

**T.C.**  
**TRAKYA ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**RAMÖZ MAKİNELERİNDE VERİM ARTTIRMA YÖNTEMLERİ VE**  
**EKONOMİZER UYGULAMASI**

**FURKAN HAMZAOĞLU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**UYGULAMALI BİLİMLER VE TEKNOLOJİ**

**Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Kenan KARAÇAVUŞ**

**EDİRNE – 2019**

Furkan HAMZAOĞLU'nun hazırladığı "Ramöz Makinelerinde Verim Arttırma Yöntemleri ve Ekonomizer Uygulaması" başlıklı bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından Uygulamalı Bilimler ve Teknoloji Anabilim Dalında bir yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Ünvan, Ad, Soyad):

İmza

Doc. Dr. Bahar UYMAZ  
Dr. Öğr. Üyesi Vedat Toşkin  
Dr. Öğr. Üyesi Kenan KARACAVUŞ

B. Ayarçıoğlu  
[Signature]

Tez Savunma Tarihi: 08.08.2019

Bu tezin Yüksek Lisans ~~Doktora~~ tezi olarak gerekli şartları sağladığımı onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi Kenan Karacavuş

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Prof. Dr. Murat YURTCAN  
Enstitü Müdürü

**T.Ü.FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**UYGULAMALI BİLİMLER VE TEKNOLOJİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**DOĞRULUK BEYANI**

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

08 / 08 / 2019

**Furkan HAMZAOĞLU**



Yüksek Lisans Tezi

Ramöz Makinelerinde Verim Arttırma Yöntemleri ve Ekonomizer Uygulaması

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

Uygulamalı Bilimler ve Teknoloji

## ÖZET

Nüfusun dünya genelinde hızla artması ve teknolojiye ki gelişmeler ile birlikte artan enerji ihtiyaçları dolayısıyla enerji kaynakları her geçen gün insanlığın ihtiyacını karşılayabilmek konusunda daha da yetersiz kalmaktadır. Her ne kadar yenilenebilir enerji üzerine çalışmalar ve gelişmeler gerçekleştirilsede, yatırım maliyetleri ve bazı durumlarda ihtiyaç duyulan enerjinin büyüklüğü sebebi ile yenilenebilir enerji sistemleri kullanılamamakta yada yeterli olamamaktadır. Endüstrinin en önemli fonksiyonlarından biri olan enerji tüketimlerini düşürmek bu bağlamda çok büyük bir önem arz etmektedir. Ramöz makinelerinde enerji tüketim değerleri incelenmiş ve enerji tüketimlerini düşürerek verim iyileştirici çalışmalar yapabilmek için ekonomizer uygulamaları üzerinde analizler gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda pratikte kullanılan bir ekonomizer tasarımı ele alınarak değerlendirilmiştir.

Yapılan matematiksel hesaplamalar Bell Delaware ve Kern yöntemlerinden yararlanarak gerçekleştirilmiş ve aynı zamanda TEMA (Tubular Exchanger Association) standartları kullanılmıştır. Yararlanılan standartlar ilgili bölümlerde de ayrıca belirtilmiştir.

Kurutma performansını arttıracak aynı zaman da ekonomik hale getirecek mekanik ön kurutma yöntemleri üzerine araştırmalar yapılmıştır. Pratikte kullanılan

veya teorik olarak yararlı olabileceği ön görölmesine karşılık bazı dezavantajlarından dolayı kullanılmayan yöntemler de incelenmiştir.

Bu bilgiler ışığında tek geçişli bir ramöz makinesinin ekonomizer kullanıldığı ve kullanılmadığı durumlarda ki enerji tüketimleri karşılaştırılmış ve günde 8 saat çalışma süresi ile 365 gün boyunca çalışan bir ramöz makinesinde elde edilen kazançlar ile birlikte avantaj ve dezavantajları değerlendirilmiştir.

Yıl : 2019

Sayfa Sayısı : 124

Anahtar Kelimeler : Ekonomizer, Ramöz Makinesi, Tekstilde Kurutma, Konveksiyon Kurutma

Master's Thesis

Yield Enhancement Methods in Ramoz Machine and Economizer Application

Trakya University Institute of Natural Sciences

Applied Sciences and Technology

## **ABSTRACT**

Due to the rapid increase in the population worldwide and the developments in technology, energy resources are becoming more and more insufficient to meet the needs of humanity. Although studies and developments are carried out on renewable energy, renewable energy systems cannot be used or sufficient due to investment costs and in some cases the size of the energy needed. Reducing energy consumption, one of the most important functions of the industry, is very important in this context. Energy consumption values were investigated in stenter machines and analyzes were made on economizer applications in order to perform efficiency improvement studies by decreasing their energy consumption. As a result of the analyzes, an economizer design which is used in practice is evaluated.

Investigations on mechanical pre-drying methods that will increase the drying performance and make it economical are also investigated. Although it is suggested that it may be useful or theoretically useful, the methods which are not used due to some disadvantages are also investigated.

Mathematical calculations were made using Bell Delaware and Kern methods and TEMA (Union of Tubular Exchanges) standards were used. The standards used are also mentioned in the relevant sections.

In the light of this information, the energy consumption of a single-pass stenter machine was compared with the economizer, and the advantages and disadvantages were evaluated with the gains obtained in a stenter machine running for 365 days with an 8-hour working time per day.

Year: 2019

Number of pages : 124

Key Words: Economizer, Ramous Machine, Textile Drying, Convection Drying

## TEŐEKKÜR

Lisansüstü eğitimim ve tez sürecinde, desteğini hiç esirgemeyen ve güvenini her zaman hissettirerek motivasyonumu yüksek tutmamı sağlayan sevgili danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Kenan Karaçavuş hocama, tüm zorluklarda ve engellerde beni asla yalnız bırakmayacağına emin olduğum destekcim sevgili Buket Köksoy'a, aldığım her kararda yanımda olan ve elinden gelen desteği sağlayan sevgili annem Selviye Hamzaoğlu'na, sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bugün olduğum kişi olmamı sağlayan, istediğim herşeyi başarabileceğimi bana öğreterek en değerli mirası bırakmış olan sevgili babam Vedat Hamzaoğlu'nu saygı ve sevgi ile anar ve en büyük teşekkürü ederim.



## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iv
ABSTRACT .....	vi
İÇİNDEKİLER .....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xvi
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	xviii
1. BÖLÜM: GİRİŞ .....	2
2. BÖLÜM: LİTERATÜR TARAMASI.....	7
3. BÖLÜM: KURUTMA.....	11
3.1 Kurutmanın Tarihçesi.....	11
3.2 Kurutmanın Tanımı .....	11
3.3 Pasif Kurutma Yöntemleri.....	12
3.4 Aktif Kurutma Yöntemleri .....	12
3.4.1 Isıl Kurutma Yöntemleri .....	13
3.4.1.1 Morötesi Radyasyon (Mikrodalga) Kurutma .....	13
3.4.1.2 Dielektrik kurutma .....	14
3.4.1.3 İletim Yöntemiyle Kurutma .....	15
3.4.1.4 İnfrared (Kızılötesi) Radyant Kurutma .....	15
3.4.1.5 Dondurarak Kurutma.....	16
3.4.1.6 Akışkanlaştırılmış Yatakta Kurutma .....	17
3.4.1.7 Kızgın Buhar Atmosferinde Kurutma .....	18

3.4.1.8	Taşınım Kurutucu (Direkt Kurutucu).....	19
3.4.1.9	Kabin ve Kompartıman Kurutucular .....	19
3.4.1.10	Püskürtmeli Kurutucu .....	20
3.4.2	Mekanik Kurutma Yöntemleri .....	20
3.4.2.1	Vakumda Kurutma .....	21
3.4.2.2	Flaş Kurutma .....	22
3.4.2.3	Tünel Kurutma .....	22
3.4.2.4	Döner Kurutucular.....	23
4.	BÖLÜM: TEKSTİLDE KURUTMA .....	25
4.1	Sıvıların Kumaşta Bulunuş Şekilleri .....	25
4.1.1	Kimyasal Malzemelerin Mamulde Bulunuş Şekilleri .....	25
4.1.2	Suyun Mamulde Bulunuş Şekilleri .....	26
4.2	Tekstilde Kurutma Yöntemleri.....	27
4.2.1	Mekanik Kurutma .....	27
4.2.1.1	Sıkma Yöntemi.....	27
4.2.1.2	Santrifüjleme Yöntemi .....	30
4.2.1.3	Vakumlama Yöntemi .....	32
4.2.1.4	Üfleme Yöntemi .....	35
4.2.2	Isıyla Kurutma.....	36
4.2.2.1	Kontakt Kurutma.....	36
4.2.2.2	Işınlama (Radyasyon) İle Kurutma .....	37
4.2.2.3	Yüksek Frekanslı Kurutma.....	38
4.2.2.4	Yakarak Kurutma .....	38
4.2.2.5	Konveksiyonla Kurutma.....	38
5.	BÖLÜM: RAMÖZLER (GERGEFLİ KURUTMA MAKİNELERİ).....	41

5.1	Ramözün Tanımı .....	41
5.2	Ramöz Çeşitleri .....	43
6.	BÖLÜM: RAMÖZ MAKİNASINDA VERİM ARTTIRICI DEĞİŞİKLİKLER ...	45
6.1	Ramöz Makinası Enerji Tüketim Değerleri .....	45
6.2	Ramöz Makinasında Yapılabilecek Verim Arttırıcı Değişiklikler .....	46
6.2.1	Baca Gazı Nem Oranının Tayini .....	46
6.2.2	Salyangoz Fanının Veriminin Yükseltilmesi .....	49
6.2.3	Taze Hava Girişi .....	54
6.2.4	Düze Yapısının Değişimi .....	60
6.2.5	Mekanik Kurutma Uygulamaları .....	62
7.	BÖLÜM: MATERYAL VE YÖNTEM .....	63
7.1	Ramöz Makinalarında Ekonomizer .....	63
7.2	Ekonomizer Tasarımı .....	65
7.3	Ekonomizer Hesaplamaları .....	70
7.3.1	Isı Taşınım Katsayısı .....	72
7.3.2	Çıkış Sıcaklıklarının Hesabı .....	78
7.3.3	Eşanjör Cidarından Isı Kaybı .....	79
8.	BÖLÜM: BULGULAR VE TARTIŞMA .....	81
8.1	Yapılan Hesaplamalar Sonucunda Tasarlanan Ekonomizerin Avantajları .....	81
8.2	Ekonomizer Açık ve Kapalı Durumda Karşılaştırma Testleri .....	82
8.3	Kurutma Prosesinde Ekonomizer Uygulamasının Etkileri .....	82
8.4	Fikse Prosesinde Ekonomizer Uygulamasının Etkileri .....	88
9.	BÖLÜM: BULGULAR VE TARTIŞMA .....	95
9.1	Sonuç ve Öneriler .....	95
10.	KAYNAKLAR .....	97

11. EKLER.....	99
Ek 1 Kern yönteminde gövde borulu ısı değiştiricilerde gövde tarafındaki boyutsuz ısı çarpanının reynolds sayısı ile değişimi .....	99
Ek 2 Akışa dik boru sayısının düzeltme katsayısı.....	100
Ek 3 Çapsal sızdırmazlık elemanı olmayan gövde-borulu ısı değiştiricilerinde Fb kısa devre düzeltme katsayısı değişimi .....	101
Ek 4 $F_L$ katsayısında kullanılan $\beta_L$ katsayısı.....	102
Ek 5 Psikometrik Diyagram .....	103
12. ÖZGEÇMİŞ .....	104

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AL:	(Atb+Asb) toplam kaçak aralığı alanı (m <sup>2</sup> )
As:	Serbest geçiş kesiti (m <sup>2</sup> )
Asb:	Şaşırtma levhaları ile gövde iç çapı arasındaki toplam kaçak aralığı alanı (m <sup>2</sup> )
Atb:	Şaşırtma levhaları ile borular arasındaki toplam kaçak aralığı alanı (m <sup>2</sup> )
B:	Saptırma plakaları arasındaki mesafe (m)
β:	Isı iletim katsayısı
βL:	FL grafiğinde kullanılan katsayı
C:	Akışkan ısı kapasitesi
cp:	Özgül ısı (J/kg.K)
d:	Çap (m)
dH:	Hidrolik çap (m)
Ds:	Eşdeğer gövde çapı (m)
ε:	Eşanjör etkenliği
F:	Düzeltilme katsayısı
F <sub>d</sub> :	Doğalgaz birim fiyatı ( Çordaş sanayi fiyatı alınmıştır.) (TL)
F <sub>t</sub> :	Parasal olarak yapılan tasarruf miktarı (TL)
F <sub>b</sub> :	Kısa devre düzeltme katsayısı
FL:	Kaçak akımı düzeltme katsayısı
F <sub>n</sub> :	Boru sayısını göz önüne alan düzeltme katsayısı
F <sub>w</sub> :	Pencere etkisini göz önüne alan düzeltme düzeltme katsayısı

G:	Kütleli debi (kg/s)
h:	Isı taşınım katsayısı
Ha:	Doğalgaz alt ısı değeri
h0:	Gövde tarafındaki ideal boru demetine dik akışta ısı taşınım katsayısı
jh,B:	Boyutsuz ısı çarpan
k:	Akışkanın ortalama ısı iletim katsayısı
L:	Uzunluk (m)
Lsb:	Şaşırtma levhası ve gövde iç çapı arası açıklık (m)
$\mu$ :	Dinamik viskozite (N.s/m <sup>2</sup> )
n:	Boru sayısı (adet)
NTU:	Transfer ünitelerinin sayısı, katsayı
Q:	Isı miktarı (kW)
P:	Motor gücü (kW)
Pr:	Prandtl Sayısı
$\rho$ :	Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )
Re:	Reynolds Sayısı
T:	Sıcaklık (°C)
TEMA:	Tubular Exchanger Manufactures Association
v:	Hız (m/sn)
V:	Havanın ısınması için gerekli doğalgaz miktarı (kW)
Vt:	365 gün boyunca günlük 8 saat çalışma süresi için kullanılacak doğalgaz miktarı (m <sup>3</sup> /yıl)
$\nu$ :	Kinematik viskozite (m <sup>2</sup> /s)
Alt İndisler	
1:	Gövde tarafı

1ç:	Gövde tarafı çıkış tarafı
1g:	Gövde tarafı giriş tarafı
2:	Boru tarafı
2ç:	Boru tarafı çıkış tarafı
2g:	Boru tarafı giriş tarafı
c:	Cidar
ç:	Çıkış
g:	Giriş
b:	Boru
x1:	Gövde yatay tarafı
y:	Yalıtım malzemesi
y1:	Gövde dikey tarafı

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4-1 Vakumlama İşlemi Sonucunda Kumaş Üzerinde Kalan Su Miktarları	34
Çizelge 4-2 Kumaşın Nem Oranına Bağlı Olarak Çeşitli Kurutma Yöntemleri İçin Gerekli Isı Miktarları	35
Çizelge 6-1 Gerdirmeli bir kurutucuda harcanan enerji miktarları	46
Çizelge 6-2 Değişen çalışma sıcaklığı ve nem oranları ile atılan enerji miktarları	48
Çizelge 6-3 Kumaş Enlerine Göre Düze Hava Çıkış Hızları	50
Çizelge 6-4 Mevcut fan ile yeni fan arasındaki farklar	51
Çizelge 6-5 Yeni uygulanan fan tasarımı sonucunda yapılan analizlere göre hava çıkış hızları	53
Çizelge 6-6 Mevcut Fan ile Yebi Fanın Karşılaştırılması	54
Çizelge 6-7 Çeşitli Kurutma Tiplerinde Enerji Gereksinimleri	62
Çizelge 8-2 Kurutma Prosesinde Ekonomizer Kullanım Testleri; Kabin Set Değerleri	83
Çizelge 8-3 Kurutma Prosesinde Ekonomizer Kullanım Test Verileri	84
Çizelge 8-4 Kurutma Prosesinde Ekonomizer Denemelerinin Sonuçları (m <sup>3</sup> türünden)	85
Çizelge 8-5 Kurutma Prosesinde Ekonomizer Denemelerinin Sonuçları (kW türünden)	86
Çizelge 8-6 Kurutma Prosesinde Ekonomizer Kullanımı Sonucunda Elde Edilecek Yüzdesel Parasal Kazanç	88
Çizelge 8-7 Fikse Prosesinde Ekonomizer Kullanım Testleri Kabin Set Değerleri	89
Çizelge 8-8 Fikse Prosesinde Ekonomizer Kullanım Test Verileri	90
Çizelge 8-9 Fikse Prosesinde Ekonomizer Kullanım Test Verileri (m <sup>3</sup> türünden)	91
Çizelge 8-10 Fikse Prosesinde Ekonomizer Kullanım Test Verileri (kW türünden)	91



Çizelge 8-11 Fikse Prosesinde Ekonomizer Kullanımı Sonucunda Elde Edilecek  
Yüzdesel Parasal Kazanç

94

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3-1 Mikrodalga Kurutucu .....	13
Şekil 3-2 Mikrodalga Kurutucu İç Şeması.....	14
Şekil 3-3 Dielektrik Kurutma .....	15
Şekil 3-4 Kızılötesi Kurutma .....	16
Şekil 3-5 Dondurarak Kurutma .....	17
Şekil 3-6 Akışkanlaştırılmış yatakta kurutma .....	18
Şekil 3-7 Kabin ve Kompartıman Kurutucu .....	19
Şekil 3-8 Püskürtmeli Kurutucu.....	20
Şekil 3-9 Vakumda Kurutma .....	21
Şekil 3-10 Flaş Kurutma .....	22
Şekil 3-11 Tünel Kurutucu.....	23
Şekil 3-12 Döner Kurutucuda Kurutma İşleminin Gösterimi .....	24
Şekil 3-13 Döner Kurutucu .....	24
Şekil 4-1 Sıkma Yöntemi Hat Şeması.....	28
Şekil 4-2 Sıkma Yöntemi Nem Alma Şekli .....	28
Şekil 4-3 Sıkma Yöntemi Çalışma Prensibi.....	30
Şekil 4-4 Santrifüjleme Makinesi.....	31
Şekil 4-5 Santrifüjleme Makinesi.....	32
Şekil 4-6 Vakum Yöntemi Hat Şeması .....	33
Şekil 4-7 Vakum Sistemi Hat Şeması .....	34
Şekil 4-8 Üfleme Yöntemi ile Kurutma .....	36

Şekil 4-9 Konveksiyon Tipi Kurutma .....	39
Şekil 5-1 Ramöz Makinesi .....	42
Şekil 5-2 İki katlı bir ramöz makinasında kumaş geçiş hatları .....	44
Şekil 6-1 Kurutma verimi (I.Tarakçıoğlu, 1984) .....	47
Şekil 6-2 Mevcut fan teknik ölçüleri.....	51
Şekil 6-3 Tasarlanan yeni fan teknik ölçüleri .....	52
Şekil 6-4 Klasik sistem hava giriş çıkış bölgeleri .....	55
Şekil 6-5 Yeni sistem hava giriş ve çıkış bölgeleri .....	55
Şekil 6-6 Hava giriş ve çıkış bölgelerinin kumaş nemi alma prosesine etkisi .....	56
Şekil 6-7 Hava giriş ve çıkış bölgelerinin kabin sıcaklıkları ve kumaş sıcaklıklarına etkisi .....	58
Şekil 7-1 Üzerinde ekonomizer ile bir ramöz makinasının hat resmi .....	64
Şekil 7-2 Ekonomizer dış görünüşü .....	66
Şekil 7-3 Ekonomizer kesit detay resmi.....	67
Şekil 7-4 Ramöz - ekonomizer hava geçişleri.....	68
Şekil 7-5 Ekonomizer kurulu bir ramöz makinası .....	69
Şekil 7-6 Ramöz makinası üzerinde ekonomizer resmi .....	69
Şekil 7-7 Tasarımda kullanılan ekonomizerin kesit detay resmi .....	70
Şekil 7-8 Tasarımda kullanılan ekonomizerin boru hattı diziliş resmi .....	71
Şekil 7-9 Tasarımda kullanılan ekonomizerin boru detayları .....	72
Şekil 8-1 Kurutma Prosesinde Ekonomizer Kullanımının Doğalgaz ve Elektrik Kullanımlarına Etkisi .....	87
Şekil 8-2 Kurutma Prosesinde Ekonomizer Kullanımının Doğalgaz ve Elektrik Tüketimlerine Etkisi-2 .....	87
Şekil 8-3 Kurutma Prosesinde Ekonomizer Kullanımının Doğalgaz ve Elektrik Tüketimlerine Etkisi-3 .....	88

Şekil 8-4 Fikse Prosesinde Ekonomizer Kullanımının Doğalgaz ve Elektrik Tüketimlerine Etkisi.....	92
Şekil 8-5 Fikse Prosesinde Ekonomizer Kullanımının Doğalgaz ve Elektrik Kullanımlarına Etkisi-2.....	93
Şekil 8-6 Fikse Prosesinde Ekonomizer Kullanımının Doğalgaz ve Elektrik Kullanımlarına Etkisi-3.....	93

## EKLER DİZİNİ

Ek 1 Kern yönteminde gövde borulu ısı değiştiricilerde gövde tarafındaki boyutsuz ısı çarpanının reynolds sayısı ile değişimi (Genceli,2017) .....	99
Ek 2 Akışa dik boru sayısının düzeltme katsayısı (Genceli,2017).....	100
Ek 3 Çapsal sızdırmazlık elemanı olmayan gövde-borulu ısı değiştiricilerinde Fb kısa devre düzeltme katsayısı değişimi (Genceli,2017) .....	101
Ek 4 FL katsayısında kullanılan $\beta L$ katsayısı (Genceli,2017) .....	102
Ek 5 Psikometrik Diyagram Çengel, (2015).....	103

# 1. BÖLÜM

## GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesi ile yaşam şartlarında gerçekleşen değişimler ve bunun sonucunda enerji tüketimleri de artmaktadır. Nüfusun giderek artması da enerji tüketimini oldukça etkilemektedir. Türkiye'nin enerji kullanımında %70 oranında dışa bağımlılığı söz konusu olmaktadır. Bu da enerjinin verimli kullanılmasının önemini daha da arttıran etkenlerden biridir.

Bir ürünün belirli bir sürede üretilebilen miktarı ve ürünün kalitesi düşürülmeden tüketilen enerji miktarının en aza indirgenmesi durumuna enerji verimliliği denmektedir.

Daha detaylı bir şekilde açıklanacak olursa, enerji verimliliği; ısı, hava, gaz, buhar ve elektrikteki enerji kayıplarını en aza indirmek ve hatta mümkünse önlemek, çeşitli atıkların geri kazandırılması ve değerlendirilmesi veya yüksek teknoloji kullanarak üretimi düşürmeden enerji ihtiyacının azaltılması, verimi yüksek enerji kaynaklarının kullanılması, gelişmiş endüstriyel aşamalar, enerji geri kazanma yöntemleri gibi etkinliğe olumlu etki yapabilecek ve üretimdeki miktar ile kaliteyi düşürmeden tüketilen enerji miktarını azaltarak tasarruf sağlayabilecek olan tüm önlemlerin bütünü olarak açıklanabilir.

Türkiye'de 01.06.2006 tarihinde enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılması amacıyla "Enerji Verimliliği Kanunu Tasarısı" taslağı oluşturulmuştur. Taslağın oluşturulma amacı; enerjinin etkin kullanılması, israfın önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunmasıdır. Taslağın hazırlanması ile Türkiye'de enerji verimliliğine gösterilen önemin arttığı belirginleşmiştir. (Sert, 2018)

Enerji verimliliğinde en önemli etken enerji tasarrufudur. Enerji tasarrufu genellikle enerjinin daha az tüketilmesi olarak algılanabilmektedir. Buna basit bir örnek verecek olursak iki ampulden birinin söndürülmesi enerji tasarrufu olarak algılanabilmektedir. Fakat bu durumda enerji kullanımı gerektiren çıktılardan da feragat ettiğimiz yani iki ampulün aydınlatması yerine yalnızca bir ampul aydınlatma sağlayacağı için buna enerji tasarrufu denilemez. Bu durumu gerçekleştirebilmek için yapılabilecek en temel değişiklikler, enerji atıklarının değerlendirilmesi ve mevcut sistemlerde gerçekleşmekte olan enerji kayıplarının önlenmesidir.

Enerji tasarrufunu iki farklı biçimde değerlendirebiliriz. Bunlardan ilki ev, araba ve diğer teknolojik ürünlerde yüksek teknoloji kullanarak daha verimli ürünler ile tasarruf yapmak ve alışkanlıklar ile günlük davranışları enerjisi daha verimli kullanacak şekilde düzenlemek gibi alınabilecek somut önlemler olarak gösterilebilir. İkinci seçenek ise dolaylı yoldan enerji tasarrufu sağlamak olup; mevcut ürünlerin kullanım sürelerini uzatarak yeni ürünlerin üretimini azaltmak; enerji giderlerini minimuma indirecek şekilde yerleşim yerlerini düzenlemek ve daha az enerji tüketen teknolojiler kullanmak ve doğrudan materyal tüketiminin olmadığı yöntemler ile üretim yapabilecek etkinliklere geçiş yapmak şeklinde örneklendirilebilir.

Dünya üzerinde enerjinin bu kadar önemli bir hale gelmesinin dolaylı bir sonucu da tabii ki ekonomik maliyetleri olarak göz önüne çıkmaktadır. Yakıt ve elektrik fiyatlarının son zamanlarda %50'ye kadar artması sonucunda, enerjinin verimli kullanılması çok daha önemli bir durum haline gelmiştir. Ekonomik olarak bakıldığında rekabetçi pazar için enerji verimliliği zorunluluk olmaktadır.

Tekstil endüstrisi, Türkiye'de ekonomik olarak önemli bir rol oynamaktadır. Birçok tekstil işleminde büyük miktarda sıcak atık sıvı ve gaz açığa çıkar. (Kandilli ve Koçlu, 2011)

Enerji verimliliğini arttırmanın amacı ekonomik olarak maliyeti düşürmek ve çevreye CO<sub>2</sub> salınımı ile verilen zararı minimum seviyeye düşürmektir.

Endüstri Devrimi sonrası, sanayileşmede ki, şehirleşmede ki ve dünya nüfusunda ki artışlar enerji kaynaklarına olan ihtiyacı da arttırmıştır. Fosil enerji kaynaklarının kullanılması sonucu ortaya çıkan karbon ve karbondioksit, atmosferdeki gaz birikimini

de arttırmaktadır. Bu şekilde karbon ve türevlerinin havaya atılmasına karbon salınımı adı verilir. Bu durumda ortaya çıkan etkiye sera etkisi adı verilmektedir. (Özmen, 2009)

Sera etkisi sonucunda kükürt ve azot oksitler yağmurlarla birlikte asit oluşturarak asit yağmurları şeklinde yeryüzüne düşmektedir. Havada ki karbon türevlerinin miktarı arttıkça, asidik oluşumlar artarak, asit yağmurları daha çok yeryüzüne düşmektedir. Asit yağmurları düşen bölgelerde çölleşme ve canlı yaşamının sonlanması gibi etkiler görülmektedir. Amerika'da ki Bakır Dağları buna örnek olarak gösterilebilir. Bu bölgede hiçbir canlı yaşamı olmamakta hatta tek bir ot bile yeşerememektedir.

Karbon ve türevlerinin havada asılı kalması ayrıca hava sirkülasyonunun da engellenmesine ve atmosferik faaliyetlerin olması gerektiği gibi gerçekleşmemesine sebep olmaktadır. Bu durum bir çok önemli küresel soruna da sebep olmaktadır. Bu sorunlardan birisi de son dönemde daha da tehlikeli bir hal almaya başlayan küresel ısınmadır. Karbon türevleri salınımı arttıkça küresel ısınma sorunu da daha büyük bir sorun haline gelmeye devam etmektedir.

CO<sub>2</sub> ve türevlerinin doğaya salınımı sonucunda dünyanın doğal dengesi zarar görmekte ve bozuktur. Sera etkisi sonucunda bazı bölgelere aşırı yağışlar düşmekte iken bazı bölgelerde ise hiç yağış düşmemektedir. Bunun sonucunda ise sel, erezyon, kuraklık gibi doğal afetler gerçekleşebilmektedir. (Makal, 2017)

Bu durum enerji tüketimlerinin çok yüksek olduğu tekstil sektörü için de çok büyük önem arz etmektedir. Tüketiciler giderek artan CO<sub>2</sub> salınımlarının perakendecilerden ve tekstil markaları tarafından azaltılmalarını beklemektedir. Tekstil sektöründe karbon kullanım oranının üretimde önemi büyüktür. Örnek verilecek olursa üretilen pamuk bir ceket üretilirken 6 kilogram ve kullanılırken de 13 kilogram CO<sub>2</sub>'ye neden olmaktadır.

Endüstriyel işletmelerde enerji giderleri genel toplam giderlerin içerisinde önemli bir oranda olmaktadır. Enerji verimliliği bu doğrultuda önemli bir ekonomik tasarruf sağlanmasının yanında çevre kirliliğinin de azaltılmasına önemli ölçü de katkılar sağlayacaktır.

Yapılan çalışmalar ile birlikte tüm endüstriyel kurutma sistemlerine değinilmiş, kullanım alanlarından, avantaj ve dezavantajlarından bahsedilmiştir. Kurutma yöntemleri gerek tüm endüstriyel kurutma yöntemleri değerlendirilirken gerekse tekstil sektöründe



kurutma yöntemleri değerlendirilirken iki başlık altında toplanmıştır. Tüm kurutma yöntemleri ısı ve mekanik kurutma yöntemleri altında toplanmıştır. Bu yöntemlerin detayından ve enerji tüketimleri adına karşılaştırmalarından ilerleyen bölümlerde detaylıca bahsedilmiştir.

Tekstil sektöründe sıvılar kumaş içerisinde birkaç farklı şekilde bulunabilmektedir. Bu sıvıların kumaşta bulunuş şekline göre nemliliğin yok edilmesini sağlayan yöntemlerde değişiklik gösterebilmektedir. Hangi durumlarda hangi kurutma yönteminin daha performanslı kurutma yapabileceğine değindikten sonra esas problemimiz olan ramöz makinalarına değineceğiz.

Kısaca bahsedecek olursak ramöz makinaları kapalı bir konstrüksiyon içerisinde oda (kabin) veya odalardan oluşan bir sisteme düze adı verilen hava kanalları vasıtası ile sıcak havanın verilmesi, ve kumaşın kenarlarından zincir veya benzeri sistemlerle gerdirilerek bu düzelerin arasından geçirilmesi esnasında sıcak havanın etkisiyle kurutulmasını sağlayan makinalardır. Ramöz makinaları hakkında çok fazla sınıflandırmaya literatürde rastlanmamıştır. Bunun sebebi olarak makine yapılarının bazı konularda müşteri taleplerine bağlı olarak değişmesi olarak gösterilebilir. Yani kabin sayısı, kabinlerin yanyana yada iki kat olacak şekilde üstüste konulması, kurutma havası olarak kullanılacak olan havanın ısıtılma şekli (doğalgaz, kızgın yağ, elektrik vs.), kurutma havası yerine direkt olarak kurutma gazı kullanılması, hatta kumaşı taşıyan zincirlerin konstrüksiyon yapısı müşteri taleplerine göre şekillenmektedir.

Fakat daha açıklayıcı olması adına bu tezde tüm bu etkenlere göre ramöz makinaları sınıflandırılmış ve tüm çeşitleri listelenmiştir.

Tekstil sektörünün en önemli makinelerinden biri olan ramöz makinası üzerinde yapılabilecek bazı değişiklikler ile birlikte enerji verimliliğinin arttırılmasını sağlayabilecek çalışmalar yapılacaktır. Bu çalışmalar sırasında teorik hesaplamaların yanı sıra pratikte yapılan testlerin sonuçlarına da değinilecektir. Birçok yöntem ele alınarak sistemlerine göre sınıflandırılacak ve kazançları mümkün olduğunca somut bir şekilde ortaya konulacaktır. Bu sistemlerden yalnızca biri kullanılabilmesi gibi birkaçı da uygulanarak ramöz makinasının verimliliği ve enerji tüketimleri ciddi oranda azaltılabilir. Sistemlerin ön yatırım maliyetleri hakkında da bilgiler verilerek bazı durumlarda alternatif sistemlerle karşılaştırılmaları da yapılacaktır. Bu sistemlerden

bazılarını makineye eklenilebilecek olan üniteler oluşturmakla birlikte bir kısmı tasarımsal ve konstrüksiyonel değişiklikler ile daha verimli sonuçlar elde etmek üzerine gerçekleştirilmektedir.

