

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Funda UÇAK

**TEKSTİL TERBİYE İŞLETMELERİNDE RAMÖZ MAKİNASINDA
ENERJİ TASARRUFU**

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2010

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEKSTİL TERBİYE İŞLETMELERİNDE RAMÖZ MAKİNASINDA
ENERJİ TASARRUFU

Funda UÇAK
YÜKSEK LİSANS TEZİ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği İle Kabul Edilmiştir.

İmza:
Yrd. Doç. Dr. Emel Ceyhan SABİR
Danışman

İmza:
Yrd. Doç. Dr. Füsun DOBA KADEM
Üye

İmza:
Doç. Dr. Hüseyin AKILLI
Üye

Bu Tez Enstitümüz Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalında Hazırlanmıştır.

Kod No:

Prof. Dr. İlhami YEĞENGİL
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma
Desteklenmektedir.

Proje No:

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TEKSTİL TERBİYE İŞLETMELERİNDE RAMÖZ MAKİNASINDA
ENERJİ TASARRUFU**

Funda UÇAK

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Emel Ceyhun SABİR
Yıl: 2010, Sayfa No: 82
Jüri : Yrd. Doç. Dr. Emel Ceyhun SABİR
: Yrd. Doç. Dr. Füsun DOBA KADEM
: Doç. Dr. Hüseyin AKILLI

Bu çalışmanın amacı enerji yoğun bir sektör olan tekstil sanayinde, enerjinin en çok kullanıldığı bölümlerden biri olan boya terbiye dairesinde, ramöz makinasında kullanılan enerjiyi minimize etmektir.

Kurutma, apre ve fikse amaçlı kullanılan ve konveksiyon kurutma metoduyla çalışan ramöz makinasında bu işlemleri yapmak için kullanılan hava debisini, minimum seviyeye düşürerek birbirinden farklı kumaşlarla deneyler yapılmıştır. Deneysel çalışmalarda üretimin düşmemesi ve kumaştaki kalite şartlarının bozulmaması şart olarak alınmıştır.

Her bir deneyden sonra deney sonuçlarını gösteren çizelgeler hazırlanmış ve sonuçlar yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ramöz, Kurutma, Apre, Hava Debisi, Enerji Kazanımı.

ABSTRACT

MCh THESIS

ENERGY RECYCLE FROM STENTER IN TEXTILE COMPANIES

Funda UÇAK

**ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE
DEPARTMENT OF TEXTILE ENGINEERING**

Supervisor: Asst.Prof. Dr. Emel Ceyhun SABIR

Year: 2010, Pages: 82

Jury : Asst.Prof. Dr. Emel Ceyhun SABIR
: Asst.Prof. Dr. Füsün DOBA KADEM
: Prof. Dr. Hüseyin AKILLI

The object of this study is minimizing the used energy in stenter which is the most energy consumer of textile finishing operations.

The main working method of stenter is convection drying method and stenter is generally used for drying, finishing and fixing. In these experiments; the air flow rate, which is required for processing of drying, finishing and fixing, have been decreased to minimum level for each different type of fabrics. In these experiments, fabric quality and production quantity should not be changed.

After each experiments, the experiment's values have been shown in charts and results have been commented.

Key Words: Stenter, Drying, Finishing, Air Flow Rate, Recycle Energy.

TEŞEKKÜR

Enerji tasarrufu, üretimde, konforumuzda ve iş gücümüzde herhangi bir azalma olmadan enerjiyi verimli kullanmak, israf etmemektir. Aynı işi daha az enerji kullanarak yapmaktır.

Tekstil endüstrisinde boya terbiye bölümünde en yaygın enerji tasarrufu ısı geri kazanım sistemleriyle yapılmaktadır. Isı geri kazanım sistemleri yaş işlemler sonucunda oluşan atık sudan yada baca gazından atmosfere atılan sıcak atık havadan yapılmaktadır. Bu çalışmayla bacadan atılan hava gazı miktarı azaltılarak enerji tasarrufu yapılabileceği görülmüştür.

Bu çalışmalarımda bana en büyük desteği veren değerli hocam Sn. Yrd. Doç. Dr. Emel Ceyhun Sabır'a, deneysel çalışmalarımda hiçbir kaynağı esirgemeyen ve bana güvenen patronlarım Sn. Vahit Gözek, Sn. Tanzer Gözek ve Sn. Serkan Gözek'e ve manevi desteklerinden dolayı aileme teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
SİMGELER VE KISALTMALAR	IX
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	8
3. RAMÖZ MAKİNASI ÇALIŞMA PRENSİBİ.....	11
4. NEMLİLİK VE KURUTMA TEORİSİ	23
4.1. Nemlilik	23
4.1.1. Denge Nemi Miktarı ve Denge Nemi Eğrileri.....	25
4.1.2. Bağlı, Bağısız ve Serbest Su	26
4.2. Tekstil Mamulünde Nem.....	28
4.3. Tekstilde Kuruma.....	29
4.3.1. Sabit Kuruma Debisi	33
4.3.2. Azalan Kuruma Debisi	33
4.4. Kurutma	35
4.4.1. Kademeli Kurutma	37
4.4.2. Resirkülasyon Havasıyla Kurutma (Taze Hava Karışımli Kurutma).....	38
4.5. Kurutmanın Önemi	38
4.6. Tekstil Mamulünden Suyun Uzaklaştırılması	40
4.7. Tekstil Kalite Standartları	46
4.8. Aprenin Tanımı ve Amacı	55
5. MATERYAL ve METOD.....	56
5.1. Materyal.....	56
5.2. Metod	58
5.2.1. Deneylerin Yapılışı.....	59

6. ARAŞTIRMA BULGULARI	61
6.1 Ramöz-1 İçin Bulgular	61
6.2. Ramöz-2 İçin Bulgular	70
7. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	77
KAYNAKLAR.....	79
ÖZGEÇMİŞ	82

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 1.1. Tekstil İşletmelerindeki Özgül Enerji Tüketiminin Bölümlere Göre Dağılımı.....	5
Çizelge 1.2. Kumaş Yıkama İşlemlerinde; Su, Isı ve Elektrik Tüketimleri.....	6
Çizelge 3.1. Atık Hava Nemine Bağlı Olarak Gerekli Temiz Hava Miktarları	17
Çizelge 5.1. Çalışmadaki Makina İsimleri.....	56
Çizelge 5.2. Ramöz-1’de Kullanılan Kumaş Özellikleri	57
Çizelge 5.3. Ramöz-2’de Kullanılan Kumaş Özellikleri	57
Çizelge 6.1. 1 Nolu Kumaş Bulguları.....	61
Çizelge 6.2. 2 Nolu Kumaş Bulguları.....	63
Çizelge 6.3. 3 nolu Kumaş Bulguları.....	63
Çizelge 6.4. 4 Nolu Kumaş Bulguları.....	64
Çizelge 6.5. 5 Nolu Kumaş Bulguları.....	65
Çizelge 6.6. 6 Nolu Kumaş Bulguları.....	65
Çizelge 6.7. 7 Nolu Kumaş Bulguları.....	66
Çizelge 6.8. 8 Nolu Kumaş Bulguları.....	67
Çizelge 6.9. 9 Nolu Kumaş Bulguları.....	67
Çizelge 6.10. 10 Nolu Kumaş Bulguları.....	68
Çizelge 6.11. Kurutmada Frekansa Bağlı Baca Gazı Nem Miktarının ve Debinin Değişimi.....	69
Çizelge 6.12. 11 Nolu Kumaş Bulguları.....	70
Çizelge 6.13. 12 Nolu Kumaş Bulguları.....	71
Çizelge 6.14. 13 Nolu Kumaş Bulguları.....	72
Çizelge 6.15. 14 Nolu Kumaş Bulguları.....	72
Çizelge 6.16. 15 Nolu Kumaş Bulguları.....	73
Çizelge 6.17. 16 Nolu Kumaş Bulguları.....	74
Çizelge 6.18. 17 Nolu Kumaş Bulguları.....	74
Çizelge 6.19. Aprede Frekansa Bağlı Baca Gazı Nem Miktarının ve Debinin Değişimi.....	75

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 1.1.	Bir Tekstil Tesisinde Yer Alan Bölümlere Ait Proses Elektrik İhtiyacı Örneği	4
Şekil 1.2.	Bir Tekstil Tesisindeki Bölümlerin Proses Klimaları İçin Birim Elektrik İhtiyacı Örneği	5
Şekil 1.3.	Bir Tekstil Tesisine Ait Üretim Bölümlerine Düşen Birim Proses Isı İhtiyacı Örneği	5
Şekil 3.1.	Kumaşın Yüzeyinden Kurutma Gazına Su Buharı Transferi.....	12
Şekil 3.2.	Kumaş Yüzeyinde Kurutmanın Olduğu Yer	13
Şekil 3.3.	Ramöz Makinasının Genel Görünümü	14
Şekil 3.4.	Ramöz Çalışma Prensibi	16
Şekil 3.5.	Optimal Kumaş Geçiş Hızının Kurutma Gazındaki Nem Miktarına Bağlı Değişimi.	17
Şekil 3.6.	Enerji Tasarrufu Önlemleri Alınmamış Ramöz İle Enerji Tasarruf Önlemi Alınan Ramözün Kıyaslanması.....	18
Şekil 3.7.	Atık Hava Ölçüm Cihazı.....	19
Şekil 3.8.	Atık Hava Nem Ölçüm Cihazının Buharlaştırmasının En Yüksek Olduğu Kamaraya Monte Edilmesi	21
Şekil 3.9.	Atık Hava Nem Ölçüm Cihazının Atık Hava Bacasına Monte Edilmesi	21
Şekil 4.1.	Oda Sıcaklığında Bazı Katıların Denge Nem İçerikleri	24
Şekil 4.2.	25°C için denge rutubeti eğrileri	25
Şekil 4.3.	Denge Rutubeti Miktarına Hava Sıcaklığının Etkisi	27
Şekil 4.4.	Kuruma Hızı Periyotları.....	30
Şekil 4.5.	Üç Periyotlu Kuruma Hızı Eğrileri.....	31
Şekil 4.6.	Hız, Sıcaklık ve Konsantrasyon Sınır Tabakaları.....	32
Şekil 4.7.	Kuruma Hızına Hava Akım Hızının Etkisi	34
Şekil 4.8.	Ön Isıtmalı Kurutma	36
Şekil 4.9.	Kademeli Kurutma.....	37
Şekil 4.10.	Resirkülasyon Havasıyla Kurutma	38

Şekil 5.1.	Kabin Tipi Kurutma Makinasının Şematik Görünüşü	58
Şekil 6.1.	1 Nolu Kumaş Hız-Frekans Değişim Grafiği.....	62
Şekil 6.2.	2 Nolu Kumaş Hız-Frekans Değişim Grafiği.....	63
Şekil 6.3.	3 Nolu Kumaş Hız-Frekans Değişim Grafiği.....	64
Şekil 6.4.	4 Nolu Kumaş Hız-Frekans Değişim Grafiği.....	64
Şekil 6.5.	5 Nolu Kumaş Hız-Frekans Değişim Grafiği.....	65
Şekil 6.6.	6 Nolu Kumaş Hız-Frekans Değişim Grafiği.....	66
Şekil 6.7.	7 Nolu Kumaş Hız-Frekans Değişim Grafiği.....	66
Şekil 6.8.	8 Nolu Kumaş Hız-Frekans Değişim Grafiği.....	67
Şekil 6.9.	9 Nolu Kumaş Hız-Frekans Değişim Grafiği.....	68
Şekil 6.10.	10 Nolu Kumaş Hız-Frekans Değişim Grafiği.....	68
Şekil 6.11.	Frekansa Göre Baca Gazı Nem Miktarının Değişimi.....	69
Şekil 6.12.	11 Nolu Kumaş Hız-Frekans Değişim Grafiği.....	70
Şekil 6.13.	12 Nolu Kumaş Hız-Frekans Değişim Grafiği.....	71
Şekil 6.14.	13 Nolu Kumaş Hız-Frekans Değişim Grafiği.....	72
Şekil 6.15.	14 Nolu Kumaş Hız-Frekans Değişim Grafiği.....	73
Şekil 6.16.	15 Nolu Kumaş Hız-Frekans Değişim Grafiği.....	73
Şekil 6.17.	16 Nolu Kumaş Hız-Frekans Değişim Grafiği.....	74
Şekil 6.18.	17 Nolu Kumaş Hız-Frekans Değişim Grafiği.....	75
Şekil 6.19.	Frekansa Göre Baca Gazı Nem Miktarının Değişimi.....	76

SİMGELER VE KISALTMALAR

kW	: Kilo watt
kWh	: Kilo watt saat
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
kg	: kilogram
MJ	: Mega joule
°C	: Santigrat derece
P	: Basınç
m	: Metre
Q	: Isı
t	: Sıcaklık
h	: Kurutma hacmi
V	: Özgül Hacim
m ³	: metreküp
kCal	: Kilo kalori
g	: gram
x	: Nemlilik derecesi
u	: Hız
∞	: Konsantrasyon
W	: Watt
dev	:Devir
dk	: Dakika
m ²	:metre kare
K	: Kelvin
cm	: santimetre
sn	: saniye
m/dk	: metre bölü dakika
V/P--P/V	: Polyester-Viskon
Ket	: Keten
Hz	: Hertz
sa	: Saat

1. GİRİŞ

Türkiye, kalkınmakta olan ve nüfusu hızla artan bir ülke olması nedeniyle her geçen gün enerji tüketimi artmaktadır. İşletmelerin rekabet güçlerini koruyabilmeleri amacıyla, düşük maliyette, enerji tasarrufu yaparak üretim yapmaları günümüz ekonomi koşullarında hayati önem taşımaktadır.

Ülkemizde ve dünya ülkelerinde kalkınmanın ve nüfus artışının en temel girdisi olan enerjiye ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Buna rağmen ülkemizde enerji kaynaklarının rezervleri oldukça yetersizdir. En fazla ihtiyaç duyduğumuz petrol ve doğalgaz rezervleri son derece kısıtlı, kömür rezervleri ise miktar olarak fazla olmakla birlikte coğrafi olarak dağınık, düşük kaliteli, yüksek üretim maliyetli ve çevre sorunludur. Hidrolik kaynaklarımız ise uzun vadede yetersiz kalmaktadır. Bu nedenlerle Türkiye enerji konusunda dışa bağımlı bir ülke durumundadır. Böyle olunca tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de enerji kaynakları daha fazla önem kazanmış ve enerji tasarrufu zorunlu hale gelmiştir.

Enerji tasarrufu enerjiyi kullanmamak anlamına gelmez. Enerji tasarrufu, enerjinin gereksiz kullanım sahalarını belirlemek ve bu israfı minimum düzeye indirmek veya tamamen ortadan kaldırmak için alınan önlemleri içerir. Bu şekilde, üretici aynı miktardaki mal ve hizmeti daha az enerji veya aynı miktar enerji ile daha çok mal ve hizmet üretebilir.

Enerji tasarrufu ile ilgili güzel bir deyim vardır. “Ölçmek Bilmek, Bilmek Yönetmektir.” Bu nedenle öncelikle ne tüketildiğinin bilinmesi gerekir. Gelişmekte olan ülkeler, verimsiz güç üretimi ve enerji kullanımlarının bilincine varmaya başlamışlardır. Enerji tasarrufu teknoloji uygulamaları artık işletme seviyesindeki mühendisler ve operatörlere açılmaktadır.

Tekstil terbiye işletmelerinde tüketilen ısı enerjisinin yarısına yakını kurutma işlemlerinde tüketilmektedir. Kurutma süresince kumaştaki suyun buharlaştırılması için ısı transferi olur aynı zamanda da kurutma havası ısıtılır. Dolayısıyla da tüketilen enerjinin büyük bir kısmı ramözün bacasından dışarı atılmış olur. (E.İ.E,2002).

Enerji üretim ve tüketiminin farklı trendlerde gelişim göstermesi 1970 yılında %76 olan üretimin tüketimi karşılama oranının 1998 yılında %39’a düşmesine sebep

olmuştur. Gelecek yıllar için yapılmış projeksiyonlarda bu azalmanın devam ederek, 2020 yılında üretimin tüketimi karşılama oranının %25'e düşmesi beklenmektedir. Ancak bunun endüstrileşme ve kalkınma için bir kısıt olarak kabul edilmemesi gereklidir ve dünyada bir çok ülke örneğin Japonya %80 ithal enerji ile ekonomisini ve sanayisini geliştirmiştir. Buradaki en önemli husus enerji ithalatının, sağlam bir planlamaya, güvenilir ve çeşitli kaynaklara ve yeterli finansman fonlarına dayandırılmasıdır. Enerji sektöründeki temel amacın artan nüfusun ve gelişen ekonominin enerji ihtiyaçlarının sürekli ve kesintisiz olarak ve mümkün olan en düşük maliyetlerle karşılanması olduğu unutulmamalıdır (E.İ.E,2002).

ABD'de son 30 yıl içerisinde enerji verimliliği yüksek teknolojiler kullanılarak enerji verimi önemli ölçüde arttırılmıştır. 1973 yılından 2001 yılına kadar, ekonomideki büyüme %126 oranında gerçekleştirilirken, aynı süre zarfında enerji kullanım oranındaki artış yalnızca %30 olmuştur. Kullanılan enerji miktarı ekonomideki büyümeye paralel olsaydı, 2001 yılında tüketilen enerji miktarı 29 trilyon kWh yerine 50 trilyon kWh olacaktı (National Energy Policy 2001).

Türkiye'de çok geniş enerji kaynakları bulunmasına karşın, ülkemiz enerji tüketiminin yarısından fazlasını ithalat yolu ile karşılanmaktadır. Türkiye 2002 yılı birincil enerji kaynakları ihtiyacı 78, 3 milyon TEP (Ton Eşdeğer Petrol) iken, üretim 24, 6 milyon TEP (%31) olarak gerçekleşmiş ve yaklaşık olarak 54 milyon TEP (%69) oranında bir ithalat gerçekleştirilmiştir. Bu açığın, 2010 yılında 96 milyon TEP, 2020 yılında ise 200 TEP değerine ulaşacağı tahmin edilmektedir. Bu durum da ülkemizde endüstriyel tesislerde daha verimli enerji kullanmanın gerekliliğini göstermektedir (www.eie.gov.tr).

Özellikle 1980 yılında yaşanan 2. petrol krizinden sonra, ülkelerin kalkınmışlık derecesi için gösterge olarak, enerjinin akıllı ve tasarruflu kullanımını gösteren Enerji Yoğunluğu kullanılmaya başlanmıştır. Ülkenin toplam enerji tüketiminin (TEP) Gayri Safi Yurt İçi Hasılaya bölünmesi ile bulunan bu rakamın küçük olması istense de, önemli olan bu rakamın yıldan yıla büyüyüp küçülme miktarıdır. Bu rakamın büyümesi, enerjinin akılcı ve tasarruflu kullanılmadığının göstergesidir (www.eie.gov.tr).

Türkiye için, 2001 yılı itibariyle, 0.38 milyon TEP/milyar \$ olarak hesaplanan enerji yoğunluğu değerlerinden yüksekte seyretmekte ve enerjinin verimli olarak kullanılmadığını göstermektedir. Bu değer bazı gelişmiş ülkeler için çok daha çarpıcı olup örneğin Japonya 0, 09'dur (www.eie.gov.tr).

Bu bağlamda, genel olarak, ülkemiz, enerji konusunda dışa bağımlı ve enerji kaynaklarını verimli olarak kullanamayan bir tablo çizmektedir. Bu nedenle de günümüzde tükenen enerji kaynakları dünyada var olan enerji kaynaklarının kullanımı ve yeni enerji kaynaklarının kullanımı ve yeni enerji kaynaklarının bulunmasında dikkat çekici araştırmaların yapılmasına neden olmuştur.

Türkiye yaklaşık 200 milyar dolar Gayri Safı Milli Hasıla ile, dünyanın 17. ve bölgesinin de en büyük ekonomisidir. Geçen 20 yıl içerisinde ortalama %4 bir büyüme gerçekleştirmiştir. 1980-1990 yılları arasında Türkiye'nin ihracatı ortalama yıllık %33 artmış ve 2.9 milyar dolardan 12.9 milyar dolara ulaşmıştır. 2000 yılında ise, 31 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir. Türk tekstil ve konfeksiyon endüstrisi sürekli bir gelişme göstermiş ve ihracatta çok önemli bir yere sahip olmuştur. Türkiye tekstil ihracatında %3.5 pay ile dünyanın en büyük 6. ihracat kapasitesine sahip olmuştur. Tekstil ve hazır giyim sektörlerinin Türkiye ihracatındaki payı %38'dir (www.kimyamuhendisi.com).

Türkiye'de tekstil ve konfeksiyon sektörü 1980'li yılların başlarında yapılan yatırımlar sonucu gelişmeye başlamış ve 1990'lı yılların başında büyük bir patlama yaşamıştır. Başlangıçta ucuz işgücünden faydalanan sektör, son yıllarda işgücünün daha ucuz olduğu Uzakdoğu ülkeleriyle (Çin, Hindistan, Pakistan, diğer) rekabet etmekte zorlanmaya başlamıştır. Öte yandan İtalya'da iş gücü, Türkiye'deki iş gücünden yaklaşık 8 kat fazla olduğu ve elektrik fiyatının da Türkiye'dekinden biraz daha yüksek olduğu göz önüne alındığında, Türkiye'nin hala tekstil sektöründe şanslı olduğu düşünülebilir (www.veribaz.com).

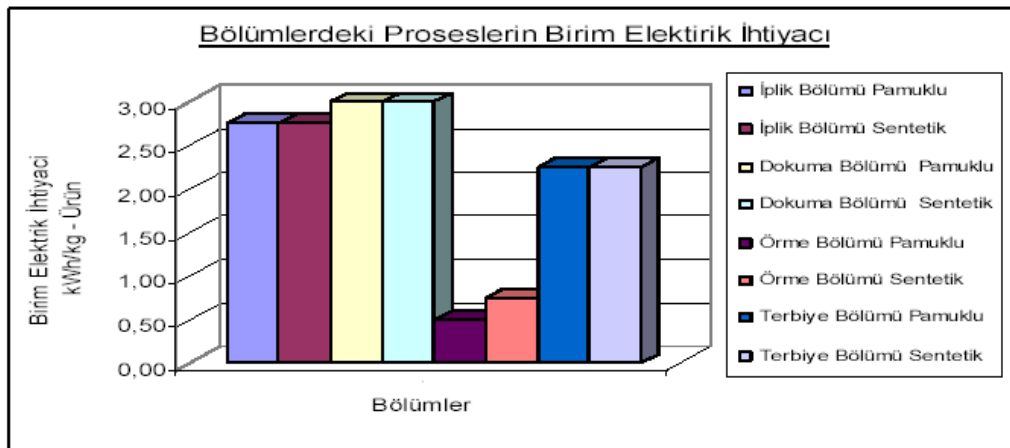
Türkiye'de Tekstil Sanayi, tüm sanayi dalları arasında hem üretim hem de ihracat bakımından en ön sırada yer almakta ve ekonomi içinde en ağırlıklı payı oluşturmaktadır. Toplam imalat sanayindeki istihdam miktarında, bu sanayimizin payı %30'u bulmaktadır. Sektördeki enerjinin toplam maliyet içerisinde payı %6-14

arasında, sanayi toplam tüketimi içerisindeki payı ise %7.2'dir (www.kimyamuhendisi.com).

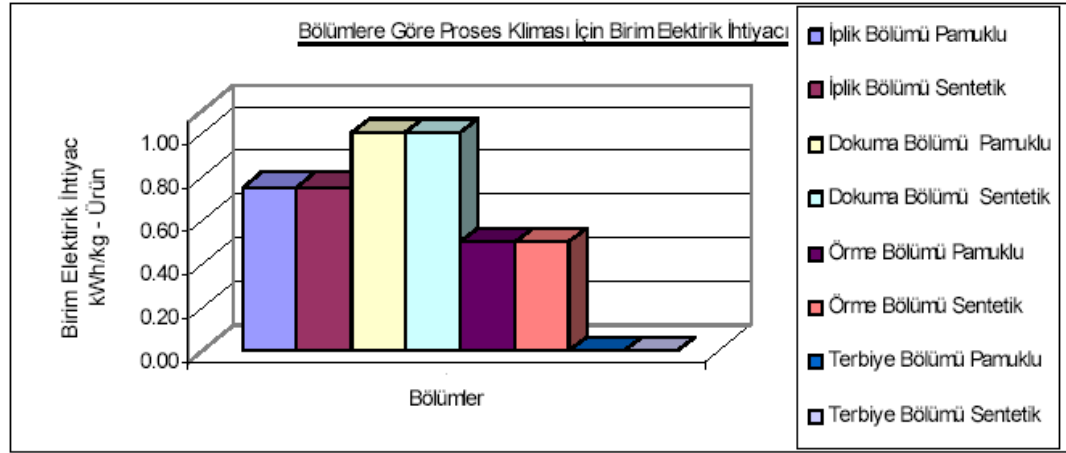
Tekstil sektöründe, ürünler ve dolayısıyla proses teknolojileri önemli farklılıklar göstermektedir. Bu da enerji tüketiminin yapısında ve enerjinin toplam maliyet içerisindeki payında farklılıklara yol açmaktadır. İplik-dokuma fabrikalarında enerji tüketimi %50 elektrik ve %50 ısı şeklinde olmaktadır. Terbiye bölümlerinde ise enerjinin %70 den fazlası ısı olarak kullanılmaktadır (www.kimyamuhendisi.com).

