**Hazırlayan
Enis Selçuk ALTUNTOP**

**Danışman
Prof. Dr. Mehmet Baki KARAMIŞ**

Yüksek Lisans Tezi

**Haziran 2019
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**FARKLI YOĞUNLUKTA KADEMELENDİRİLMİŞ
TAŞYÜNÜ İMALATI İÇİN MEKANİK SİSTEM
TASARIMI VE ÜRÜNÜN ISIL ÖZELLİKLERİNİN
İNCELENMESİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

**Hazırlayan
Enis Selçuk ALTUNTOP**

**Danışman
Prof. Dr. Mehmet Baki KARAMIŞ**

**Haziran 2019
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Enis Selçuk ALTUNTOP



“Farklı Yoğunlukta Kademelendirilmiş Taşyünü İmalatı İçin Mekanik Sistem Tasarımı Ve Ürünün Isıl Özelliklerinin İncelenmesi” adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan

Enis Selçuk ALTUNTOP

Danışman

Prof. Dr. Mehmet Baki KARAMIŞ

Makine Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Necdet ALTUNTOP

Prof. Dr. Mehmet Baki KARAMIŞ danışmanlığında Enis Selçuk ALTUNTOP tarafından hazırlanan “Farklı Yoğunluklu Taş Yünü Üretimi Ve Isıl Analizi” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

28/06/2018

JÜRİ:

Danışman : Prof. Dr. Mehmet Baki Karamış

.....
.....

Üye : Prof. Dr. Tefaruk Haktanır

.....
.....

Üye : Doc Dr. Fehmi Nair

.....
.....

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 02/07/2019 tarih ve 2019/37-78 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

.....
.....
.....

Prof. Dr. Mehmet AKKURT

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ/TEŞEKKÜR

“Farklı Yoğunlukta Kademelendirilmiş Taşyünü İmalatı İçin Mekanik Sistem Tasarımı Ve Ürünün Isıl Özelliklerinin İncelenmesi” adlı tez çalışmamın seçiminde, yürütülmesi, sonuçlandırılmasında ve sonuçlarının değerlendirilmesinde destek ve yardımlarını esirgemeyen, öğrencilik sürecim boyunca her zaman yanımda olan değerli hocam sayın Prof. Dr. Mehmet Baki KARAMIŞ’a çok teşekkür ederim.

Uzun süren yüksek lisans çalışmalarım süresince, bana her türlü yardımı, fedakârlığı ve anlayışı gösteren başta babam Prof. Dr. Necdet ALTUNTOP olmak üzere annem Zehra ALTUNTOP’a minnetlerimi sunarım.

Enis Selçuk ALTUNTOP

Haziran 2019, KAYSERİ

Farklı Yoğunlukta Kademelendirilmiş Taşyünü İmalatı İçin Mekanik Sistem Tasarımı Ve Ürünün Isıl Özelliklerinin İncelenmesi

Enis Selçuk ALTUNTOP

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Haziran 2019
Danışman: Prof. Dr. Mehmet Baki KARAMIŞ

ÖZET

Bu Yüksek Lisans Tez çalışmasında, dünyada yaygın kullanım alanı bulunmasına rağmen üretim kotası kısıtlı olan çift yoğunluklu taşyününün yerli ve milli kaynaklarla üretilmesi imkânları ve ısı yalıtımı açısından en iyi malzemenin tasarlanması konusu araştırılmıştır. Mekanik sistemin tasarımında parçalarının burulma, basınç, ve sehim gibi ilgili mekanik özellikleri göz önünde bulundurulmuştur. Tasarlanan malzemelerin ilgili özellikleri bunlar üretilmeden önce teorik model ile analiz edilmiştir. Teorik olarak elde edilen malzeme özellikleri uygun testler sonucu deneysel olarak doğrulanmıştır. Farklı kombinezonda birçok malzeme üzerinde yapılan kapsamlı deneysel çalışmalar sonucunda, 50 mm kalınlığında ve 150 kg/m^3 yoğunlukta ve 10 mm kalınlığında 100 kg/m^3 yoğunlukta taşyünü malzemelerin en iyi ısı yalıtımı sağladığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çift yoğunluk, Taşyünü, Mekanik sistem dizaynı, Isıl analiz, İzolasyon, Yalıtım, Mantolama, İnovasyon, Isı yalıtım malzemesi, Enerji korunumu, Isıl iletkenlik hesap değeri, Isıl geçirgenlik değeri

**THE MECHANICAL SYSTEM DESIGN AND OBSERVATION OF THERMAL
ANALYSIS FOR TWO DIFFERENT DENSITY PRODUCTION IN ONE
PRODUCT OF STONEWOOL**

Enis Selçuk ALTUNTOP

**Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences
Master Thesis, June 2019**

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet Baki KARAMIŞ

ABSTRACT

The research study of this M.Sc. thesis has been about double density stone wool which has a limited production quote although it has a common usage area worldwide. The purpose of this study has been to develop a design approach to produce double density stone wool having a high heat insulation property using domestically available sources. Relevant mechanical peculiarities such as torsion, compression, and deflection of the pieces of the materials have been taken into consideration in the design procedure. The prospective performances of the designed materials have been analyzed theoretically prior to their actual production. The theoretically obtained results have been verified experimentally after having produced the designed materials. The experimental studies have revealed that among various designs, the products of 50 mm thickness having a dosage of 150 kg/m³ and of 10 mm thickness with a dosage of 100 kg/m³ have yielded better heat insulation as compared to the other combinations tried.

Keywords: Isolation, Double density, Mechanic system, Thermal analysis, Two densities, Innovation, Thermal isolation product, Energy preservation, Thermal conductivity value, Thermal permeability value

İÇİNDEKİLER

FARKLI YOĞUNLUKTA KADEMELENDİRİLMİŞ TAŞYÜNÜ İMALATI İÇİN MEKANİK SİSTEM TASARIMI VE ÜRÜNÜN ISIL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK.....	iii
KABUL VE ONAY	iv
ÖNSÖZ/TEŞEKKÜR	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
KISALTMALAR VE SİMGELER.....	xi
TABLolar LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiii
GİRİŞ	1

BÖLÜM 1

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Isı Yalıtım Malzemesi Seçiminde Önemli Olan Özellikler.....	8
1.2. Yapılarda Kullanılan Isı Yalıtım Malzemeleri.....	10
1.2.1. Bitkisel ve hayvansal kökenli ısı yalıtım malzemeleri	11
1.2.2. Mineral kökenli ısı yalıtım malzemeleri	12
1.2.3. Sentetik kökenli ısı yalıtım malzemeleri	13
1.3. Tez Çalışmasının Gerekçesi	15
1.4. Kaynak Taraması.....	15
1.5. Taş Yünü Üretim İşlemi	23

BÖLÜM 2

MATERYAL VE METOT

2.1. Mekanik Sistem Tasarımı	30
2.1.1. Taslak Tasarım	32

2.1.2. Tasarımda Kullanılan Mekanik Sistem Hesapları	36
2.1.2.1. Normal Gerilme.....	36
2.1.2.2. Birim Şekil Değişirme.....	37
2.1.2.3. Elastisite Modülü.....	37
2.1.2.4. Basit Eğilme	38
2.1.2.5. Sehim	39
2.1.2.6. Atalet Momenti.....	41
2.1.2.7. Burulma	42
2.1.2.8. Kayma Gerilmesi.....	43
2.1.2.9. Profil Basma	44
2.2. Katmanlı Duvarda Isı Geçişinin Modellenmesi	45
2.2.1. Katmanlı Duvarda Isı Geçişinin Modellenmesi	47
2.3. Deney Sistemi ve Detayları.....	49

BÖLÜM 3

BUGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Mekanik Tasarım Bulgular	56
3.1.1. Merdane boyutlarının hesaplanması	56
3.1.1.1. Mil Sehimi	56
3.1.1.2. Burulma	59
3.1.2. Profil Sehim	62
3.1.3. Profil Basma	65
3.2. Teorik Sonuçlar.....	67
3.3. Isıl İletkenlik Dağılım Laboratuvar Sonuçları (deneysel sonuçları)	68
3.3.1. 60 mm, 150 kg/m ³	70
3.3.2. 60 mm, 100 kg/m ³	73
3.3.3. 10 mm, 150 kg/m ³ _ 50 mm 100 kg/m ³	75
3.3.4. 20 mm 150 kg/m ³ _ 40 mm 100 kg/m ³	78
3.3.5. 30 mm 150 kg/m ³ _ 30 mm 100 kg/m ³	81
3.3.6. 40 mm 150 kg/m ³ _ 20 mm 100 kg/m ³	84
3.3.7. 50 mm 150 kg/m ³ _ 10 mm 100 kg/m ³	87
3.4. Öneriler	90
KAYNAKÇA	93

EKLER.....	98
1. Test Numunesinin dökümanları	98
2. Laboratuar da yapılan ısı iletkenlik testlerimizin ölçüm değerleri.....	102
3. Taşyünü üretiminde kullanılan tolerans aralıkları.....	104
ÖZGEÇMİŞ.....	105



KISALTMALAR VE SİMGELER

Kısaltmalar

Fluent : Ansys Workbench Fluent

ME : Microsoft Excel



TABLolar LİSTESİ

Tablo 1	Bölgelere göre tavsiye edilen ısı geçirgenlik katsayıları.....	11
Tablo 2	En yaygın kiriş eğilme tiplerini ve bunlarla ilişkili	40
Tablo 3	Malzeme cinsine bağlı olarak emniyetli burkulma gerilme değerleri	45
Tablo 4	Mil üzerine uygulanan kuvvetlerin hesaplanmasında kullanılan formüller	57
Tablo 5	Mil ataletinin bulunmasında kullanılan formülasyon.....	57
Tablo 6	Sistemimizde kullanılacak olan boruların sehiminin Excel de hesaplanmasında kullanılan değerlerin ve sonuçların tablsu.....	58
Tablo 7	Mil burulmasının hesaplanmasında kullanılan veriler ve sonuçların hesaplamada kullanılan Excel deki tablosu	61
Tablo 8	Profilin sehiminin Şekil 32 de verildiği noktalardaki sehimini	63
Tablo 9	Profil sehiminin Excel yardımıyla hesaplanırken değerlerinin ve sonuçlarının verilmesi	64
Tablo 10	Profil basma gerilmesinin mukavemetinin katsayıya bağlı kontrol hesabının sonuçları	66
Tablo 11	Basma gerilmesi için emniyet katsayıları.....	66
Tablo 12	Burkulmanın formülü ve malzemeye bağlı olarak basma gerilmelerinin güvenli gerilme değerleri.....	66
Tablo 13	w, Omega değerleri. DIN 4114 ve DIN 1052 den.....	67
Tablo 14	Değişen kalınlıklara ve yoğunluklara göre ısı iletkenlik katsayıları	91

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1	Türkiye de nihai enerji tüketiminin sektörel dağılımı (2013).....	3
Şekil 2	Binalarda ısııl enerji kayıplarının kısımlara göre oranları	3
Şekil 3	Bir yabancı firma tarafından yurt dışında üretilen çift (dual) yoğunluklu taş yünü numunesinin görünümü.....	6
Şekil 4	Çift yoğunluklu taşıyününün sembolik gösterimi.....	6
Şekil 5	Rockwool çift yoğunluklu taş yününün çatıda iki sac plaka arasında kullanımı.....	7
Şekil 6	Rockwool çift yoğunluklu taş yününün çatıda iki sac plaka arasına monte edilmesi.....	7
Şekil 7	Derece gün bilgilerine göre illerimizin bölgeleri	10
Şekil 8	Taş yünü üretim hattının temsili gösterimi.....	24
Şekil 9	Hammadde besleme sahası	24
Şekil 10	Kupola fırını_ Kömürlü fırın	25
Şekil 11	Toplama masası	26
Şekil 12	Pendilium dan çıkan yumuşak elyaf.....	26
Şekil 13	Krimping_ Yumuşak elyafın sıkıştırılarak sert hale getirilmesi.....	27
Şekil 14	Etüv_ Sıkıştırılan ürünün pişirilmesinde kullanılır	28
Şekil 15	Ebatlamada kullanılan testereler.....	28
Şekil 16	Çit yoğunluklu taş yünü mekanizması taslak tasarımı	32
Şekil 17	Farklı yoğunlukta kademelendirilmiş taşıyünü imalatı için tasarlanan mekanik sistem tasarımı	33
Şekil 18	Krimping makinesi	34
Şekil 19	Gerilme- Birim şekil değiştirme Diyagramı.....	38
Şekil 20	Atalet momenti hesaplanan dikdörtgen kesitli giriş	41
Şekil 21	Atalet momenti hesaplanan borunun kesit görünüşü.....	41
Şekil 22	Burulma deneyinin şematik görünüşü	42
Şekil 23	Burulma açısı (T) – burulma açısı (ϕ) diyagramı	43
Şekil 24	Prizmatik hacme sahip bir eleman için üç boyutlu ısı geçişi.....	46
Şekil 25	Çok katmanlı bir duvarda ısı geçişinin şematik gösterimi	48

Şekil 26	Testlerin yapımında kullanılan cihazımız. NETZSCH firmasının HFM 436 modelli cihazıdır.....	50
Şekil 27	Cihazın testler sırasında ısı akışının üst plakadan alt plakaya doğru olduğunu gösteren temsili çizim.....	51
Şekil 28	Test cihazımızın içinde bulunan bileşenlerinin şema üzerinde gösterimi	52
Şekil 29	Test numunesinin ısı iletkenlik tablosu	53
Şekil 30	Test numunesinden elde edilen ölçüm değerlerinden olan sıcaklık değerler ve ısı iletkenlik katsayılarının zamana bağlı olarak değişimi.....	54
Şekil 31	Test edilen numunelerimizin boyutlarının ölçümü.....	55
Şekil 32	Ölçüleri hesaplanacak merdanenin temsili resmi	56
Şekil 33	Milin üzerine etki eden kuvvetlerin sembolik gösterimi	57
Şekil 34	Hesapları yapılan merdanenin ölçülü resmi	59
Şekil 35	Şehimi hesaplanacak olan şase profilinin genel görünüşü	62
Şekil 36	Profilin üstüne etki eden kuvvetlerin etki noktalarının temsili çizimi.....	63
Şekil 37	Hesapları yapılan şase profilimizin ölçüleri	65
Şekil 38	Teorik modelin numunelerin değerlerine göre hesabı ve karşılaştırılması.....	68
Şekil 39	60 mm 150 kg/m ³ deney numunesi	71
Şekil 40	60 mm 150 kg/m ³ taşıyününün ısı iletkenlik sonuç tablosu	71
Şekil 41	60 mm, 150 kg/m ³ Taşıyününün testindeki üst, alt plakadaki sıcaklık değerleri, ortalama sıcaklık ve sıcaklık farkı karşılaştırması	72
Şekil 42	60 mm 100 kg/m ³ deney numunesi	73
Şekil 43	60 mm 100 kg/m ³ taşıyünü için ısı iletkenlik analizi	73
Şekil 44	60 mm, 100 kg/m ³ Taşıyününün testindeki üst, alt plakadaki sıcaklık değerleri, ortalama sıcaklık, sıcaklık farkı ve ısı iletkenlik katsayısı karşılaştırması.....	74
Şekil 45	10 mm 150 kg/m ³ ve 50 mm 100 kg/m ³ den oluşan deney numunesi	75
Şekil 46	10 mm 150 kg/m ³ ve 50 mm 100 kg/m ³ taşıyünü için ısı iletkenlik deneyi...	76
Şekil 47	10 mm 150 kg/m ³ ve 50 mm 100 kg/m ³ taşıyünü için ısı iletkenlik deneyi...	76
Şekil 48	10 mm, 150 kg/m ³ _50 mm 100 kg/m ³ Taşıyününün testindeki üst, alt plakadaki sıcaklık değerleri, ortalama sıcaklık, sıcaklık farkı ve ısı iletkenlik katsayısı karşılaştırması.....	77
Şekil 49	20 mm 150 kg/m ³ ve 40 mm 100 kg/m ³ den oluşan deney numunesi	78
Şekil 50	20 mm 150 kg/m ³ ve 40 mm 100 kg/m ³ taşıyünü için ısı iletkenlik deneyi...	79

Şekil 51	20 mm, 150 kg/m ³ _40 mm 100 kg/m ³ Taşyününün testindeki üst, alt plakadaki sıcaklık değerleri, ortalama sıcaklık, sıcaklık farkı ve ısı iletkenlik katsayısı karşılaştırması.....	80
Şekil 52	30 mm 150 kg/m ³ ve 30 mm 100 kg/m ³ den oluşan deney numunesi	81
Şekil 53	30 mm 150 kg/m ³ ve 30 mm 100 kg/m ³ taşyünü ısı iletkenlik deneyi.....	82
Şekil 54	30 mm, 150 kg/m ³ _30 mm 100 kg/m ³ Taşyününün testindeki üst, alt plakadaki sıcaklık değerleri, ortalama sıcaklık, sıcaklık farkı ve ısı iletkenlik katsayısı karşılaştırması.....	83
Şekil 55	40 mm 150 kg/m ³ ve 20 mm 100 kg/m ³ den oluşan deney numunesi	84
Şekil 56	40 mm 150 kg/m ³ ve 20 mm 100 kg/m ³ taşyünü ısı iletkenlik deneyi.....	85
Şekil 57	40 mm 150 kg/m ³ ve 20 mm 100 kg/m ³ taşyünü ısı iletkenlik deneyi.....	85
Şekil 58	40 mm, 150 kg/m ³ _20 mm 100 kg/m ³ Taşyününün testindeki üst, alt plakadaki sıcaklık değerleri, ortalama sıcaklık, sıcaklık farkı ve ısı iletkenlik katsayısı karşılaştırması.....	86
Şekil 59	50 mm 150 kg/m ³ ve 10 mm 100 kg/m ³ den oluşan deney numunesi	87
Şekil 60	50 mm 150 kg/m ³ ve 10 mm 100 kg/m ³ taşyünü ısı iletkenlik deneyi.....	87
Şekil 61	50 mm 150 kg/m ³ ve 10 mm 100 kg/m ³ taşyünü ısı iletkenlik deneyi.....	88
Şekil 62	50 mm, 150 kg/m ³ _10 mm 100 kg/m ³ Taşyününün testindeki üst, alt plakadaki sıcaklık değerleri, ortalama sıcaklık, sıcaklık farkı ve ısı iletkenlik katsayısı karşılaştırması.....	89
Şekil 63	Değişen kalınlıklara ve yoğunluklara göre ısı iletkenlik katsayılarının grafik gösterimi	92

GİRİŞ

Enerji, günümüzde mevcut yaşam düzeyinin, teknolojik gelişmişliğin sürdürülebilmesi ve geliştirilebilmesi için ihtiyaç duyulan olmazsa olmaz bir kaynaktır. Enerji kaynaklarının sınırlı olması, dünya genelinde tüm ülkelere eşit oranda dağılmaması, bu kaynaklara sahip ülkeler ile bu kaynaklara ihtiyacı olan ülkeleri sık sık karşı karşıya getirmektedir. Özellikle yoğun olarak petrol ve doğalgaz kaynaklarına sahip olan Orta Doğu Ülkeleri arasında savaş ve karışıklıkların ana sebebi, bölge ülkelerinin sahip olduğu petrol ve doğalgaz rezervlerinin, bölgenin bazı ülkeleri ile bölge dışı uluslararası güçlerin bu kaynakları kontrol etme isteklerinden kaynaklanmaktadır. Benzer durum, Güney Amerika da Venezuela da yaşanmaktadır.

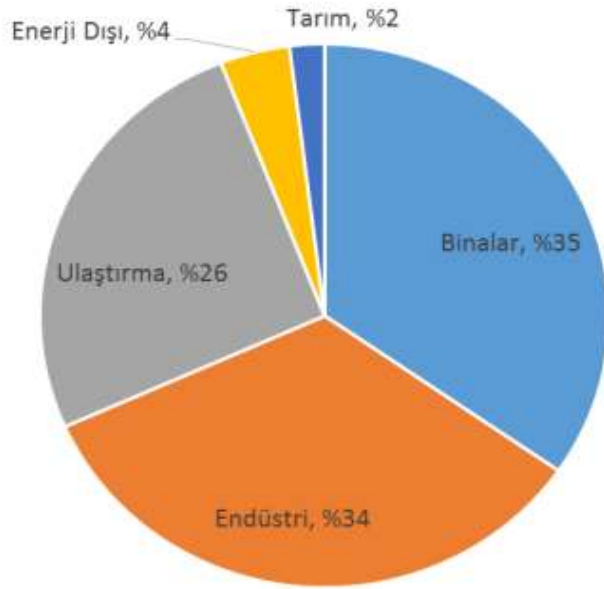
Enerji kaynakları sınırlı ve ithalata bağımlı olan ülkeler, enerji açısından dışa bağımlılıklarının oranına bağlı olarak, sürekli olarak yurt yoğun ithalat sebebi ile yurt dışına her yıl büyük miktarda döviz ödemek zorunda kaldıkları için zaman zaman ekonomik krizlere girmektedirler. Türkiye de belirtilen sebeplerden dolayı sık sık ekonomik krizlere maruz kalan ülkelerden biridir. Türkiye yıllara göre değişmekle birlikte, tüm birincil enerji kaynakları açısından yıllara göre değişmekle birlikte, %72-76 oranında yurt dışına bağımlıdır. Türkiye bu bağımlılıktan dolayı, her yıl, petrol ve doğal gaz başta olmak üzere, LNG, LPG, petrol ürünleri, ithal, linyit ve kok kömürü vs. ithalatı için, petrol ve doğalgaz fiyatlarına bağlı olarak 40 – 60 Milyar USA Doları dövizini yurt dışına ödemek zorunda kalmaktadır. Bu konu Türkiye için, 1973 petrol krizinin başladığı tarihten bugüne maddi bir açmaz durumundadır [1].

Türkiye, yıllara göre küçük değişimler göstermekle birlikte, Şekil-1 de görüldüğü gibi tükettiği enerjinin, %26 si ulaşımda, %34 ünü sanayide ve %35'i binalarda, %2 si tarımda ve %4 ü ise, enerji dışı uygulamalarda kullanılmaktadır. Binalarda kullanılan enerji, binaların ısıtılması, iklimlendirilmesi, aydınlatma, soğutma, elektrikli aletler vs. tüm cihazlar için harcanan toplam enerji miktarını ifade etmektedir. Sanayide kullanılan

enerji miktarının içinde, sanayi yapılarının ısıtılması, serinletilmesi ve diğer dahili kullanımlar için sarf edilen enerjiyi de içermektedir. Sanayi binalarında ısıtma soğutma uygulamaları için harcanan enerjide binalarda harcanan enerjinin üzerine ilave edildiğinde, binalarda tüketilen enerjinin miktarı %38-40 civarında olduğu tahmin edilmektedir [1].

Binalarda tüketilen enerjinin %70-80 civarındaki kısmı, ısıtılma ve serinletme için kullanılmaktadır. Bu oran Türkiye de tüketilen toplan enerjinin her yıl % 26-30'luk kısmı, konutlarda ısıtma ve serinletme için kullanıldığı oraya çıkmaktadır. Belirtilen oranın ve bu oranın parasal karşılığının oldukça yüksek olmasından dolayı, bina sakinleri, ısıtma ve serinletmeden dolayı gelen doğalgaz ve elektrik faturalarının çok kabarık olmaması için binalarına yalıtım yaptırmaktadırlar. Yalıtım uygulamaları binaların dış duvarına, döşemesine ve çatılara uygulanmaktadır. Ayrıca pencerelerdeki ısı kayıplarının azaltılması içinde, genelde PVC den mamul 2 veya 3 camlı pencere uygulamalarına başvurmaktadırlar [2].

Yalıtımsız binalarda ısı kayıplarının yüksek olması ve bu kaybın parasal tutarının, enerji kaynaklarının büyük bir kısmını ithal eden bir ülke olduğumuz için, 1985 yılında duyurulan ve 1989 yılında zorunlu hale getirilen TS 825 standardı ile binalarda dış yüzey, çatı ve döşemelerde ısı yalıtımı uygulamaları zorunlu hale getirilmiştir. Belirtilen standart zorunlu olmasına rağmen ilk yıllar binalarda yalıtım uygulamaları başlangıçta biraz göstermelik yapıldığı için amacına ulaşmamıştır. Bundan dolayı, Mart 2007 de yasalaşan 5627 sayılı "Enerji Verimliliği Kanunu" ile devlet yalıtım konusuna ciddi olarak eğilmiştir. Mart 2007 den itibaren yapılan binalarda, ilgili yönetmeliklerde tarif edilen hesaplama yöntemleri kullanılarak binalarda uygulanması gereken yalıtım kalınlıkları belirlenmektedir [3] [4].



Şekil 1 Türkiye de nihai enerji tüketiminin sektörel dağılımı (2013).

Binalarda meydana gelen ısı kayıp ve kazançlarının bina yüzey ve kısımlarına göre oranları, şekil-2 de görülmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi, binalarda ısı kayıplarının pencereler ve dış kapıdan kaynaklanan %30'luk kısmın dışındaki %70'lik kısım, bina döşemesi, dış duvarı ve çatısından yani yalıtılabilecek yüzeylerden gerçekleşmektedir. Belirtilen yüzeylere yapılacak ısı yalıtımı uygulamaları yalıtımın kalınlığına, türüne ve uygulama şekline bağlı olarak ısı kayıplarını %50 ile %75 civarında azaltmaktadır [5].



Şekil 2 Binalarda ısıl enerji kayıplarının kısımlara göre oranları

Günümüzde bina yüzeylerinde yalıtım malzemesi olarak, taş yünü, camyünü, perlit, bims, strofor (EPS ve XPS) poliüretan köpük, mantar ve benzeri sentetik ya da doğal malzemeler kullanılmaktadır. Bu malzemelerin binalarda kullanılması 27 Kasım 2007 tarihinde çıkarılan ve zaman zaman yenilene "Binaların yangından korunması hakkında yönetmelik" kapsamında hesaplanarak belirlenmektedir. Ayrıca bu yönetmelik binaların kat sayısı ve kullanım amacına göre bazı malzemelere kısıtlama ve bazı malzemelerde öncelikler getirmektedir. Bu kısıtlama ve öncelikler, yalıtım malzemelerinin yanmazlık sınıflandırması ve yangın dayanımları ile ilişkilidir. Örnek olarak fabrika binalarının çatılarında mutlaka taş yününden mamul çatı kaplama malzemesi kullanılması, dokuz ve daha fazla katlı binalarda yalıtım malzemesi olarak taş yünü kullanılması mecburiyetleri belirtilen yangından korunma yönetmeliği çerçevesinde uygulanmaktadır. Bu açıklamalardan anlaşıldığı üzere son dönemde Türkiye de Taş yünü diğer yalıtım malzemelerine göre biraz daha önde görünmektedir [6].

Türkiye de dokuz adet taş yünü fabrikasında yaklaşık olarak 1000 ton/yıl üretim kapasitesi mevcuttur. Bu kapasitenin yarısı yurt içine, diğer yarısı ise yurt dışına üretim yapmaktadır. Türkiye de ki taş yünü üreticileri genellikle sıradan ürünler üretmektedirler. Özellikle taş yünü ürünler, genellikle yurt dışından temin edilmektedir. Taş yünü, yoğunluğuna bağlı olarak değişmekle birlikte yoğunluğu 0,036-0,040 W/m.K ve sürekli olarak 650-700 °C, anlık olarak 1150 - 1200 °C sıcaklığa dayanabilen A1 sınıfı olarak ifade edilen yanmaz, boğucu duman çıkarmayan, doğal esaslı yalıtım malzemesi türüdür. Piyasada kullanılmakta olan yalıtım malzemelerinin en kalitelielerindedir. Bununla birlikte, fiyatı Bam yünü ve petrol esaslı yalıtım malzemelerinde göre daha pahalı olan bir malzemedir. Taş yünü, mineral bir yün çeşidi olup, bazalt dan üretilmektedir. Taş yününün kalitesini, liflerin durumu belirlemektedir. Liflerin ince ve uzun olması kalitesinin iyi olduğunu, lif boyunun kısa ve çapının kalın olması ise kalitesinin kötü olduğunu göstermektedir. Lif çapı ve boyu üretim tekniği ve kalitesi ile ilgilidir.

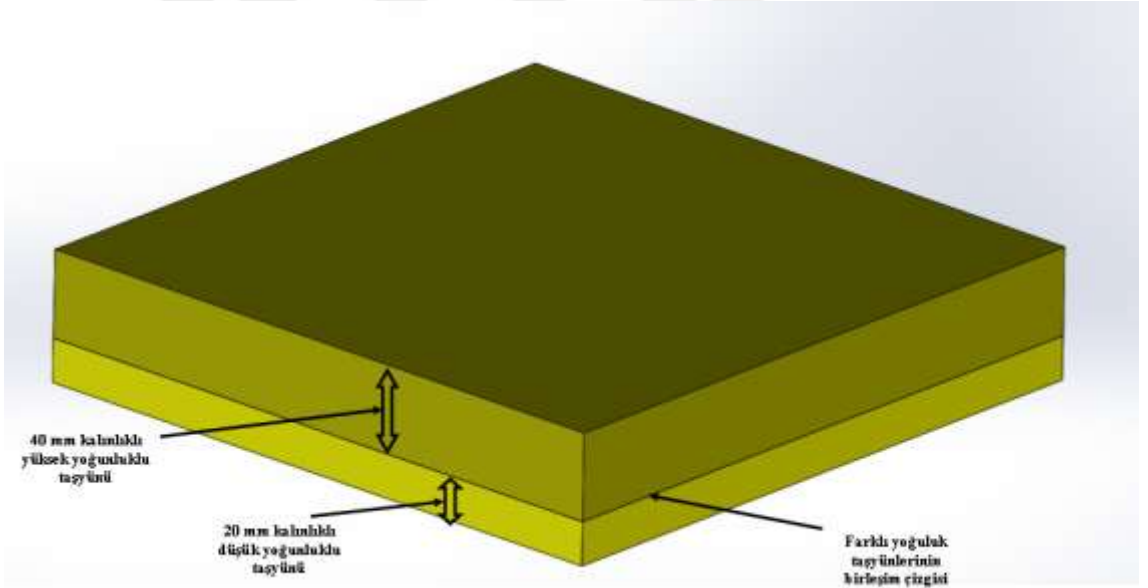
Konunun Önemi ve gerekliliği;

Taş yününün sağlıklı ve mineral bir malzeme olması aynı zamanda yangın açısından A1 sınıfında yer alması sebebi ile diğer yalıtım malzemelerine göre gittikçe artan oranda kullanılmasına sebep olmaktadır. Binalarda, çatı arasında piyasada şilte olarak tabir edilen, düşük yoğunluklu ve gevşek ve ucuz olarak ifade edilebilecek taş yünü malzemeler kullanılmaktadır. Binaların duvarlarında yüksek yoğunluklu, sert, tabir yerinde ise tahta gibi bir görünüme ve mekanik özellikleri yüksek olan malzemeler kullanılmaktadır. Bu malzemeleri bir yüzeyine, yapıştırıcı malzeme sürüldükten sonra, tabakalar halinde duvara yapıştırılmakta ve daha sonra, plastik dübeller ile duvara dübellenmektedir. Yüksek yoğunluklu ve düzgün, sıkıştırılmış taş yünü levhalar duvara iyi monte edilmekle birlikte, binaya tonlarca ilave ağırlık getirmesinin yanı sıra, yüksek yoğunluklu olmasından dolayı, oldukça pahalı olmaktadır. Binaların üzerinde çatı olmayıp açık olduğunda, üzerinde yürünsün ya da yürünmesin, aynen dış duvarlardaki gibi çift yoğunluklu taş yünü levhalar monte edilmektedir.

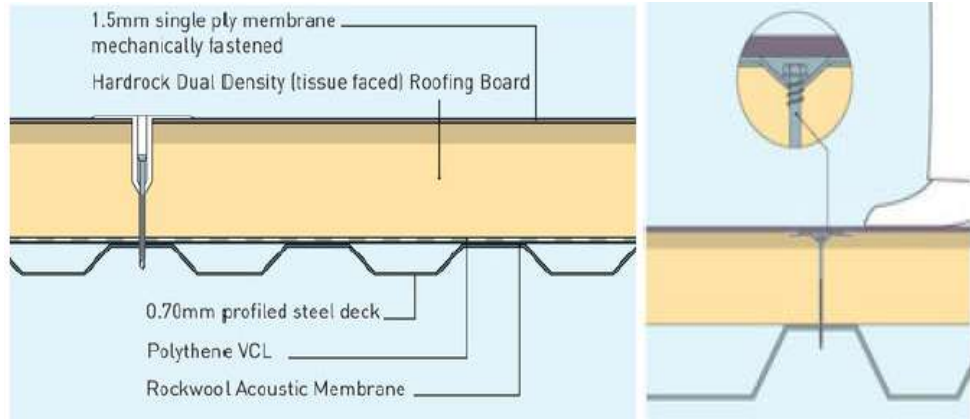
Yüksek yoğunluklu taş yünü pahalı ve binalara ek yük getirdiği için, taş yününün mucidi Rockwool firması, bir yüzü yüksek yoğunluklu ve duvar yüzeyine kolay monte edilebilen, diğer yüzeyi düşük yoğunluklu olan, çift (dual) yoğunluklu taş yünü üretimi gerçekleştirmiştir. Bu ürün firmanın patentli ürünüdür. Firma bu ürün ile ilgili teknolojik birikimini, piyasa ile paylaşmamaktadır. Bu konuda dünyanın tek üreticisi durumundadır. Şekil-3 de, Rockwool firması tarafından üretilerek piyasaya verilen çift yoğunluklu taş yünü levhalar görülmektedir. Şekil 4 ve 5 de, Rockwool tarafında üretilen çift yoğunluklu taş yünü levhaların bina çatılarına uygulanma modelleri ve monte ediliş şekilleri görülmektedir. Şekillerden de görüldüğü gibi, iki sac levha arasına konulan taş yünü levhanın yüksek yoğunluklu ve sert, taşıyıcı özelliği olan kısım (koyu renkli ince üst tabaka) üst tarafa gelecek şekilde yerleştirilmektedir.