Mühendislik uygulamalarının en çok karşılaşılan ve en çok karşılaşılan işlemlerinden biri olan, farklı sıcaklıklardaki iki veya daha fazla akışkanlar arasındaki ısı değişimidir. Bu değişimin yapıldığı sistemler, genelde ısı değiştirici olarak adlandırılmakta olup, termik santrallerde, ısıtma, soğutma, iklimlendirme tesisatlarında, kimya endüstrilerinde, taşıt araçlarında, elektronik cihazlarda, alternatif enerji kaynaklarının kullanımında vb. birçok yerde kullanılabilir. (Demir, 2017)

Materyal ve yöntem bölümünde, atık havanın makine içerisine alınan sıcak havayı ısıtmak için kullanılmasını içeren, bir eşanjör mantığında çalışan ekonomizer ünitesinin tasarımı ve analizlerine değinilecektir. Burada tasarımı gerçekleştirilen ekonomizer endüstride yoğunlukla kullanılmakta olan bir modele bağlı olarak gerçekleştirilmiştir. Ölçüler ve tasarım gerçek ürünle birebir kullanılmış olup yapılan analizlerin ve hesaplamaların gerçeğe en uygun şekilde olması amaçlanmıştır.

Yapılan bu hesaplamalar sonucunda tasarımda kullanılan ekonomizer uygulaması için yıllık 100.599,84 m<sup>3</sup> doğalgaz tüketiminden tasarruf sağlanabileceği öngörülmüştür. 2019 Ocak ayı itibari ile en çok doğalgaz tüketilen ilimiz olan İstanbul da sanayi doğalgaz m<sup>3</sup> fiyatı 1,1508 TL/m<sup>3</sup> olarak işlem görmektedir. Buradan çıkarılan sonuçla yalnızca ekonomizer uygulaması gerçekleştirildiğinde dahi çok ciddi ekonomik kazanımlar sağlanabilmektedir. Ayrıca enerji kaynaklarının verimli kullanılması adına da çok önemli bir yarar sağlayacağı da ortaya konmuştur.

## 2. BÖLÜM

### LİTERATÜR TARAMASI

Bengül (2007), Bu çalışmada gerek evsel gerekse endüstriyel atıkların sahip olduğu enerjilerden yararlanarak, Atık uzaklaştırma sistemlerine entegre edilen sistemler ve bu sistemler vasıtası ile enerji geri kazanımları incelenmiştir.

Cabak (2018), Dünyada ki fosil yakıtı rezervlerinin gün geçtikçe daha da azalmasının nedenleri olarak sanayileşme ve gelişen teknolojinin enerji tüketimlerini arttırması ile enerjinin verimsiz kullanılması sayılabilir. Bu çalışmada enerji verimliliği ele alınarak endüstrilerde enerji dağılım bilgileri ile endüstriyel tesislerde enerji kayıpları incelenerek enerjinin verimsiz kullanıldığı uygulama alanları belirlenmiştir. Yapılan çalışmaların verimliliğe olan etkileri analiz yöntemleri ile birlikte pratik ve teorik çalışmalar ile desteklenmiştir. Birden fazla sektörde uygulanabilir olmasının etkisitle gelecek çalışmalara da ışık tutması hedeflenmiştir.

Çıtır (2013), Azalan enerji kaynakları ile birlikte artan enerji ihtiyaçları ve maliyetleri, rekabetçi sanayi koşulları ve çevreye karşı olan sorumluluklarımız, enerji kaynaklarını daha verimli olarak kullanmayı gerektirmektedir. Bu tezde sanayide enerjinin daha verimli kullanılması için Profil Haddehanesi tav fırınında ekonomizer ile olarak atık ısı geri kazanım çalışması gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen çalışmalarda baca gazı ölçümleri yapılmış, ölçüm sonuçları değerlendirilmiş, ilgili sonuçlar ve kuruluş verileri ile birlikte, kütle ve enerji dengesi hesaplamaları kullanılarak kazançları, geri ödeme süreleri ile birlikte belirlenmiştir. Tasarlanan ekonomizerin verimi %84 olarak belirlenmiştir.

Demir (2017), Günümüzde enerjinin öneminin artması nedeni ile ısı sarfiyatlarının minimum oranlara düşmesi arzu edilmektedir.. Endüstride ve diğer birçok alanda bir parametre olan ısı değiştiricilerin verimliliğini arttırmak bu konuda büyük bir önem teşkil etmektedir. Çalışmada iki farklı ekonomizerin özelliklerinin,

kullanılan su debisinin ve atık gaz hızının ısı geçişine olan etkisi gözlenmiştir. Isıl hesaplar ile "Solidworks Flow Simulation" programı sonuçları kıyaslanmıştır. Baca gazının ekonomizere giriş ve çıkış bölgeleri ile tasarımında değişiklikler yaparak, ısıl etkenliğini arttırmak bu tezin amacı olarak özetlenebilir.

Gelir (2017), çalışmada enerji sarfiyatının yoğun olduğu tekstil endüstrisinde, enerjinin en çok kullanıldığı bölümlerden olan terbiye dairesindeki ramöz makinesinde ısı geri kazanım mekanizmasının yakıt tüketimi üzerindeki etkisi gözlenmiştir. Kurutma ve fikse amacı ile kullanılan ve konveksiyon kurutma metoduyla iş gören ramöz makinesi için ısı geri kazanımında önce ve sonrası olmakla beraber termodinamik analiz kullanılarak yakıt sarfiyatı ve havanın kurutma sonrasındaki özellikleri analiz edilmiştir. Bu çalışma sonunda bulunan değerler sonucunda gövde borulu ısı eşanjörünün kullanıldığı ısı geri kazanım sistemi ile ramöz makinesinin doğalgaz sarfiyatında tasarruf edildiği gözlenmiştir. 12,84 ay gibi bir sürede geri dönüşümü olan ısı geri kazanım uygulaması sonucunda yakıt sarfiyatı 52,07 m<sup>3</sup>/h biriminden 40,81 m<sup>3</sup>/h birimine düşerek % 21,6'lık bir tasarruf ortaya çıktığı gözlenmiştir.

Hasanbeigi ve Price (2011), Tekstil endüstrisinde enerji verimliliği teknolojileri ve uygulamaları ile ilgili araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Tüm dünya genelindeki tekstil fabrikalarına dair enerji tasarrufu ve maliyet bilgileri ile risk analizleri üzerine çalışmalar yapılmıştır. 184 adet enerji verimliliği tekstil sektöründe geçerli olacak şekilde bu çalışmada tanıtılmıştır. Böylece dünya tekstil sektörüne önemli bir bakış sunulmuştur. Farklı tekstil işletmelerinde tüketilen enerji kaynakları incelenerek alt tekstil sektörleri için enerji verimliliği artırma çalışmaları yapılmıştır. Çalışmanın sonuçları tekstil endüstrisinde enerji verimliliği konusunda alınacak önlemlerin düşük maliyetler ve amortisman süreleri ile mümkün olduğunu göstermiştir.

İskender (2012), Bu çalışmada doğalgazlı ve sürekli yükelemeli, azot-metanol atmosfer kontrollü, tel bant konveyörlü ve ısıl işlem fırınlarında kullanılmak üzere brülör tasarımı ve imalatı gerçekleştirilmiştir. Tasarımı gerçekleştirilen brülörde ki doğalgaz yanması hem teorik hem de deneysel olarak incelenmiştir. Brülör giriş doğalgaz ve hava basıncı değerleri değişken girdi olarak alınmış olup bu doğrultuda yanma (baca) gazı sıcaklığı, hava fazlalık katsayısı, baca gazı emisyonları (oksijen, karbonmonoksit, karbondioksit, azotdioksit, azotoksit) ve doğalgaz tüketimleri

hesaplanmıştır. Hava fazlalık katsayıları brülör girişinde ki doğalgaz ve hava basıncı değerlerine göre tespit edilmiştir. Farklı değerlerde ki hava fazlalık katsayılarına göre teorik olarak hesaplanan karbondioksit, azot ve oksijen emisyonları deneysel olarak da ölçülmüştür.

Kandilli ve Koçlu (2011), Tekstil sektörü ülkemizde ekonomik olarak önemli bir rol oynamaktadır. Fakat sıcak sıvı ve gazların çok büyük bir çoğunluğu atık olarak doğrudan dışarıya atılmaktadır. Tekstil sektöründe kullanılan bu atıkların geri kazanılması için ısı geri kazanım sistemi kullanmak ve bu şekilde enerji tasarrufu sağlamak mümkündür. Yapılan bu çalışmada ilgili ısı geri kazanım sistemi Uşak Organize Sanayi Bölgesinde'ki bir firmaya kurulmuştur. Battaniye üzerine çalışan bu firmada optimum çalışma koşulları için termodinamiğin birinci ve ikinci kanunu değerlendirilerek akış plakalı bir eşanjör ile işlemler gerçekleştirilmiştir. Enerji tüketimlerini ve üretim sürelerini azaltmak ile çevresel etkileri iyileştirmek üzerine gerçekleştirilen bu çalışmanın tekstil endüstrisine ekonomik faydalar sağladığı görülmüştür.

Karaaslan (2006), Tekstil terbiyesinde kullanılmakta olan gergefli kurutucular olan ramözlerin bacalarından atılan atık havada mevcut bulunan ve işe dönüştürülemeyen fazla miktarda ki atık enerjinin bir ısı geri kazanım sistemi kullanılmayarak dışarıya atılması tekstil işletmeleri için önemli bir kayıptır. Bu çalışmada ise tasarlanan ve havadan suya çalışan laboratuvar tipi bir yıkama kulesi konstrüksiyonu gerçekleştirilerek, ramözden atılan atık havayla işletme suyunun ne kadar ısıtılacağı araştırılmıştır. Kullanılan suyun debisi, sıcaklığı ve atık havadaki nem miktarı ile yıkama kulesinin özelliklerinin kazanılan enerji miktarına etkileri incelenmiştir.

Sert (2018), Bu çalışmada bir tekstil fabrikasında enerji verimliliğini arttırabilecek olan fırsatların tespit edilerek enerji verimliliğinin arttırılma ile ilgili çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmalarda; fanlar, kojenerasyon tesisi, klima santralleri, basınçlı hava sistemleri ve kaçakları, buhar kaçakları, kızgın yağ ve buhar kazanı, ring iplik makineleri ve ram makineleri, sıcak hatlar ve yüzeyler ile aydınlatma sistemleri mevcut çalışma şartlarında analiz edilerek iyileştirme potansiyelleri göz önünde bulundurularak proje önerileri sunulmuştur.

Şekkeli, Keçecioğlu (2012), çalışmada, bir tekstil endüstrisinde çalışan Ramözün enerji tüketimini optimizasyonunun yapılmasına ait atık ısı geri kazanım sistemi uygulanmıştır. Atık ısı geri kazanımında SCADA kullanarak kontrol edilerek çalışılmıştır. Uygulamada baz alınan ramöz makinesinde kurutmayı gerçekleştirmek için gerekli ısı, bir kızgın yağ kazanı ile yapılmaktadır. Isı geri kazanımı, ramözden atmosfere atılan atık havanın bir ısı dönüştürücüyle yeniden kullanımı ile yapılmaktadır. Çalışmanın sonucunda önemli ölçüde ısı enerjisi kazanımı olmuştur. Ramözde elde edilen ısının tekrar kullanılmasıyla, kazan için gerekli kömür miktarı azaltılmıştır. Ramöz makinesinin sebep olduğu hava kirliliği ısı geri kazanım sisteminde ön temizleme filtresi kullanılarak azaltılmıştır. Bu çalışma birmiştir ve ülkemizdeki en büyük tekstil fabrikalarından birinde gerçekleştirilmektedir.

Uçak (2010), Enerjinin yoğun olarak kullanıldığı bir sektör olan tekstil sanayinde, enerjinin en fazla kullanıldığı bölümlerin başında gelen boya terbiyesinde, ramöz makinalarında kullanılan enerjiyi minimize etmek bu çalışmanın amacıdır. Fikse, apre ve kurutma proseslerinde kullanılmakta olan ve konveksiyon kurutma metodu ile çalışan ramöz makinalarında kullanılan hava debisini, minimum seviyeye indirgeyerek farklı kumaşlar için deneyler yapılmıştır. Bu çalışmalar yapılır iken kumaşta ki kalitenin bozulmaması ve üretimin azalmaması şart olarak kabul edilmiştir. Yapılan her deneyden sonra sonuçları gösteren çizelgeler oluşturulmuş ve sonuçları değerlendirilmiştir.

Yalkın (2001), Yüksek etkinlik değerleri ile döner tip ısı değiştirgeçleri, en ekonomik ve en kısa amortisman sürelerine sahip ısı değiştirgeçlerinden biridir. Günümüzün en önemli gereksinimlerinden olan enerjinin geri kazanımını sağlayan ısı değiştirgeçlerinden döner tip ısı değiştirgeçleri bu çalışmada ele alınmış ve avantajları, dezavantajları ile konstrüksiyonu ve matrisin yapısı incelenmiştir.

Yılmaz (2010), Tekstil sektöründe kullanılan ramözlerden atılan hava, işe dönüştürülemeyen çok fazla miktarda atık enerji içermektedir. Kullanılacak bir ısı geri kazanım sistemi ile bu ısının bir kısmı tekrar kullanılabilir. Bu çalışmada su hava temasına dayalı olarak çalışan, baca tipi bir ekonomizer kullanılarak atık hava ile işletme suyunun ısıtılması ele alınmıştır.

## 3. BÖLÜM

### KURUTMA

#### 3.1 Kurutmanın Tarihçesi

Kurutma tarihinde bilinen ve eski çağlardan beri süregelen yöntem güneşte bekleterek kurutmadır. Bu yöntem ekonomik olarak oldukça elverişlidir. Yıkanan kıyafetlerin kurutması için güneşe asılmasından, dalından toplanan yaş meyvelerin güneşte bekletilerek kurutulması bu yöntem içine girmektedir. Çay, fındık ve maden gibi ürünler de güneşte bekletilerek kurutulabilmektedir. Hava kirliliği, tozlanma ve böceklenme gibi etkiler sonucunda güneşte kurutma yöntemi artık çok makul görülmemektedir. (Kutlu, 2012)

Yerleşme alanlarının artması ile güneşte kurutmak için boş alanlar azaldığından dolayı bu kurutma yöntemine engel olmaktadır. Endüstride zamanın önemide düşünüldüğüne tesis büyüklüğünde kurutma hatları ve makinaları zaruriyet haline gelmiştir. Bu nedenle, ihtiyaçlar doğrultusunda endüstriyel alanda kurutma sistemleri geliştirilmeye başlanmıştır.

#### 3.2 Kurutmanın Tanımı

Katı, sıvı ve gaz maddelerden aktif yada pasif kurutma yöntemleri kullanılarak istenmeyen su ya da diğer sıvıların uzaklaştırılması, maddenin susuzlaştırılması işlemine kurutma denir. Genellikle kurutma, katı malzemelerden ısıl yöntemlerle su veya eritkenlerin uzaklaştırılması şeklinde karşımıza çıkar. Gazların kurutulma işlemine nem alma denir. Nem alma, bir kurutma ortamı vasıtasıyla genellikle yoğuşma ve soğurma işlemiyle gerçekleşir. Sıvıların kurutulması için yapılan işleme ise damıtma adı

verilir. Damıtma iki veya daha fazla sıvının kaynama noktaları arasındaki farkları kullanarak ayrıştırılmaları olarak açıklanabilir.

Birçok sektörde kurutma uygulamalarına rastlanabilir. Bunlara örnek olarak gıda, kimya, maden, tekstil, geri dönüşüm ve makine sektörleri sayılabilir.

### **3.3 Pasif Kurutma Yöntemleri**

Güneşte kurutma yöntemi gibi ek bir materyal kullanılmadan zaman ve doğa koşullarından yararlanarak gerçekleştirilen kurutma yöntemlerine pasif kurutma yöntemleri adı verilir.

Kurutmanın tarihçesi bölümünde bahsedilen güneşte bekletme benzeri kurutma yöntemleri pasif kurutma yöntemlerine örnek olarak verilebilir.

### **3.4 Aktif Kurutma Yöntemleri**

Makine, teçhizat yada bir tesis yardımı ile gerçekleştirilen kurutma yöntemlerine ise aktif kurutma yöntemleri denir. Bu yöntemlere örnek olarak, çamaşır kurutma makinesi, fön makinesi gibi makineler verilebilir.

Aktif kurutma yöntemlerini temel olarak iki gruba ayırabiliriz. Bunlardan birincisi ısı yöntemleri ile gerçekleştirilen kurutma işlemleridir. Bir diğer seçenek ise mekanik kurutma yöntemleridir. Isı yöntemleri ile yapılan kurutma doğru koşullar oluşturulduğu takdirde iyi sonuçlar vermesine karşın mekanik yöntemlerle yapılan kurutmaya nazaran daha maliyetli olmaktadır. Mekanik yöntemler ise, ekonomik olmakla birlikte gerekli kurutma performansının tamamını sağlayamadığı durumlar olabilmektedir. Ayrıca diğer bir dezavantajı da bazı sektörlerde özellikle hassas ürünlere zarar verebilme ya da yapısını bozma olarak belirtilebilir.

Buradan çıkarılan sonuçla mümkün olduğu durumlarda mekanik kurutma yöntemlerinin ön kurutma işlemi olarak sıvı kütlesinin bir kısmını üründen uzaklaştırmasının ardından ısı yöntemleri uygulanması ekonomik olabilmektedir. Bu



durum genel geçer bir kural olmamakla birlikte farklı proses ve uygulamalarda, farklı sektörlerde çeşitli kurutma yöntemleri ideal çözüm olabilmektedir.

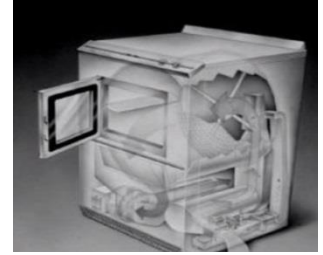
### 3.4.1 Isıl Kurutma Yöntemleri

Isı transferi prensiplerine dayanarak, bir ortamın ısıtılması ve ürünün bu ortam içerisinde sıcak hava ile gerçekleştirdiği ısı geçisi sırasında üzerindeki nemlerin alınması yöntemiyle kurutulması, doğrudan ürün üzerine morötesi radyasyon, kızılötesi radyant gibi etkiler uygulayarak kurutulması ve dielektrik kurutma gibi yüksek frekanslı elektrikten yararlanarak gerçekleştirilen kurutma yöntemleri bu başlık altında incelenecektir.

#### 3.4.1.1 Morötesi Radyasyon (Mikrodalga) Kurutma

Elektromanyetik radyasyon kullanılarak gerçekleştirilen morötesi kurutmada monomer yapılı kaplamalar ve boyar maddeler ultraviyole radyasyon etkisinde işlenirler. (Toraman, 2011)

Bu kurutma çeşidinde en önemli sorun ise yüksek yatırım maliyetleridir. (Güngör, 1997)



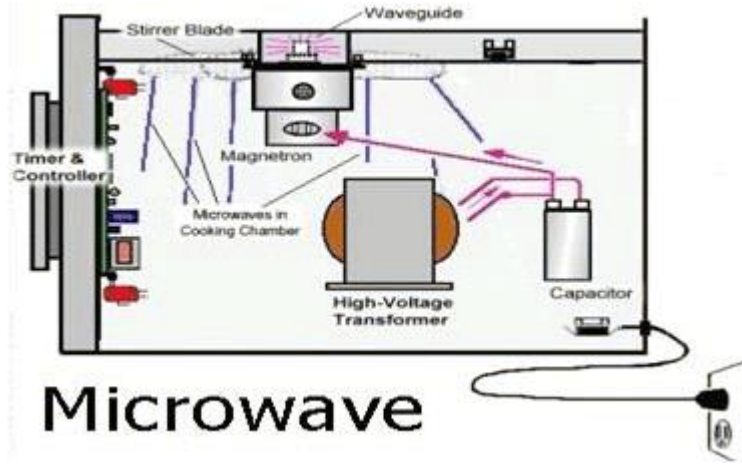
Şekil 3-1 Mikrodalga Kurutucu

Şekil 3-1’de bir mikrodalga kurutucunun dış görünüşü şeffaf olarak verilmiştir.

Mikrodalga kurutucular yüksek frekanslara sahiptir ve bu tip kurutucularda 900-5000 Mhz bantları kullanılır. Mikrodalgalar; salınım halindeki elektrik ve manyetik alandan oluşmaktadırlar. Mikrodalgaların elektrik alanı ile maddenin/materyalin kimyasal bileşenlerinin etkileşimi ile bir ısı meydana gelmektedir. Bu çıkan ısıya da dielektrik ısıtma olarak adlandırılabilir.

Mikrodalga kurutmada alınması gereken koruyucu önlemler sistemin sürekli olarak çalışmasında güçlük yaratabilir. Alınması gereken önlemler de mikrodalga

kurutmayı, dielektrik kurutmaya göre daha pahalı duruma getirmektedir. Şekil 3-2’de bir mikrodalga kurutucunun iç şeması gösterilmektedir.

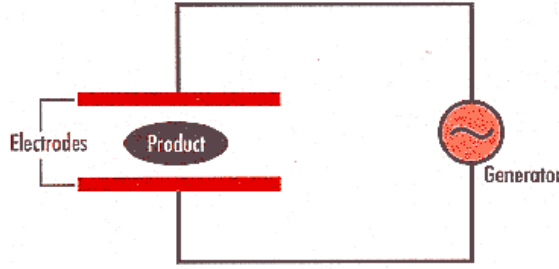


Şekil 3-2 Mikrodalga Kurutucu İç Şeması

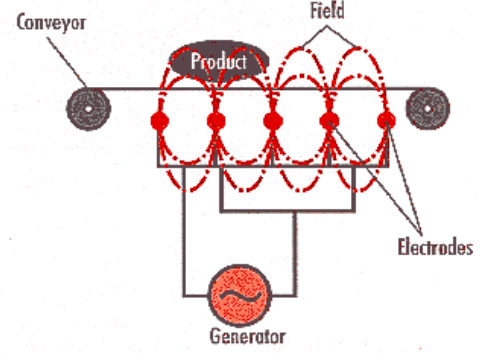
#### 3.4.1.2 Dielektrik kurutma

Dielektrik kurutma yönteminde nemli malzeme yüksek frekansa sahip bir elektrik alana yerleştirilir ise malzeme içerisinde ısı üretilmeye başlanır. Malzemenin nemli bölgelerinde kuru bölgelerine kıyasla daha fazla ısı üretilir ve bu sayede nem profili malzeme içerisinde otomatik olarak düzenlenmiş olur. Malzemenin içerisindeki su böylece malzeme aşırı ısıtılmadan buharlaştırılmış olur. Şekil 3-3’de dielektrik kurutma sisteminin çalışma prensibi gösterilmiştir. (Güngör, 1997)

### RF THROUGH HEATING



### RF STRAY FIELD HEATING



Şekil 3-3 Dielektrik Kurutma

#### 3.4.1.3 İletim Yöntemiyle Kurutma

İletim yöntemi ile kurutmada kurutulmak istenen ürün ısıtılan bir yüzey ile temas ettirilmektedir. Malzemenin fazla ısınmasını engellemek ve ısıtmanın homojen olmasını sağlamak bu yöntemde alınması gereken önlemlerdir. İletimle kurutma yöntemi kağıt üretim ve kurutulma sektörlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemle karşılaşılabilecek başlıca sorunlar yetersiz kurutma hızları, homojen olmayan ısı ve kütle transfer koşulları, yatırım ve işletme maliyetlerinin yüksek olması ve bazı kontrol problemleridir. Bu olası sorunlara rağmen iletim yöntemi ile kurutma yapan sistemlerin alternatif kurutma sistemlerine dönüştürülmesi yatırım, işletme ve bakım maliyetleri gerekçesiyle tercih edilebilir olamamaktadır. (Güngör, 1997)

#### 3.4.1.4 İnfrared (Kızılötesi) Radyant Kurutma

Elektrikle ısıtılmış yüzeyler vasıtası ile kızılötesi lambalar, termal radyasyon ve buhar ısıtılmalı kaynaklar kurutma teknolojisinde kullanılabilir. Bu mekanizmalar ince levha yapısında ki malzemelerin kurutulması için uygundur çünkü malzemenin yüzeyine yakın bölgeleri ısıtılabilir. Bu uygulamada ısı transferi kurutulan malzemenin özelliklerine ve termal radyasyon yayan malzemenin karakteristiği ile yapısına bağlıdır. Bu yüzden ısı verim bazı durumlarda düşük olabilmektedir. (Güngör, 1997)

Bu yöntem genellikle kağıt, tekstil gibi üzerinde motif desen içeren ince yapılı ürünlerin kurutulmasında kullanılır. Ürünün yanabilir olması durumunda ısı kaynağı

kurutulacak malzemeye yakın tutulmamalıdır. Şekil 3-4'de kızılötesi kurutma yöntemine ait bir fotoğraf görülmektedir.

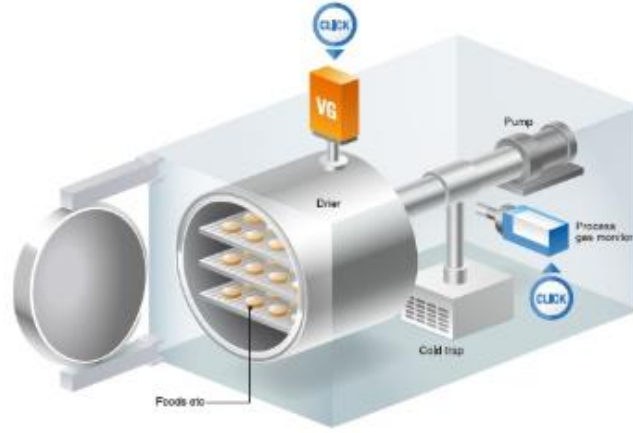


Şekil 3-4 Kızılötesi Kurutma

#### **3.4.1.5 Dondurarak Kurutma**

Dondurarak kurutma yönteminde, kurutma hızının yeterli seviyede elde edilebilmesi için çok düşük seviyede basınç gerekmektedir. Atmosfer basıncının ne kadar altında basınç elde edilirse o kadar yüksek vakumda elde edilmiş olacaktır. Bu yöntemde  $-10^{\circ}\text{C}$  ile  $-40^{\circ}\text{C}$  arası sıcaklıklarda kurutma yapılmaktadır. Malzeme dondurulduktan sonra kızılötesi radyasyon veya iletim ile ısı geçişi yapılmaktadır.

Ekonomik ve hızlı olmamasına rağmen dondurarak kurutma yöntemi ısıya karşı duyarlı malzemeler için tercih edilebilir olmaktadır. Örneğin serumlar, farmakolojik ürünler, bakteri kültürleri, sebze, meyve suyu, kahve ve çay özlerinin elde edilmesi ile et ve süt ürünlerinde bu kurutma yöntemi uygulanabilmektedir. Şekil 3-5'de dondurarak kurutma sisteminin çalışma prensipleri gösterilmiştir. (Güngör, 1997)



Şekil 3-5 Dondurarak Kurutma

#### 3.4.1.6 Akışkanlaştırılmış Yatakta Kurutma

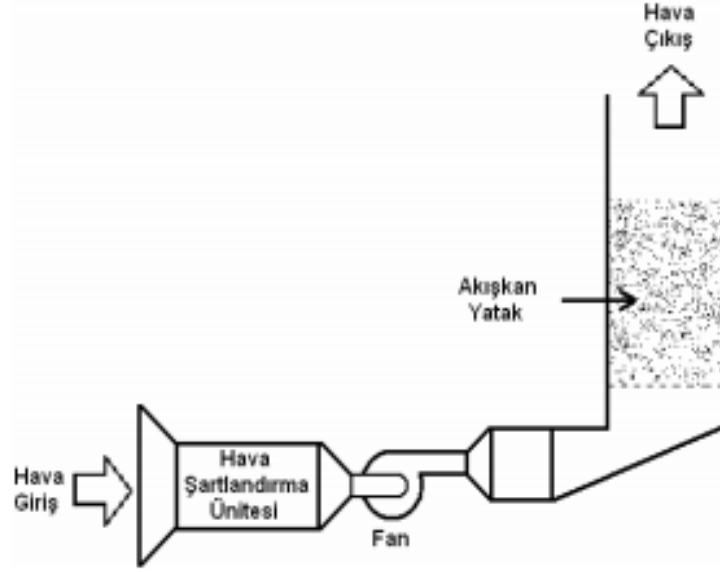
Tanecik yapısındaki maddeler arasından akışkanlaştırılmış yatak üzerinde kurutma ortamı gazı geçirilerek yapılan kurutma işlemidir. Akışkanlaştırma gazı ile toz veya tane yapıdaki kurutulacak olan malzeme arasında ki temas çok iyi olduğundan, tanecikler ve kurutma havası arasında ısı transferi de etkin bir şekilde gerçekleşir.

Bu yöntemin en büyük avantajları, büyük sıcaklık farkları olmaksızın malzemelerin kurutulmasına imkan tanınmasıdır ve otomatik yükleme ve boşaltmaya elverişli olması sebebi ile kurutma işlemini kısa sürede tamamlaması olarak sıralanabilir.

Akışkan yatak teknolojisi, kurutma, karıştırma, absorpsiyonlu sistemlerde ve reaktör mühendisliğindeki ısı değiştiricilerinin yanı sıra, akışkan yataklı yakma sistemlerinde de uygulama alanı bulmaktadır (Genceli 1999).

Akışkanlaştırılmış yatak, kömür, kireçtaşı şiş, fosfat, plastik ilaç tabletleri kurutması için uygundur. (Güngör, 1997)

Akışkanlaştırılmış yatakta kurutma sisteminin çalışma sistemi Şekil 3-6'da gösterilmiştir.



Şekil 3-6 Akışkanlaştırılmış yatakta kurutma

### 3.4.1.7 Kızgın Buhar Atmosferinde Kurutma

Gungor, A., Ozbalta N.'ye göre (1997);

(...) Bir malzemenin kurutulmasında hava veya diğer gazlar kullanıldığında, uzaklaştırılan nem buharları kitlesel gaz akımına ulaşana dek durgun bir gaz filminde diffüzenir. Bu filmin kütle transferine direnci büyük olduğundan, kuruma hızı nem buharının diffüzyon hızına bağlı olur.

Buhar fazında ki kütle transfer direncini önlemek için kurutma ortamı olarak nem buharı tercih edilirse kurutma hızı sadece ısı transfer hızına bağlı olacaktır. Yani nem buharında gerçekleştirilen kuruma hızları, havanın kurutma ortamı olarak kullanıldığı durumlara göre daha büyük olmaktadır.

Kızgın buhar atmosferinde gerçekleştirilen kurutma işlemi yüksek verimli bir yöntemdir. Ayrıca havanın kurutma ortamı olarak kullanıldığı durumlara nazaran oksidasyon ve diğer tepkimeler de kurutma ortamı olarak nemin kullanıldığı durumlarda görülmez. Bu durumun dezavantajı yüksek sıcaklıklar sebebi ile hassas ve ısıya duyarlı malzemelerde uygulanmasının sakıncalı olmasıdır. (Güngör, 1997)

Tekstil ve kimya endüstrisinde ticari örnekleri görülmektedir. Ayrıca kurutma havası olarak kızgın buhar yerine havanın kullanıldığı fakat bu havanın kızgın buhar ile ısıtıldığı yöntemler de mevcuttur. Bu yöntemlere de ilerleyen bölümlerde değinilecektir.