İplik, dokuma ve/veya örme ile terbiye dairelerinden oluşan bir işletmenin toplam enerji tüketiminin %40-65 kadarını terbiye dairesi kullanmaktadır. Kumaşa önceden belirlenen reçeteler doğrultusunda kimyasallar ve boya maddeleri; su ve ısı sayesinde yedirilir (Tarakçıoğlu, 1984).

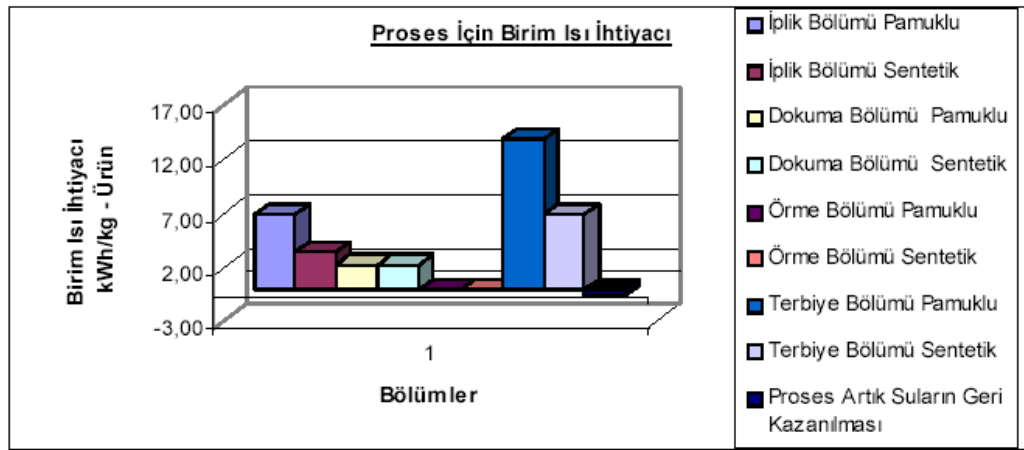
Elektrik enerjisinin yoğun olarak kullanıldığı bölümler, iplik ve dokuma olmasına karşılık ısının yoğun olarak kullanıldığı bölüm terbiye olmaktadır. Terbiye bölümlerinde iplik ve kumaş, su ve çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak boyanır. Gerek ipliğin gerekse kumaşın terbiye edilmesindeki işlemler 15-150 derece sıcaklık arasında değişir (Tarakçıoğlu, 1984).



Şekil 1.1. Bir Tekstil Tesisinde Yer Alan Bölümlere Ait Proses Elektrik İhtiyacı Örneği (www.mmo.org.tr)



Şekil 1.2. Bir Tekstil Tesisindeki Bölümlerin Proses Klimaları İçin Birim Elektrik İhtiyacı Örneği (www.mmo.org.tr)



Şekil 1.3. Bir Tekstil Tesisine Ait Üretim Bölümlerine Düşen Birim Proses Isı İhtiyacı Örneği (www.mmo.org.tr)

Çizelge 1.1. Tekstil İşletmelerindeki Özgül Enerji Tüketiminin Bölümlere Göre Dağılımı (Tarakçıoğlu, 1984).

Elektrik Tüketimi	KWh/kg	Proses Kliması için (%)	Isı Tüketimi MJ/kg	Proses Kliması için (%)
İplik Bölümü	2, 7-4, 0	15-20	1, 1 -4, 7	100
Dokuma Bölümü	2, 1 -5, 6	20-25	8, 3-17	45-55
Örme Bölümü	1, 0-1, 5	25-30	1, 8-5, 8	100
Terbiye Bölümü	1, 5-3, 0	-	20-80	-
Toplam	7, 3-14, 1	-	31, 2-107, 5	-

Çizelge 1.2. Kumaş Yıkama İşlemlerinde; Su, Isı ve Elektrik Tüketimleri (Tarakçıoğlu, 1984).

	Konvac	Yıkama Tesisi	Toplam
Su Tüketimi	6, 5 lt/kg ürün	12 lt/kg ürün	18.5 lt/kg ürün
Su Eklenmesi / Saate	1.6 m ³	3.0 m ³	4.6 m ³
Buhar Tüketimi 80°C/Saatte	0.3 ton	0.6 ton	0.9 ton
Elektrik Tüketimi	45 kWh	14 kWh	50 kWh

Terbiye dairelerinde tüketilen enerjinin genel olarak (Tarakçıoğlu, 1984):

%45-75'i yaş işlemler

%15-40'ı kurutma ve fiksaj işlemler

%8-18'i diğer işlemler ve havalandırma için kullanılmaktadır.

Terbiye işletmelerinde, sıcak atık akışkanların doğrudan dışarıya atılması ile, daha fazla faydalanılamadan enerjiye dönüştürülen ısı enerjisi miktarı oldukça fazladır. Isı geri kazanım yöntemleri, çeşitli ekipmanlar ve sistemler kullanılarak ve sermaye, işçilik ile hammaddeleri de göz önünde bulundurarak, bu atık ısının en etkin şekilde kullanılması gerekmektedir. Tekstil terbiye işletmelerinde atık ısı üç şekilde ortaya çıkmaktadır (Çay, 2004):

- Konveksiyon kurutucuların ve kazanların sıcak baca gazlarının ısısı,
- Her türlü yaş işlem sonrası açığa çıkan sıcak atık flotteler,
- Soğutma işlemi için kullanılan su ya da havanın ısısı.

Doğru şekilde uygulandığı takdirde, ısı geri kazanım yöntemleri önemli ölçüde tasarruf sağlamakta, kalite ve üretim seviyesini artırmaktadır. Geri kazanılan ısı ise ya ortaya çıktığı proses için tekrar kullanılmakta, ya da çevre veya başka bir işlem için ısıtmada kullanılabilir.

Isı geri kazanımının faydaları;

• Çevreye Faydaları

- Daha az yakıt tüketimi olması sebebi ile hava kirliliğinin azalması sağlık,

• İşletmeye Faydaları

- Azalan yakıt tüketimi sebebi ile karlılık.

- Azalan boyama süresi sebebi ile birim zamanda daha fazla üretim karlılık.

- Sıcak su ile işletmeye başlanması sebebi ile makina içi termal gerilimin azalması, bakım giderlerinin düşmesi, kar ve zaman tasarrufu.

- Ulusal Ekonomiye Faydaları

- Maliyetleri düşürebilmemiz sebebi ile dünyada rekabet şansımızın artması karlılık.

- İş gücü ve öz kaynaklarımızın ekonomik kullanımı sebebi ile sağlanacak kazanç.

- Enerji kaynaklarını ekonomik kullanım sebebi ile döviz kazancı,

- Sektörde karlı şirketlerin artması ile yatırımcıyı teşvik etmek ekonomik canlılık.

Bu çalışmada, ramözün içindeki kurutma için kullanılan havanın debisi azaltılarak kullanılan enerjiyi minimuma indirmek hedeflenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Tekstil ürünlerinde maliyeti oluşturan ana girdi enerji olduğu için, tekstil işletmelerinin her bölümünde enerji kullanımını azaltma veya enerji geri kazanımıyla ilgili çalışmalar yapılmıştır ve yapılmaktadır. Tekstil işletmelerinde enerji ile ilgili pek çok çalışma yapılmış olup aşağıda terbiye bölümüyle ilgili olanlardan bir kısmı aşağıda özetlenmeye çalışılmıştır.

Ünlü, buhar kazanının verimini yükseltmek, kazan yüzey blöfünün yapılması ve blöften enerji kazanımı, kondensin geri döndürülmesi, kondenstoplardaki buhar kaçaklarının önlenmesi, atık ısıdan ve flaş buhardan ısı geri kazanımı üzerine çalışmalar yapmıştır.

Tekstil terbiye işletmelerinde nerelerden enerji kazanılabilir konusu üzerine çalışmasını sürdürmüştür.

Ersöz (2009), çalışmasında yüksek ısı iletebilme özelliğine sahip bir ısı transfer cihazı olan ısı borusu yardımıyla baca gazları ile atılan ısıнын geri kazanılmasını deneysel olarak incelemiştir, inceleme sonuçlarında ise bacagazı sıcaklığının derecesine bağlı olarak ısıtılmak istenilen akışkanda elde edilen sıcaklık değerlerini incelemiş ve yorumlamıştır.

Karadeniz ve ark. (2007), çalışmalarında, bir tekstil işletmesinde plakalı eşanjör yerine ısı pompası kullanılması halinde, her iki sistemin ekonomik analizlerini yapmışlar ve ilk yatırım maliyetini, yıllık enerji tasarrufunu ve geri ödeme sürelerini karşılaştırmışlardır. Çıkan sonuçlara göre plakalı eşanjör kullanmanın daha avantajlı olduğu sonucunu elde etmişlerdir.

Demircan ve Demir, çalışmalarında atıksuların endüstride yeniden kullanım yöntemlerini, geri kazanım ve yeniden kullanım çalışmalarını ve geri kazanım maliyet analizlerini incelemişlerdir.

Şahan (2003), çalışmasında, havadan havaya ısı geri kazanım (özellikle plakalı ve çapraz akımlı tiplerin) eşanjörlerinin değişik kullanım şekilleri ve amaçları, yerleşim pozisyonları, tekli veya çoklu kullanımları, havalandırma sektöründeki ısı geri kazanımlarına göre hava akış yönleri, kullanımları sırasında ortaya çıkan sorunlar ve çözümlerini incelemiştir. Bu tip ısı değiştiricilerinin, ısı

gerikazanım fonksiyonları yanında, üstlenebilecekleri diğer fonksiyonlar da çalışmanın içinde yer almıştır.

Oğulata ve Doba (1999), çalışmalarında, atık ısı geri kazanım sistemlerinde verimli kullanımları nedeniyle, çapraz akımlı levhali tip ısı değiştirgecini araştırmışlar bu amaçla bir ısı geri kazanım sistemi geliştirmişler ve laboratuvar şartlarında imal etmişlerdir. İmal edilen ısı değiştirgeci uygun bir deney düzeneği ile test edilmiş ve sıcaklık, hava hızı ve sistemdeki basınç kayıpları ölçülmüş, sistemin etkinliğini belirlemişlerdir.

Tarakçıoğlu (1984), çalışmasında, terbiye işletmelerinde enerji kullanımını değerlendirmiş söz konusu işletmelerde enerji kullanımını belirlemek için kullanılabilecek bir formül belirtmiş, bu formülden yola çıkarak tekstil işletmelerinde enerji tasarrufu için alınabilecek önlemleri ayrıntılı olarak incelemiştir.

Koç ve Kaplan (2008), çalışmalarında terbiye işletmelerinde enerji kullanımını araştırmışlar, bu amaçla söz konusu işletmelerde enerji kullanım yerleri ve enerji kullanım düzeyi hakkında genel bilgi vermişler, seçilmiş iki işletmenin enerji kullanımını aylar bazında ve birim mamul miktarı için karşılaştırmalı olarak değerlendirmişlerdir.

Kaya ve Güngör, çalışmalarında yakma havasının ısıtılması, kirlenmiş akışkandan ısı geri kazanımı, sıcak ve soğuk yüzeylerin izolasyonu, boşta çalışma süresinin azaltılmasını incelemişler, Türkiye'nin değişik illerinde yapılan enerji tasarruf çalışmalarından örnekler vermişler, bu örneklerde tasarruf miktarını, tasarrufun mali karşılığını, yatırım tutarını ve geri ödeme sürelerini hesaplamışlardır.

Can (1995), çalışmada tekstil ve benzeri diğer sanayi dallarındaki atık akışkanlardan ısı geri kazanımının ekonomikliği ve bu sektörlerde var olan potansiyeli ortaya çıkararak elde edilebilecek enerji tasarrufunu ve dolayısıyla ülkemiz ekonomisine ve çevre kirliliğine yapacağı olumlu katkıları somut bir şekilde ortaya koymuştur.

Arap (2008) , çalışmasında, ramöz makinalarının bacalarından atılan ısının geri kazanımı, akışkan yataklı buhar kazanı ıslak bacasından atılan ısının geri kazanımı, boya makinalarından atılan ısının geri kazanımı ve buhar, kondens ve sıcak su hatlarının, ram ekonomizer borularının ve boya makinaları ısıtma

eşanjörlerinin izolasyonu, ile enerji verimliliğinin arttırılmasını incelemiştir ve sonuçları değerlendirmiştir.

Şahan (2000), çalışmasında HVAC sistemlerinde, plakalı ısı geri kazanım eşanjörü ile yapılabilecek uygulamaları incelemiş, havadan havaya plakalı eşanjörler kullanıldığında , projede meydana gelen değişikliklerin irdelenmesi ve sonuçların örnekler üzerinde değerlendirilmesini sağlamıştır.

Şekeli ve arkadaşları, Çalışmalarında ramöz makinasında bacadan dışarıya atılan sıcak atık havadan ısıyı geri kazanmak amacıyla ısı geri kazanım sistemi uygulamışlardır. Atık havadan elde edilen ısı ramözün temiz soğuk havasının ısıtılmasında kullanmışlardır ve böylece soğuk havayı ısıtmak için kullanılan enerjiden %30 kazanç elde etmişlerdir.

3. RAMÖZ MAKİNASI ÇALIŞMA PRENSİBİ

Ramöz konveksiyon kurutma esasına göre çalışan bir kurutma makinasıdır. Bu kurutma yönteminde; tekstil mamulü, yalnızca ısıtılmış hava veya kurutma gazı ile temas eder, kurutucu yüzeye temas yoktur. Bu yöntemle kurutmada, genelde ısıtılmış hava kullanılır. Tekstil mamulü bu ısıtılmış hava ile temas halindedir. Temas sırasında gazdan (ısıtılmış havadan) tekstil mamulüne ısı transferi tekstil mamulünden de gaza su buharı transferi gerçekleşir. Mamul sıcaklığı daha düşük olduğu için, havadan mamule doğru orantılı olarak bir ısı transferi oluşur. Havadan mamule geçen ısının etkisiyle, mamul üzerindeki su buharlaşır. Su buharı havaya geçer.

1. Isı transferi için gazın daha sıcak olması gerekir.

2. Havanın yoğuşmadan, sis haline geçmeden, buhar olarak içerebileceği bir su miktarı vardır. Bu, sıcaklıkla ilgilidir. Düşük sıcaklıkta bu miktar çok azdır.

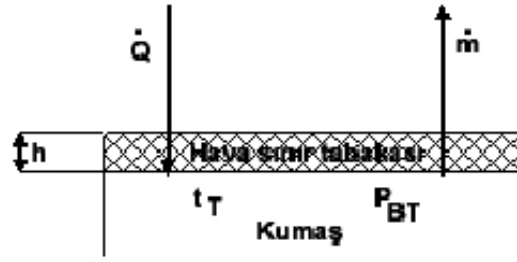
Konveksiyon kurutma, bugün tekstilde en fazla kullanılan kurutma yöntemidir. Günümüzde kullanılan makinelerin birçoğu bu prensiple çalışır. Bunun başlıca nedenleri;

- Kumaşın kirlenme tehlikesinin az olması,
- Gerilimin kontrol altında tutulmasının kolay olması,
- Tüm kumaş çeşitleri için uygun olması.

Tekstil mamulünde bulunan suyun tamamı yüzeyde bulunmayıp kumaşa zayıf fiziksel kuvvetlerle bağlı olduğundan, kurutma esnasındaki ısı ve kütle transferi işlem süresince aynı hız ve oranda gerçekleşmemektedir. Yüzeyde bulunan suyun kolayca uzaklaştırılması mümkün iken, liflerin içerisinde bulunan suyun kolayca uzaklaştırılması oldukça zordur (Çay, 2004);

1.Adım: Kurutmanın başlangıcında, ipliklerin yüzeyinde yeterli miktarda su bulunduğundan, soğuma sınır sıcaklığını geçmemektedir. Bu sıcaklık kumaşa bulunan su miktarına bağlı olarak 50-80°C'yi geçmemektedir.

Kumaşın yüzeyinden kurutma gazına su buharı transferi, kütle transferi kanunlarına uymaktadır:

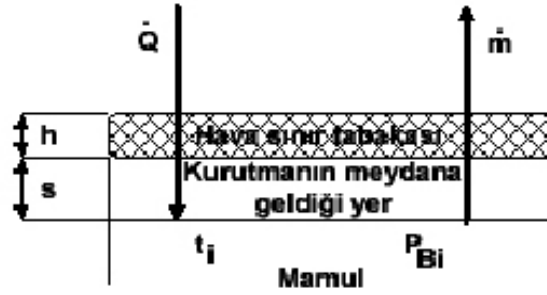


Şekil 3.1. Kumaşın Yüzeyinden Kurutma Gazına Su Buharı Transferi (Çay, 2004)

Kurutmanın bu adımında kurutma hızı kurutucunun çalışma şartlarına (kurutma gazının sıcaklığı, hızı, su buharı basıncı, vs. gibi) bağlı olup, kurutulacak mamulün özellikleri ile değişmemektedir. Isı ve kütle transferi için sadece yüzeydeki bir hava sınır tabakasının aşılması gerektiğinden, kurutma (suyun uzaklaşması) bu adımda en hızlıdır. Pamuklu bir kumaş için bu hızlı kurutma kumaş üzerinde %35-40 nem kalana kadar devam etmektedir.

2. Adım: Kurutma ilerledikçe mamuldeki geniş ve kılcal borulardaki su emilerek yüzeye gelmekte ve yüzeyde buharlaşmaktadır. Zamanla kılcal borulardaki direnç arttığından, suyun yüzeye taşınması zorlaşmakta ve buharlaşma mamul içerisinde gerçekleşmeye başlamakta, su buharı difüzyon yolu ile yüzeye taşınmaktadır. Bu durumda suyun buharlaşarak sıcak havaya geçmesi için gerekli mesafe de büyüdüğünden kurutma yavaşlamaktadır.

Bu adımda gerek ısı, gerekse kütle transferi için, sıcak havanın hem hava sınır tabakasını, hem de mamulün kurumuş olan kısmını yani yüzey ile mamul içerisinde buharlaşmanın meydana geldiği nokta arasındaki mesafeyi de geçmesi gerekmektedir. Dolayısıyla ısı iletimi ve difüzyon için aşılması gereken yol, buharlaşmanın meydana geldiği nokta mamulün içerisine doğru ilerledikçe artmaktadır. Kütle ve ısı transferi eşitliklerinde, kütle ve ısı transferi katsayılarının yerini, ısı geçirgenliği ve buhar geçirgenliği katsayıları almaktadır.



Şekil 3.2. Kumaş Yüzeyinde Kurutmanın Olduğu Yer (Çay, 2004)

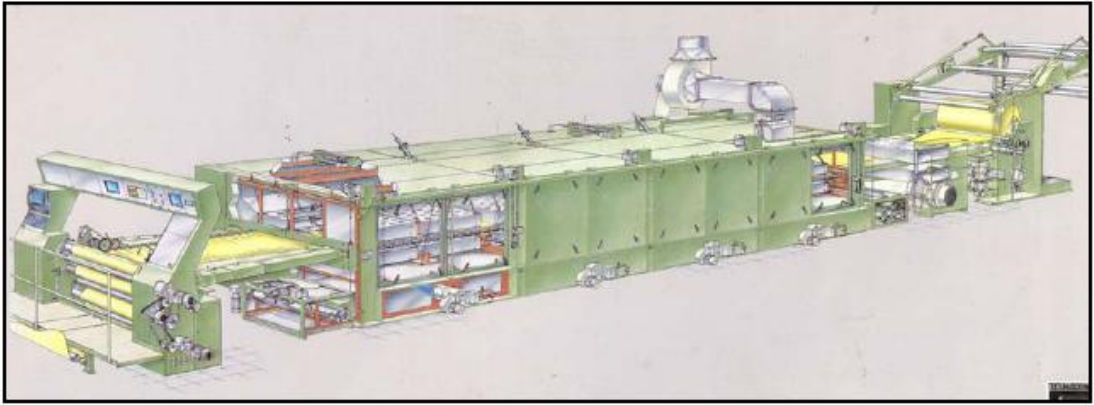
Bu adımda ısı ve kütle transferi için gerekli yol uzadığından ve zorlaştığından kurutma hızı düşüktür. Kurutucunun çalışma şartları kadar, mamulün yapısı da kurutma hızı üzerinde etkilidir.

3. Adım: Kılcal su uzaklaştırıldıktan sonra şişme suyu ve higroskopik nem uzaklaştırılmaktadır. Bu adımda lifin içerisinde bulunan suyun önce lif yüzeyine, oradan da mamul yüzeyine difüzyonu söz konusudur ve bu nedenle kurutmanın en yavaş ve zor adımı budur. Ayrıca kumaştaki su miktarı da oldukça az olduğundan, kumaş sıcaklığı da kurutma havasının sıcaklığına yaklaşmaktadır. Hem kumaşın ısınması hem de suyun uzaklaşmasının yavaş olması nedeniyle, liflerde kalan bu son su kısmının (higroskopik nemin) uzaklaştırılması, yani aşırı kurutma, yalnız kaliteyi olumsuz yönde etkilememekte, aynı zamanda kurutma maliyetini de önemli ölçüde artırmaktadır.

Gergefli kurutucu adıyla da bilinen ramöz makinası (Şekil 3.2), tekstil terbiye işletmelerinde, gerek konveksiyon kurutma gerekse diğer kurutma yöntemlerine göre çalışan makineler arasında en önemli ve en çok kullanılan kurutma makinasıdır. Bu makina yalnız kurutma için değil her türlü bitim işlemi sonrasındaki kurutma ve kondenzasyon veya kumaşların termofiksajı amacıyla da kullanılmaktadır. Bir çok tekstil terbiye makinasında olduğu gibi, ramözlerin de standart bir tipi ve büyüklüğü yoktur. Her terbiyeci kendi işletme ve üretim şartlarına en uygun makinayı kendisi tayin etmek durumundadır. Bir ramöz seçilirken şu ana unsurlar mutlaka dikkate alınmalıdır (Çay, 2004);

- Üretim miktarı (kamara sayısı)
- Çalışılacak maksimum ve minimum kumaş genişlikleri

- Çalışılacak mamul cinsi
- Kurutma veya termofikse işlemi için mi, veya beraber mi kullanılacağı
- Isıtmada kullanılacak enerji türü
- Bitim işlemi ve/veya boya yapılıp yapılmayacağı
- Makinadan geçecek kumaş tipine göre otomasyon ve kontrol sistemleri



Şekil 3.3. Ramöz Makinasının Genel Görünümü (Bruckner Teknik Doküman)

Konveksiyon kurutma makinalarında sıcak kurutma gazının kumaşa iletilmesi değişik şekillerde yapılabilmektedir. Ho-flue’da sıcak hava genellikle tekstil mamulüne paralel olarak, emme tamburun kurutucularda ise kumaş içerisinden geçirilerek kurutma sağlanmaktadır. Ramözde ise sıcak kurutma gazı (havası) düze denilen deliklerden yada yarıklardan kumaş yüzeyine dikey doğrultuda püskürtülmektedir.

Ramöz kumaşa en-boy ayarının yapılabilmesi, bitim işlemleri sırasında kumaş üzerinde kimyasal madde olduğu halde kumaşın hiçbir yere temas etmeden iki kenarından tutularak kurutucu çıkışına kadar taşınması, etkili bir kurutma sağlanması, kurutma sırasında kumaşa çarptırılan sıcak havanın etkisiyle kumaş tutumu ve çekmezlik değerlerinin olumlu yönde etkilenmesi gibi pek çok avantaja sahiptir. Dokuma kumaşların terbiyesinde eskiden beri vazgeçilmez bir yere sahip olan ramöz, günümüzde örgü kumaşlarda da tüp halinden açık en çalışmaya doğru bir eğilimin ağırlık kazanması ile hem örgü hem de dokuma kumaşlar için çok önemli bir makina haline gelmiştir (Çoban, 1999).