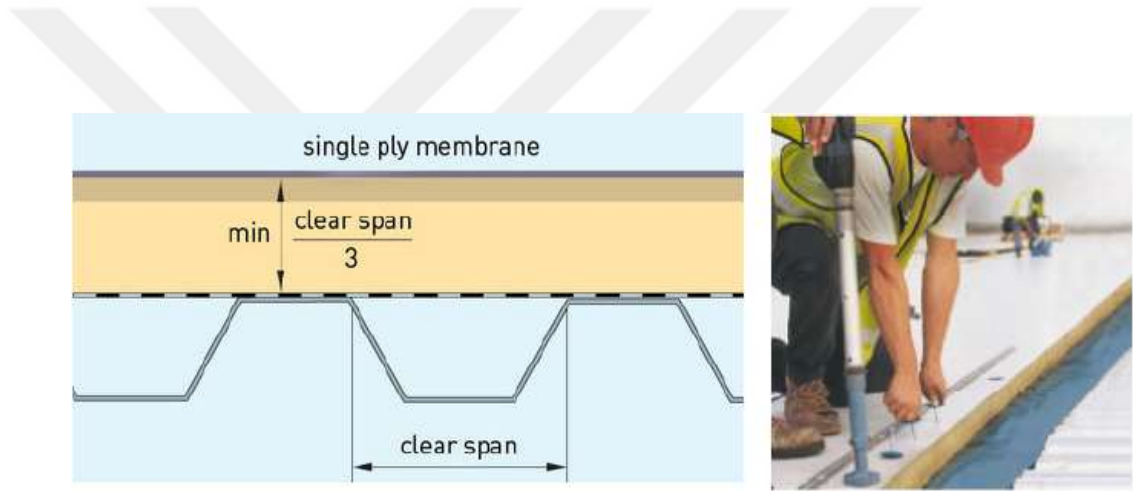
Şekil 3 Bir yabancı firma tarafından yurt dışında üretilen çift (dual) yoğunluklu taş yünü numunesinin görünümü



Şekil 4 Çift yoğunluklu taşıyıcının sembolik gösterimi



Şekil 5 Rockwool çift yoğunluklu taş yününün çatıda iki sac plaka arasında kullanımı



Şekil 6 Rockwool çift yoğunluklu taş yününün çatıda iki sac plaka arasına monte edilmesi

BÖLÜM 1

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Isı Yalıtım Malzemesi Seçiminde Önemli Olan Özellikler

Isı yalıtım malzemelerinin seçiminde göz önüne alınması gereken başlıca hususlar şunlardır:

Isı iletkenlik katsayısı: Isı yalıtım malzemesi seçiminde öncelikli olarak göz önünde bulundurulacak özellik ısı iletkenlik değeridir. Alternatifleri arasında en düşük ısı iletkenliğe sahip malzemeler tercih edilmelidir.

Su buharı difüzyon direnç katsayısı: Her malzeme, kalınlığına bağlı olarak buhar difüzyonuna karşı koyar. Bu direncin havanın su buharı difüzyon direncine oranı “Su Buharı Difüzyon Direnç Katsayısı” denir [2]. Yapıların iç mekanlarının yapı bileşenleri aracılığıyla nefes alması ve yapı elemanları içerisinde yoğuşma oluşmaması için ısı yalıtım malzemelerinin de belli oranda buhar geçişine izin vermesi istenir.

Yangın standardı: Malzemelerin tutuşması, alevi yayması, çıkardığı ısı, çıkardığı duman ve toksisite, “Yangın Güvenliği” açısından en önemli kriterlerdir ve bir bütün olarak ele alınmalı, yönetmelikte belirtilen sınıfa uygun malzemeler seçilmelidir. Çatı kaplamalarının BROOF sınıfı malzemelerden, çatı kaplamaları altında yer alan yüzeyin veya yalıtımın en az zor alevlenici malzemelerden olması gerekir [4].

Toksisite: Malzemelerin yangın anındaki davranışları yanında, açığa çıkardıkları duman içindeki gaz konsantrasyonları, diğer bir deyimle “Toksisite”leri de önemlidir [2]. Mineral malzemeler ile mantar, gibi doğal malzemeler toksisite açısından avantajlıdır.

Hacimce su emme – Hücre yapısı: Isı yalıtım malzemelerinin hücre yapıları malzemelerin hacimce su emme miktarlarını etkilemektedir. Malzemelerin bünyesine su, difüzyon ve direk suya temas ile girmektedir. Su alan ısı yalıtım malzemesinin de ısı iletkenlik değeri yükselmekte ve sürecin devam etmesi ile tamamen ısıyı iletmeye başlamaktadır [2].

Ekonomiklik: Isı yalıtım malzemelerinin ekonomik olanını seçerken yukarıda sayılan özelliklere öncelikle dikkat edilmelidir. Örneğin daha ekonomik görünen bir ısı yalıtım malzemesi alternatiflerine göre daha yüksek ısı iletkenliğe sahip olabilir. Bu durumda gerekli yalıtım değerinin sağlamak için daha kalın/daha fazla malzeme kullanılması gerekeceğinden ekonomik olmaktan çıkacaktır.

Isı yalıtım malzemesinin kullanılacağı yapı elemanı: Isı yalıtım malzemesinin hangi yapı elemanında kullanılacağı maruz kalacağı etkiler açısından önemlidir. Örneğin gezilebilen bir teras çatıda veya temelde kullanılacak ısı yalıtım malzemesinin basınca dayanıklı olması gerekir. Eğimli çatılarda kullanılacak ısı yalıtım malzemesi ile giydirme cephe sistemlerinin altında üzeri kaplanmadan bırakılacak yalıtım malzemesinde yangın yalıtımı önem kazanır. Dış cephede kullanılacak ısı yalıtım malzemesi içinde gizli yoğuşma olmaması için buhar geçirgenlik katsayısına dikkat edilmelidir.

Ekolojik ve biyolojik özellikler: Bazı yapı malzemelerinin çevre ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri bulunmaktadır. Bu nedenle bütün yapı malzemeleriyle birlikte, ısı yalıtım malzemesi seçiminde fiziksel, kimyasal vb. özelliklerinin yanında ekolojik ve biyolojik özelliklerin de birer kriter olarak göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Çevresel özellikleri iyi olan malzemeler çevreye az zarar verirler ve bu nedenle çevre dostu malzeme olarak tanımlanırlar. Çevresel etkiyi azaltmak için ısı yalıtım malzemeleri kaynak etkin, enerji etkin ve su etkin özelliklere sahip olmalı, az kirletici yaymalı ve insan sağlığına olumsuz etkide bulunmamalıdır. Bu özellikler malzemenin bütün yaşam döngüsü boyunca sağlanmalıdır.

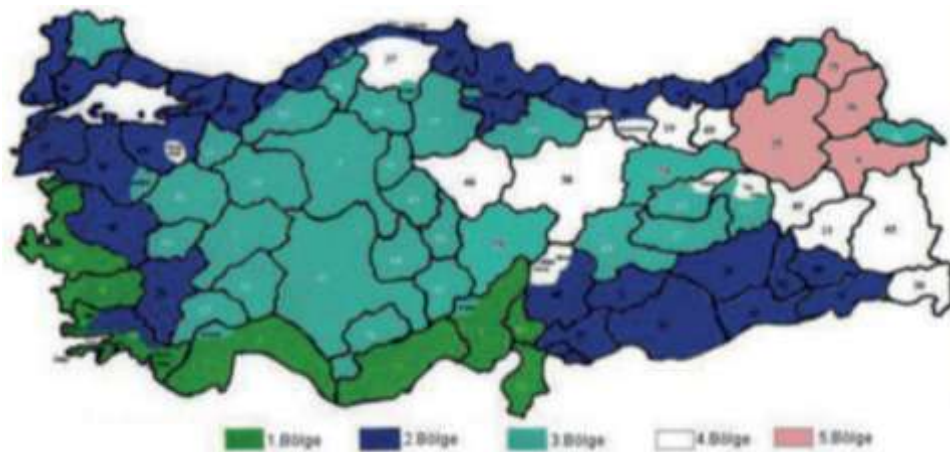
1.2. Yapılarda Kullanılan Isı Yalıtım Malzemeleri

“TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı” ülkemizi Şekil-6 da görüldüğü gibi 4 farklı derece gün bölgesine ayırmıştır. Yapı bileşenlerinin tasarımında yalıtım performansı hesabı için gereksinim duyulan U değerleri yapının bulunduğu bu bölgelere göre elde edilmektedir. Tabloda verilen bu değerler, bölgelere göre kullanılması tavsiye edilen en büyük değerlerdir. Binada hesaplama yapılacak bölümlerde hesaplanacak U değerleri, aşağıdaki tabloda yer alan değerleri geçmemelidir (Tablo 1) [5].

TS 825’in ön gördüğü ısı yalıtım değerlerine ulaşmak için yapılacak yalıtım uygulamaları kaynaklarda ısı yalıtım malzemesinin konumuna göre 4 farklı sistemle karşımıza çıkmaktadır.

- Duvarların Dış Yüzeyine Yapılan Isı Yalıtım Uygulamaları (Mantolama)
- Duvarların İç Yüzeyine Yapılan Isı Yalıtım Uygulamaları
- Çift Duvar Arası Isı Yalıtım Uygulamaları (Sandviç Duvar)
- Havalandırılmalı Dış Duvar Yalıtım Uygulamaları (Giydirme Cephe Sistemi).

Ülkemizde enerji tasarrufu, çevre kirliliği, konfor ve ısı yalıtımına verilen önemin artmasına paralel olarak ısı yalıtım malzemelerinde çeşitlilik artmıştır. Bunun yanında ısı yalıtım malzemesi sınıfına girmeyen yapı malzemelerinin de ısı yalıtım özellikleri artırılmıştır [9].



Şekil 7 Derece gün bilgilerine göre illerimizin bölgeleri

Tablo 1 Bölgelere göre tavsiye edilen ısı geçirgenlik katsayıları

BÖLGE İSMİ	UDUVAR (W/m ² -K)	UTAVAN (W/m ² -K)	UTABAN (W/m ² -K)	UPENCERE (W/m ² -K)
1. BÖLGE	0,70	0,45	0,70	2,4
2. BÖLGE	0,60	0,40	0,60	2,4
3. BÖLGE	0,50	0,30	0,45	2,4
4. BÖLGE	0,40	0,25	0,40	2,4

Bu hususta özellikle duvar yapı malzemeleri öne çıkmaktadır. Isı iletkenlik değeri azaltılmış bu tür yapı malzemeleri ek bir ısı yalıtım malzemesi kullanımına ihtiyaç duymadan kendi kesitleri ile TS 825 standardının gerektirdiği ısı geçirgenlik değerini karşılayabilmektedir. Aşağıda yapılarda kullanılan ısı yalıtım malzemeleri ile ek ısı yalıtım malzemesine duymadan istenen U değerini sağlayabilen, uygun ısı iletkenlik katsayısına sahip yapı malzemeleri hakkında kısa bilgiler verilmiştir;

Isı yalıtım malzemeleri, yapı elemanlarının ısı iletim direncini artırarak istenmeyen ısı kayıp ve kazançlarını azaltmak amacı ile kullanılır. Yapılarda kullanılan bazı ısı yalıtım malzemeleri, hammadde kaynağına bağlı olarak, bitkisel ve hayvansal kökenli ısı yalıtım malzemeleri, mineral kökenli ısı yalıtım malzemeleri ve sentetik kökenli ısı yalıtım malzemeleri olmak üzere üç sınıfa ayrılmış ve genel özellikleri maddeler halinde aşağıda açıklanmıştır.

1.2.1. Bitkisel ve hayvansal kökenli ısı yalıtım malzemeleri

a-) Mantar: Yapı malzemesi olarak zemin kaplamalarında kullanılan mantar, ‘mantar meşesi’ adıyla bilinen ağacın deri dokusu vazifesini gören kabuk kısmına verilen isimdir. Doğal olarak elde edilen bu kabuk tabakası çeşitli yüzey koruyucu ve yalıtım tabakalarıyla birlikte işlenerek lamine yapı malzemesi haline getirilir. Isı iletkenlik

katsayısı oldukça düşük olup, TS 825'e göre $\rho = 200 \text{ kg/m}^3$ yoğunluk için $k = 0,055 \text{ W/m-K}$ 'dir. Türkiye de üretimi yok gibidir [5].

b-) Pamuk Esaslı Isı Yalıtım Malzemesi: Gelişmiş ülkelerde endüstriyel tekstil atıkların yapı malzemesi üretiminde kullanımı ile elde edilen ürünler ticari olarak pazarlanmaktadır. Bu ürünler, endüstriyel üretimin sonrasında elde edilen geri dönüştürülmüş kot kumaşlarından ve geri dönüştürülmüş diğer pamuk tekstil ürünlerinden üretilir. İçeriğinde % 85 oranında pamuk, % 10 oranında yangın geciktirici, % 5 oranında polyolefin (polipropilin türleri ve polietilenler) bulunur [3].

c-) Bor Katkılı Selülozik Yalıtım Malzemesi: Atık gazete kâğıtlarının bor madeni ile özel işlemler kullanılarak işlenmesinden elde edilen yalıtım malzemesidir. Ağırlıkça % 70-75 atık kâğıt ve alev yavaşlatma özelliğini arttırmak için kullanılan % 23 bor bileşikleri içermektedir.

Isı iletim katsayısı $k = 0.036-0,040 \text{ W/m-K}$, yoğunluğu $30-90 \text{ kg/m}^3$ olan selüloz yünü, şilte ve plaka şeklinde duvar ve çatılarda yalıtımında ısı, ses ve yangın yalıtımı için kullanılmaktadır. Üretiminde harcanan enerji miktarı $1,75 \text{ MJ/Kg}$ 'dır [10] [11].

1.2.2. Mineral kökenli ısı yalıtım malzemeleri

a-) Cam yünü: İnorganik bir hammadde olan silis kumunun $1200 - 1250^\circ\text{C}$ 'de ergitilerek elyaf haline getirilmesi sonucu oluşmaktadır. Kullanım yeri ve amacına göre farklı boyut ve teknik özelliklerde, değişik kaplama malzemeleri ile şilte, levha, boru ve dökme şeklinde üretilebilmektedir. Isı iletkenlik hesap değeri $k \leq 0,040 \text{ W/m-K}$ 'dir [12]. Camyünü duvar levhası; iki duvar arasında su itici, silikonlu ısı ve ses yalıtım malzemesi olarak, çift cidarlı sandviç duvar panolarında, akustik amaçlı uygulamalarda kullanılmaktadır. Türkiye de üretimi yaygındır [13].

b-) Taş yünü: Bazalt veya diabez taşının yüksek sıcaklıklarda ergitilerek elyaf haline getirilmesi ile elde edilen bir ısı yalıtım malzemesidir. Taş yünü; düşük yoğunluklu olanları rulo halinde, yüksek yoğunluklu olanları ise şilte halinde piyasaya sürülür. Kükürt esaslı ve kalsiyum esaslı olmak üzere iki çeşittir. 10°C ' de ki ısıl iletkenliği

0,033-0,02 W/m-K'dir. En iyi ısı iletim performansı 100-120 kg/m³ yoğunluk değerinde elde edilir. Yoğunluğu 30-200 kg/m³ arasındadır. Türkiye de üretimi son yıllarda oldukça artmıştır [14].

c-) Perlit: Perlit, magmanın asit fazında oluşan lavların soğuyup, gözle veya mikroskopla görülebilecek bir yapıda kırılmasının meydana getirdiği, kütle bünyesinde su damlacıkları bulunan, volkanik bir cam türüdür. Belirli tane iriliğinde özel formlarda 900-1100 °C arasında ısıtıldığında hacmini yaklaşık 4-20 katı genişmekte ve mısır gibi patlayarak, yoğunluğu düşüktür. Genleşmiş perlitin yoğunluğu 30-190 kg/m³ arasında değişmektedir, yapı malzemesi için oldukça düşük değerdedir, ısı iletkenlik katsayısı ise 0,058-0,068 W/m-K gibi düşük ısı iletkenliği değerine sahiptir. Türkiye de hammaddesi bol fakat üretimi sınırlıdır [15].

d-) Gaz beton: Kum, çimento, kireç, alçı, alüminyum ve suyun karışımından, bir dizi endüstriyel işlem sonucu elde edilen bir yapı bileşenidir. Ülkemizde üretimi yapılan gaz beton, donatısız olarak duvar blokları, asmolen bloklar ve yalıtım plakları şeklinde üretilmektedir. Donatılı olarak duvar elemanları, çatı ve döşeme elemanları, bölme panoları üretilmektedir. Isı iletkenlik değeri 0,085-0,16 W/m-K arasındadır. Ayrıca yalıtım plağı olarak üretilen gaz beton panellerin ısı iletkenlik değeri 0,05 W/m-K'dır [16].

e-) Pomza: Bims: sünger görünlü silikat esaslı, birim hacim ağırlığı genellikle 1000 kg /m³ ten küçük, sertliği Mohs skalasına göre yaklaşık 6 olan ve camsı doku gösteren volkanik bir maddedir. Kimyasal olarak %75'e varan silis içeriği bulunabilmektedir. Bims perlitin kullanıldığı bütün alanlarda kullanılabilir. Perlit gibi genişletmek için enerji ve yatırım gerektirmediğinden inşaat sektöründeki kullanımını hızla artmaktadır [17].

1.2.3. Sentetik kökenli ısı yalıtım malzemeleri

Plastik köpük olarak da adlandırılan sentetik asıllı yalıtım malzemeleri, hammadde ve elde edilişi, boşluk yapısı, köpürtme şekli ile sertlik derecesine göre farklılık göstermektedir. Aşağıda sentetik malzemelerden, poliüretan köpük, genişleştirilmiş

polistren sert köpük (EPS), ekstrüde sert polistren köpük ve polivinilklorür köpüğü hakkında kısa bilgiler verilmiştir.

a-) Poliüretan köpük (PUR), Poliüretan, iki ayrı kimyasal malzemenin bir araya getirilmesi ile üretilir. Levha, sandviç panel ve püskürtme yöntemiyle kullanılan bir ısı yalıtım malzemesidir. Kapalı hücrelere sahiptir, hücreler hava soğutucu gazlarla (florokarbonlar) şişirilmiştir. Isı iletkenlik değeri 0,035 W/m-K, yoğunlukları 30-40 kg/m³ arasındadır. Levha, sandviç panel ve püskürtme yöntemiyle kullanılan bir ısı yalıtım malzemesidir [1].

b-) Genleştirilmiş polistren sert köpük (EPS), Polistiren hammaddesinin, su buharı ile teması sonucu, hammadde granüllerinin içinde bulunan pentan gazının granülleri şişirmesi ve birbirlerine yapıştırması sonucu meydana gelmektedir. Blok halinde ve kesilme suretiyle levha haline getirilen bir ısı yalıtım malzemesidir. Ayrıca levha şeklinde kalıp içinde genleştirilerek de üretilebilir. Yapı sektöründe genellikle 13-20 kg/m³ yoğunluğa sahip olanları kullanılır. EPS'lerin en önemli özelliği ısı iletkenliklerinin düşük olmasıdır. EPS'ler için ortalama ısı iletim katsayısı 0,035 W/ m-K 'dir [15].

c-) Ekstrüde sert polistren köpük (XPS), Polistiren hammaddesinden ekstrüzyon yolu ile üretilmektedir. %100 kapalı gözenekli homojen hücre yapısına sahip olup bünyesine su almamaktadır. Yoğunlukları 25-45 kg/m³ arasında değişmektedir. Isıl iletkenlikleri bakımından; 33 kg/m³ yoğunluğundaki XPS için $\lambda = 0,026$ W/m-K alınmalıdır [15].

d-) PVC-polivinilklorür köpüğü PVC köpük, polivinilklorid esaslı termoplastik bir malzemedir ve sert, yarı sert veya yumuşak olarak üretilebilir. Gözenek yapısı ve sayısı üretim yöntemine göre değişmektedir. Yüksek basınç sistemi ile üretimde kapalı gözenekli; alçak basınç sisteminde karışık gözenekli veya açık gözenekli; basınçsız üretimde ise açık gözenekli malzeme elde edilir. Isıl iletkenlik katsayıları 40 kg/m³ için $\lambda = 0,038$ W/m-K'dir [18].

1.3. Tez Çalışmasının Gerekçesi

Kayseri 1. OSB de bulunan RAVABER firmasının teknik imkanları ve alt yapısını kullanarak, bir yüzü yüksek yoğunluklu duvara kolayca monte edilebilecek, diğer yüzü düşük yoğunlukta olan, çift yoğunluklu, boyutları değişmeyen, ortalama yoğunluğu düşük, maliyeti uygun yeni bir taş yünü levha üretimi amaçlanmıştır. Bu tez çalışması ile üretilen değişik tip çift yoğunluklu taş yünü levhaların, ısıl iletkenlik katsayısı, su buharı difüzyon direnç katsayısı, yangın standardına uygunluğu, toksit olup olmadığı, hücre yapısı, hacimce su emme, ekonomikliği, ekolojik ve biyolojik özellikleri, lif yapısı, değişik mekanik özellikleri ve özellikleri deneysel bir çalışma olan bu tezin içeriğini oluşturmaktadır.

1.4. Kaynak Taraması

Çift yoğunluklu yalıtım malzemesi taş yünü veya camyünü, seramikyünü gibi diğer mineral esaslı yalıtım malzemeleri için ilk olarak, bir Danimarka firması olan Rockwool tarafından üretilen çift (dual) yoğunluklu taş yünü ifadesi ile literatüre girmiştir [19]. Bu ürün ticari bir malzeme olması sebebi ile Rockwool un kendi ürününü tanıtmak için hazırlamış olduğu bazı teknik tanıtıcı, ürün hakkında bilgilendirici broşür türünden dokümanlar dışında bilimsel sayılabilecek teknik bilgiler içeren çalışmalara kaynaklarda rastlanılmadı. Bu ürün Rockwool tarafından, beş yıl önce üretilip piyasaya sürülmüştür. Piyasada ihtiyaç ve talepten dolayı çift yoğunluk kavramı sadece taş yünü için ifade edilmekle birlikte bu uygulama diğer mineral yünlerden yapılan malzemeler içinde ifade edilebilir [19] [7] [8]. Çift yoğunluklu taş yünü, Rockwool dan sonra, Rus taş yünü üretici firması Teknocol ün çift yoğunluklu taş yünü üretimi ile ilgilenmeye başladığı bilgileri alınmış olmakla birlikte, bu konuda firmanın WEB sitesi veya teknik dokümanlarında herhangi bir bilgiye ulaşılamadı. Bu iki firmanın [20] dışında, seramik yünü üreticisi olarak piyasada bilinen ABD menşeli Unifax firması seramik yünü gibi farklı mineral esaslı yalıtım malzemelerini çift yoğunluklu olarak üretmeye çalıştığı bilgisine ulaşıldı. Bu konuda da elde herhangi bir teknik yayın veya bilimsel veri bulunmamaktadır [21] [11]. Türkiye de bu konuda, ticari kuruluş veya üniversitelerde çift yoğunluklu taş yününün üretimi, özelliklerini araştırılması ve kullanımı ile ilgili yapılmış bilimsel veya teknik bir çalışma mevcut değildir.

Literatürde yalıtım malzemesi olarak taş yünü hakkında taramalar yapıldığında altı grup çalışma ile karşılaşılmaktadır. Bunlar;

- 1- Taş yününün ısı iletim katsayısı, su emme, nem geçirgenliği ve su buharı difüzyon direnç katsayısı gibi özelliklerinin incelendiği,
- 2- Taş yününün mekanik ve mukavemet özelliklerinin incelendiği,
- 3- Taş yününün yangın, ses ve su yalıtım özelliklerinin incelendiği,
- 4- Taş yününün kriojenik tankların yalıtımında kullanılmasının incelendiği,
- 5- Taş yününün toksitlik, ekonomiklik, ekolojik ve biyolojik vb. özelliklerinin incelendiği,
- 6- Farklı yapı detayları, uygulamalar ve ortamlar için taş yünü yalıtım kalınlığının optimum değerlerinin araştırıldığı,

Çalışmalar şeklinde gruplandırmak mümkündür.

Bu tez çalışması, içerik olarak, çift yoğunluk taş yününün ısı iletim katsayısı, mekanik ve mukavemetle ilgili konularla ilgili olduğu için, bu konular ile ilgili olarak kaynaklarda yapılan çalışmalardan burada bahsedilecektir.

Türkiye kaynaklı, genel ve mineral esaslı yalıtım malzemeleri konusunda, Türkçe ve yabancı dillerde yayınlanmış makaleler türünden bilimsel yayınlarda araştırma konuları genellikle, yalıtım malzemelerinin ısı iletim katsayıları, yalıtım malzemesinin, TS 825 de belirtilen iklim bölgelerine göre optimum kalınlıklar ve alternatif yalıtım malzemeleri gibi konularına yoğunlaşmıştır. Bunların dışında, Isı yalıtımı konusunda yazılmış Türkçe değişik kitaplar bulunmaktadır. Taş yünü konu olarak, yalıtım malzemeleri ile ilgili çeşitli kitap, bildiri veya makalelerin içinde bir bölüm ya da alt konu başlığı şeklinde geçmektedir. [11] [12] [22] [14] [23] [15].

Sevinçhan ve arkadaşları, teorik ve deneysel olarak yaptıkları çalışmada, robotların çalışması esnasında değişik ısı yalıtım malzemelerinin performanslarını belirlemek ve geliştirmek için, teorik olarak dokuz farklı ısı yalıtım malzemesi, deneysel olarak ta üç farklı yalıtım malzemesi (taş yünü, fiberglass ve poliüretan) teste tabi tutulmuştur.

Düşük ve yüksek sıcaklıklarda ısı performansları ekstrem çevre şartları altında belirlenmeye çalışılmıştır. Deneysel şartlarda 40 °C da robottan dışarı ve içeri arasında ısı transferi değeri ekstrüde polisitren de 179,3 Watt, taş yününde 120 Watt, ve fiberglass için 126 Watt ısı geçişi meydana gelmiştir. -25 derece çevre sıcaklığında, robottan dışarı ve içeri arasında ısı transferi değeri ekstrüde polisitren de 127,8 Watt, taş yününde 97 Watt ve fiberglass için 107,8 Watt ısı geçişi meydana gelmiştir. Taş yününün robotlar için iyi bir yalıtım malzemesi olduğu belirtilmektedir [24].

Binici ve Aksoğan, Soğan kabuğu, yer fıstığı kabuğu, kül, perlit, barit, sünger taşı, çimento ve alçı taşı kullanarak elde ettikleri malzemeden ısı yalıtım malzemesi üretmişlerdir. Ürettikleri bu malzemenin, su emme, mekanik ve mukavemet özellikleri ile ısı iletkenlik, ultrasonik ses yayılımı ve radyoaktif özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Yeni malzemenin, ısı iletkenlik, ultrasonik ses yayılımı ve radyoaktif özelliklerinin düşük olduğu belirlenmiştir. Özellikle ofislerin dış yüzeylerinin kaplanmasında iyi bir malzeme olduğu belirtilmektedir [25].

Binici ve arkadaşlarının, değişik malzemelerin harmanlanması ile oluşturulan yeni ısı yalıtım malzemelerinin ısı ve radyoaktivite ile ilgili özelliklerinin araştırıldığı çalışmalarında, yeni ısı yalıtım malzemelerini belirtilen özellikleri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, piyasadaki benzerlerinden genelde daha iyi özellikler gösterdiği belirtilmektedir [26] [27] [28].

Kayfeci, farklı yalıtım malzemeleri kullanarak ısıtma boru sistemleri üzerine uygulanan yalıtımın optimum kalınlığı ve enerji tasarrufunun belirlenmesine yönelik çalışmada, Türkiye'nin farklı derece gün bölgeleri için, optimum yalıtım kalınlığı, enerji tasarrufu, yıllık maliyetler ve geri ödeme süreleri değişik boru çapları ve yalıtım malzemeleri için belirlenmiştir. Çalışmanın sonucunda EPS yalıtım malzemesinin ekonomik olarak en uygun olan yalıtım malzemesi olduğunu ifade etmektedir [29].

Çetiner ve Shea, Binalarda kullanım için alternatif ısı yalıtım malzemesi olarak, atık odun parçalarının kullanımı ile ilgili çalışmalarında, farklı yoğunluklarda odun parçacıkları ürettiklerini ve bu odun parçacığında yapılan ısı yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayılarının 0,048, ile 0,055 W/m-K arasında olduğunu ifade etmektedirler. Bu

malzemenin düşük maliyetli olması sebebi ile yalıtım pazarında diğer yalıtım malzemeleri ile düşük maliyeti sebebi ile yarışabilecek-kullanılabilecek bir malzeme olduğu belirtilmektedir [30].

Kaynaklı, bina uygulamaları için optimum ısı yalıtım malzemesi kalınlıkları ve ekonomikliklerinin genel olarak incelendiği çalışmada, son yıllarda artan enerji maliyetlerine paralel olarak konut sektöründe son yıllarda yalıtım uygulamasının artışını dikkate alarak, bina yalıtım malzemelerinin ısıl performanslarını optimum yalıtım kalınlıklarını belirlemede bina yapısı ve enerji tüketiminin etkisi incelenmiştir [31].

Kaynaklı, boru ve kanallar için, ekonomik ısı yalıtım kalınlıkları başlıklı çalışmada, tüm sektörler için, kritik yalıtım kalınlığı göz önüne alınarak, farklı boru ve kanal geometrileri için, yalıtım malzemesinin türüne bağlı olarak, optimum ekonomik yalıtım kalınlıklarının belirlenmesi konusunda çalışılmıştır [32].

Keçebaş ve arkadaşları, uzak mesafelere sıcak su veya buhar taşıyarak, merkezi ısıtma yapılan bölgesel ısıtma uygulamaları için, boru yalıtımlarının termo-ekonomik analizlerini yapmıştır. Bu çalışmanın sonucunda, Afyonkarahisar, Türkiye için farklı yakıt tipleri için, $P_1 - P_2$ metodunu kullanarak, 50 – 200 mm çaplarındaki borular için taş yünü yalıtım yapılması durumunda, optimum yalıtım kalınlıklarının 0,085 – 0,228 m olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada ayrıca, geri ödeme süresi analizleri de yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda, jeotermal enerjinin doğalgaz dan, maliyet ve çevre açısından daha uygun olduğu belirlemiştir [33].

Hao ve arkadaşları, “Yalıtım malzemelerinin gözeneklilik (porozite) dağılımı optimizasyonu varyasyonel yöntem” başlıklı çalışmalarında, gözenekli ısı yalıtım malzemelerin ısı iletim katsayılarında gözenekliliğin etkisinin optimize edilmesi hususunda çalışmıştır. Bağımsız parametreler arasında matematiksel ilişkiler belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada bir ve iki boyutlu fiziksel modeller oluşturulmuştur. Yüzey sıcaklığı oldukça yüksek olduğunda, toplam kütle ve çok gözenekli yapının kalınlığı arasındaki ilişki verilmiştir [34].

Danielle ve arkadaşları, yalıtım performansının geliştirilmesine yönelik olarak, duvar tabaka konfigürasyonları başlıklı çalışmalarında, bina dış duvar yalıtım uygulamalarında, çok katmanlı duvar ve yalıtım uygulamalarında, duvar katmanlarının ısı performansını iyileştirmek için yalıtımlı duvarda R ısı direncin büyütülmesi için üç farklı duvar konfigürasyonu üzerinde çalışmışlardır. Sonuç olarak katmanların sayısının artmasının R'nin performansını iyileştirdiğini ifade edilmektedir [35].

Arambakam ve arkadaşları, fibrous yalıtım malzemelerinin tasarımı için basit bir simülasyon metodu başlıklı çalışmalarında, farklı mikro yapıya sahip malzemelerde, hava ve fiber türü malzemelerde katı ve akışkan fazların her ikisinde, ısı geçişinin iletimle gerçekleştiği dikkate alınarak, sayısal bir çalışma yapılarak sonuçları paylaşılmıştır. Elde edilen sonuçlarda, klasik durumlarda elde edilen ısı performanstan farklı olarak ifade edilebilecek, dikkate değer değişik bir durum gözlenmediği ifade edilmektedir [36].

Leccese ve arkadaşları, Binaların pasif ısı davranışlarına, iç duvarlar ve çok katmanlı dış duvarların performansı başlıklı çalışmalarında, genellikle yaz ayları boyunca, homojen ve farklı malzemelerden yapılan duvarların toplam ortalama ısı geçiş katsayıları ve ısı enerji depolama kabiliyetlerine etkileri incelenmiştir. Analitik olarak yapılan bu incelemelerin sonucunda, duvarın birim metre karesinin 85 kg/m^2 den 294 kg/m^2 arasında değiştiği durumlar için farklı konstrüksiyon çözümleri ortaya konulmuştur. Odaların ısı performansları üzerinde iç ve dış duvarların etkileri belirlenmiştir [37].

Pargana ve arkadaşları, çalışmalarında, geleneksel ısı yalıtım malzemelerinin üretimi üzerine çevresel etkileri ve yenilenebilir ve yenilenemeyen birincil enerji tüketimini değerlendirmeye çalışmışlar. Avrupa da yaygın olarak kullanılan, genişlemiş polistiren, poliüretan, mantar aglomerat ve kil hafif agregalar ile mantar ve kilin yenilikçi ve güncel çevresel performansları, son Avrupa standartlarında tanımlanan çevre kategorileri ve yaşam döngüsü aşamaları ile karşılaştırılmasını sunmuşlardır. Elde edilen sonuçlar ile kaliteyi dikkatlice nitelendiren ve enerji süreçlerinin modellenmesi ve tahsisat prosedürlerinin hassasiyet analizi de dahil olmak üzere tam olarak tanımlanmış tutarlı bir metodoloji kullandıklarını ifade etmektedirler. Binaların çevresel

değerlendirmesinde Uluslararası Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi ve son Avrupa standartları izlenerek elde edilmiştir [38].

Rad ve Fallahi yaptıkları çalışmada, bina endüstrisindeki en büyük zorluklardan biri dış duvarda kullanılan yalıtımların kalınlığını ve malzemesini belirlemektir. Belirtilen parametrelerin seçimi, enerji, çevre ve ekonomi dahil olmak üzere çeşitli yönlerle bağlıdır. Çoğu durumda, bu özelliklerin her birine dayanarak yapılan analiz farklı sonuçlara yol açar. Bu çalışmada, yalıtım üreten enerji, çevre ve ekonomik maliyetlerin de dikkate alındığı enerji, çevre ve ekonomi kriterlerine dayalı kapsamlı bir analiz yapılmıştır. Buna göre, bir ofis binasının dış duvarı için malzeme ve optimum yalıtım kalınlığı belirlenmiştir. Sonuçlar, 8 cm kalınlığında Poliüretan, 20 cm kalınlığında EPS ve 7 cm kalınlığında taş yününün sırasıyla enerji, çevre ve ekonomi açısından en uygun durum olduğunu göstermiştir. Son olarak, üç parametrenin tümünü aynı anda dikkate alan yeni bir fonksiyon tanımlandı. Sonuç olarak, 3E (enerji, çevre ve ekonomik) analizi yapıldı ve 3E kriterine göre araştırılan vakaların optimum hali olarak 11 cm kalınlığında Mineral yün yalıtımının sunulmasına neden oldu [39].

Jdayi ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, enerjiyi korumak ve enerji kayıplarını en aza indirmek için uygun alternatifleri bulmak için sürekli bir araştırma yapılmaktadır. Isı yalıtım malzemelerinin enerji tasarrufu açısından gittikçe önem kazandığı belirtilmektedir. İnşaat sektöründe polistiren ve poliüretan köpük gibi polimer bazlı yalıtım malzemelerinin daha çok kullanıldığı belirtilerek, bu malzemelerin ısı yalıtımında yüksek performans göstermesine rağmen, çevresel etkilerin fazla olduğu belirtilmektedir. Sonuç olarak, araştırmacılar mükemmel özelliklere sahip yalıtım malzemeleri geliştirmenin bir zorunluluk olduğunu ve daha az çevresel etkiye sahip ucuz malzemelere ihtiyaç duyulduğu ifade edilmektedir. Bu derlemede, son on yılda farklı türlerde ısı yalıtımı formülasyonu ve geliştirilmesinde yapılan araştırmalar sunulmuştur. Isı yalıtım malzemesi geliştirilmesinde yenilenebilir ve atıklardan yararlanılan araştırmalara odaklanıldığı ifade edilmektedir. Ek olarak, ışık, yüksek ısı yalıtım kapasitesine sahip bir yapı malzemesi olarak geliştirilen kompozit malzemelerin üzerine durulmuştur [40].