### 3.4.1.8 Taşınım Kurutucu (Direkt Kurutucu)

Kurutma yapılabilmesi için gerekli ısı enerjisi transferi ıslak madde ile sıcak hava veya gazlar arasında gerçekleşir. Maddeden buharlaşan/ayrılan sıvı, kurutma ortamındaki gaz aracılığıyla ortamdan uzaklaştırılır. (Güngör, 1997)

### 3.4.1.9 Kabin ve Kompartıman Kurutucular

Kabin ve kompartıman şeklinde ki kurutucularda malzeme temas yüzeyi en fazla olacak şekilde raflara serilir. Kurutulacak malzemenin içerdiği nem buharı yanıcı ve patlayıcı özelliklere sahip ise kurutma işleminin başında veya buharlaşma hızının en yüksek olduğu anlarda çıkış havasının tamamı sisteme geri gönderilmeden dışarı verilmelidir. Standart ve normal durumlar söz konusu olduğunda ise çıkış havasının bir kısmını sisteme geri göndermek ekonomik bir yöntemdir. (Güngör, 1997) Şekil 3-7’de kabin ve kompartıman sistemine ait bir kurutucu görülmektedir.

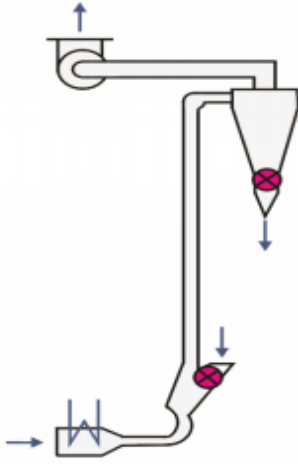


Şekil 3-7 Kabin ve Kompartıman Kurutucu

### 3.4.1.10 Püskürtmeli Kurutucu

Püskürtmeli kurutucularda malzeme bir püskürtücü aracılığıyla sıcak kurutma ortamına gönderilir. Kurutma ortamına gaz giriş sıcaklığı 93 ile 760 derece aralığındadır. Kurutma ortamı giriş sıcaklığının yüksek olması ısıl verimliliği arttırmaktadır. Kurutma süreleri 5 – 15 saniye aralığında olmaktadır. Bu sebeple ısıya duyarlı malzemelerin de kurutulması için tercih edilebilmektedir. Sistemde kurutma ortamı, besleme akımına paralel bir yönde geçirilebildiği gibi zıt yönde de geçirilebilir. Toz halinde ki çıkış gazı ile sürüklenebilen malzemeler siklon, seperatör veya torba filtre gibi sistemlerle tutulmaktadır. Kahve, süt tozu, deterjan ve sabun gibi ürünlerin üretilmesinde püskürtmeli kurutucular kullanılmaktadır. Bu yöntemle kurutulan ürünler üniformdur. Kurutma süreleri ise 5 – 15 saniye aralığında olmaktadır.

Malzemenin yoğunluğu ve tanecik büyüklüğü gibi kütleli özellikler, kurutma gazının püskürtme karakteristiklerinden ve sıcaklığından etkilenmektedir. Malzemenin çıkış nemi çıkış gaz akımının sıcaklık ve nemi ile kontrol edilmektedir. (Güngör, 1997) Şekil 3-8'de bir püskürtmeli kurutucu görülmektedir.



Şekil 3-8 Püskürtmeli Kurutucu

### 3.4.2 Mekanik Kurutma Yöntemleri

Ürünün ısı transferi yöntemleri ile değil mekanik operasyonlar ile susuzlaştırılmasına mekanik kurutma adı verilir. Bu yöntemler genellikle doğrudan



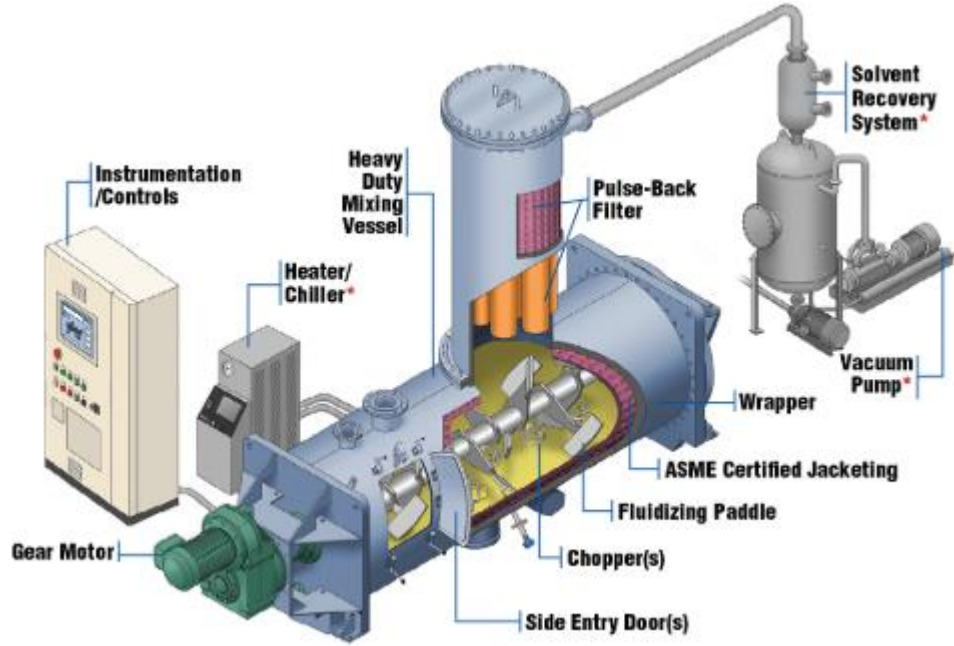
ürüne temas edilerek yada hava teması ile (Vakum yada üfleme) şeklinde gerçekleştirilir.

### 3.4.2.1 Vakumda Kurutma

Vakum ile kurutma yönteminde atmosfer basıncının altında çalışıldığı için suyun kaynama noktasında düşüş meydana gelmektedir. Bu yöntemde kaynama noktasının düşmesi avantajı sonucunda kurutma daha hızlı bir şekilde olur. Kağıt sektöründe kısmen bu yöntemden yararlanılmaktadır.

Tekstil sektöründe mekanik kurutma yöntemlerinden bahsederken bu konuya daha ayrıntılı değinilecektir.

Vakumda kurutma sisteminin bileşenlerini ve çalışma şeması Şekil 3-9'de verilmiştir.



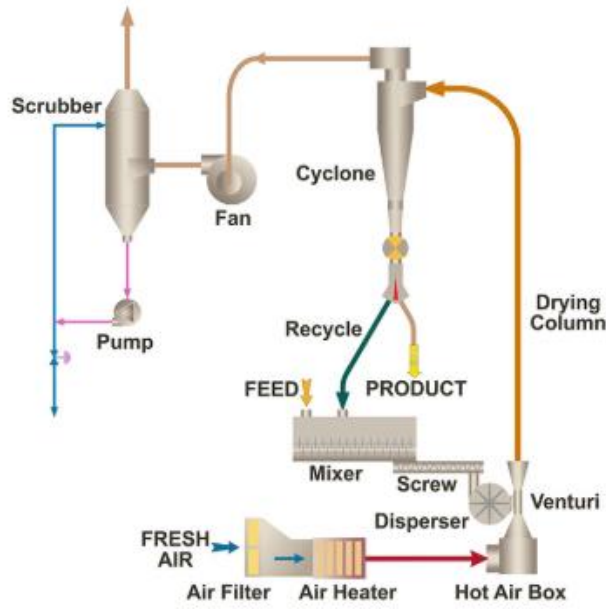
Şekil 3-9 Vakumda Kurutma

Karıştırmalı yatakta kurutma işleminde malzemenin sürekli olarak ve belirli aralıklarla titreşimli raf veya konveyör sisteminde titreştirilmesi sonucu üniform bir kurutma elde edilmektedir. Benzer şekilde delikli raf veya konveyör kullanılarak yatağın kısmi olarak akışkanlaştırılması ile de kurutma işlemi gerçekleştirilebilir.

Sistem olarak akışkan yataklı kurutuculara kısmen benzerlik göstermektedir. Bundan dolayı tıpkı akışkan yataklı kurutucularda olduğu gibi tahıl kurutması için uygun bir sistemdir. (Güngör, 1997)

### 3.4.2.2 Flaş Kurutma

Bu yöntem; yüksek devirde dönen bıçakların sıcak hava ile ürünü yoğurarak ürünü kurutması ile yapılır. Flaş kurutma yöntemi pigment, sentetik, reçine, gıda ürünleri ve kağıt üretiminde kullanılan bazı örnekleri bulunmaktadır. (Güngör, 1997) Flaş kurutma yöntemini gösteren bir şema Şekil 3-10'da yer almaktadır.

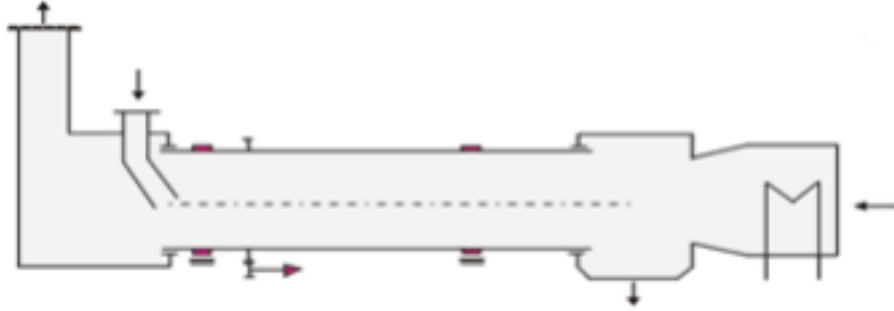


Şekil 3-10 Flaş Kurutma

### 3.4.2.3 Tünel Kurutma

Sürekli veya yarı sürekli olarak çalışan, yeniden tasarlanmış ve bölmeli kurutuculara tünel kurutucular denir. Tünel tipi kurutmada hava sirkülasyonu oluşturmak için üst tarafında fanlar bulunmaktadır. Delikli bantın üzerinde bulunan ürün alttan ve üstten havalandırılır. Hava akımı; paralel, zıt akımlı veya her ikisinin bileşimi şeklinde hareket edebilmektedir. Havanın tekrar ısıtılması veya dolaştırılması ile yüksek bir karışım kalitesine ulaşılmasını sağlar. Böylece duyulur ısı kaybının azaltılması

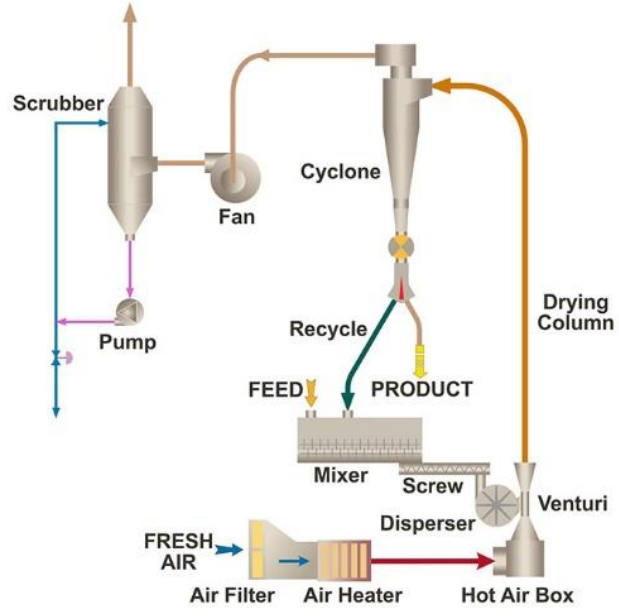
sağlanabilir. (Güngör, 1997) Şekil 3-11’da bir tünel kurutucunun hava akış yönleri gösterilmiştir.



Şekil 3-11 Tünel Kurutucu

#### 3.4.2.4 Döner Kurutucular

Döner kurutucular endüstride kullanılan yaygın ve en eski kurutucu tipidir. Kurutma işlemi; maddenin kurutucunun yüksekte olan ucuna verilmesiyle başlar ve ardından yavaş yavaş madde aşağıda olan uca doğru ilerler. Kurutucu içerisinde yer alan raf ve kanatlar sayesinde maddenin ilerleme, madde ile daha etkili teması sağlanır. Şekil 3-12’de döner kurutucuda kurutma işlemine ait bir şema gösterilmiştir.



Şekil 3-12 Döner Kurutucuda Kurutma İşleminin Gösterimi

Kurutucudaki ısıtma işlemi, içerisinde dolaşan sıcak hava ile yapılmaktadır. Ayrıca bu işlem kurutucu gövdesi ısıtılarak da yapılabilmektedir. (Güngör, 1997) Şekil 3-13’de bir döner kurutucuya ait dış görünüm gösterilmiştir.



Şekil 3-13 Döner Kurutucu

## 4. BÖLÜM

### TEKSTİLDE KURUTMA

#### 4.1 Sıvıların Kumaşta Bulunuş Şekilleri

Islak olan bir kumaşın üzerinde bulunan suyun sadece ısı yardımı ile uzaklaştırılması pahalı bir işlemdir. Islak kumaşa önce mekanik kurutma ardından ısı yardımı ile kurutma yapılarak daha ekonomik bir işlem gerçekleştirilir. Verimli bir kurutma işlemi için suyun bulunduğu yere ve tekstil mamulüyle arasındaki bağ durumuna göre ayırım yapılabilir.

##### 4.1.1 Kimyasal Malzemelerin Mamulde Bulunuş Şekilleri

Tekstil sektöründe kurutma işlemi öncesinde kumaşa bazı teknik özellikler kazandırabilmek için kimyasal maddeler ilave edilebilir. Bu işlem genellikle ramöz ve benzeri kurutma makinelerinde kurutma kabinlerinden önce bulunan sıkma üniteleri (Hidrolik fular vb.) girişinde, kumaşın; bir tekne içinde bulunan kimyasalın içinden geçirilmesiyle gerçekleştirilir.

Sıkma ünitelerinde bu kimyasalların merdaneler yardımıyla kumaşın liflerine nüfuz etmesi sağlanır. Uygulanan bu işlem ile kumaşa birçok teknik özellik kazandırılabilir. Bunlara örnek olarak; mukavemet arttırma, özel efekt uygulama, buruşmazlık, çekmezlik veya yanmazlık gibi özellikler kazandırma sıralanabilir.

Kurutma işlemleri sırasında bu kimyasalların liflere nüfuz ettirilemeyen ve yaş olarak kumaş üzerinde kalan kısımları da buharlaştırılır.

#### 4.1.2 Suyun Mamulde Bulunuş Şekilleri

Damlayan Su: Liflerle bağı olmayan ve kendi ağırlığı ile akabilen su kısmıdır. Suyun tamamı mekanik yollarla ile uzaklaştırılabilir.

Yüzey Suyu: İpliklere adezyon kuvvetleri ile bağlanan su kütlesi mekanik kuvvetler ile uzaklaştırılabilir.

Kapılar Suyu: İpliklerin içerisinde bulunan liflere adezyon kuvvetleri ile bağlanan sudur. Ön kurutma yapılarak uzaklaştırılabilir.

Şişme Suyu: Liflerin moleküllerine dipol kuvvetlerle bağı olan su, lif moleküllerinde şişmeye yol açar ve bu kısımdaki su mekanik yollarla ayrıştırılamaz. Isı yardımı ile suyun uzaklaştırılması mümkün olmaktadır.

Higroskopik Nem (Kristal Suyu): Kristal suyu, şişme suyu gibi misellerin içerisinde bulunan sudur. Kuru bir kumaşta bulunması gereken sudur. Bu kısımdaki su uzaklaştırılırsa kumaşın tutumu bozulur ve suyun tekrar kumaşa alınması mümkün değildir.

Kurutma yapılırken suyun tamamının ısı yardımıyla uzaklaştırılması, mekaniksel kuvvetlerle suyun uzaklaştırılmasının sağlanmasından daha pahalıdır. Bu nedenle 2 seçenek ile su uzaklaştırması sağlanabilir.

1- Suyun mekaniksel kuvvet uygulanarak uzaklaştırılabilecek kısmı için ön kurutma yapılmalıdır. Damlayan su ve yüzey suyunun tamamı ile kapiler suyun büyük bir kısmı ön kurutma işleminden geçirilmelidir.

2- Higroskopik nem kısmı uzaklaştırılmamalıdır. Higroskopik nem miktarı bulunduğu atmosfere göre değişiklik gösterebilmektedir. Çünkü bu miktar atmosferde ki nem miktarı ile doğru orantılıdır. Kumaşın nefes alabilmesi için gerekli nem miktarı olarak da yorumlanabilir. Aynı zamanda higroskopik nem kumaşın çekmezlik, buruşmazlık, yanmazlık gibi özelliklerini gösterebilmesi için de gerekli olan nem miktarıdır.

## 4.2 Tekstilde Kurutma Yöntemleri

Tekstil ürünleri üretim sürecinde çeşitli terbiye işlemlerine tabi tutulmakta ve bu işlemler sırasında bünyelerine aldıkları nem, kurutma yoluyla uzaklaştırılmaktadır. Tekstil ürünlerinin kurutulması ürün üzerindeki nemin alınma şekline göre; mekanik yöntemlerle yapılan ön kurutma ve mamül üzerinde bulunan doğal nemin kaybedilmeden, ısı transferi ile gerçekleşen esas kurutma şeklinde iki gruba ayrılmaktadır. (Gelir, 2017)

### 4.2.1 Mekanik Kurutma

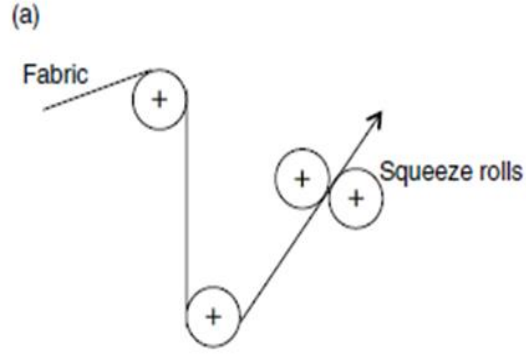
Kurutma işleminde enerji tasarrufu etme yollarından biri de konveksiyonla kuruma öncesi mekanik kurutma yapmaktır. Kumaş türüne bağlı olarak ürün üzerindeki suyun %7 ile %90'ı mekanik nem alma sistemleriyle uzaklaştırılabilir.

Mekanik olarak nem alma yöntemleri 4 kategoride incelenebilir.

- Sıkma Yöntemi
- Santrifüjleme Yöntemi
- Vakumlama Yöntemi
- Üfleme Yöntemi

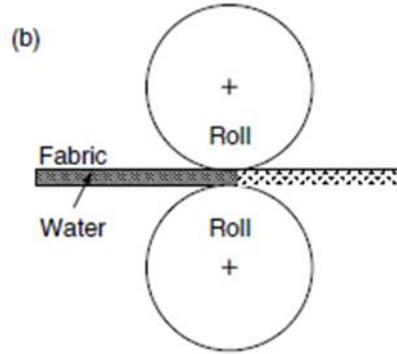
#### 4.2.1.1 Sıkma Yöntemi

Tekstilde sıkma işleminde kumaş; lastik kaplı iki silindir arasından belirli bir basınç altında geçirilerek yapılır. Bu yöntem kesintisiz çalışabilen kolay ve ucuz bir çalışma şeklidir. Kumaş türüne göre %7 ile %43 oranında su uzaklaştırılabilir. Kırık olma ve düzgün sıkamama riski vardır. Sıkma sisteminde oluşan bu sorun kumaş eninin artması ile sıkma silindirlerinde oluşan kavislenmedir. Bu kavislenme kumaş üzerine uygulanan baskıyı dengesizleştirerek suyu düzensiz bir şekilde uzaklaşmasına neden olmaktadır ve kumaşın orta kısmı kenarlara göre daha nemli kalmaktadır. Su dağılımındaki bu dengesizlik konveksiyonla kurutma işlemi verimini azaltmaktadır. Sıkma yöntemine ait bir hat şeması Şekil 4-1'de gösterilmiştir.



Şekil 4-1 Sıkma Yöntemi Hat Şeması

Şekil 4-2’de sıkma yöntemi ile kurutma yapan sistemlerde, ürün üzerinden nem alma sistemini gösteren bir şema verilmiştir.



Şekil 4-2 Sıkma Yöntemi Nem Alma Şekli

Sıkma yönteminde en önemli unsur sıkma verimliliğidir. Sıkma yapıldıktan sonra kumaş üzerinde kalan suyun miktarını etkileyen faktörlere örnek olarak kumaşa uygulanan basınç, merdane yüzeyinin sertliği, mamuldeki suyun ısısı, kumaş geçiş hızı ve merdane çapı örnek olarak verilebilir.

Kumaşa uygulanan basınç, merdanelerin uç kısımlarındaki toplam yükün merdane uzunluğuna bölünmesi ile elde edilir. Basınç arttıkça kumaş üzerinde kalan su miktarı azalacaktır. Fakat uygulanan basıncın da bir sınırı bulunmaktadır. Çünkü çok



yüksek sıkma basınçlarıyla çalışıldığında kumaşta kalan su miktarı azalmazken, kumaşın ezilmesi artmaktadır.

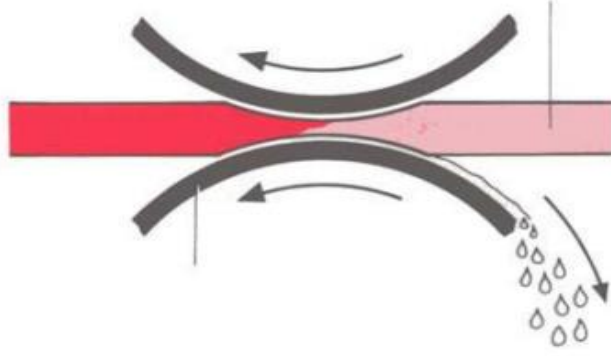
Merdane yüzeyinin sertliği arttıkça ön kurutma etkisi artmaktadır. Bu sebepten ötürü dokuma kumaşlar için genellikle sert merdane tercih edilmektedir. Böylece basınç sonucu kumaş daha az deformasyona uğrar. Mamul üzerinde daha az su kalması için basınç arttırılabilir.

Mamuldeki suyun ısısı; kumaş üzerine alınan su miktarı sıcaklığın artması ile azalmaktadır. Merdaneler arasından kumaşın geçiş hızının, suyun uzaklaştırılma miktarları arasındaki rolü oldukça azdır. Merdane çapı suyun uzaklaştırılma faktörlerinde çok az etkilidir. Küçük çaplı merdanelerin temas alanı daha az olduğu için daha yüksek basınç oluştururlar.

Sıkma yönteminde kullanılan silindirlere halat sıkma silindirleri, su kalandırları ve merdaneler örnek olarak verilebilir.

Halat sıkma silindirleri; halat halindeki kumaşlar ve kırıyık tehlikesi olmayan kumaşlar için uygundur. Hassas olan kumaşlarda bu silindir çeşidi tercih edilmez. Bu silindirlerde sıkma basıncı 2-3 bar'ı geçmez ve sıkma etkisi azdır.

Su kalandırlarında iki veya daha fazla silindir bulunmaktadır. Kumaş açılmış olarak silindire gelir ve dolayısıyla kırıyık olma tehlikesi yoktur. Düzgün şekilde sıkma yapılır. Paslanmaz çelik, diğeri üzeri kaplamalı silindirlerden oluşur ve yünlü kumaşlarda iki silindir lastik (kauçuk) ile kaplıdır. Şekil 4-3'de sıkma yönteminin çalışma prensibi gösterilmiştir.



Şekil 4-3 Sıkma Yöntemi Çalışma Prensibi

Merdanelerde; ıslak olan ürün elastik madde ile kaplanmış olan iki silindir arasından geçirilir ve su baskı uygulanılarak uzaklaştırılır.

Balon sıkma ise yuvarlak örgü mamullerinin ön kurutması için yapılmış olan makinelerdir. Tüp halindeki kumaşların üzerindeki suyu azaltmak amacı ile yapılmıştır. Açık en çalışan sıkma makinelerinin başlıca kullanılmama nedenleri; örgü ürünlerin hassas olmaları, enine açık olan kurutmalarda kenarlarda katlanma riski ve bu katlanma sonucunda oluşabilen izlerdir. Balon sıkmada ise kumaşa hava verilip şişirilerek oluşan izler kaldırılmaktadır.

#### 4.2.1.2 Santrifüjleme Yöntemi

Santrifüjleme yönteminde delikli bir sepet içerisine yerleştirilen ürün üzerindeki su, delikli sepetin dönmesi anında oluşan merkezkaç kuvvetle bu deliklerden dışarı atılmaktadır. Bu yöntem ile sıkma yönteminden daha etkili bir ön kurutma gerçekleştirilir. Santrifüjleme ile kumaş üzerindeki suyun %35-%55'lik kısmı uzaklaştırılabilir ve suyu uzaklaştırma kapasitesi devir sayısı ile orantılı olarak değişmektedir. Tekstilde kullanılan santrifüjlerin hızı ise genellikle 500–1500 devir/dakika arasındadır. Mekanik kurutmada etkili bir yöntem olmasına rağmen önemli sakıncaları vardır.

Santrifüjlemenin avantajı; elyaf, iplik, kumaş, hazır giyim gibi her türlü tekstil mamulüne uygulanabilmektedir. Fakat kesikli ve sınırlı çalışma kapasitesi, doldurma-boşaltma sırasında kumaşa dengesiz çekme ve gerilme uygulanması ve dengesiz su uzaklaştırma santrifüjleme için en önemli sorunlardır.

Santrifüjleme ile çalışılırken dikkat edilmesi gereken en önemli husus mamulün sepete düzgün yerleştirilmesidir. Bu yöntemde kullanılan delikli sepetler, paslanmaz çelikten yapılmıştır ve kumaşın makineye düzgün bir şekilde yerleştirilmesi doldurma makineleri ile sağlanmaktadır. Bu düzenek ile belirli bir hız ve düşük bir devirde döndürülen sepete kumaşın sabit olarak yerleştirilmesi sağlanır. Düzgün yerleştirme hızla dönen makinede tehlikeli titreşime neden olmama açısından önemlidir. Şekil 4-4’de santrifüjleme makinelerine ait resimler gösterilmiştir.



Şekil 4-4 Santrifüjleme Makinesi

Örme kumaşlar santrifüjleme işlemi sonrasında yaş açma işlemine tabi tutulur. Bu işlem sadece kumaşı açma veya pastal oluşturmak amacıyla yapılmaz. Boydan avanslı açarak ilmek deformasyonunu önleme ve enine açma da amaçlanır.

Bobin santrifüj makinelerinde, bobinler tabla üzerinde bulunan öne arkaya doğru hareketli çubuklara yerleştirilir. Tabla dolduğunda santrifüjleme işlemi için makineye

koyulur. Bobinler işlem sonrasında yuvarlak olarak kalmayıp oval halde çıkarlar. Bunun sebebi bobinlerin merkezkaç kuvvetlerinin etkisiyle makine cidarlarına doğru yapışmalarıdır.

Santrifüjleme yöntemi, yuvarlak örgü kumaşlar için yapılan balon sıkmanın yaygınlaşmasıyla birlikte önemini kaybetmiştir. Fakat elyaf, çile iplik ve diğer parçalar için tek etkili yöntemdir. Bobinlerin ön kurutması için geliştirilmiş santrifüj konstrüksiyonları da mevcuttur. Şekil 4-5’de bir santrifüjleme makinesi gösterilmiştir.

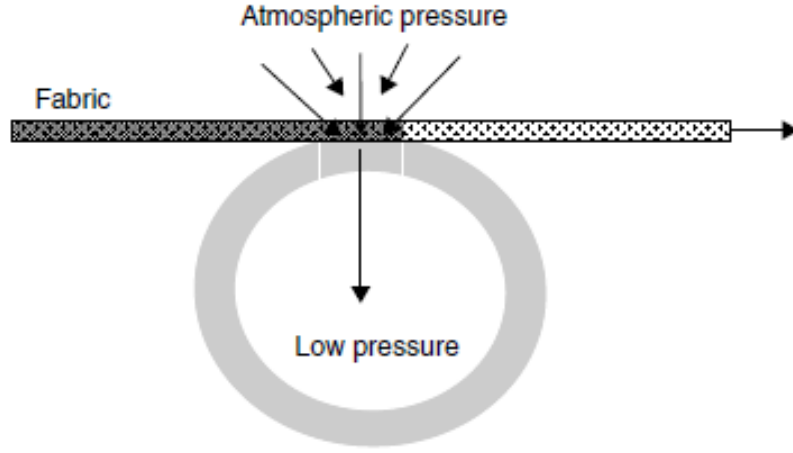


Şekil 4-5 Santrifüjleme Makinesi

#### **4.2.1.3 Vakumlama Yöntemi**

Vakumlama kumaş üzerinde bulunan suyun vakum ile emerek uzaklaştırılması işlemidir. Kumaş içinden hızla emilen hava ile birlikte su da emilerek uzaklaştırılmaktadır. Şekilde temsili olarak bir kumaş üzerinden vakum ile su uzaklaştırma işlemi verilmiştir.

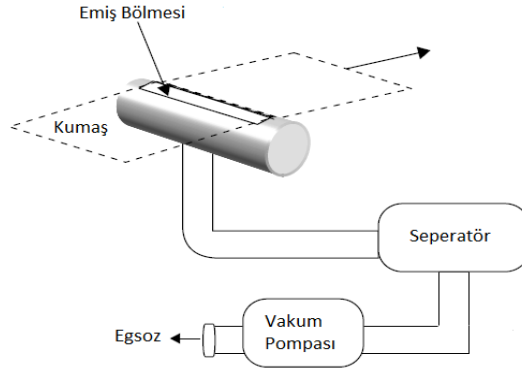
Vakumlama yöntemi ile kurutma yapan sistemlerin çalışma prensiplerini gösteren bir hat şeması Şekil 4-6’da verilmiştir.



Şekil 4-6 Vakum Yöntemi Hat Şeması

Vakumlama işlemi özellikle kırışık tehlikesi fazla ve baskıya hassas olan kumaşların ön kurutmasında kullanılır. Enine açık durumda olan kumaş bir veya birden fazla emme yarıklarının üzerinden geçirilmektedir. Bu yarıklardan 5000-6000 l/dak'ya kadar çıkabilen miktarlarda hava vakum pompaları yardımıyla emilmektedir. Kumaş içerisinden emilen hava ile birlikte suyun bir kısmı da uzaklaştırılmaktadır.

Vakumlama; temel olarak bir vakumlama ünitesi emiş bölgesi, seperatör ve vakum pompasından oluşmaktadır. Yalnız sistemin düzgün çalışabilmesi için ortalayıcı, atık su pompası, vakum gücünü ayarlamak için vana veya elektronik kontrol sistemi gibi ana parçalara da ihtiyaç vardır. Vakum sisteminin emiş bölgesinden başlayarak egzozu kadar olan hat şeması Şekil 4-7'de verilmiştir.



Şekil 4-7 Vakum Sistemi Hat Şeması

Vakum sistemi ile kurutma gerçekleştirildiğinde kumaş üzerinde kalan su miktarlarını, kumaş türüne göre gösteren çizelge, Çizelge 4-1’de gösterilmiştir.

Çizelge 4-1 Vakumlama İşlemi Sonucunda Kumaş Üzerinde Kalan Su Miktarları

Kumaş Türü	Kalan Su Miktarı (%)
% 100 Viskon	70 - 75
% 100 Polyester	25 - 30
% 100 Pamuk	50 - 55
%100 Yün	33 - 38
%80 Polyester / %20 Pamuk	25 - 30
%65 Polyester / %35 Pamuk	30 - 35
%50 Polyester / %50 Pamuk	35 - 40
%50 Viskon / %50 Pamuk	55 - 65
%50 Viskon / %50 Polyester	40 - 45
Aklirik	23 - 28
Lycol / Tensel	43 - 47
PA Flament	10-15
Polyester Flament	5-10

Kumaş giriş nem oranına bağlı olarak farklı kurutma yöntemleri ve işlemleri sırasında harcanan enerji miktarlarına ait çizelge, Çizelge 4-2’de gösterilmiştir.