Ramözlerde kumaşın makina içerisinde taşınması, ramözün iki tarafındaki

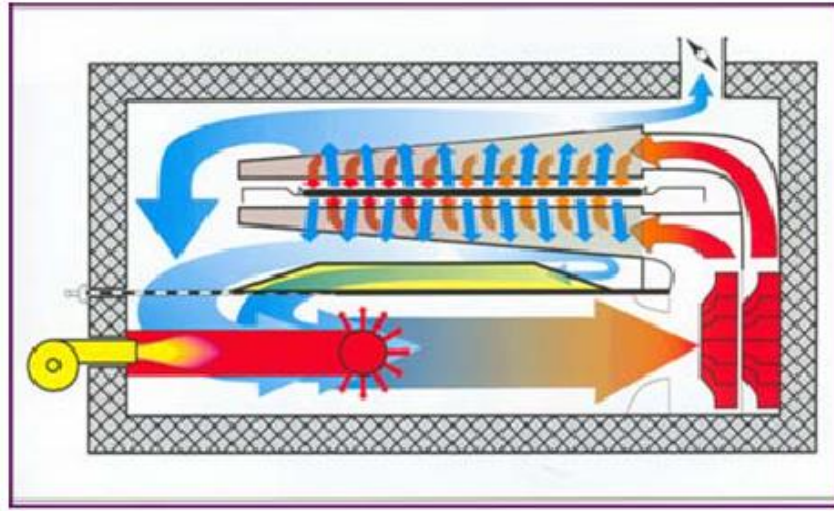
büyük bakılardan oluşan sonsuz zincirler yardımıyla yapılmaktadır. Zincirin baklaları üzerinde iğneler ve/veya mandallar bulunmaktadır. Kumaş iki yanından bu iğnelere takılarak veya mandallar tarafından tutularak zincirle birlikte hareket etmektedir. Zincirler arasındaki aralığı makinanın girişinden ilk kurutma bölmesine kadar olan kısımda fazlalaştırarak kumaşın enini artırmak mümkün olduğu gibi, bu aralığı gittikçe azaltarak kumaşın serbest şekilde enine çekmesini sağlamak da mümkündür. İğneli taşıyıcı ramözlerde kumaşın boyunu da ayarlayabilmek mümkündür. Eğer makinaya kumaş, zincir hareket hızından daha yüksek bir hızla sevk edilirse (avans verilirse), zincirlere bol bir şekilde takılmakta ve kurutucudan geçerken çözgü yönünde çekerek boyu kısalmaktadır. Dolayısıyla bu kumaştan dikilmiş, ürünler kullanılırken yıkandıklarında fazla çekmemektedirler (Çoban, 1999).

Ramözler, tekstil terbiye işletmelerindeki ana ısı enerjisi tüketicileridir. Ramöz tekstil terbiye işletmelerinde, gerek konveksiyon kurutma gerekse diğer kurutma yöntemlerine göre çalışan makineler arasında en önemli ve en çok kullanılan kurutma makinasıdır. Bu makina yalnız, kurutma için değil, her türlü bitim işlemi sonrasındaki kurutma ve kondenzasyon veya kumaşların termofiksajı amacıyla da kullanılmaktadır.

Tüm konveksiyon kurutma makinelerinde olduğu gibi, ramözlerde de giren sıcak hava tekstil mamulü ile temas edip bir miktar ısı enerjisini mamule verip, mamulden de bir miktar su buharı aldıktan sonra dışarıya atılırsa alabileceğinden (yoğuşma tehlikesi olmadan taşınabileceğinden) çok daha az su buharı almış, yani kendisinden yeterince faydalanılamamış sıcak hava, içerdiği ısı enerjisi ile birlikte sürekli olarak gökyüzüne gönderilmiş olmaktadır. Bu durumu önlemek için, kurutucudan geçen havanın bir kısmı temiz hava ile karıştırılıp ısıtıldıktan sonra tekrar kullanılmaktadır. Kurutucudan geçen havanın ne kadarının dışarıya atılıp, ne kadarının da yeniden kullanılacağı atık hava çıkışlarındaki klapeleri açıp kapayarak ayarlanabilmektedir.

Kurutma makinelerinin çalıştırılması için tüketilen enerjinin önemli bir kısmını kurutmada kullanılan atık havanın ısıtılması oluşturmaktadır. Bu nedenle sıcak hava/buhar oranı kurutma işlemlerinin ekonomik verimliliğinin belirlenmesinde

yardımcı bir faktördür ve enerji maliyetleri her geçen gün arttığından mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır. Birim zamanda buharlaştırılan su miktarı, kumaş ağırlığı. Kumaşın girişteki ve kurutma sonundaki nemi, kumaş eni ve geçiş hızına bağlıdır, Bu nedenle sabit bir baca akımından söz edilememektedir. Atık havanın nem içeriği devamlı ölçülmeli, kurutma şartlarına göre baca klapeleri ve fanlar düzenlenmeli ya da otomatik olarak ayarlanmalıdır.



Şekil 3.4. Ramöz Çalışma Prensibi (Monforts Firmasına Ait Teknik Dökümanlar)

Ramözdeki atık ısıнын temel kaynağı bacadan atılan sıcak nemli havadır. Ramöz atık havasındaki ısı, büyük bir kayıptır. Bir ısı geri kazanım sisteminin kurulması, önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlamaktadır.

Örneğin, 160°C’da yapılan bir kurutmada, buharın özgül hacmi (V_B)=2m³/kg olduğuna göre:

$$\text{Havadaki su buharı \%} = \frac{V_B}{V_B + V_H}$$

$$\text{Havadaki su buharı \%} = \frac{2}{2 + V_H}$$

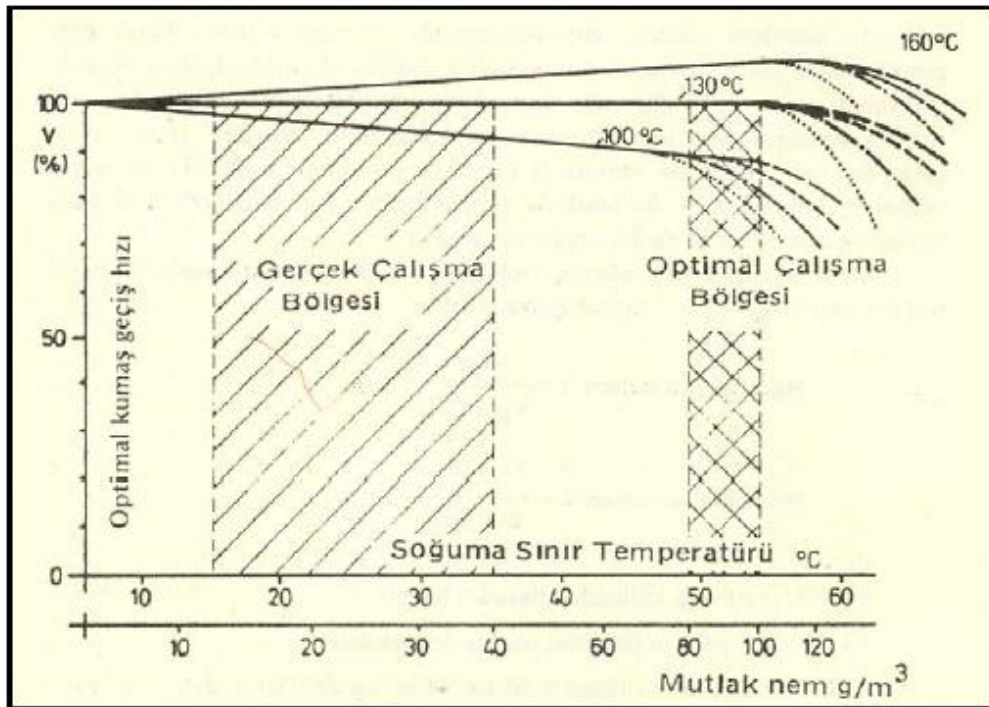
V_H = Kurutmada kullanılan havanın hacmi

1 kg (yani 2 m³) su buharını uzaklaştırmak için gerekli olan sıcak hava miktarları aşağıdaki çizelge 3.1.’de gösterilmektedir:

Çizelge 3.1. Atık Hava Nemine Bağlı Olarak Gerekli Temiz Hava Miktarları(Tarakçıoğlu,1984)

Atık havadaki nem miktar(%)	Sıcak (160°C'daki) hava (m ³)
5	38
10	18
20	8
30	4, 66

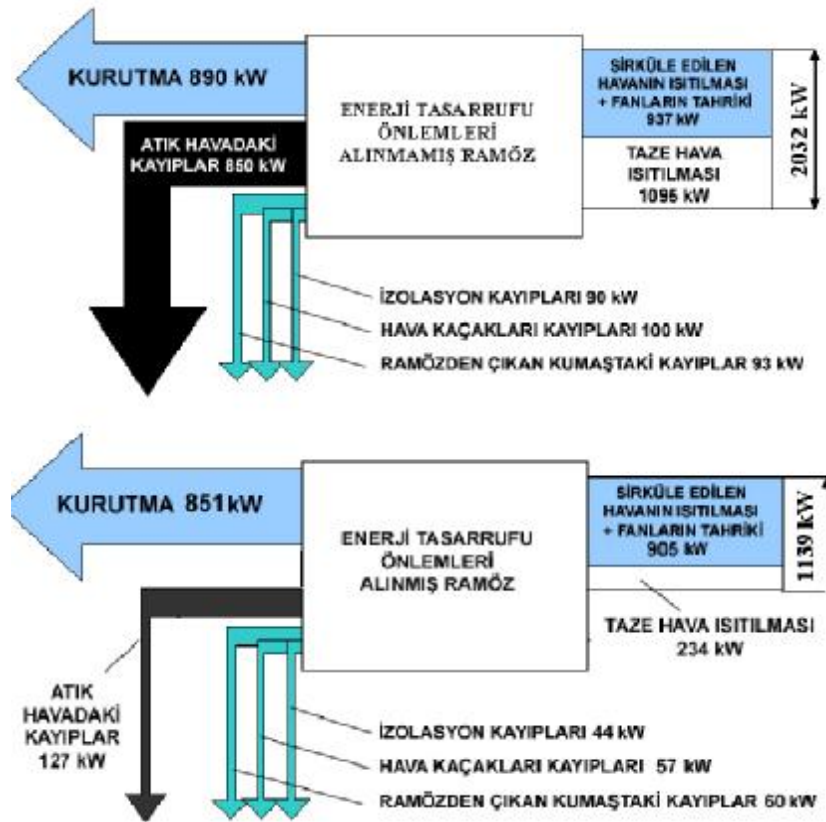
Atık havadaki nem miktarının %30'un üzerine çıkması halinde, su buharının yoğunlaşma tehlikesi vardır. Ayrıca, kurutma havasındaki nem arttıkça, kütle transferi de yavaşlamaktadır. Ancak su buharının (100 °C'daki) ısı kapasitesi (0.46 kCal/kg derece), kuru havanın (100°C'daki) ısı kapasitesinin (0.24 kCal/kg derece) iki katı kadar olduğundan, kurutma havasındaki nem miktarı arttıkça, bu havanın ısı kapasitesi de artmaktadır ve artış yüksek sıcaklıklarda daha fazla olmaktadır. Sonuç olarak 130 °C'daki havayla yapılan kurutmada, havadaki nem miktarının 100 g/m³'e (%12 ağırlık yüzdesine) kadar yükseltilmesi halinde kurutucu veriminde (kurutma hızında) bir düşüş söz konusu olmamaktadır. (Tarakçıoğlu, 1984).



Şekil 3.5. Optimal Kumaş Geçiş Hızının Kurutma Gazındaki Nem Miktarına Bağlı Değişimi (Tarakçıoğlu, 1984).

Kurutma gazındaki nem miktarının %12'nin üzerine çıkması halinde bir taraftan enerji tasarrufu sağlanırken, diğer taraftan üretim veriminin düşmesi nedeniyle sabit giderlerin payı artacağından, bir noktadan itibaren maliyet düşeceğine artmaya başlar. Kurutma maliyetinin bu en düşük olduğu noktanın yeri ise enerji fiyatı ile yakından ilgilidir. Enerji pahalandıkça, enerji tasarrufu sayesinde sağlanan maliyet tasarrufu artacağından, maliyet minimumu noktası daha yüksek nem miktarına doğru (%5'ten %15'e) kaymaktadır (Tarakçıoğlu, 1984).

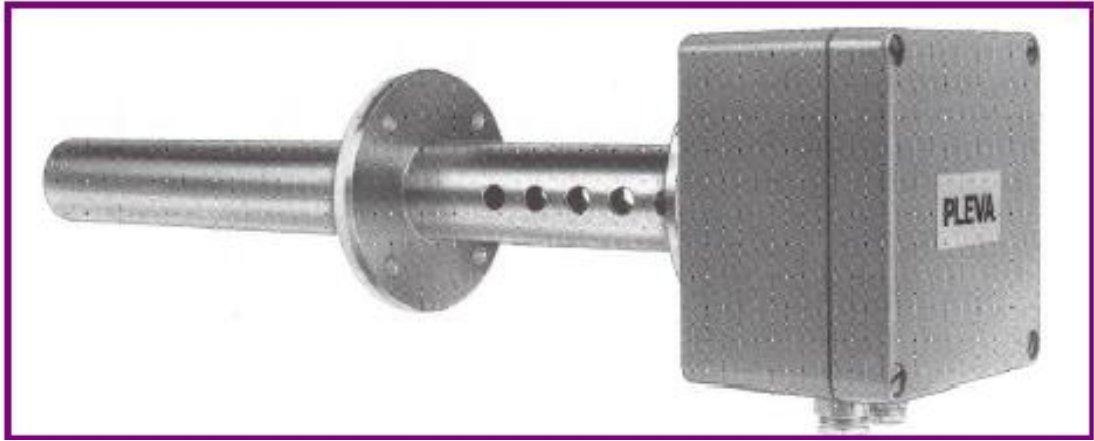
Şekil 3.5'de görüldüğü gibi, atık hava neminin az olduğu, dolayısıyla ısıtılacak kuru temiz hava miktarının fazla olduğu bir çalışma biçiminde, atık havadaki enerji kaybı toplam enerjisinin %40 civarındadır. Atık hava nemi optimum olarak ayarlandığında ise, ısıtılacak temiz hava ve dışarıya atılan atık hava miktarı oldukça azalmakta, dolayısıyla atık hava ile dışarıya atılan enerji miktarı %110 seviyelerine gerilemektedir (Tarakçıoğlu, 1984).



Şekil 3.6. Enerji Tasarrufu Önlemleri Alınmamış Ramöz İle Enerji Tasarruf Önlemi Alınan Ramözün Kıyaslanması (Rouette, Karl, 1995)

Atık hava klapeleri ve fanları bir elektronik kontrol ünitesi üzerinden servometrelerle ayarlanabilmektedir. Birkaç atık hava bacası olduğu durumlarda, çeşitli kısma valfleri bir koordinasyon merkezindeki servo-regülatör yoluyla ayrı ayrı izlenebilmektedir. Bu sayede farklı kamaralarda ortaya çıkan farklı buharlaşma seviyeleri de göz önüne alınabilmektedir.

Atık havanın optimal miktarda nem almadan dışarı atılmasının önlenmesi ve dolayısıyla atık hava miktarının azaltılması, havadaki nemi ölçerek sağlanabilmektedir. Bugün piyasada havanın nemini değişik prensiple göre ölçen donanımlar bulunmaktadır (örneğin, Pleva, Mahlo, Babcock).



Şekil 3.7. Atık Hava Ölçüm Cihazı

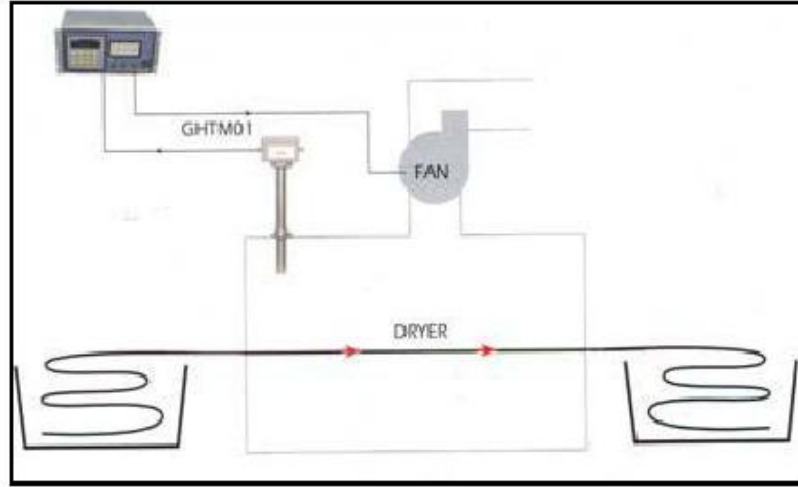
Atık hava neminin ölçümü, Mahlo firmasının üretmiş olduğu nem ölçüm cihazında sesin havada ve su buharındaki farklı yayılma hızına dayalı olarak ölçülmektedir. Atık hava akımının direkt olarak maruz bırakılan bir ses kaynağında (fluidic oscillator) ses üretilmektedir. Bu sesin frekansı, su buharı/hava karışım oranına bağlıdır. Sesin frekansı ısıdan bağımsız olarak ölçülebilmekte, sıcaklığın etkisi elektronik olarak kompanse edilmektedir.

Pleva firması tarafından üretilen nem ölçer ise termostatikleştirilmiş ölçüm haznesinde LiCl ölçüm kafası bulunmaktadır. Bu kafa, iç buharlaşma ile ölçülen havadaki su buharı kısmi basıncına göre oluşan denge sıcaklığını ölçerek, havadaki nem miktarını hesaplamaktadır .

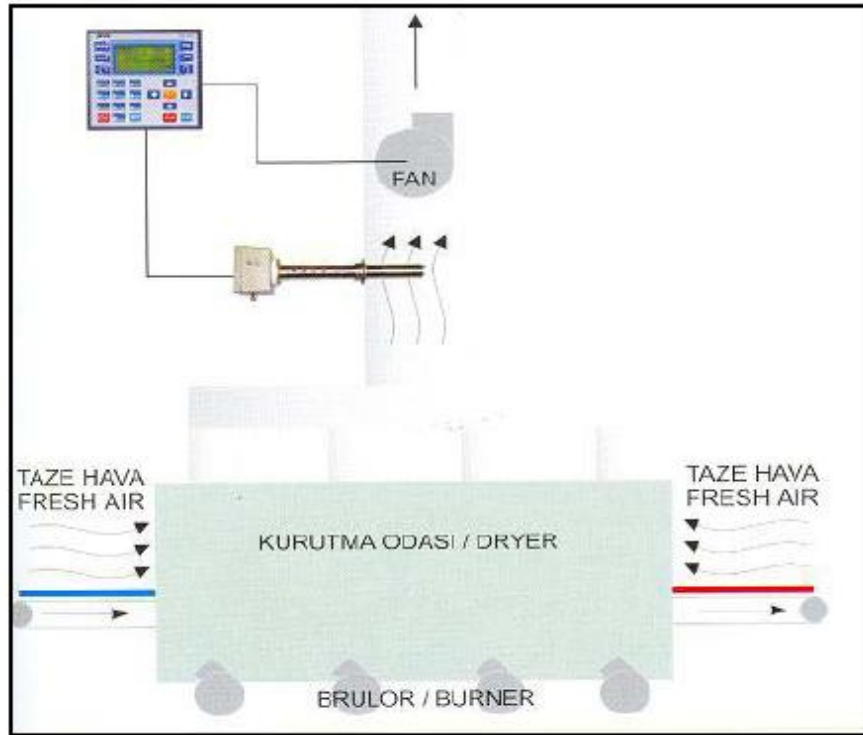
Atık hava nemi ölçüm cihazları oldukça pahalı olduklarından, bir Ramözde

her bölmeye bir nem ölçme ve ayarlama tertibatı konulamamaktadır. Bu nedenle, Ramözde en fazla buharlaşmanın bulunduğu kamaranın içine (Şekil 3.6) veya atık hava kanalına, ya da ana atık hava bacasına (Şekil 3.7) yerleştirilebilmektedir. Birinci durumda yerleştirme yeri makinanın baştan 1/3'üne rastlayan kamaradadır. Bu çalışma şeklinin bir sakıncası, atık havadaki su buharı miktarının bu kamarada gerçekten optimal seviyede tutulması sağlanırken, özellikle son kamaralarda yine de gereğinden fazla (yeterince nem almamış) havanın dışarıya atılabilesidir. Bilindiği gibi normal olarak ramözlerde, gerekli temiz havanın önemli bir kısmını kumaş giriş ve çıkışındaki yarıklardan emmektedir. (Çay, 2004)

Eğer bir ramöze yalnızca havadaki su buharı oranına bağlı olarak atık hava miktarını ayarlayan bir donatım takılırsa kurutma veriminin artmasıyla atık hava miktarı da otomatik olarak arttığında, temiz hava gelişi değişmemiş olacağından kurutucuda alçak basınç oluşur ve dolayısıyla giriş ve çıkıştaki yarıklardan soğuk hava emilimi artar. Buradan giren soğuk hava bu bölmelerdeki sıcaklığın düşmesine neden olacağından, örneğin bir termofiksaj işlemi sırasında mamulün sıcaklığı, kurutucudan çıkarken değil, henüz son bölmelere gelindiğinde düşmeye başlar ve böylece, bu son bölmeler termofiksaj işlemine katılmayan fakat enerji tüketen bölmeler haline gelmektedir. Diğer taraftan mamuldeki su miktarının az olması durumunda veya kumaş geçişi durduğunda atık hava miktarı iyice azalırken, temiz hava gelişi aynı kalırsa, kurutucuda basınç oluşacağından, giriş ve çıkıştaki yarıklardan çevreye sıcak nemli hava yayılacaktır. Bu da terbiye dairesinde çalışanları fazlasıyla rahatsız edecek bir durumdur. Sonuç olarak, kurutma havasındaki su buharı oranına bağlı olarak atık hava miktarının ayarlandığı donatımların kullanılması durumunda temiz hava girişinin de otomatik kontrole bağlanmasında büyük yarar olduğu ortaya çıkmaktadır.



Şekil 3.8. Atık Hava Nem Ölçüm Cihazının Buharlaştırmasının En Yüksek Olduğu Kamaraya Monte Edilmesi (Çay, 2004)



Şekil 3.9. Atık Hava Nem Ölçüm Cihazının Atık Hava Bacasına Monte Edilmesi (Çay, 2004)

Kurutma havasındaki nem miktarına bağlı olarak atık hava miktarının otomatik olarak açılıp azaltılıp, çoğaltılması, atık hava bacalarındaki klapelerin otomatik olarak açılıp kapanmasıyla saklanabilmektedir. Ancak bu taktirde atık hava

vantilatörü hep en yüksek güçle çalışmakta ve sağlanan hava akımının bir kısmı frenlenerek, pahalı elektrik enerjisi enerjiye dönüşmektedir. Daha pahalı fakat enerji tasarrufu bakımından optimal çözüm atık hava miktarını vantilatörlerin devir sayısı azaltılıp çoğaltarak ayarlamaktır.

4. NEMLİLİK VE KURUTMA TEORİSİ

4.1. Nemlilik

Kurutma deyimi, tekstil materyallerinin üretim boyunca üzerine aldıkları nemin uzaklaştırılması işlemidir. Nemlilik ise kurutma olayı ile doğrudan ilişkili bir konu olup aşağıda açıklanan bir veya birkaç şekilde kendini gösterebilir;

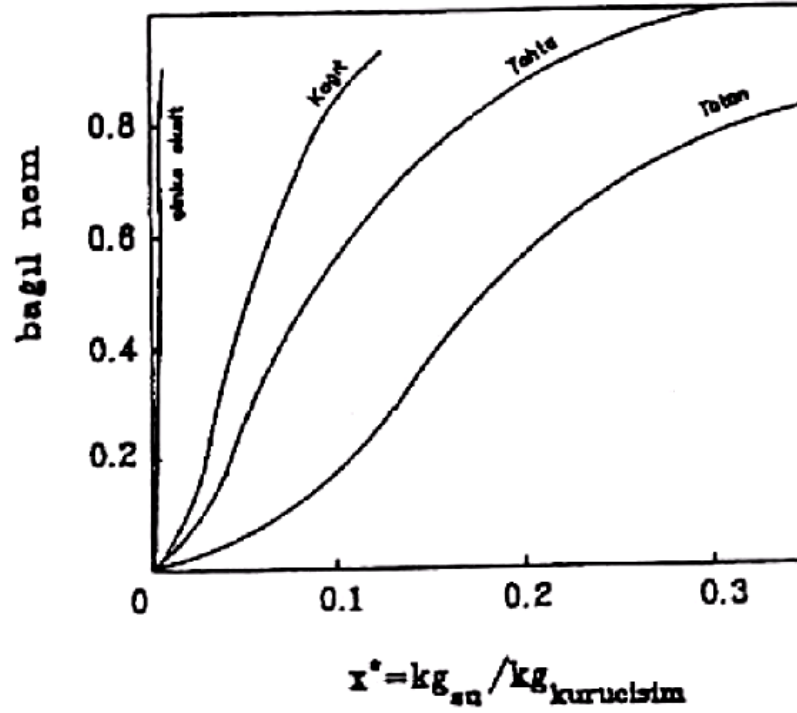
1) Nemliliği oluşturan asıl maddeyi, içerisinde süspansiyon veya eriyik halinde bulunduran sıvı kütlesi veya eritken olarak,

2) Yıkama veya çökertme suretiyle arıtma gibi işlemler sonunda, asıl madde üzerinde kalan bir yüzey nemliliği olarak

3) Ya gözenekli veya geçirgen bir madde tarafından sıvı halde absorbe edilmiş higroskopik nemlilik yada yapışmak sureti ile yüzeyler üzerinde tutunmuş sıvı halde nemlilik olarak

4) Kristal yapıli hidratlar halinde kimyasal bileşikler şeklinde bir nemlilik olarak (Akarşlan, 2002).