Haim ve arkadaşları yaptıkları çalışmada bir model sunmaktadır ve deneysel olarak, folyolar arasında ve 10 mm çapında zirkonya, küresel, 50 mm boyutunda tanecikler olan boşluklar içinde dağılmış olan zirkonya, ara parçaların arasına sıkışmış, 40 paslanmaz çelik koaksiyel folyo sisteminden yapılmıştır. folyolar arasında. Deneysel olarak doğrulan model, folyolar arasındaki, partiküller tarafından engellenmeyen, azot gazında iletim, partiküller arasında iletim ve ışınım ile ilgilidir. Çalışma özellikle parçacıkların etkin termal iletkenliğini ölçmeyi ve dizi üzerindeki etkisini değerlendirmeyi amaçlamıştır. 0.092 Pa'lık vakumda, parçacıkların etkin termal iletkenliği 2.13×10^{-4} W/m-K iken, dizinin etkin termal iletkenliği 4.74×10^{-4} W/m- K idi. Böylece parçacıkların düşük katkısı vakum şartlarında iletkenlik izolasyonu artırır. Isı transfer hızının %45'ine ulaşıldığı belirtilmektedir. Atmosferik basınçta, dizinin etkin termal iletkenliği 4.5×10^{-2} W/m-K'e ulaştığı belirtilmektedir [41].

Schiavoni ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, bir binanın enerji tüketimi büyük ölçüde bina dış kabuğuna bağlı olduğu ifade etmektedirler. Dış duvarların ısı performansını, enerji verimliliğini artırmak ve sera gazı emisyonlarını azaltmak için önemli bir faktördür. Yalıtım uygulamaları ve malzemeleri bu senaryoda önemli rol oynar, çünkü doğru malzemenin seçimi, kalınlığı ve konumu, iyi iç mekân ısı konfor koşullarında yeterli enerji tasarrufu elde edilmesini sağlar. Termik özellikler son derece önemlidir, ancak bina zarfını tasarlarken dikkate alınması gerekenler, ses yalıtımı, yangına dayanıklılık, su buharı geçirgenliği ve çevre ve insan sağlığı üzerindeki etki de dikkatli bir şekilde değerlendirilmelidir. Bu çalışmada, ısı ve akustik özellikler, yangına tepki ve su buharı direnci dikkate alınarak, bina sektörü için ticari olarak kullanılan yalıtım malzemelerinin (geleneksel, alternatif ve ileri), bütünsel ve çok disiplinli bir yaklaşımla görülmesini sağlamak; Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi yaklaşımı ile çevre sorunları da dikkate alınmıştır. Piyasada henüz bulunmayan geleneksel olmayan yalıtım malzemeleri de dikkate alınarak karşılaştırmalı bir analiz yapılmıştır. Son olarak, farklı hafif yalıtım malzemeleri ve yol kurulumu (dış, iç veya boşluk yalıtımı) ile bir hafif ve üç ağır duvarın hem termal geçirgenliğini hem de dinamik termal özelliklerini değerlendiren bir vaka çalışması yapıldığı belirtilmektedir [42].

Aditya ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, konut sektöründe, klima sistemi ısı konfor ihtiyacını karşılamak için genel enerji tüketiminin en büyük bölümünü almaktadır. Bu

konuyu ele alırken, ısı yalıtımı, enerjiyi çevre dostu özellikleri ile istenen ısı konforun sağlanmasında kullanmak için verimli bir teknolojidir. Isı yalıtımı ilkesi, ısı kaybını veya ısı kazancını azaltacak ve bunun sonucunda enerji maliyetinin düşmesine yol açacak, enerji tasarruflu malzemeler kullanılarak yapılan yalıtımın uygun şekilde kurulması olduğu belirtilerek çalışmalarında, bina yalıtımlarında en son gelişmelerin toplanması ve ayrıca uygun yalıtım malzemeleri kullanılarak yaşam döngüsü analizi ve potansiyel emisyonların azaltılması hakkında bazı bilgiler sunmaktadırlar [43].

Villasmil ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, ısı enerji depolama (TES) teknolojilerine enerji verimliliğini artırmak ve maliyetlerini azaltmak için talebin arttığını ifade etmektedirler. Konut binalarının içine yerleştirilen ya da binanın doğrudan çevresine yeraltına gömülen TES sistemlerini yalıtım için iki farklı yöntem incelenmiştir. Sınır koşulları, 10-1000 m³ aralığındaki depolama hacimleri ve 90 °C'ye kadar depolama sıcaklıklarıdır. İlk yöntem, deponun dışına ısı yalıtım malzemelerinin uygulanmasını içerir. Geleneksel malzemelerin (mineral yünler ve organik köpükler gibi) termo fiziksel özellikleri ve maliyetleri, vakumlu yalıtım panelleri ve aerogeller gibi en son teknolojiye sahip ürünleriyle karşılaştırılmıştır. Binaların içine entegre edilmiş TES sistemleri için ısı yalıtımı ve ısı yalıtımı tarafından kullanılan yaşam alanı toplam maliyetlerini değerlendirmek için parametrik bir karşılaştırmalı analiz yapılmıştır. Yaşam alanından tasarruf etmenin ekonomik değeri, yalıtımın ekstra maliyetinden daha ağır basarsa avantajlı hale geldiği gösterilmiştir. Tartışılan ikinci yöntem, deponun etrafında tahliye edilmiş çift cidarlı toz içeren bir zarf oluşturarak yalıtımın gerçekleştirildiği tahliye tozlarıdır. Bu yöntemin teorik temelleri tartışılmış ve yaygın olarak kullanılan tozların - genişletilmiş perlit ve dumanlı silika gibi - özellikleri sağlanmıştır. Çift cidarlı vakum yalıtımlı TES tanklarının referans maliyetleri sağlanmış ve boşaltılmış tozların kullanımı geleneksel yalıtım malzemelerinin uygulanmasına karşı karşılaştırılmıştır. [44].

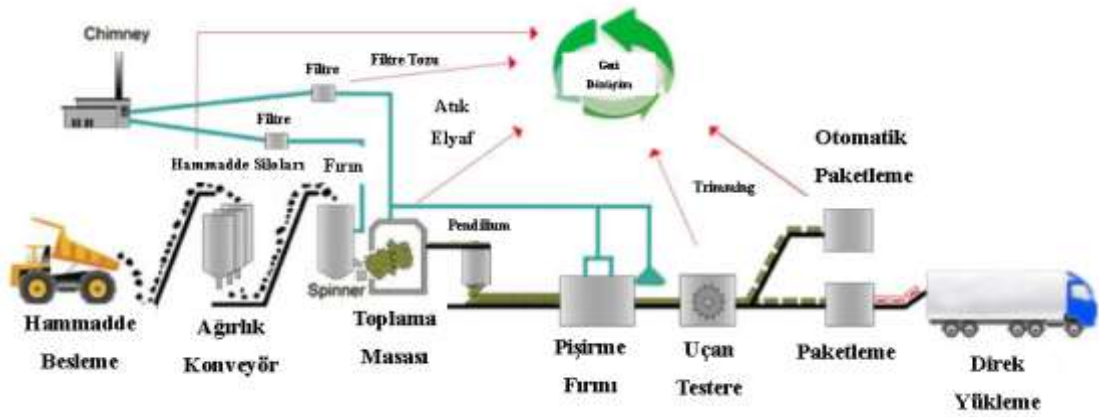
Asdrubali ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, bina yalıtımı, petrokimyasallardan veya yüksek enerji tüketimi ile işlenmiş doğal kaynaklardan (cam ve kaya yünleri) elde edilen malzemeler kullanılarak yaygın şekilde gerçekleştirilir. Bina tasarım sürecinde “sürdürülebilirlik” kavramının tanıtılması, doğal veya geri dönüştürülmüş malzemeler kullanarak ısı ve ses yalıtımı malzemeleri geliştirmeye yönelik araştırmaları teşvik etti.

Kenaf veya odun lifi gibi bir kısmı hali hazırda ticarileştirilmiştir, ancak performansları sentetik olanlara benzer olduğundan difüzyonları daha da geliştirilebilmektedir. Diğerleri şu anda inceleme aşamasındadır ve gelişimi sadece erken bir aşamadır. Bu çalışmada, doğal ya da geri dönüştürülmüş malzemelerden yapılmış, henüz ticari olmayan ya da geri dönüştürülmüş malzemelerden yapılan yalıtım ürünlerindeki gelişmeler incelenmektedir. Karşılaştırmalı analizler, termal iletkenlik, spesifik ısı ve yoğunluk açısından özel termal özellikler dikkate alınarak yapılmıştır. Malzemelerin akustik performansına ilişkin veriler de verilmiştir. Bu malzemelerin çevresel avantajlarını kanıtlamak için Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi verileri nihayet toplanmıştır [45].

Florea ve Manea yaptıkları çalışmada, binalar en büyük enerji tüketicisi ve en büyük atık üreticisi olduğu belirtilerek bu yapıların endişe kaynağı olduğu belirtilmektedir. Bu bağlamda, bu makale, ulusal düzeyde artan kullanılabilirliğe sahip, yenilenebilir kaynaklar olan doğal lifler, koyun yünü ve kenevir bazlı yeni ısı yalıtım malzemeleri önermektedir. Kompozit malzemelerin ısıl karakteristikleri, piyasada bulunanlardan üstün ısı yalıtım özelliklerine sahip malzemeler elde etmek ve sonuç olarak binaların enerji verimliliğini arttırmak amacıyla takip edildiği belirtilmektedir [46].

1.5. Taş Yünü Üretim İşlemi

Taş yünü, cam yünü ve seramik yünü gibi mineral bir izolasyon ürünüdür. Ürünümüz en yaygın kullanımı ısıl izolasyon olmasının yanında ses ve yangın izolasyonunda da kullanılmaktadır. Ürünümüzün yapımında kullanılan hammaddelerin bazı değişiklikler göstermesine rağmen yaklaşık olarak aynı bileşenlere sahiptir. Burda hammaddenin değişmesi ve sistemde yer alan bazı ufak değişiklikler dışında standart olarak ilerlemektedir.



Şekil 8 Taş yünü üretim hattının temsili gösterimi

Hammaddelerimiz madenden gelen taşlar olmasından dolayı sahada yığınlar halinde bulunurlar. Bu taşların üretim kapasitesinden kaynaklı olarak taşınmasında büyük kapasiteli kepçeler kullanılmaktadır (Ufak kepçeler kullanılabilir ama kayaların iri ve düzensiz şeklinden dolayı üretimin hızına yetişememektedir). Bu araçlar hammadde besleme sisteminin silolarına düzenli olarak dolum yapmaktadır. Besleme sistemimiz tamamen otomatik konveyörlerden oluşmaktadır. İlk yerden boşaltılan ürünler konveyörler yardımıyla yukardan silolara doldurulur. Silo sayısı bileşen ihtiyacına göre değişiklik gösterir. İhtiyaç duyulduğunda siloların kapakları açılarak hammadde karışımı ağırlık ölçerli tartılar yardımıyla karışım alınır.



Şekil 9 Hammadde besleme sahası

Sistemimiz madenlerden çıkarılan kayaçların ergitilmesi suretiyle izolasyon ürünleri üretilmesi üzerinedir ve bu noktada ergime fırını bu işin yapılması düşünülemez. Ergime fırını farklı modellerde mevcuttur ve bunların seçimi şartlara bağlı olarak değişir. Genel olarak rağbet gören ergitme fırını kömürü yakıt olarak kullanan kupola'dır. Kupola fırını genel olarak St37 den yapılmış olmasına rağmen içerisinde 1300-1500 derece santigrat da ergiyik lav tutabilmektedir. Fırının soğutması için su ile çalışan soğutma ceketini kullanılmaktadır ve Dry-cooler dediğimiz sistem yardımıyla suyun sıcaklığı düşürülmektedir. Kupola fırını dışındaki diğer fırın türleri elektrik ve doğalgaz olarak sıralanabilmektedir. Bu sistemlerin işleyişleri daha farklıdır.



Şekil 10 Kupola fırını_ Kömürlü fırın

Fırınımızda 1350 derece santigratda elde edilen lavımızın iplik şekline dönüştürülebilmesi için spinner adını verdiğimiz 3000 ile 5000 devir/dakika da çalışan diskler topluluğudur. Yüksek hızlı disklerle düşen lavın, yüksek debili hava yardımıyla 5 metrelik elyaf toplama masasına yollanmasıyla lif oluşturma işlemi tamamlanmış olmaktadır.



Şekil 11 Toplama masası

Toplama masasında bir araya getirilen lifler Pendilium sistemi yardımıyla ürünün genişliğini ve kalınlığını belirleyebiliriz. Sistemin hassas çalışması önem arz etmektedir. Konveyörlerdeki zaman gecikmeleri ve terazi bozuklukları ürünün dağılımını direk olarak etkilemektedir. Dağılımın düzenli olup olmadığını kontrol etmek için tartım konveyörü Pendilium sistemi sonrasında yer almaktadır.



Şekil 12 Pendilium dan çıkan yumuşak elyaf

Kalınlığı ve genişliğine göre ürün ayarlanmasına karşın ürün son şeklini henüz almamıştır. Ürününüz bu seviyede koyun yünü yumuşaklığındadır. Sertliğin ve yoğunluğun sağlanabilmesi için kalınlığı yüksek ve yoğunluğu düşük olan taş yünü krimping de sıkıştırılmak suretiyle yoğunluğu artırılır. Sıkıştırma sadece liflerin üstten baskınlanması demek değildir. Krimping in millerinden bazıları ilerleyiş yönünde olmasına rağmen bazıları ilerleyiş yönünün tersinde çalışır. Tersine çalışma sayesinde lifler birbirine geçerek daha sağlam bir yapı oluştururlar. Liflerin birbirine ne kadar kompleks bir şekilde geçmiş olduğu taş yününün son aşamasındaki çekme ve basma gibi değerlerini direkt olarak etkilemektedir.



Şekil 13 Krimping_ Yumuşak elyafın sıkıştırılarak sert hale getirilmesi

Taşyünü lifler haline getirildikten ve sıkıştırılarak şekillendirildikten sonra bu kalıcı değildir. Baskı kalkınca sıkıştırma etkisini yitirecektir. Ürünün verilen şekli ve baskıyı üzerinde tutabilmesi için etüv adı verilen pişirme fırınlarında doğalgaz yardımıyla pişirilmektedir. Etüv fırını bu üretim hatlarında yer alanda en büyük tek parça makine niteliğindedir. Bunun sebebi ise devam etmekte olan üretim bandındaki ürünü kapalı haznelere içinde pişirmesi gerektiğinden fırın uzamakta ve irileşmektedir. Ürünün pişirme işlemi uzun sürede değilde kısa zamanda olursa yanma yada pişmeme gözlenmektedir.



Şekil 14 Etüv_ Sıkıştırılan ürünün pişirilmesinde kullanılır

Etüvden çıkan ürünümüz artık hazır olarak kabul edilebilir. Bu aşamadan sonra sadece müşterinin isteğine bağlı olarak özel kesimler yada paketlemeler elde edilerek hazırlanması gerekir. Etüv pişirme sırasında ürünü ısıttığı için ebatlama kesimlerinin düzgün çıkabilmesi için soğutma konveyörünün üzerinden geçer. Soğuyan ürünler ebatlamalar için kesim işlemlerine başlar. Ebatama işlemlerinden ilki trimming dediğimiz boyuna kesim yapan bıçaklardır. Bu kesimler müşteri isteğine bağlı olmasının yanında genellikle 600*1200 mm ölçüleri olan duvar yalıtım boyutları baz alınır. Hattın çalışma genişliğinin 2400 mm olduğu göz önünde bulunursa 2 ye bölmek ve 4 e bölmek opsiyonları değerlendirilebilir. Bu seçenekler kapasite ilerleyiş ve paketlemeye göre seçilir. Boyuna kesim bıçaklarından çıkan kenar kısımlar yan geri dönüşüm bıçaklarına verilir ve bu parçalar geri kazanılmak için toplama masasına geri beslenir. Boyuna kesilen ürünlerin enine ebatlanması sırasında uçan testere kullanılır. Uçan testere makinesi yuvarlak testerelerin hat ilerlediği sırada makinenenin ilerleyiş yönünde ürünleri ebatlaması olayıdır.



Şekil 15 Ebatlamada kullanılan testereler

Kesilerek ebatlanan ürünlerimiz isteklere bağı olarak paketlemeye ve oradanda paletlere konularak hazırlanır. Bunlar firmaların tercihlerine göre karayolu demiryolu ve denizyolu ile nakliye edilebilir.



BÖLÜM 2

MATERYAL VE METOT

Taş yünü ilk üretildiği zaman koyunyünü kıvamındadır. Bu ürün boşluklu yapısı ve düşük dayanımı yüzünden piyasa da kullanıma uygun değildir. Bu ürünü yüksek miktarda göndermek şartıyla, rulolar arasından ilerletmek suretiyle sıkıştırılarak daha dayanıklı ürünler elde edilir. Bu sıkıştırma fiziksel olduğu için uzun süre dayanmayacaktır. Sıkıştırılmak suretiyle sertlik kazandırılan ürün pişirilerek aynı sertliği koruması sağlanır. Ürün daha sonra istenilen şekle ve ihtiyaca göre kesilerek paketlenir.

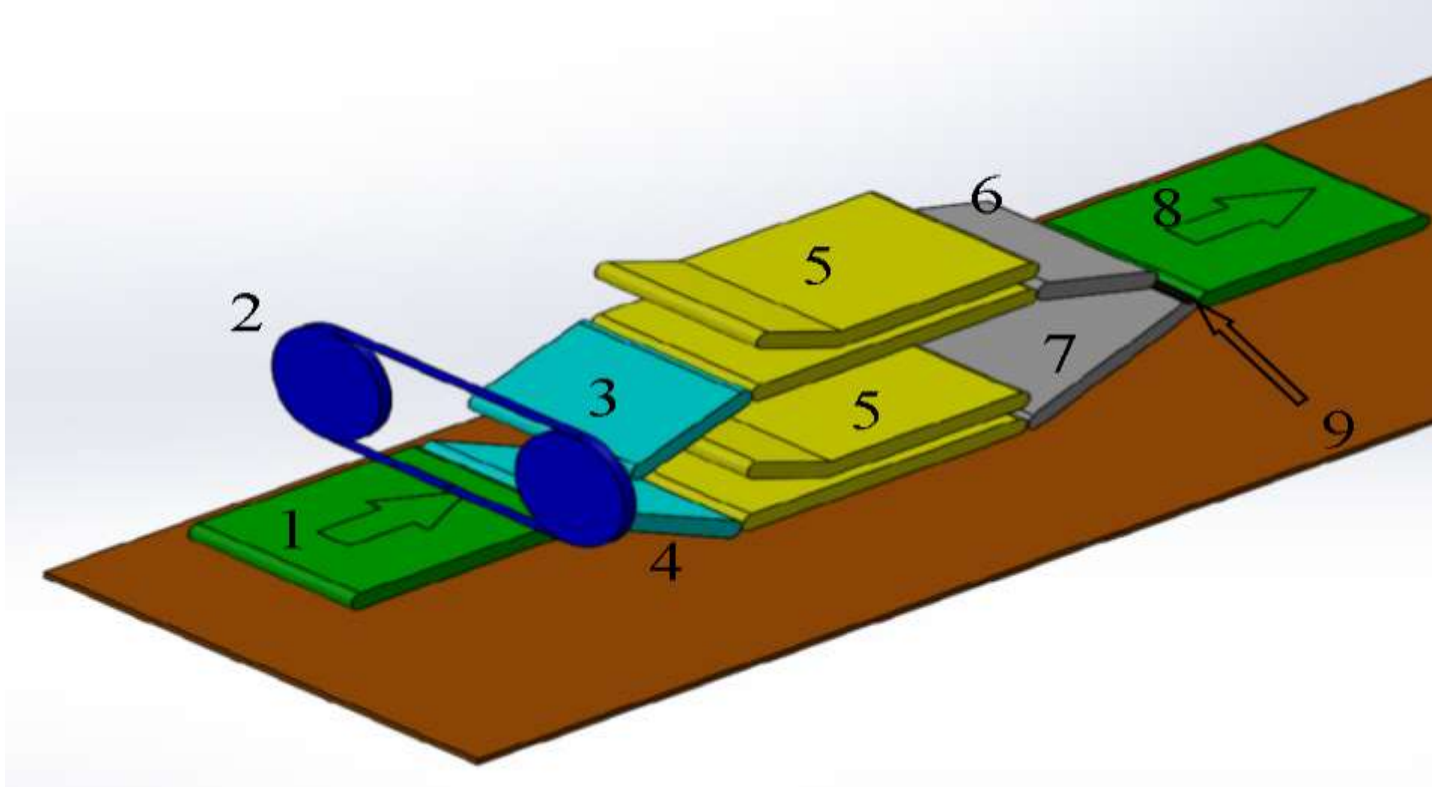
Çift yoğunluklu ürünün elde edilebilmesi için sistem tasarımı taslak olarak yapılmıştır. Sistemin nasıl ilerlemesi gerektiği ve sistemde ortaya çıkması öngörülen potansiyel sıkıntılar önceden tespit edilerek, çözümlerini sağlanarak devam edilmiştir.

2.1. Mekanik Sistem Tasarımı

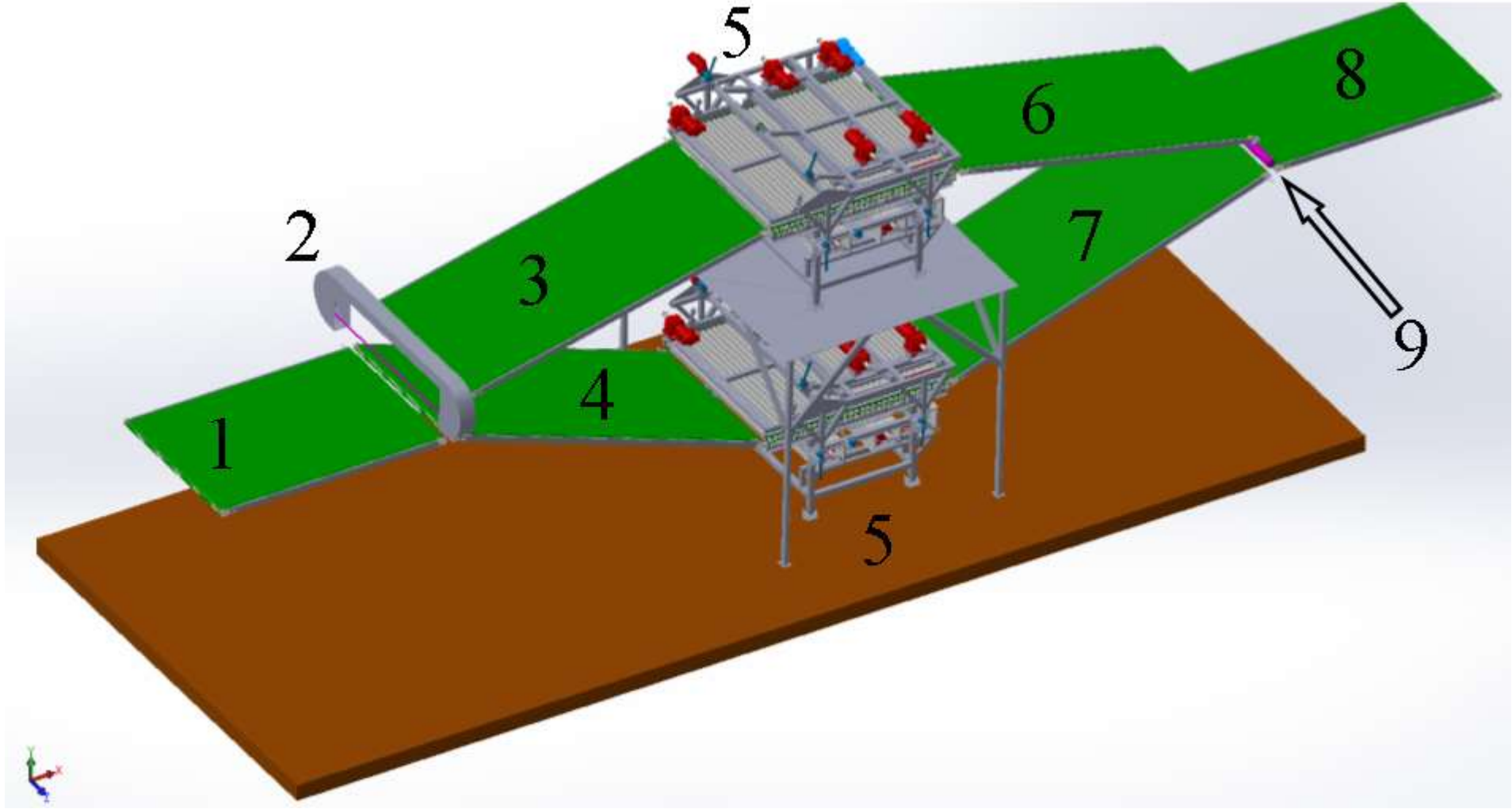
Taş yünü ilk üretildiği zaman koyunyünü kıvamındadır. Bu ürün boşluklu yapısı ve düşük dayanımı yüzünden piyasa da kullanıma uygun değildir. Bu ürünü yüksek miktarda göndermek şartıyla, rulolar arasından ilerletmek suretiyle sıkıştırılarak daha dayanıklı ürünler elde edilir. Bu sıkıştırma fiziksel olduğu için uzun süre dayanmayacaktır. Sıkıştırılmak suretiyle sertlik kazandırılan ürün pişirilerek aynı sertliği koruması sağlanır. Ürün daha sonra istenilen şekle ve ihtiyaca göre kesilerek paketlenir.

Bu sistemde iki farklı yoğunluktan ürün elde edilmesindeki amaç hafif olan ürünümüzün birçok faydası olmasına rağmen (ekonomik, hafif, uygulaması kolay vb.) fiziksel olarak performansının düşük olmasından dolayı sistemlerimizde yoğunluğu yüksek olan ürünler tercih edilmektedir. Burada aynı kalınlıktaki ürünlerde yoğunluğu yüksek ürünün bize sağladığı avantaj birim hacme düşen malzeme miktarının artmasıyla beraber sıkıştırma makinesinin esas amacı olan lifleri birbirine geçirme görevi daha verimli bir şekilde sağlanmış olur. Liflerin birbirine geçirilmek suretiyle daha yüksek fiziksel dayanım sağlanası kumaş üretilmesine benzetilebilir. Tek bir iplik parçasının dayanımı diğer ipliklerle bir araya getirilerek dikiş yapıldıktan sonra çok daha yüksek olacaktır. Kumaş artık iplikten farklı olarak yeni bir ürün olmasına rağmen temel olarak ipliğin özelliklerini bünyesinde barındırmaktadır. Benzetmemizde olan fiziksel bağ liflerin birbirine dikmek yoluyla aktarılmaktadır. Bazı mineral yünlerde bu yöntem birebir olarak iplikli ve ipliksiz olarak uygulanmasına karşın taşıyıcı yapı gereği iğneleme işlemine elverişli bir ürün değildir. Burada liflerin birbirine geçmiş yapısı içerisine verilen yapışkanın pişirilmesinden sonra aynen korunmaktadır.

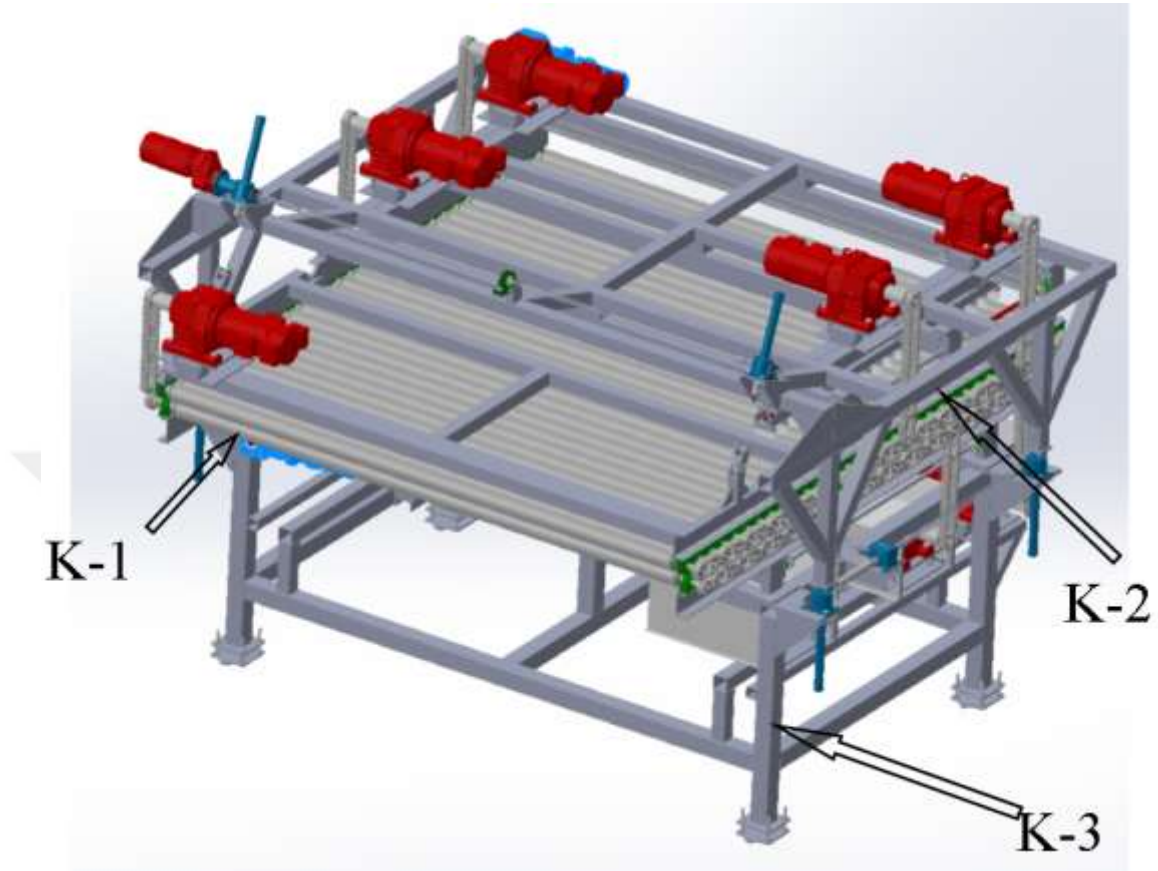
2.1.1. Taslak Tasarım



Şekil 16 Çit yoğunluklu taş yünü mekanizması taslak tasarımı



Şekil 17 Farklı yoğunlukta kademelendirilmiş taşıyıcı imalatı için tasarlanan mekanik sistem tasarımı



Şekil 18 Krimping makinesi

Kademelendirilmiş taşıyıcı üretilimi için tasarlanan sistemimiz Şekil 16 verildiği gibidir. 1 Numaralı bantla gelen taşıyıcı, 2 numaralı şerit testere yardımıyla yoğunluklara bağlı olarak iki farklı yükseklikte kesilerek ayrılır. Şerit testereden çıkan kesilmiş ürünler 3 ve 4 numaralı bantlar üzerinden alt ve üst olmak üzere iki farklı yönlendirme üzerinde hareket etmektedir. Bantlarımız konveyörün kendi üzerinden 5 numaraya belirtilen (Makinelerin ikisi de 5 olarak isimlendirilmiştir çünkü ikisi bire bir aynıdır.) alt ve üst sıkıştırma konveyörleri (Krimping Makinesi) eşit dolaşma mesafesinde olmalıdır. Bu sayede sistemin alt ve üst hızı eşitlenmek suretiyle sürekli akışın sağlandığı üretim hattında olası bir tıkanmanın önüne geçilmiş olur.

Krimping makineleri düşük yoğunluklu ve kalınlığı yüksek yünün sıkıştırılması suretiyle daha yüksek yoğunluklu ve kalınlığı düşük ürün elde edilmesinde kullanılır. Buradan çıkan ürünler 6 ve 7 numaralı konveyörler üzerinden tekrar birleştirilmek üzere iletilir. Kesilmek ve sıkıştırılmak suretiyle işlemlere tabi tutulan taş yünü yapıştırıcıda kullanılan yapışkanın etkisini yitirmesi öngörülmektedir. Bunun önüne geçebilmek için birleşme noktasına yakın olan yerde 9 numaralı belirtilen yere yerleştirilir. İki ayrı yoğunlukta taş yünleri birleşmeden önce bu iki ürünün yapışmaları gereken yüzeye yapıştırıcı püskürtülmesi suretiyle enjekte edilmesi planlanmaktadır. Bu iki farklı yoğunlukta ürünün yapıştırıldıktan sonra tek ürün haline geldikten sonra pişmek üzere fırına yola çıkabilir.

Sistemimiz resimde verildiği üzere konveyörlerden ve merdane denilebilecek miller topluluğundan oluşmaktadır. Bu sistem ürünün son halini almasında önemli rol oynamaktadır. Bu kısımda yapılan yanlışlar ve mekanik hatalar son ürün üzerinde bire bir gözlemlenebilecektir. Bundan dolayı sistemde yer alması öngörülen miller (merdane), kutu ve destek profilleri sistem içerisinde gelen baskıları ve gerilmeleri toleranslar dahilinde kaldırabilecek kadar güçlü olmalıdır.

Sistemin karşılaşılabileceği öngörülen potansiyel mekanik problemler aşağıda sıralı şekilde verilmiştir;

- Miller arasından geçen taş yününün sıkıştırılmak suretiyle baskıya tabi kalacaktır. Burada destek noktasından en uzakta kalan milin ortası en zayıf noktası olarak karşımıza çıkacaktır. Burada baskıya maruz kalan mil sehimi gösterme ihtimali mevcuttur. Bahsi geçen mil grubu Şekil 18 de K-1 olarak verilmiştir.
- Krimping in taş yününü birbirine geçirmekte kullanılan güçlü motor grubuna karşı millerin burulmaya maruz kalması durumu. Motorlar K-4 gösterildiği gibidir.
- Alt ve üst sistemin birbirinden ayrı olmasından dolayı, üst sistemi destekleyecek olan profillerin kendi içinde alttan gelen baskıdan dolayı sehimi vermesi. Ana şasesinde belirtilen Şekil 18 de K-2' dir.

- Sistemimiz çalışan kısımlarının ağırlığı gittikçe artmıştır. Krimping in bütün ağırlığını taşıyan profillerin ağırlığını taşıması durumu da tekrar kontrol edilmelidir. Bu profil Şekil 18 de K-3 olarak belirtilmiştir.

Sistemin üstte verilen sorunların potansiyel kontrol yöntemleri;

- Millerin sehim yapmadan çalışması için minimum kalınlık.
- Millerin yatağa bağlandığı kalınlığın motordan kaynaklanan torca karşı dayanıklı kalınlıkta olması.
- Üst şasenin sehim vermemesi için kontrolü.
- Krimping in toplam ağırlığını taşıyacak olan profillerin basma kuvvetine karşı kontrolü.