Çizelge 4-2 Kumaşın Nem Oranına Bağlı Olarak Çeşitli Kurutma Yöntemleri İçin Gerekli Isı Miktarları

Değerler kW cinsindedir.	Kumaş Giriş Nem Oranı					
	88%	60%	55%	50%	45%	40%
Kumaşın ısınması için gerekli ısı	54	54	54	54	54	54
Buharlaştırma ısısı	577	375	339	304	268	232
Taze havanın ısıtılması	398	398	398	398	398	398
İzolasyon kayıpları	35	35	35	35	35	35
Diğer	5	5	5	5	5	5
Vakum işlemi için harcanan enerji	0	15	15	15	15	15
Toplam Enerji	1069	882	831	796	760	724
Fark		187	223	258	294	330

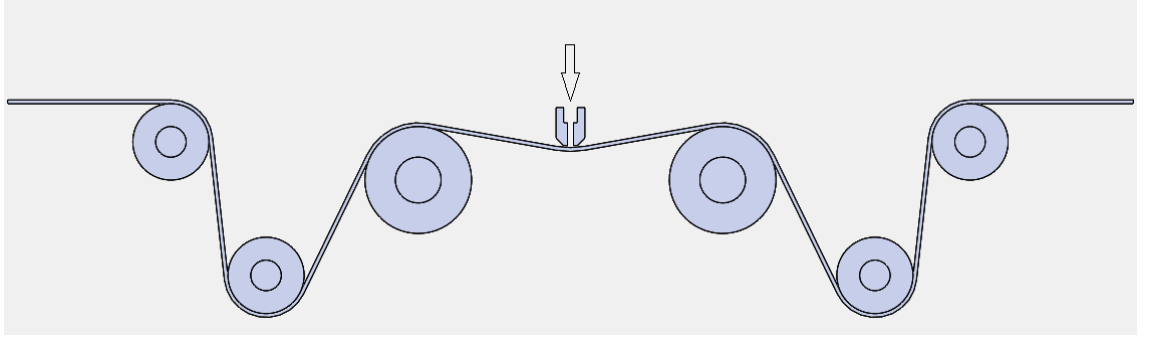
Çizelge 4.2 ‘de 1000 kg ağırlığında ve %88 nemli bir kumaşı vakum ile kurutma işleminden geçirerek gerekli ısı miktarları verilmiştir. Kumaştan vakum yöntemi ile 50 kg/sa gibi çok ufak bir miktarda su uzaklaştırılarak 36 kW/sa enerji tasarrufu sağlayabilir. Bu 360 gün 22 saat çalışan bir işletme için 118381 TL/yıl kazanç demektir. Eğer su miktarı 150 kg/sa saat gibi ortalama bir değer olursa işletme için kazanç 335143 TL/yıl olmaktadır.

Vakumla su uzaklaştırmanın işleminde dengesiz gerilme, dengesiz nem alma dağılımı veya kesikli çalışma gibi sorunlar olmamaktadır. Yalnız yanlış vakum sistemi seçiminden dolayı örgü kumaşlarda ezilme riski vardır. Bu sorunda tamburlu emme ünitesi ile ortadan kalkmaktadır.

#### 4.2.1.4 Üfleme Yöntemi

Üfleme ile kurutma temel olarak vakumlama sisteminin tersidir. Kumaş üzerindeki su yüksek basınçta hava üfleyerek uzaklaştırılır. İşletme maliyeti ve kurulum

maliyeti vakumlu sisteme göre daha azdır. Teorik olarak pamuk ve pamuk içeren kumaşlarda nem oranını %40-50'lara kadar düşürdüğü iddia edilmektedir. Konu ile ilgili çok fazla deneysel veya akademik araştırma olmadığı için sistemin farklı kumaş türlerinde fiziksel etkisi olup olmadığı bilinmemektedir. Üfleme yöntemi ile kurutma sistemini anlatan bir görsel Şekil 4-8'de yer almaktadır.



Şekil 4-8 Üfleme Yöntemi ile Kurutma

#### 4.2.2 Isıyla Kurutma

Tekstil mamulünde bulunan suyun ısı yardımıyla uzaklaştırılmasına esas kurutma denilir. Yüksek miktarda enerji gerektiren bir işlemdir ve dolayısıyla pahalıdır. Bu işlem ısı transferi ile gerçekleşmektedir. Isı transferi ile gerçekleşen kurutma işlemi beş ana prensip olarak incelenebilir:

Konveksiyon Kurutma

Kontakt Kurutma

Işınlama (Radyasyon) ile Kurutma

Yüksek Frekansla/Mikro Dalgalarla Kurutma

Yakarak Kurutma

##### 4.2.2.1 Kontakt Kurutma

Yağ veya kızgın buhar yardımı ile ısıtılmış bir yüzeye, yağ tekstil mamülünün teması sonucu su buharlaştırarak gerçekleştirilen kurutma işlemine kontakt kurutma



denir. Silindrii kurutucular kontakt kurutma da en fazla kullanılan kurutuculardır. Silindrii kurutucularda genellikle içi boş 570mm çapında silindirlerden oluşur. Silindirler üst üste, yan yana veya eğik olarak dizilebilirler.

Kontakt kurutma tekstil mamülünün yüzeyinin parçalanması veya eğilmesi, doğrudan temas vesilesiyle kumaşın sertleşmesi, kurutma işleminin üniform olmaması, yünlü ve sentetik kumaşlara uygun olmaması nedeniyle genellikle ön terbiye sonrası, pamuklu ürünlerin kurutulmasında yaygındır.

Kontakt kurutmaya örnek olarak silindrii kurutucular ve keçeli kalandırlar gösterilebilirler.

Silindrii kurutma makinaları genellikle havlu, kadife, dokuma benzeri kumaşların baskı öncesi ve sonrası kurutmaları için dizayn edilmiştir.

#### **4.2.2.2 Işınlama (Radyasyon) İle Kurutma**

Isı elektromanyetik dalgalar ile sıcak olan maddeden soğuk olan maddeye ısı transferiyle gerçekleştirilmektedir. Gözün görebileceği dalga boyundan daha büyük olan IR (Enfraruj) ışınları kullanılmaktadır. Bu kurutmada iki tarafında ışınlayıcıların olduğu dikey bir kanaldan tekstil mamülü geçirilerek IR ışınları mamül tarafından absorbe edilir. Kurutma işlemi gerçekleştirilecek olan mamülün cinsine göre sıcaklık 500°C'ye kadar çıkabilmektedir. Fakat ıslak olan mamule zarar vermemek için esas kurutma yerine ön kurutma yapılarak su miktarı %25-35'e düşürülen kurutmalar tercih edilmektedir. Işınlama ile kurutma işleminde materyalin absorblama derecesine göre verimlilik değerlendirilmektedir. Bu sebepten dolayı mamülün rengi, formu ve elyafın cinsi kurutmayı etkilemektedir.

Bu kurutma işlemi genellikle şok kurutma gereken durumlarda kullanılan bir ön kurutma şeklidir. Mamülün hiçbir yere değmeden geçmektedir ve boyanmış mamullerin şok kurutması için tercih edilmektedir.

#### **4.2.2.3 Yüksek Frekanslı Kurutma**

Yüksek frekansla kurutma işleminde mamule dışarıdan ısı transferi yapılmamaktadır. Yüksek frekanslı alternatif akıma bağlı iki kondansatör levhası arasında yaş tekstil mamulünün geçirilmesi ile sağlanmaktadır. Alternatif akım altında kalan su molekülleri sürekli olarak yerleşim şekillerinin değişmesi sırasında sürtünmeden dolayı ısı açığa çıkarmaktadır. Böylece elektrik enerjisi kinetik enerjiye, kinetik enerji de ısı enerjisine dönüşmesi şeklinde olmaktadır. Yüksek frekanslı kurutma; dielektrik kurutma (10-100 MHz) ve mikrodalga kurutma (1000-3000 MHz) olarak iki şekilde kullanılmaktadır. Bu kurutma şekli homojen ve hızlı kurutma sağlaması ve aşırı kurutma riskinin bulunmamasından dolayı tekstil sanayisinde yaygınlaşmaktadır.

#### **4.2.2.4 Yakarak Kurutma**

Mamülden uzaklaştırılması gereken sıvının bir kısmı yanıcı ise, sıvının buharlarının yakılması ile kurutulacak olan malın çevresinde ısı açığa çıkması ile gerçekleşmektedir. Mamülün hassas olduğu durumlarda kullanılamaz. Bu sebeple çok tercih edilen bir yöntem değildir.

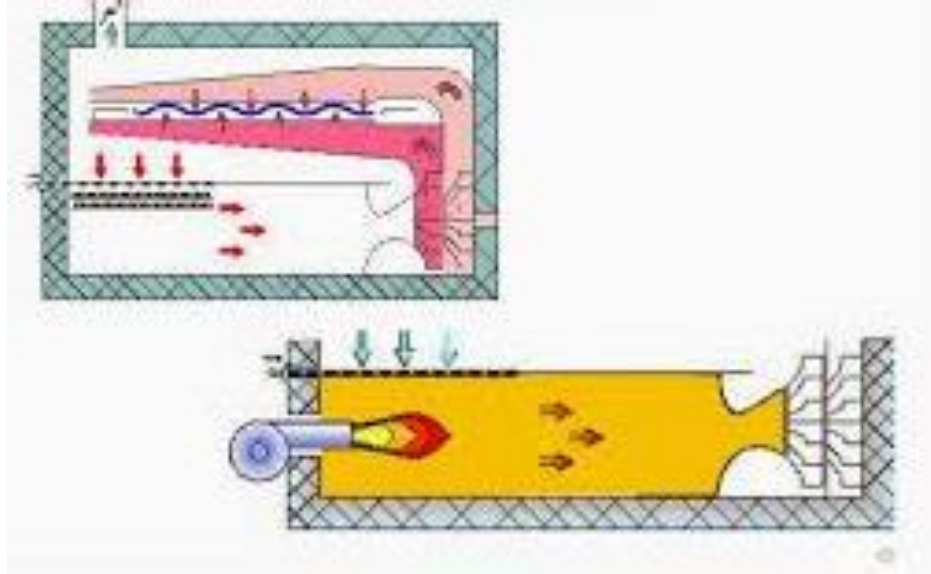
#### **4.2.2.5 Konveksiyonla Kurutma**

Konveksiyon ile kurutmada prensip; sıcak ve nemi az olan hava, nemli tekstil mamulüne teması ile uygulanan bir yöntemdir ve kurutucu yüzeye temas yoktur. Bu kurutma ile iki taraflı ısı ve kütle transferi meydana gelmektedir. Sıcak havaya nemli tekstil mamulünden su buharı transferi ve sıcak havadan da nemli tekstil mamulüne ısı transferi olarak gerçekleşmektedir. Su buharı havaya geçmektedir. Konveksiyon ile kurutma yönteminde sıcak hava kullanımının iki nedeni bulunmaktadır:

Isı transferi için gazın daha sıcak olması gerekmektedir ve havanın yoğuşmadan, sis haline geçmeden, buhar olarak içerebileceği bir su miktarı vardır. Bu sıcaklıkla ilgilidir. Düşük sıcaklıkta bu miktar azalmaktadır.

Konveksiyon ile kurutmada işlemin gerçekleşebilmesi için kumaşın yüzeyinde bulunan ince hava sınır tabakası aşılmalıdır. İnce hava sınır tabakasına bağlı olarak değişim hızı ve kurutma hızı etkilenmektedir. Tabaka ne kadar ince olursa değişim hızı ve kurutma hızı birbirlerine bağlı olarak artacaktır. Kumaşa paralel olarak püskürtülen hava kumaşı yalayıp geçecektir. Bu durumda kumaş yüzeyindeki hava sınır tabakasının kalınlığı artmaktadır.

Sıcak hava alttan ve üstten verilirse hava sınır tabakasının kalınlığı azalmaktadır ya da sıcak hava kumaşın içinden verilirse sınır hava tabakası en az olmaktadır. Sıcak havanın püskürtüldüğü yere göre hava sınır tabakasında artma ya da azalmalar görülmektedir. Sınır hava tabakasının en aza indirildiği kumaşın içerisinden sıcak hava püskürtülme ile en seri kurutma gerçekleşir. Bu yöntem özellikle hassas yüzeyli kumaşların kurutulmasında uygulanmaktadır. Konveksiyon ile kurutma işlemini anlatan iki farklı görsel Şekil 4-9'da gösterilmiştir.



Şekil 4-9 Konveksiyon Tipi Kurutma

Konveksiyonla kurutma yöntemi tekstil endüstrisinde en sık kullanılan kurutma yöntemidir. Sanayi de kullanılan makinaların büyük çoğunluğu bu prensipte çalışmaktadır.

Bu durumun başlıca nedenleri, kumaşın kirlenme riskinin minimum da olması, gerilimin kolaylıkla kontrol altında tutulabilir olması ve tüm kumaş tipleri için uygun bir sistem olmasıdır.

Konveksiyonla kurutma prensibine göre çalışan makinalarda hanın ısıtılması;

- Basınçlı buharla,
- Kızgın yağ ile,
- İndrekt fuel-oil ile,
- Direkt fuel-oil ile gerçekleştirilmektedir.

Bu ısıtma sistemlerinden üçünde hava indirekt olarak ısıtılmaktadır. Fakat direkt fuel-oil sisteminde kumaş direkt olarak yanma gazları ile ısıtılmaktadır. Direkt fuel-oil sistemi, ısı iletimine ihtiyaç duymadığı için yüksek bir verime sahip ve en ekonomik sistem olmaktadır. Fakat yanma gazlarının korozyon oluşturması, kirlenmeye sebep verebilmesi ve sıcaklığın sabit tutulamaması gibi sakıncaları nedeniyle tercih edilmemektedir.

Konveksiyon yöntemi ile kurutma yapan kurutucuların verimleri oldukça yüksektir. Kapalı bir sistem içerisinde iyi bir izolasyon ve yeterli bir hava sirkülasyonu ile verim daha da artırılabilir.

Konveksiyon prensibi ile çalışan makinalara örnek olarak şu makinalar gösterebilir:

- Ramöz, gergefli kurutucu,
- Hot-flue,
- Tumbler,
- Emme tamburlu kurutucu,
- Askılı kurutucu,
- Basınçlı kurutucu,
- Taşıma bandlı, hava yastıklı gerilimsiz kurutucu,
- Çile kurutucu ve parça kurutucular.

## 5. BÖLÜM

### RAMÖZLER (GERGEFLİ KURUTMA MAKİNELERİ)

#### 5.1 Ramözün Tanımı

Terbiye işletmelerinde en fazla enerji tüketilen işlemlerden biri de, ısı enerjisiyle yapılan esas kurutmalar ile benzeri makinelerde yapılan termofiksaj, kondenzasyon ve termosolleme işlemleridir. (Tarakçıoğlu, 1984)

Ramöz makinaları, enine bir şekilde iğne yada paletler yardımı ile kumaşların makine içerisinde kenarlarından tutturulduğu, kumaşın hareketinin bir çift hareketli zincir yardımı ile gerçekleştirildiği ve bu esnada sıcak havanın kumaşa gönderildiği kurutma makinalarıdır. İlk yatırım ve işletme maliyetleri çok yüksek olmasına rağmen ramöz makinaları, tekstil ürünlerinin boyutsal formlarının kontrol edilebilmesi, kondenzasyon, kurutma ve termofiksaj işlemlerinde de kullanılabilmesi gibi avantajları nedeniyle en çok tercih edilmekte olan kurutma makinalarıdır.

Şekil 5-1’de Has Group firmasına ait bir Ramöz makinasının dış görüşünü içeren bir görsel yer almaktadır.



Şekil 5-1 Ramöz Makinesi

Birçok tekstil terbiye makinesinde olduğu gibi, ramözlerin de standart bir tipi ve büyüklüğü yoktur. Her terbiyeci kendi işletme ve üretim şartlarına en uygun makineyi kendisi tayin etmek durumundadır. (Karaaslan, 2006)

Kumaşa istenilen en ve boy ayarları ramöz makinasında verilebilmektedir. Kumaş kenarında ki tutucular vasıtası ile, kumaş makine ile temas etmeden geçiş gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca bu sistemde kumaşta ki kırışıklıklar da giderilebilmektedir.

Ramöz makinaları kumaşın alt ve üst yüzeylerine düzelerden püskürtülen sıcak ve basınçlı hava yardımı ile nemli kumaşta bulunan suyun, buhar haline geçmesi ve bu su buharı içeren havanın özel bir emme tertibatı ile kumaştan uzaklaştırılması prensibiyle çalışmaktadır. Bu şekilde kumaş kurutulmuş olarak makinayı terk etmektedir. Makinanın çıkış bölümlerinde kurutulmuş tekstil mamülünün soğutulmasını sağlayan soğutma düzenekleri ve sarma donanımları da bulunabilir. Bunun sebebi mamülün fazla kuruması ve zarar görmemesidir.

Ramözlerde 1.5-3 metre boylarında ve istenilen kurutma performansına göre sayıları belirlenebilen kabinler bulunmaktadır. Daha etkili bir kurutma sistemi için ilk bölümlerde kumaş yüksek ısılarda hızlı bir şekilde kurutulmakta, orta kabinlerde sıcaklık sabit tutulmakta ve son kabinde daha düşük sıcaklıklar kullanılmaktadır.

Kabinler arasında kumaş yalnızca kenarlarından tutularak hiçbir yere değmeden hava yastığı ile taşınmaktadır. Bu esnada düzelerden kumaşın alt ve üst yüzeylerine basınçlı sıcak hava püskürtülmektedir.

Kurutma esnasında basınçlı havanın etkisi ile kumaştan ayrılarak uçan elyaf ve tozlar, elekli emici bir özel tertibatla makinadan uzaklaştırılır. Bunun için filtreler kullanılabilir.,Yünlü mamüllerde kurutulma sırasında liflerin zarar görmemesi için daha düşük sıcaklıklarda yavaş hava akımı kullanılarak kurutma yapılabilir. Düşük sıcaklık ve yavaş hava akımları kullanılmaya daha uygun konstrüksiyonuna göre kumaşın bir veya daha fazla kez yön değiştirdiği ve giriş kısmından çıktığı katlı ramöz makinaları geliştirilmiştir.

Örme mamüllerde taşıma bantlı ramöz makinaları tercih edilmektedir. Böylece istenilen tuşe(tutum) mamüle kazandırılabilir. Bu mamüllerde tutum hassas olduğundan dolayı dikey zincir konstrüksiyonunda ramözler kullanılmaktadır. Pratikte, en iyi tutumun kurutma ve fiksaj işlemlerinde 140m/dak çalışma hızıyla sağlandığı bilinmektedir. Ramöz makinaları bitim sonrası fiksaj, sentetik kumaşlar için termofiksaj, boyama baskı işlemleri sonrası kurutma ve fiksaj ve diğer terbiye işlemleri sonrası kurutma da çok yaygın olarak kullanılmaktadır.

Yüksek enerji tüketimine sahip bu makinelerde egzoz gazı büyük miktarda atık ısı barındırmaktadır. Bu atık ısının kullanılması ramöz makinelerinin enerji tüketimini çok büyük ölçülerde azaltabilir. (Cabak, 2018)

## 5.2 Ramöz Çeşitleri

Ramöz makinalarını sınıflandırmak istersek bunu üç farklı başlık altında gerçekleştirebiliriz. Bunlardan ilki kurutma havasının ısıtılma şekline göre gerçekleştirilebilecek sınıflandırmadır.

Kurutma havasının ısıtılma şekline göre ramözler;

Direkt gaz ile kurutma,

İndirekt gaz ile kurutma,

Buharlı kurutma,

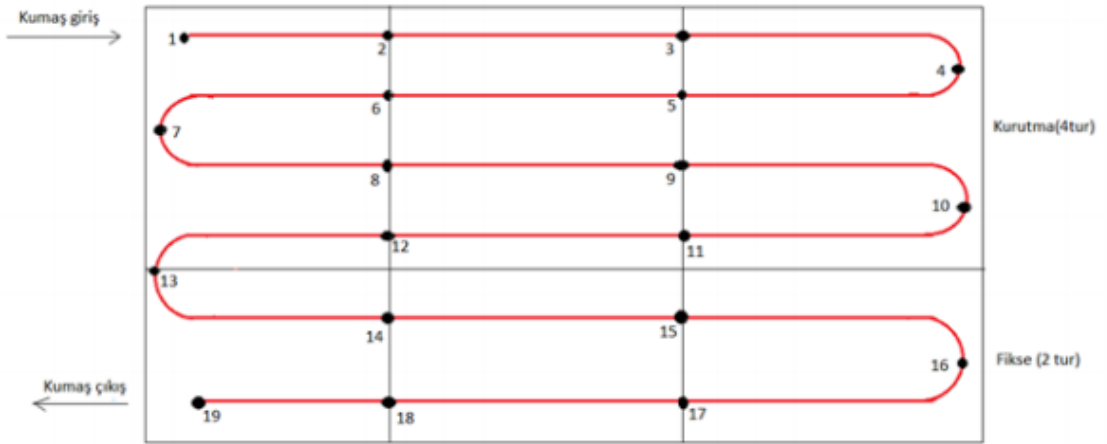
Kızgın yağlı kurutma,

Elektrikli kurutma,

Buhar-gaz kombinasyonu ile kurutma başlıklarında toplanabilir.

İkinci seçenek olarak ramöz makinaları zincir tipine göre de sınıflandırılabilir. Zincir tipine göre ramöz makinaları iki çeşide ayrılırlar. Bunlar yatay zincir tipinde ramöz makinaları ve dikey zincir tipinde ramöz makinalarıdır.

Üçüncü bir alternatif olarak ramöz makinaları konstrüksiyonlarına bağlı olarak kumaş geçiş sayısına göre iki çeşide ayrılabilirler. Bu çeşitler tek geçişli ve çok geçişli ramöz makinalarıdır. İsminden de anlaşılacağı gibi tek geçişli ramöz makinalarında kumaş kurutma ortamından bir kez geçirilmekte ve kabinler yatay olarak sıralanmaktadır. Çok geçişli ramöz makinalarında ise bir kurutma bölmesi (kabin) içerisinde kumaş birden fazla kez geçirilmektedir. Ayrıca kabinler yalnızca yatay olarak değil dikey olarak da sıralanabilir. Örneğin iki katlı bir ramöz makinası için örnek bir resim aşağıda gösterilmiştir. Şekil 5-2’de katlı ramöz makinalarının çalışma prensibini gösteren ve iki katlı bir ramöz makinası için kumaş geçiş hatlarını içeren bir görsel yer almaktadır.



Şekil 5-2 İki katlı bir ramöz makinasında kumaş geçiş hatları



## 6. BÖLÜM

### RAMÖZ MAKİNASINDA VERİM ARTTIRICI DEĞİŞİKLİKLER

#### 6.1 Ramöz Makinası Enerji Tüketim Değerleri

Türkiye’de üretilen elektrik enerjisinin %7,2’si tekstil sektöründe kullanılmaktadır. Bu enerjinin ise %12-16’si terbiye bölümünde kullanılmaktadır. Boyama ve son işlemleri içeren terbiye bölümünde enerjinin %85’den fazlası ısı olarak kullanılmakta olup, söz konusu bölüm enerji tasarrufunun en fazla olduğu prosesleri içermektedir. Bu enerjinin %15-40 kısmı da gerdirmeli kurutucularda kullanılmaktadır.

Bu bilgiler doğrultusunda konveksiyonlu kurutucularda enerji tasarrufu büyük önem taşımaktadır. Yapılan araştırmalarda bu makinalarda kullanılan enerjinin %55-60’lık kısmı atık olarak atılmaktadır. Yapılacak çeşitli iyileştirmelerle bu oranın rahatlıkla düşürülebileceği kanıtlanmıştır.

Bir gerdirmeli kurutucuda harcanan ısı enerjisinin dağılımı bir örnek üzerinde incelenirse hangi noktalarda iyileştirme yapılabileceği daha rahat anlaşılabilir.

Örnek olarak 1000 kg ağırlığında %88 nemli kumaşı 160°C sıcaklıkta 6 kabinli bir ramöz makinasında, 1 saat içinde kurutmak istenirse kullanılan enerji miktarı (ortam sıcaklığı 30°C, kumaş çıkış nemi %8);

Bir gerdirmeli kurutucu için gerçekleştirilen kumaşın ısıtılması, suyun buharlaştırılması, taze havanın ısıtılması, izolasyon kayıpları ve diğer enerji tüketimlerini içeren bir tabloya, Çizelge 6-1’de yer verilmiştir.

Çizelge 6-1 Gerdirmeli bir kurutucuda harcanan enerji miktarları

Kumaşın ısıtılması	54 kW
Suyun buharlaştırılması	577 kW
Taze havanın ısıtılması	398 kW (Baca gazı nem oranı %7)
İzolasyon kayıpları	35 kW
Diğer	5 kW

Yukarıda da görüldüğü gibi harcanan enerjinin hemen hemen tamamı suyun buharlaştırılması ve taze havanın ısıtılması için kullanılmaktadır. Bu iki nokta üzerinde çeşitli iyileştirmeler yapılarak kullanılan enerji miktarları düşürülebilir. Bunun yanında ısı ve kütle transferine etkiyen faktörlerde iyileştirmeler yapılarak kumaş ilerleme hızı arttırılabilir. Bu sayede üretim miktarı artacağından makine verimi de artmış olur.

## 6.2 Ramöz Makinasında Yapılabilecek Verim Arttırıcı Değişiklikler

Ramöz makinesinde yapılabilecek olan verim arttırıcı iyileştirmeleri maddeler halinde sıralayabiliriz:

- a.Baca gazı nem oranının tayini
- b.Salyangoz fanının verinin yükseltilmesi
- c.Taze hava girişi
- d.Düze yapısının değişimi
- e.Mekanik kurutma uygulamaları

### 6.2.1 Baca Gazı Nem Oranının Tayini

Ramöz makinasının çalışma sisteminde kurutucu havanın nem oranı belirli bir seviyeyi geçtiği zaman kurutma hızında düşme olmaktadır. Bunu önlemek için sitemden belli miktarda hava uzaklaştırılmaktadır. Atılan hava miktarı kadar taze hava (düşük

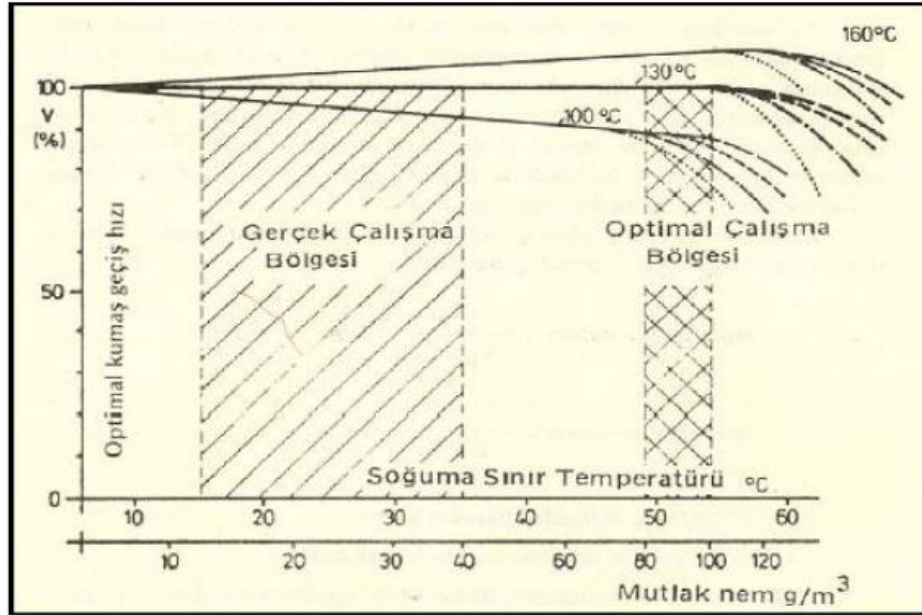
nemli hava) sisteme giriş yapmaktadır. Böylelikle kurutma havasının nemi belirli bir seviyenin altında tutulmaktadır.

Atık havanın optimal miktarda nem almadan dışarı atılmasının önlenmesi ve dolayısıyla atık hava miktarının azaltılması, havadaki nemi ölçerek sağlanabilmektedir. (Uçak, 2010)

Yukarıda sözü geçen nem oranı ram makinası tasarımına, kumaş cinsine, kumaş ağırlığına, ilerleme hızına, sıcaklığa, taze hava giriş nem oranına, vb. birçok faktöre bağlı olduğundan teorik olarak hesaplanması çok zordur.

Genel kabul olarak bir ramöz makinasında bu nem oranını %7 olarak belirlenmektedir.

Bu kabulün doğruluğu ve performansa etkisi alanında yapılan araştırmalarda bu değer sıcaklığa göre değiştiği saptanmıştır. Şekil 6-1'de yer alan grafikte sıcaklıklardaki kumaş geçiş hızının baca gazındaki nem oranı ile değişimi gösterilmiştir.



Şekil 6-1 Kurutma verimi (I.Tarakçıoğlu, 1984)

Grafikte bulunan verilere göre 100°C çalışma sıcaklığında %7 mutlak nem oranından sonra kurutma verimi düşmeye başlamaktadır. Bu değer 130°C için %10, 160°C için %12 olarak belirlenmiştir.

30°C hava giriş sıcaklığı için, kW/sa cinsinden, kabin sıcaklıkları ve mutlak nem oranına göre atılan enerji miktarları Çizelge 6-2’de gösterilmiştir.

Çizelge 6-2 Değişen çalışma sıcaklığı ve nem oranları ile atılan enerji miktarları

Sıcaklık (°C)	Atılan Enerji Miktarı (kW/sa)						
	7%	8%	9%	10%	11%	12%	13%
100	60	-	-	-	-	-	-
130	84	76	67	61	-	-	-
160	113	98	87	79	72	66	-

*Not: Hava giriş sıcaklığı 30°C alınmıştır.*

Kayıp enerji kuru hava ile atılan enerji miktarıdır.

- Değerler bir kabinde %100 çalışma kapasitesi için geçerlidir

Kurutma hızında ve kumaş kalitesinde değişiklik olmadan, baca gazı nem oranını 1 puanlık değerler artırılarak elde edilen atık ısı enerji miktarları tabloda görülmektedir.

Not: Analizleri yapılan ramöz makinasında tam kapasite çalışma esnasında bir kabinde buharlaşan su miktarı 226 kg/saat olmaktadır. Hesaplamalar bu değer üzerinden yapılmıştır.

Tabloda da belirtildiği gibi 160° çalışan bir ramöz makinasında baca gazı nem oranı %7 yerine %12 olarak ayarlanır ise 47 kW/h yani %42 oranında enerji tasarrufu sağlanır.

Pratikte ise bir ramöz makinasının brülörler kullanım kapasitesi %30 civarındadır. Dolayısı ile bir kabinde ki tasarruf miktarı 12,6 kW/sa olmaktadır. Sistemin doğalgaz ile çalıştığını düşünürsek bir kabinde ki tasarruf miktarı 1,43 m<sup>3</sup>/sa olarak gerçekleşir. 360 gün 22 saat çalışan 6 kabinli bir ramöz makinasında ise yıllık doğalgaz tasarrufu 67954 m<sup>3</sup>/yıl olur. Bunun parasal karşılığı ise 78031 TL/yıl’dır.

Grafikte verilen nem oranları teorik olarak hesaplanmadığı için makinanın çalışması esnasında Eraxis Mühendislik firması tarafından yapılan testler sonucu elde edilmiştir. Bu yüzden yapılan çalışmalar arasında az da olsa farklılıklar olduğu görülmüştür. Bunun sebebi makinalardaki tasarım farklılıkları ve baca gazı nem sensörünün konumlandığı yer olarak görülmektedir.

Bulunan sonuçlar üzerinden yapılacak olan yazılımla, makinanın çalışma sıcaklığına bağlı olarak baca gazı nem ayar değeri otomatik olarak değiştirilebilir. Bu şekilde enerji verimliliği arttırılmış ve tasarruf sağlanmış olabilir.