Dezitrasyon veya desikasyon deyimleri ile de adlandırılan nem alma veya kurutma işleminin tam anlamı ile gerçekleşmesi, yani bir maddenin sahip olduğu nem miktarının ortadan kaldırılması genellikle mümkünse de, bu işlem sonunda, bazen nemi alınan veya kurutulan maddenin hasara uğraması baş gösterebilir (Ünal, 1999). Bununla birlikte, atmosferin etkisine maruz kalan bütün nem tutma özelliğine sahip olan maddeler, kısaca bu higroskopik maddeler, içinde bulundukları atmosferin bağıl nemlilik derecesine bağıl olarak söz konusu maddenin nem oranını belirleyen higroskopik denge eğrisine erişinceye kadar nem almaya devam ederler. Şekil 4.1. üzerinde, örnek olması bakımından tipik bazı eğriler gösterilmiştir. Tersine, yeter derecede uzunca bir süre atmosferin etkisine maruz bırakılan ıslak veya nemli maddeler, nemlilik oranı denge eğrisine erişinceye kadar kurumak suretiyle nemliliklerini kaybederler. Kısaca konusu geçen maddeler içinde bulundukları atmosferin bağıl nemlilik derecesinden daha nemli iseler kuruyarak, atmosferin bağıl nemlilik derecesinden düşük nem miktarı ihtiva ediyorlarsada nem alarak, o şartlardaki higroskopik denge eğrisine erişirler.



Şekil 4.1. Oda Sıcaklığında Bazı Katıların Denge Nem İçerikleri (Akarslan, 2002)

Nemlilik derecesi, aşağıda açıklandığı gibi iki şekilde ifade edilebilir;

Islak ağırlık esaslı uyarınca

$$\frac{\text{Mevcut Nem Miktarının Ağırlığı} \times 100}{\text{Kuru Maddenin Ağırlığı} + \text{Nem Miktarının Ağırlığı}}$$

Kuru ağırlık esaslı uyarınca

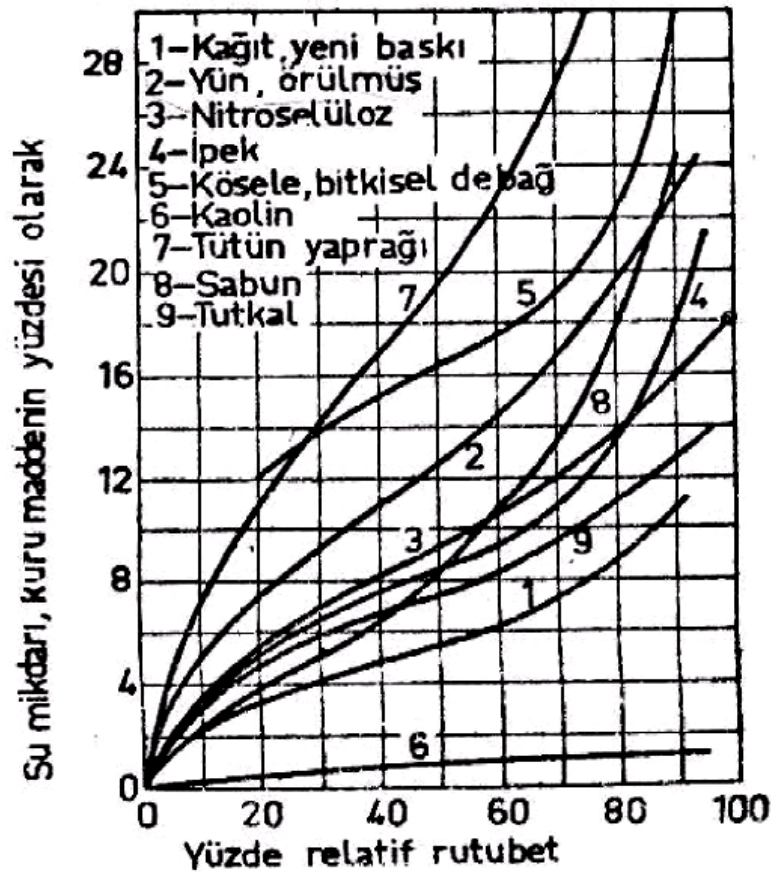
$$\frac{\text{Mevcut Nem Miktarının Ağırlığı} \times 100}{\text{Kuru Maddenin Ağırlığı}}$$

bağıntıları geçerlidir.

Nemlilik derecesinin ikinci bağıntı ile yapılan tanımlaması, kurutma hesaplarında genellikle en uygun sonuçları verir. Fakat burada önemli olan nokta, daima bu iki metottan hangisinin uygulandığının kesinlikle belirtilmesidir (Ünal, 1999).

4.1.1. Denge Nemi Miktarı ve Denge Nemi Eğrileri

Rutubetli bir katı maddenin, sabit sıcaklık ve rutubetteki, bir hava akımı ile temasa geldiği hali göz önüne alırsak; havanın sabit sıcaklık ve rutubette olması sebebi ile, hava akımının özellikleri sabit kalır ve sistemin dengeye erişmesi için yeterli temas zamanı, oldukça uzun olur. Böyle bir durumda katı madde belirli bir rutubet değerine erişir ve bu hava ile daha fazla temasta kalması durumu değiştirmez. Buna, belirtilen şartlar altında maddenin denge rutubetinin miktarı adı verilir. (Akarslan, 2002).



Şekil 4.2. 25°C için denge rutubeti eğrileri (Akarslan, 2002)

Rutubetli bir maddenin içinde bulunan fazla rutubeti kurutmaya (desorpsiyon) veya kuru bir maddenin içinde bulunduğu ortama göre rutubet absorplamaya (sorpsiyon) bırakılmasına göre, değişik değerler elde edilir ve okunur. Pek çok madde

için denge rutubetinin miktarı, dengeye yaklaşılma yönüne bağlıdır. Kurutma hesaplamaları için sadece desorpsiyon değeri kullanılmalıdır.

Madde denge miktarından fazla rutubete sahipse, rutubeti desorpsiyon eğrisi tarafından gösterilen denge miktarına erişinceye kadar, kurumaya devam eder. Diğer taraftan madde denge değerinden daha kuru olup, belirli sıcaklık ve rutubete sahip hava ile temasa getirilmekte ise, sorpsiyon eğrisi üzerindeki denge noktasına erişinceye kadar su absorplamaya devam eder. Rutubeti sıfır olan hava için, bütün maddelerin denge rutubet miktarı sıfırdır.

Belirli bir yüzde rutubet için, maddenin tipine bağlı olarak denge rutubet miktarı önemli derecede değişmektedir. Örneğin, gözenekli bir yapıya sahip olmayan ve çözünürlüğü bulunmayan katı maddeler için (herhangi bir rutubet ve sıcaklıkta maddenin tümü göz önüne alındığı takdirde), denge rutubetinin miktarı hemen hemen sıfırdır. Diğer taraftan yün, kağıt, tekstil, sabun ve deri gibi, lifli veya kolloidal yapıya sahip bir kısım organik maddeler, temasa geldikleri havanın sıcaklık ve rutubetine bağlı olarak, geniş sınırlar içerisinde gayet muntazam değişen denge rutubet miktarı gösterirler. (Çataltaş, 1979)

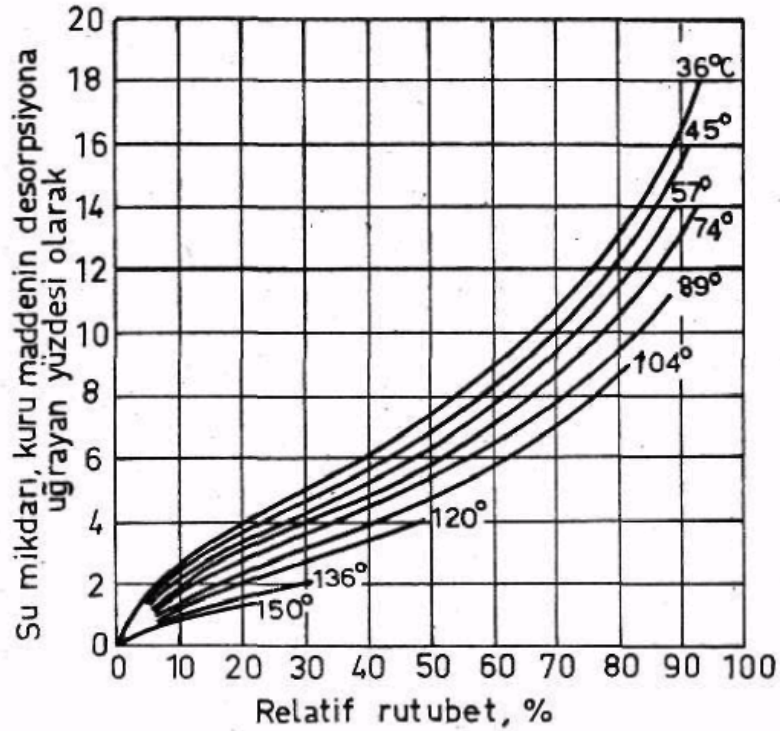
Birkaç tipik denge rutubet eğrisi Şekil 4.2'de gösterilmektedir. Bunlar sadece örnek eğriler olup, belirtilen maddelerin her türüne uygulanabilecekleri düşünülmemelidir. Örneğin, 7 numaralı eğri sadece kontrolü yapılan özel bir numuneye ait olup, bütün tütün yapraklarını kapsamaz. Alışılmış olduğu için Şekil 4.2'de relatif rutubet absis olarak kullanılmıştır. Relatif rutubet, gaz fazdaki su buharı kısmi basıncının, aynı sıcaklıktaki suyun (sıvı) buhar basıncına oranı olarak tanımlanmıştır ve genellikle yüzde ile belirtilir (Akarslan, 2002).

Hava sıcaklığının yükseltilmesi ile, katı maddeye ait denge rutubetinin miktarı azalır. Şekil 4.3'de ham pamuğa ait denge rutubetinin miktarında sıcaklıkla meydana gelen değişmeyi gösterilmektedir. Sıcaklık °C olarak verilmiştir.

4.1.2. Bağlı, Bağısız ve Serbest Su

Şekil 4.2' de gösterilen denge eğrileri %100 relatif rutubet doğrusunu kesinceye kadar uzatılacak olursa, bu suretle bulunan rutubet miktarı maddenin sahip

olabileceği en düşük rutubettir ve aynı sıcaklıkta bulunan sıvı suyun sahip olabileceği kadar yüksek buhar basıncı verir. Herhangi bir madde bu kesim noktasının gösterdiğinden daha fazla su ihtiva ederse, yine de sadece o sıcaklığa tekabül eden suyun buhar basıncı gösterir. Bu husus, belirli bir madde tarafından tutulan suyun iki farklı şekilde olabileceğini ortaya koyar. Doymuş hava ile denge halinde bulunan maddenin sahip olabileceği en düşük su konsantrasyonuna (Şekil 4.2'de eğrinin %100 relatif rutubet doğrusunu kestiği nokta), bağlı su adı verilir. Çünkü aynı sıcaklıkta bulunan sıvı sudan daha az buhar basıncına sahiptir. Bağlı su ihtiva eden maddelere, higroskopik maddeler adı verilir. (Çataltaş, 1979)



Şekil 4.3. Denge Rutubeti Miktarına Hava Sıcaklığının Etkisi (Akarslan, 2002)

Bağlı su başka şartlar altında da var olabilir. Yüzeyinin fazla içbükey olması sebebi ile çok ince kapillerler içerisinde bulunan su, anormal derecede düşük buhar basıncı verir; hücre içerisinde veya lif yüzeylerinde bulunan nem, çözünmüş katı maddeye sahip olması sebebi ile, buhar basıncı azalması gösterir. Tabii organik yapı içerisindeki su, fiziksel ve kimyasal bileşim halindedir. Bu maddelerin göstermiş

olduğu özellik ve yapı sağlamlığı, katının nem miktarına ve özelliklerine bağlı olarak büyük değişiklik gösterir. Bağlı olmayan su, aynı sıcaklıktaki sıvı suyun buhar basıncına sahiptir.

Serbest rutubet (nem) miktarı, denge rutubet miktarından fazla olan rutubettir. Denge rutubet miktarı, belirli şartlar altında maddenin kurutulabileceği bir sınır değer olduğu için, kurutma ile bu değerden fazla olan rutubet (rutubetin tümü değil) maddeden uzaklaştırılabilir. (Çataltaş, 1979)

4.2. Tekstil Mamulünde Nem

Yaş bir işleme tabi tutulmuş veya yıkanmış bir tekstil mamulü, banyodan hiç sıkmadan çıkarıldığında üzerindeki ağırlığının % 200- 300'ü kadar su bulunmaktadır. Bu suyun nasıl uzaklaştırılabileceğini incelemeye başlamadan önce, suyun tekstil mamulünün neresinde bulunduğunu bilmekte yarar vardır.

Yaş bir tekstil mamulünün üzerindeki suyun hepsi aynı durumda bulunmayıp, bulunduğu yere ve tekstil mamulüyle arasındaki bağ durumuna göre şu ayırım yapılabilir (Akarslan, 2002);

Damlayan Su

Liflere hiçbir şekilde bağlı olmayan bu kısmı, kendi ağırlığının etkisiyle aşağı doğru akar ve tekstil mamulünün alt tarafından damlar. Bu su kısmını mekanik yollarla uzaklaştırılması kolaylıkla mümkündür.

Yüzey Suyu

İpliklerin yüzeyine adhezyon kuvvetleriyle bağlı olan bu su kısmının uzaklaştırılması için, daha yoğun mekanik kuvvetlere gerek vardır. Fakat genellikle bu suyun da tamamı ön kurutma sırasında uzaklaştırılabilir.

Kapiler Suyu

İpliklerin içerisinde liflerin yüzeyine adhezyon kuvvetleriyle bağlı olan bu suyun ön kurutma sonucu ancak bir kısmı uzaklaştırılabilir.

Şişme Suyu

Liflerin içerisinde miseller arasında buluna bu su kısmı, lif kesitlerinin şişmesine yol açmaktadır. Lif moleküllerine dipol kuvvetleriyle bağlı olan bu su kısmının mekanik kuvvetlerle uzaklaştırılması mümkün değildir. Şişme suyu liflerinden ancak ısı enerjisi yardımıyla uzaklaştırılabilir.

Kristal Suyu (higroskopik nem)

Şişme suyu gibi liflerin içerisinde bulunan bu su, normal kuru bir tekstil mamulünde bulunması gereken nemdir. Bu nedenle iyi bir kurutmanın sonunda, bu son kısmın liflerde kalması sağlanmalıdır. Higroskopik nemi uzaklaştıran bir mamulün tutumu bozulur ve yün gibi bazı liflerde bu su bir kere uzaklaştırıldı mı, lifler tarafından higroskopik olarak bir daha aynı miktarda alınamaz.

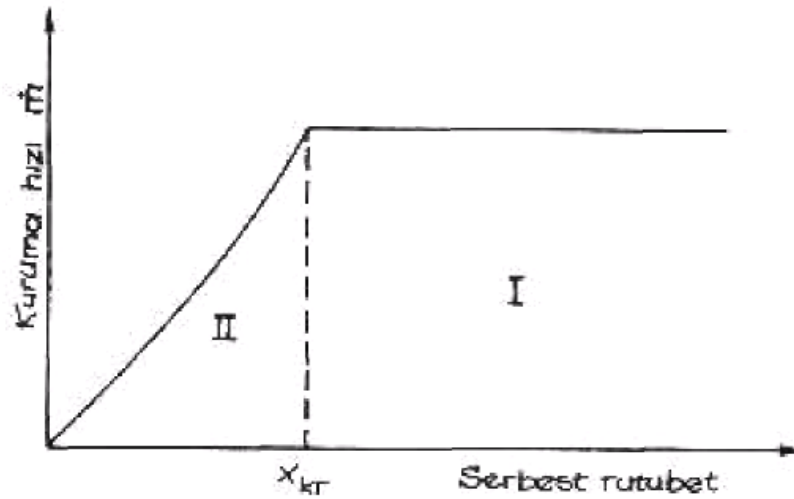
Tekstil mamullerinin kurutulmaları sırasında unutulmaması gereken önemli bir nokta, suyun ısı enerjisi yardımıyla uzaklaştırılmasının, mekanik kuvvetler yardımıyla uzaklaştırılmaya nazaran çok daha pahalı olduğu hususudur.

Bu nedenle suyun mümkün olan kısmı (damlayan su, yüzey suyu ve kapiler suyunun bir kısmı) mekanik yolla uzaklaştırılmalı ve ancak bu şekilde uzaklaştırılamayan kapiler suyun diğer kısmı ile şişme suyu ısı enerjisi ile uzaklaştırılmalıdır.

4.3. Tekstilde Kuruma

Kurutma hızı (debisi), birim zamanda birim yüzeyden katıyı terk eden su miktarıdır. Kurutma hızını teorik yoldan tespit etmek oldukça güçtür. Bu büyüklük en sağlıklı şekilde deneysel yoldan belirlenir. Katı bir maddenin hava ile kurutulmasına dış şartların etkisini inceleyen çalışmalardan elde edilen deneysel bilgiler, sabit kurutma şartları altında katıya ait rutubet miktarının, zamanın bir fonksiyonu olduğunu ortaya koymuştur. Sabit kurutma şartları hava hızını, rutubetini, sıcaklığını ve basıncını kapsamaktadır. Kurutucuyu terk eden hava şartları, esasen içteki ile aynıdır. Deney sonuçlarının ya grafik veya nümerik yoldan türevi, kurutma debisini verir ve bu, ya serbest rutubete veya zamana karşı olarak, diyagramlara işlenir. Kurumaya ait debi eğrisi (Şekil 4.4.), I kısmı gibi sabit debi

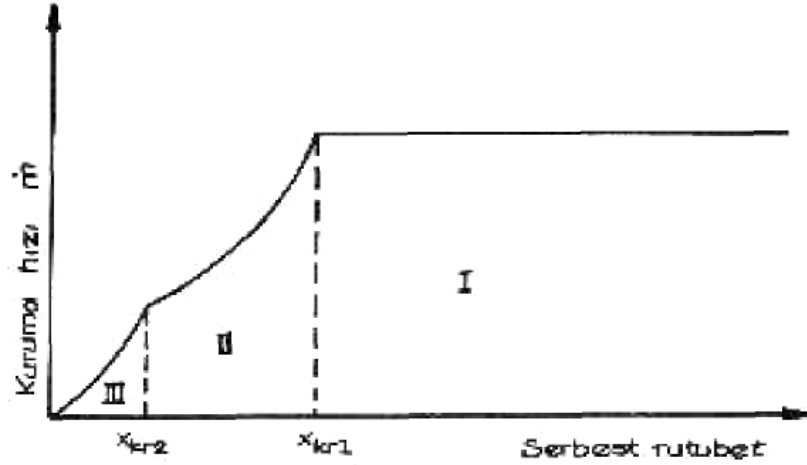
periyodu ve II kısmı gibi azalan debi periyodu adlarında iki kısma ayrılabilir. X_k noktasındaki serbest rutubet miktarına, kritik rutubet miktarı denir. Diyagramda gösterilen rutubet miktarı, katının ortalama rutubetidir. Çünkü kurutma operasyonunun herhangi bir anında lokal rutubetin gerçek değeri, katının her noktasında aynı olmayıp, duruma göre değişmektedir. Açıklaması yapılan kuruma periyotları, her hal için meydana gelmez. İstenilen rutubet miktarı, kritik rutubet miktarından fazla ise, sadece sabit debi periyodu meydana gelir. Diğer durumlarda, (örneğin, sabunun kurutulması operasyonu) başlangıçtaki rutubet miktarı denge rutubet miktarından daha azdır ve kurutma operasyonunun tümü, azalan debi periyodunda meydana gelir. (Akarslan, 2002)



Şekil 4.4. Kuruma Hızı Periyotları (Akarslan, 2002)

Deneyler sırasında madde rutubeti, zaman zaman numune alınarak veya sürekli olarak ölçülür. Kararlaştırılan miktarda ağırlık kaybı için, gerekli zaman okunur ve bu okuma, birbirini takip eden ağırlık değişimleri için tekrarlanır. Katının yüzeyine yakın noktadaki sıcaklık, bir termo-eleman yardımı ile ölçülür ve kurumaya ait debi eğrisini gösteren diyagramda ayrıca yer alır. Deneylerden hesaplanan kuruma hızı, zaman veya katıdaki serbest nem üzerinden diyagramlara taşınırsa kuruma eğrileri elde edilir. Genel olarak kuruma hızı eğrileri, higroskopik olmayan maddelerin kurutulmasında, iki periyot gösterir. (Şekil 4.4.) Birinci periyotta kuruma hızı sabittir, ikinci periyotta azalma görülür. Absiste serbest nem bulunduğundan

kurutma sonunda $x_s=0$ değerine erişilir. Higroskopik maddelerin kurutulmasında azalan kuruma hızıyla belirgin üçüncü bir kuruma periyodu görülür (Şekil 4.5.).



Şekil 4.5. Üç Periyotlu Kuruma Hızı Eğrileri (Akarslan, 2002)

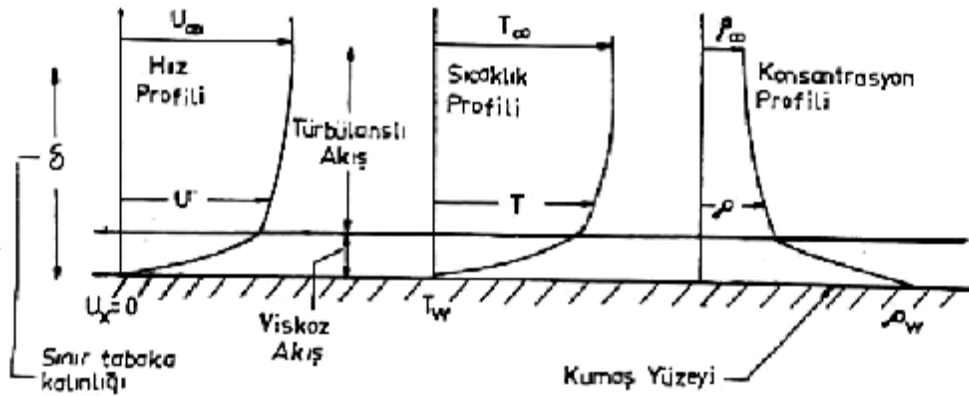
Sabit kuruma periyodu esnasında, hava ile temasta bulunan katı taneciklerine ait yüzeyin tamamıyla ıslak bir durumda kaldığı genellikle kabul olunur. Sahip olduğu şartlar belirli olan herhangi bir hava akımında buharlaşma debisi, katı maddeye bağlı değildir ve aynı şartlar altında bulunan sıvı yüzeyinde meydana gelen buharlaşma debisine eşittir. Bununla beraber katı yüzeyinin sahip olduğu pürüzlülüğün artması ile birlikte, katı yüzeyine ait buharlaşma debisi sıvı yüzeyine ait olandan daha büyük değer alabilir.

Yüzey tamamıyla ıslak kaldığı sürece kuruma olayı, rutubetin katı maddenin iç kısımlarından yüzey tabakasına erişme mekanizmasına bağlı değildir. Operasyon sadece, katı yüzeyinden hava akımı içerisinde kütle transferi şeklinde olup; havadan katı maddeye ısı transferi, ıslak yüzeye konduksiyon ve radyasyonla ısı transferi ihmal olunabilecek şekilde meydana gelir. (Akarslan, 2002)

Fazların temas yüzeyinde kütle transferine karşı koyan bir direncin olmadığı genellikle kabul olunur ve bu sebeple p_s olarak, yüzey sıcaklığındaki sıvı suyun buhar basıncı alınır. Bu sebeple ıslak yüzeyin sıcaklığı, havanın içerisinde bulunduğu şartlarda yaş termometre sıcaklığıdır. Gerçekte ıslak yüzeye ısı transferi, daima,

kondüksiyon ve radyasyonla meydana gelir. Bu sebeple gerçek yüzey sıcaklığı, yaşı termometre sıcaklığının biraz üzerindedir.

Sınır tabaka, taşınım olaylarını ilgilendiren problemler için temel bir öneme sahiptir. Daha yavaş hareket eden bu tabaka içinde akışkan kütlesi, ısı ve kütle transferine karşı bir direnç gösterir, sanki bir 'engel' gibi davranır. Cidarın hemen yanındaki ince film tabakada türbülans yoktur ve akış tamamıyla viskozdur. Bu laminar akış halindeki tabaka, ısı ve kütle transferine büyük direnç gösterir. Yüzey üzerinden akan hava/buhar karışımındaki hız, sıcaklık ve konsantrasyon profilleri Şekil 4.6'da gösterilmiştir (Coşkun, 1993)



Şekil 4.6. Hız, Sıcaklık ve Konsantrasyon Sınır Tabakaları (Telli, 1997)

Sabit yüzey üzerindeki akışkan hızı sıfırdır. Yüzeye yakın bölgedeki akışkan hızları küçüktür ve akış laminardır. Yüzeyden uzaklaştıkça akış türbülanslı hale gelecektir ve serbest akışta tam türbülanslı akış hali gözlenecektir. Akışkan hızlarının serbest akış hızından (u_∞), daha küçük olduğu yüzeye yakın bölgeye 'sınır tabaka' adı verilir .