2.1.2. Tasarımda Kullanılan Mekanik Sistem Hesapları

Çift yoğunluklu taş yünü, iki farklı yoğunluklu taş yününün bir arada bulunması durumudur. Bu taş yününün ilk üretildiği düşük yoğunluklu halinden daha yüksek yoğunluklara mekanik sistem yardımıyla sıkıştırılır. Bu sıkıştırma 3 ile 5 kat kadar fazla bir sıkıştırma olduğu için mekanik sistemde buna dayanıklı olarak seçilmelidir. Bu mekanik sistemde yapılan tasarım hataları ve yanlışlar ürün üzerinde anında gözlenebilecektir. Buda sistemden çıkan ürünleri defolu diye adlandırılmasına neden olacaktır.

2.1.2.1. Normal Gerilme

Basma gerilmesi, malzemenin basmaya karşı gösterdiği dirençtir. Gerilme değeri kuvvetin kesit alanına bölünmesiyle elde edilir. Bir malzemenin basmaya karşı gösterdiği maksimum direnç basma deneyi ile bulunur. Basma deneyinde cisim, bir süre kısalır daha sonra ya kırılır ya ezilir ya da yeterli kuvvet verilemezse şeklini korur. Kırıldığı andaki gerilme değeri maksimum basma gerilmesi değeridir. Bu değer birim kısalma miktarı ve elastisite modülünün çarpılması ile bulunur. Birim kısalma miktarı, toplam kısalma miktarının malzemenin toplam uzunluğuna bölünmesi ile bulunur. Cisim kısaldııkça kesit alanı azalır. "Gerçek Basma Gerilmesi" malzeme kısalırken kesit alanında oluşan genişlemeyi de hesaba katarak bulunur; kırılma kuvveti kırılma anındaki kesit alanına bölünerek gerçek basma gerilmesi hesaplanır.

Çekme gerilmesi malzemenin çekmeye karşı gösterdiği dirençtir. Gerilme değeri kuvveti kesit alanına bölerek bulunur. Basma ile çekme arasındaki fark yönleridir. Bir malzemenin çekmeye karşı gösterdiği maksimum direnç çekme deneyi ile bulunur.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.1)$$

F: Uygulanan kuvvet

A: Kuvvetin uygulandığı yöndeki kuvvetin uygulandığı kesit alanı

σ : Gerilme [47]

2.1.2.2. Birim Şekil Değişirme

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \quad (2.2)$$

ε : Şekil değişirme oranı

Δl : Birim şekilde değişirme

l: Toplam uzunluk [47]

2.1.2.3. Elastisite Modülü

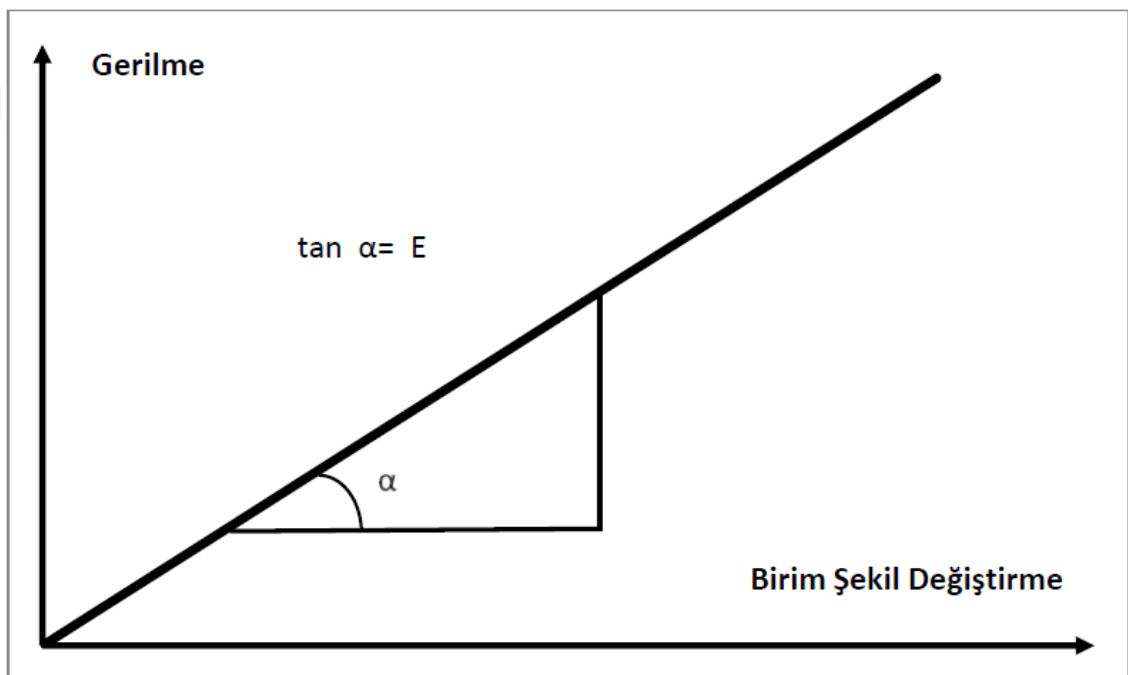
Elastisite modülü malzemeye ait karakteristik bir özelliktir. Elastisite modülü yükseldikçe, atomlar arası bağ kuvvetinin arttığı, bununla birlikte mukavemetin ve akma gerilmesi arttığı söylenebilir. Birim uzama ile normal gerilme (çekme ya da basma gerilmesi) arasındaki doğrusal ilişkinin bir sonucu olup birim uzama başına gerilme olarak tanımlanır. Birim uzaman ile normal gerilme arasındaki doğrusal ilişki şöyle tanımlanabilir;

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (2.3)$$

E: Elastisite Modülü

σ : Gerilme

ε : Şekil değiştirme oranı



Şekil 19 Gerilme- Birim şekil değiştirme Diyagramı

2.1.2.4. Basit Eğilme

Cismi, bir kesitle ikiye böldüğümüz takdirde parçalardan birini dengede tutacak etki kesit ağırlık merkezine tesir eden yalnız bir eğilme momentinden ibaretse basit eğilme hali mevcuttur.

$$\frac{M}{I} = \frac{\sigma}{y} = \frac{E}{\rho} \quad (2.4)$$

M: Kiriş kesitinde oluşan eğilme momenti

I: Kiriş kesitinin tarafsız eksene göre atalet momenti

E: Kiriş malzemesinin elastisite modülü

ρ : Kirişin eğrilik yarıçapı

σ : Eğrilik momentinden dolayı tarafsız eksenden y mesafesinde oluşan eğilme gerilmesi

y: Tarafsız eksenden dikey mesafe [47]

2.1.2.5. *Sehim*

Basit eğilme etkisi altındaki yapı elemanın eğilme göstermeden önceki çubuk eksen durumu ile elastik eğri durumu arasında oluşan deformasyon miktarına denir. Anılan kuvvet altında yapı elemanın yaptığı deplasman ‘sehim’ olarak adlandırılır.

$$Sehim = \frac{W \cdot l^3}{48E \cdot I} \quad (2.5)$$



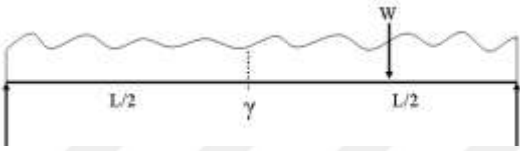

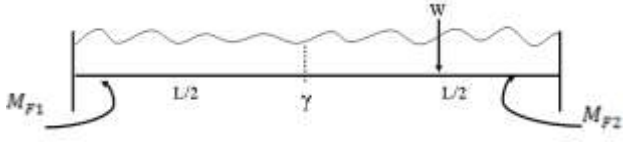
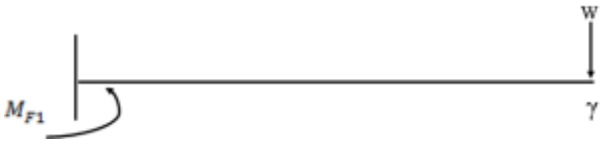
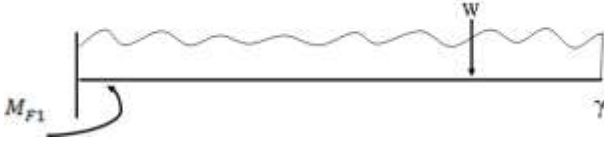
W: Kirişe etki eden yük

l: Basit mesnetli kirişler arası mesafe

E: Numunenin elastiklik modülü

I: Atalet momenti

Tablo 2 En yaygın kiriş eğilme tiplerini ve bunlarla ilişkili denklemleri göstermektedir. [48]

Kuvvetlerin Temsili Gösterimi	γ deki sehim	Uçlardaki Eğim	Reaksiyon Momenti M_x
	$\frac{WI^3}{48EI}$	$\frac{WI^3}{16EI}$	
	$\frac{Wa^2b^2}{3EIL}$	$\frac{Wab(1+b)}{6EIL}$ Sol uç ta	
	$\frac{5WL^4}{384EIL}$	$\frac{WL^4}{24EIL}$	
	$\frac{Wa^3b^3}{3EIL^3}$		$M_{F1} = \frac{Wab^2}{L^2}$ $M_{F2} = \frac{Wa^2b}{L^2}$
	$\frac{WL^4}{384EIL}$		$\frac{WL^2}{12}$
	$\frac{WL^3}{3EI}$	$\frac{WL^2}{2EI}$	WI
	$\frac{WI^4}{8EI}$	$\frac{WI^3}{6EI}$	$\frac{WI^2}{2}$

2.1.2.6. Atalet Momenti

Atalet momenti, kesitlerin eğilme (dönme) gibi zorlanmalara karşı gösterdiği direncin bir ölçüsüdür. Yani eylemsizlik momenti büyük bir cismi zor döndürürsünüz, eylemsizlik momenti küçük olan bir cismi daha kolay döndürürsünüz. Ya da eylemsizlik momenti büyük bir cismi döndürmek için daha büyük bir kuvvet gerekir, eylemsizlik momenti küçük bir cismi döndürmek için nispeten daha küçük bir kuvvet gerekir.

- Dikdörtgen kesitli bir kirişin yatay eksenli tarafsız eksene göre atalet momenti.

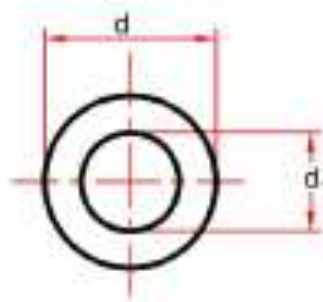
$$I = \frac{b \cdot d^3}{12} \quad (2.6)$$



Şekil 20 Atalet momenti hesaplanan dikdörtgen kesitli kiriş

- Borunun Atalet Momenti

$$I = \frac{\pi \cdot (d^4 - d_1^4)}{64} \quad (2.7)$$



Şekil 21 Atalet momenti hesaplanan borunun kesit görünüşü

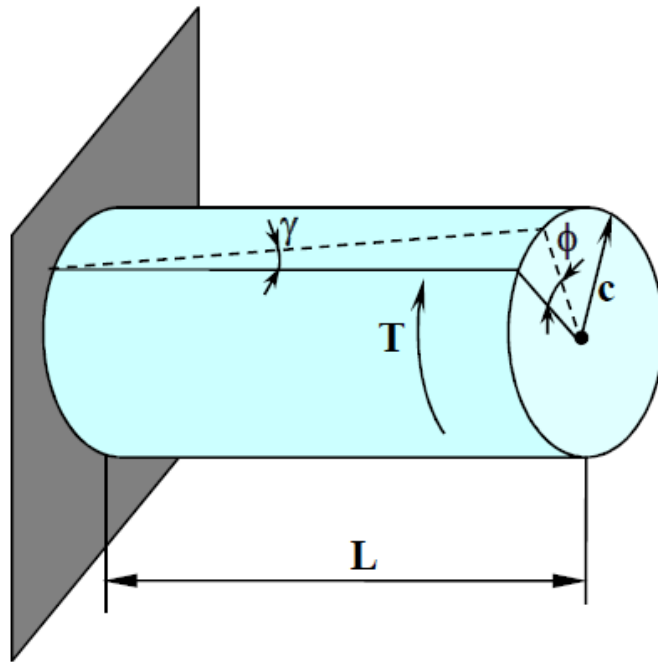
I: Atalet momenti

d: Dış çap

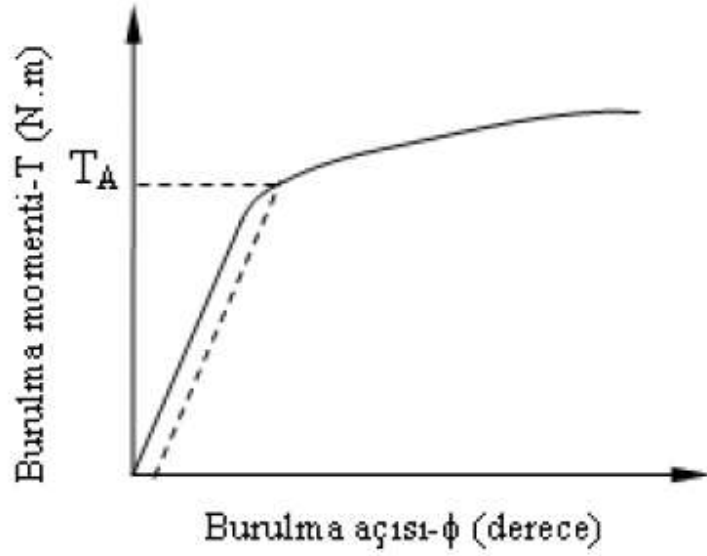
d1: İç çap [48]

2.1.2.7. Burulma

Bir ucu tutularak dönmeye ve deformasyona karşı sabit hale getirilen çubuğun diğer ucuna, çubuk eksenine diz düzleme bir kuvvet çifti ekildiğinde, çubuğun sabit ucundan itibaren kuvvet çiftine kadar bütün enkesitlerde kesme gerilmeleri ve dönme deformasyonları meydana gelir. Meydana gelen bu olaya burulma, bu olayı meydana getiren kuvvet çiftine ise burulma veya torsiyon momenti denir. Enkesitlerdeki dönme deformasyonları, çubuğun sabit ucundan itibaren çubuk boyunca lineer olarak artar.



Şekil 22 Burulma deneyinin şematik görünüşü



Şekil 23 Burulma açısı (T) – burulma açısı (φ) diyagramı

2.1.2.8. Kayma Gerilmesi

Bir malzemenin kesitine paralel şekilde uygulanan kuvvete veya kuvvet bileşenine kesme kuvveti; uygulanan kesme kuvvetinin birim alana etkisine ise kayma gerilmesi (kesme gerilmesi de denir) denir. Kuvvet ‘F’ ile kayma gerilmesi ‘T’ ile ifade edilir.

$$\tau = \frac{T \cdot \rho}{J} \quad (2.8)$$

T: Burulma momenti

ρ : Kayma gerilemsinin istendiği yarıçap

J: Polar atalet momenti

İçi dolu millerde polar atalet momenti: (c mil kesitinin yarıçapıdır)

$$J = \frac{\pi \cdot c^4}{2} \quad (2.9)$$

İçi boş şaftlarda ise: (c2 şaftın dış yarıçapı, c1 ise iç yarıçapıdır)

$$J = \frac{\pi \cdot (c_2^4 - c_1^4)}{2} \quad (2.10)$$

Maksimum kayma gerilmesi numunenin yüzeyinde oluşacağı için c olarak verilen değer numune yüzeyinde 2.8 nolu denklem aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$\tau = \frac{T \cdot c}{J} \quad (2.11)$$

2.1.2.9. Profil Basma

Binalarda ve makinelerde genellikle sistem beton ya da çelik kolonlarda dikey yük olarak taşınır. Basma gerilmesi sistemlerde farklı özellikler için kullanılsa dahi çoğunlukla sistemi yerden yukarıda tutmak üzere kullanıldığı gözlenmektedir. Çekme ve basma gerilmeleri benzer olmalarına rağmen yüzeylere uygulanan kuvvetler aksi yönde tecelli etmektedir. Burada yüzeye uygulanan kuvvetler kıyasladığında profillerin ve kolonların çekme kuvvetine olan dayanımı, basma kuvvetiyle gelen gerilime gösterdiği dayanımdan daha düşüktür.

Omega usulü burkulma;

σ_{obk} : burkulma / flambaj gerilmesi

σ_{bkEM} : burkulma için gerekli emnyet katsayısı

w: malzeme cinsine bağlı olarak belirlenen güvenlik katsayıları

F: Alana uygulanan dik kuvvet

A: Basma yönüne dikey kesit alanı

$$\sigma_{bk} = \frac{w.F}{A} \leq \sigma_{bkEM} \quad (2.12)$$

$$S_{bk} = \frac{\sigma_{bk}}{\sigma_b} < S_{bkEM} \quad (2.13)$$

S_{bkEM} için aşağıdaki değerler kullanılabilir

$$\sigma_{BEM St 37} = 140N/mm^2$$

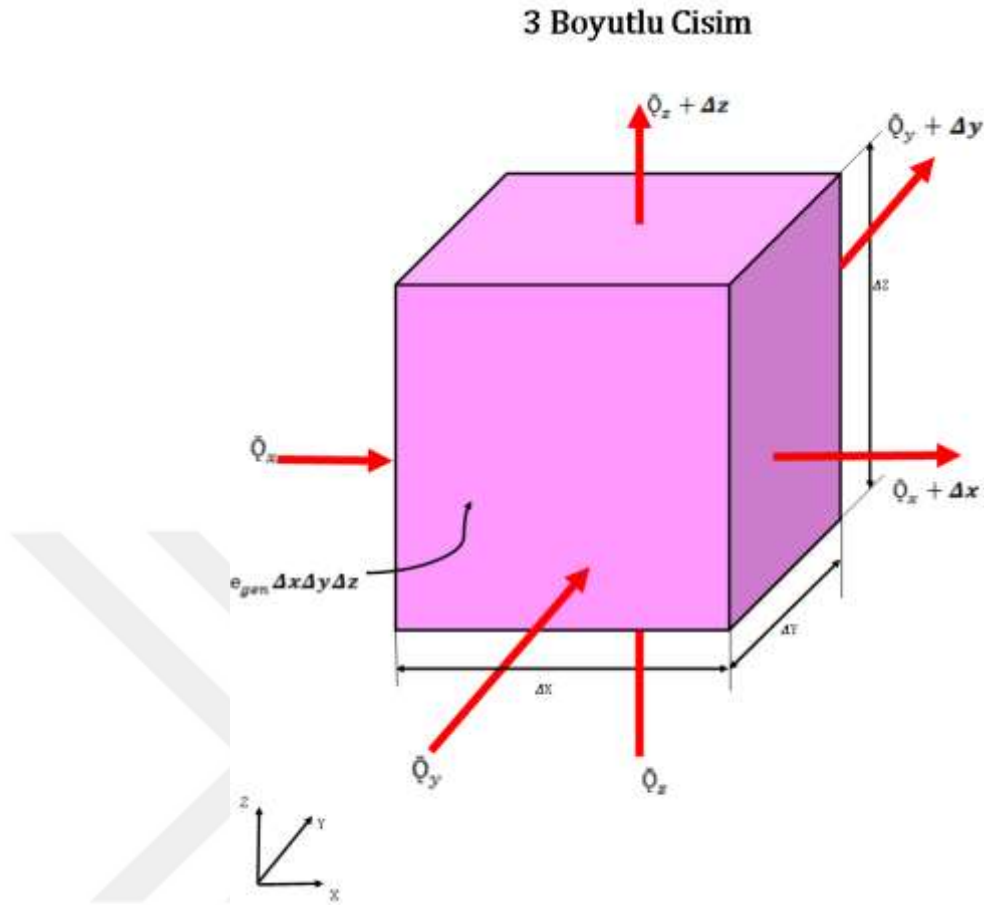
$$\sigma_{BEM St 52} = 210N/mm^2$$

Tablo 3 Malzeme cinsine bağlı olarak emniyetli burkulma gerilme değerleri [47]

Burkulmanın Tanımı	(Flambaj)	Parçanın Tanımı	S_{bkEM}
Elastik Burkulma		Küçük parçalar	6-8
		Büyük parçalar	4-6
Elastik olmayan burkulma		Küçük ve büyük parçalar	3-5

2.2. Katmanlı Duvarda Isı Geçişinin Modellenmesi

Bu tez çalışmasında kullanılan yalıtım malzemeleri prizmatik şekle sahip olduğundan ısı geçişi analizi Kartezyen koordinat sisteminde yapılmalıdır. Kartezyen koordinatlarda ısı geçişinin şematik görünümü Şekil 24'de görülmektedir.



Şekil 24 Prizmatik hacme sahip bir eleman için üç boyutlu ısı geçişi

Kartezyen koordinatlarda ısı geçişi ifadesi aşağıdaki gibidir:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \ddot{q} = \rho c \frac{\partial T}{\partial t} \quad (2.14)$$

Bu ifade üç boyutlu, zamana bağlı ve içerisinde ısı üretimi olan en genel ısı geçişi denklemdir. Bu tez çalışmasında kullanılan malzeme geometrisi, çalışma koşulları ve deneysel çalışma şartları göz önünde bulundurulduğu zaman Denklem 2.14 için bazı kabuller yapılabilir.

1. Malzeme boyutları ve geometrisi dikkate alındığı zaman, y ve z yönlerinde malzeme boyutu, x yönüne göre çok daha büyük olduğundan ısı geçişi bir boyutlu olarak kabul edilebilir.
2. Yalıtım malzemelerinin çalışma şartları ve deney koşulları dikkate alındığı zaman analizler zamandan bağımsız olarak kabul edilebilir.
3. Malzemelerin içerisinde ısı üretimi yoktur.
4. Malzemelerin ısı iletim katsayısı “k” sıcaklıkla değişmemektedir.

Yukarıda sıralanan kabuller dikkate alındığı zaman, Denklem 2.14 aşağıdaki gibi özelleştirilebilir:

$$\frac{d}{dx} \left(k \frac{dT}{dx} \right) = 0 \quad 2.15$$

Denklem 2.15 çözüldüğü zaman aşağıdaki ifade elde edilir:

$$T = c_1 x + c_2 \quad 2.16$$

Denklem 2.16 bir boyutlu zamanda bağlı içerisinde ısı üretimi olmayan ve ısı iletim katsayısının sıcaklık değişmediği durum için en genel çözüm olup c_1 ve c_2 ifadeleri problemin sınır şartlarına göre bulunur.

2.2.1. Katmanlı Duvarda Isı Geçişinin Modellenmesi

Bu tez çalışmasında incelenen yalıtım malzemeleri aynı malzemedan üretilmiş olup sadece yoğunlukları farklıdır ve iki katmandan oluşmaktadır. Problem Kartezyen koordinatlarda bir boyutlu çok katmanlı duvar problemidir. Bir boyutlu çok katmanlı bir duvardaki ısı geçişinin şematik gösterimi Şekil 24’de görülmektedir. Şekil 24’de ayrıca A malzemesi ile B malzemesinin temas noktasındaki sınır şartı da görülmektedir.

$$\frac{q}{A} = \frac{T_0 - T_L}{\frac{x_0}{k_A} + \frac{L - x_0}{k_B}} \quad (2.20)$$

Denklem 2.20'den ayrıca Denklem 2.18 veya 2.19 kullanılarak iki malzemenin temas yüzeyindeki sıcaklık bulunabilir.

2.3. Deney Sistemi ve Detayları

Yukarıda verilen sistemimizde üretilmesi planlanan ürünümüz ses yalıtımı ve yangın dayanımı gibi farklı amaçlarla kullanılabilmesine rağmen, en yaygın kullanım sebebi ısı izolasyonudur. Bu noktada elde edeceğimiz ürünün ısı iletkenliğine dair testler yapıp sonuçları karşılaştıracamız.

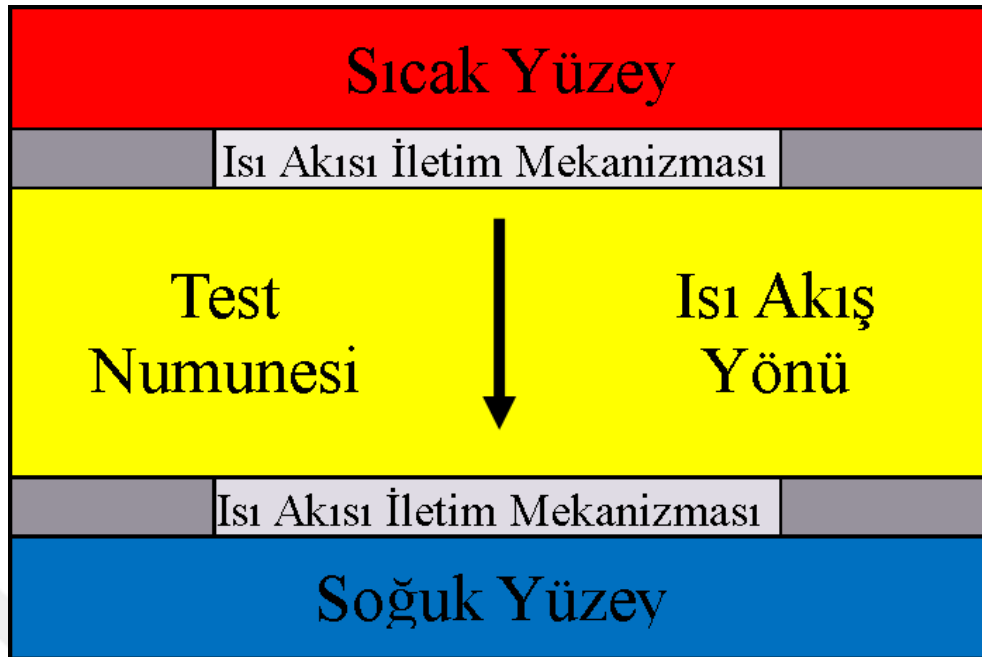
Isıl analizleri yapacağımız cihazımıza verilen test numunelerimizin ölçü sınırlamaları mevcuttur. Bunlar 200*200*X ve 300*300*X olmak üzere 2 farklı ebattır. Burda X değeri 10 mm den az ve 150 mm de fazla olmamalıdır. X ölçüsü kalınlığı temsil etmektedir ve Şekil 26 de görüldüğü gibi makineye yerleştirilmektedir. Makine numune yüksekliğini lineer cetvel yardımıyla ölçmektedir. Ölçümünü yapacağımız numune yumuşak yapılysa, (düşük yoğunluklu ürün) ezilmeye uğrayacağından dolayı kalınlık değeri istendiği gibi çıkmayabilir. Böyle bir durum yaşanmasını önlemek adına kalınlık manuel olarak girilebilir. Makinemizin test sırasında kullandığı değerlerden biri olan yoğunluk manuel olarak girilmelidir. Operatör isminin girilmesi yapılan deneylere geriye dönük bakıldığında faydalı olacaktır. Bu kısımlar makine üzerinde bulunan numerik panodan yapılabilecek olmasına rağmen ölçüm datalarının dijital ortamda kullanılacak olmasından dolayı makine bilgisayar üzerinden yazılım yardımıyla yönetilmektedir. Yazılım kullanılmasının sayesinde ürün test edilirken ölçüm aletlerinden gelen bütün bilgiler birebir olarak not defterine (daha sheet) kayıt edilir. Cihazımızın üst tarafında bulunan yüzeyimiz otomatik olarak yukarı, aşağı hareket ettirilebilmektedir. Bu sayede ürün uygun pozisyona getirildikten sonra teste başlamak üzere cihazın muhafazası kapatılarak işleme başlanabilir.

Sistem ürüne verilen ısının ne kadarının ürünün diğer tarafına geçtiğini ölçmek suretiyle ölçüm yapabilmektedir. Şekil 27 de temsili olarak ısı akışı verilmiştir. Test numunesi iki plaka arasında bulunmaktadır. Makinenin ısı üreten kısmı üst tarafında yer almaktadır. Makinemizin ısıtma işlemi rezistanslar yardımıyla sağlanmaktadır. Makinenin

ölçümündeki hassasiyet burada test için girilen deney değerlerini sabit tutması yardımıyla sağlanmaktadır. Bu kontrolü yapabilmek için makinenin farklı yerlerinden ölçüm cihazları yardımıyla değerler alınarak anında tepki gösterebilmektedir. Ortamdaki ısıl değişimi bu kadar hızlı algılayıp tepki veren sisteme peltier sistemi denir ve düşük ısıl değişimlerde elektrik sinyalleri göndermek suretiyle haberleşme sağlamaktadır. Şekil 28 de makinenin bölümleri temsili olarak verilmiştir. Makinemizin üst tarafında rezistanslar yardımıyla ısı verilirken alt tarafında ölçümden sonra plakanın sıfır derecede kalabilmesi için soğutma sistemi bulunmaktadır. Bu sistemlerin fazla ısılarını transfer edebilmek için iki taraflı olarak ısı kanalları bulunmaktadır. Bu kanallardan alınan fazla ısı soğutma sistemine iletilmek suretiyle ısı dışarı atılır. Makinemimizin test numunesini yerleştirme işlemi sırasında üst plakanın hareketinden bahsedilmişti. Burada da görülebileceği üzere test numunesinin kalınlığı makinemiz tarafından otomatik olarak verilebilmektedir çünkü numunemizin ezilmeye maruz kalmasını önleyebilmek adına baskı sensörü bulunmaktadır. Bu noktada cihaza aksi belirtilmediği sürece kalınlık otomatik olarak alınacaktır.



Şekil 26 Testlerin yapımında kullanılan cihazımız. NETZSCH firmasının HFM 436 modeli cihazıdır.



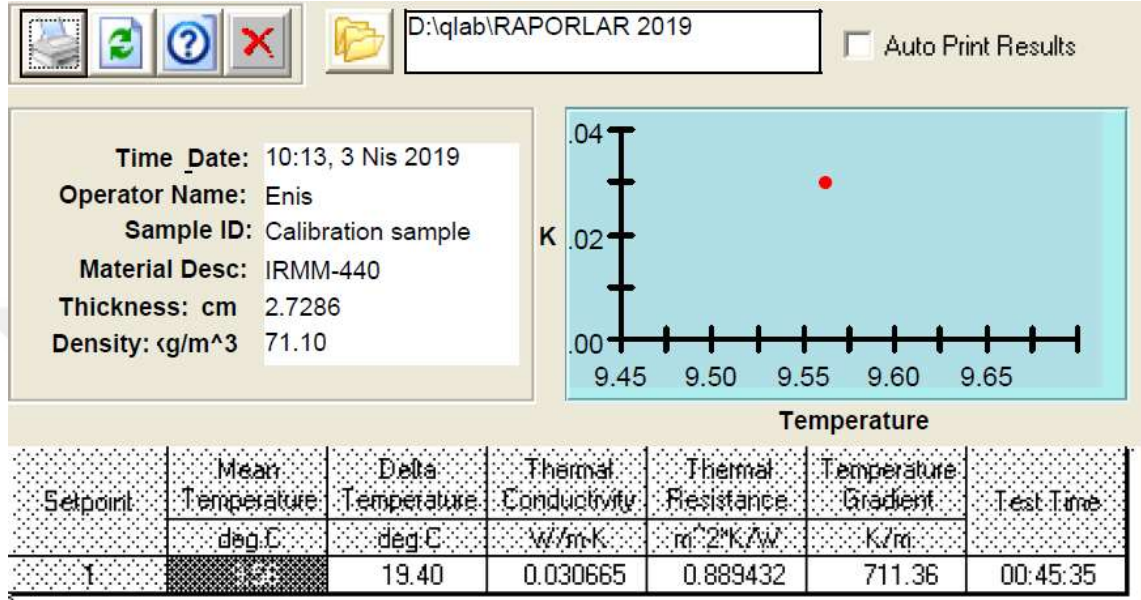
Şekil 27 Cihazın testler sırasında ısı akışının üst plakadan alt plakaya doğru olduğunu gösteren temsili çizim.

$$\dot{q} = -\lambda * A * \frac{\Delta T}{\Delta X} \quad (2.21)$$

$$N = \frac{\lambda_{cal} * A * T_U - T_L}{v_{hft} * d} \quad (2.22)$$

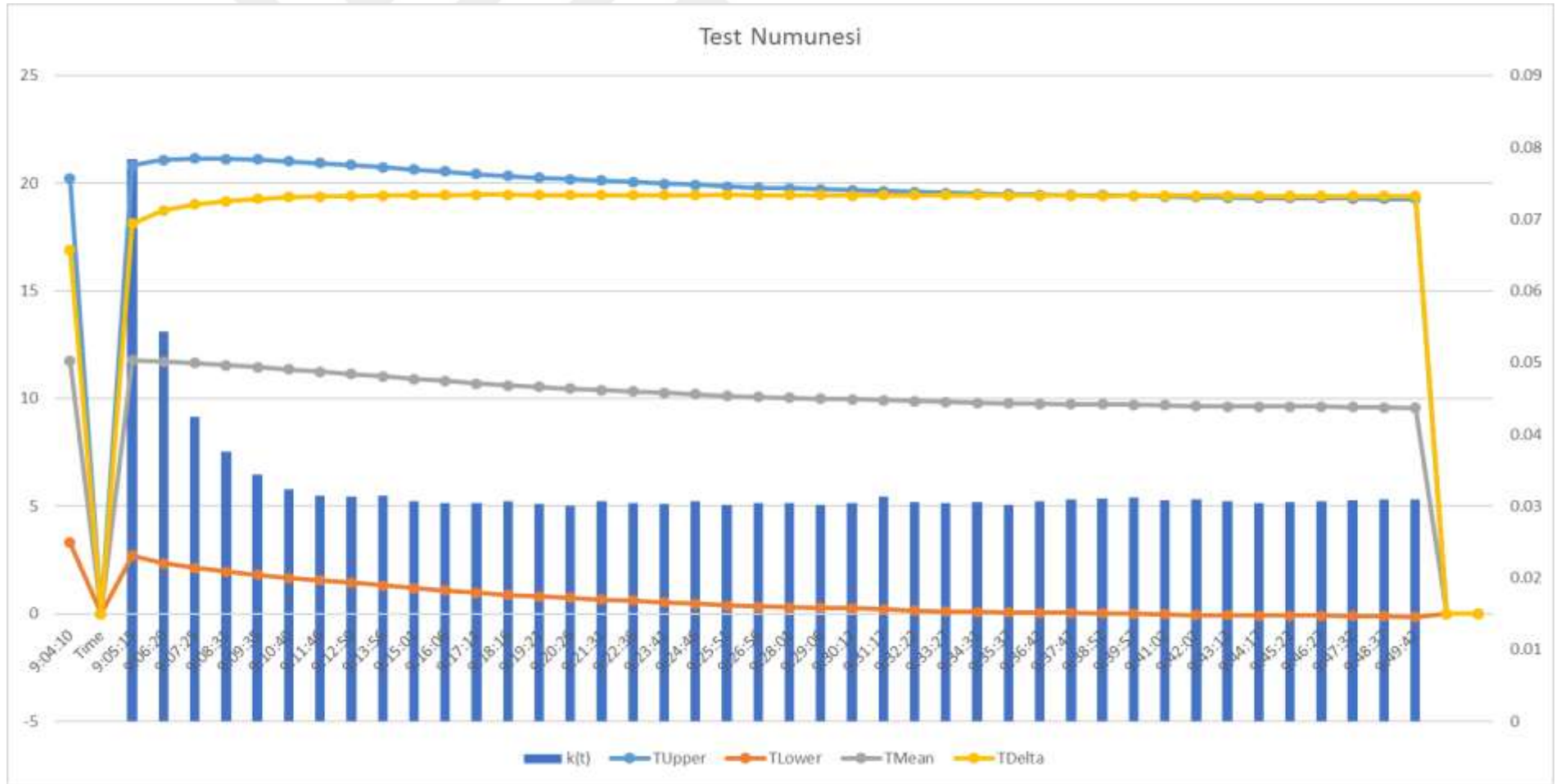
$$\lambda = N * v_{hft} * \frac{1}{A} * \frac{d}{T_U - T_L} \quad (2.23)$$

olsa dahi sonradan bozulmalar olacaktır. Test numunesinin sertifikaları Ek 1 de verildiği gibidir. Burdan yola çıkarak deneye devam edilecektir.