### **6.2.2 Salyangoz Fanının Veriminin Yükseltilmesi**

Teorik olarak kurutma işleminde kumaş üzeri gönderilen hava miktarı ne kadar fazla olur ise kurutma işlemi o kadar kısa olmaktadır. Lakin bu durum belli bir değere kadar geçerlidir. Yani kumaş üzeri çarptırılan hava hızı belli bir değeri geçtikten sonra kurutma verimini çok az etkiler. Hatta hava hızındaki fazla artış basınç kayıplarını da arttıracığından fan motorunun daha fazla güç çekmesine neden olur.

Ramözlerde fan motoru gücü ile ısı iletim katsayı arasındaki ilişkisi  $\beta = \sqrt[4]{P}$  şeklindedir. Burada motor gücü %100 arttığında ısı transfer katsayısına etkisi %20'dir. %200 arttığında ise etki %30 olmaktadır.

Kurutma verimi maksimum değerine nozul çıkışında hava hızının 36-38 m/sn olduğunda ulaşır. Çizelge 6-3'de mevcut fan tasarımı için analizleri yapılan bir ramöz makinasında farklı kumaş enlerine göre düze hava çıkış hızları görülebilir.

Çizelge 6-3 Kumaş Enlerine Göre Düze Hava Çıkış Hızları

Kumaş Eni (mm)	Hava Çıkış Hızı (m/sn)
1600	47,3
1800	36,8
2000	29,2
2200	26,9
2400	24,3
2600	22,6
2800	21,2
3000	19,5
3200	18,4
3300	17,8
3400	17,4
3500	16,9

Tablodan da anlaşıldığı gibi ramöz makinalarımızda düzeden çıkan hava hızları, 1600 ve 1800 mm kumaş enleri hariç, istenilen seviyede olmadığı görülmektedir. Bu durumun sonucu verimsiz bir kurutma yapılmasıdır. Bu verimsizliği karşılamak için sisteme fazladan bir kabin koyulma, daha fazla yakıt harcanma, kurutma hızı düşürülme gibi önlemler alınmaktadır.

Hava hızını arttırmak için çeşitli yöntemler mevcuttur. Bu yöntemlerden biri de kullanılan fanın verimini arttırmaktır.

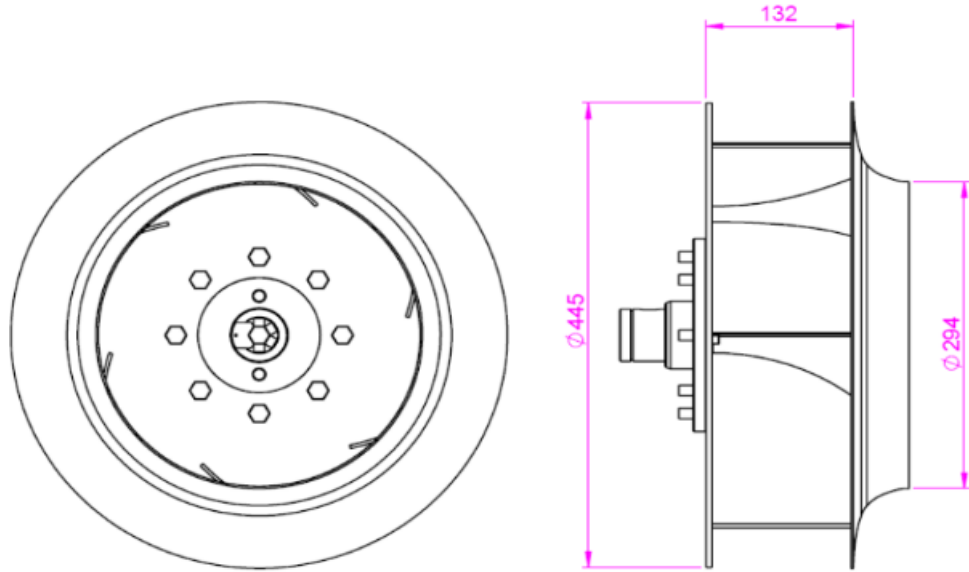
Fanın verimini arttırmak için bir fan tasarımı üç boyutlu tasarım programları aracılığı ile gerçekleştirilmiştir.

Tasarlanan yeni fan ile mevcut fan arasında farklar aşağıda belirtilmiştir.

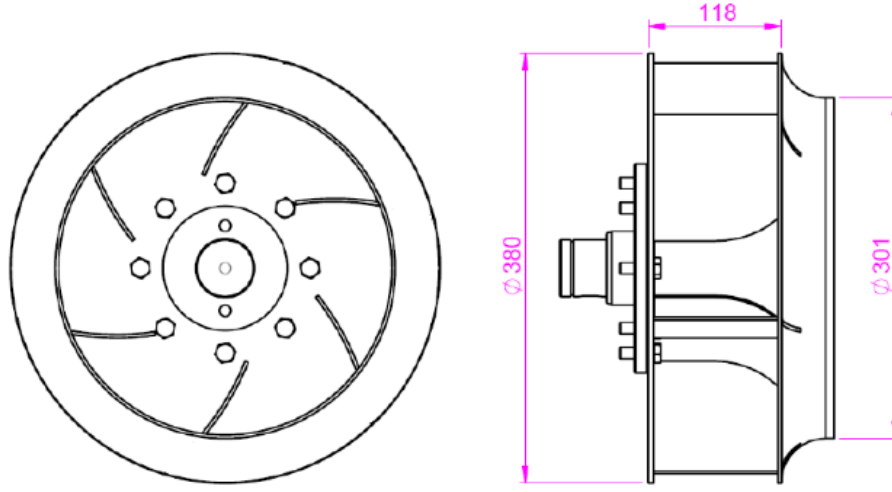
Çizelge 6-4 Mevcut fan ile yeni fan arasındaki farklar

		Mevcut Fan	Yeni Fan
Debi	(m <sup>3</sup> /h)	6998	7805
Devir	(d/dak)	2800	2800
Güç	(kW)	4	4
Basma Yük.	(mmSS)	210	190
	(Pa)	2060	1865
Kanat Sayısı	(Adet)	6	6
Çap	(mm)	455	380
Genişlik	(mm)	132	118

Boyutsal olarak değişikliği ise aşağıdaki görülmektedir. Mevcut fana ait teknik çizimler ve ölçüler Şekil 6-2’de gösterilmiştir.



Şekil 6-2 Mevcut fan teknik ölçüleri



Şekil 6-3 Tasarlanan yeni fan teknik ölçüleri

Yeni tasarlanan fana ait teknik çizimler ve ölçüler Şekil 6-3’de gösterilmiştir.

Fan debisinde %12’lik bir artış olur iken basma yüksekliğinde %9,5’luk bir azalma olmuştur. Bu azalmayı karşılamak için salyangoz yapısında değişiklikler yapılarak basınç kaybına sebep olan unsurlar azaltılabilir.

Gerçekleştirilen fan tasarımı sonrasında yapılan analizlerde elde edilen hava çıkış hızları Çizelge 6-5’de yer almaktadır.



Çizelge 6-5 Yeni uygulanan fan tasarımı sonucunda yapılan analizlere göre hava çıkış hızları

Kumaş Eni (mm)	Hava Çıkış Hızı (m/sn)
1600	52,9
1800	41,2
2000	32,7
2200	31
2400	27,1
2600	25,3
2800	23,6
3000	21,8
3200	20,6
3300	19,8
3400	19,5
3500	18,8

İki fan ile elde edilen verileri bir tablo üzerinde özetler ve karşılaştırır isek aşağıda ki sonuçlar ortaya çıkacaktır. 1600 mm kumaş enine sahip makine üzerinde elde edilen veriler karşılaştırıldığı takdirde hava çıkış hızlarının 47,3 m/s değerinden 52,9 m/s değerine kadar yükseldiği görülmektedir.

Daha geniş makine enleri için artış miktarları daha düşük değerlerde gerçekleşse de fan debisinde ki artış ile 2000 ve 2200 mm eninde çalışan makinalarda kurutma verimini çalışma alanına geçirmiş olduğu analizler sonucunda görülmüştür.

Çizelge 6-6 Mevcut Fan ile Yeni Fanın Karşılaştırılması

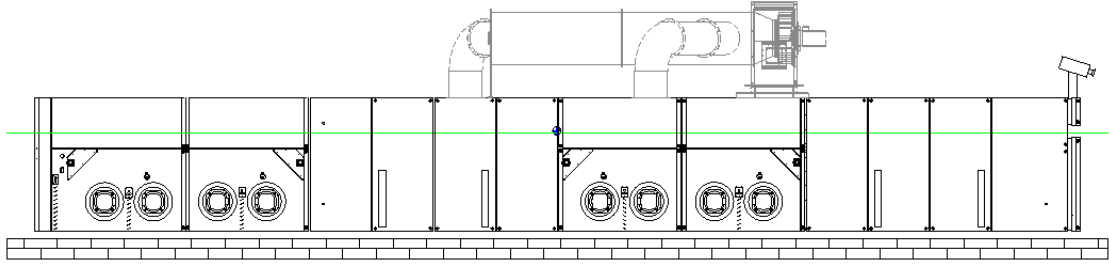
Kumaş Eni (mm)	Hava Çıkış Hızı Eski Fan (m/sn)	Hava Çıkış Hızı Yeni Fan (m/sn)
1600	47,3	52,9
1800	36,8	41,2
2000	29,2	32,7
2200	26,9	31
2400	24,3	27,1
2600	22,6	25,3
2800	21,2	23,6
3000	19,5	21,8
3200	18,4	20,6
3300	17,8	19,8
3400	17,4	19,5
3500	16,9	18,8

### 6.2.3 Taze Hava Girişi

Konveksiyonlu kurutucularda, kurutucu içindeki hava belli bir nem oranına ulaştığında, kurutma hızının etkilememesi için sistemden dışarıya uzaklaştırılır ve uzaklaştırılan miktar kadar sisteme taze hava girişi gerçekleşir.

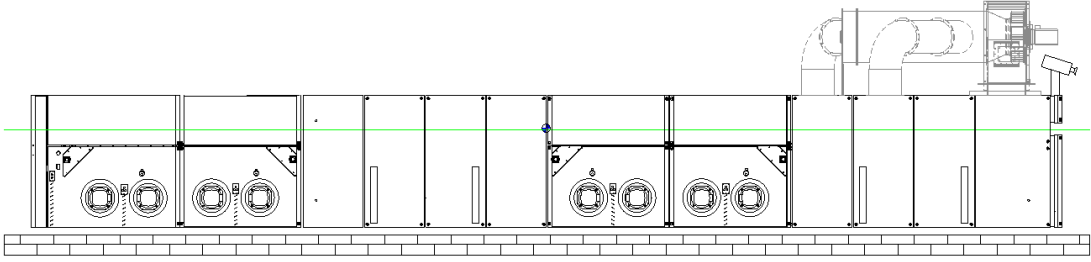
Sistem içine taze hava girişi ilk ve son kabinlerden, hava atılımı ise ya tüm kabinlerden yada birkaç kabinden gerçekleşir. Klasik sistem diyebileceğimiz bu sistemde tüm kabinlerin sıcaklığı eşittir.

Klasik ramöz sistemlerinde hava giriş ve çıkış bölgelerini gösteren hat şemasına Şekil 6-4'de yer verilmiştir.



Şekil 6-4 Klasik sistem hava giriş çıkış bölgeleri

Yapılan araştırmalarda bu sisteme alternatif, %5-8 oranında daha verimli yeni bir sistem geliştirilmektedir. Bu yeni sistemde taze hava girişi sadece kumaş girişi tarafından olmakta (giriş kabini) ve atık hava çıkışı da sadece son kabinde yapılmaktadır. Yapılan araştırmalar sonucu ortaya konan yeni sistem için hava giriş ve çıkış bölgelerini gösteren hat şemasına Şekil 6-5’de yer verilmiştir.



Şekil 6-5 Yeni sistem hava giriş ve çıkış bölgeleri

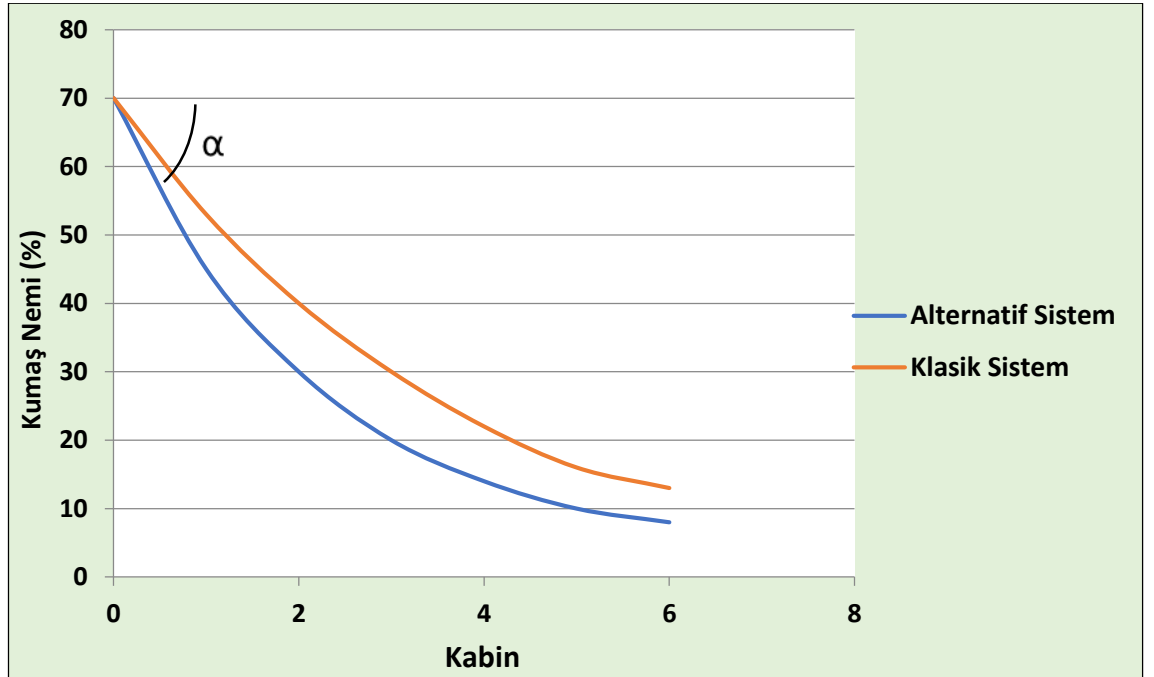
Termodinamik olarak ısı ve kütle transferi yapan iki madde arasındaki değerlerler arasındaki fark artar ise birim zamanda transfer (yani transfer verimi) artar. Hatta verimin artma ivmesi farkın artma ivmesinden fazladır. Yani kabaca değerler arasındaki fark 1 birim artar ise verim 1,2 birim artar. Eğer fark 2 birim artarsa verim 2,6 artar.

Bunun doğrultusunda klasik sisteme alternatif bir sistem doğmaktadır. Bu sistemde ramöz makinasına taze hava girişi sadece ilk kabinde, baca gazı çıkışı ise sadece son kabinde olmaktadır. Ayrıca kabinlerdeki çalışma sıcaklıkları da farklıdır. Böylelikle ilk kabinde kurutma veriminde %20-30 oranında, tüm sistemde ise %5-8 oranında verim artışı gerçekleştirilebilir. Aynı zamanda bir tane baca çıkışı olduğundan kurulum maliyeti de düşmektedir.

Alternatif sistemde taze havanın tamamı ilk kabinden alınmakta olduğunu söylemiştik. Böylelikle sisteme giren taze hava ısıtılırken az miktardaki eskimiş hava ile karışmaktadır. Yani bağıl nemindeki artış az olmaktadır. Buda kumaş soğutma sınır sıcaklığının (kumaş ısısının) daha düşük olması demektir. Taze hava sırası ile kabinler içinde hareket eder ve max. nem oranında son kabinden dışarı atılır.

Klasik sistemde ise havanın yaklaşık yarısı ön kabinden alınır. Burada daha fazla miktardaki eski hava ile karıştığı için nem oranındaki artış fazla olur. Bunun sonucunda kumaş soğutma sınır sıcaklığı daha yüksek olur. Daha sonra ilk çıkışa doğru ilerler ve tam doyamadan dışarı atılır. Böylelikle taze havadan tam olarak faydalanılmamaktadır.

Yapılan araştırmalarda her iki sistem için kumaş nem oranları kabin içinde ölçülmüş ve aşağıdaki grafik oluşturulmuştur. Şekil 6-6'da hava giriş ve çıkış bölgelerinin klasik sistem ve alternatif sistemlerde kumam nemi alma prosesine etkisinin karşılaştırıldığı bir grafik yer almaktadır.



Şekil 6-6 Hava giriş ve çıkış bölgelerinin kumaş nemi alma prosesine etkisi

Kumaş nemleri arasındaki farkı  $\alpha$  açısı yardımıyla yorumlayabiliriz. Dikkat edilir ise alternatif sistemde  $\alpha$  açısı klasik sisteme göre daha büyük. Bu 1. kabinde kurutma işlemi, alternatif sistemde klasik sisteme göre daha iyi gerçekleştiğini gösterir.

$\alpha$  açısını etkileyen en önemli nokta, daha önce söz ettiğimiz, termodinamik ilişkiye giren maddeler arasındaki sıcaklık farkı ve nem farkıdır.

Alternatif sistemde makine içine alınan taze havanın eski hava ile karışımından sonra klasik sisteme göre daha az bağıl nem oranına sahip olduğunu söylemiştik. Bu durumda havanın nem alma potansiyeli klasik sisteme göre daha yüksektir.

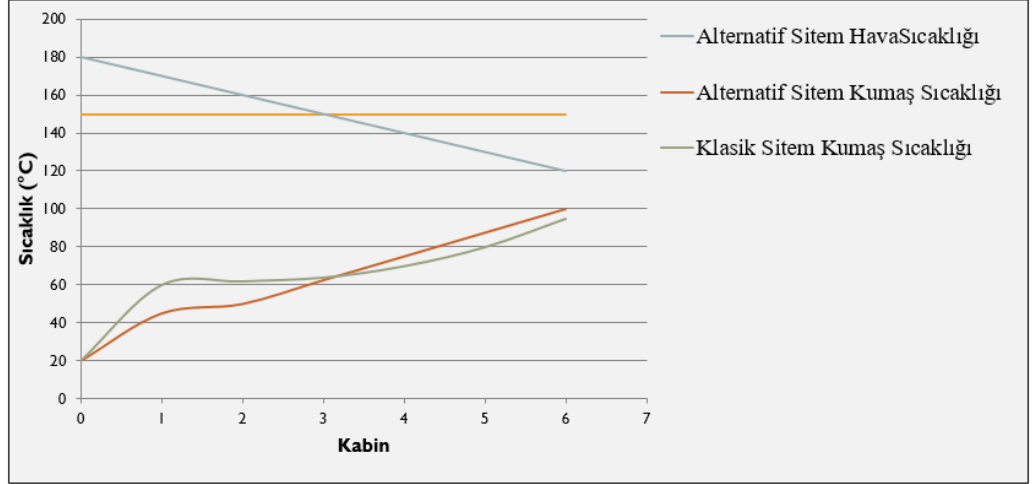
Aynı durum kumaş içinde geçerlidir. İlk kabinde kumaş en nemli halindedir yani nem verme potansiyeli en yüksektir. Son kabinde ise en az nemli durumda olduğu için nem verme potansiyeli düşüktür.

Benzer durum hava ve kumaş sıcaklıkları içinde geçerlidir. Kumaş sıcaklığı doğrudan havanın yaş termometre sıcaklığına bağlıdır. Alternatif sistemde ilk kabindeki havanın bağıl nem oranı klasik sistemden daha düşük olduğu için yaş termometre sıcaklığı (kumaş sıcaklığı) daha düşüktür. Bu durumun tam tersi son kabin için geçerlidir.

Klasik sistemde tüm kabinlerde hava sıcaklığı eşittir. Fakat alternatif sistemde ise hava sıcaklığı ilk kabinde çalışma sıcaklığının  $30^{\circ}\text{C}$  üstünde ve son kabin de ise  $30^{\circ}\text{C}$  altındadır. Ara kabinlerde ise sıcaklık bu iki değer arasında orantılı bir şekilde dağıtılmıştır. Dolayısı ile alternatif sistemde sıcaklıklar arasındaki fark ilk kabinde daha fazla, son kabinde daha azdır.

Bu iki durum göz önüne alındığında alternatif sistemde ilk kabinde kumaştan uzaklaştırılan nem miktarı daha fazla olduğundan  $\alpha$  açısı daha büyüktür.

Burada dikkat edilmesi gereken iki konu vardır. İlki enerji kullanımı diğeri ise kumaş sıcaklığıdır.



Şekil 6-7 Hava giriş ve çıkış bölgelerinin kabin sıcaklıkları ve kumaş sıcaklıklarına etkisi

Şekil 6-7’de 6 kabinli bir ramöz makinasında her iki sistem için kabinlerde ölçülen hava ve kumaş sıcaklıkları verilmiştir. Kabinde harcanan enerji kabin sıcaklığı ile doğru orantılıdır. Kabin sıcaklığı arttıkça harcanan enerjide artar. Bunun tersi de geçerlidir. Bu durumda yukardaki grafikte hava sıcaklıklarının altında kalan alan bize her iki sistemde harcanan enerji miktarlarını karşılaştırmamız için yol gösterebilir. Görüldüğü üzere her iki sistemde de harcanan enerji miktarı aynıdır (ısı kayıpları dahil).

Kumaş sıcaklıkları ise doğrudan havanın yaş termometre sıcaklığı ile orantılıdır. Bu sıcaklığını Ek 5’deki psikometrik diyagramdan bulabiliriz. Diyagram üzerinde görüldüğü gibi alternatif sistemde ilk kabindeki yaş termometre sıcaklığı klasik sisteme göre daha düşüktür. Bu durum benzer şekilde yukardaki grafikte de görülmektedir. Ramöz makinasından çıkan kumaş sıcaklığı alternatif sistemde klasik sisteme göre biraz fazla olmasına rağmen kumaşa zarar verecek ölçüde değildir.

Tabloda verilen örnek üzerinden hesaplamalar yapılmaya devam edilirse; Örneğimizde kurutma işlemini 150°C sıcaklıkta klasik sistemde çalışan ramöz makinası mevcuttu.

Baca gazı çıkışı ortadaki 2 kabinden olmaktadır ve baca gazı çıkış nem oranı da %7 idi. 1000 kg ağırlığındaki kumaşın makinaya giriş nem oranı %88 çıkış oranı ise %8 olduğu biliniyordu.

Taze hava giriş sıcaklığı 30°C ve bağıl nem oranı %60 olduğu varsayılmıştır.

Makinada buharlaşan su miktarı 800 kg'dı.

%7 baca neminde için bu miktarda suyu dışarı atmak için 11428,6 kg/sa debisinde hava gerekmektedir. Bu değer aynı zamanda makinaya giren taze hava miktarıdır.

Makinanın her iki taraftan da eşit miktarda hava alındığını varsayarsak kabinlere giren hava debisi 5714,3 kg/sa olur. Bu havanın içinde 91,4 kg su bulundurmaktadır (piskometrik diyagram). Yani taze havadaki nem oranı %1,6'dır.

Burada taze hava 12728,8 kg/sa debisinde %4,5 nem oranına sahip hava ile karışır. Karışım sonunda %3,6 nem oranında 18443,1 kg/sa debisinde kurutma havası elde edilir.

Bu durumda giriş kabininde yaş termometre sıcaklığı (kumaş sıcaklığı) 49°C olacaktır.

Eğer ramöz makinası alternatif sistemde çalışsaydı taze hava sadece ilk kabinde alınacak ve baca gazı çıkışı sadece son kabinden olacaktır. Bu durumda 11428,6 kg/sa debisinde %1,6 nem oranında sisteme giriş yapan hava %3,5 nem oranında 7017,5 kg/sa debisindeki hava ile karışır. Karışım sonucu %2,3 nem oranında 18443,1 kg/sa debisinde kurutma havası elde ederiz (kabin sıcaklıkları sabit). Bu durumda kumaş sıcaklığı 46°C olur.

$Q = A \times k \times (T_{\text{hava}} - T_{\text{kumaş}})$  formülünde her iki sistem için bulunan değerleri yerine koyar ve oranlar isek;

(6.1)

$$Q_{\text{alternatif 1}} = A \times k \times (150 - 46)$$

(6.2)

$$Q_{\text{klasik}} = A \times k \times (150 - 49)$$

(6.3)

Elde edilen sonuca göre ilk kabinde yaklaşık %3'lük bir ısı transfer artışı olur. Tüm sistemde verim artışı %0,5 civarındadır.

Değişken kabin sıcaklığında ise kumaş sıcaklığı 49°C olur. Eşitlikte yerine koyulduğu zaman

$$Q_{\text{alternatif 2}} = A \times k \times (180 - 49)$$

(6.4)

$$Q_{\text{klasik}} = A \times k \times (150 - 49)$$

(6.5)

Elde edilen sonuca göre ilk kabinde yaklaşık %30'luk bir ısı transfer artışı olur. Tüm sistemde verim artışıımız %8 civarındır.

Teorik hesaplamada da görüldüğü üzere verim artışı konunun üstüne eğilecek kadar fazladır.

Alternatif sisteminin verimliliği birinci bölümde söz ettiğimiz baca gazı nem tayini ile doğrudan orantılıdır. Baca gazı nem oranını çalışma sıcaklığına göre doğru tayin edilir ise alternatif sistemin verimi en yüksek noktaya çıkar. Tersisi durumunda sistemin verimi en düşük seviyede kalır.

Öte yandan, kademeli sıcaklık yönteminin uygulanması, oldukça yüksek hava sıcaklıklarının ayarlandığı ilk bölmelerdeki en yüksek kuruma hızları nedeniyle en yüksek toplam ekserji verimliliğine neden olmuştur. (Çay, Tarakçioğlu, Hepbaşlı, 2010) Egzoz havası nem oranının ve kumaş çıkışının artık nem içeriğinin arttırılması, ekserji maliyetlerini de doğrusal olarak azaltacaktır. (Çay, Tarakçioğlu, Hepbaşlı, 2011)

Sonuç olarak yapılmak istenilenler maddeler halinde sıralanırsa;

Taze hava girişi sadece giriş kabininden ve baca gazı çıkışı da sadece son kabinden yapıldığında;

Kabin sıcaklıklarının eşit olması yerine ilk kabinin sıcaklığını çalışma sıcaklığının 30°C üstüne, son kabinin sıcaklığını çalışma sıcaklığının 30°C altına ve ara kabinlerin sıcaklıklarını bu değerler arasında eşit farklar oluşacak şekilde ayarlandığında;

Kurutma veriminde yaklaşık %5-8 oranında artış sağlanabilir. Ayrıca tek baca çıkışı olduğundan kurulum maliyetlerinde de hissedilir oranda düşüş gerçekleşmektedir.

#### **6.2.4 Düze Yapısının Değişimi**

Etkili bir kurutma için dikkat edilmesi gereken birkaç husus vardır. Bu hususları şu şekilde sıralayabiliriz;

Çarpma alanı,

Çarpma açısı,



Çarpma hızı,

Çarpma sonrası havanın hareketi,

Bu sayılan hususların tamamı düze yapısı ile direk bağlantılıdır.

İlk olarak havanın kumaşa çarpma alanını incelemek gerekmektedir. Bu alanın genişliği ve homojenliği büyük ölçüde düzede bulunan nozulların şekline ve havanın düzeden çıkış hızına bağlıdır. Yapılan araştırmalarda en etkili kurutmanın havanın dairesel kesitten çıktığı zaman gerçekleştiği görülmüştür. Daha sonra sırasıyla oval ve kare kesit gelmektedir.

Bu durumu gözlemlemek için çeşitli kesitlerden çıkan havanın kumaş üzerinde nasıl bir hareket izlediği analizlerle incelenmiştir. Yapılan bu analizler esnasında eşit alana sahip kesitlerden 8 m<sup>3</sup>/sa hava geçecek şekilde tasarlanmıştır. Kumaşın düze çıkışından uzaklığı ise 75 mm alınmıştır. Bu mesafe pratikte piyasa da kullanılan ram makinalarından alınmıştır.

Yapılan analizlerde düze çıkış hızı düştükçe kumaş üzerindeki etkili çarpma alanı ve çarpma hızının azaldığı görülmüştür.

Bu şekilde bir dağılımın olmasının dolaylı bir sebebi de kumaş ile düze arasındaki mesafedir. Aradaki mesafe arttıkça havanın alması gereken mesafe fazlaşmakta bunun sonucu olarak hava hızındaki düşme artmaktadır. Bu da dağılmayı arttırmaktadır.

Bu mesafeyi azaltmak kurutma hızını arttırmasına rağmen, kumaş türüne göre, ürün üzerinde fiziksel etkileri olabilmektedir. Uzaklığın etkileri ile ilgili yeterince teorik bilgi ve araştırma olmadığından dolayı mesafe yüzünden oluşan verim kaybı göz ardı edilecektir.

Kumaş üzerinde etkili bir çarpma alanı oluşmamasının en büyük sebebinin yapılan analizlerde havanın çarpma sonra ki hareketinden kaynaklı olduğu görülmüştür.

### 6.2.5 Mekanik Kurutma Uygulamaları

Kurutma işleminde enerji tasarrufu etme yollarından biri de konveksiyonla kuruma öncesi mekanik kurutma yapmaktır. Kumaş türüne bağlı olarak ürün üzerindeki suyun %7 ile %90'ı mekanik nem alma sistemleriyle uzaklaştırılabilir.

Mekanik kurutmanın en büyük avantajı, konveksiyonlu kurutucuda buharlaşması gereken su miktarını azalttığı için üretim hızını artırması olarak söylenebilir. Çizelge 6-7'da çeşitli kurutma yöntemlerinde kullanılan yaklaşık enerji miktarlarının karşılaştırılması verilmiştir.

Çizelge 6-7 Çeşitli Kurutma Tiplerinde Enerji Gereksinimleri

Kurutma Yöntemi	Enerji Gereksinimi (Kcal/Kg)
Sıkma	14
Vakumlama	167
Konveksiyon	1670
Radyan Isıtıcı	2219

Tablodaki verilere göre mekanik kurutma yöntemleri ile konveksiyonla kurutma karşılaştırıldığında enerji kullanımı açısından çok büyük fark bulunmaktadır. Bu durumda ramöz makinası öncesi ne kadar çok su mekanik kurutma yöntemleri ile uzaklaştırılırsa kullanılacak olan enerji miktarı da o kadar düşecektir.

## 7. BÖLÜM

### MATERYAL VE YÖNTEM

#### 7.1 Ramöz Makinalarında Ekonomizer

Ekonomizerler, ısı, buhar veya güç üretim tesislerinde kazanlardan çıkararak bacaya verilen duman gazları üzerinde bulunan ısının bir bölümünü, bünyelerinde sirküle eden suya veya havaya aktarmak suretiyle, geri kazanmak amacıyla kullanılan makinalardır. (Çıtır, 2013)

Ayrıca ekonomizer; sisteme eklendiğinde üretilen birim ısı enerjisinin maliyetini düşüren ve kurulu kapasiteyi artıran bir sistemdir. Çalışma prensibi eşanjör temeline dayanmaktadır.