Sınır tabakanın özellikle yüzeye yakın viskoz kısmı (laminer alt tabaka) transfer işlemlerine karşı büyük bir direnç gösterir. Bu alt tabakada transfer işlemi sadece moleküler difüzyon ile oluşur. Moleküler transfer ise konvektif transfere kıyasla çok daha zayıftır. Nitekim bu tabaka yüzeyden veya yüzeye olan transfer işlemlerine karşı büyük bir direnç gösterir (Pulat, 1990)

4.3.1. Sabit Kuruma Debisi

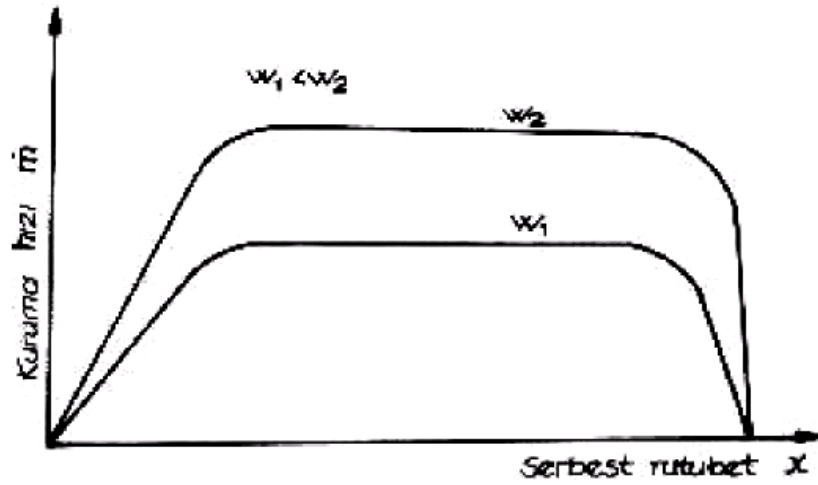
Sabit kuruma debisi periyodunda maddenin kuruma debisi kesinlikle hesaplanabildiği halde, rutubet miktarının sınırlarını tahmin etmek çok güçtür. Fakat debi periyodu, madde yüzeyinde evaporasyonun devamını sağlayacak miktarda suyun, iç kısımlarından yüzeye iletilmesi devam ettiği müddetçe devam eder. Bu transferin mekanizması pek çok şekillerden biri olabilir, bunlardan bazılarını kısmen anlamak mümkündür; fakat belirli bir durum için bunlardan hangisinin duruma hakim olduğu önceden söylenemez. Kritik rutubet miktarı, kabul olunan transfer mekanizmasına bağlı olmaksızın, kurutulacak katı madde kalınlığının, bu madde özelliklerinin, havanın sahip olduğu şartların ve kullanılan kurutucu tipinin bir fonksiyonu olabilir. (Pulat, 1990)

Buharlaştırma debisini hesaplamak için geliştirilmiş metotlar, havanın kurutulacak madde içerisinden geçtiği (içerisinden dolaşımli kurutma) durumlara doğrudan doğruya uygulanamazlar. Bu tip kurutmada sabit debi periyodu havanın debisine, sıcaklığına, rutubetine, kurutulacak maddenin tanecik büyüklüğüne, şekline ve taneciklerin yapılışına bağlıdır.

4.3.2. Azalan Kuruma Debisi

Azalan debi periyodu, kurutulacak katının hem yüzeyinde ve hem de içerisinde sıcaklık yükselmesi ile karakterize edilir. Bundan başka hava hızındaki değişimler, sabit debi periyodundakinden daha az tesirlidir. (Akarslan, 2002)

Sabit kuruma hızı periyodunun sonunu belirleyen kritik rutubet x_{kr} maddenin şekline, boyutlarına ve madde içinden yüzeye doğru nemin iletilmesi mekanizmasına bağlıdır. Bu periyotta Havanın kurutucu içindeki hızı kuruma hızını önemli ölçüde etkilemektedir. Hava hızı büyüdükçe kuruma hızı büyümektedir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Kuruma Hızına Hava Akım Hızının Etkisi (Telli, 1997)

Azalan debi periyodunda debi eğrisi, Şekil 4.5'deki x_k durumu gibi, çoğunlukla bir süreksizlik gösterir. Süreksizlik noktası her zaman meydana gelmez; fakat kurutulacak maddeye ve kurutma şartlarına bağlıdır. Süreksizlik noktasının meydana gelmesi halinde, debi eğrisinin kritik rutubet miktarından süreksizlik noktasına kadar olan kısmına, Şekil 4.5'de II kısmı gibi, ilk azalan debi periyodu; debi eğrisinin geriye kalan kısmına, Şekil 4.5'de III kısmı gibi, ikinci azalan debi periyodu adı verilir. (Çataltaş, 1979)

İlk azalan debi periyodu, kuruma devresinde madde yüzeyinin artık tamamıyla ıslak olmadığı bir durumu temsil eder; ıslak yüzey alanı, devamlı olarak azalır ve nihayet madde yüzeyi tamamıyla kuruyunca son bulur. Evaporasyon debisi, havayla temasa gelen maddenin tüm yüzeyi esas alınarak hesaplandığı için, ıslak yüzeyin alanı azaldıkça hesaplanan debi de azalacaktır. Birinci ve ikinci azalan debi periyotları arasında kesin bir süreksizliğin olmadığı hallerde, kısmen ıslak olan yüzeyin yavaş yavaş tamamen kuru hale dönüşmesi meydana gelir ve bu sebeple ani bir değişme görülemez. (Çataltaş, 1979)

Yüzey tamamıyla kuru bir hal alınca ikinci azalan debi periyodu başlar. Kuruma ilerledikçe evaporasyon yüzeyden çekilerek maddenin iç kısımlarına doğru ilerler. Evaporasyon için gerekli ısı, havadan katı maddenin kuru yüzeyine ve buradan da, katı maddeyi geçerek evaporasyon bölgesine transfer olur. Su katı madde

içerisinde buharlaşır, buharlar katı maddeyi geçerek yüzeye gelir ve hava akımına karışır.

Azalan debi periyodunda uzaklaştırılan rutubetin miktarı (kg rutubet/kg rutubetsiz katı olarak belirlenen) az olmakla beraber, bu periyot için gerekli zaman çoğunlukla oldukça uzundur. Bunun bir sonucu olarak azalan debi periyodu, kuruma zamanı üzerinde (ve bundan dolayı kurutucunun boyutlarında) önemli bir tesire sahiptir. Bu sebeple, zaman göz önüne alınarak çizilen kuruma debisi eğrileri, daha faydalıdır. Zaman göz önüne alınacak olursa, sabit debi periyodunun (I kısmı) yaklaşık olarak 1, 2 saat sürdüğü ve rutubet miktarının %430 dan %140 a düştüğü; diğer taraftan azalan debi periyodunun (II kısmı) 1, 2 saatten yaklaşık olarak 4, 3 saate kadar sürdüğü ve rutubet miktarının da % 140 dan %10 a düştüğü görülür (Akarslan, 2002)

4.4. Kurutma

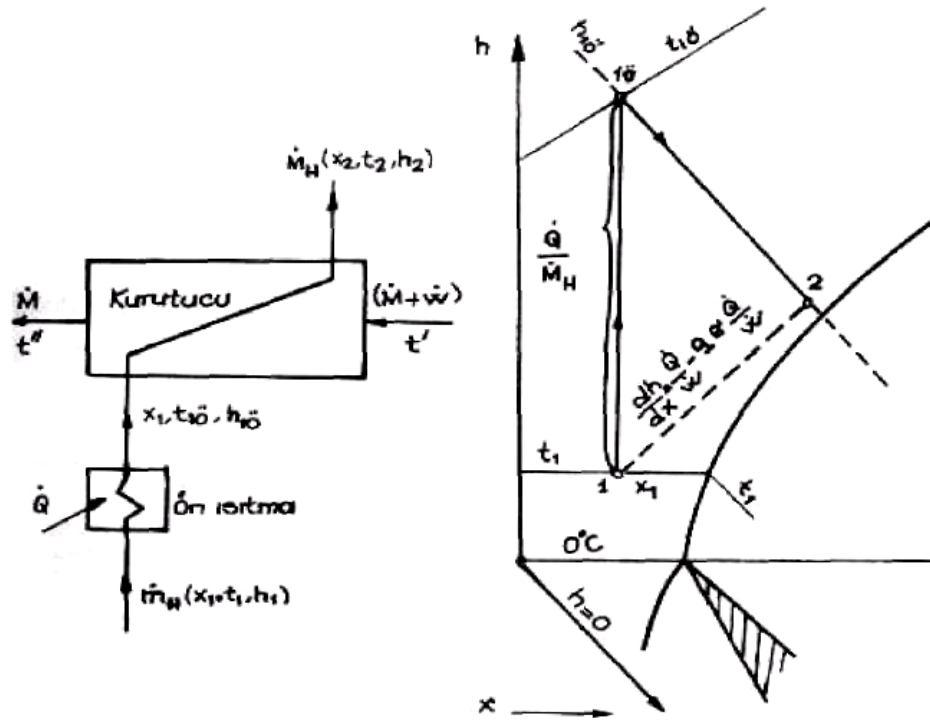
Tekstil ürünler üretim sürecinde çeşitli terbiye işlemlerine tabi tutulmakta ve bu işlemler sırasında bünyelerine aldıkları nem, kurutma yoluyla uzaklaştırılmaktadır. Nemli tekstil mamullerinin ısı enerjisiyle kurutulmalarında kurutma işlemi süresince ısı transferi ile beraber, mamülden ortam havasına kütle transferi gerçekleşmektedir. Tekstilde herhangi bir yaş işlem sonucu nem içeren bir ürünün kurutulması, üründen nemin alınış şekline göre ön kurutma ve esas kurutma biçiminde yapılabilmektedir. Genel olarak mekanik yöntemlerle ön kurutması yapılmış tekstil ürünleri higroskopik nemi korunarak istenilen nem değerine kadar esas kurutma ile kurutulmaktadırlar.

Tekstilde herhangi bir işlem sonucu nem kazanmış ürünler, üretim aşamalarında kurutma işlemlerine ihtiyaç duymaktadırlar. Ancak ürün tipine göre üründe bulunması gereken nihai nemin farklılık göstermesi ve genel olarak sıcaklıkla meydana gelebilen yapısal bozuklukların oluşmaması için kurutmanın kontrollü bir şekilde sürdürülmesi ve istenen değerler sağlandığında durdurulması gerekmektedir (Oğulata ve ark., 1999).

Uygun bir kurutucu seçimi, kurutulacak maddenin kuruma özelliklerine ve şekline bağlı olmaktadır. Pratikte süresiz ve sürekli çalışan çeşitli tipte kurutucular kullanılmaktadır. İstenilen şekilde kurutmayı yapabilecek bir kurutucunun belirlenebilmesi için en uygun yol, bir model kurutucu kurmak ve bununla test çalışmaları yapmaktır. Bu çalışmalarda amaç, uygun hava sıcaklığını, hava hızını, dışarı atılacak hava oranını ve nemli havanın kurutucu içinde kalış zamanını tespit etmektir (Telli, 1997).

Boyutları ve işletme şartları bu suretle belirlenmiş kurutucuyla yapılan kurutma işlemini izlemek için h-x diyagramından, kütle ve ısı bilançolarından yararlanılır. Şekil 4.8'de bir kurutucu şematik olarak gösterilmektedir.

olur.



Şekil 4.8. Ön Isıtmalı Kurutma (Akarslan, 2002)

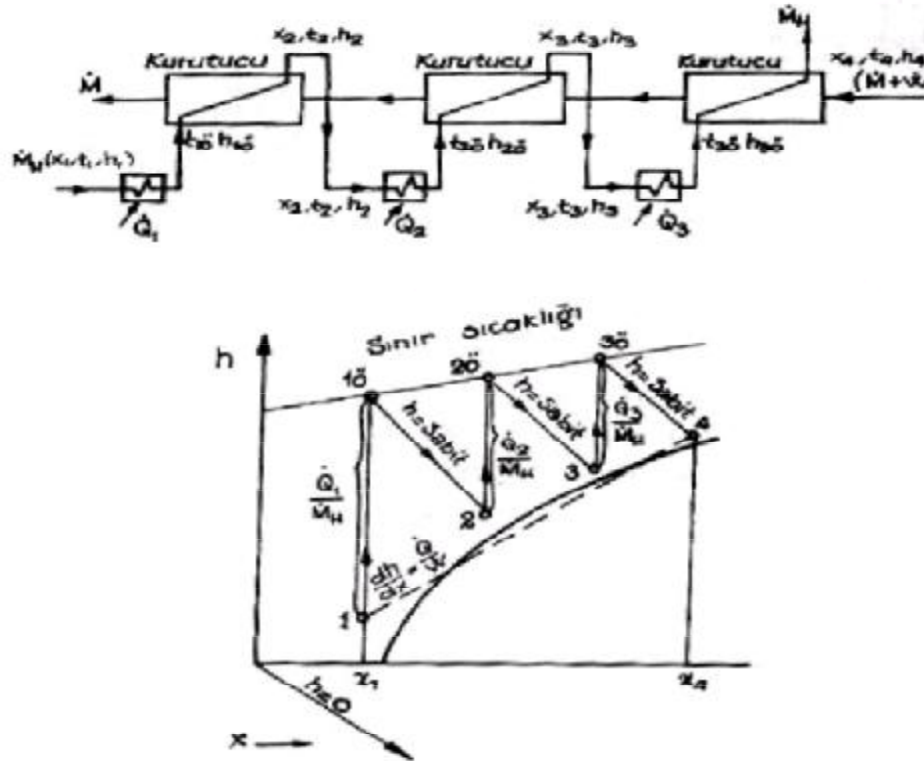
Uygulanacak kurutma şeklini, kurutulacak maddenin sıcaklığı ve rutubete karşı duyarlılığı, kullanılan hava miktarı ve kurutma hacmi belirlemektedir. Başlıca kademeli kurutma ve taze hava karışımli kurutma şekilleri vardır.

4.4.1. Kademeli Kurutma

Kurutulacak maddenin sıcaklığa karşı duyarlı olması durumunda, havanın kurutucu girişindeki sıcaklığı sınırlıdır. Şekil 4.9'da bu tür maddelerin kurutulması, üç kademeli kurutucu örneğinde şematik olarak gösterilmektedir. Zıt akımla çalışan bu kurutucuda hava 1 durumunda girmekte, 4 durumunda çıkmaktadır. H-x diyagramındaki dik doğrular ön ısıtmayı, h=sabit doğruları ise adyabatik kurumayı belirtmektedir. Isı ve kütle bilançolarından

$$\frac{Q}{\dot{M}_s} = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{\dot{M}_s} = \frac{h_4 - h_1}{x_4 - x_1}$$

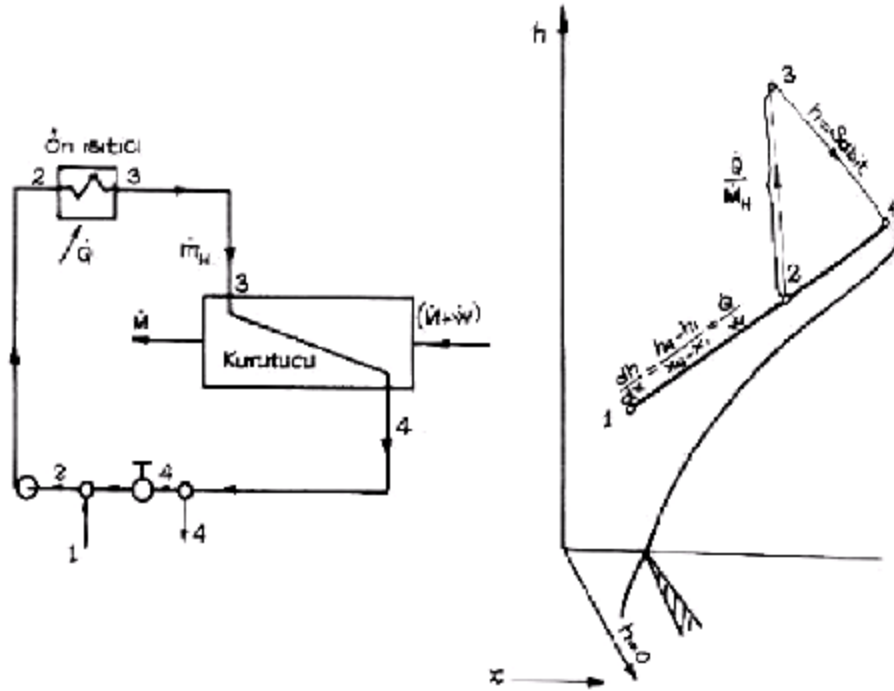
ifadesi elde edilir. Burada Q_1, Q_2, Q_3 her kademeye girişte ön ısıtmada havaya verilen ısılardır. Kademeli bir kurutmada sarf edilen ısı miktarı, tek kademeliden daha azdır.



Şekil 4.9. Kademeli Kurutma (Akarslan, 2002)

4.4.2. Resirkülasyon Havasıyla Kurutma (Taze Hava Karışımı Kurutma)

Bazı maddeler rutubete karşı duyarlıdır. Kurutma için dışarıdan alınan havanın rutubeti mevsimlere göre değişmektedir. Bu nedenle başlangıç durumundaki rutubetin yaklaşık olarak sabit tutulabilmesi için kurutucu içindeki kullanılmış havanın bir kısmı dışarı atılır, diğer kısmı taze hava ile uygun miktarda karıştırılır. Şekil 4.10'da taze hava karışımı bir kurutma sistemi görülmektedir. Hava karışımı kurutucuya verilmeden önce ön ısıtmaya tabi tutulmakta, 2 noktasından 3 noktasına getirilmektedir..



Şekil 4.10. Resirkülasyon Havasıyla Kurutma (Akarslan, 2002)

4.5. Kurutmanın Önemi

Gözenekli malzeme sınıfına giren tekstil ürünleri; iplikler, kumaşlar ve konfeksiyon mamulleri temizlendikleri, ağartıldıkları, boyandıkları ve baskı işlemlerine tabi tutuldukları zaman genellikle terbiye edilmeleri gerekmektedir.

'Terbiye' terimi, tekstil mamulünü çekici ve güzel bir duruma getirmek için gerekli olan bütün bitim işlemlerini ifade eder. Tekstil mamullerinin pazarlanmasında önemli bir yer işgal etmektedir (Coşkun, 1993).

Boyanmış ipliklerin bir çoğu dokuma ve örme makinalarında kullanıldığı ve sadece kumaş veya konfeksiyon haline geldiği bir sonraki aşamada halka ulaştığı için ipliklerin terbiyesi özel bir ilgi alanı oluşturmaktadır.

Boyanmış ipliklerin bir çoğu dokuma ve örme makinalarında kullanıldığı ve sadece kumaş veya konfeksiyon haline geldiği bir sonraki aşamada halka ulaştığı için ipliklerin terbiyesi özel bir ilgi alanı oluşturmaktadır. Elbette ki el örgü yünleri iplik halinde alıcıya ulaşmakta fakat bunda da çilelerin bükülmesi veya ev tipi örgü makinalarında kullanmak üzere ve masuraları sarılması dışında başka bir bitim işlemi söz konusu değildir. Kumaşlar ve konfeksiyon mamulleri çok daha fazla bitim işlemine ihtiyaç duyarlar. Fakat ipliklerin kurutulmasının tekstil kurutmasında önemli bir yer işgal ettiği unutulmamalıdır (Coşkun, 1993).

Kumaş, temizleme, boyama ve baskı gibi yaş işlemlerden sonra, genellikle deforme olmuş hale gelecektir. Boyama makinalarında kumaşın hem ön hem de arka yüzüyle çalışmak, onu mengelemek ve hatta boyuna çekmeksizin ve enini ayarlamaksızın kurutmak imkansızdır. Bu özellikle deformasyona hassas örme kumaşlar için uygulanmaktadır. Bundan dolayı, terbiyenin en önemli fonksiyonlarından biri kumaşı gerdirmek ve onu gerekli olan boyuta getirmektir. Genellikle ticarete kumaşı standart bir genişliğe gelecek şekilde terbiye etmek gerekir (Coşkun, 1993).

Ağartmadan veya boyamadan alınıp terbiyeye getirilen yaş işlenmiş tekstil malzemelerinin ıslak olduğu gözden kaçmamalıdır ve bunun için kurutma terbiyenin bir parçasıdır .

Tekstil endüstrisinde kurutmanın oldukça önemli yer tuttuğu görülmektedir. Günümüzde kurutma işlemi klasik yakıt ve enerjiler kullanılarak yapılmakta ve bu tip kurutma metodunda, yaş tekstil malzemesinin üzerine ısıtılarak gönderilen kurutma havası, malzeme üzerinden nemi aldıktan sonra oldukça yüksek nem ve sıcaklıkta dışarıya atılmaktadır. Bu da oldukça yüksek miktarda enerji kaybına neden olmaktadır. Eğer klasik kurutma sistemi yerine ısı pompası kullanılırsa, nemli havayı

ısı pompasının buharlaştırıcısından geçirmek suretiyle nemini aldıktan sonra, ısı pompasının yoğuşturucusundan geçirerek ısınmasını sağlamak suretiyle tekrar kurutma prosesine gönderebiliriz. Böylece dışarı atılan ısı geri kazanılmış olur (Akarslan, 2002).

4.6. Tekstil Mamulünden Suyun Uzaklaştırılması

Kurutma şekillerinin isimleri verilecek olup bu tezde konveksiyon kurutma üzerinde çalışıldığı için konveksiyon kurutma detaylandırılacaktır

Kurutmalar sırasında suyun ısı enerjisi yardımıyla uzaklaştırılması, mekaniksel kuvvetlerle uzaklaştırmaya nazaran çok daha pahalıdır. Bu nedenle 2 temel kural unutulmamalıdır (www20.uludag.edu.tr):

1. Suyun mümkün olan kısmı (damlayan su ve yüzey suyunun tamamı, kapiler suyunun büyük kısmı) mekaniksel kuvvetlerle uzaklaştırılmalıdır (ön kurutmayla).

2. Liflerin doğal nemi (higroskopik nem) hiçbir şekilde uzaklaştırılmamalıdır. Ön Kurutma (www20.uludag.edu.tr);

Sıkma

Santrifüjleme

Emme ve Püskürtme

Kılcal Emme

Sıkma;

- Suyu uzaklaştırılacak mamulü belirli bir basınç altında bulunan merdanelerden geçirmek esasına dayanır.
- Kesintisiz çalışabilen kolay ve ucuz bir çalışma şeklidir.
- Kırık olma ve düzgünsüz sıkma riski vardır.
- Merdanelerin yüzey sertliği arttıkça, merdane çapı küçüldükçe ve sıkma basıncı arttıkça ön kurutma etkisi artar.

Santrifüjleme;

- Santrifüjlerde suyun uzaklaştırılması merkezkaç kuvvet etkisiyle sağlanmakta olup delikli santrifüj sepetinin çevresel hızının karesiyle

doğru orantılı olarak değişmektedir.

- Terbiye dairelerinde kullanılan santrifüjlerin devir sayısı genellikle 500-1500 dev./dk'dır.
- Santrifüjlerin iyi bir ön kurutma yapma avantajına karşılık, kırık tehlikesi ve kesintili çalışma dezavantajları vardır.
- Santrifüjle çalışırken en çok dikkat edilmesi gereken husus malın santrifüj sepetine düzgün yerleştirilmesidir.
- Yuvarlak örgü kumaşların ön kurutmasında balon sıkmanın yaygınlaşmasıyla önemi azalan santrifüjleme, elyaf, çile iplik ve diğer parçaların ön kurutmasında tek etkili yöntemdir. Bobinlerin ön kurutması için geliştirilmiş santrifüj konstrüksiyonları da mevcuttur.

Emme;

- Emme makinaları özellikle, kırık meydana gelme tehlikesi fazla ve bastırmaya hassas olan kumaşların ön kurutmalarında kullanılmaktadır. Bunlarda enine açık durumdaki kumaş, bir veya birkaç tane emme yarıklarının üzerinden geçirilmektedir.
- Vakum pompaları yardımıyla bu yarıklardan 5000-60001/dak'ya kadar çıkabilen miktarlarda hava emilmektedir.
- Kumaş içerisinden emilen bu hava, beraberinde kumaştaki suyun bir kısmını da alıp götürmektedir.
- Emme için güçlü vakum pompaları gerekli olduğundan, diğer ön kurutma yöntemlerine nazaran maliyeti daha yüksektir, fakat yine de ısı enerjisiyle yapılan bir kurutmanın 1/10'u kadardır. Bu nedenle son yıllarda sıkarak yapılan etkili bir ön kurutmadan sonra, kurutucuya girmeden önce kumaşı bir emme donatımından da geçirerek, kumaştaki ısı enerjisiyle uzaklaştırılacak suyu % 15-20 kadar daha azaltma şeklindeki çalışmayı uygulayanların sayısı artmaktadır.