Şekil 29 Test numunesinin ısı iletkenlik tablosu

Test numunesinin hesaplanması sırasında zamana bağı olarak üst ve alt plakanın sıcakları, aralarındaki fark ve ortalamasının ısı iletkenlik değerine göre değişimi Şekil 29 da gözlemlenebilmektedir. Bu değişimler sabitlendiğinde üst plaka 20 °C, alt plaka 0 °C, sıcaklık farkı 20 °C ve sıcaklık ortalaması 10 °C ye yaklaştığında yani iterasyon yönlemiyle değerlendirildiğinde değişimin minimuma ulaştığında makine değişimin bittiğini ve ısı akışının yaptığı değişimin tamamlandığını belirterek deneye son verir.



Şekil 30 Test numunesinden elde edilen ölçüm değerlerinden olan sıcaklık değerler ve ısı iletkenlik katsayılarının zamana bağlı olarak değişimi



Şekil 31 Test edilen numunelerimizin boyutlarının ölçümü

BÖLÜM 3

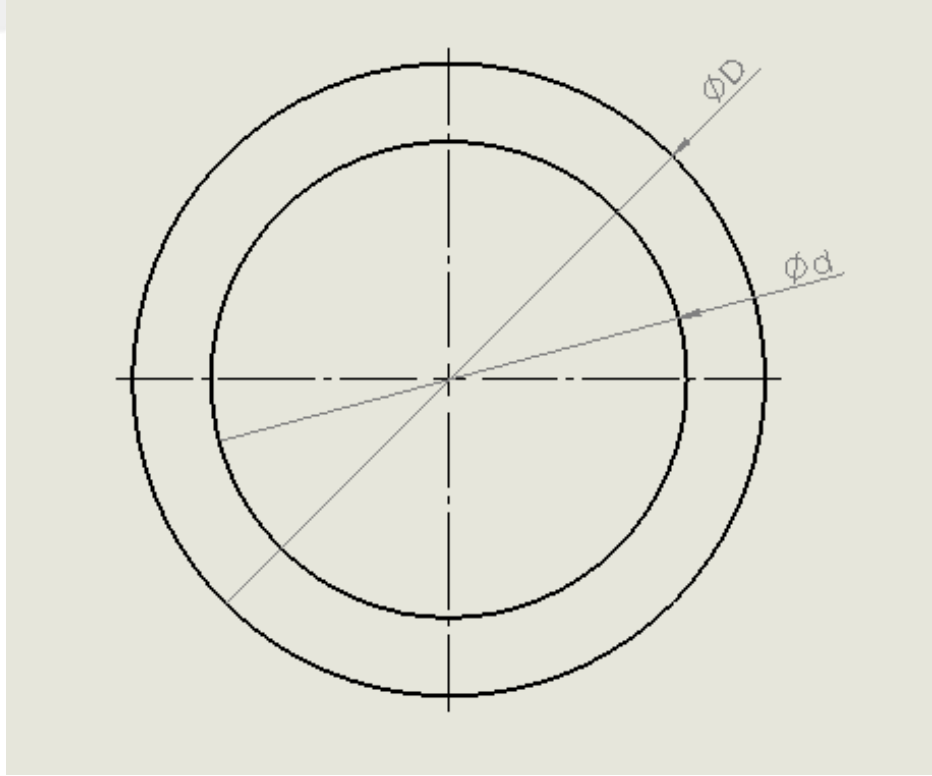
BUGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde, önceki bölümlerde verilen teorik bilgilerin deneysel uygulama ve termodinamik analizler sonucunda elde edilen bulgular verilmiştir. Bulgular neden-sonuç ilişkisi içerisindeki detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

3.1. Mekanik Tasarım Bulgular

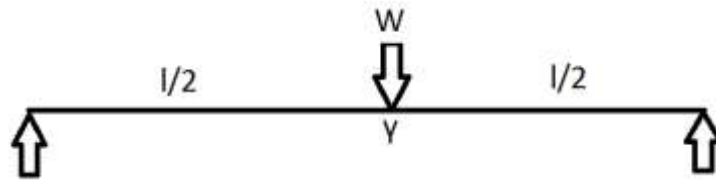
3.1.1. Merdane boyutlarının hesaplanması

3.1.1.1. Mil Sehimi



Şekil 32 Ölçüleri hesaplanacak merdanenin temsili resmi

Sistemimizin çalışma prensibi göz önüne alındığında ortasından ürün giden hattın üstünde çalışmakta olan millere ortadan baskı uygulanmaktadır. Burada bulunan miller iki taraflı yataklama olmasından dolayı ortadan aldığı baskı sebebiyle ortadan sehim yapmasına neden olmaktadır. Burada gözlenen problem ürünün ortadan yeterince sıkıştırılmadığı takdirde ortadan şişkin bir hal almasıdır. Bu heterojen dağılım üründe istenmemektedir. Bunun oluşmasını engellemek için milde oluşan yer değişiminin minimum olması istenmektedir. Burada bulunması öngörülen dönen mekanizmanın ağırlığının istenmesinden dolayı dolu mil yerine boru seçimi yapılması daha uygun olacaktır.



Şekil 33 Milin üzerine etki eden kuvvetlerin sembolik gösterimi

Tablo 4 Mil üzerine uygulanan kuvvetlerin hesaplanmasında kullanılan formüller

γ deki sehim	Uçlardaki eğim
$\frac{W \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I}$	$\frac{W \cdot l^3}{16 \cdot E \cdot I}$

Tablo 5 Mil ataletinin bulunmasında kullanılan formülasyon

$$I = \frac{\pi \cdot (d^4 - d_1^4)}{64} \quad (3.1)$$

Sabit değerler

l: 3112 mm (Mesnet noktalarında bulunan rulmanların dönmelerinden dolayı rulmanların orta noktası referans olarak alınmıştır. Burada borunun rulmanlara bağlantısını sağlayacak olan redüksiyon milleri ve uzunlukları dikkate alınmamıştır. Bu

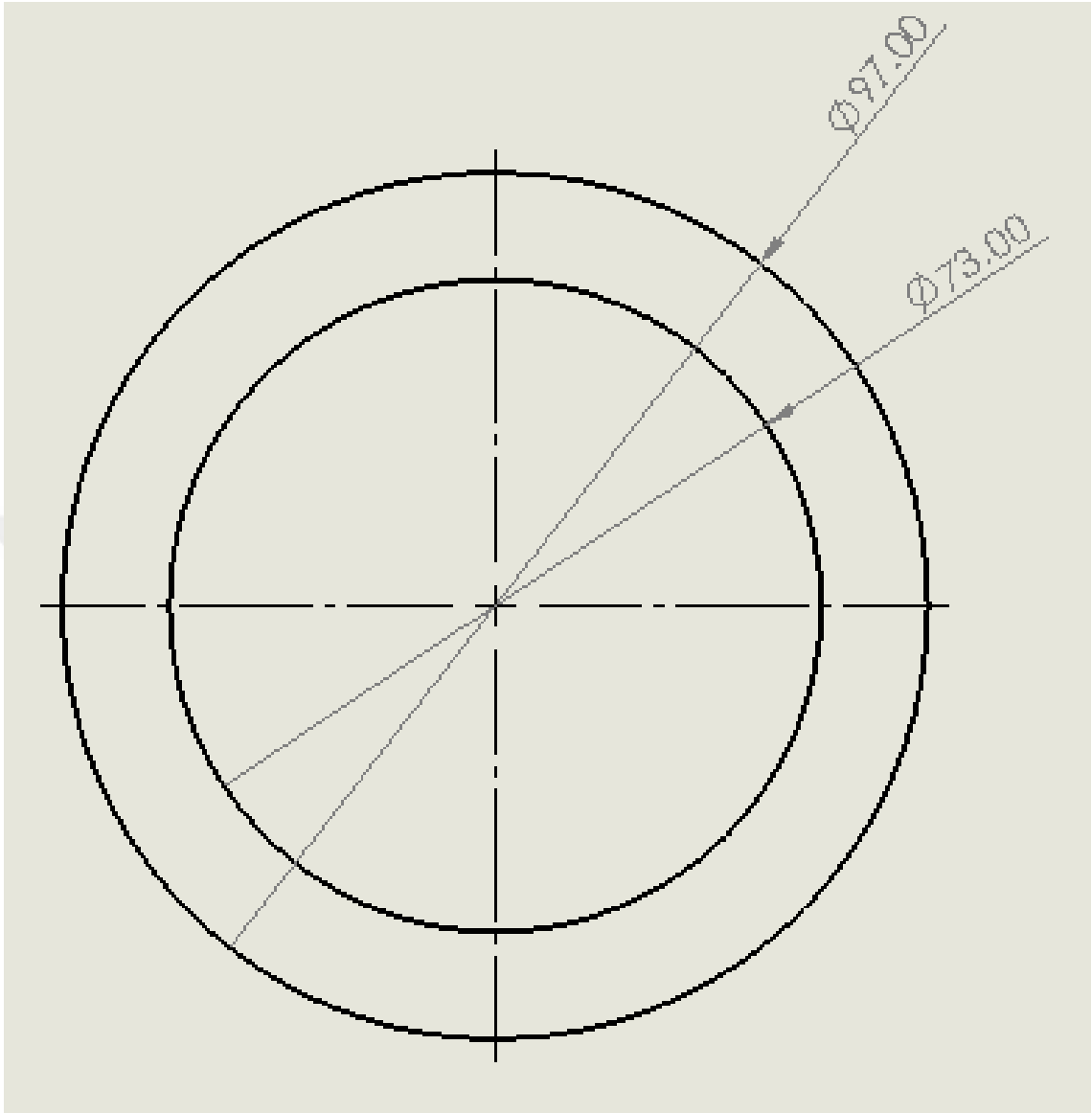
bağlantı kısmının dikkate alınması durumunda baskı artmayacağı gibi, baskıya maruz kalan mesafe azalacağından dolayı sehim azalacaktır.)

Ürünün basma değeri 20 KPa (Bu değer piyasada kabul gören ve kullanılmakta olan basma dayanım değeridir.) bu değerden borunun ürüne temas ettiği yüzey hakkında yaklaşık tahmin yapmak suretiyle hesaplamalarımıza devam edilmiştir. Sistemimizde yer almasını öngördüğümüz milin malzemesi olarak St37 standartları seçilmiştir. Sistemde çalışması için denenecek farklı çaplardaki boruların hesaplanabilmesi için Microsoft Excel in işlem kabiliyetinden yararlanılmıştır. Burada yapılan işlemler aşağıda verildiği gibidir;

Tablo 6 Sistemimizde kullanılacak olan boruların sehiminin Excel de hesaplanmasında kullanılan değerlerin ve sonuçların tablsu [48]

		$Sehim = \frac{W \cdot l^3}{48E \cdot I}$	W: Kirişe etki eden yük	1 Pa= 1 N/m ²
Boruda sehimi hesabı			I: Basit mesnetli kirişler arası mesafe	1 Pa= 10 ⁻⁶ N/mm ²
			E: Numunenin elastiklik modülü	
Atalet momenti- Boru		$I = \frac{\pi \cdot (d^4 - d1^4)}{64}$	I: Atalet momenti	
Pi	3,14	-		
Dış çap- boru	97,00	mm		
iç çap- boru	73,00	mm		
Atalet momenti	2.950.179,15	mm ⁴		
Mesnetler arası mesafe	3.112,00	mm		
Elastite modülü	210.000,00	Mpa- N/mm ²		
Kirişe etki eden yük	3.018,64	N		
Ürünün basma dayanımı	20,00	kPa		
Sehim	3,06	mm		

Yukarda verilen hesaplama sonuçlarına göre dış çapı 93 mm ve iç çapı 73 mm olan boru istenilen referans aralığında sehim değerini sağlamada yeterli görülmüştür. Ürünlerin son şekli Etüv fırınında verilir. Ürünlerin piyasaya çıkmadan önce kalite kontrol açısından öngörülen kalite toleransları Ek 3 de verilmiştir. Makinemizin yaptığı iş ön işlem olduğundan ve son işlem Etüv fırını tarafından yapılacağı için 5 mm ye kadar toleransımız vardır.



Şekil 34 Hesapları yapılan merdanenin ölçülü resmi

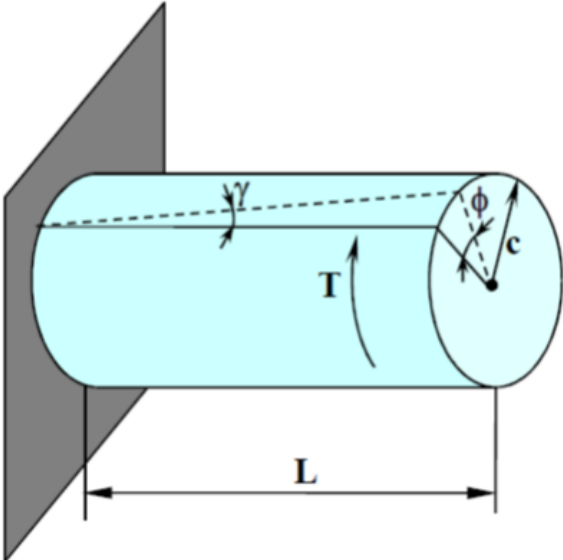
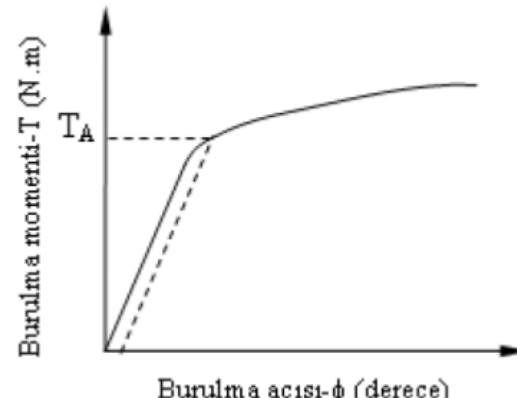
3.1.1.2. *Burulma*

Sistemimiz taş yününi ilk başta geldiği yumuşak şeklinden daha yoğun bir hale getirmektedir. Bu sıkıştırma oranı isteğe bağlı olarak %100- 150 değerleri arasında değişmektedir. (Burada yapılan sıkıştırmadaki farkın anlaşılması için sayısal değerli örnek kullanabiliriz; sıkıştırma öncesi $3,5 \text{ kg/m}^3$ olan ürün sıkıştırma sonrası 7 kg/m^3 olarak makineden çıkar.) Bu kadar yüksek sıkıştırma oranlarının oluşturulmasında millerin rolü büyüktür. Bu makinede bütün miller tahriklidir çünkü lavın fiberizer dan çıktıktan sonra liflerin serilme şekline göre ürünün basma ve çekme değerlerinin artırılması için liflerin birbirine düzensiz biçimde geçirilmesi gereklidir. Liflerin

birbirine geçmesi sırasında millerdeki tahrik ziyadesiyle artar. Buna karşılık motorların bağlandığı millerin motordan kaynaklı oluşan burulmaya dayanıklı olması gerekmektedir. Bu kısımda tecrübeye bağlı olarak konulması gereken motor ve redüktör grubu seçilecektir. Mil uzunluğu, üretim hattımızın kapasitesine ve hızına bağlı olarak belirlendiği gibi olacaktır. Burada test edilecek değerlerden bir diğeri olan çap ölçüsü yukardaki hesaplardan alınarak test edilecektir. Hesaplarımız sonucunda toleranslar dâhilinde çıkmaz ise tekrar değerlendirmeye alacağız.

Motor gücü 4 KW & 12 d/d, hat hızına bağlı olarak seçilmiştir. Motor torku 3183,098 Nm olarak hesaplanmıştır. Sistemimizde çelik boru kullanılacağı kabul edilmiştir. Boru kullanılmasının sebebi içi boş malzeme kullanarak malzemedeki oluşacak olan ekstra ağırlığın önüne geçmektir. Burada sadece çalışma şartları göz önünde bulundurulduktan sonra mil çapını belirlemek ve hesaplamalara bağlı olarak et kalınlığına karar vermektir. Diğer bir sebep ise makinemizin yüksek sıcaklıkta çalışan bir fırının önünde ısıya maruz kalarak çalışmasından ve gelen ürünün sıcak olmasından dolayı soğutma ihtiyacı doğmuştur ve bu da millerin içinden soğutucu akışkan geçirilerek sağlanmaktadır.

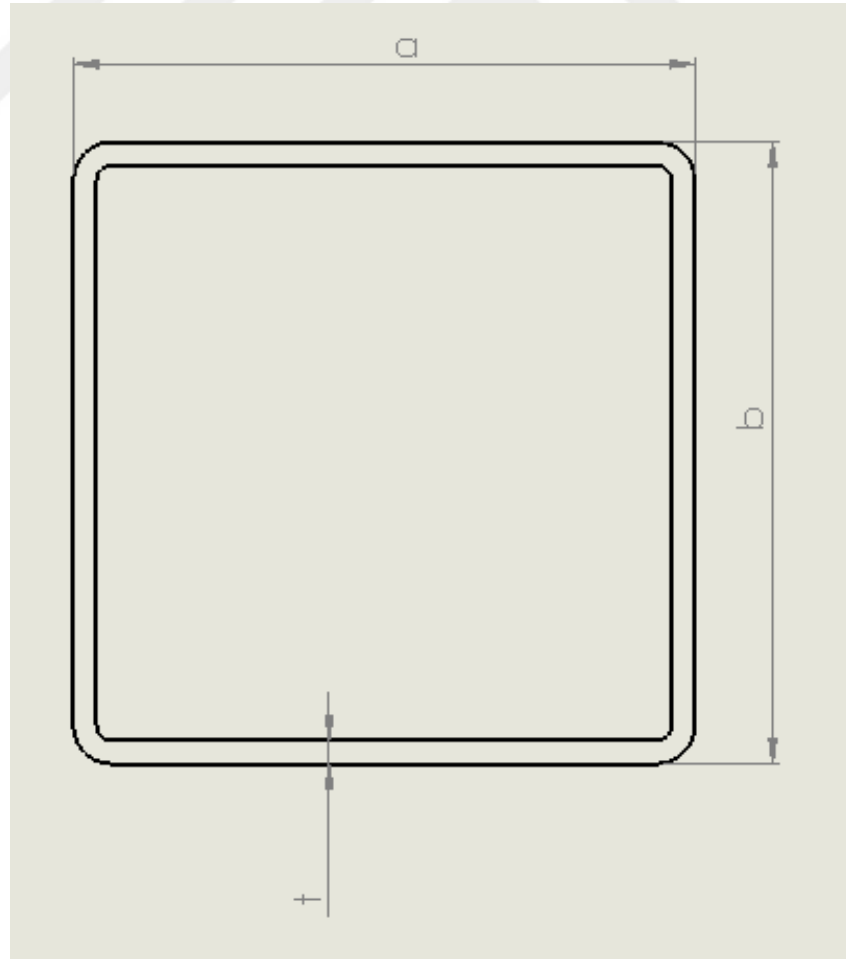
Tablo 7 Mil burulmasının hesaplanmasında kullanılan veriler ve sonuçların hesaplamada kullanılan Excel deki tablosu

				<table border="1"> <tbody> <tr><td>Qdış</td><td>0,097 m</td></tr> <tr><td>Qiç</td><td>0,073 m</td></tr> <tr><td>Pi</td><td>3,14 -</td></tr> <tr><td>Tork</td><td>3183,098 Nm</td></tr> <tr><td>Polar atalet momenti</td><td></td></tr> <tr><td>J</td><td>0,006406 m^4</td></tr> <tr><td>Kayma gerilmesinin istendiği yarı çap</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>0,0485 m</td></tr> <tr><td>Kayma gerilmesi</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>192806,6105 N/m^2</td></tr> </tbody> </table>		Qdış	0,097 m	Qiç	0,073 m	Pi	3,14 -	Tork	3183,098 Nm	Polar atalet momenti		J	0,006406 m^4	Kayma gerilmesinin istendiği yarı çap			0,0485 m	Kayma gerilmesi			192806,6105 N/m^2
Qdış	0,097 m																								
Qiç	0,073 m																								
Pi	3,14 -																								
Tork	3183,098 Nm																								
Polar atalet momenti																									
J	0,006406 m^4																								
Kayma gerilmesinin istendiği yarı çap																									
	0,0485 m																								
Kayma gerilmesi																									
	192806,6105 N/m^2																								
Burulma açısı (T) – burulma açısı (phi) diyagramı		$G = \frac{\tau}{\gamma}$																							
$J = \frac{\pi \cdot (c2^4 - c1^4)}{2}$		$\gamma = \frac{\Phi \cdot r}{Y}$																							
- Kayma Gerilmesi	T: Burulma momenti																								
$\tau = \frac{T \cdot \rho}{J}$	<p>ρ: Kayma gerilemsinin istendiği yarıçap</p> <p>J: Polar atalet momenti</p>																								
				Fi	45 derece																				
					50 Gradyan																				
				L (Mil uzunluğu)	2,98 m																				
				gamma	0,485 -																				
		G_Çelik	81000 Mpa	G	397539,4 N/m^2																				
					0,397539																				

Mil burulma hesabı_ Kayma modülü hesabı

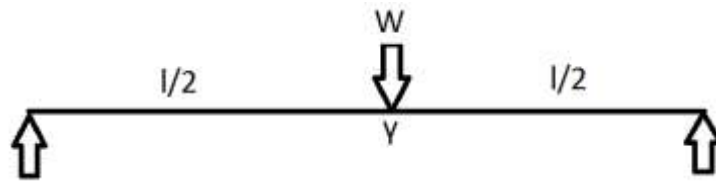
Kullanılması öngörülen motor değerleri ve torkları sistemimizin çalışmasında yeterli olacağı öngörülerek hesaplamalar yapılmıştır. Yapılan hesaplamalarda maksimum değerlerin bulunması açısından burulmanın maksimum olduğu yerlerdeki değerler alınmıştır. Elektrik motor gücüne bağlı olarak üretilen moment hesaplandıktan sonra, polar atalet momenti ve yarıçapa bağlı olarak kayma gerilmesi bulunmuştur. Kayma birim değişimi maksimum olacak şekilde bulunup malzemede oluşan elastisite modülü hesaplanarak, çelik malzemenin elastisite modülü ile kıyaslanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucu bulunan değerlere göre motorların oluşturduğu momentin miller üzerindeki etkisi güvenli bölgede olduğu gözlenmiştir. ME de yapılan bu hesaplamaların sonucu taablo 10 da verilmiştir.

3.1.2. Şase Yatay Profil Sehimi Hesabı



Şekil 35 Sehimi hesaplanacak olan şase profilinin genel görünüşü

Krimping makinesi olarak adlandırılan sistem iki ana kısımdan oluşmaktadır. Bunlar alt ve üst miller olarak belirtilebilir. Burada ürün sıkıştırılarak şekillendirilir. Makine burada uygulanan baskıya karşı yeterli dayanımı göstererek esnememesi istenir. Sistemin alt ve üstü birbirinden bağımsız çalıştığı için ayrı değerlendirilmelidir. Alt taraftaki baskı motorların bağlantı profillerinden destek aldığı için doğrudan sabit ayaklara bağlantılı oldukları için esneme görülmesi zor görünmektedir. Yine de zayıf bölge olarak görülen üst taraf ile aynı profil ebatlarından uygulanması uygundur.



Şekil 36 Profilin üstüne etki eden kuvvetlerin etki noktalarının temsili çizimi

Tablo 8 Profilin sehiminin Şekil 32 de verildiği noktalardaki sehimi

γ deki sehim	Uçlardaki eğim
$\frac{W \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I}$	$\frac{W \cdot l^3}{16 \cdot E \cdot I}$

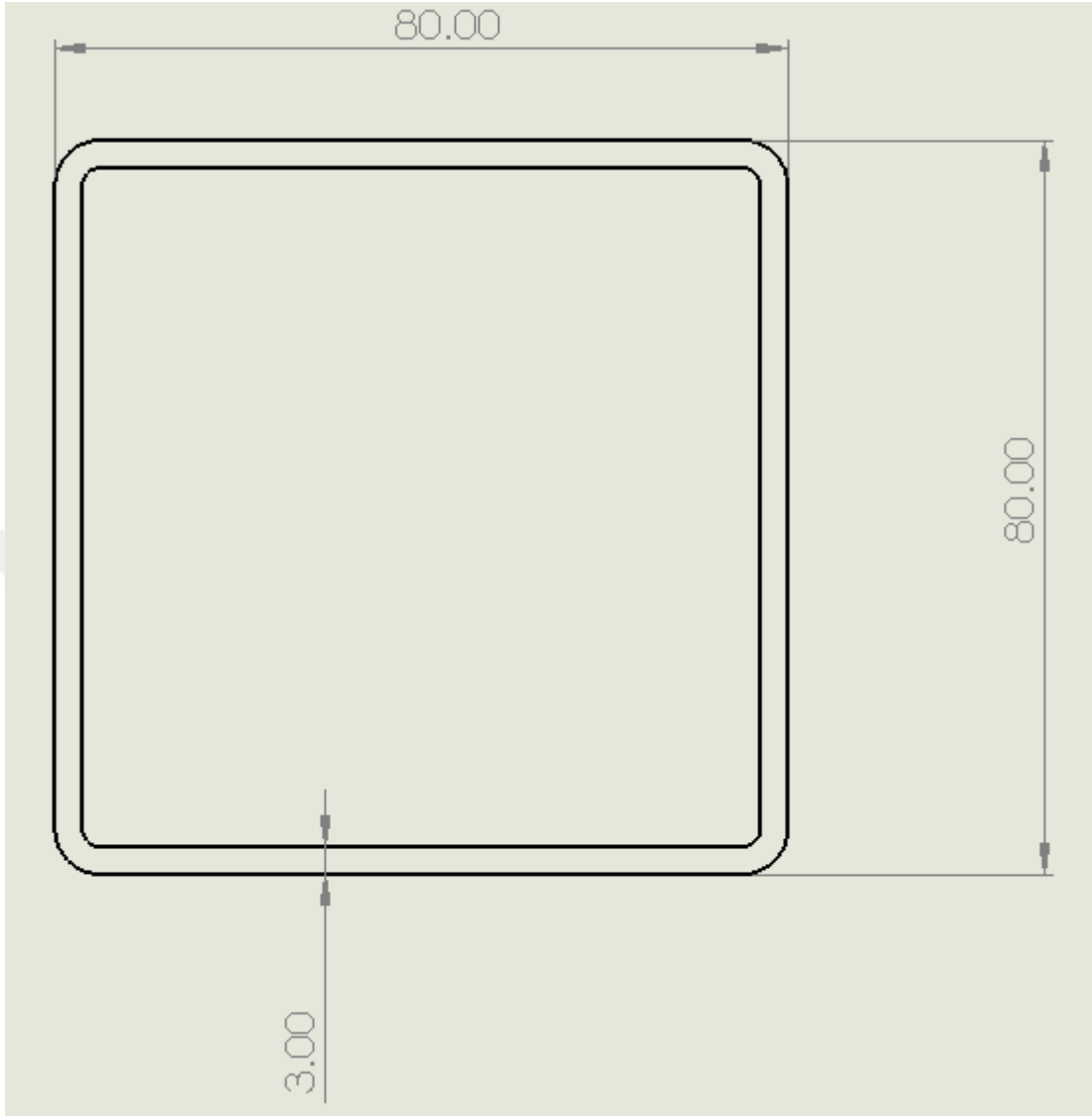
Burada daha önce de kullanılan formülasyonun kullanılması uygundur. Malzemelerin atalet momentleri belli formülasyona göre hesaplanabilmektedir. Önceki hesabımızda borunun ataleti örnek olarak hesaplanmasına karşın devamındaki atalet momentleri standart malzemeler için tablodan seçilerek yerleştirilecektir. 80*80*3 Kare profil başlangıç olarak uygun görülmüştür ve bu profilin atalet momenti [49] seçilerek $87,8 \text{ cm}^4$ olarak alınmıştır. Malzeme olarak St37'nin kullanılması uygundur. Buraya uygulanan kuvvet millerden iletileceği için yapılması öngörülen krimping makinesinin uzunluğuna oranla 32 adet mil yerleşimi yapılacaktır. Makinenin toplam uzunluğunun 3,4 metreye yakın olmasına profil ortadan desteklenerek ara boşluk 871mm ye yapılmıştır. Buna bağlı olarak yapılan sehim hesabının sonucu Tablo 9 dad verildiği

gibidir. Şasenin bütün uzunluğu bu ölçünün 4 katına yakın olduğu için sehim çok daha düşük seviyelerdedir.

Tablo 9 Profil sehiminin Excel yardımıyla hesaplanırken değerlerinin ve sonuçlarının verilmesi

Profil sehim hesabı			$Sehim = \frac{W.l^3}{48E.l}$
Atalet momenti- Profil			
Et kalınlığı	3,00	-	
En	80,00	mm	
Yükseklik	80,00	mm	
Atalet momenti	878.000,00	mm ⁴	
Mesnetler arası mesafe	871,00	mm	
Elastite modülü	210.000,00	Mpa- N/mm ²	
Kirişe etki eden yük	22.297,60	N	
Ürünün basma dayanımı	20,00	kPa	
Sehim	1,66	mm	

Yeni sehim değerimiz toleranslar dâhilinde kabul edilebilir aralıktadır. Krimping makinesinin bu kısmında 80*80*3 mm' lik profillerin kullanılmıştır.



Şekil 37 Hesapları yapılan şase profilimizin ölçüleri (mm)

3.1.3. Profil Basma

Krimping makinemizin çalışması için maruz kaldığı yükler, baskılar ve torklara göre dayanımı belli kabullere göre hesaplanmıştır. Hesaplamalara bağlı olarak çıkarılan miller, profiller, rulmanlar, motorlar vb. sistemlerin ağırlığını yaklaşık olarak hesapladığımızda 7 Ton gibi bir değer elde edilmiştir. Sistemimizin hattın çalışma yüksekliğine bağlı olarak belli bir yükseklikte bu ağırlıkla beraber sabit olarak durması gerekmektedir. Bu noktada diğer hesaplarımızdan farklı olarak basma gerilmesi hesabı uygulanmıştır. Sistemimizin taşınması sırasında 100*100*3 metal profil kullanılması

uygun bulunmuştur. Malzeme seçimi olarak St37 dayanımı uygun görülmüştür. Belirlenen referanslara göre hesabımızın kontrol sonuçları aşağıda verildiği gibidir;

Tablo 10 Profil basma gerilmesinin mukavemetinin katsayıya bağlı kontrol hesabının sonuçları

Toplam yük	7000 kg		L_{bk}	Hesapsal burkulma boyu		
	68600 N		S_{BK}	Gerekli burkulma emniyet katsayısı		
			S_{bk}	Hesaplanan burkulma emniyet katsayısı		
Profil	100*100*3	mm	σ_{BK}	Burkulma mukavemeti		N/mm ²
			σ_{bk}	Burkulma/Flambaj Gerilmesi		N/mm ²
Alan	0,004656	m ²	σ_{BKEM}	Emniyetli burkulma mukavemeti		
	4656	mm ²	w	Burkulma katsayısı		
Lamda 0	2,16	-				
Sigma basma	319,40	N/m ²				
Lamdalı sigma basma	31,82474227	N/mm ²				

Tablo 11 Basma gerilmesi için emniyet katsayıları

Burkulma (Flambaj) tanımı	Parçanın tanımı	S_{bkEM}
Elastik burkulma	Küçük parçalar	6 - 8
	Büyük parçalar	4 - 6
Elastik olmayan burkulma	Küçük ve büyük parçalar	3 - 5

Tablo 12 Burkulmanın formülü ve malzemeye bağlı olarak basma gerilmelerinin güvenli gerilme değerleri

Omega usulü burkulma:	$S_{bk} = \sigma_{bk} / \sigma_b < \sigma_{bkEM}$
$\sigma_{bk} = \frac{w \cdot F}{A} < \sigma_{BEM}$	S_{bkEM} için bak Tablo 13
	$\sigma_{BEM St 37} = 140 \text{ Nmm}^2$
w, bak Tablo 13	$\sigma_{BEM St 52} = 210 \text{ N/mm}^2$

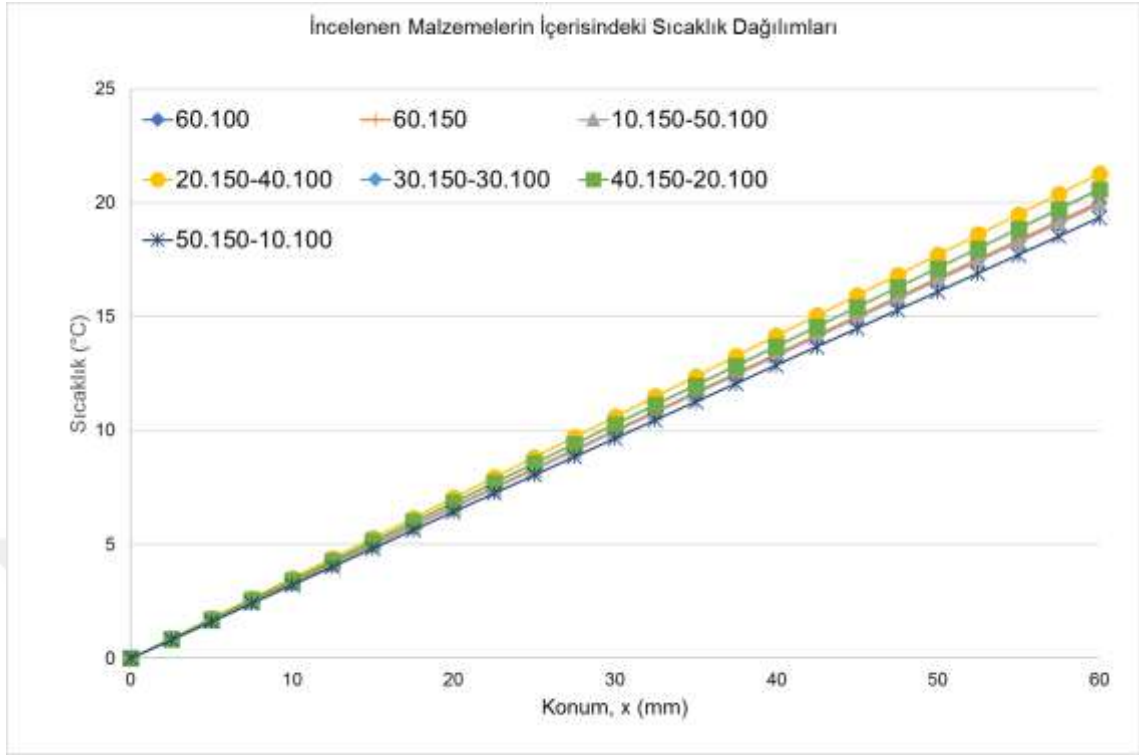
Tablo 13 w, Omega değerleri. DIN 4114 ve DIN 1052 den

λ_{be}	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220
St 37	1,04	1,14	1,30	1,55	1,90	2,43	3,31	4,32	5,47	6,75	8,17
St 52	1,06	1,19	1,41	1,79	2,53	3,65	4,96	6,48	8,21	10,13	12,26
Tahta	1,08	1,26	1,62	2,20	3,00	4,32	5,88	7,68	9,72	12,00	14,52

Burada da yapılan hesaplardan görülebileceği gibi öngörülen ayak profillerinin potansiyel yüke karşı basma gerilmesinin sonuçları verilmiştir. Bu gerilme profilin gerilmesinin güvenli alanına denk gelmesine rağmen güvenlik katsayımızı maksimum noktadan seçersek gerilimimiz güvenli değerlerle kafa kafaya gelmektedir. Buradan çıkardığımız sonuca göre sistemimizin bu şekilde tasarlanarak devam edilmesinde bir sakınca görülmemektedir. Özel sektörde üretilen ürünlerin bazıları krimping makinesinin revize edilerek kullanıldığı gözlenmektedir. Bu noktada eğer böyle bir geliştirme öngörülüyorsa, çalışma şartlarının ağır sanayi olduğu bilindiğinden dolayı sistemin desteklerinin artırılmasında fayda vardır.