Atık ısı kazanından atılan baca gazlarının sıcaklığı 200 °C civarındadır. Dışarı atılan bu enerjiden faydalanmak mümkün olabilmektedir. Yani atılan baca gazından enerji geri kazanılabilmektedir. (Bengül, 2007)

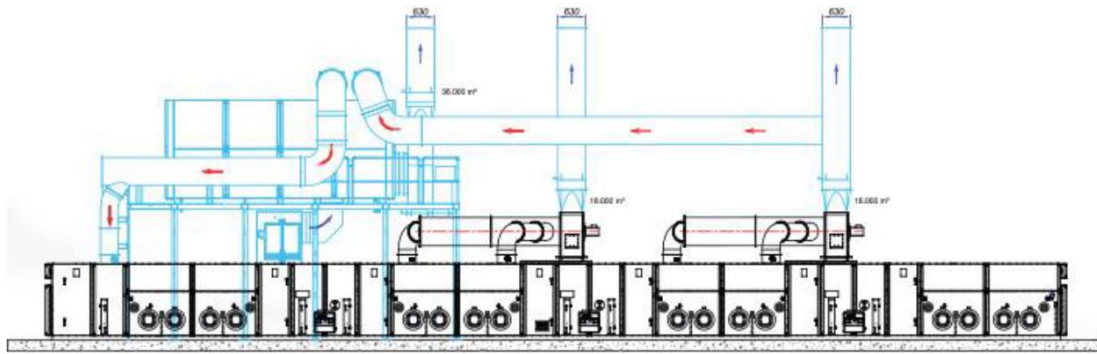
Ramöz makinalarına entegre edildiğinde ekonomizer üniteleri atık havanın sıcaklığı ile taze havayı ısıtarak sisteme daha yüksek sıcaklıkta girmesini sağlamaktadır. Böylece taze havanın ısıtılması için gerekli olan enerji çok daha düşük değerlerde olmaktadır. Bu da ramöz makinasının verimini arttırdığı gibi enerji tasarrufu sağlamaktadır.

Bu bölümde bir ramöz makinasının üzerinde kullanılmak üzere bir ekonomizer tasarımı gerçekleştirilecek olup, ekonomizer kullanımının sisteme etkileri incelenecektir.

Çift geçişli olacak tasarlanacak bu ekonomizerin tüm teknik detayları ve kesit resimleri ile makina üzerine kurulumuna dair resimler ekonomizer tasarımı bölümünde

verilecektir. Bu tasarım yapılırsa iken hali hazırda endüstri de sıkça kullanılmakta olan ekonomizer tipleri esas alınmış olup tüm ölçüler birebir korunarak bir çok işletmede görebileceğimiz bir ekonomizerin kazançları hesaplanmıştır. Bu hesaplar yapılırsa iken makine üzerinden alınan tüm bilgiler “Eraxis Makine Mühendislik Tasarım Arge” firmasının Ar-Ge mühendisleri tarafından elde edilmiştir.

Şekil 7-1’de üzerinde ekonomizer yer alan bir ramöz makinasının hat resmi yer almaktadır. Bacalarda ki hava akış yönleri ve ekonomizerin yerleşimi de bu hat resminde görülebilmektedir.



Şekil 7-1 Üzerinde ekonomizer ile bir ramöz makinasının hat resmi

Yukarıdaki resimde üzerinde çalışmalar yapılacak olan ekonomizerin bir ramöz makinasına yerleşim resmi görülmektedir. Baca hatlarına entegre edilen ekonomizer Hava çıkış borularından atılan sıcak havayı sisteme almakta, taze hava ile karıştırmadan boruların içerisinden geçirilerek taze havayı oda sıcaklığından daha yüksek sıcaklıklarda sisteme vermektedir. Bu resimde görüldüğü üzere taze hava girişi ilk kabinde gerçekleştirilmiştir. Havanın giriş ve çıkış kabin seçimlerinin etkisinden 6.3. Taze Hava Girişi adlı bölümde bahsedilmiştir. Bu hesaplamalar resimde gözüken ramöz makinasına göre gerçekleştirilecek ve diğer verim arttırıcı değişikliklere tekrar değinilmeyecektir. Tercih edilmesi durumunda ekonomizer ile birlikte ön kurutma yöntemleri ve diğer tüm verim arttırıcı değişiklikler de kullanılabilir. Ekonomizer uygulaması sistemin çıkış noktasında kullanılacağından dolayı diğer sistemlerden bağımsız olarak enerji tasarrufu sağlamaktadır.

Gerçekleştirilen hesaplamalar Tubular Exchanger Manufactures Association (TEMA) standartlarına göre, Bell Delaware ve Kern yöntemlerinden yararlanılarak tamamlanmıştır.

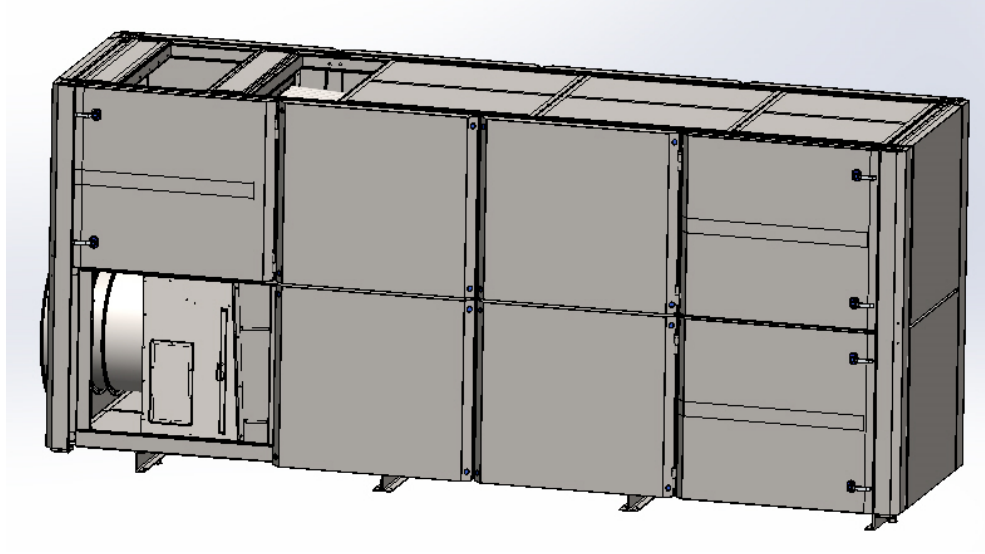
## **7.2 Ekonomizer Tasarımı**

Aşağıdaki resimlerde hesaplamalarda kullanacağımız ekonomizer ünitesinin detay resimleri görülmektedir. Boruların yatakladığı ara plakalara saptırma plakaları adı verilir.

Ünite çift geçişli bir sistemden oluşmaktadır. Temiz hava gövde tarafından içeriye alınarak boruların içerisindeki sıcak hava ile ısı transferi gerçekleştirdikten ve ısıdıktan sonra makinenin içine verilmektedir.

Isı geri kazanım sistemleri ramöz atık havasındaki atık ısıyı geri kazanırken, aynı zamanda atık havanın temizlenmesini de sağlamaktadırlar. Atık havanın soğutulması, hava/hava ve hava/su ısı değiştiricilerde çok aşamalı ısı değişim prosesi ile sağlanmaktadır. (Yılmaz, 2010)

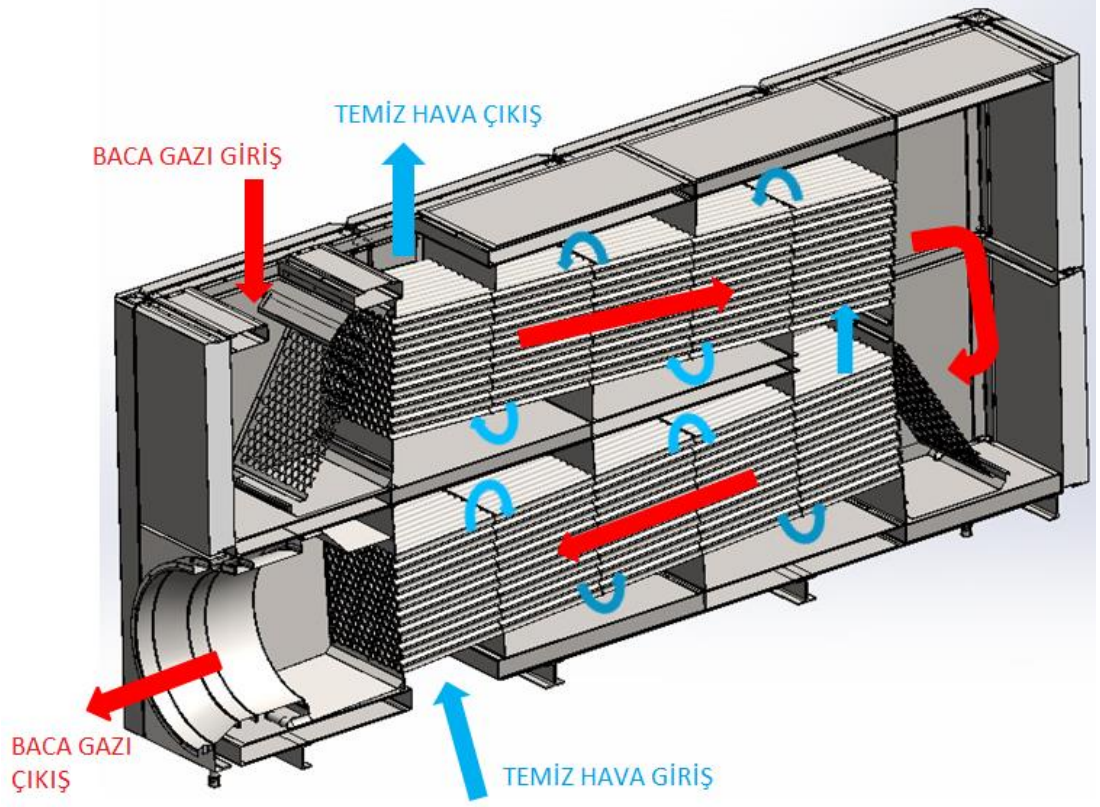
Endüstri de sıklıkla kullanılmakta olan, ve hesaplamalarda kullanacağımız ekonomizerin dış görünüşüne Şekil 7-2’de yer verilmiştir.



Şekil 7-2 Ekonomizer dış görünüşü

Dış gövdesi Şekil 7.2. de görülen ekonomizerin dış duvarlarına istenilmesi durumunda izolasyon uygulanabilmektedir. Ramöz makinalarında da uygulanan izolasyon malzemesi genellikle kaya yünü olarak tercih edilmekte olup 5 yada 10 santimetre kalınlıklarında kullanılmaktadır. İzolasyon kullanılması durumunda ekonomizerin sağladığı enerji tasarrufu daha büyük miktarlarda olacaktır. Aşağıda hesapları gerçekleştirilen ekonomizer izolasyon malzemesi uygulanmamış hali ile hesaplamalarda kullanılmıştır.

Şekil 7-3’de hesaplamalarda kullanılacak olan ekonomizerin merkezinden alınan bir kesit resmi ile iç detayları, boru yerleşimleri, saptırma plakaları, yer almakta ve taze hava giriş yolu ile baca gazı çıkış yolu gösterilmektedir.



Şekil 7-3 Ekonomizer kesit detay resmi

Kullanılan ekonomizerin kısaca özellikleri;

Havadan havaya ısı geçişlidir.

Kapasitesi 325 kW gücündedir.

Baca gazı tarafı 2 geçişli – temiz hava tarafı 10 geçişlidir.

330 x 2 = 660 adet Ø40x1 mm AISI 304 kalite boru kullanılmıştır.

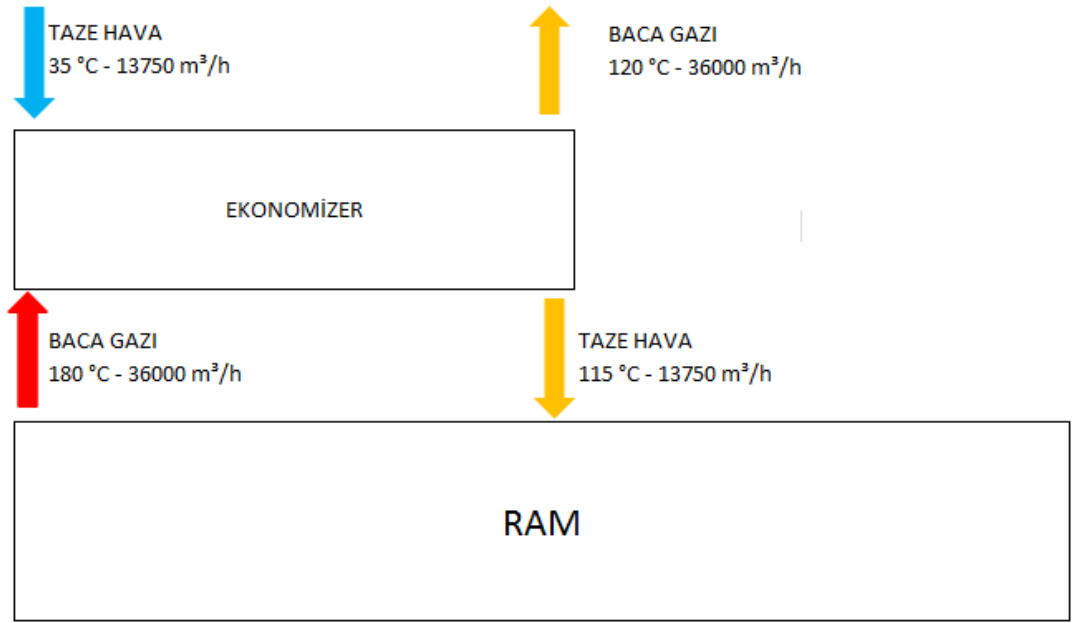
Isı transfer alanı 248,4 m<sup>2</sup>

Baca gazı hattı fanı : 36000 m<sup>3</sup>/h

11 kW

1100 Pa

Aşağıdaki resimde ise sistemin çalışma prensibi iki boyutlu hat resmi ile gösterilmiştir. Burada taze havanın makineye giriş sıcaklığı ve baca gazının ekonomizlerden çıkış sıcaklığı ortalama değerler olarak yazılmıştır. İlerleyen bölümlerde ekonomizlerin ısı hesaplamaları gerçekleştirilecek ve bu sıcaklıklar hesaplanacaktır. Bir ramöz makinesinin hat resminde üzerinde ekonomizlerin pozisyonlanması Şekil 7-4'deki gibi gerçekleşmektedir.



Şekil 7-4 Ramöz - ekonomizer hava geçişleri

Şekil 7-5 ve Şekil 7-6'da ekonomizer kurulu bir şekilde yer almakta olan bir ramöz makinası görülmektedir. Resimlerde görüldüğü üzere ekonomizer ramöz makinesine orta kabinlerden monte edilmiştir.





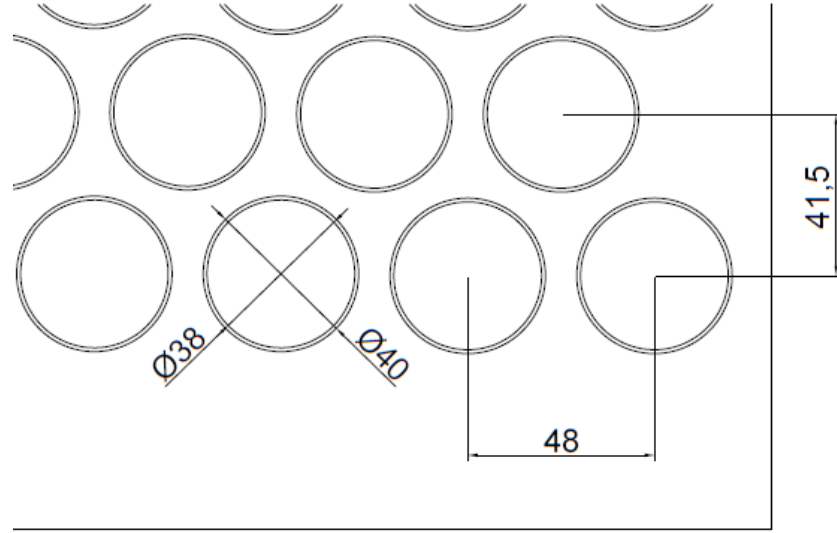
Şekil 7-5 Ekonomizer kurulu bir ramöz makinası



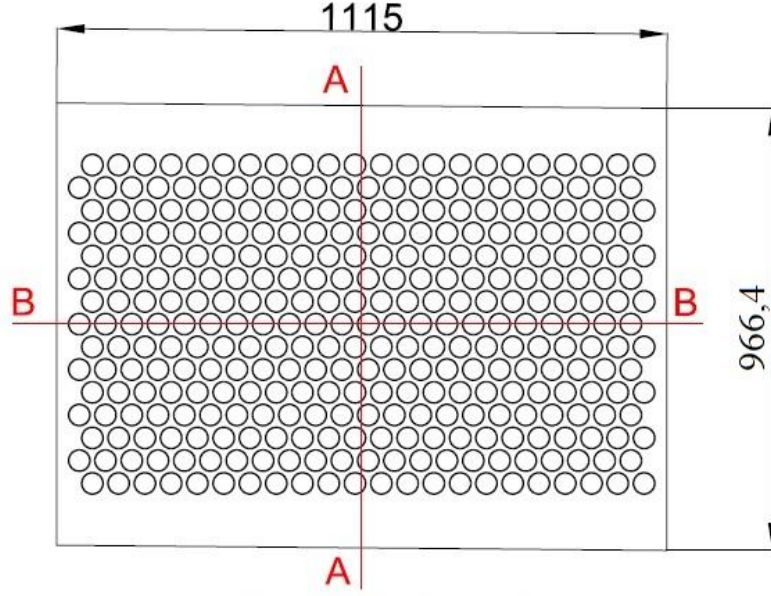
Şekil 7-6 Ramöz makinası üzerinde ekonomizer resmi

### 7.3 Ekonomizer Hesaplamaları

Hesaplamalarda kullanılacak olan ekonomizerin boru yerleşimi ve detaylarını içeren teknik resim Şekil 7-7'de görülmektedir.



Şekil 7-7 Tasarımda kullanılan ekonomizerin kesit detay resmi



Şekil 7-8 Tasarımda kullanılan ekonomizerin boru hattı diziliş resmi

Tasarımı endüstride çokca kullanılan bir örneğine göre yapılan ekonomizerin boru diziliş detaylarını gösteren kesit resmi aşağıda verilmiştir.

Tasarımda kullanılan ölçüler aşağıdaki gibidir:

$$p = 0.048 \text{ m}$$

$$d_d = 0.040 \text{ m}$$

$$d_i = 0.038 \text{ m}$$

$$L_{x1}; \text{Gövde yatay uzunluğu} = 1.115 \text{ m}$$

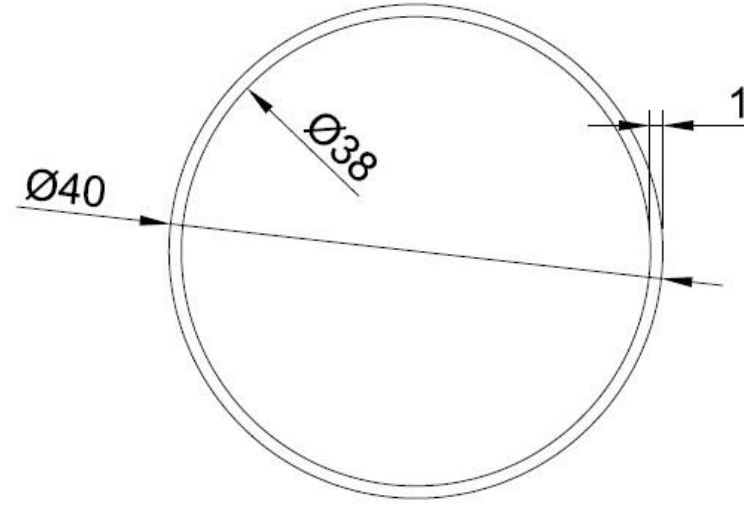
$$L_{y1}; \text{Gövde dikey uzunluğu} = 0.9664 \text{ m}$$

Boru sayısı;  $n = 330$  adet (22 adet yatay x 15 adet dikey olarak konumlandırılmış. Tek geçişte kullanılan boru sayısıdır.)

$$\text{Boru uzunluğu; } L_b = 2.997 \text{ m (Tek geçiş için)}$$

$$\text{Saptırma plakaları arasındaki mesafe; } B = 0.593 \text{ m}$$

Tasarımda kullanılan borunun çap ve et kalınlığı bilgilerini içeren kesit resmi Şekil 7-9'da verilmiştir.



Şekil 7-9 Tasarımda kullanılan ekonomizerin boru detayları

### 7.3.1 Isı Taşım Katsayısı

Hidrolik çap (Üçgen diziliş için):

$$dH = \frac{1,10}{d_0} \times (p^2 - 0,917d_0^2) = 0,0230 \text{ m} \quad (7.1)$$

Havanın hacimsel debisi:

$$m = 13750/3600 \text{ (m}^3/\text{s)} = 3,8194 \text{ m}^3/\text{s} \quad (7.2)$$

Gövde tarafı akış alanı ( $A_s$ ): Boruya dik akışta iki saptırma plakası arasındaki akışkan serbest geçiş alanı:

Şekil 7.8. de görülen B – B kesitinde borulara dik gövde tarafı akış alanı hesaplanırken, gövdenin B – B kesit genişliğinden, kesite denk gelen boruların genişliği ( bu ölçü izdüşümde 40mm olan boru çapına karşılık gelmektedir. ), boru adeti ile çarpılarak çıkarılır.

$$A_s = [1115 - (22 \times 40)] \times 0,593 \text{ m}^2 \quad (7.3)$$

$$A_s = 0,235 \times 0,593 = 0,1393 \text{ m}^2$$

## Havanın Özellikleri

Akışkan özelliklerinde kullanılan 1 indisi gövde tarafı akışkanı, 2 indisi boru tarafı akışkanı temsil etmektedir.

## Gövde Tarafı Akışkan Özellikleri

$$T_{1g} = 35^{\circ}\text{C}$$

$T_{1ç}$  = Bu değer tam olarak bilinmediğinden ortalama bir akışkan sıcaklığı kabul edilerek akışkan değerleri hesaplanır.

$$T_{ort1} = (T_{1g} + T_{1ç})/2 = 70^{\circ}\text{C} \text{ ortalama değeri için havanın özellikleri:}$$

$$\text{Özgül ısı, } c_{p1} = 1,0085 \times 10^3 \text{ J/kg.K}$$

$$\text{Isı iletkenlik katsayısı, } k_1 = 29,5 \times 10^3 \text{ N/m.K}$$

$$\text{Dinamik viskozite, } \mu_1 = 2,049 \times 10^{-3} \text{ N.s/m}^2$$

$$\text{Yoğunluk, } \rho_1 = 1,0183 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Kinematik viskozite, } \nu_1 = 0,199 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

## Havanın kütleli debisi

$$13750 \text{ m}^3/\text{saat} = 3,8194 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$m_1 = m \times \rho_1 = 3,8893 \text{ kg/s} \quad (7.4)$$

## Havanın hızı

$$v = \frac{m_1}{A_s} = \frac{3,8194}{0,13} = 29,38 \text{ m/sn} \quad (7.5)$$

### Akış alanına göre hesaplanmış kütleli debi

$$G_1 = \frac{m_1}{A_s} = 29,9179 \text{ kg/s.m}^2 \quad (7.6)$$

### Re sayısı boru dış çapıyla tanımlanır:

$$Re_1 = \frac{d_0 G_1}{\mu_1} = 58406 \quad (7.7)$$

### Prandtl sayısı

$$Pr_1 = \frac{c_{p1} \mu_1}{k_1} = 0,7010 \quad (7.8)$$

### Gövde Tarafı Isı Taşınım Katsayısı

$$h_1 = h_0 F_n F_w F_b F_L \quad (7.9)$$

$$h_0 = \frac{k_1}{d_0} j_{h,b} Re_1 Pr_1^{1/3} j_\mu \quad (7.10)$$

$h_0$ : Gövde tarafındaki ideal boru demetine dik akışta ısı taşınım katsayısı, W/m<sup>2</sup>.°C

$F_n$ : Boru sayısını göz önüne alan düzeltme katsayısı

$F_w$ : Pencere etkisini göz önüne alan düzeltme katsayısı

$F_b$ : Kısa devre düzeltme katsayısı

$F_L$ : Kaçak akımı düzeltme katsayısı

$k$ : Akışkanın ortalama ısı iletim katsayısı, W/m.°C

$j_{h,B}$ : Boyutsuz ısı çarpanı

$Re$ : Gövde tarafında boru dış çapına göre tanımlanmış Reynolds sayısı

$Pr$ : Prandtl sayısı

### **Düzeltilme Faktörü**

$$J_{\mu} = \left( \frac{\mu}{\mu_1} \right)^m \quad (7.11)$$

Isıtılmış gaz akışkanlar için aşağıdaki bağıntı kullanılabilir;

$$J_{\mu} = \left( \frac{T+273}{T_w+273} \right)^{0,25} \quad (7.12)$$

$$\text{Boru cidar sıcaklığı } T_w = (T_{1g} + T_{1\check{c}} + T_{2g} + T_{2\check{c}}) / 4 = 100 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ kabul edildi.} \quad (7.13)$$

$J_{h,B}$  Reynolds sayısına göre Ek 1'den;

$$J_{h,B} = 3,6 \times 10^{-3}$$

$$h_0 = 156,0656 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$h_G = 110,7129 \text{ W/m}^2\text{K}$$

### **$F_n$ (Boru sayısını göz önüne alan düzeltme katsayısı)**

Gövdede bulunan akış yönündeki boru sıra sayısı 10'dan fazla ise  $F_n$  düzeltme katsayısının bulunması gerekmektedir. 15 boru sırası için EK 2'den

$$F_n = 1,02$$

### **$F_w$ (Pencerelerde bulunan boruların etkisini gösteren katsayı)**

Pencerelerde boru sayısı 0 olduğu için;

$$F_w = 1$$

### **$F_b$ (Kısa devre düzeltme katsayısı)**

Boru demeti ile gövde iç çapı arasındaki aralık nedeniyle oluşan kısa devre akımlarının etkisini göz önüne alarak kısa devre düzeltme katsayısı hesaplanır.

$$A_b = (20,5 \times 2)0,522 = 21,402 \text{ mm} = 0,214 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \quad (7.14)$$

$$A_s = 0,13 \text{ m}^2$$

$A_b$ : Boru demeti ile gövde iç çapı arasındaki aralık alanı

$A_s$ : Gövde akış alanı

$$\frac{A_b}{A_s} = \frac{0,214 \cdot 10^{-4}}{0,13} = 0,165 \cdot 10^{-3} \quad (7.15)$$

Değerine karşılık EK 3'ten  $F_b = 0,99$  okunur.

**FL (Kaçak akımı düzeltme katsayısı)**

$$F_L = 1 - \beta_L \left[ \frac{A_{tb} + 2A_{sb}}{A_L} \right] \quad (7.16)$$

$A_{tb}$ : Şaşırtma levhaları ile borular arasındaki toplam kaçak aralığı alanı, ( $\text{m}^2$ )

$A_{sb}$ : Şaşırtma levhaları ile gövde iç çapı arasındaki toplam kaçak aralığı alanı, ( $\text{m}^2$ )

$A_L$ : ( $A_{tb} + A_{sb}$ ) toplam kaçak aralığı alanı, ( $\text{m}^2$ )

$$A_{tb} = \frac{\pi}{4} [(0,040 + 0,0004)^2 - (0,04)^2] \cdot 330 = 0,0168 \text{ m}^2 \quad (7.17)$$

TEMA (Tubular Exchanger Manufacturers Association)'ya göre şaşırtma levhası ve borular arası açıklık 0,4 mm olarak kabul edilir.

TEMA'ya göre şaşırtma levhası ve gövde iç çapı arası açıklık;

$$L_{sb} = (1,6 + 0,004D_s) \text{ formülüne göre belirlenir.} \quad (7.18)$$

**Eşdeğer gövde çapı**

$$D_s = \frac{4A}{P} = \frac{4(1115 \times 966,4)}{2(1115 + 966,4)} = 1035 \text{ mm} \quad (7.19)$$



$$L_{sb} = 1,6 + 0,004 (1035) = 5,74 \text{ mm} \quad (7.20)$$

$$A_{sb} = 5,74 [1115 + 2(807)] \times 10^{-6} \quad (7.21)$$

$$A_{sb} = 0,0157 \text{ m}^2$$

$$\frac{A_L}{A_S} = \frac{A_{tb} + A_{sb}}{0,13} \quad (7.22)$$

değerine karşılık EK 4'ten:

$$\beta_L = 0,18 \text{ okunur.}$$

$$F_L = 0,7025$$

### **Boru tarafı akışkan özellikleri**

$$T_{2g} = 180^\circ\text{C}$$

$T_{2ç}$  değeri bilinmediğinden ortalama bir akışkan sıcaklığı kabul edilerek akışkan özellik değerleri hesaplanır.

$$T_{m2} = (T_{2g} + T_{2ç})/2 = 140^\circ\text{C} \text{ kabul edilerek boru tarafı akışkan özellikleri belirlendi.}$$

$$\text{Özgül ısı, } c_{p2} = 1,0158 \times 10^3 \text{ J/kg.K}$$

$$\text{Isı iletkenlik katsayısı, } k_2 = 34,7 \times 10^{-3} \text{ W/m.K}$$

$$\text{Dinamik viskozite, } \mu_2 = 2,3546 \times 10^{-5} \text{ N.s/m}^2$$

$$\text{Yoğunluk, } \rho_2 = 0,8459 \text{ kg/m}^3$$

$$Re_2 = \frac{4m/N}{\pi d_1 \mu} = 16772 \quad (7.23)$$

$$Pr_2 = \frac{c_{p2} \mu_2}{k_2} = 0,6891 \quad (7.24)$$

### Boru Tarafı Isı Taşımın Katsayısı

$$h_1 = 0,023(Re_2)^{0,8} (Pr_2)^{0,3} \frac{k_2}{d_0} = 32,6064 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \quad (7.25)$$

### Toplam Isı Transferi Katsayısı

Boru ısı iletim katsayısı:

$k_b = 16,2 \text{ W/m} \cdot \text{K}$  (AISI 304 paslanmaz çelik)

$$K = \frac{1}{\frac{1}{h} + \frac{d_1}{2k_b} \ln \frac{d_0}{d_1} + \frac{d_1}{h_G d_0}} = 32,4188 \text{ W/m}^2 \cdot \text{C} \quad (7.26)$$

### 7.3.2 Çıkış Sıcaklıklarının Hesabı

$$C_{\min} = m_g C_{p1} = 3923,2 \text{ W/K} \quad (7.27)$$

$$C_{\max} = m_g C_{p2} = 3950,9 \text{ W/K} \quad (7.28)$$

$$C = \frac{C_{\min}}{C_{\max}} = 0,9958 \quad (7.29)$$

$$A_1 = 2 N \pi d_1 L = 236,1371 \text{ m}^2 \quad (7.30)$$

$$NTU = \frac{KA_1}{C_{\min}} = 1,9513 \quad (7.31)$$

**Çapraz akımda Cmin karışan Cmax karışmayan akışkan olduğunda eşanjör etkenliği:**

$$\varepsilon = 1 - e^{-\frac{1}{C} (1 - e^{-NTU})} = 0,5777 \quad (7.32)$$

$$Q = \varepsilon C_{\min} (T_{2g} - T_{1ç}) = 328,62 \text{ kW} \quad (7.33)$$

$$T_{1ç} = T_{1g} + \frac{Q}{m_g c_{p1}} = 118,8005 \text{ }^\circ\text{C} \quad (7.34)$$

$$T_{2ç} = T_{2g} + \frac{Q}{m_g c_{p2}} = 96,8226 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (7.35)$$

**Tahmin edilen değerler yerine hesaplanan akış sıcaklık değerleriyle yapılan hesaplar sonucu aşağıdaki bulunmuştur.**

$$T_{1ç} = 118,8005 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{2ç} = 96,7404 \text{ } ^\circ\text{C}$$

### 7.3.3 Eşanjör Cidarından Isı Kaybı

Yalıtım malzemesi (SL-70-5) ısı iletim katsayısı,  $k_y = 0,04 \text{ W/mK}$

Eşanjör cidar kalınlığı,  $L_1 = 0,003 \text{ m}$

Yalıtım kalınlığı,  $L_2 = 0,1 \text{ m}$

**hc: Eşanjör cidarları (Üst, alt ve yan) için ısı transfer katsayıları :**

$$h_{cüst}: 2,14(\Delta T)^{0,25} \text{ (kcal/m}^2\text{hC)} = 5 \text{ W/m}^2\text{C} \quad (7.36)$$

$$h_{calt}: 1,13(\Delta T)^{0,25} \text{ (kcal/m}^2\text{hC)} = 2,66 \text{ W/m}^2\text{C} \quad (7.37)$$

$$h_{cyan}: 1,25(\Delta T)^{0,26} \text{ (kcal/m}^2\text{hC)} = 3 \text{ W/m}^2\text{C} \quad (7.38)$$

$$\Delta T = T_w - T_\infty \quad (7.39)$$

$$T_w = (T_\infty + T_{1g} + T_{1ç}) / 3 = (35 + 35 + 118,8005) / 3 = 62,93 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (7.40)$$

$$\Delta T = 62,93 - 35 = 27,93 \text{ } ^\circ\text{C}$$

**Eşanjör cidarı (üst, alt, yan) ısı katsayıları:**

$$K_e = \frac{1}{\frac{1}{h_G} + \frac{L_1}{k_b} + \frac{L_2}{k_y} + \frac{1}{h_c}} \quad (7.41)$$

$$K_{e(üst)} = 0,3687 \text{ W/m}^2\text{C}$$

$$K_{e(alt)} = 0,3462 \text{ W/m}^2\text{C}$$

$$K_{e(yan)} = 0,3512 \text{ W/m}^2\text{C}$$

$$A_{yan} = (2,193 \times 5,209)^2 + (2,193 \times 1,112)^2 = 27,7239 \text{ m}^2 \quad (7.42)$$

$$A_{üst} = A_{alt} = 5,209 \times 1,082 = 5,6361 \text{ m}^2 \quad (7.43)$$

**Cidardan Isı Kaybı:**

$$Q_K = Q_{yan} + Q_{üst} + Q_{alt} \quad (7.44)$$

$$= K_{yan} A_{yan} \Delta T + K_{üst} A_{üst} \Delta T + K_{alt} A_{alt} \Delta T \quad (7.45)$$

$$= 385,0482 \text{ W}$$

**Cidardan kaybolan ısı sonucunda gövde tarafı akışkan çıkış sıcaklığı:**

$$T_{1ç} = T_{1g} + \frac{Q - Q_K}{m_g c_{p1}} = 118,7040 \text{ °C} \quad (7.46)$$

## 8. BÖLÜM

### BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 8.1 Yapılan Hesaplamalar Sonucunda Tasarlanan Ekonomizerin Avantajları

35°C deki taze hava ısı geri kazanım eşanjöründe 118.7040°C ye kadar ısınmaktadır. Buna göre doğalgaz kullanımından yapılan tasarruf miktarı :

$$H_a = (8200 \text{ kcal/m}^3) (4.18) = 34276 \text{ kJ/m}^3 \quad (8.1)$$

$$V = (Q-Q_k) / H_a \quad (8.2)$$

$$V = (328,62-0,385) / 34276 = 0,00957 \text{ m}^3 / \text{sn} \quad (8.3)$$

$$V_t = 365 \times 8 \times 3600 \times V = 100.599,84 \text{ m}^3/\text{yıl} \quad (8.4)$$

$$F_d = 1,1508 \text{ TL} / \text{m}^3$$

#### Yıllık tasarrufun parasal değeri:

$$F_t = F \times V_t = 115.770 \text{ TL} / \text{Yıl} \quad (8.5)$$

$H_a$  : Doğalgaz alt ısıl değeri

$V$  : Havanın 35°C den 118.7040 °C ye ısınması için gerekli doğalgaz miktarı

$V_t$  : 365 gün 8 saat çalışma süresi için tasarruf edilecek doğalgaz miktarı

$F_d$  : Doğalgaz birim fiyatı ( Ocak 2019 İstanbul İgdaş Sanayi m<sup>3</sup> fiyatıdır.)