Japonların geliştirdiği 'Roller Jet Squeezer' cihazında havanın kumaş içerisinden geçişi emerek değil, kompresörden gelen basınçlı havayla sağlanmaktadır.

Kılcal emme;

- Sıkmalarda normal lastik kap veya çelik merdaneler yerine, üzeri binderlerle yapıştırılmış hidrofil elyafla kaplı özel merdaneler kullanıldığında, hidrofil liflerin emiciliği nedeniyle kumaşta kalan su miktarı % 10-25 kadar daha düşük olmaktadır.
- Ancak kılcal emme prensibine göre çalışan bütün yöntemlerde hidrofob sentetik kumaşların ön kurutulmasında çok iyi sonuçlar alınırken, hidrofil doğal liflerden imal edilmiş kumaşlarda aynı etki sağlanamamaktadır.

Esas kurutma (www20.uludag.edu.tr);

- Konveksiyon Kurutma
- Kontakt Kurutma
- Işınlama (radyasyon) ile Kurutma
- Yüksek Frekansla/Mikro Dalgalarla Kurutma
- Yakarak Kurutma

Isı enerjisiyle yapılan kurutmalarda halen 5 ana prensip uygulanabilmektedir:

1. Konveksiyon Kurutma: Genellikle gaz halindeki bir maddedeki (örneğin havadaki) ısının, bu gazın kurutulacak olan mamule değerek geçmesi sırasında mamule, mamuldeki su buharının da kurutma gazına transferi.

2. Kontakt Kurutma: Maddelerin (sıcak bir yüzeyle-kurutulacak mamulün) birbirine değmesi (kontaklı) sonucu, ısının sıcak maddeden daha soğuk olan maddeye transferi.

3). Işınlama (radyasyon) ile Kurutma: Isının, elektromanyetik dalgalar halinde, daha sıcak olan maddeden daha soğuk olan maddeye transferi.

4. Yüksek Frekansla/Mikro Dalgalarla Kurutma: Yüksek frekanslı alternatif akım alanında kalan su moleküllerinin, sürekli olarak yerleşim şekillerinin değişmesi sırasındaki sürtünmeyle, kurutulacak malın içerisinde ısı açığa çıkması (elektrik enerjisinin kinetik enerjiye, kinetik enerjinin ısı enerjisine dönüşmesi).

5. Yakarak Kurutma: Uzaklaştırılacak sıvının bir kısmının yanıcı olması halinde, bunun buharlarının yakılmasıyla, doğrudan kurutulacak malın çevresin de ısı açığa çıkması.

Konveksiyon Kurutma

- Konveksiyon kurutma sırasında, sıcak kurutma gazının nemli tekstil mamulüne teması sonucu iki taraflı bir ısı ve kütle transferi meydana gelmektedir:
- Sıcak kurutma gazından nemli tekstil mamulüne doğru ısı transferi,
- Nemli tekstil mamulünden kurutma gazına doğru da su buharı (yani kütle) transferi.

Ancak kurutulacak tekstil mamullerinde bulunan suyun hepsi yüzeyde ve mamule zayıf fiziksel güçlerle tutunmuş durumda bulunmadığından (yüzey suyu, kılcal su, şişme suyu, higroskopik nem), kurutma sırasında ısı ve kütle transferi baştan sona kadar aynı hız ve miktarda meydana gelmemektedir.

Bu nedenle kurutmayı 3 adımda incelemekte fayda vardır (www20.uludag.edu.tr);

1. Adım

- Bu adımda suyun buharlaşması mamulün yüzeyinde meydana gelmektedir ve gerek ısı, gerekse kütle transferi için sadece yüzeydeki ince bir hava sınır tabakasının aşılması söz konusudur.
- Isı ve kütle transferi için sadece yüzeydeki bir hava sınır tabakasının aşılması gerektiğinden, kurutma (suyun uzaklaşması) bu adımda en hızlıdır.

2. Adım

- Kurutma ilerledikçe, önce geniş sonra da ince kılcal borulardaki su emilip yüzeye gelir ve buharlaşıp gider.
- Nihayet kılcal borulardaki sürtünme direnci o kadar artar ki, kılcal borular vasıtasıyla mamulün yüzeyine yeterince su taşınmaz.
- Buharlaşma artık yüzeyde değil, mamulün iç taraflarında meydana gelmeye başlar.
- Isı ve kütle transferi için kat edilecek yol artmaya ve dolayısıyla kurutma hızı düşmeye başlar.

3. Adım

- Kılcal suyun uzaklaştırılmasının tamamlanmasından sonra, liflerin

içerisindeki şişme suyunun önce liflerin içerisinden liflerin yüzeyine, oradan da kumaşın yüzeyine difüzyonu başlar ki, kurutmanın en yavaş adımı budur.

Konveksiyon kurutmada hava akımı;

- Konveksiyon kurutmada tekstil mamulü hareketli veya hareketsiz olabilir. Ancak kurutma gazı (genellikle havadır) hareketlidir.
- Kurutma gazının tekstil mamulüyle teması iki ana prensibe göre meydana gelmektedir

a. Yüzeysel temas

- Bu tip temasta kurutma gazı tekstil mamulünün yüzeyini yalayacak veya yüzeyine çarpacak şekilde hareket ettirilmektedir.
- Eski tip kurutucularda ısıtılmış hava tekstil mamulüne paralel bir şekilde, ya mamul hareketiyle aynı yönde veya ters yönde gönderilmekteydi. Buna göre iki durum ayırt ediliyordu.

Doğru akım prensibi;

- Isıtılmış hava ve kurutulacak tekstil mamulünün aynı yönde hareket ettikleri bu prensipte, en sıcak ve en kuru hava, en yaş tekstil mamulüyle temas ettiğinden kurutma hızlı bir şekilde başlar, fakat çıkış tarafındaki oldukça soğumuş ve nemlenmiş havanın kurutmayı tamamlaması zor ve yavaş olduğundan ekonomik bir çalışma şekli değildir.
- Eğer soğumaya başlamış hava, kurutucunun ortasında bir yerde alınıp tekrar ısıtıldıktan sonra kurutucuya gönderilirse, bu sakınca kısmen azaltılmış olur. Ancak bu takdirde de bu tip çalışmanın avantajı olan, aşırı kurutma tehlikesinin az oluşu ortadan kalkmaktadır.

Ters akım prensibi;

- Isıtılmış hava ve kurutulacak tekstil mamulünün zıt yönlerde hareket ettikleri bu prensipte, kurutucunun çıkışında en sıcak ve en kuru hava, en kuru tekstil mamulüyle temas ettiğinden kurutmanın tamamlanması kolay olur, fakat aşın kurutma (higroskopik nemin de uzaklaştırılması) tehlikesi yüksektir.

- İster doğru, ister ters akım prensibine göre olsun, hava akımının kurutulacak mamule paralel olarak gönderilmesinin sakıncası, hava akımı laminar olarak mamulün yüzeyini sıyırıp geçtiğinden, mamul yüzeyindeki sınır tabakası kalınlığının (h) fazla olmasıdır. Bazı kurutucularda, mamule paralel olarak gönderilen hava akımı raylara, levhalara çarptırılarak hava akımının laminarlığı bozulmaya çalışılır.
- Hava akımının yanlardan, tekstil mamulünün hareket yönüne dik yönde gönderildiği kurutucular da konstrükte edilmişlerdir.
- Bunlarda kalın bir sınır tabaka meydana gelme tehlikesi yoktur. Bunun yanında, kurutucudan çıkan havanın bir kısmı taze havayla karıştırılarak yeniden kullanılabilir. Bunu da göstermektedir.
- Böylece ısıtma enerjisi giderleri azaltıldığı gibi, kullanılan hava bir miktar nem ihtiva ettiğinden, aşın kurutma tehlikesi de azalmaktadır.
- Bugün için en fazla uygulanan prensip ise, ısıtılmış havanın düze denilen yuvarlak veya oval (eliptik) deliklerden veya yarıklardan tekstil mamulüne dik bir şekilde püskürtülmesidir.
- 40 m/s'e kadar varan bir hızla delik veya yarıklardan çıkan hava, mamul yüzeyine çarptığında, yüzeye dik akım hızı sıfıra düşer ve hava akımı 90° dönerek yüzeye paralel bir akım haline dönüşür.
- Bu nedenle düzeli sistemde de, kurutma gazının mamulün içerisine nüfuzu ve oradaki liflerle teması optimal olmaktan uzaktır, özellikle mamulün kalınlığı arttıkça, bu durum kendini daha fazla belli eder.

Hava akımının kumaş yüzeyine paralel olarak püskürtüldüğü hot-flue tiplerinde 20-50 kCal/ m² h°C (25-50 W/ m² K) olan ısı transferi katsayısı (a), hava akımının kumaş yüzeyine alttan ve üstten dik olarak püskürtüldüğü ramöz (gergefli kurutucu) tiplerinde 150-250 kCal/m² h°C (175-290 W/ m² K)'a kadar çıkmaktadır.

- Bunun sonucu olarak da hot-fluelarda kuru mamulün 200°C'a kadar ısınma süresi 35-60 saniye kadar iken, ramözlerde 5-20'si'dir.

b) Mamulün içinden geçme

Bu prensibe göre çalışan kurutucularda bir taraftan basınçlı kurutma gazı göndererek ve diğer taraftan emerek, kurutma gazının gözenekli tekstil mamulünün

içerisinden geçmesi sağlanmaktadır.

Basınç veya emmeye rağmen tekstil mamulünün deforme olmaması için, mamulün kurutucu içerisinde bir destek üzerinde bulunması gerekmektedir.

Düz tiplerde bu destek, delikli bir band veya delikli levhalar olabilirken, çok yaygın olan yuvarlak tiplerde, delikli tamburdur. Sözü geçen hareketli destekler aynı zamanda mamulün hareketini de sağladıklarından, bu tip kurutucular: Elyaf, ön iplik (tops, kablo) ve ipliklerin kesiksiz olarak kurutulmalarında kullanılabildikleri gibi, trikotaj ve gerilmeye hassas kumaşların gerilimsiz olarak kurutulmasında da avantaj sağlamaktadırlar.

Mamulün içinden geçen kurutma gazı iç taraftaki liflerin yüzeyine de temas ederek geçeceğinden, ısı ve kütle transferine katılan etkili mamul yüzeyi (A) diğer yöntemlere nazaran yüksek olmaktadır.

Bunun yanında özellikle kurutmanın ikinci adımında, buharlaşan suyun kurutma gazına geçmek için katedeceği yol (s) da kısalmaktadır.

Sonuç olarak kurutma gazının mamulün içinden geçtiği çalışma şeklinde ısı transferi katsayısı (a) $350-400 \text{ kCal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}$ ($290-470 \text{ W/ m}^2\text{K}$)'e çıkmakta ve kuru mamulün 200°C 'a kadar ısınması 1-3 s içerisinde (yani düzeli kurutuculardan ortalama 10, hot-fluelerden ise 30 kere daha kısa bir sürede) tamamlanmaktadır.

Konveksiyon kurutma prensibine göre çalışan kurutucular;

Gergefli Kurutucular (Ramözler)

Taşıma Bandlı Ve Hava Yastıklı Kurutucular

Hot-fluelar

Askılı Kurutucular

Delikli Tamburlu Kurutucular (www20.uludag.edu.tr)

4.7. Tekstil Kalite Standartları

Tekstilde standartları yaratan unsurlar aşağıdaki gibidir (www.yenifrm.com):

Standartları yaratan unsurlar;

- Tüketici istekleri
- Üretimin rasyonelleştirilmesi

- Ticari ilişkiler
- Devlet politikaları
- Doğayı koruma önlemleridir

Genel olarak tekstil mamülünde mal iadesine yol açan nedenler ise,

- % 15 boy değişimi
- % 30 – 35 renk haslıkları
- % 10 – 15 lekeler
- % 15 i mekanik ve kimyasal zararlardan kaynaklanmaktadır.

Dokuma kumaşa kalite faktörleri;

Ana hatları ile dokuma kumaş ile ilgili özellikler aşağıdaki şekildedir.

- Atkı ve çözgü sıklığı
- Kumaş kalınlığı
- Atkı ve çözgü ipliklerinin numarası
- Gramaj, metrekafe ağırlığı
- Kumaş eni
- Kumaş yoğunluğu
- Örgü (doku) tipi

Dokuma kumaşın performans özellikleri;

- Uzama ve esneme
- Kopma mukavemeti
- Kopma uzaması
- Patlama mukavemeti
- Yırtılma mukavemeti
- Germe mukavemeti
- Aşınma ve sürtünme dayanımı
- Şekil verilebilirlik
- Dikilebilirlik
- Doku kaymazlığı
- Tiftiklenme ve tüylenme

Dokuma kumaşların yapıları;

Dokuma kumaşların üretimi için en az iki iplik sistemi gereklidir.Çözgü ve atkı ipliği denilen bu iplik sistemleri belli bir düzüne göre birbirleri ile 90 derece açı ile bağlantılar yaparak dokuma kumaşı meydana getirirler.

Dokuma kumaşların uzama ve elastikiyetleri özel esnek iplikler kullanılmadığı taktirde örme kumaşlara göre çok düşüktür.

Atkı ipliği yönünde az çözgü ipliği yönünde hemen hemen hiç esneme yoktur. Dokuma kumaşlar en fazla diyagonal yönde uzama ve esneme gösterir.Bu nedenle normalde dokuma kumaşlar vücudu sarmaz ve vücut hareketine karşı koymaya meyillidir.

Önemli kumaş kalite parametreleri daha detaylı olarak aşağıda anlatılmıştır (www.yenifrm.com);

Dokuma Kumaşlarda Uzama ve Elastikiyet :Dokuma kumaşlarda kumaşın çekmesine önemli rol oynayan iç gerilimler yapının stabilliği nedeniyle örmelere göre daha fazla oluşmadığından boyut kayıpları yani çekme miktarları örme kumaşlara göre düşüktür.

Mukavemet;

Dokuma kumaşların dayanımı genel olarak elyafın cins ve kalitesine, ipliklerin mukavemetine ipliklerin yapısına büküm miktarına ve atkı ve çözgü yönündeki iplik sıklıklarına bağlıdır.

Dokuma Kumaşların Nem Alma Kabiliyeti;

Dokuma kumaşlarda kopma yırtılma aşınma gibi mukavemet performansları ön plana çıkar.Dokuma kumaşta nem alma kabiliyeti elyaf cinsine iplik yapısına kumaş konstrüksiyonuna ve terbiye işlemlerine bağlıdır.

Dokuma Kumaşlarda Bollaşma-Sarkma;

Dokuma kumaşların dik açıyla kesişen iki iplik sistemli stabil yapıları nedeniyle özel kumaşlar dışında bollaşma problemleri pek fazla yoktur.

Ancak yinede giyim eşyalarında diz dirsek gibi yerlerde oluşan bollaşmalar bazı kumaşlarda problem yaratmaktadır.

Boyutsal Değişim (Çekme ve Bollaşma);

Kumaş eninde ve boyunda meydana gelen artma yada azalma yani ölçü değişiklikleri boyutsal değişim olarak adlandırılır.

Boyuttaki azalma çekme olarak artma ise bollaşma olarak adlandırılır.

Boyutsal değişimler genellikle orjinal boyutun yüzdesi olarak ifade edilir. Atkı ve çözgü yönünde ayrı ayrı olarak belirlenir. Kumaş üretimi esnasında hep boydan çektiildiği için en fazla problem bu yönde olmaktadır.

Kumaşlarda yıkamadan sonra meydana gelen sarkma ve bollaşma çekmeden daha az görülen problemdir. Bu nedenle boyut değişiminde asıl problem kumaşın çekmesi yani küçülmesidir.

Çekme- Boyut Küçülmesi;

Çekme kumaşta ısı, nem, su temizleme işlemlerinin etkisiyle boyuna ve enine kısalmadır.

Çekme; ıslatma buharlama yıkama gibi yaş işlemler veya kuru ısı ile işlem sonucu oluşabilir.

Boyutsal değişiklikler şu etkenler sonucu ortaya çıkar.

- Islanma
- Yıkama
- Ütüleme
- Tamburlu kurutucuda kurutma
- Buharlama

Birinci ve ikinci yıkamadan sonraki kuvvetli çekmeden sonra diğer yıkamalarda çok yavaş ve tedrici şekilde çekme oluşumu devam edebilir

Dokuma Kumaşlarda Çekme;

Dokuma kumaşlar üç aşamada çekmeye uğrarlar

1. Dokuma makinasında gerilim altında dokunan kumaşın dokuma makinasından çıktıktan sonra enden ve boydan % 0, 1 – 8 oranında çekmesidir.

2. Terbiye işlemleri sırasında özellikle yaş işlemlerde % 1 – 4 oranında çekerler.

3.. Kullanım sırasında yıkama, kuru temizleme, kurutma gibi işlemlerde ortaya çıkan çekmedir.

Dokuma kumaşlarda % 1 den az çekmelerin giysinin giyiminde yada ölçülerinde hiçbir etkisi yoktur.

Dokuma kumaşta birbirini dik olarak kesen ve birbirinin altından üstünden geçen atkı ve çözgü iplikleri ıslandığında liflerdeki şişme nedeniyle birbirlerinin altından üstünden geçebilmek için daha dik dalgalı bir şekil alır.

Bu durum, kurumadan sonra tamamen ortadan kalkarak kumaş enine ve boyuna çekmiş olmaktadır.

Tamburlu Kurutucuda Ortaya Çıkan Çekme ;

Evlerde tamburlu kurutucuların kullanılmasından sonra çekme problemi daha önemli bir boyut kazanmıştır.

Burada serbest hareket ve sıcaklık nedeniyle yüksek derecede çekme görülmektedir.

Bu nedenle birçok mamül terbiye dairesini terk etmeden tumbler adı verilen kurutucularda, tamburlu kurutucularda görülen etki ile kurutularak çekmesi sağlanmaktadır.

Boyutsal Değişim Çekme Bollaşma Testleri

- Kumaştaki çekme yada bollaşma miktarının bilinmesi
- Terbiye işlemlerinin aşırı bir en artışı veya uzamaya neden olup olmadığının kontrol edilmesi
- Konfeksiyonda kumaşı hazır giyim haline getirirken sondaki çekme oranı düşünülerek gerekli payların verilerek kesim yapması açısından önem taşır.
- Konfeksiyonda tüm giysi parçaları astar, iplik, kumaş ve aksesuar çekme açısından incelenmelidir. Aksi halde giyside patlak yada şekilsel bir bozukluk (çarpıklık) ortaya çıkabilir.

Giysinin çekmesine birçok faktör sebep olabilir;

Su, ısı, kuru temizleme çözücüler ve çalkalama gibi

Çekme için yapılan testler son ürün olan giysinin temizleme tipini yansıtmalıdır.

Çekme testlerinde yapılan hesaplama şekli genel olarak aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$\% \text{ Çekme} = \frac{\text{Orjinal Uzunluk} - \text{Son Uzunluk}}{\text{Orjinal Uzunluk}}$$

Ancak boyut değişiminin çekme yada bollaşma şeklinde olması

% Çekme = (Son Uzunluk- Orjinal Uzunluk) / Orjinal Uzunluk formülü ile bulunur.

(-) değer kısalmayı,

(+) değer bollaşmayı verir.

Bu çalışmanın yapıldığı tekstil terbiye işletmesinde BSEN ISO STANDARTLARI kullanılmakta olup çekmezlikte (+) ve (-) 3 cm standart olarak kabul edilmiştir.

Relaksiyon Çekmesi Testi;

En basit olarak kumaşın çekmesi; kumaş üzerinde işaretlenmiş bir aralığın işlemiden önce ve sonra ölçülmesi ile hesaplanabilir. Kumaşın çekme % si yıkanmış kumaş boyutu ile yıkandıktan sonraki kumaş boyutu arasındaki farkın yıkanmamış kumaş boyutuna oranıdır.

Örneğin; Başlangıçta 90 cm olan kumaş, yıkama ve kurutmadan sonra 84 cm' ye çekilmiş ise çözgü yönünde çekme şu şekilde hesaplanır:

$$\% \text{ Çekme} = (90-84)/90 \times 100 = \% 6,6$$

Hesaplama kolaylık olması açısından numune olarak alınan kumaş 50 veya 100 cm gibi tam değerler alır.

Numune alma;

Numune standart atmosfer koşullarında (20 C +-2 ve % 65 +- bağıl nem) 12 saat bırakılır. 1 m boyutunda numune alınır. Hiç bir zaman yırtılarak numune alınmaz. Yıkama makinada yapılacaksa en az 1, 5 kg kumaş örneği gerekir. Kesilen numune bir masa üzerine yayılarak kırışıklıkları düzeltilir. Hiç germeden çözgü ve atkı istikametinde en az 50 şer cm aralıklarla ölçülür.

Ütülenmeden Sonraki Boyut Değişim Testi

Yıkama testinde olduğu gibi hazırlanan numune yaklaşık 140 g/m² gramajındaki % 200 su içeren pamuklu bez serilerek 200 C de 40 g/cm² basınç veren ütü ile ütülenir. Deney öncesi ve deney sonrası boyutları dikkate alınarak % çekmeleri hesaplanır.

$$\text{Ütü Yüzeyi} = 60 \times 20 \text{ cm}$$

İkiye katlanmış pamuklu ütü bezinin nem miktarı: % 150

Ütü bezinin gramajı: 130-150 g/m²

Ütüleme Sıcaklığı: 220 C

Ütüleme Basıncı: 42 g/cm²

Ütüleme Süresi: 15 sn

Çekmezlik, Boyut Değişmezliği, Boyut Stabilitesi;

Çekmezlik yani boyutsal stabilite tekstil materyalinin ısı, nem, su ve temizlemeye maruz kaldığında orjinal şekil, uzunluk ve enini koruma kabiliyetidir.

Giysinin boyutsal stabilitesi daha küçük bir boyuta küçülmesi yada daha büyük bir boyuta karşı koymak üzere planlanmıştır.

Boyutsal stabilitenin amaçları;

- a. Giysinin rahatlığı ve bakımı.
- b. Şeklini muhafaza etmesi.
- c. Kumaşın çekmemesi.
- d. Esnemeye ve bollaşmaya karşı koyması.
- e. Konfeksiyon işlemlerinde rahatlık ve güven.

Çekmez tekstil normal kullanım koşullarını taklit etmek üzere tasarlanmış deneylere dayanan belirli standartlara uyan boyutsal stabilite gösteren çekmeye dirençli tekstil maddelerini tanımlar.

Kumaşın En Ayarı;

Kumaşın eni kumaşın bir kenarından diğer kenarına olan uzaklıktır.

En iki esasa göre belirlenir.

- Tüm kumaş eni
- Efektif (yuvarlanılan) kumaş eni

Dokuma kumaşta kumaş eni ölçümü yapılırken aşağıdaki noktalara dikkat edilir.

- Ölçüm kumaş kenarına dik olarak genellikle kenar bölgesi hariç olacak şekilde yapılır.
- Kumaş düz bir şekilde yayılmış olmalı kırışıklıklar katlar olmamalı gerilimsiz bir şekilde serilmiş olmalıdır.
- Ölçüm kumaş topunun uç kısımlarında değil ortalarında yapılmalıdır.

Kumaş Ağırlığı (Gramaj);

Genel olarak ön terbiye işlemlerinde tekstil mamülleri ağırlık kaybına uğrarlar.Bu en fazla pamukluda pişirme işleminde yünlüde karbonize işleminde, ipekte pişirme işleminde (serisin uzaklaştırmada) ortaya çıkar.

Pişirme işlemiyle pamuklu mamüldeki yağ mum pektin gibi yabancı maddeler giderilir.

İyi bir pişirmede ağırlık kaybı % 7 olur.

Apren işleminde ise ön terbiye işleminin tersine kumaş gramajının arttığı işlemidir.Nişasta, kaolin polivinil alkol gibi maddeler kumaşa ağırlık kazandırır.

Ağırlık yada gramaj önemli bir kumaş özelliğidir.Belirli bir kumaşın birim alanının ağırlığı olarak ölçülen değerdir.

Aynı tipteki iki kumaşın kıyaslanmasında bir faktördür.

Kumaşlar satılırken genellikle birim kumaş ağırlığında kumaş özelliklerinden birisi olarak belirtilir.

Kumaşların birim ağırlıkları santimetredeki iplik sayısı kadar, kumaş yapılarında kullanılan iplik numaralarına göre de farklılık gösterir.

Kumaş yapımında ortaya çıkan kumaş eni değişimleri de kumaşın birim ağırlığını etkileyecektir.

Kumaş Gramajının Saptanması;

Gramaj; birim alanın ağırlığıdır. Kumaşın ağırlığı yaklaşık dört şekilde ifade edilir.