3.2. Teorik Sonuçlar

Teorik modelini oluşturulan tez konusunun numunelerden alınan bilgilere göre hesabı yapıldıktan sonra kolay şekilde gözlemlenebilmesi için grafiğe dönüştürülmüştür Şekil 38. Graikte gözlemlenebileceği üzere 50 mm 150 kg/m³ _ 10 mm 100 kg/m³ en yüksek ısıl iletkenliği göstermektedir. Teorik modelimize göre yapılan hesapların sonuçları tezin ilerleyen kısımlarında laboratuvar ortamında yapılan deneylerle tekrar gözden geçirilecektir.



Şekil 38 Teorik modelin numunelerin değerlerine göre hesabı ve karşılaştırılması

3.3. Isıl İletkenlik Dağılım Laboratuvar Sonuçları (deneysel sonuçları)

Taşıyünü, kullanılan içerikler, kalınlık, yoğunluk, biçim ve şekil açısından farklılıklar gösteren çok çeşitli bir ürün portföyüne sahiptir. Burada ürünlerimiz her ne kadar farklılık gösterse dahi onların test edilebilmesi için makinemizin numune test değerlerini göz önünde bulundurmak durumundayız. Bu konumda makinemiz 300*300*X mm ve 200*200*X mm ölçülerini test edebilmektedir. Bizim tercihimiz malzememizin %100 bir homojenliğe sahip olmamasından dolayı daha büyük numunede burada oluşabilecek bölgesel hataları en aza indirmek hedeflenmiştir. Burada aynı zamanda makinemizin fiziksel yapısı ve test yöntemide göz önünde bulundurulduğunda operatörün el melesine olan güveni en aza indirmek adına en uygun yöntemin 300*300*X mm boyutlarında numuneler kullanılması olduğu öngörülmüştür. Isıl iletkenlik farklı değerler arasındaki ölçüme göre değişkenlik göstermektedir. Burada bizim cihazımızda farklı ayarlar yapılabilmesine rağmen değişkenleri artırılmaması açısından 0-20 derece santigrat aralığında 10 derece ortalamaya göre makine ayarı seçilmiştir. Bu değer aralığı piyasada bilinen diğer ürünlerin en yaygın olarak ölçülen değer aralığı olmasından dolayı seçilmiş olup,

testlerin aynı değer aralığında yapılması testlerde elde edilen sonuçların karşılaştırılması açısından önemlidir. Bundan sonra yapılacak olan bütün deneylerimiz bu ayarlamaları takip edecektir. Numunemizin 300*300 mm olduğu Şekil 31’da verilmiştir. Kalınlıklar ve ağırlıklar deneyden deneye farklılık göstermektedir ve bunlar deney başlıkları altında verilecektir. Burada yer alan deneylerimizde kullanılan değerlerin belirlenmesinde hassas terazi kullanılmıştır. Testte kullandığımız makinemiz belli zaman aralılarında üzerindeki sensörler yardımıyla ölçüm almaktadır. Makinemiz bu sensörlerden aldığı değerlere bağlı olarak kendisine belirtilen algoritmaya göre sonuçlar üretmektedir. Bu sensörlerden gelen veriler analiz edilerek algoritma hakkında bilgi edilebilir. Elde edilen bu bilgiler tersine mühendislik yardımıyla işlenerek makinemizin çalışma presibi olan algoritmasını elde etmiş oluruz. Bu kısımlar tez konumuzun dışında kalmasına rağmen sonraki çalışmalara konu olabilir. Makinemizden gelen verilerden bazıları Ek 2 yer almaktadır.

Bu kısımda potansiyel olarak üretilecek olan ürünümüzü laboratuvar ortamında test ederek ürünün nasıl özelliklere sahip olacağı tespit edilmektedir. Bu sayede yapılması tasarlanan sisteminin geçerliliğinin detayları öngörülebilecektir. Bu sonuçlar tezin ilerleyen kısımlarında değerlendirilmeye alınacaktır.

Yapılacak olan deneylerde aşağıdaki sıralama izlenecektir;

-Kalibrasyon numunesi. Sistemin kalibrasyonu servis tarafında son zamanlarda yapılmasına rağmen bu malzemenin test edilmesinin sebebi sistemin fonksiyonel olarak çalıştığını göstermektir. Kalibrasyon numunesinin sertifikasyonu Ek 1 de verildiği gibidir.

-60 mm, 150 kg/m³

-60 mm, 100 kg/m³

-10 mm, 150 kg/m³ ve 50 mm, 100 kg/m³

-20 mm 150 kg/m³ ve 40 mm, 100kg/m³

- 30 mm, 150 kg/m³ ve 30 mm, 100 kg/m³

- 40 mm, 150 kg/m³ ve 20 mm, 100 kg/m³

- 50 mm, 150 kg/m³ ve 10 mm, 100 kg/m³

Yukarıda verilen deneyler bize çift yoğunluklu üründe kalınlık değiştiğinde oluşabilecek farklılıklar hakkında bilgi verebilecek şekilde sıralanmıştır. Burada verilen listenin aynı şekilde tersi de uygulanacaktır çünkü buradaki deneyimizde numunelerimizin sadece bir tarafı ısıya maruz kalırken diğeri yüzeyi soğuya maruz kalmaktadır. Gerçek hayatta mevsimsel değişikliklere bağlı olarak yüzeylere etki eden sıcaklıklarda değişiklik olabilir. Bu nedenden dolayı deney şartları korunmak şartıyla sadece çalışma yüzeyi değiştirilerek tekrarlanmaktadır. Bu noktada değerler arasında aşırı fark oluşmaması gerektiği bilinmektedir. Burada 2 farklı ürünün kullanıldığı deneylerde yoğunluğun elde girilmesi gerekmektedir. Yoğunluğun hesaplanması sırasında aşağıda verilen formülasyon birimler kullanılacaktır.

$$Yoğunluk = \frac{Kütle}{Hacim} = kg/m^3 \quad (3.2)$$

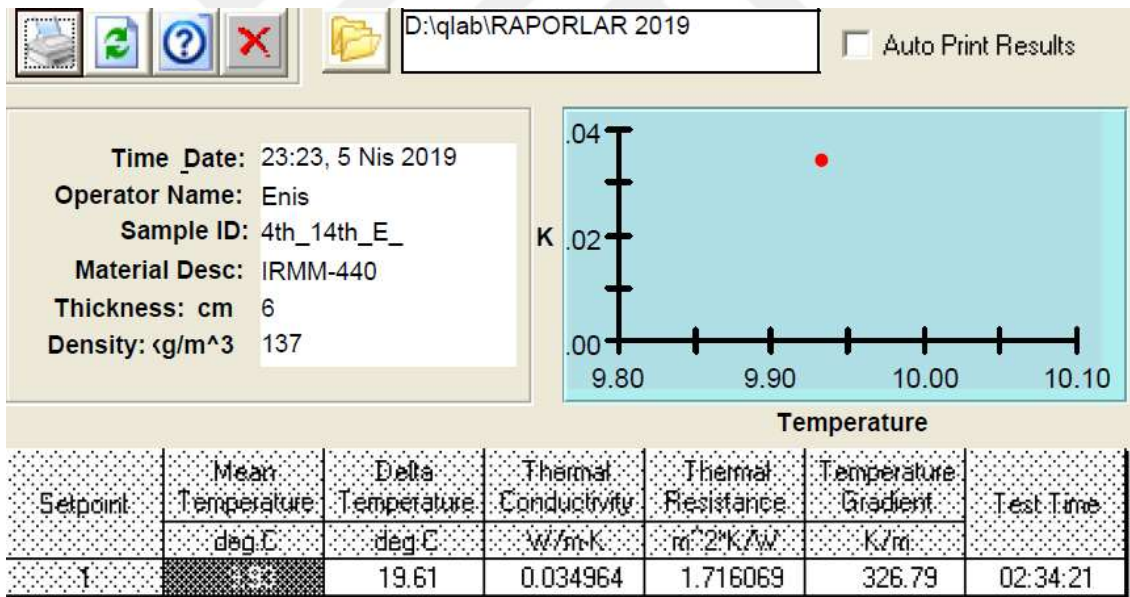
Not: Taşyününde yoğunluk değişmiş olsa dahi kalınlık ve görünüş olarak fazla değişim göstermemektedir. Numunelerimizin birbirinden farklı olduğunu belirtmek açısından 150 kg/m³ olan numunelerimizi zarar vermeyecek biçimde siyah mürekkepli kalemle işaretlenmiştir. 150 yoğunluk ve 100 yoğunluk arasındaki fark baskı yapıldığında dayanımına göre ayırt edilebilir.

3.3.1. 60 mm, 150 kg/m³

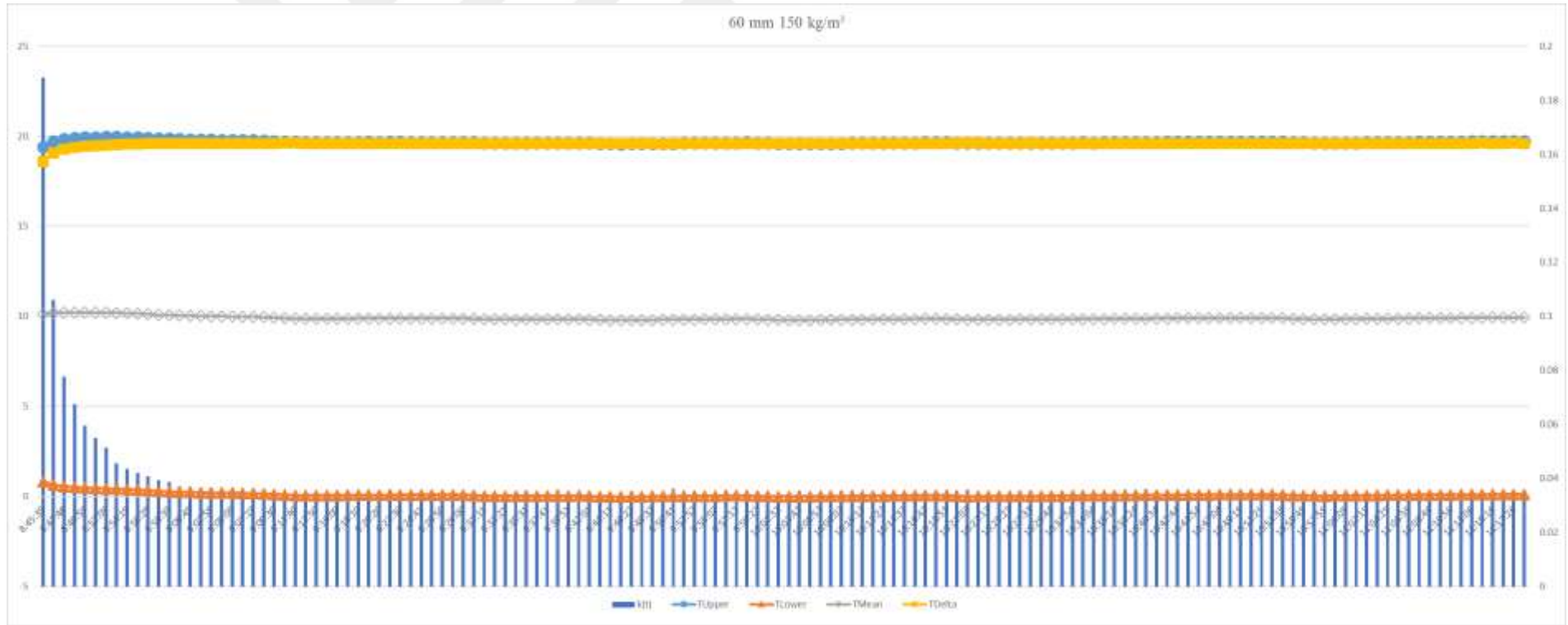
Bu deneyimizde alternatifi olmadığından dolayı kullanılan yüksek yoğunluklu malzemelerin ısı iletkenlik değerini görmek için yaptığımız deneydir. Isıl iletim katsayısı 0,034964 W/m³ olarak elde edilmiştir ve buda referans değer aralığındadır.



Şekil 39 60 mm 150 kg/m³ deney numunesi



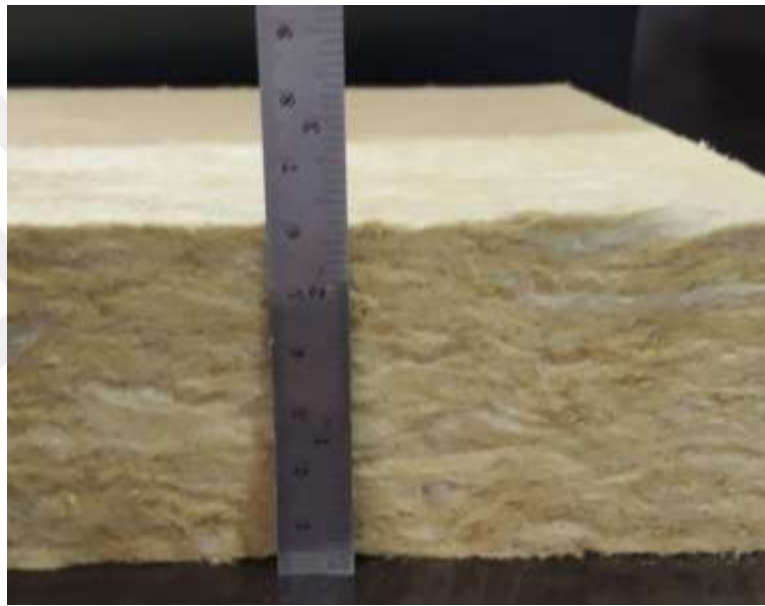
Şekil 40 60 mm 150 kg/m³ taşıyınınun ısı iletkenlik sonuç tablosu



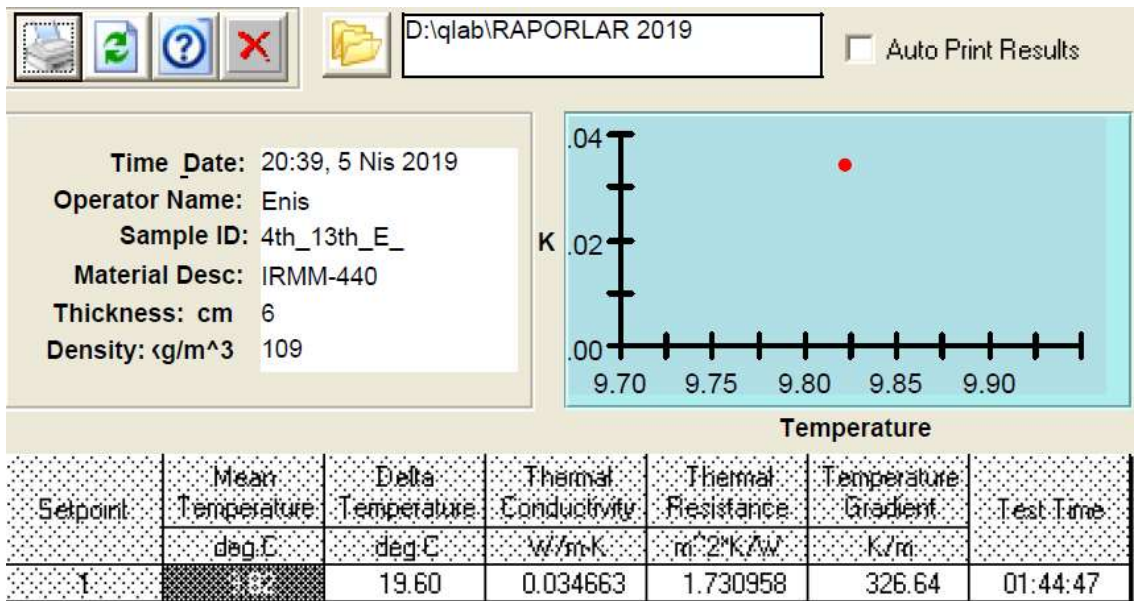
Şekil 41 60 mm, 150 kg/m³ Taşyününün testindeki üst, alt plakadaki sıcaklık değerleri, ortalama sıcaklık ve sıcaklık farkı karşılaştırması

3.3.2. 60 mm, 100 kg/m³

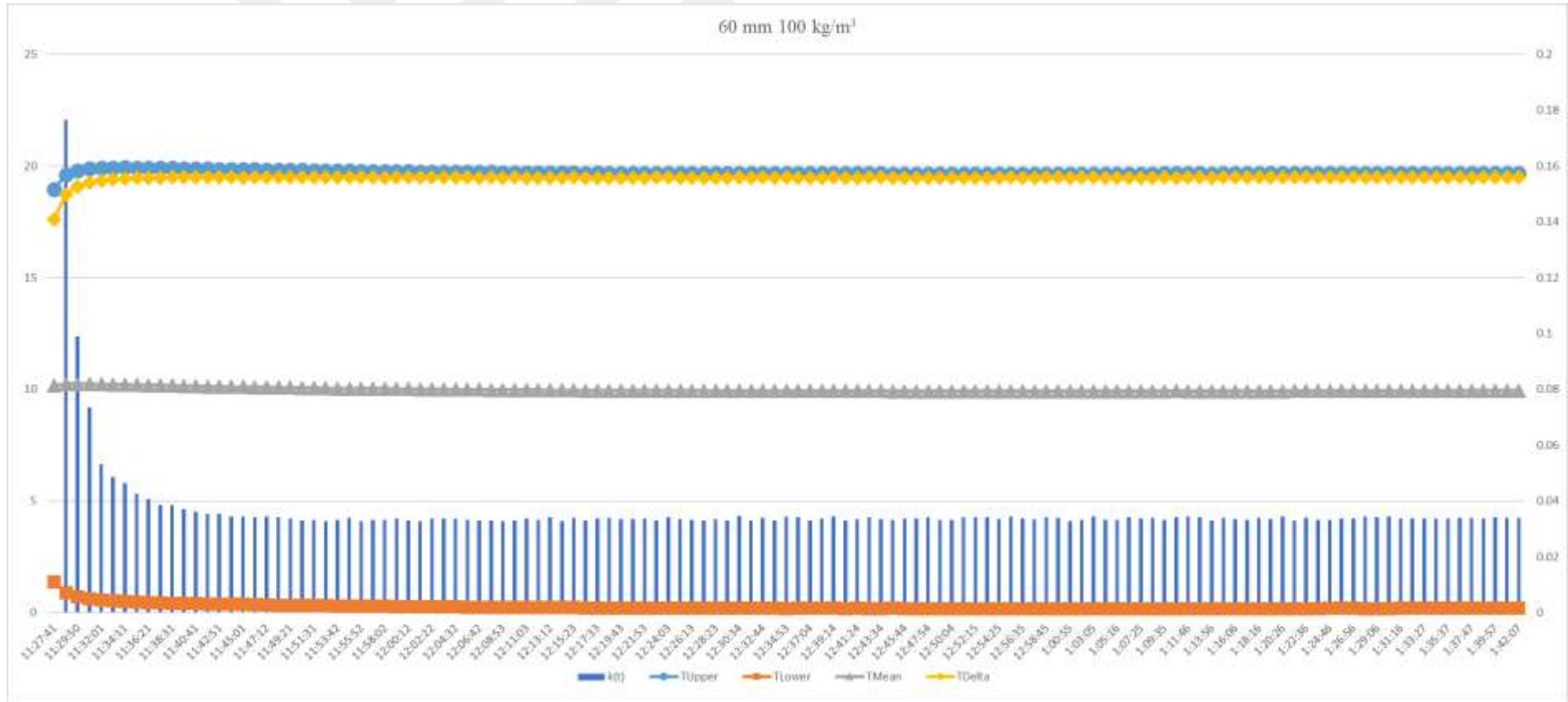
Mekanik sistem tasarımında bahsettiğimiz üzere yoğunluğunun düşük olmasından kaynaklı olarak düşük fiziksel kabiliyetlere sahip olan 100 kg/m³ yoğunluktaki taşıyıcının yetersiz kaldığı bilinmektedir. Bu kısımda tasarladığımız yeni ürünün içerisinde bulunacağından ötürü kıyas yapılabilmesi açısından bu yoğunluktaki ısı iletim katsayısının belirlenmesi gerekmektedir. Isıl iletim katsayısı 0,034663 W/m³ olarak elde edilmiştir ve bu da referans aralığındadır.



Şekil 42 60 mm 100 kg/m³ deney numunesi



Şekil 43 60 mm 100 kg/m³ taşıyıcı için ısı iletkenlik analizi



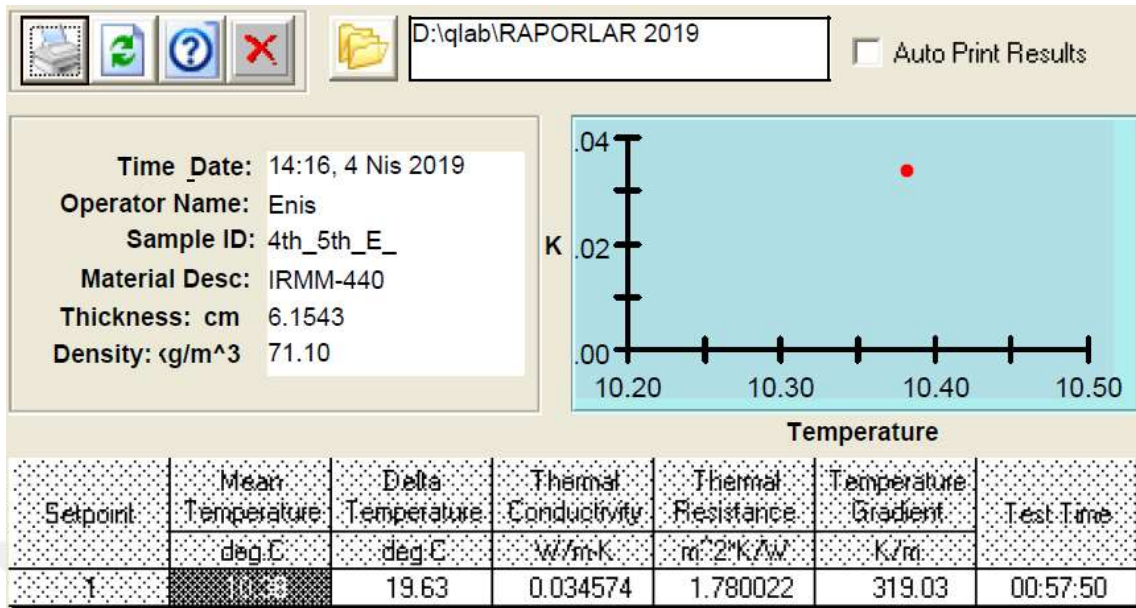
Şekil 44 60 mm, 100 kg/m³ Taşyününün testindeki üst, alt plakadaki sıcaklık değerleri, ortalama sıcaklık, sıcaklık farkı ve ısıl iletkenlik katsayısı karşılaştırması

3.3.3. 10 mm, 150 kg/m³ _ 50 mm 100 kg/m³

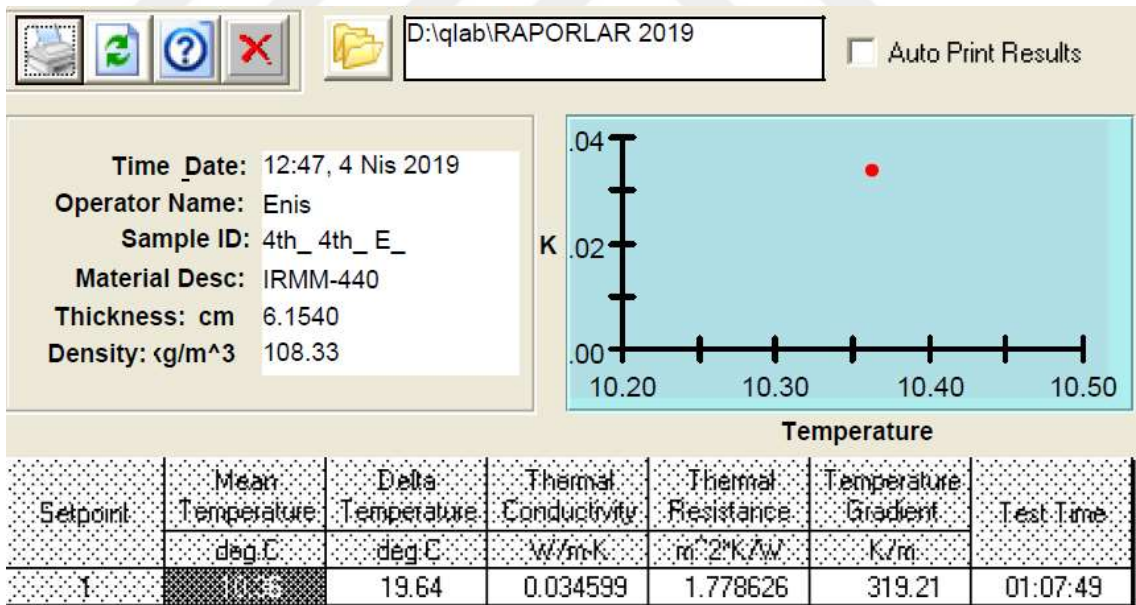
Sistemde ilk değişken olarak elle 60 mm değeri girilmiştir. Burada aldığımız değer beklenen değer aralığında olduğundan sorun gözlenmemiştir. Bundan sonra yoğunluk için verilen değer değiştirilmiştir. Kurulu değer 71,10 kg/m³ iken, yeni değer 108,33 kg/m³ olarak girilmiştir ((100*50+150*10)/60=108,33 kg/m³ Burada yapılan işlem numunenin geręek değerinden ziyade teorik değeri olarak değerlendirilmiştir). Burada da sonuç beklenen aralıkta 0,034599 W/m.K ıkmıştır. Bu noktada numunenin tersi işleme alındığında 0,034574. Bu değerlerin ortalaması şu şekildedir; 0,0345865.



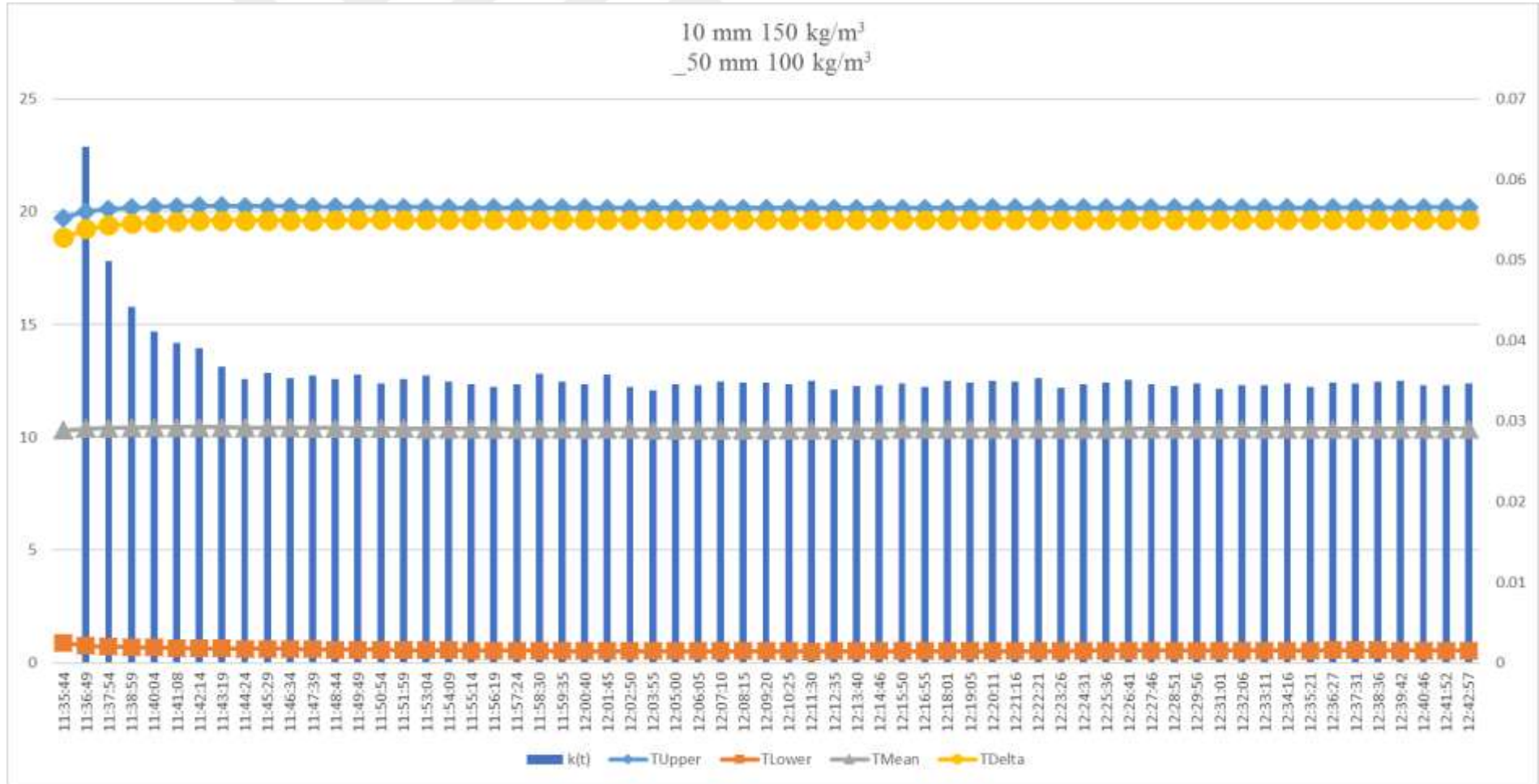
şekil 45 10 mm 150 kg/m³ ve 50 mm 100 kg/m³ den oluşan deney numunesi



Şekil 46 10 mm 150 kg/m^3 ve 50 mm 100 kg/m^3 taşıyünü için ısıl iletkenlik deneyi



Şekil 47 10 mm 150 kg/m^3 ve 50 mm 100 kg/m^3 taşıyünü için ısıl iletkenlik deneyi



Şekil 48 10 mm, 150 kg/m³_50 mm 100 kg/m³ Taşyününün testindeki üst, alt plakadaki sıcaklık değerleri, ortalama sıcaklık, sıcaklık farkı ve ısı iletkenlik katsayısı karşılaştırması

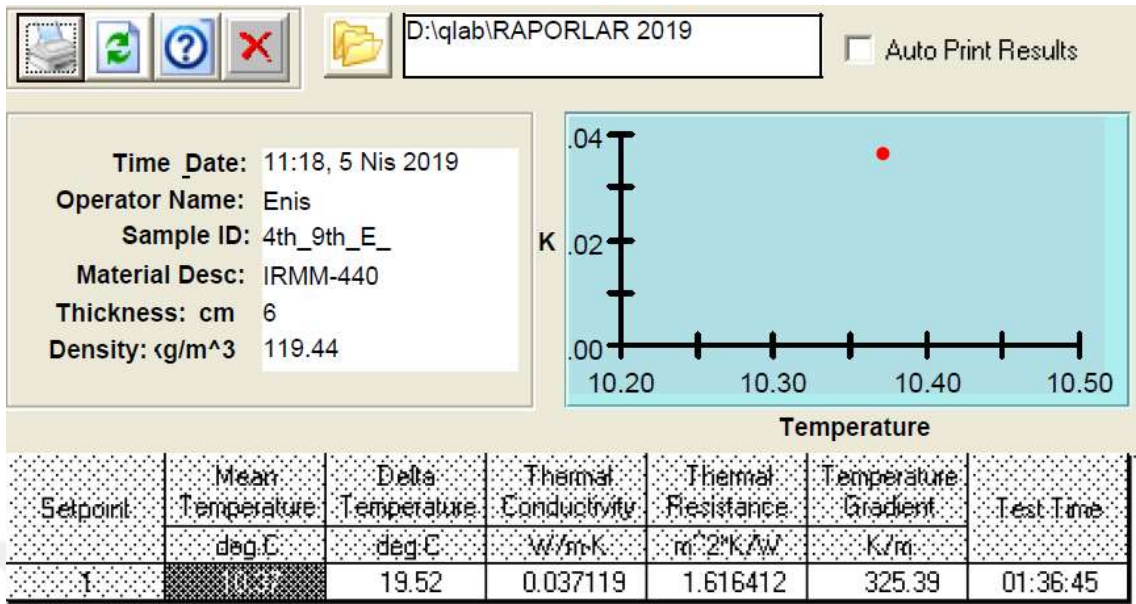
3.3.4. 20 mm 150 kg/m³ _ 40 mm 100 kg/m³

Burada denediğimiz numuneler kendi arasında da farklılık göstermektedir ama bunun çok fazla farklı olmaması açısından sadece kalınlık ile sınırlı kalması için uğraşmaktayız. Total kalınlığımızı ve yoğunluk çeşitlerimizi sabit tutmak koşuluyla içindeki malzemelerin sadece kalınlıkları değiştirilmektedir.