$F_t$  : Parasal olarak yapılan tasarruf miktarı

## 8.2 Ekonomizer Açık ve Kapalı Durumda Karşılaştırma Testleri

Yapılan tasarım neticesinde gerçekleştirilen hesaplamalar sonucunda yıllık tasarruf miktarlarından bir önceki başlıkta bahsedilmiştir. Bu hesaplamaların neticesinde yaptığımız hesapların doğruluğunu bir kez daha teyit etmek ve endüstrideki sonuçlarını değerlendirebilmek adına Has Group Makine firmasının 10.5 kabinli, 2200 mm en genişliğine sahip, M9293 kodlu makinası üzerinde bazı testler gerçekleştirilmiştir. Yapılan testler kuruma ve fikse prosesleri için ayrı ayrı tekrarlanmış olup daha yüksek doğruluk elde edebilmek adına dörder kez tekrarlanmıştır. Kurutma ve fikse için gerçekleştirilen testleri ayrı ayrı ele alarak hesaplamalar gerçekleştireceğiz. Böylece ekonomizerin farklı durumlarda ki farklı etkilerini değerlendirebilme şansına sahip olacağız. Yapılacak bu testlerde kumaş girişinde fular pick-up sonrası, yani makinenin girişinde alınan kumaş nemlilik değerleri kontrol edildikten sonra aynı kumaş üzerinde aynı kurutma operasyonu gerçekleştirilirken tüketilen doğalgaz ve elektrik sarfiyatları ekonomizerin açık ve kapalı olduğu durumlar için karşılaştırılmıştır. Kullanılan birim fiyatları Ocak 2019 İstanbul sanayi kullanım fiyatlarından alınmıştır.

Doğalgaz m<sup>3</sup> fiyatı: 1,1508 TL

Elektrik kW fiyatı: 0,415 TL

## 8.3 Kurutma Prosesinde Ekonomizer Uygulamasının Etkileri

Kurutma prosesi için gerçekleştirilen hesaplamalarda kullanılan set değerleri ile bu değerlere bağlı olarak ortaya çıkan değişkenler aşağıda ki tabloda listelenmiştir. Bu çalışmalar sırasında hidrolik fular aktif olarak çalışmaya devam etmiştir. Hesaplamaların doğruluğunu etkilememek adına fular sonrası pick-up testleri gerçekleştirilmiş ve bu değerlerde tabloya entegre edilmiştir.

Kurutma prosesinde gerçekleştirilen testlerin tamamında sabit aralıklarda tutulan değişkenler şunlardır:

Fular basıncı: 5 bar

Kabin ısı set değeri: 135 °C

Düze fan değeri: 90-80 %

Baca fan değerleri: 70-80 %

Makine ilerleme hızı olarak 35 ve 40 metre/dakika hızlar kullanılmış olup her iki hız için de ikişer adet test gerçekleştirilmiştir. Burada bahsedilen her tez kendi içerisinde iki farklı durum için yapılan hesaplamaları içermektedir. Her set değerleri için makine bir süre ekonomizer açık durumda çalıştırılırken bir süre de ekonomizer kapalı durumda çalıştırılmıştır. Çalıştırma süreleri mümkün olduğunca uzun tutulmaya çalışılarak daha yüksek doğrulukta sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır. Bu testler sırasında kullanılan kumaş türleri %53 CO %44 PES %3 EL ve %67 CO %30 PES %3 EL içeren kumaşlardır. Gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda elde edilen testlere Çizelge 8-1’de yer verilmiştir.

Çizelge 8-1 Kurutma Prosesinde Ekonomizer Kullanım Testleri; Kabin Set Değerleri

MAKİNE /MARKA/MODEL	HAS GROUP RDY 10.5K H2200 M9293		HAS GROUP RDY 10.5K H2200 M9293		HAS GROUP RDY 10.5K H2200 M9293		HAS GROUP RDY 10.5K H2200 M9293	
KUMAŞ CİNSİ	%53 CO %44 PES %3 EL		%53 CO %44 PES %3 EL		%67 CO %30 PES %3 EL		%67 CO %30 PES %3 EL	
KUMAŞA YAPILAN İŞLEM	KURUTMA		KURUTMA		KURUTMA		KURUTMA	
Fular Basıncı	5	bar	5	bar	5	bar	5	bar
Kabin Sıcaklık Set Değeri	135	°C	135	°C	135	°C	135	°C
Düze Fan Değeri	90-80	%	90-80	%	90-80	%	90-80	%
Baca Fan Değerleri	70-80	%	70-80	%	70-80	%	70-80	%

Çizelge 8-2 Kurutma Prosesinde Ekonomizer Kullanım Test Verileri

MAKİNE /MARKA/MODEL	HAS GROUP RDY 10.5K H2200 M9293		HAS GROUP RDY 10.5K H2200 M9293		HAS GROUP RDY 10.5K H2200 M9293		HAS GROUP RDY 10.5K H2200 M9293	
KUMAŞ CİNSİ	%53 CO %44 PES %3 EL		%53 CO %44 PES %3 EL		%67 CO %30 PES %3 EL		%67 CO %30 PES %3 EL	
KUMAŞA YAPILAN İŞLEM	KURUTMA		KURUTMA		KURUTMA		KURUTMA	
Kumaş İlerleme Mesafesi	1820	m	1260	m	1700	m	1850	m
Toplam Kumaş Ağırlığı	710	kg	461	kg	566	kg	616	kg
Ekonomizerli Kumaş İlerleme Mesafesi	2410	m	1680	m	1700	m	1850	m
Ekonomizerli Toplam Kumaş Ağırlığı	927	kg	577	kg	566	kg	616	kg
Kumaş Eni	135	cm	135	cm	145	cm	145	cm
Kumaş Gramajı	285	gr	285	gr	230	gr	230	gr
Fular Pick-Up Testi	55	%	55	%	53	%	53	%
Makine Hız- M/Dk	35	m/dk	35	m/dk	40	m/dk	40	m/dk
Eko Giriş Sıcaklığı	115	°C	120	°C	117	°C	115	°C
Eko Çıkış Sıcaklığı	113	°C	115	°C	115	°C	115	°C
Eko Baca Çıkış Sıcaklığı	91	°C	94	°C	96	°C	90	°C
Eko Fan Giriş Sıcaklığı	31	°C	32	°C	31	°C	31	°C
İlave Kabin Sıcaklığı	78	°C	83	°C	106	°C	100	°C
Kumaş İşlem Süresi	52	dk	36	dk	43	dk	47	dk



Yapılan bu testler sırasında doğalgaz tüketimleri incelenmiştir. Bunun için doğalgaz sayaçları prosesin başında kontrol edilerek makine belirtilen set değerlerinde çalıştırılmaya başlamıştır.

Tüm testler ekonomizer kapalı durumda ve açık durumda iken aynı şartlar altında tekrarlanarak karşılaştırmalar yapılmıştır. Gerçekleştirilen testlerin sonucuna Çizelge 8-3’de yer verilmiştir.

Tüm doğalgaz tüketimleri m<sup>3</sup> cinsinden yazılmıştır. Ayrıca rakamsal farklılıklar her koşulda değişiklik göstereceği için yüzdesel olarak farklara da yer verilmektedir.

Test süreleri ve ölçüm yapılan kumaş miktarları eşit olmadığı için ilerleme mesafeleri de metre cinsinden olacak şekilde doğalgaz tüketimlerinin yanına parantez içerisinde eklenmiştir. Karşılaştırma yaparken metre başına tüketimlerin hesaplanabilmesi için bu mesafelerden yararlanılmıştır.

Çizelge 8-3 Kurutma Prosesinde Ekonomizer Denemelerinin Sonuçları (m<sup>3</sup> türünden)

DENEME	ÖLÇÜM TÜRÜ	EKONOMİZER KAPALI	EKONOMİZER AÇIK	HESAP TÜRÜ	EKONOMİZER KAPALI	EKONOMİZER AÇIK	YÜZDESEL FARK (SARFİYAT)
1	D.Gaz Sayaç Farkı ( m <sup>3</sup> )	82 (1820m)	77 (2410m)	1 m Kumaş İçin Gaz Tüketimi ( m <sup>3</sup> /m)	0,045	0,032	28,89
2	D.Gaz Sayaç Farkı ( m <sup>3</sup> )	47 (1260m)	52 (1680m)	1 m Kumaş İçin Gaz Tüketimi ( m <sup>3</sup> /m)	0,037	0,031	16,22
3	D.Gaz Sayaç Farkı ( m <sup>3</sup> )	64,86 (1700m)	38,9 (1700m)	1 m Kumaş İçin Gaz Tüketimi ( m <sup>3</sup> /m)	0,038	0,023	39,47
4	D.Gaz Sayaç Farkı ( m <sup>3</sup> )	71,34 (1850m)	49,7 (1850m)	1 m Kumaş İçin Gaz Tüketimi ( m <sup>3</sup> /m)	0,039	0,027	30,77

Doğalgaz sayacından okunan değerler Türkiye için kabul edilen doğalgaz alt ısıllı değeri ile çarpılarak aşağıda ki formülle kW’a çevrilmiştir:

Doğalgaz alt ısıllı değeri: 8250 kcal/m<sup>3</sup>

1 kW= 860 Kcal/h

1m<sup>3</sup>= 8250 / 860 kW

Çizelge 8-4 Kurutma Prosesinde Ekonomizer Denemelerinin Sonuçları (kW türünden)

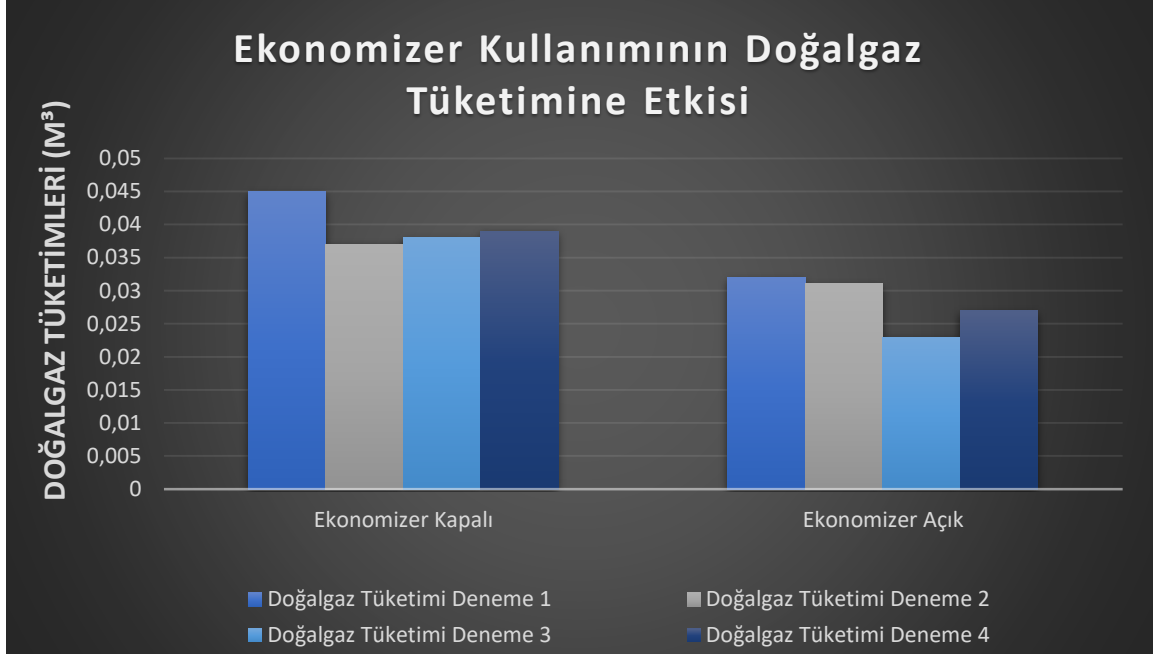
DENEME	ÖLÇÜM TÜRÜ	EKONOMİZER		HESAP TÜRÜ	EKONOMİZER		ENERJİ FARKI (kW)
		KAPALI	AÇIK		KAPALI	AÇIK	
1	D.Gaz Sayaç Farkı ( kW)	786,63 (1820m)	738,66 (2410m)	1 m Kumaş İçin Gaz Tüketimi ( Kw/m)	0,43	0,30	0,13
2	D.Gaz Sayaç Farkı ( kW)	450,87 (1260m)	498,84 (1680m)	1 m Kumaş İçin Gaz Tüketimi ( kW/m)	0,35	0,30	0,05
3	D.Gaz Sayaç Farkı ( kW)	622,20 (1700m)	373,17 (1700m)	1 m Kumaş İçin Gaz Tüketimi ( kW/m)	0,36	0,22	0,14
4	D.Gaz Sayaç Farkı ( kW)	684,37 (1850m)	476,77 (1850m)	1 m Kumaş İçin Gaz Tüketimi ( kW/m)	0,37	0,26	0,09

Çizelge 8-4 incelendiğinde bir metre kumaşı ısıtmak için gereken enerji miktarının 4 farklı denemede sırasıyla 0,13 - 0,05 - 0,14 - 0,09 kW değerlerinde azaldığı görülmüştür.

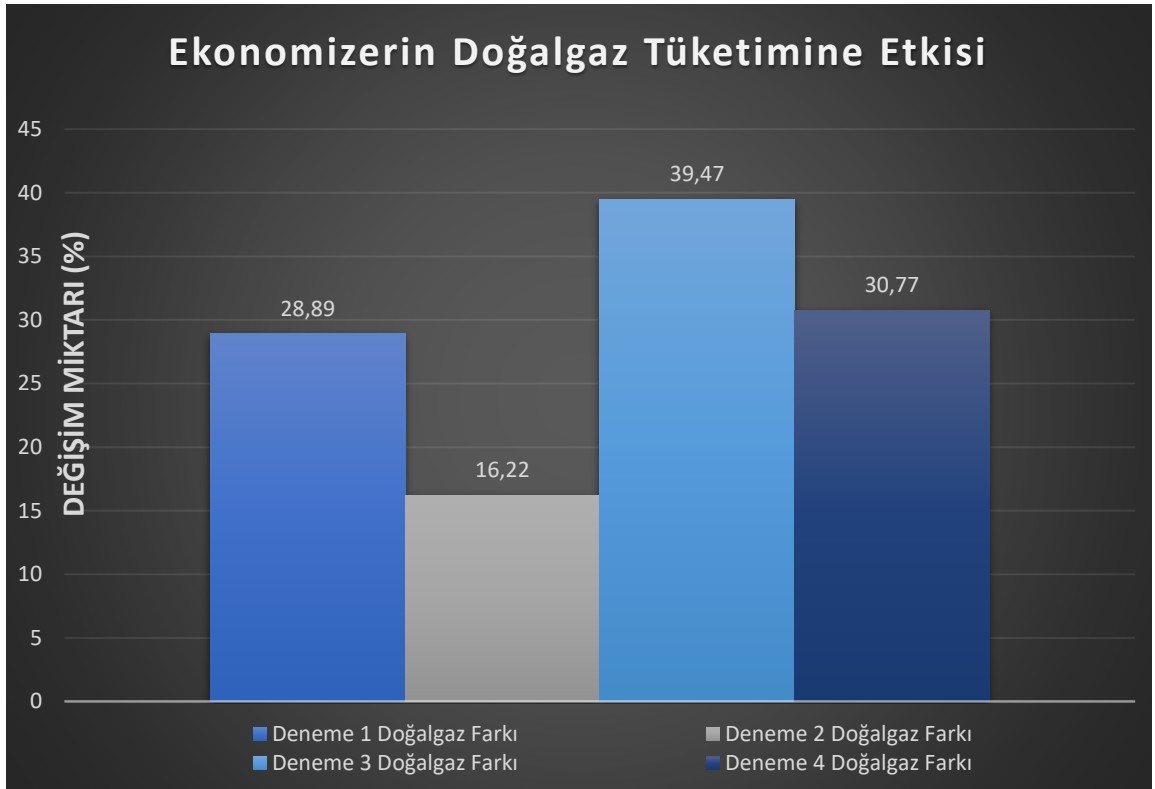
Bu 4 değer in ortalamasını alırsak bir metre kumaş için harcanan enerji miktarının yaklaşık olarak 0,10kW azaldığını görmekteyiz. Burada gerçekleştirilen testlerde kumaş eninin 1350-1450 mm değerlerinde olduğu bilinmektedir. Dolayısı ile farklı kumaş enlerinde, farklı makine hızlarında ve genişliklerinde daha farklı sonuçlar elde edilebilir. Ayrıca kumaşın özgül ağırlığı, nemlilik oranı gibi etkenler de bu tasarruf miktarını değiştirebilir. 1350 mm genişliğinde 285 gr/m<sup>2</sup> özgül ağırlığa sahip bir kumaş için 1 metre ilerleme de 0,38kg kumaşın kurutulduğu hesaplanabilir.

Buradan çıkarılan sonuçla yaklaşık 0,38 kg kumaş için 0,10 kW enerji tasarrufu sağlanan bir durumda 1 ton kumaşı kurutmak için gereken enerjiden 263,15 kW tasarruf sağlanabileceği görülmektedir.

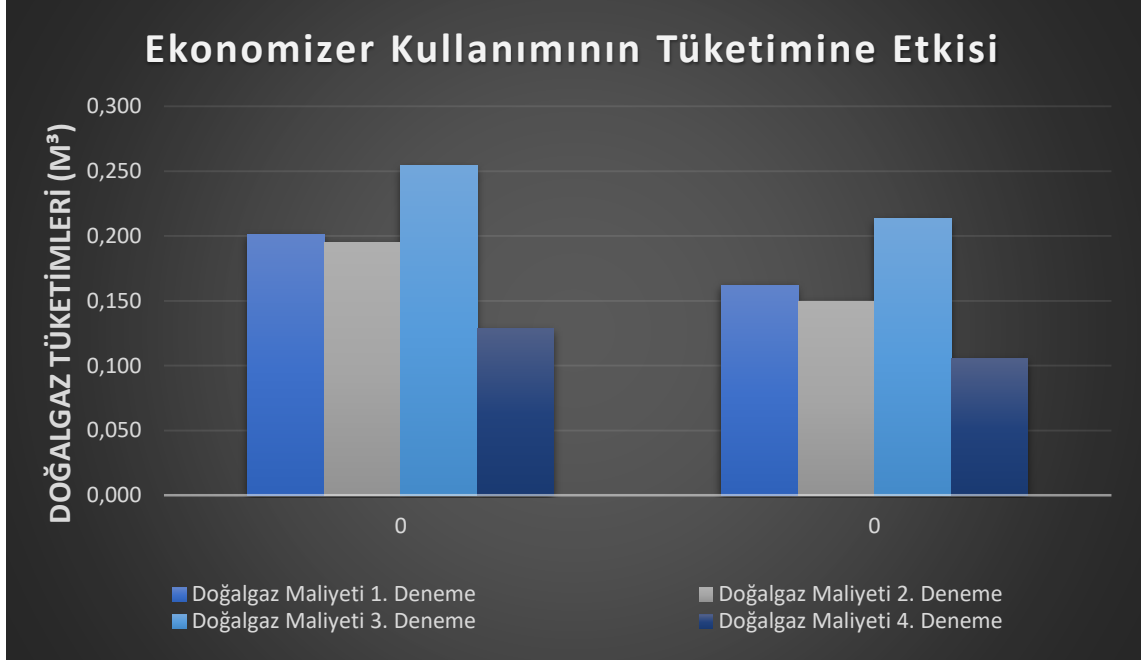
Ayrıca doğalgaz tüketim verilerinde elde edilen sonuçlar Şekil 8-1, Şekil 8-2 ve Şekil 8-3’de yer almakta olan grafikler üzerinde gösterilmektedir.



Şekil 8-1 Kurutma Prosesinde Ekonomizer Kullanımının Doğalgaz Tüketimine Etkisi



Şekil 8-2 Kurutma Prosesinde Ekonomizer Kullanımının Doğalgaz Tüketimine Etkisi-2



Şekil 8-3 Kurutma Prosesinde Ekonomizer Kullanımının Doğalgaz Tüketimine Etkisi-3

Yapılan testler sonucunda elde edilen verilerin m<sup>3</sup> tüketimi metre başına olacak şekilde Çizelge 8-5 de özetlenmiştir. Doğalgaz tüketiminde yüzde 28,84 oranında bir kazanç sağlandığı bu tabloda görülmektedir. Bir metre küp kumaşı kurutmak için gereken doğalgaz miktarlarında ise doğalgazlı ve doğalgazsız tüketimler arasında 0,011 m<sup>3</sup> gibi bir fark olmaktadır.

Çizelge 8-5 Kurutma Prosesinde Ekonomizer Kullanımı Sonucunda Elde Edilecek Yüzdesel Parasal Kazanç

Metre Başına Kazanç	1	2	3	4	Ortalama
<b>Ekonomizersiz Doğalgaz Tüketimi (m<sup>3</sup>/m)</b>	0,045	0,037	0,038	0,039	0,039
<b>Ekonomizerli Doğalgaz Tüketimi (m<sup>3</sup>/m)</b>	0,032	0,031	0,023	0,027	0,028
<b>Doğalgaz Tüketimi Kazancı (%)</b>	28,89	16,22	39,47	30,77	28,84

#### 8.4 Fikse Prosesinde Ekonomizer Uygulamasının Etkileri

Kurutma prosesi sırasında gerçekleştirilen tüm testler fikse prosesi içinde tekrarlanmıştır. Bu testler sırasında iki farklı kumaş türü üzerinde denemeler yapılmış şansına sahip olunmuştur. Kullanılan makine türü ilk makine ile birebir aynı olan Has Group Makine firmasının 10.5 kabinli, 2200 mm en genişliğine sahip, M9293 kodlu

makinasıdır. Bu testlerde farklı iki kumaş kullanıldığı için set değerleri de kumaş türüne bağlı olarak farklılık göstermektedir. Bu değerlerin tamamına çizelge 8-6'de yer verilmiştir.

Çizelge 8-6 Fikse Prosesinde Ekonomizer Kullanım Testleri Kabin Set Değerleri

MAKİNE / MARKA / MODEL	HAS GROUP RDY 10.5K H2200 M9293		HAS GROUP RDY 10.5K H2200 M9293		HAS GROUP RDY 10.5K H2200 M9293		HAS GROUP RDY 10.5K H2200 M9293	
KUMAŞ CİNSİ	%62 PES %33 VIS %5 EL		%62 PES %33 VIS %5 EL		%97 CO %3 EL		%97 CO %3 EL	
KUMAŞA YAPILAN İŞLEM	FİKSE		FİKSE		FİKSE		FİKSE	
Fular Basıncı	4,5	bar	4,5	bar	4,5	bar	5	Bar
Kabin Sıcaklık Set Değeri	190	°C	190	°C	195	°C	190	°C
Düze Fan Değeri	80-70	%	70-60	%	90-80	%	90-80	%
Baca Fan Değerleri	50-60	%	50-60	%	70-80	%	70-80	%

Çizelge 8-7 Fikse Prosesinde Ekonomizer Kullanım Test Verileri

MAKİNE / MARKA / MODEL	HAS GROUP RDY 10.5K H2200 M9293		HAS GROUP RDY 10.5K H2200 M9293		HAS GROUP RDY 10.5K H2200 M9293		HAS GROUP RDY 10.5K H2200 M9293	
KUMAŞ CİNSİ	%62 PES %33 VIS %5 EL		%62 PES %33 VIS %5 EL		%97 CO %3 EL		%97 CO %3 EL	
KUMAŞA YAPILAN İŞLEM	FİKSE		FİKSE		FİKSE		FİKSE	
Kumaş İlerleme Mesafesi	455	m	900	m	450	m	1000	m
Toplam Kumaş Ağırlığı	248	kg	491	kg	132	kg	266	Kg
Ekonomizerli Kumaş İlerleme Mesafesi	500	m	1060	m	450	m	1000	m
Ekonomizerli Toplam Kumaş Ağırlığı	273	kg	579	kg	132	kg	266	Kg
Kumaş Eni	140	cm	140	cm	140	cm	140	Cm
Kumaş Gramajı	390	gr	390	gr	210	gr	190	Gr
Fular Pick-Up Testi	55	%	55	%	63	%	50	%
Makine Hızı	10	m/dk	10	m/dk	8	m/dk	20	m/dk
Eko Giriş Sıcaklığı	162	°C	161	°C	168	°C	163	°C
Eko Çıkış Sıcaklığı	159	°C	158	°C	164	°C	160	°C
Eko Baca Çıkış Sıcaklığı	114	°C	113	°C	120	°C	116	°C
Eko Fan Giriş Sıcaklığı	33	°C	29	°C	33	°C	29	°C
İlave Kabin Sıcaklığı	133	°C	133	°C	141	°C	134	°C
Kumaş İşlem Süresi	46	dk	91	dk	57	dk	52	Dk

Çizelge 8-8’de fikse prosesi için elde edilen doğalgaz tüketimleri m<sup>3</sup> türünden ve Çizelge 8-9’da fikse prosesi için elde edilen doğalgaz tüketimleri kW türünden gösterilmiştir. m<sup>3</sup> türünden ölçülen değerler doğalgaz alt ısıl değerinden yararlanarak kw’a çevrilmiş ve kW cinsinden olan tablo bu şekilde oluşturulmuştur.