- Kumaşların metrekaare ağırlığı g/m^2
- Kumaşların metretül ağırlığı g/m
- Kumaşların yordakaresinin ons cinsinden ağırlığı $ons/yarda^2$
- Kumaşların yordatülünün ons cinsinden ağırlığı $ons/yarda$

Kumaşların Metrekare (m^2) Ağırlığı

Kumaşların metrekaare ağırlığı;bir metrekaare alana sahip kumaşın gram cinsinden ağırlığıdır.Yani bir metrenin de bir metre boyunda kumaş parçasının ağırlığıdır.

Kumaşlarda gramaj saptaması cetvel ve terazi ile saptanacağı gibi özel olarak geliştirilmiş otomatik ölçme cihazları da vardır.

Gramaj aleti ile kumaşların metrekare ağırlığının bulunması

Kumaşların metrekare tespit etmek için kullanılan gramaj aleti iki parçadan meydana gelir. Bunlardan bir tanesi 100 cm² olan bir daire şeklinde kumaş kesmeye yarayan kesim aletidir.

Bu alet lastik bir ve kesici parçadan oluşur. Kumaş lastik altlığın üzerine gerilimsiz ve düz bir şekilde konularak kesme aletiyle kesim yapılır.

İkinci alet ise kesilen 100 cm² alanı numunenin tartıldığı ve metrekare ağırlığının gram cinsinden okunduğu hassas terazidir.

Ölçülü kesilerek hazırlanmış kumaş numunelerinin ağırlığının hesaplanması

Bu hesaplama yöntemi, daha çok kartela türü tanıtım araçlarıyla gelen kumaş numunelerinin metrekare ağırlıklarının hesaplanmasında kullanılır.

Burada dikkat edilmesi gereken husus, numune genellikle küçük parça olduğu için, tartının hassas terazide çok dikkatli bir şekilde yapılması gerekliliğidir.

Mümkünse aynı tip kumaş numunelerinin iki üç tanesinin tartımı yapılarak ortalaması alınmalıdır.

Metretül ağırlığı (g/m)

M.T. Ağırlığı = Kumaş Ağırlığı / kumaş uzunluğu

Metrekare ağırlığı bilinen bir kumaşın metretül ağırlığı:

M.T. Ağırlığı = g / m = metrekare ağırlığı * kumaş eni (www.yenifrm.com)

Kumaşlarda Tuşe

Kumaşın yumuşak ya da sert oluşuna kumaşın tuşesi denir. Bu özellik kumaşın hammadde ve yapısıyla ilgili olduğu kadar dokunmuş kumaşa uygulanan apre işlemlerine de bağlıdır. Tekstil terbiye işletmelerinde kumaşlar mamul hale geldikten sonra, mamul kalite kontrol tarafından tuşeleri el ile kontrol edilir. Belirli bir standart değeri olmayıp tamamen kumaşın müşterisinin isteğine göre tuşe kontrolü yapılır. İstenen tuşe numunesi mamul kalite kontrol departmanlarında mevcut bulunup bu numuneye göre kontroller yapılır. Örnek verecek olursak üst giyimde kullanılan kumaşların yumuşak olmaları istenir, alt giyimde kullanılan kumaşların biraz daha sert olması istenir.

Kumaşlarda Renk Kontrolü

Tıpkı tuşe kontrolünde olduğu gibi, her kumaş için müşterilerin istediği bir renk mevcuttur. Tüm kumaşlar mamul olduktan sonra mamul kalite kontrolde müşterinin istediği orijinal renge göre gözle kontrol edilir ve renkler birbirine uygunsa, mamul kumaş ambara teslim edilir.

4.8. Aprenin Tanımı ve Amacı

Tekstil materyalinin ön terbiye ve renklendirme işlemleri sonrası terbiye işletmesini terk etmeden önce, gördükleri mekanik ve kimyasal tüm işlemlere bitim işlemleri veya apre işlemleri denir. Tekstil ürününe, renklendirme sonrası yapılan apre işlemlerinde amaç; tutumunu, görünümünü değiştirmek ve geliştirmektir. Bu işlemleri yapan kişi ve işletmelere de apre denir.

Kimyasal ve mekanik yollarla uygulanan apre işlemlerinin tamamı her ürüne uygulanmamaktadır. Apre işlemleri yapılırken bazı kriterler göz önünde bulundurulur.

Bunlar; ürünün formu, elyafın cinsi, kullanım amacı, kalıcılık derecesi, ürünün incelik ve kalınlığıdır. Örneğin sentetik liflerde görülen statik elektriklenme, doğal liflerde meydana gelmez. Bu nedenle statik elektriklenmeyi önleyici apre, sadece sentetik esaslı liflerden üretilen mamüllere uygulanabilir. Kimyasal ve mekanik yollarla apre işlemi yapılırken elyaf cinsi göz önünde bulundurulur. Bazı apre işlemleri, ortak her cins elyafa uygulanabilirken bazılarıysa uygulanmamaktadır. Apre çözeltisi emdirilen kumaş, kurutma ve fikse için 3- 10 kamaradan oluşan, içi 120- 180 °C sıcaklığa kadar ısıtılmış ramözden geçirilir. Burada sıcaklığın etkisiyle kumaş üzerinde nem tamamen uzaklaştırılırken aynı zamanda hem kimyasal maddenin hem de kumaşın fiksesi (sabitlenmesi) sağlanır. Kumaşın makinadan geçerkenki hızı ise apre hızı olarak adlandırılır ve üretim hızının göstergesidir (www.tekrarbekleriz.com).

5. MATERYAL ve METOD

5.1. Materyal

Kurutma işleminde materyal olarak değişik özelliklerde kumaş kullanılmıştır. Kurutma işlemi de Dilmenler ve Babcock markalı iki ayrı ramözde yapılmıştır. Dilmenler makinası tekstil terbiye işletmesinde sadece kurutma amaçlı kullanılmakta olup Babcock makinası ise çoğunlukla apre amaçlı kullanılmaktadır. Yapılan çalışmada kumaşın mamul hale geldikten sonraki özelliklerinin değişmemesi en önemli faktör olduğu için, ara kurutma işlemlerinin yapıldığı makina ile apre işlemlerinin yapıldığı makina aynı anda incelenmiştir. Her iki ramöz makinasında kullanılan kumaşların özellikleri aşağıda verilmiştir.

Çalışmada kullanılan materyal polyester-viskon, keten ve keten-polyester-viskon karışım harmanlarından elde edilmiş kumaşlardır. Toplam 17 farklı kumaşın 10 adedi Ramöz-1’de, 7 adedi de Ramöz-2’de çalışılmıştır. Bu dağılım rastgele olup işletme çalışma koşulları gereği bu şekilde seçilmiştir.

Çizelge 5.1. Çalışmadaki Makina İsimleri

Makina Markası	Çalışmadaki Adı	Test Edilen Kumaş Adedi
Dilmenler Ramöz	Ramöz-1	10
Babcock Ramöz	Ramöz-2	7

Kumaş seçiminde, kurutmada ve aprede üretimi etkileyen en önemli parametre gramaj olduğundan, farklı gramajdaki kumaşların seçilmesine özellikle dikkat edilmiştir. Çizelge 5.2 ve 5.3 seçilen numune kumaşların çalışma yapılmadan önceki işletme değerlerini göstermektedir.

Çizelge 5.2. Ramöz-1’de Kullanılan Kumaş Özellikleri

Ramöz-1							
Kumaş No	Cinsi	Harman Oranı	Örgüsü	g/m	En (cm)	Kurutma Hızı (m/dk)	Apren Hızı (m/dk)
1	V/P	80/20-atkı strech	1/1 bezayağı	230	145	14	25
2	V/P	80/20-atkı strech	2/1 dimi	260	145	14	25
3	V/P	80/20-atkı strech	2/1 dimi	282	145	18	25
4	P/V	65/35-bistrech	1/1 bezayağı	266	140	14	25
5	P/V	65/35-bistrech	1/1 bezayağı	330	150	18	22
6	P/V	65/35-bistrech	2/1 dimi	336	150	25	22
7	P/V	65/35-bistrech	4/1 saten	392	140	16	22
8	P/V	65/35-atkı strech	2/1 balık sırtı	420	150	18	25
9	P/V	65/35-bistrech	2/1 dimi	500	140	14	22
10	P/V	65/35-bistrech	fantezi	620	138	10	18

Çizelge 5.3 Ramöz-2’de Kullanılan Kumaş Özellikleri

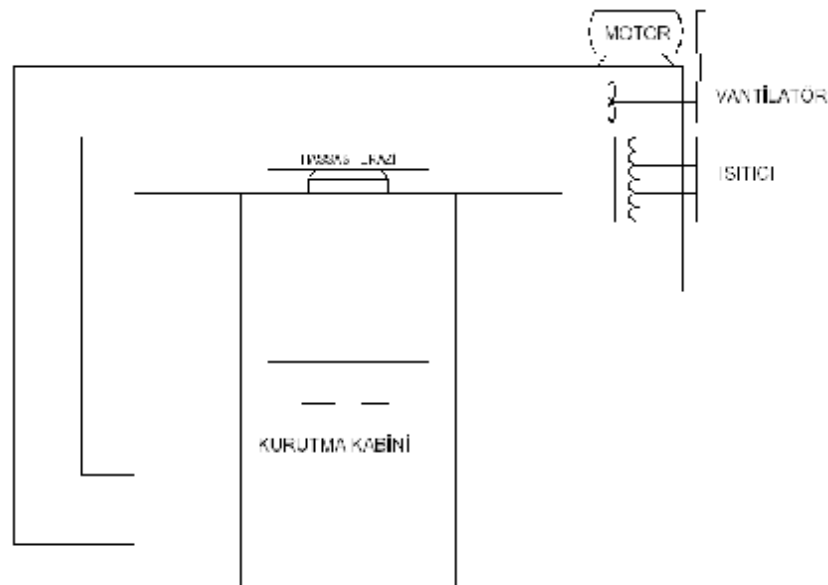
Ramöz-2						
Kumaş No	Cinsi	Harman Oranı	Örgüsü	g/m	Kumaş Eni (cm)	Apren Hızı (m/dk)
11	V/P	80/20-atkı strech	2/1 dimi	260	145	30
12	V/P	80/20-atkı strech	1/1 bezayağı	230	145	30
13	P/V	65/35-atkı strech	2/2 dimi	385	140	16
14	Ket/V/P	58/34/8-non strech	1/1 bezayağı	262	150	25
15	Keten	%100-non strech	1/1 bezayağı	262	150	25
16	P/V	65/35-bistrech	fantezi	620	138	15
17	P/V	65/35-non strech	2/1 dimi	300	150	25

Hava hızını ölçmek için bir anemometre (2, 6 sn de bir ortalama alabilen) kullanılmıştır.

Ramözden geçerken kuruyan kumaşın hızı makinada otomatik olarak ölçülebilmekte ve sayaçlardan izlenebilmektedir. Aynı şekilde içerinin sıcaklığı da makina tarafından otomatik olarak ölçülmekte olup sıcaklık sayacından izlenebilmektedir. Baca gazının nem miktarı ise Testo marka cihazla yapılmıştır.

5.2. Metod

Yukarıda özellikleri verilen Ramöz-1 için 10 ayrı çeşit kumaş için baca motoru frekansı 50 Hz'ten, 45Hz, 40Hz, 35Hz ve 30Hz e düşürülerek kurutma çalışmaları yapılmıştır. Ramöz-2 için ise yine baca motoru frekansı 45 Hz'ten 40 Hz, 35 Hz, 28 Hz ve 25 Hz'e düşürülerek 7 ayrı kumaşta apre çalışmaları yapılmıştır. Bu yapılan çalışmalar sonucunda ramöz içerisindeki hava debisinin düşmesinin kumaşın mamul özelliklerine bir etki yapıp yapmadığı gözlemlenmiş ve hava debisi azaltılabildiği yere kadar azaltılarak, debiyle doğru orantılı olarak harcanan enerjiden tasarruf sağlanmıştır. Aynı zamanda dışarıya atılan baca gazının nem miktarı ölçülerek kurutma işleminin sağlıklı yapılıp yapılmadığı kontrol edilmiştir.



Şekil 5.1. Kabin Tipi Kurutma Makinasının Şematik Görünüşü

Bu çalışmada, çevre şartlarından alınan hava kurutma tesisatının giriş kısmına yerleştirilen ısıtıcıda ısıtıldıktan sonra fan vasıtası ile sistemin içerisine gönderilmektedir. Sistemin içerisinde giren sıcak hava nemlendirilen malzeme üzerinden geçirilerek konveksiyonla kurutma işlemi gerçekleştirilmektedir.

5.2.1. Deneylerin Yapılışı

Frekansa bağlı kurutma havası debisini düşürme çalışmalarına başlanmadan önce, makinalar standart çalışmalarını yaparken ramöz-1’de baca motorunun frekansı 50 Hertz olarak tespit edilmiş ve anemometre ile hava debisi 11000 m³/sa olarak ölçülmüştür.. Ramöz-2 ise baca motorunun frekansı 45 Hz, havanın debisi ise 10000 m³/sa olarak ölçülmüştür.

Ramöz-1’de kurutma hızı ve sıcaklığı belli 10 farklı kumaş izlenmeye başlanmıştır. Bu kumaşlar makinada kurutmaya başlanmadan önce baca motorunun frekansı sırasıyla 45 Hz, 40Hz, 35 Hz ve 30 Hz e düşürülmüştür. Kumaş kururken de içerideki havanın debisi ölçülmüş, makina çıkışında malların kuru olup olmadığı elle kontrol edilmiş, baca gazının nem miktarı ölçülmüş ve kumaşlar mamul olup ambara girene kadar diğer prosesler, tuşe, renk ve mamul testler takip edilmiştir. Amaç üretim kaybına neden olmadan enerjiden tasarruf olduğu için apre hızının düşmemesi en önemli faktördür. Frekans, proseste veya kumaşta bir değişiklik olana kadar düşürülmüş böylece de frekansla doğru orantılı olarak havanın debisi düşürülmüştür. Yani kumaşları kurutmak için ısıttığımız havanın miktarı, frekansla doğru orantılı olarak düşmüştür.

Ramöz-2’de apre hızı ve sıcaklığı belli 7 farklı kumaş izlenmeye başlanmıştır. Bu kumaşların apresine başlanmadan önce baca motorunun frekansı sırasıyla 40 Hz, 35 Hz, 28 hz ve 25 Hz e düşürülerek, kumaşlar mamul ambara girene kadarki prosesler, tuşe, renk ve mamul testler kontrol edilmiştir.

Frekansa Bağlı Kurutma Havası Debisini Düşürme Çalışması İş Akışı

- 1- Kumaş Tesbiti
- 2- Kumaşların Standart Makina Çalışma Şartlarının Tesbiti
- 3- Frekans Azaltımı
- 4- Kumaşın Makinadan Düşük Frekanstayken Geçmesi
- 5- Makina Çıkışında Kumaş Kontrolü
- 6- Makina Çalışma Şartlarının Tesbiti
- 7- Kumaşın Mamul Ambara Girene Kadar Kalite ve Üretim Hızı Takibi
- 8- Sonuçların Değerlendirilmesi

6. ARAŞTIRMA BULGULARI

Araştırmada tekstil terbiye işletmesinde en fazla enerji kullanan makinalardan biri olan ve enerjiyi de kurutma havasını ısıtmak için harcayan ramöz makinasında, kullanılan enerjiyi minimuma indirmek için bacagazı motorunun frekansını düşürerek kullanılan havayı en aza indirmek amaçlanmıştır. Fakat bu çalışmada, enerjiyi azaltmak hedeflenirken aynı zamanda üretimin düşmemesine ve kumaşın kalite değerlerinin bozulmamasına odaklanılmıştır. Bu nedenle üretimin düştüğü veya kalite problemlerinin yaşandığı noktada yapılan deneyler durdurulmuş ve üretim kaybı ve kalite problemi yaşanmayan optimum nokta tesbit edilmiştir. Elde edilen bu optimum çalışma noktasına göre de makina ve kumaş için yeni çalışma şartları oluşturulmuştur.

Deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen bulgular aşağıda çizelgeler halinde verilmiştir.

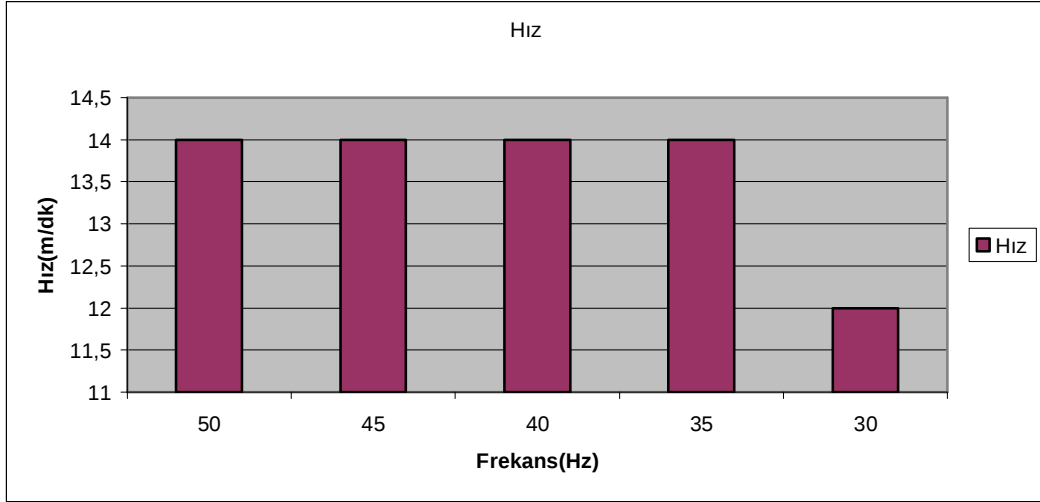
6.1 Ramöz-1 İçin Bulgular

Ramöz 1 makinası 5 kamaralı bir kurutma makinası olup deney yapılan tekstil terbiye işletmesinde sadece kurutma amaçlı kullanılmaktadır. Deneylere başlamadan önce makina standart makina çalışma şartlarına göre 50 Hz frekansta çalışmakta olup, 140 gr su/kg kuru hava oranında bacagazından atılan nem ve 11000 m³/saat hava debisine sahiptir.

Bu makinada 50 Hz olan bacagazı motoru frekansı değiştirilerek , 10 farklı kumaşta elde edilen sonuçlar aşağıdaki çizelgelerde özetlenmiştir.

Çizelge 6.1. 1 Nolu Kumaş Bulguları

Kumaş No	Frekans (Hz)	Kurutma Hızı (m/dk)	Apré Hızı (m/dk)	gr/m	En (cm)	Atkı Çekmezlik	Çözgü Çekmezlik	Tuşe	Renk
1	50	14	25	232	146	-1	-2	Problem Yok	
	45	14	25	234	145	-1, 5	-2		
	40	14	25	233	146	-1, 5	-1, 5		
	35	14	25	233	146	-1, 5	-1, 5		
	30	12	25	232	145	-0, 5	0, 1		



Şekil 6.1. 1 Nolu Kumaş Hız-Frekans Değişim Grafiği

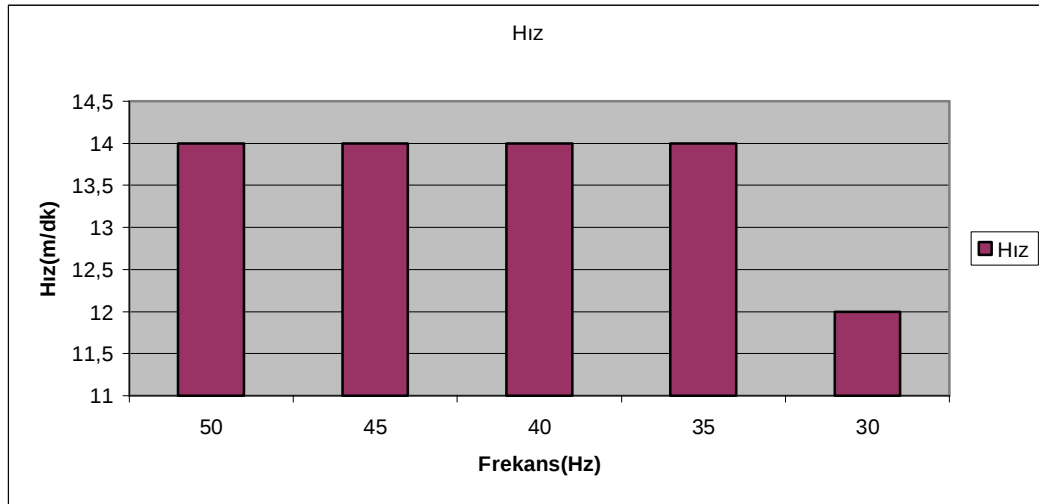
Şekilde de görüldüğü gibi 1 nolu kumaşta 50 hz frekansta hız 14 m/dk iken, kademeli olarak frekans azaltılmış ve 30 Hz'e düştüğünde kumaşta damlamalar (lekelenme) görülmüştür, kurutma işleminde bu bir kalite problemidir ve giderilmelidir. Kumaştaki bu lekeleri gidermek için kumaş geçiş hızı azaltılmalıdır. Bu çalışmada hız 12 m/dk'ya düşürüldüğünde problemin ortadan kalktığı görülmüştür. Ancak bu 30 Hz'lik frekansta ortaya çıkan 2 m/dk'lık üretim kaybı işletme için büyük bir kayıptır.

Bu nedenle 30 Hz yerine üretim parametrelerinin değişmediği 35 Hz'de çalışmanın daha uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

Diğer 9 adet kumaş numunelerine de aynı testler uygulandığında aynı sonuca ulaşılmıştır. Diğer kumaş numuneleri için sonuçlar çizelge 6.2-6.3-6.4-6.5-6.6-6.7-6.8-6.9 ve 6.10 da benzerdir.