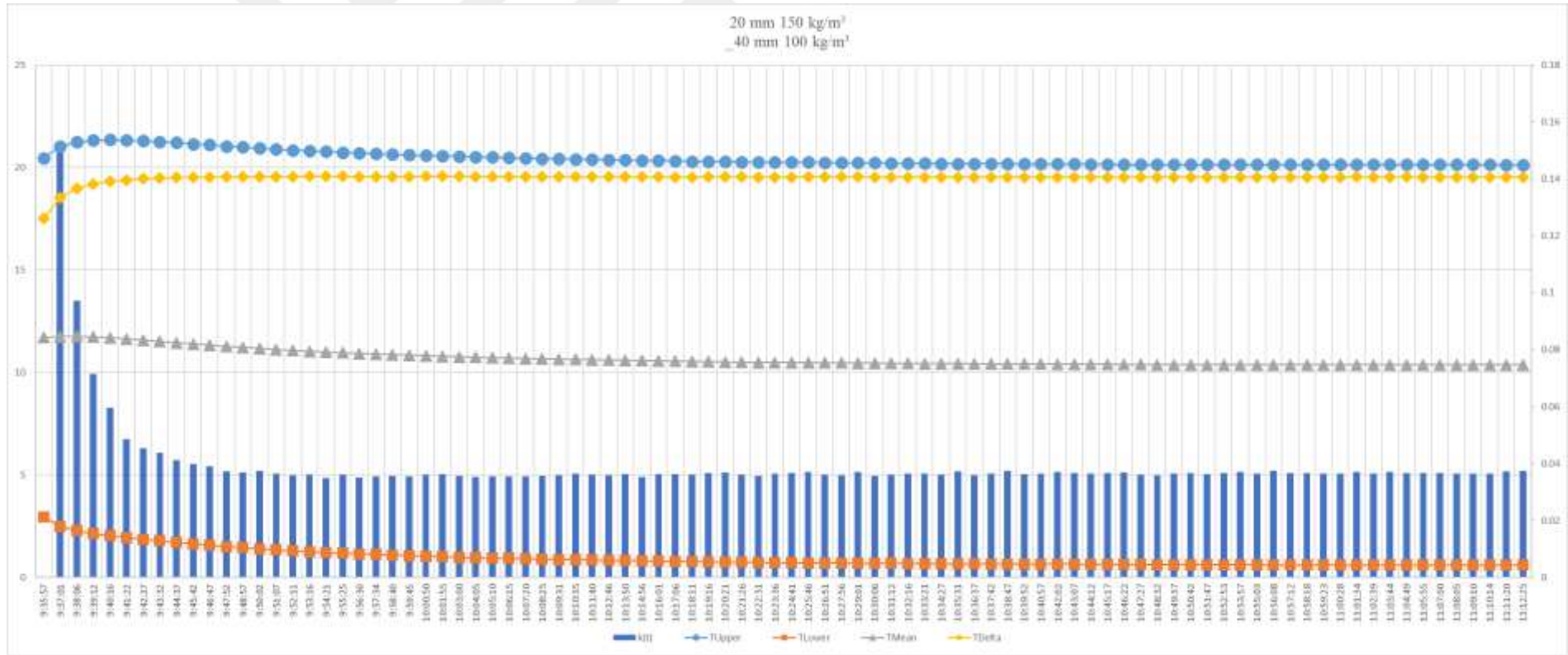
Burada yapılacak olan deneyimizde; 20 mm 150 kg/m³ olan malzeme üstte olacak şekilde ve 40 mm 100 kg/m³ altta olacak şekilde teste tabi tutulmuştur. Makinemizin istediği değerler olan kalınlık ve yoğunluk elle girilmiştir; 60 mm toplam kalınlık ve yoğunluk 121 kg/m³ dür. Bu değerlere göre çıkan sonuçlarımız 0,037119 W/K.m olmakla beraber referans değerler aralığındadır. Bu noktada ürün tersinden test edildiğinde 0,036828 W/m.K'dir. Bu durumda ortalaması alındığında 0,0369735 W/m.K değeri elde edilmektedir.



Şekil 49 20 mm 150 kg/m³ ve 40 mm 100 kg/m³ den oluşan deney numunesi



Şekil 50 20 mm 150 kg/m^3 ve 40 mm 100 kg/m^3 taşıyıcı için ısı iletkenlik deneyi



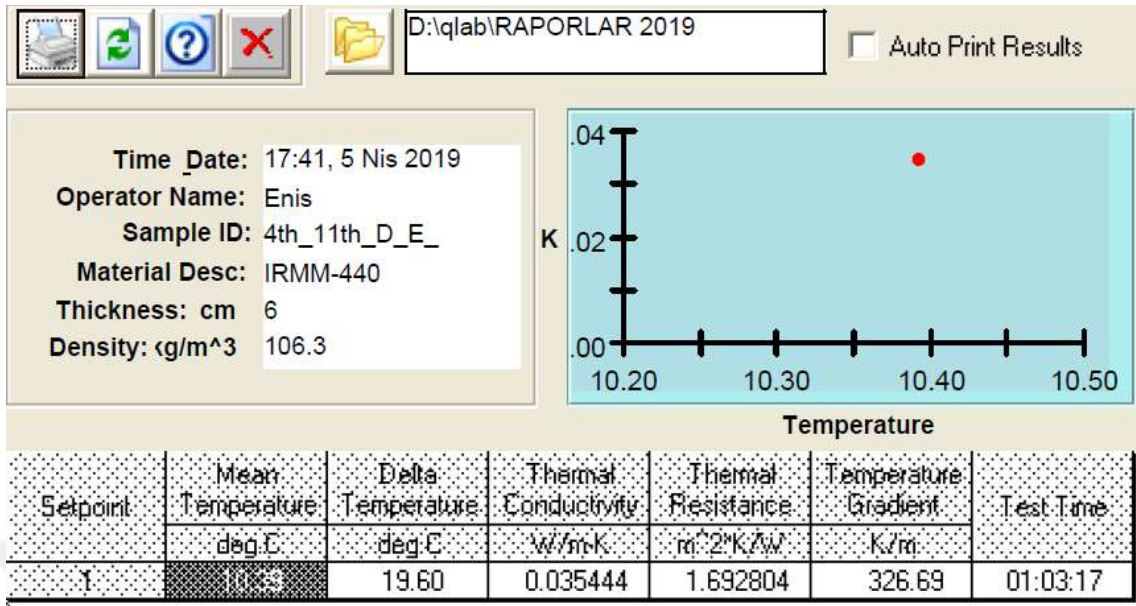
Şekil 51 20 mm, 150 kg/m³_40 mm 100 kg/m³ Taşyününün testindeki üst, alt plakadaki sıcaklık değerleri, ortalama sıcaklık, sıcaklık farkı ve ısıl iletkenlik katsayısı karşılaştırması

3.3.5. 30 mm 150 kg/m³ _ 30 mm 100 kg/m³

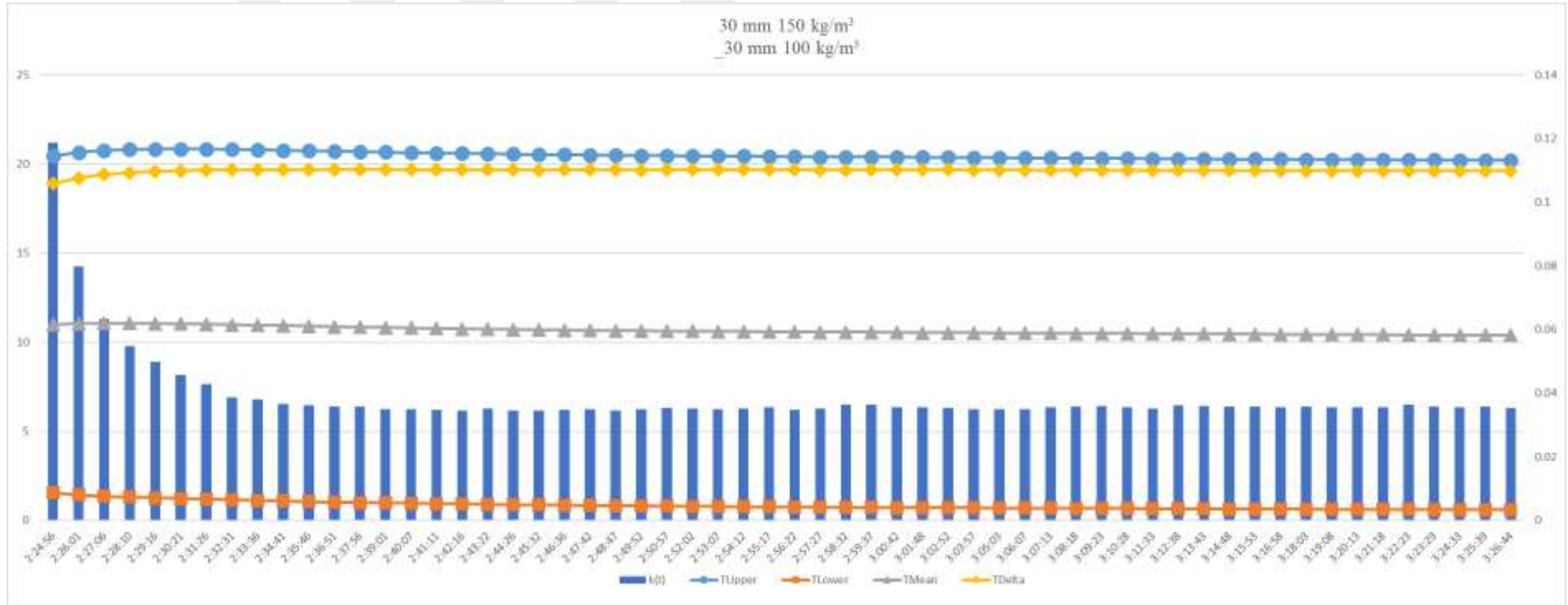
Burada denenen numunelerimiz göz önünde bulundurulduğunda 40 mm e 20 mm den sonra 30 mm e 30 mm denenecektir. 30 mm 100 kg/m³ ve 30 mm 150 kg/m³ yoğunluk kullanılmıştır ve toplamda 60 mm olacaktır. Standart yoğunluğu verildiği gibi olmasına rağmen tartılan ağırlığa göre 329 gr, 245 gr dan hesaplanan yoğunluk 106,3 kg/m³ olarak belirlenmiştir. Normal şartlar altında standartlar göz önünde bulundurulduğunda 150 kg/m³ lük ürün 405 gr ve 100 kg/m³ lük ürün 270 gr gelmelidir ve 125 kg/m³ yoğunluk elde edilmelidir.. Bu noktada ürünümüzün her zaman standart olmadığı göz önünde bulundurulduğu zaman ölçülen değerlerin kullanılması daha uygundur. Makineye girilen değerlere bağlı olarak çıkan ısı iletim değeri 0,035444 W/m.K buda referans değerler arasındadır. Aynı numune tersten ölçüldüğünde 0,036334 W/m.K gelmektedir ve ortalaması 0,035889 W/m.K olarak hesaplanmıştır.



Şekil 52 30 mm 150 kg/m³ ve 30 mm 100 kg/m³ den oluşan deney numunesi



Şekil 53 30 mm 150 kg/m³ ve 30 mm 100 kg/m³ taşıyıcı ısı iletkenlik deneyi



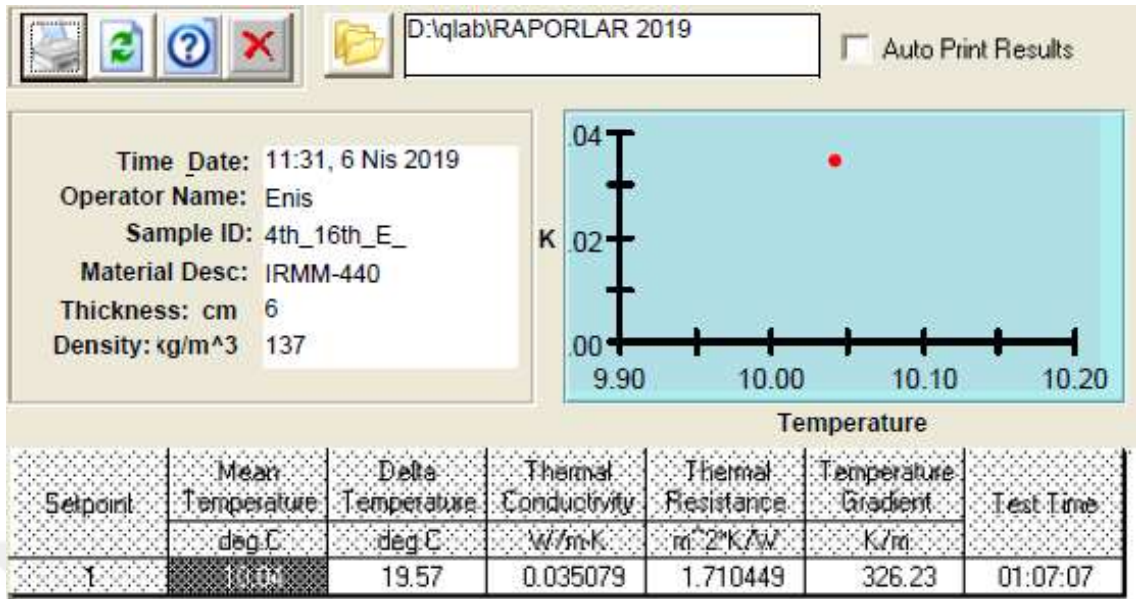
Şekil 54 30 mm, 150 kg/m³_30 mm 100 kg/m³ Taşyününün testindeki üst, alt plakadaki sıcaklık değerleri, ortalama sıcaklık, sıcaklık farkı ve ısı iletkenlik katsayısı karşılaştırması

3.3.6. 40 mm 150 kg/m³_20 mm 100 kg/m³

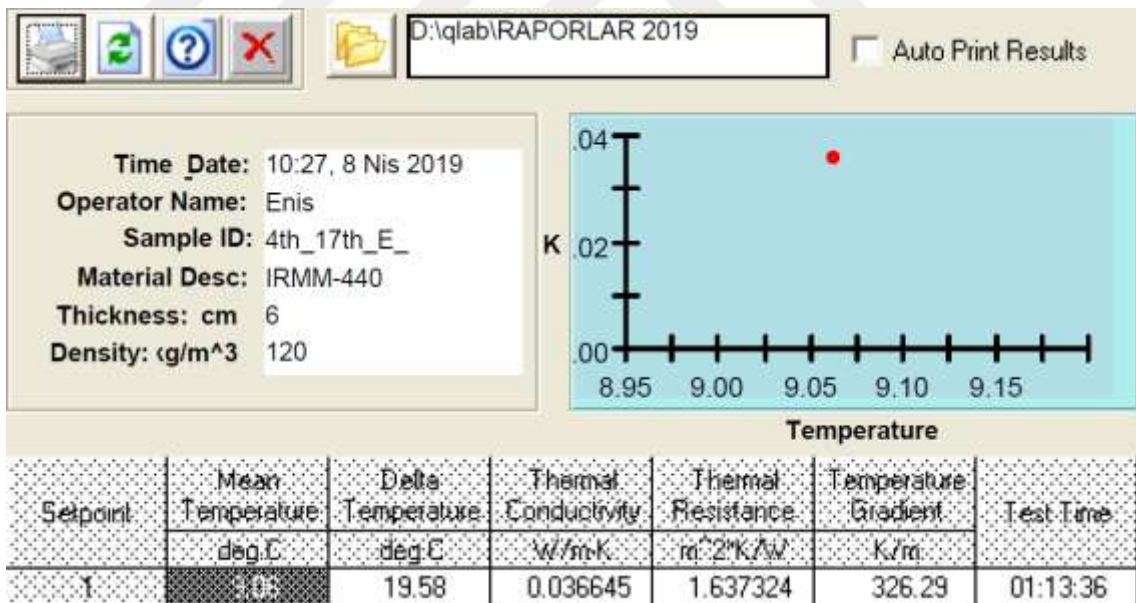
Testlerimizi 60 mm total kalınlığın sabit alınarak hesaplandığı düşünöldüğünde 30 mm 150 kg/m³_30 mm 100 kg/m³ den sonra 40 mm 150 kg/m³_20 mm 100 kg/m³ e geçiş yapılır. Testi yapılacak olan bu numunemizin fiziksel dayanımı önceki numunelere göre daha yüksek olmasına rağmen aynı zamanda ağırlıkda arttığı için amacımızın tersine çalışmaktadır. Bu aşamada hangi numunenin daha iyi sonuç vereceğini deneysel olarak görme açısından deneye devam edilecektir. Yapılan deneyimizin sonuçları Şekil 56 ve 57 de verildiği gibi 0,035079 ve 0,036645 W/m.K olarak gözlemlenmiştir. Bu iki değerin ortalaması 0,035862 W/m.K dir.



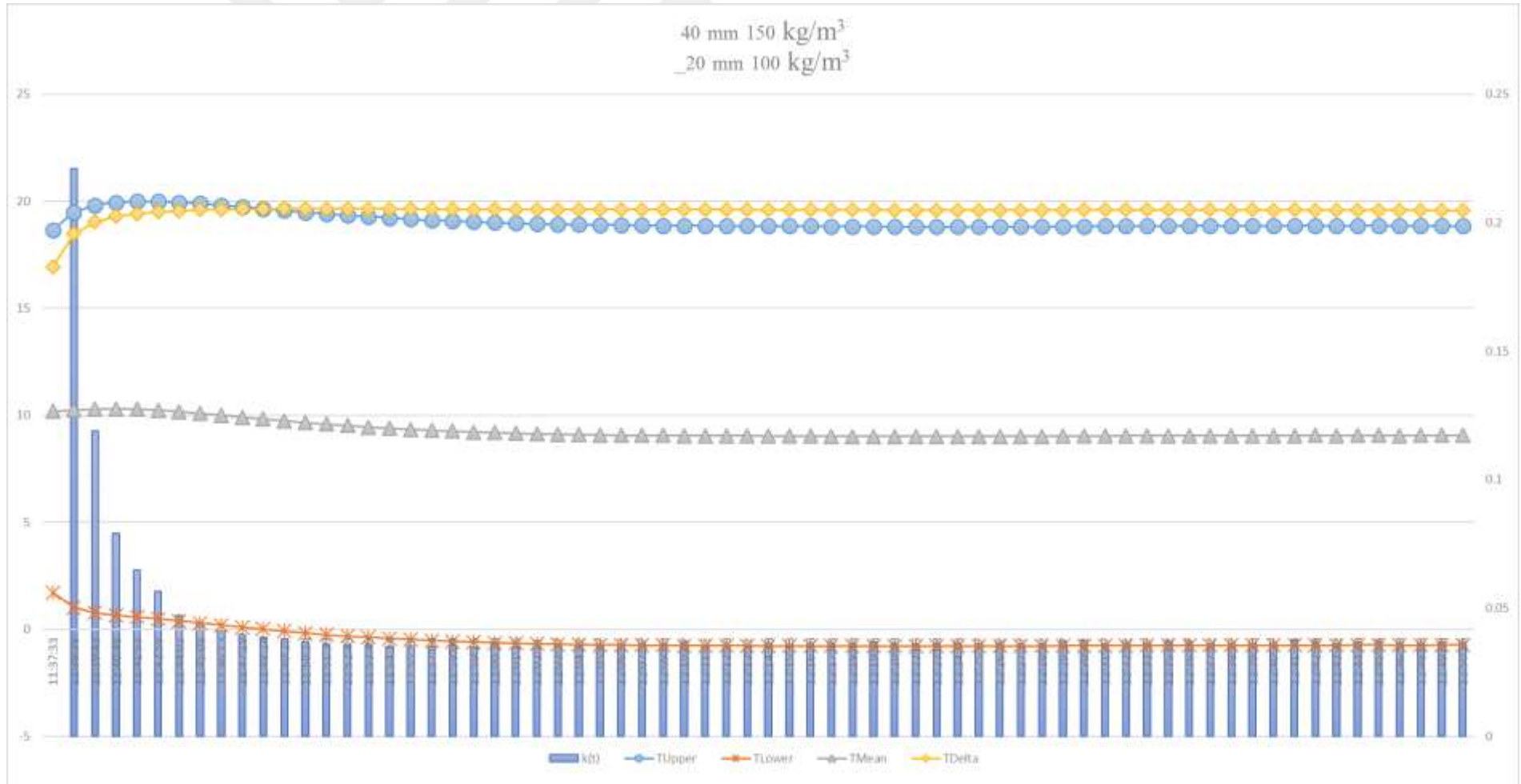
Şekil 55 40 mm 150 kg/m³ ve 20 mm 100 kg/m³ den oluşan deney numunesi



Şekil 56 40 mm 150 kg/m³ ve 20 mm 100 kg/m³ taşıyıcı ısı iletkenlik deneyi



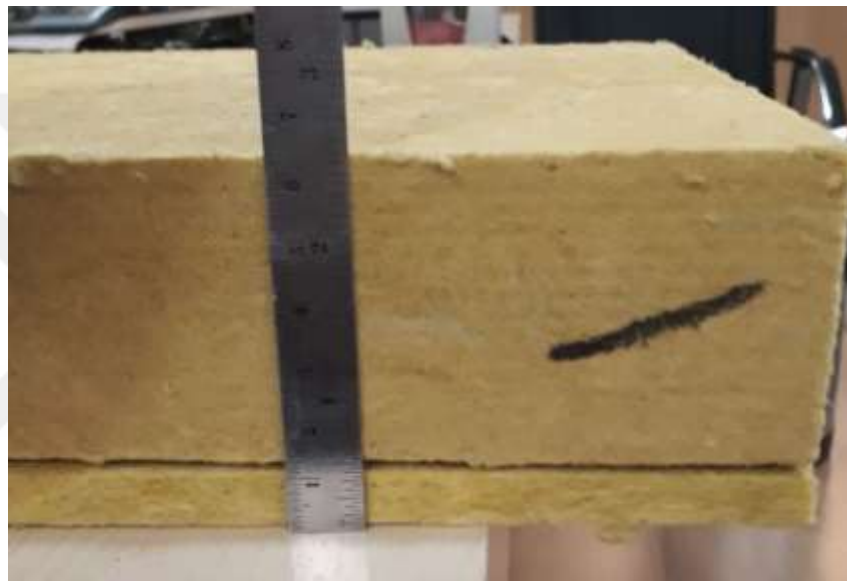
Şekil 57 40 mm 150 kg/m³ ve 20 mm 100 kg/m³ taşıyıcı ısı iletkenlik deneyi



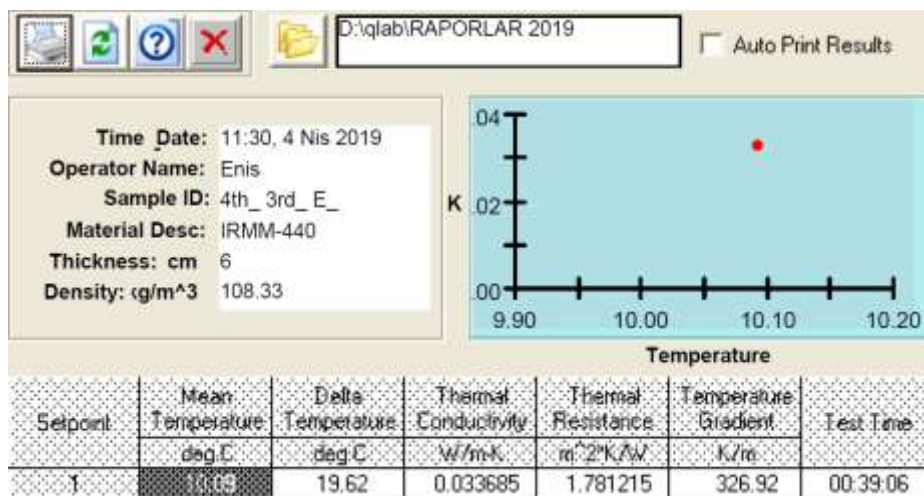
Şekil 58 40 mm, 150 kg/m³_20 mm 100 kg/m³ Taşyününün testindeki üst, alt plkadaki sıcaklık değerleri, ortalama sıcaklık, sıcaklık farkı ve ısı iletkenlik katsayısı karşılaştırması

3.3.7. 50 mm 150 kg/m³_10 mm 100 kg/m³

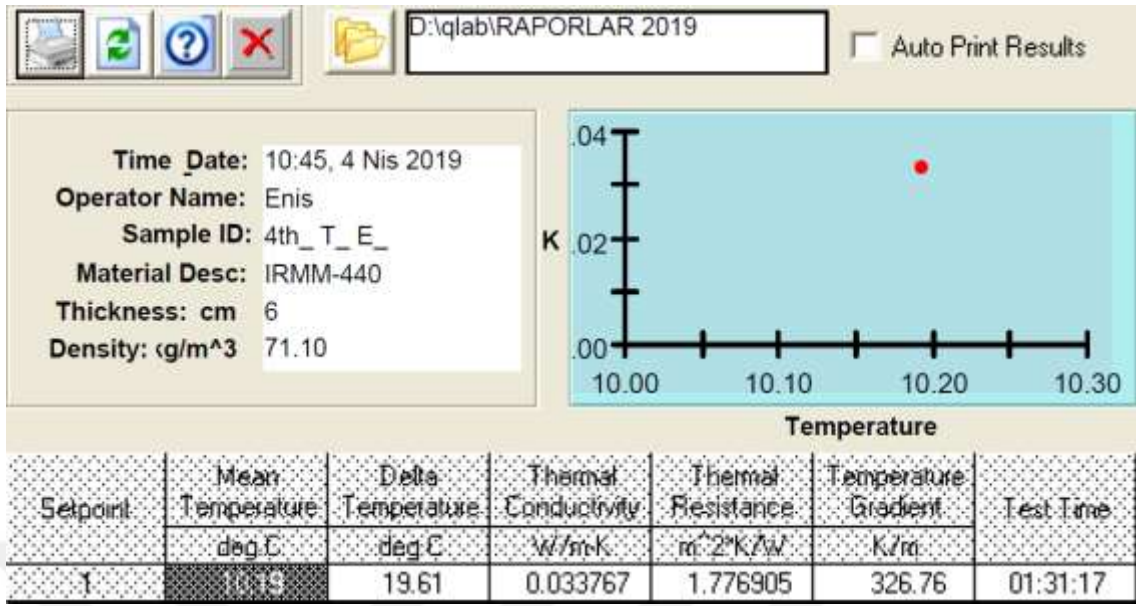
Sistemimizde verilen değişkenlerden bir çoğunun denenmesine rağmen sistemin otomatik kalınlık ölçüm yapması denenmemiştir. Bu deney düzeneğimizde aynı numune üzerinde otomatik kalınlık değeri alma ve başlangıç yoğunluk kabulü ile devam edilmesi durumunda bütün alternatifler denenmiş olacaktır. Bu kısımda yapılan deney sonucunda ısıl iletkenlik 0,033767- 0,033685 aralığında değişmektedir. Bu sonuçların ortalaması 0,033726 W/m.K 'dir.



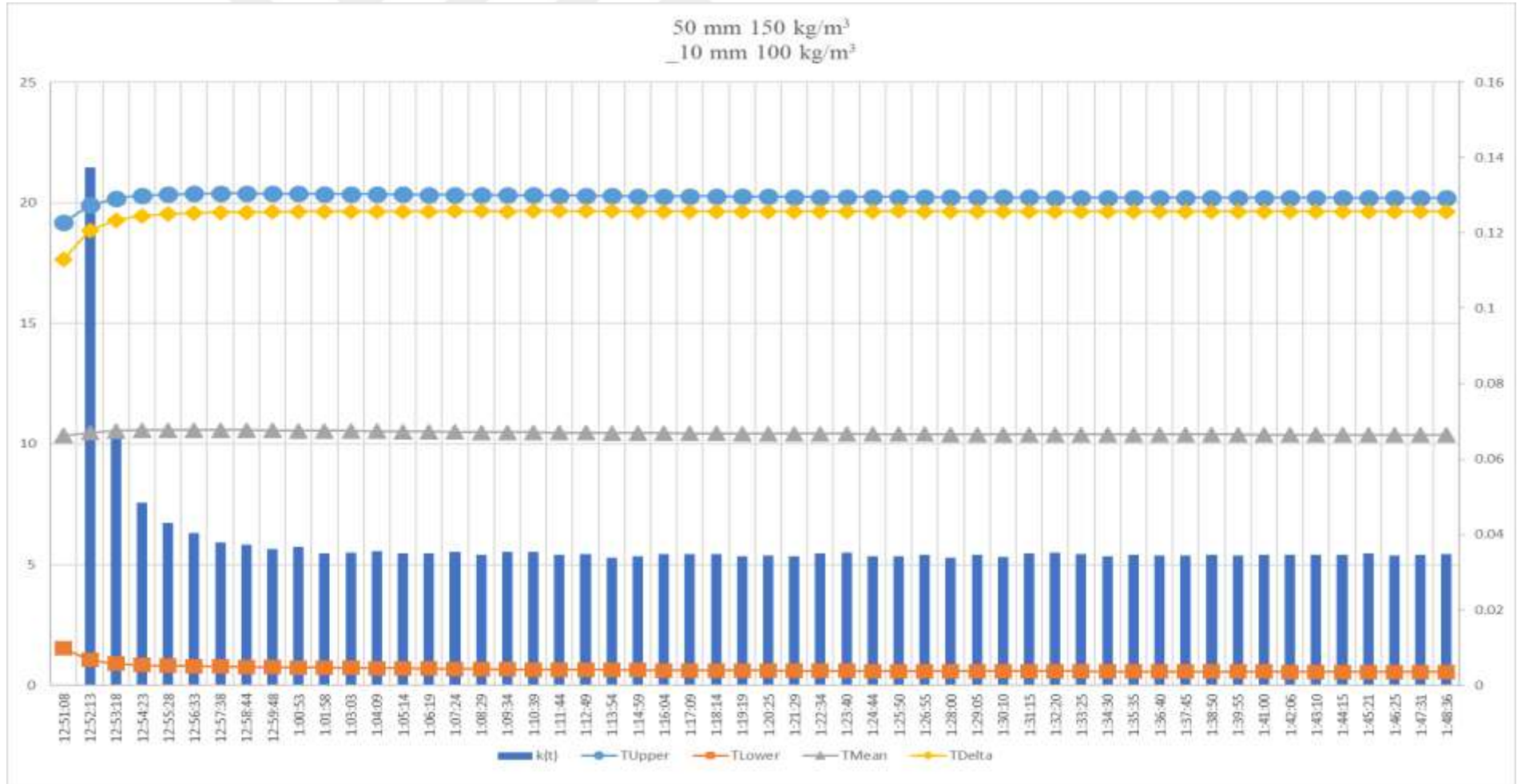
Şekil 59 50 mm 150 kg/m³ ve 10 mm 100 kg/m³ den oluşan deney numunesi



Şekil 60 50 mm 150 kg/m³ ve 10 mm 100 kg/m³ taşıyünü ısıl iletkenlik deneyi



Şekil 61 50 mm 150 kg/m³ ve 10 mm 100 kg/m³ taşıyıcı ısı iletkenlik deneyi



Şekil 62 50 mm, 150 kg/m³_10 mm 100 kg/m³ Taşyününün testindeki üst, alt plakadaki sıcaklık değerleri, ortalama sıcaklık, sıcaklık farkı ve ısı iletkenlik katsayısı karşılaştırması

3.4. Öneriler

Taş yünü duvar mantolamasında daha avantajlı olduğu gözlenen çift yoğunluklu taş yünü üretimi için mekanik sistem tasarımı ele alındı. Bu mekanik sistemin tasarımı için yapılan hesaplar sonucu Şekil 17 da perspektif görünüşü verilen sistemin uygulanması uygun bulunmuştur. Çift yoğunluklu taş yünü için tasarladığımız sistemimizi oluşturmak için iki adet krimpingle makinesinin eş zamanlı çalışması öngörülmüştür. Sistemin üretimi sırasında daha öncesinde yaptığımız hesaplamalar sonucu çıkan profillerin kullanılmasının faydalı olacağı belirtilmiştir. Burada güvenli bölge içerisinde hesaplanan profillerden fazlasının kullanılmasına gerek görülmemektedir, tam aksine sistemin çalışmakta olan diğer unsurlarına gereksiz yük getirir bu sebepten dolayı sıkıntılar çıkaracağı öngörülebilmektedir. Su soğutmalı millerimizin et kalınlığının artırılması sehim azaltılması açısından uygun görünse dahi ataleti artacağı için sistem dâhilinde kullanılacak olan motorun büyümesine sebep olacaktır. Et kalınlığından dolayı mil daha ağır gelecektir buda ayaklarda oluşan basma gerilmesine olumsuz olarak yansımaktadır.

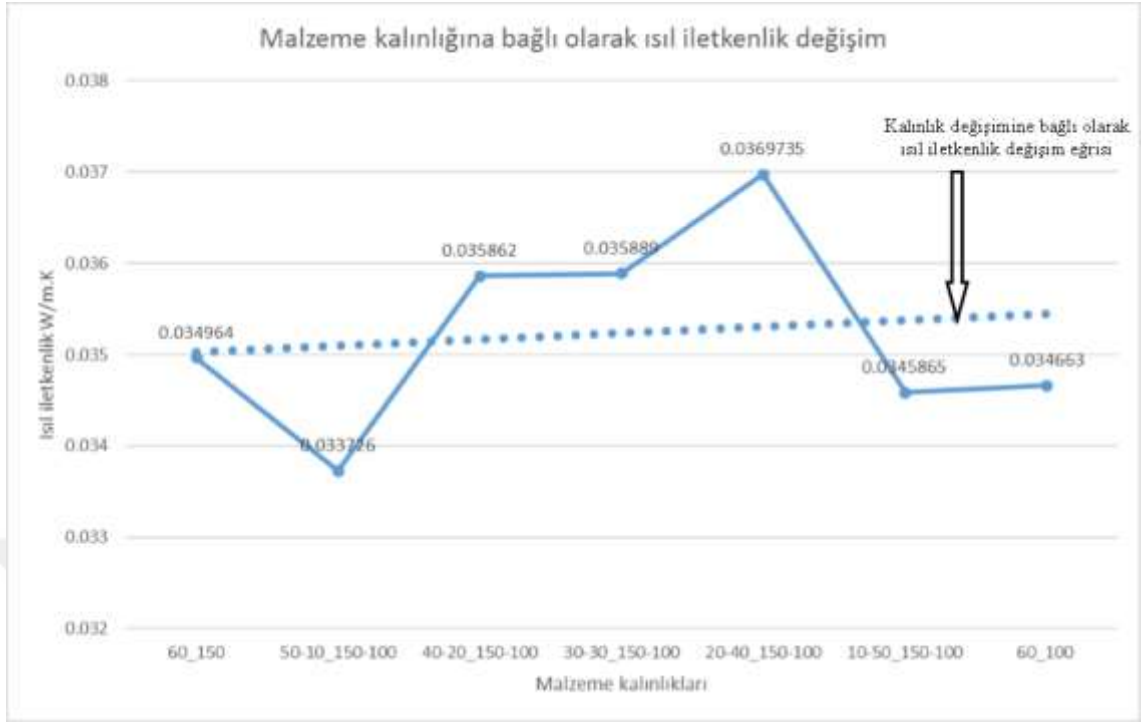
Sistemimizin hesapları piyasada kullanılan diğer makinelerle olan benzerliklerinden yola çıkılarak ve kabuller yapılarak ortaya çıkarılmıştır. Sistem Şekil 17 da verildiği gibi ortaya çıkarılmıştır. Sistemin reçine akış miktarı gibi diğer değişkenleri üretim şartlarına göre yerinde tespit yöntemiyle kararlaştırılacaktır. Tek hattan gelecek olan taşıyınümüzü iki farklı katmana ayırmak için şerit testere dediğimiz HSS uçları bulunan bir testere sistemin başlangıcı dediğimiz yerde kullanılmaktadır.