Çizelge 8-8 Fikse Prosesinde Ekonomizer Kullanım Test Verileri (m<sup>3</sup> türünden)

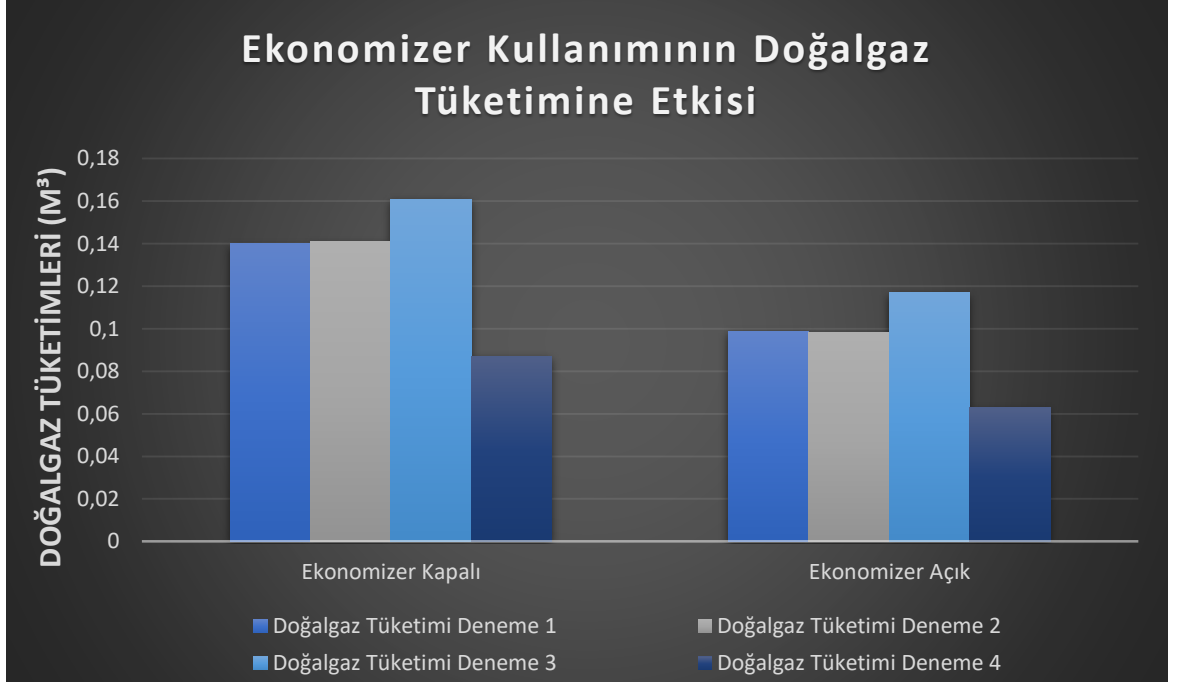
DENEME	ÖLÇÜM TÜRÜ	EKONOMİZER		HESAP TÜRÜ	EKONOMİZER		YÜZDESEL FARK (SARFIYAT)
		KAPALI	AÇIK		KAPALI	AÇIK	
1	D.Gaz Sayaç Farkı (m <sup>3</sup> )	63,7 (455m)	49,68 (500m)	1 Mt Kumaş İçin Gaz Tüketim (m <sup>3</sup> /m)	0,140	0,099	29,29
2	D.Gaz Sayaç Farkı (m <sup>3</sup> )	127 (900m)	104 (1060m)	1 Mt Kumaş İçin Gaz Tüketim (m <sup>3</sup> /m)	0,141	0,098	30,5
3	D.Gaz Sayaç Farkı (m <sup>3</sup> )	74,5 (450m)	52,92 (450m)	1 Mt Kumaş İçin Gaz Tüketim (m <sup>3</sup> /m)	0,161	0,117	27,33
4	D.Gaz Sayaç Farkı (m <sup>3</sup> )	87,48 (1000m)	63,72 (1000m)	1 Mt Kumaş İçin Gaz Tüketim (m <sup>3</sup> /m)	0,087	0,063	27,59

Çizelge 8-9 Fikse Prosesinde Ekonomizer Kullanım Test Verileri (kW türünden)

DENEME	ÖLÇÜM TÜRÜ	EKONOMİZER		ÖLÇÜM TÜRÜ	EKONOMİZER		ENERJİ FARKI (kW)
		KAPALI	AÇIK		KAPALI	AÇIK	
1	D.Gaz Sayaç Farkı ( kW)	611,08 (455m)	738,66 (500m)	1 m Kumaş İçin Gaz Tüketimi ( kW/m)	1,34	0,95	0,39
2	D.Gaz Sayaç Farkı ( kW)	450,87 (900m)	498,84 (1060m)	1 m Kumaş İçin Gaz Tüketimi ( kW/m)	1,35	0,94	0,41
3	D.Gaz Sayaç Farkı ( kW)	622,20 (450m)	373,17 (450m)	1 m Kumaş İçin Gaz Tüketimi ( kW/m)	1,54	1,12	0,42
4	D.Gaz Sayaç Farkı ( kW)	684,37 (1000m)	611,27 (1000m)	1 m Kumaş İçin Gaz Tüketimi ( kW/m)	0,83	0,60	0,23

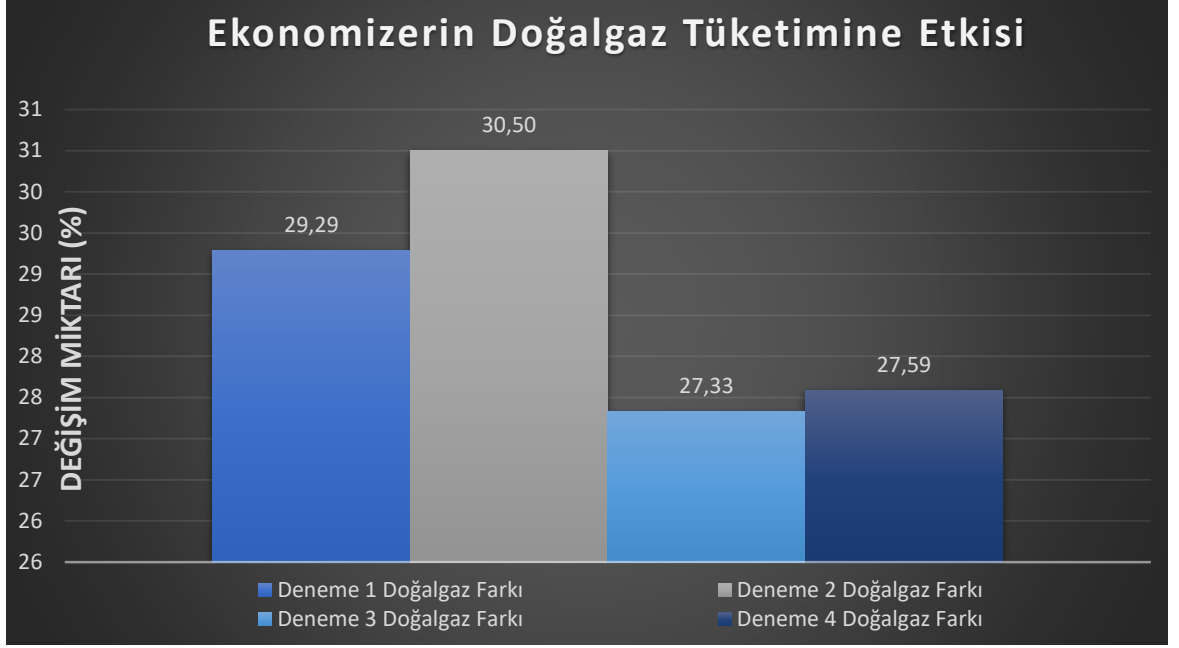
Çizelge 8-9 da görüldüğü üzere gerçekleştirilen 4 farklı test için 1 metre kumaşa ki enerji tasarrufları sırasıyla 0,39 - 0,41 - 0,42 - 0,23 kW olarak ölçülmüştür. Dolayısıyla ortalama 0,36 kW gibi bir tasarruf görülmektedir.

Fikse prosesinde ekonomizer kullanımının doğalgaz tüketimine etkisi Şekil 8-4, Şekil 8-5 ve Şekil 8-6’da grafiklerde gösterilmiştir.

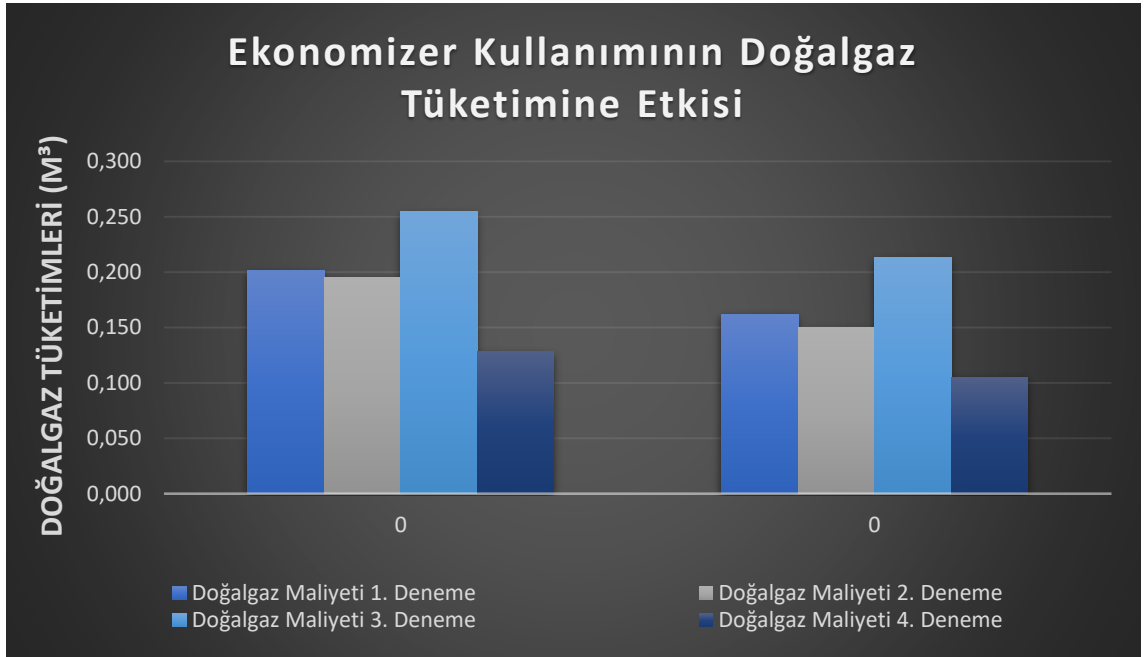


Şekil 8-4 Fikse Prosesinde Ekonomizer Kullanımının Doğalgaz Tüketimine Etkisi





Şekil 8-5 Fikse Prosesinde Ekonomizer Kullanımının Tüketimine Etkisi-2



Şekil 8-6 Fikse Prosesinde Ekonomizer Kullanımının Doğalgaz Tüketimine Etkisi-3

Yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlar Şekil 8-10'de grafik haline getirilmiş ve fikse prosesinde ekozomizer kullanımı sonucunda elde dileyek yüzdesel parasal kazanç oraya konulmuştur. Ölçümler sonucunda metre başına 0,04 TL gibi bir tasarruf yapıldığı görülmüştür.

Çizelge 8-10 Fikse Prosesinde Ekonomizer Kullanımı Sonucunda Elde Edilecek Yüzdesel Parasal Kazanç

<b>Metre Cinsinden Kazanç</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>Ortalama</b>
<b>Ekonomizersiz Doğalgaz Tüketimi (m<sup>3</sup>/m)</b>	0,16	0,16	0,19	0,1	0,15
<b>Ekonomizerli Doğalgaz Tüketimi (m<sup>3</sup>/m)</b>	0,11	0,11	0,14	0,07	0,11
<b>Doğalgaz Tüketimi Kazanç (%)</b>	29,3	30,5	27,3	27,6	28,68

## 9. BÖLÜM

### SONUÇ VE ÖNERİLER

#### 9.1 Sonuç ve Öneriler

Bulgular ve tartışma bölümünde yaptığımız ekonomizer tasarım, analiz ve hesaplamaları sonucunda belirli çalışma süreleri baz alınarak yıllık olarak bize kazandıracığı miktarı hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda 115.770 TL / Yıl gibi bir miktarda doğalgaz tüketimi üzerinden tasarruf sağlanacağı görülmüştür. Bu miktar aynı zamanda enerjinin çok daha verimli kullanıldığına delalet etmektedir. Çevre kirliliğine daha az neden olan daha az fosil yakıt kullanan teknolojiler kullanabilmek yaşadığımız dönemde en önemli tercihlerimizden birisi olmak zorundadır. Bu hesaplamalar gerçekleştirirken elektrik enerjisinden kaybettiğimiz miktarlar bu hesapların içerisine katılmamıştır. Bu sebeple hem doğalgaz hem de elektrik tüketimlerini içeren aynı zamanda ekonomizerli ve ekonomizersiz olarak endüstri de yapılan denemeler ile hem yapılan çalışmaların doğruluğunu pekiştirmek hem de elektrik tüketimlerinin etkilerini de değerlendirmek adına bazı çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların sonucunda elde edilen sonuçlar ise ciddi anlamda önem arz etmektedir.

Endüstri de yapılan testlerde elde edilen sonuçlar;

Fikse prosesinde ortalama %19,18 oranında parasal kazanç,

Kurutma prosesinde ise %17,59 oranında parasal kazanç elde edildiğini göstermektedir.

Bu tezde yapılan çalışmaların sonucunda atık ısı ile taze havanın ısıtıldığı ekonomizer uygulamalarının enerji verimliliği anlamında getirilerinin yüksek olduğu görülmüştür. Daha sonra yapılabilecek çalışmalarda ekonomizer tasarımının konstrüksiyonal değişiklikler ile verimlerinin artırılması, kayıp enerji miktarlarının

azaltılması ve hatta uygulama bölgeleri üzerinde denemeler yapılarak daha verimli çalışma ortamlarına eriştirilmesi gibi seçenekler mevcuttur. Ayrıca bu çalışma da avantajları ve dezavantajları incelenen diğer verim arttırıcı değişiklikler ile de ciddi oranlarda enerji tasarrufu sağlanabileceği görülmüştür. Bu yöntemlerin de gelecek çalışmalar sonucu performanslarının arttırılması, ramöz ve diğer konveksiyonlu kurutucularda bir veya birkaçının kullanılması ile çok daha yüksek miktarlarda enerji tasarruflarına erişilebileceği öngörülmektedir.

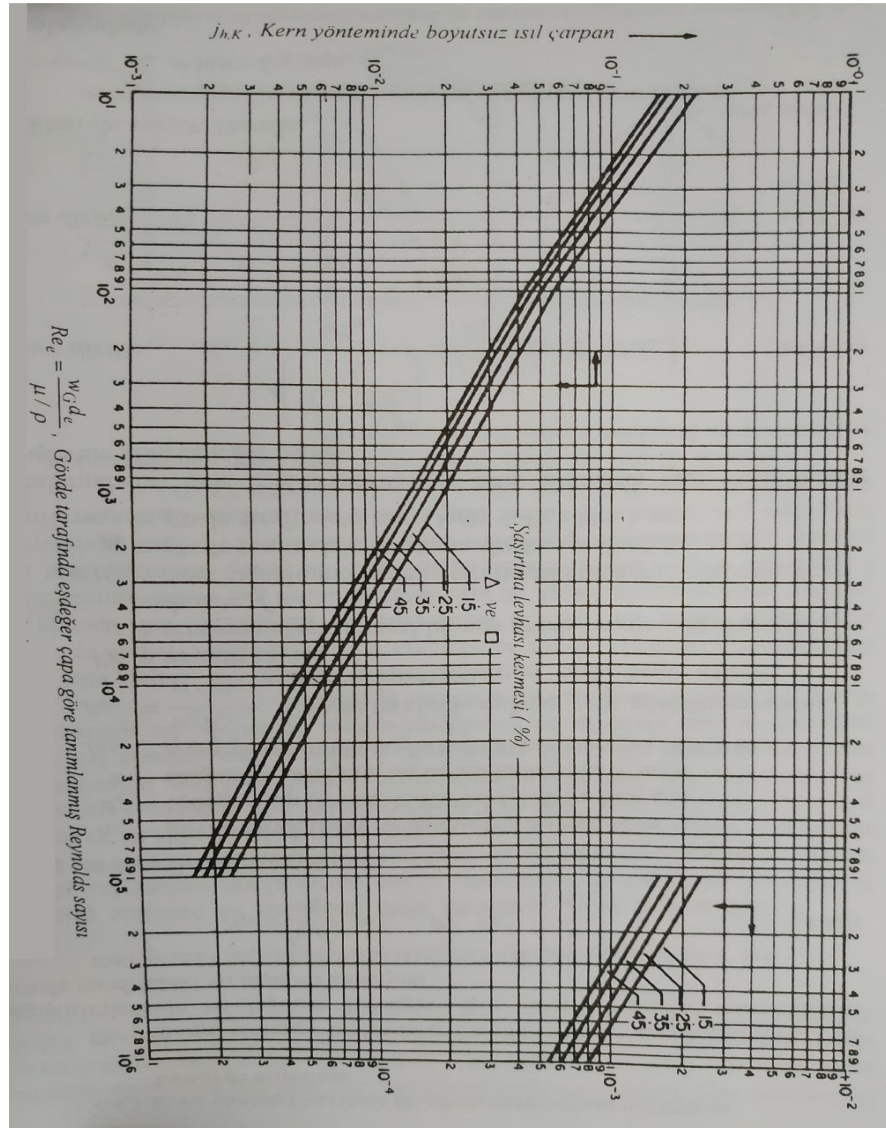
## KAYNAKLAR

- Bengül, Ç. (2007). *Atık Uzaklaştırma Sistemlerinde Enerji Geri Kazanımı*, (Yüksek Lisans Tezi). Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü/Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Cabak, B. (2018). *Tekstil Fabrikasında Enerji Verimliliği Uygulamaları*, (Yüksek Lisans Tezi). Trakya Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Çay, A., Tarakçıoğlu, I., Hepbaşlı, A. (2010). Exergetic Analysis of Textile Convective Drying with Stenters by Subsystem Models: Part 1—Exergetic Modeling and Evaluation. *Drying Technology*, 28(12), 1359-1367.
- Çengel, Y. (2015). *Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik*. Ankara: Palme.
- Çıtır, H. (2013). *Endüstriyel Tav Fırınında Ekonomizer Tasarımı*, (Yüksek Lisans Tezi). Karabük Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- Çınar, T. (2008). *Tekstil Sanayisinde Enerji Yönetimi Ve Enerji Verimlilik Analizi*, (Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Demir, K.C. (2017). *Baca Gazının Ekonomizere Giriş ve Çıkış Tasarımının Isı Geri Kazanımına Etkisinin İncelenmesi*, (Yüksek Lisans Tezi). Namık Kemal Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Gelir, B.Ç. (2017). *Tekstil Sektöründe Kullanılan Ramöz Makinelerinde Isı Geri Kazanımı ile Enerji Tasarrufu*, (Yüksek Lisans Tezi). Namık Kemal Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Genceli, O.F., (2017). *Isı değiştiricileri*. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Güngör, A., Özbalta, N. (1997). *Endüstriyel Kurutma Sistemleri*, Teskon Program Bildirileri. Ege Üniversitesi, İzmir.
- Kakaç, S., Arınç, F. (2004). *Örneklerle Mühendislik Isı Transferinin Esasları*. Ankara: Pelikan.

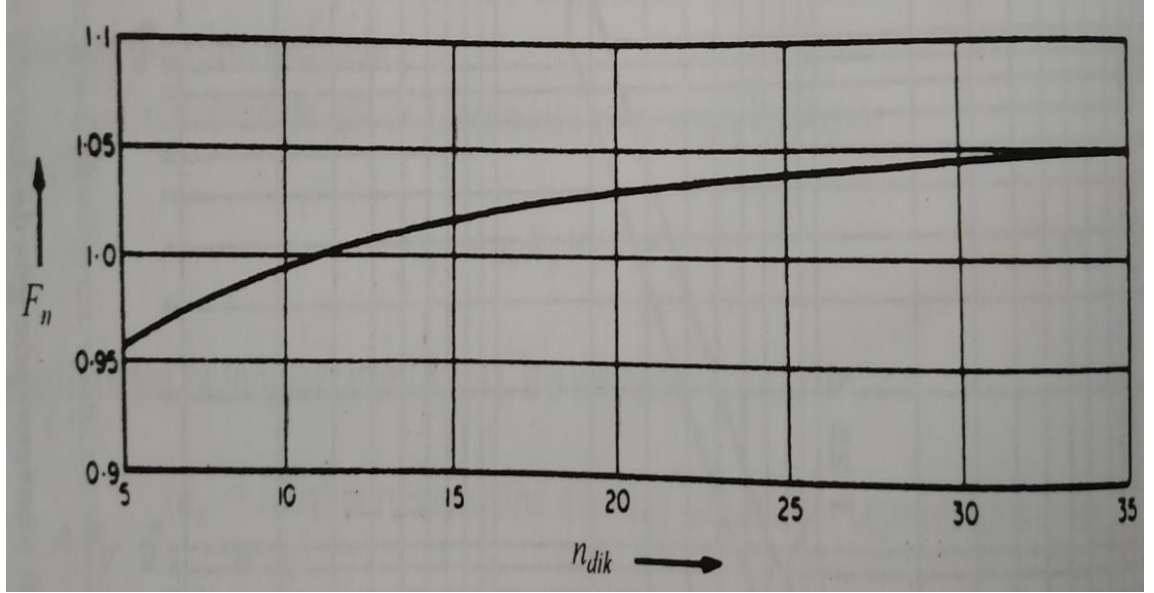
- Kandilli, C., Koçlu, A. (2011). *Assessment of The Optimum Operation Conditions of a Plate Heat Exchanger for Waste Heat Recovery in Textile Industry*. İstanbul: Pergamon.
- Karaaslan, M. A. (2006). *Ramöz Atık Havasından Isı Geri Kazanımı*. (Yüksek Lisans Tezi). Ege Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Kutlu, N. (2012, 19 Aralık). Gıdalarda Kurutma Teknolojisi. <https://www.gidagundemi.com>
- Makal, A. (2017, 26 Nisan). Aşırı Karbon Salınımının Çevrede Yarattığı Tehlikeler. <https://noktahaberyorum.com>
- Özmen, M.T. (2009, Ocak) *Sera Gazı – Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü Türkiye Mühendislik Haberleri* 453(1), 40-41.
- Sert M.Ö., (2018). *Tekstil Sanayinde Enerji Verimliliği: Entegre Bir Tekstil Fabrikası Örneği*. (Yüksek Lisans Tezi). Kocaeli Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Tarakçıoğlu, I. (1984). *Tekstil Terbiye İşletmelerinde Enerji Tüketimi ve Tasarrufu*, Uludağ Üniversitesi, Bursa
- Toraman, S. (2011) *İplik Bobinlerinin Kuruma Davranışının Deneysel Olarak Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ
- Uçak, F. (2010) *Tekstil Terbiye İşletmelerinde Ramöz Makinasında Enerji Tasarrufu* (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Yılmaz, S. (2010). *Tekstil Kurutma Makinelerinin Enerji Verimliliğinin Artırılması*

## EKLER

**Ek 1 Kern yönteminde gövde borulu ısı değıştiricilerde gövde tarafındaki boyutsuz ısı çarpanının reynolds sayısı ile değışimi (Genceli,2017)**

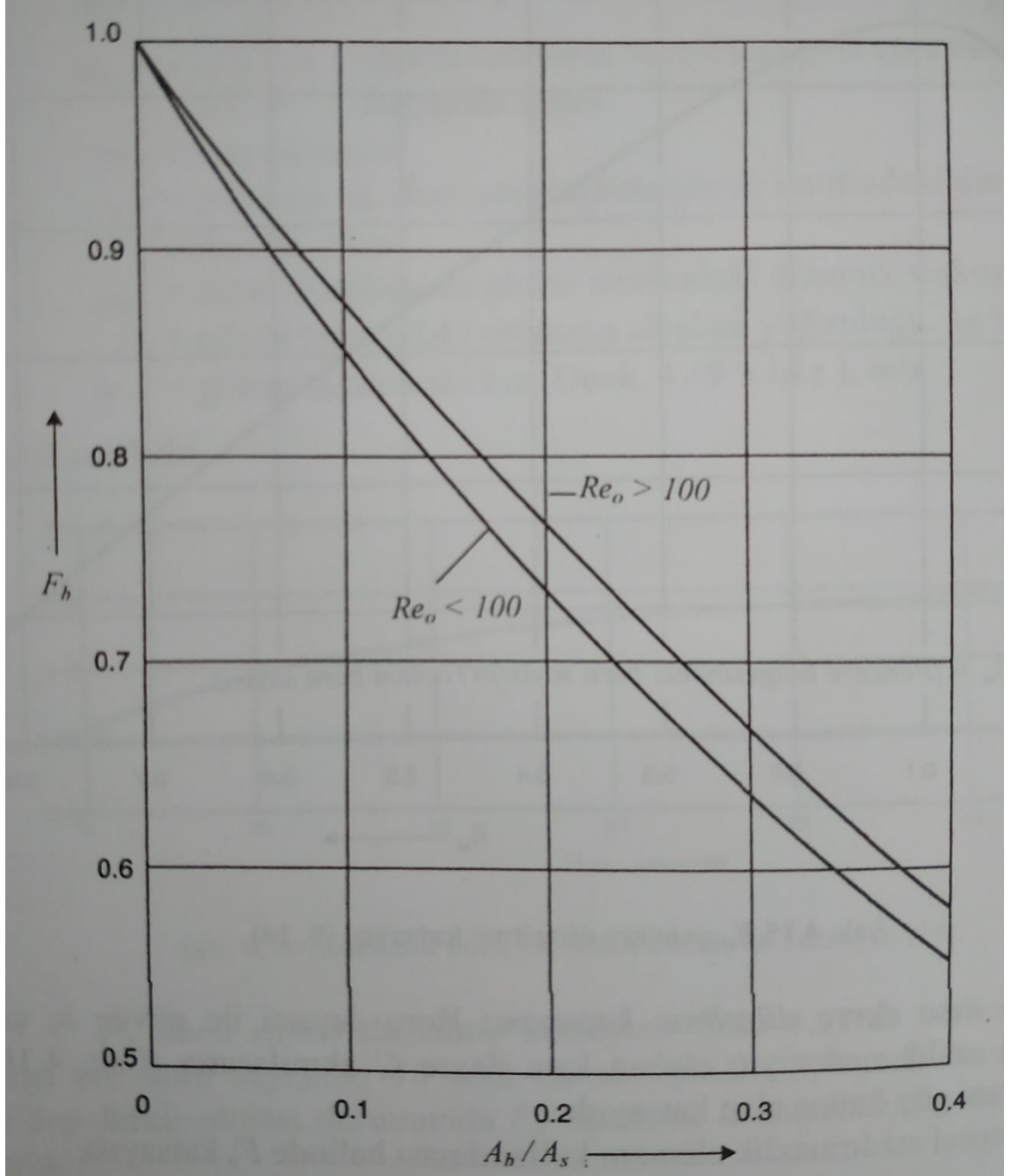


*Ek 2 Akışa dik boru sayısının düzeltme katsayısı (Genceli,2017)*

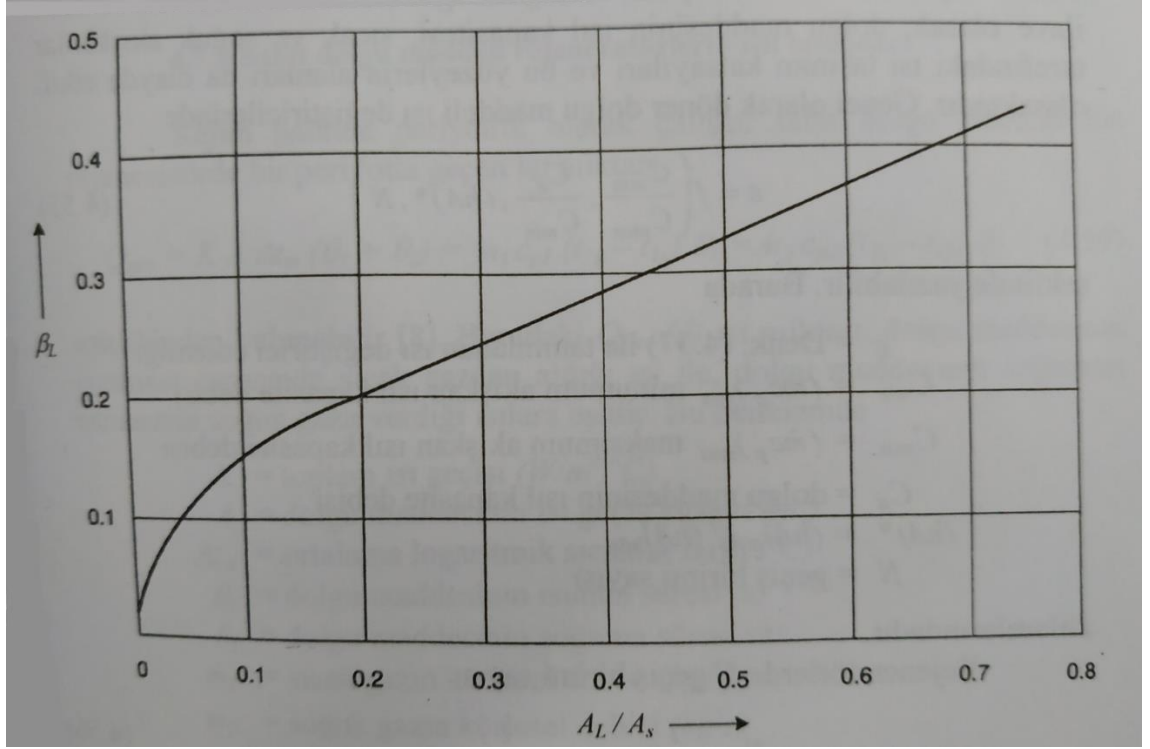




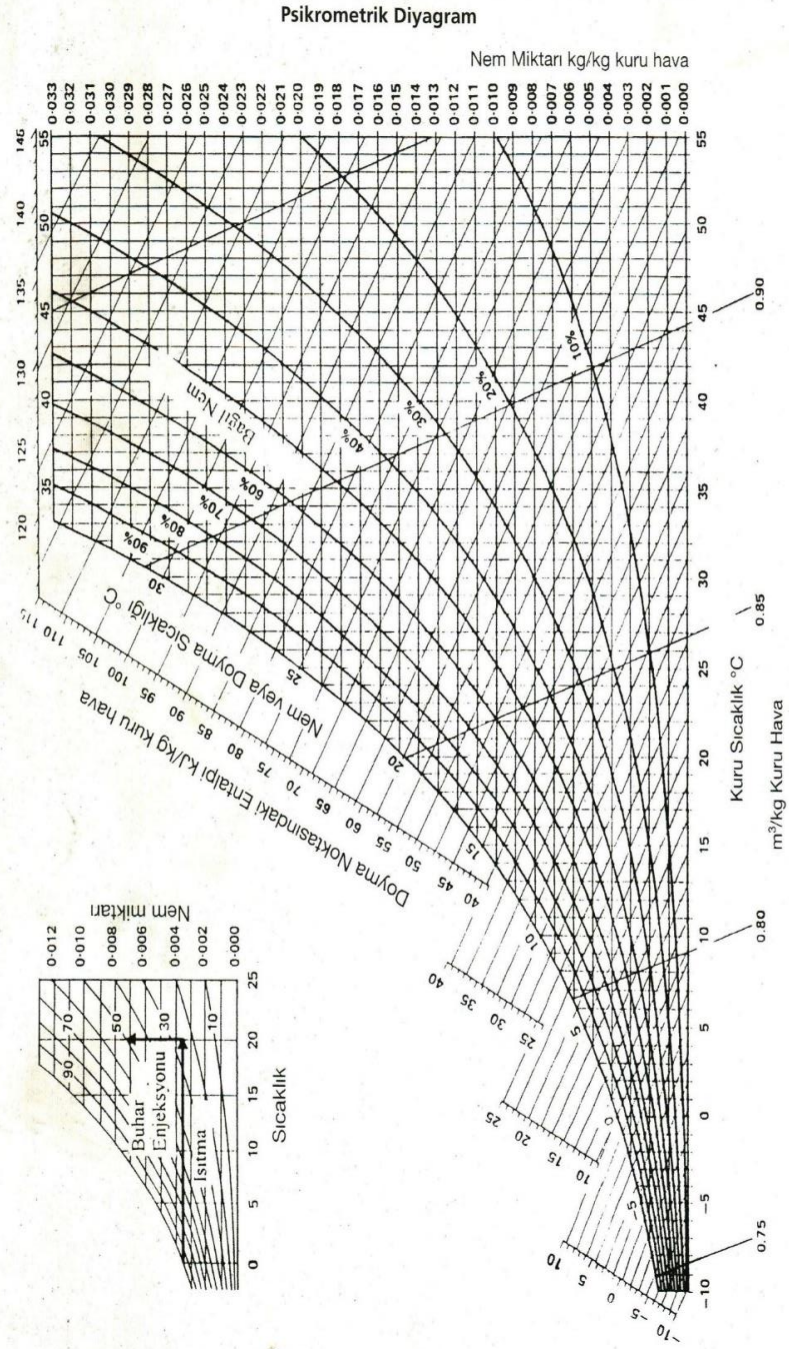
Ek 3 Çapsal sızdırmazlık elemanı olmayan gövde-borulu ısı değıştiricilerinde  $F_b$  kısa devre düzeltme katsayısı değışimi (Genceli,2017)



*Ek 4 FL katsayısında kullanılan  $\beta_L$  katsayısı (Genceli,2017)*



Ek 5 Psikometrik Diyagram Çengel, (2015)



## ÖZGEÇMİŞ

26.08.1991 yılında İstanbul-Şişli de doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İstanbul'da tamamladı. Beyoğlu Dilnihat Özyeğin Anadolu Lisesinde tamamladığı lise eğitiminin ardından, 2011 yılında başladığı Namık Kemal Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünden 2015 yılında mezun oldu. 2016 Yılı güz döneminde Trakya Üniversitesi Uygulamalı Bilimler ve Teknoloji bölümünde yüksek lisans eğitimine başladı.

2015 yılında Asos Mekatronik firmasında başladığı mühendislik kariyerinde ilk olarak bu firmada Tübitak için bir 'Zehirli Gaz Temizleme Tesisi' tasarımı gerçekleştirdi. Daha sonra 2016 yılı itibari ile tekstil sektörünün önde gelen firmalarından Has Group'da çalışmaya başladı. Burada da bir çok tübitak projesi gerçekleştirdiği dönemde Yüksek lisans Eğitime başladı. Yüksek lisans tez konusu olarak tekstil sektörünün en önemli fonksiyonlarından olan enerji verimliliği arttırabilecek çalışmalar yapabilmek üzere ekonomizerler ve diğer verimlilik arttırıcı yöntemler olarak belirledi. 2017 yılında Eraxis Makine Mühendislik Tasarım Arge firmasına Arge ve Tasarım sorumlusu olarak transfer oldu. Burada da birçok Tübitak ve Kosgeb projesini müşterileri için hayata geçirdikten sonra 2019 yılı itibari ile kariyerine Termo Isı Sistemleri firmasında arge mühendisi olarak devam etmektedir.