Sistemimizde üretilmesi planlanan ürünümüzün üretilmeden önce potansiyellerinin anlaşılabilmesi açısından teorik model oluşturulmuştur. Teorik modelimiz de ve deneylerimizde yapılacak olan çalışmalarda total kalınlık sabit tutulmuş ve yoğunluk olarak sadece 2 farklı girdi kullanılmıştır. Teorik hesaplamalarımızın sonucunda 50 mm 150 kg/m³ _ 10 mm 100 kg/m³ ürünümüz en düşük ısı iletim katsayısı sayesinde yapılabileceği gözlemlenmiştir. Teorik hesap sonucunda bulunan değerler, deneysel yöntemler yardımıyla tekrar ispatlanmıştır. Burada da değerler birebir aynı olmasa dahi sonuçta 50 mm 150 kg/m³ _ 10 mm 100 kg/m³ dür. En düşük değere sahip olan ürünün bu olmasına rağmen diğer ürünlerde kullanılabilir. Buradaki ısı iletkenlik değerine bağlı değişimler zaman çizelgesine bağlı olarak ölçülerek raporlanmıştır. Burada

ispatlanmak istenen şey 100 kg/m³ yoğunluk malzemenin yoğunluğu ile sağlayamadığı dayanımı 150 kg/m³ yoğunluk ile sağlanmasına rağmen karışım bir yoğunluk ile bir tarafın dayanıklı olması ve ısıl iletkenlik sağlamasına rağmen diğer tarafın sadece ısıl iletkenlik göreviyle devam etmesidir. Burada deneylerle 150 kg/m³ yoğunluk, 100 kg/m³ yoğunluk ve bunları karışımı olan çift yoğunluk malzemelerin ısıl iletkenliklerinin karşılaştırılması Tablo 14 de verilmiştir. Bu deneyler yapılırken dikkat edilmesi gereken tek yoğunluklu taşıyınünden farklı olarak iki farklı yoğunluk olmasından kaynaklı olarak iki tarafın farklı sıcaklık gruplarına ayrı ayrı maruz kalmasıdır. Bu husustaki savımızı desteklemesi için aşağıda verilen listenin ve alternatiflerinin (Sıcak gören yüzeyin soğuk ve soğuk gören yüzeyin sıcak görmesi olarak değerlendirilebilir) yapılmış olması gerekmektedir.

Tablo 14 Değişen kalınlıklara ve yoğunluklara göre ısıl iletkenlik katsayıları

Özellik mm_kg/m ³	Isıl iletkenlik W/m.K
60_150	0,034964
10-50_150-100	0,0345865
20-40_150-100	0,0369735
30-30_150-100	0,035889
40-20_150-100	0,035862
50-10_150-100	0,033726
60_100	0,034663



Şekil 63 Değişen kalınlıklara ve yoğunluklara göre ısı iletkenlik katsayılarının grafik gösterimi

Laboratuvar deneylerinde elde edilen değerler arasından benzer deneyler için elde edilen değerler ortalama alınarak hesaplanmıştır. Bulunan değerlerden 60 mm olan 100 ve 150 kg/m^3 yoğunluklar yakın ısı iletkenliklere sahiptir. Bu iki numune arasındaki değer farkı 0,86 % dır. Bu değer ölçüm cihazımızın tolerans aralığından daha küçüktür. Bu sebepten dolayı bu değerler yaklaşık olarak aynı kabul edilebilir. Yukarıda belirtilen tabloda olduğu gibi 50-10 mm 150- 100 kg/m^3 yoğunluklu ürün en düşük ısı iletkenliğe sahiptir. Bu değer bizim tezimiz için hazırladığımız teorik hesap kısmında uymaktadır. Üretime başlangıç olarak bu üründen başlanmasında bir sakınca yoktur.

KAYNAKÇA

- [1] Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, «Enerji İşleri Genel Müdürlüğü,» 8 6 2019. [Çevrimiçi]. Available: <http://www.yegm.gov.tr/anasayfa.aspx>.
- [2] M. Bayram, «Elektrik Mühendisleri Odası,» 8 6 2019. [Çevrimiçi]. Available: http://www.emo.org.tr/ekler/c400b5c02e0a4be_ek.pdf.
- [3] Resmi Gazete, «Enerji Verimliliği Kanunu,» 18 4 2007.
- [4] TSE, «Binalarda Isı Yalıtım Kuralları _ TS 825,» *Türk Standartları Enstitüsü*, 2009.
- [5] N. Altuntop ve D. Erdemir, «Dünyada ve Türkiye'de Güneş Enerjisi ile İlgili Gelişmeler,» *MMO, Mühendis ve Makina*, no. 54, pp. 69-77, 2013.
- [6] Resmi Gazete, «Enerji Verimliliği Kanunu,» 18 4 2018.
- [7] Rockwool, «Stone Wool Thermal Insulation For External Wall and Pitched Roof,» Rockwool, Hedehusene, 2019.
- [8] ROCKWOOL, «Hardrock Dual Density Range,» *Rockwool*, no. 47, p. 10, December 2005.
- [9] Resmi Gazete, «Binaların yangından korunması hakkında yönetmelikte değişiklik yapılmasına dair Yönetmelik,» *Binaların yangından korunması*, p. 11347, 2018.
- [10] U. Atmaca, «TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardındaki Güncellemeler,» *Tesisat Mühendisliği*, no. 154, pp. 21-35, 2016.
- [11] Technicol, «TECHNONICOL,» Stonewool, [Çevrimiçi]. Available: <http://en.technicol.eu/company/about/>. [Erişildi: 10 Haziran 2019].
- [12] İMO Yapı Malzemeleri Komisyonu, «Binalarda Isı Yalıtımı ve Isı Yalıtım Malzemeleri,» no. 4, 2015.

- [13] H. Karakoç , Isı Yalıtımı, İstanbul: ODE, 2011.
- [14] A. K. Dağsöz , Isı Yalıtımı, İTÜ.
- [15] İ. Centier ve A. D. Shea, «Wood waste as an alternative thermal insulation for buildings,» cilt 168, 2018.
- [16] H. Binici, R. Gemci , A. Küçükönder ve H. H. Solak , «Investigating sound insulation, thermal conductivity and radioactivity of chipboards produced with cotton waste, fly ash and barite, Construction and Building Materials,» cilt 30, 2012.
- [17] M. Kayfeci, «Determination of energy saving and optimum insulation thicknesses of the heating piping systems for different insulation materials,» cilt 69, 2014.
- [18] R. Arambakam, H. Tafreshi ve B. Pourdeyhimi , «A simple simulation method for designing fibrous insulation materials, Materials and Design,» cilt 44, 2013.
- [19] ROCKWOOL, «Rockwool,» [Çevrimiçi]. Available: <https://www.rockwoolgroup.com/>. [Erişildi: 10 Haziran 2019].
- [20] Unifrax, «Unifrax,» [Çevrimiçi]. Available: <https://www.unifrax.com>. [Erişildi: 10 Haziran 2019].
- [21] Unifrax, «Unifrax,» 2019. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.unifrax.com/>. [Erişildi: 10 Haziran 2019].
- [22] H. KARAKOÇ, O. TURAN, E. BİNYILDIZ ve E. YILDIRIM, ISI YALITIMI, İstanbul: Rota Yayın Yapım tanıtım Tic. Ltd. Şti. , 2011.
- [23] M. Ertürk, «Optimum insulation thicknesses of pipes with respect to different insulation materials, fuels and climate zones in Turkey,» cilt 113, 2016.
- [24] E. Sevinchan , I. Dincer ve H. Lang, «Investigation of heat transfer performance of various insulating materials for robots, I.Journal of Heat and Mass Transfer,» cilt

131, 2019.

- [25] H. Binici ve O. Aksogan, «Insulation material production from onion skin and peanut shell fibres, fly ash, pumice, perlite, barite, cement and gypsum,» cilt 10, 2017.
- [26] H. Binici, O. Aksogan ve C. Demirhan, «Mechanical, thermal and acoustical characterizations of an insulation composite made of bio-based materials,» cilt 20, 2016.
- [27] O. Aksogan , R. Resatoglu ve H. Binici, «An environment friendly new insulation material involving waste newsprint papers reinforced by cane stalks,» cilt 15, 2018.
- [28] H. Binici ve O. Aksogan , «Eco-friendly insulation material production with waste olive seeds, ground PVC and wood chips,» cilt 5, 2016.
- [29] H. Binici, R. Gemci , A. Küçükönder ve H. H. Solak , «Investigating sound insulation, thermal conductivity and radioactivity of chipboards produced with cotton waste, fly ash and barite, Construction and Building Materials,» cilt 30, 2012.
- [30] M. Kayfeci , «Determination of energy saving and optimum insulation thicknesses of the heating piping systems for different insulation materials,» cilt 69, 2014.
- [31] O. Kaynakli , «A review of the economical and optimum thermal insulation thickness for building applications”, Renewable and Sustainable Energy Reviews,» cilt 16, 2012.
- [32] O. Kaynakli, «conomic thermal insulation thickness for pipes and ducts: A review study,» cilt 30, 2014.
- [33] A. Keçebas, M. A. Alkan ve M. Bayhan , «Thermo-economic analysis of pipe insulation for district heating piping systems,» cilt 31, 2011.
- [34] Hao, H. J., o. Chem ve K. Hu, «Porosity distribution optimization of insulation

materials by the variational method,» cilt 92, 2016.

- [35] E. M. B. Danielle ve W. C. K. M. Clark, «Configuring wall layers for improved insulation performance,» cilt 112, 2013.
- [36] R. Arambakam, H. V. Tafreshi ve B. Pourdeyhimi , «A simple simulation method for designing fibrous insulation materials,» cilt 44, 2013.
- [37] F. Leccesea , G. Salvadoria, F. Asdrubalib ve P. Gorib, «Passive thermal behaviour of buildings: Performance of external multilayered walls and influence of internal walls,» cilt 225, 2018.
- [38] N. Pargana, M. D. Pinherio, J. D. Silvestre ve j. Brito , «Comparative environmental life cycle assessment of thermalinsulation materials of buildings,» cilt 82, 2014.
- [39] E. A. Rad ve E. Fallahi , «Optimizing the insulation thickness of external wall by a novel 3E (energy, environmental, economic) method,» cilt 205, 2019.
- [40] B. A. Jdayil, A. H. Mourad, W. Hittini, M. Hassan ve S. Hameedi, «Traditional, state-of-the-art and renewable thermal building insulation materials: An overview,» 2019.
- [41] Y. Haim, Y. Weiss ve R. Letan, «Effect of spacers on the thermal performance of an annular multi-layer insulation,» cilt 65, 2014.
- [42] S. Schiavoni, F. D'Alessandro, F. Bianchi ve F. Asdrubali, «Insulation materials forthe building sector: Are view and comparative analysis,» cilt 62, 2016.
- [43] L. Aditya, T. M. I. Mahlia, B. Rismanchi, H. M. Ng, M. H. Hasan, H. S. C. Metselaar, O. Muraza ve H. B. Aditiyab , «Review on insulation materials for energy conservation in buildings,» cilt 73, 2017.
- [44] W. Villasmil, L. J. Fischer ve J. Worlitschek, «A review and evaluation of thermal insulation materials and methods for thermal energy storage systems,» cilt 103,

2019.

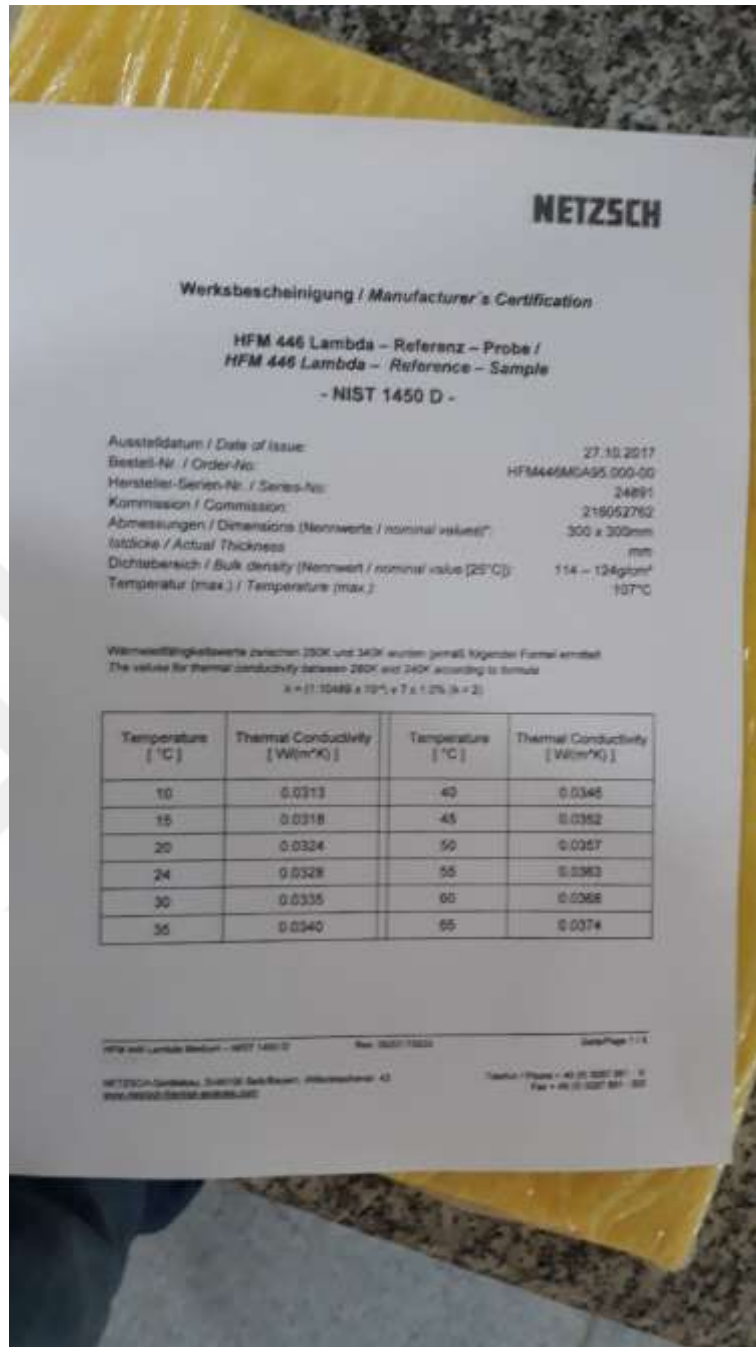
- [45] F. Asdrubali , F. D'Alessandro ve S. Schiavoni, «A review of unconventional sustainable building insulation materials,» cilt 4, 2015.
- [46] Florea I. ve D. L. Manea , «Analysis of Thermal Insulation Building Materials Based on Natural Fibers,» cilt 32, 2019.
- [47] G. M. Kutay, «<http://www.guven-kutay.ch/>,» 15 Kasım 2009. [Çevrimiçi]. Available: <http://www.guven-kutay.ch/mukavemet/05-2-mukavemet-degerleri.pdf>.
- [48] Y. D. D. H. Bayıroğlu, Statik Ders Notları, İstanbul, 2006.
- [49] BORUSAN, «www.borusanmannesmann.com,» 16 Aralık 2014. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.aslarinsaat.com.tr/kataloglar/borusan-pro-katalogu.pdf>.
- [50] Ravaber, «Panel Levha Teknik Dökümanı_ 100 kg/m³ ve 100 mm,» Ravaber, Kayseri, 2018.
- [51] Ravaber, «Teknik Bilgi Dökümanı_ 150 kg/m³ ve 30 mm,» Ravaber, Kayseri, 2018.
- [52] G. Finch ve M. Wilkinson, «<https://www.rockwool.com/>,» 14 February 2019. [Çevrimiçi]. Available: http://static.test.rockwool.com/globalassets/rockwool-na/downloads/technical-guides/commercial/cavityrock_new_construction_techguide_en.pdf.

EKLER

1. Test Numunesinin dökümanları



Test Cihazının NETZSCH firması tarafından kalibrasyonunun yapıldığına dair belge.



Makinemizin aynı test numunesinin test aralıklarına bağlı olarak standart değerleri



Test numunesinin ölçüsü 300*300*X mm



Test numunesinin kalınlığı $X \times X \times 25$ mm

2. Laboratuvar da yapılan ısı iletkenlik testlerimizin ölçüm değerleri

Time	SP	#	dX(cm)	TUpper	TLower	TMean	TDelta	QUpper	QLower	StdDev	pk/avg	N(t)	k(t)	K(avg)	Status
Time	SP	#	dX(cm)	TUpper	TLower	TMean	TDelta	QUpper	QLower	StdDev	pk/avg	N(t)	k(t)	K(avg)	Status
9:04:10	a	1	2.7275	20.21	3.31	11.76	16.9	8339	6284	0	0	0	0	0	Rough
9:05:15	a	1	2.7267	20.83	2.7	11.77	18.13	6824	5368	0	0	0.00713	0.07836	0.07836	Rough
9:06:20	a	1	2.7267	21.08	2.34	11.71	18.74	4538	4235	0.01699	0.18114	0.00713	0.05432	0.06634	Rough
9:07:25	a	1	2.7267	21.15	2.13	11.64	19.02	3579	3885	0.01832	0.3428	0.00713	0.04238	0.05835	Rough
9:08:31	a	1	2.7266	21.13	1.96	11.55	19.17	3192	3760	0.01823	0.47428	0.00713	0.03754	0.05315	Rough
9:09:35	a	1	2.7266	21.09	1.8	11.45	19.28	2960	3698	0.01789	0.58659	0.00713	0.03434	0.04939	Rough
9:10:40	a	1	2.7266	21.02	1.67	11.35	19.35	2803	3634	0.01666	0.7531	0.00713	0.03235	0.0447	Rough
9:11:46	a	1	2.7266	20.93	1.55	11.24	19.38	2692	3577	0.01612	0.82052	0.00713	0.03146	0.04304	Rough
9:12:50	a	1	2.7266	20.84	1.44	11.14	19.4	2687	3566	0.01558	0.87732	0.00713	0.03132	0.04174	Rough
9:13:56	a	1	2.7265	20.74	1.33	11.03	19.42	2656	3627	0.01505	0.92502	0.00713	0.0314	0.04071	Rough
9:15:01	a	1	2.7265	20.63	1.19	10.91	19.44	2456	3603	0.0074	0.51177	0.00713	0.03065	0.03593	Rough
9:16:06	a	1	2.7264	20.54	1.08	10.81	19.45	2539	3610	0.00377	0.26338	0.00713	0.03043	0.03355	Rough
9:17:11	a	1	2.7264	20.42	0.97	10.69	19.46	2543	3580	0.00225	0.16059	0.00713	0.03037	0.03234	Rough
9:18:16	a	1	2.7264	20.34	0.88	10.61	19.46	2624	3453	0.00137	0.08486	0.00713	0.03063	0.03165	Rough
9:19:21	a	1	2.7264	20.25	0.8	10.53	19.45	2664	3360	0.00104	0.07464	0.00713	0.03036	0.03126	Rough
9:20:26	a	1	2.7265	20.18	0.74	10.46	19.44	2746	3302	0.00071	0.04709	0.00713	0.03	0.0309	Rough
9:21:31	a	1	2.7265	20.12	0.67	10.4	19.45	2839	3271	0.0005	0.02365	0.00713	0.03067	0.03073	Rough
9:22:36	a	1	2.7264	20.06	0.61	10.33	19.45	2814	3268	0.00043	0.02504	0.00713	0.03047	0.03063	Rough
9:23:41	a	1	2.7264	19.98	0.54	10.26	19.45	2697	3299	0.00036	0.02828	0.00713	0.03036	0.03053	Rough
9:24:46	a	1	2.7264	19.92	0.47	10.19	19.45	2841	3301	0.00025	0	0.00713	0.03072	0.0304	Fine
9:25:51	a	1	2.7264	19.85	0.39	10.12	19.46	2769	3223	0.00027	0.0005	0.00713	0.03013	0.03038	Fine
9:26:56	a	1	2.7264	19.79	0.35	10.07	19.45	2913	3169	0.00027	0.00057	0.00713	0.03046	0.03038	Fine
9:28:01	a	1	2.7265	19.75	0.3	10.02	19.44	2995	3105	0.00026	0.00072	0.00713	0.03048	0.03038	Fine
9:29:06	a	1	2.7267	19.71	0.28	9.99	19.43	3009	3021	0.00027	0.00095	0.00713	0.03015	0.03037	Fine
9:30:12	a	1	2.7267	19.67	0.26	9.96	19.41	3103	3027	0.00024	0.00102	0.00713	0.03046	0.03037	Fine
9:31:17	a	1	2.7266	19.64	0.21	9.92	19.44	3088	3134	0.00037	0.00218	0.00713	0.0313	0.03038	Rough
9:32:22	a	1	2.7266	19.59	0.16	9.88	19.43	3015	3069	0.00037	0.0274	0.00713	0.03058	0.03046	Rough
9:33:27	a	1	2.7265	19.55	0.11	9.83	19.44	3055	3116	0.00037	0.02718	0.00713	0.03042	0.03047	Rough
9:34:31	a	1	2.7266	19.51	0.09	9.8	19.43	3045	2997	0.00033	0.02509	0.00713	0.0306	0.03053	Rough
9:35:37	a	1	2.7267	19.48	0.06	9.77	19.42	3168	2957	0.00033	0.02679	0.00713	0.03022	0.03048	Rough
9:36:42	a	1	2.7267	19.46	0.04	9.75	19.41	3247	2913	0.00031	0.02514	0.00713	0.03062	0.03053	Rough
9:37:47	a	1	2.7269	19.45	0.04	9.74	19.41	3300	2882	0.00034	0.02244	0.00713	0.03089	0.03061	Rough
9:38:52	a	1	2.7268	19.43	0.03	9.73	19.4	3321	2897	0.00032	0.0194	0.00713	0.03106	0.0307	Fine
9:39:57	a	1	2.7267	19.41	0	9.71	19.42	3176	2970	0.00034	0	0.00713	0.03117	0.03077	Fine
9:41:02	a	1	2.7267	19.38	-0.03	9.68	19.41	3190	2912	0.00029	0.00074	0.00713	0.03084	0.03075	Fine
9:42:07	a	1	2.7267	19.36	-0.06	9.65	19.42	3168	2950	0.00029	0.00084	0.00713	0.03091	0.03075	Fine
9:43:12	a	1	2.7267	19.34	-0.07	9.63	19.41	3255	2884	0.00027	0.00113	0.00713	0.03071	0.03076	Fine
9:44:17	a	1	2.7268	19.32	-0.08	9.62	19.4	3284	2817	0.00029	0.00119	0.00713	0.03043	0.03076	Fine
9:45:22	a	1	2.7269	19.32	-0.08	9.62	19.4	3349	2781	0.00023	0.00141	0.00713	0.03054	0.03077	Fine
9:46:27	a	1	2.7269	19.31	-0.08	9.62	19.39	3395	2785	0.00023	0.00158	0.00713	0.03065	0.03078	Fine
9:47:32	a	1	2.7268	19.3	-0.1	9.6	19.4	3290	2897	0.00023	0.00168	0.00713	0.03079	0.03078	Fine
9:48:37	a	1	2.7268	19.28	-0.11	9.58	19.39	3277	2861	0.00024	0.00179	0.00713	0.03099	0.03078	Fine
9:49:42	a	1	2.7268	19.26	-0.14	9.56	19.4	3258	2901	0.00022	0.00184	0.00713	0.03092	0.03078	Point

Test Numunesinin ölçüm değerleri

Time	SP	#	dX(cm)	TUpper	TLower	TMean	TDelta	QUpper	QLower	StdDev	pk/avg	N(t)	k(t)	K(avg)	Status
12:51:08	p	1	6.1541	19.18	1.53	10.35	17.65	8698	5334	0	0	0	0	0	Rough
12:52:13	p	1	6.1536	19.89	1.05	10.47	18.85	5478	2835	0	0	0.00713	0.13741	0.13741	Rough
12:53:18	p	1	6.1534	20.18	0.9	10.54	19.28	3156	1734	0.04934	0.34035	0.00713	0.06763	0.10252	Rough
12:54:23	p	1	6.1532	20.29	0.84	10.57	19.45	2447	1538	0.04683	0.62651	0.00713	0.04841	0.08448	Rough
12:55:28	p	1	6.1533	20.34	0.81	10.58	19.53	2163	1490	0.04347	0.85339	0.00713	0.04312	0.07414	Rough
12:56:33	p	1	6.1533	20.37	0.79	10.58	19.58	1982	1460	0.04057	1.03931	0.00713	0.04034	0.06738	Rough
12:57:38	p	1	6.1533	20.38	0.78	10.58	19.6	1886	1462	0.03823	1.19958	0.00713	0.03792	0.06247	Rough
12:58:44	p	1	6.1532	20.38	0.77	10.57	19.61	1828	1464	0.03617	1.33383	0.00713	0.03732	0.05888	Rough
12:59:48	p	1	6.1532	20.37	0.75	10.56	19.62	1769	1455	0.03286	1.55074	0.00713	0.03605	0.05387	Rough
1:00:53	p	1	6.1531	20.37	0.74	10.55	19.64	1805	1492	0.03146	1.63498	0.00713	0.03665	0.05215	Rough
1:01:58	p	1	6.1532	20.36	0.73	10.55	19.64	1698	1429	0.0099	0.61351	0.00713	0.03505	0.04191	Rough
1:03:03	p	1	6.1532	20.36	0.72	10.54	19.64	1702	1441	0.00422	0.25178	0.00713	0.03521	0.03867	Rough
1:04:09	p	1	6.1532	20.35	0.71	10.53	19.64	1701	1445	0.00255	0.15344	0.00713	0.0355	0.03738	Rough
1:05:14	p	1	6.1532	20.34	0.7	10.52	19.64	1711	1461	0.00166	0.10322	0.00713	0.03499	0.03657	Rough
1:06:19	p	1	6.1532	20.33	0.69	10.51	19.64	1655	1414	0.00105	0.05231	0.00713	0.03505	0.03604	Rough
1:07:24	p	1	6.1532	20.32	0.68	10.5	19.65	1685	1444	0.00083	0.04261	0.00713	0.03545	0.03579	Rough
1:08:29	p	1	6.1531	20.32	0.67	10.49	19.65	1690	1448	0.0007	0.03165	0.00713	0.03464	0.03552	Rough
1:09:34	p	1	6.1531	20.31	0.66	10.49	19.64	1653	1423	0.00058	0.03559	0.00713	0.03529	0.03539	Rough
1:10:39	p	1	6.1531	20.31	0.65	10.48	19.66	1692	1434	0.00053	0.03765	0.00713	0.03535	0.03532	Rough
1:11:44	p	1	6.1531	20.3	0.65	10.47	19.65	1652	1422	0.00031	0.01442	0.00713	0.03461	0.03511	Fine
1:12:49	p	1	6.1531	20.29	0.64	10.47	19.65	1683	1427	0.00033	0	0.00713	0.03475	0.03508	Fine
1:13:54	p	1	6.1531	20.28	0.64	10.46	19.65	1635	1406	0.00046	0.00353	0.00713	0.03389	0.035	Rough
1:14:59	p	1	6.1531	20.27	0.63	10.45	19.64	1655	1415	0.00049	0.02641	0.00713	0.03431	0.03481	Rough
1:16:04	p	1	6.1531	20.27	0.62	10.45	19.64	1665	1417	0.00048	0.0258	0.00713	0.03483	0.03478	Rough
1:17:09	p	1	6.1531	20.26	0.62	10.44	19.64	1658	1418	0.00042	0.02393	0.00713	0.03478	0.03472	Rough
1:18:14	p	1	6.1531	20.26	0.62	10.44	19.64	1652	1415	0.00042	0.0244	0.00713	0.03481	0.03473	Rough
1:19:19	p	1	6.1531	20.25	0.61	10.43	19.64	1652	1405	0.0004	0.02146	0.00713	0.03425	0.03463	Rough
1:20:25	p	1	6.1531	20.25	0.61	10.43	19.64	1661	1413	0.00032	0.01858	0.00713	0.03433	0.03453	Fine
1:21:29	p	1	6.1531	20.24	0.6	10.42	19.64	1671	1423	0.00032	0	0.00713	0.0343	0.0345	Fine
1:22:34	p	1	6.1531	20.24	0.6	10.42	19.64	1668	1423	0.00035	0.00037	0.00713	0.035	0.03451	Fine
1:23:40	p	1	6.1531	20.24	0.6	10.42	19.64	1687	1418	0.00041	0.00117	0.00713	0.03521	0.03453	Fine
1:24:44	p	1	6.1531	20.23	0.59	10.41	19.64	1654	1404	0.00037	0.00143	0.00713	0.03414	0.03455	Fine
1:25:50	p	1	6.1531	20.24	0.59	10.41	19.65	1720	1431	0.00039	0.00162	0.00713	0.03415	0.03455	Fine
1:26:55	p	1	6.1531	20.23	0.59	10.41	19.64	1686	1416	0.00043	0.00206	0.00713	0.03462	0.03457	Fine
1:28:00	p	1	6.1532	20.22	0.58	10.4	19.64	1640	1388	0.00049	0.0018	0.00713	0.0338	0.03456	Rough
1:29:05	p	1	6.1532	20.22	0.58	10.4	19.64	1664	1397	0.00048	0.02147	0.00713	0.03465	0.03454	Rough
1:30:10	p	1	6.1531	20.22	0.58	10.4	19.64	1673	1415	0.0005	0.02063	0.00713	0.03404	0.03451	Rough
1:31:15	p	1	6.1531	20.22	0.58	10.4	19.64	1676	1403	0.00052	0.0227	0.00713	0.03503	0.03458	Rough
1:32:20	p	1	6.1531	20.21	0.58	10.4	19.63	1684	1413	0.00053	0.02299	0.00713	0.0351	0.03459	Rough
1:33:25	p	1	6.1531	20.21	0.58	10.4	19.64	1686	1416	0.00049	0.02179	0.00713	0.03478	0.03455	Rough
1:34:30	p	1	6.1531	20.21	0.57	10.39	19.64	1685	1412	0.00048	0.02204	0.00713	0.03423	0.03456	Rough
1:35:35	p	1	6.1531	20.21	0.57	10.39	19.64	1675	1405	0.00046	0.02323	0.00713	0.03457	0.0346	Rough
1:36:40	p	1	6.1531	20.2	0.57	10.39	19.64	1682	1400	0.00041	0.0212	0.00713	0.03447	0.03453	Rough
1:37:45	p	1	6.1531	20.21	0.57	10.39	19.64	1676	1398	0.00041	0.02085	0.00713	0.03449	0.03452	Rough
1:38:50	p	1	6.1531	20.2	0.57	10.39	19.63	1687	1405	0.00033	0.01618	0.00713	0.03459	0.03459	Fine
1:39:55	p	1	6.1531	20.2	0.57	10.39	19.63	1684	1399	0.00027	0.00061	0.00713	0.03445	0.03461	Fine
1:41:00	p	1	6.1531	20.2	0.57	10.38	19.63	1694	1403	0.00023	0.00081	0.00713	0.03461	0.0346	Fine
1:42:06	p	1	6.1531	20.2	0.56	10.38	19.64	1697	1405	0.00015	0.00126	0.00713	0.03466	0.03458	Fine
1:43:10	p	1	6.1531	20.2	0.56	10.38	19.64	1691	1399	0.00012	0.00159	0.00713	0.03459	0.03457	Fine
1:44:15	p	1	6.153	20.2	0.56	10.38	19.63	1679	1391	0.00006	0.00168	0.00713	0.03455	0.03457	Fine
1:45:21	p	1	6.153	20.19	0.56	10.38	19.63	1694	1396	0.00014	0.00159	0.00713	0.03494	0.03457	Fine
1:46:25	p	1	6.153	20.2	0.56	10.38	19.64	1703	1402	0.00016	0.00158	0.00713	0.03432	0.03457	Fine
1:47:31	p	1	6.153	20.19	0.56	10.38	19.63	1702	1403	0.00016	0.00154	0.00713	0.03457	0.03457	Fine
1:48:36	p	1	6.153	20.2	0.56	10.38	19.64	1710	1405	0.00016	0.00157	0.00713	0.03471	0.03458	Point

50 mm 150 kg/m³_ 10 mm 100 kg/m³ Taş yününün ısı iletkenlik ölçümü sırasındaki değerleri

3. Taşyünü üretiminde kullanılan tolerans aralıkları

		TEKNİK BİLGİ DÖKÜMANI			
		RAVABER TAŞYÜNÜ LEVHA			
ÖZELLİKLER	SEMBOL	BİRİM	TOLERANSLAR	TS EN 13162	STANDART
Malzeme	MW			TAŞYÜNÜ	TS EN 13162
Yoğunluk	d	kg/m ³	(+,-)% 10	150	TS EN 1602
Uzunluk Toleransı	l	mm	(+,-) %2	1200	TS EN 822
Genişlik Toleransı	b	mm	(+,-) %1,5	600	TS EN 822
Gönyeden Sapma	S _b	mm	Maksimum 5mm	2 mm	TS EN 824
Yüzey düzlüğü	S _{ençok}	mm	Maksimum 3mm	1,8 mm	TS EN 825
Boyutsal Kararlılık	DS (T+)	mm	%	<1	TS EN 1604
Basma mukavemeti (%10 deformasyon)	CS(10/Y)	kPa		≥20	TS EN 826
Yüzeylerde Dik Çekme	Σt	Kpa		≥7,5	TS EN 1607
Kalınlık	d _N	mm	(- 1, +3)	30	TS EN 823
Ortalama Isıl İletkenlik Değeri	λ _{ort}	W/mK		max. 0,035	TS EN 12667
Yangın Tepki Sınıfı				A1	TS EN 13501-1
Isıl Direnç Beyan Değerleri	R _D	m ² K/W		0.83	TS EN 13162
Azami Kullanım sıcaklığı		°C		760	
Erime Noktası		°C		>1000	DİN 4102
Su Buhan Difüzyon Direnç faktörü	μ		1	1	TS EN 12086
Kısa süreli su emme	W _P	kg/m ²	< 1	< 1	TS EN 1609
Uzun süreli su emme	W _P	kg/m ²	< 3	< 3	TS EN 12087
Sertifikalar	CE (SERT.NO:1020-CPD-010028090) ,ISO 9001,ISO 14001,ISO 18001,ISO 50001				
Ürün anahtarı	MW-TS EN 13162-T5-DS(T+)				
Kaplama	ürün siyah,sarı camtülü ya da alüminyum folyo,kraft kağıt kaplamalı olabilir.				
Deneyle TÜRKAK tarafından akredite TEKNOVASYON laboratuvarında yapılmıştır.					

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Enis Selçuk ALTUNTOP
Uyruğu: Türkiye (T.C)
Doğum Tarihi ve Yeri: 05.08.1991 – Malatya
Medeni Durum: Bekar
e-mail: enisaltuntop@gmail.com
Yazışma Adresi: Köşk Mah. Dede Efendi Sok. 1. Blok No: 12 İç Kapı No: 42
 Melikgazi/Kayseri

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	University of East Anglia, MBA	2017
Lisans	Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü	2014
Lise	Nevşehir Fen Lisesi	2009

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2018-Halen	Ravaber Yapı Ürünleri San. Tic. A.Ş – KAYSERİ	Makine Mühendisi
2017-2018	Aksel Mühendislik	Makine Mühendisi

YABANCI DİL

İngilizce (Uzman), Almanca (Başlangıç),