Çizelge 6.2. 2 Nolu Kumaş Bulguları

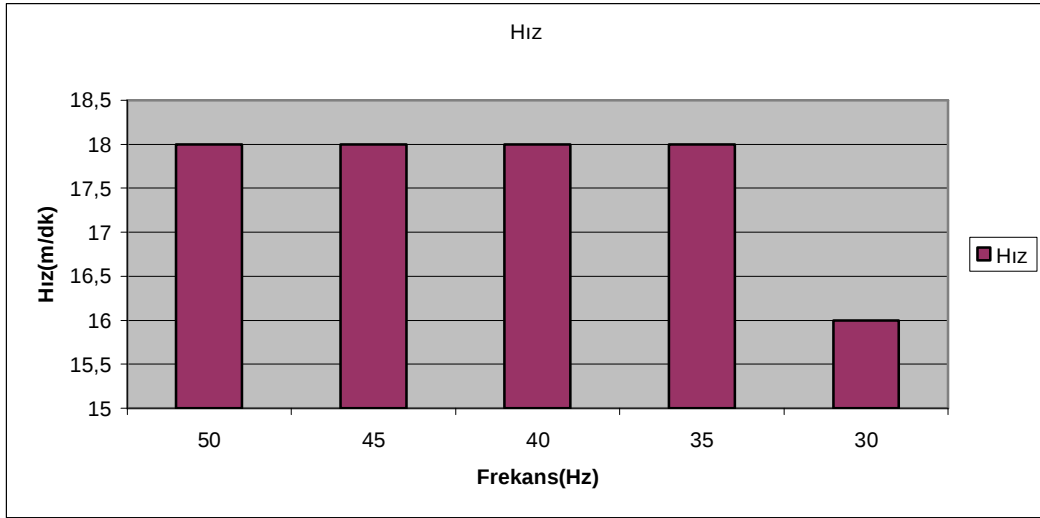
Kumaş No	Frekans (Hz)	Kurutma Hızı (m/dk)	Apre Hızı (m/dk)	gr/m	En (cm)	Atkı Çekmezlik	Çözgü Çekmezlik	Tuşe	Renk
2	50	14	25	264	145	-0, 5	-1	Problem Yok	
	45	14	25	262	147	-1, 5	-1, 5		
	40	14	25	264	143	-0, 5	-1, 5		
	35	14	25	264	145	-1, 5	-1		
	30	12	25	263	147	-1	-1, 5		



Şekil 6.2. 2 Nolu Kumaş Hız-Frekans Değişim Grafiği

Çizelge 6.3. 3 nolu Kumaş Bulguları

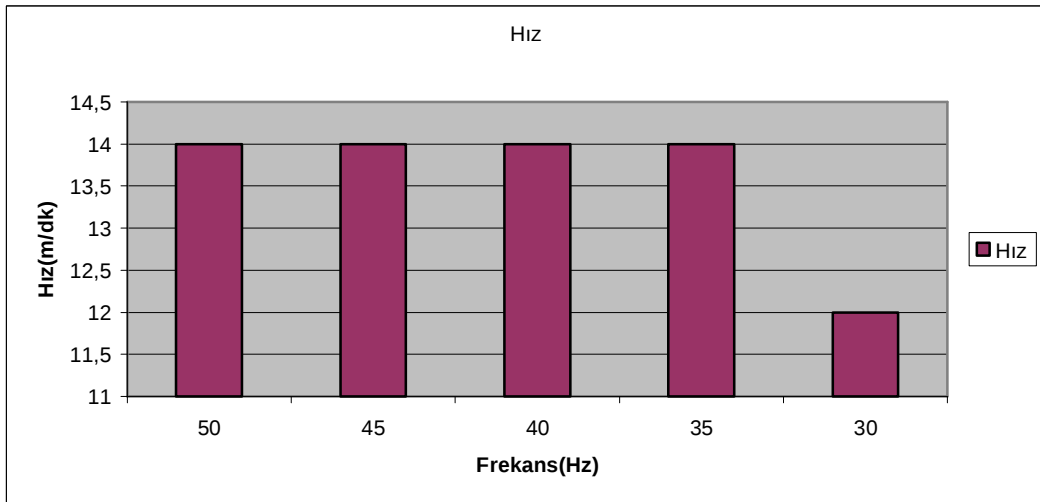
Kumaş No	Frekans (Hz)	Kurutma Hızı (m/dk)	Apre Hızı (m/dk)	gr/m	En (cm)	Atkı Çekmezlik	Çözgü Çekmezlik	Tuşe	Renk
3	50	18	25	282	144	-1, 5	-1	Problem Yok	
	45	18	25	285	146	-1, 5	-1, 5		
	40	18	25	286	146	-2	-0, 5		
	35	18	25	285	145	-1, 5	-1		
	30	16	25	282	144	-1, 5	-0, 5		



Şekil 6.3. 3 Nolu Kumaş Hız-Frekans Değişim Grafiği

Çizelge 6.4. 4 Nolu Kumaş Bulguları

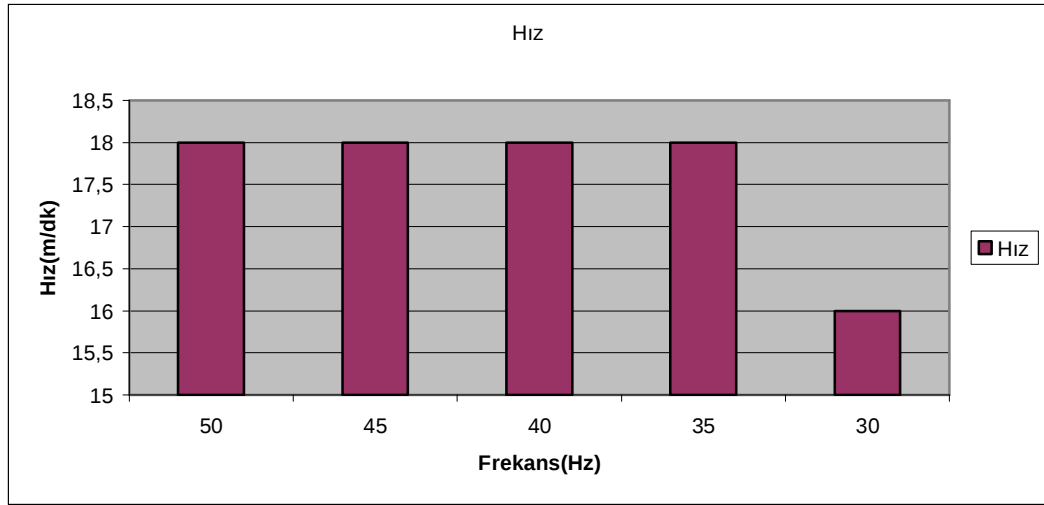
Kumaş No	Frekans (Hz)	Kurutma Hızı (m/dk)	Apre Hızı (m/dk)	gr/m	En (cm)	Atkı Çekmezlik	Çözgü Çekmezlik	Tuşe	Renk
4	50	14	25	270	141	-1, 5	-2	Problem Yok	
	45	14	25	266	140	-2	-1		
	40	14	25	268	140	-2, 5	-1		
	35	14	25	269	140	-1, 5	-1		
	30	12	25	269	140	-1, 5	-1		



Şekil 6.4. 4 Nolu Kumaş Hız-Frekans Değişim Grafiği

Çizelge 6.5. 5 Nolu Kumaş Bulguları

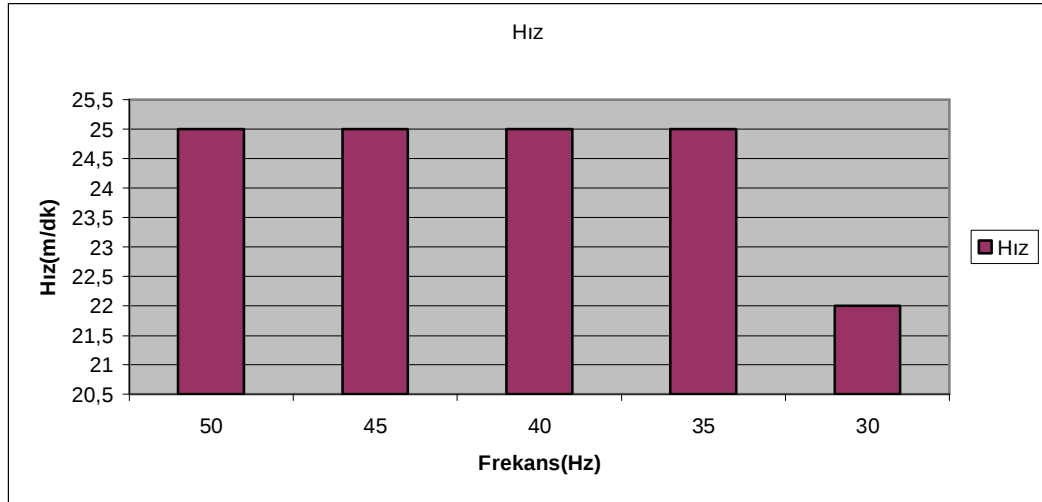
Kumaş No	Frekans (Hz)	Kurutma Hızı (m/dk)	Apre Hızı (m/dk)	gr/m	En (cm)	Atkı Çekmezlik	Çözümlü Çekmezlik	Tuşe	Renk
5	50	18	22	335	151	-2, 5	-1	Problem Yok	
	45	18	22	338	150	-2, 5	-0, 5		
	40	18	22	339	151	-2	-1		
	35	18	22	338	150	-2	-2		
	30	16	22	338	150	-1, 5	-1, 5		



Şekil 6.5. 5 Nolu Kumaş Hız-Frekans Değişim Grafiği

Çizelge 6.6. 6 Nolu Kumaş Bulguları

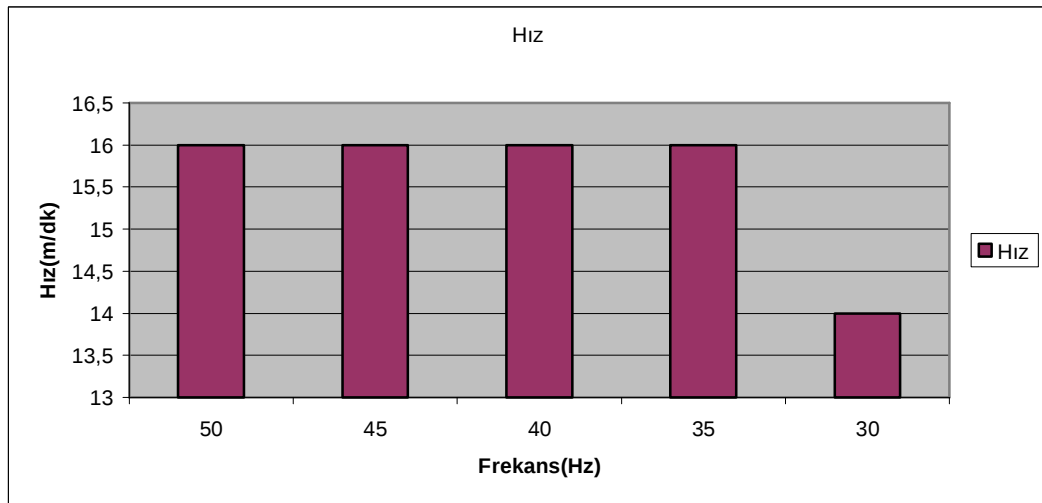
Kumaş No	Frekans (Hz)	Kurutma Hızı (m/dk)	Apre Hızı (m/dk)	gr/m	En (cm)	Atkı Çekmezlik	Çözümlü Çekmezlik	Tuşe	Renk
6	50	25	22	338	152	-1	-1	Problem Yok	
	45	25	22	338	153	-1, 5	-1		
	40	25	22	334	151	-1, 5	-0, 5		
	35	25	22	336	152	-1	-1, 5		
	30	22	22	337	153	-1	-1, 5		



Şekil 6.6. 6 Nolu Kumaş Hız-Frekans Değişim Grafiği

Çizelge 6.7. 7 Nolu Kumaş Bulguları

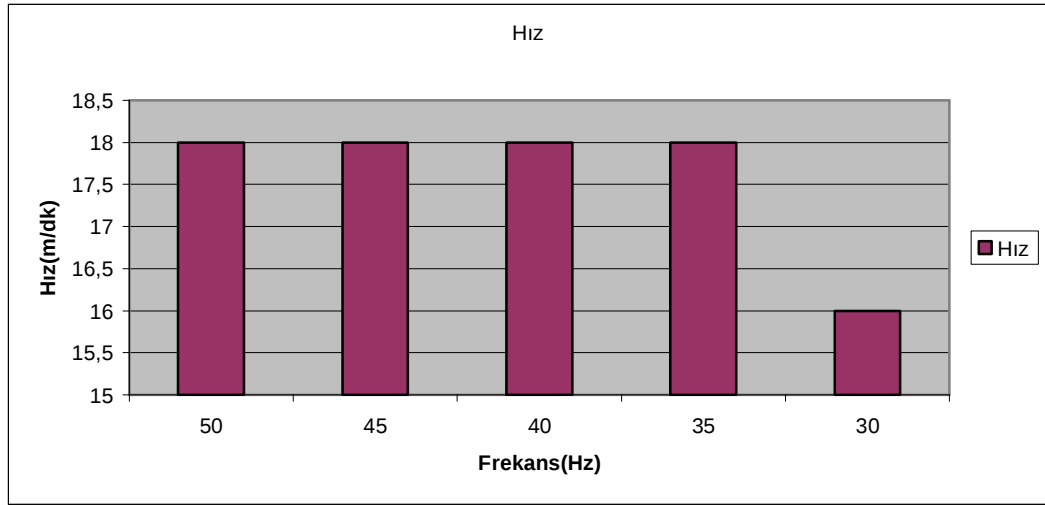
Kumaş No	Frekans (Hz)	Kurutma Hızı (m/dk)	Apri Hızı (m/dk)	gr/m	En (cm)	Atkı Çekmezlik	Çözgü Çekmezlik	Tuşe	Renk
7	50	16	22	395	140	-1	-1	Problem Yok	
	45	16	22	398	139	-1	-0,5		
	40	16	22	398	141	-1,5	-1		
	35	16	22	397	140	-0,5	-1		
	30	14	22	396	140	-1,5	-1		



Şekil 6.7. 7 Nolu Kumaş Hız-Frekans Değişim Grafiği

Çizelge 6.8. 8 Nolu Kumaş Bulguları

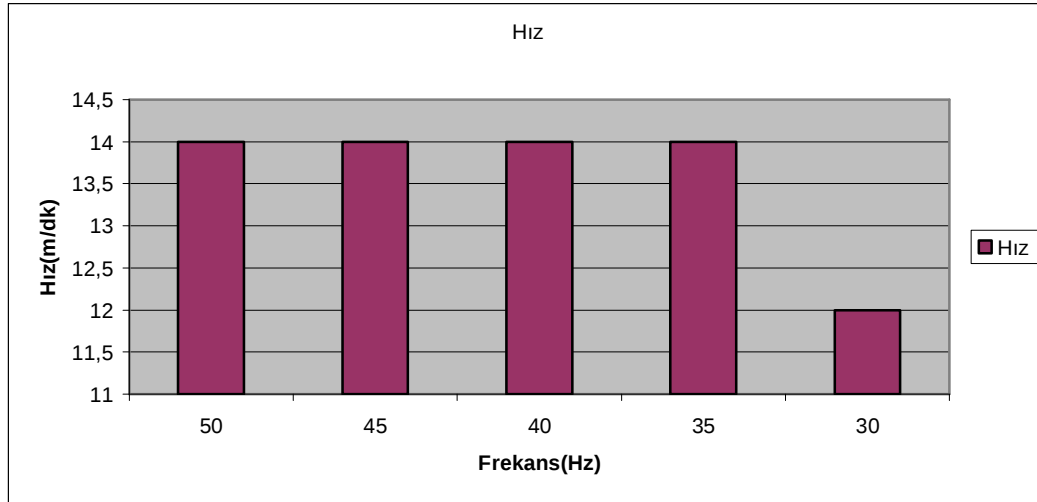
Kumaş No	Frekans (Hz)	Kurutma Hızı (m/dk)	Apre Hızı (m/dk)	gr/m	En (cm)	Atkı Çekmezlik	Çözümlü Çekmezlik	Tuşe	Renk
8	50	18	25	417	152	-1, 5	-1, 5	Problem Yok	
	45	18	25	419	151	-2	-2		
	40	18	25	416	152	-2	-0, 5		
	35	18	25	415	150	-1, 5	-2		
	30	16	25	417	151	-1, 5	-1		



Şekil 6.8. 8 Nolu Kumaş Hız-Frekans Değişim Grafiği

Çizelge 6.9. 9 Nolu Kumaş Bulguları

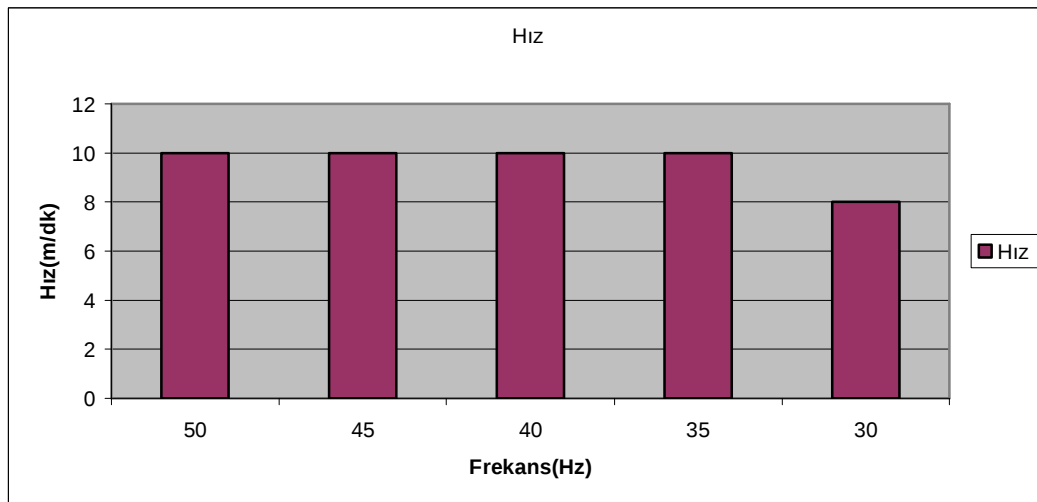
Kumaş No	Frekans (Hz)	Kurutma Hızı (m/dk)	Apre Hızı (m/dk)	gr/m	En (cm)	Atkı Çekmezlik	Çözümlü Çekmezlik	Tuşe	Renk
9	50	14	22	510	141	-1	-0, 5	Problem Yok	
	45	14	22	505	141	-1	-2		
	40	14	22	520	140	-1	-1, 5		
	35	14	22	510	140	-1, 5	-1		
	30	12	22	508	140	-2	-1, 5		



Şekil 6.9. 9 Nolu Kumaş Hız-Frekans Değişim Grafiği

Çizelge 6.10. 10 Nolu Kumaş Bulguları

Kumaş No	Frekans (Hz)	Kurutma Hızı (m/dk)	Apri Hızı (m/dk)	gr/m	En (cm)	Atkı Çekmezlik	Çözü Çekmezlik	Tuşe	Renk
10	50	10	18	623	139	-2	-1, 5	Problem Yok	
	45	10	18	625	137	-2, 5	-1, 5		
	40	10	18	625	136	-2, 5	-1		
	35	10	18	622	138	-2	-1, 5		
	30	8	18	620	138	-2, 5	-2		

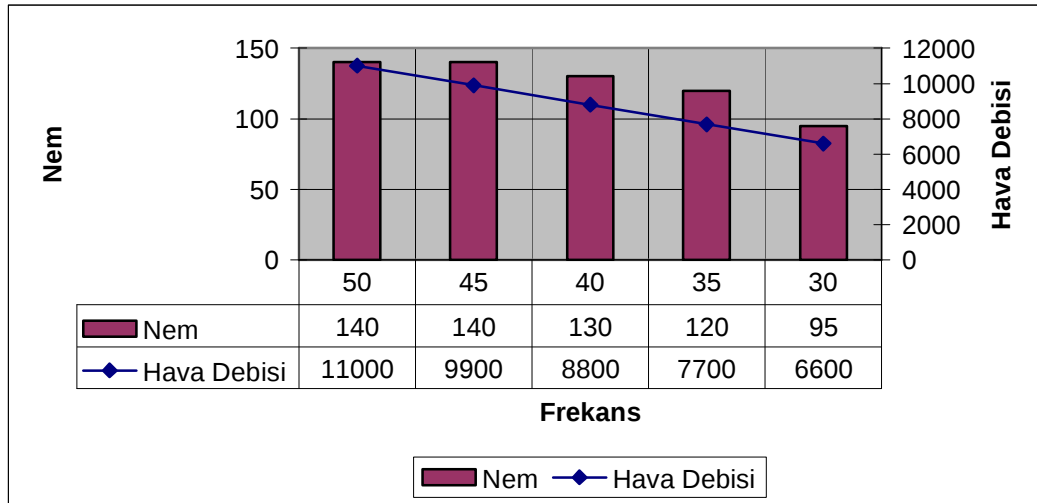


Şekil 6.10. 10 Nolu Kumaş Hız-Frekans Değişim Grafiği

Kurutma esnasında baca gazı ölçüm sonuçlarına göre, bacagazında bulunan nem miktarının 110-130 gr su/kg kuru hava oranında olması kaliteli bir kurutmanın yapıldığını göstermektedir.

Çizelge 6.11. Kurutmada Frekansa Bağlı Baca Gazı Nem Miktarının ve Debinin Değişimi

Frekans (Hertz)	Baca Gazı Nem Miktarı g su/kg kuru Hava	Hava Debisi m ³ /saat
50	140	11000
45	140	9900
40	130	8800
35	120	7700
30	95	6600



Şekil 6.11. Frekansa Göre Baca Gazı Nem Miktarının Değişimi

Şekilde yapılan deney sonuçlarına göre kurutmada frekans 30 Hertzte düştüğünde dışarıya atılan atık havadaki nem miktarının azaldığı dolayısıyla da kumaşın yeterince kurumadığı görülmüş bunun üzerine hız düşürülmüştür. Makina çalışma standartlarına göre bacagazı atık havasında bulunması gereken nem miktarı 110-130 g su/kg kuru hava'dır. 50 Hertz ve 45 Hertz de atılan havadaki nem miktarının 140 gr su/kg kuru hava olması fazla kurutma yapıldığı göstermektedir. 30

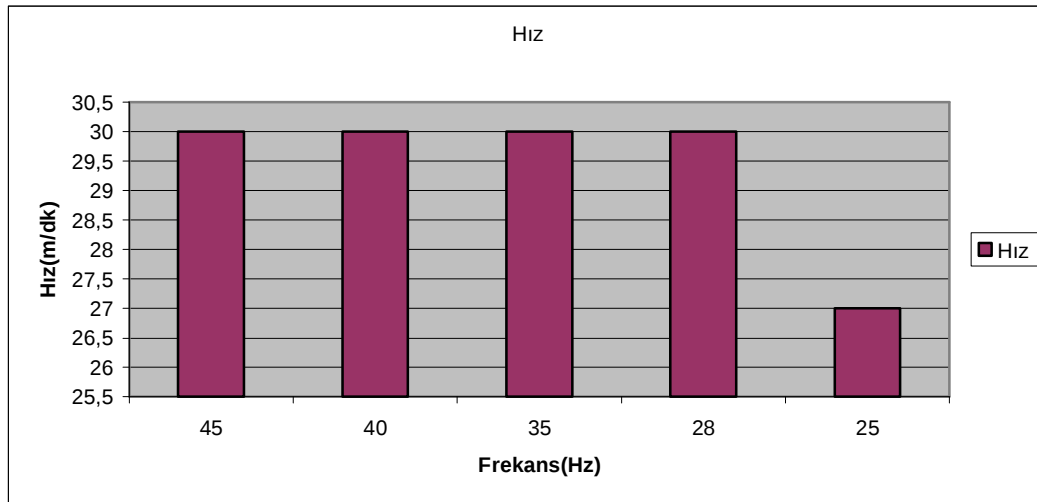
Hertz de ise atılan havadaki nem miktarının 95 gr su/kg kuru hava olması, havanın yeterince suyu bünyesine almadan atıldığını, yani kurutmanın yeterince yapılmadığını göstermektedir. Dolayısıyla 35 Hertzde atılan 120 gr su/kg kuru hava bize hem iyi bir kurutmanın yapıldığını hemde enerjiden tasarruf edilebilecek optimum noktanın frekansın 35 Hertz olduğu nokta olduğunu göstermektedir.

6.2. Ramöz-2 İçin Bulgular

Ramöz-2 makinası 7 kamaralı bir makina olup çalışılan tekstil terbiye işletmesinde çoğunlukla apre amaçlı kullanılmaktadır. Kurutmada yapılırken olduğu gibi apre yapılırken de yüksek debide hava kullanılmaktadır. Çok fazla enerji tüketen ramöz makinasına, mamul olacak her kumaş apre olmak için mutlaka girmektedir. Dolayısıyla apre yapılırken de bacagazı motorunun frekansını düşürerek Kurutma havasının debisi düşürülmek istenmiş ve sonuçlar incelenmiştir.

Çizelge 6.12. 11 Nolu Kumaş Bulguları

Kumaş No	Frekans (Hz)	Apre Hızı (m/dk)	gr/m	En (cm)	Atkı Çekmezlik	Çözgü Çekmezlik	Tuşe	Renk
11	45	30	260	145	-1, 5	-1	Problem Yok	
	40	30	262	144	-1, 5	-1		
	35	30	260	144	-1	-0, 5		
	28	30	263	144	-1, 5	-1, 5		
	25	27	260	145	-1	-0, 5		



Şekil 6.12. 11 Nolu Kumaş Hız-Frekans Değişim Grafiği

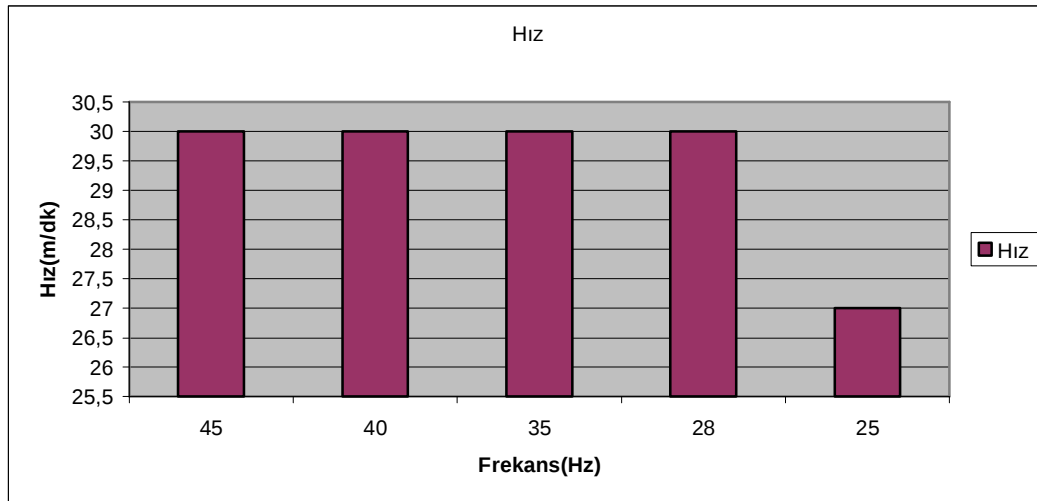
Şekil 6,12 de görüldüğü gibi 11 nolu kumaşta 45 hz frekansta hız 30 m/dk iken, kademeli olarak frekans azaltılmış ve 25 Hz'e düştüğünde kumaşta damlamalar (lekelenme) görülmüştür, apre işleminde bu bir kalite problemidir ve giderilmelidir. Kumaştaki bu lekeleri gidermek için kumaş geçiş hızı azaltılmalıdır. Bu çalışmada hız 27 m/dk'ya düşürüldüğünde problemin ortadan kalktığı görülmüştür. Ancak bu 25 Hz'lik frekansta ortaya çıkan 3 m/dk'lık üretim kaybı işletme için büyük bir kayıptır.

Bu nedenle 25 Hz yerine üretim parametrelerinin değişmediği 28 Hz'de çalışmanın daha uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

Diğer 6 adet kumaş numunelerine de aynı testler uygulandığında aynı sonuca ulaşılmıştır. Diğer kumaş numuneleri için sonuçlar çizelge 6.13-6.14-6.15-6.16-6.17 ve 6.18 de benzerdir.

Çizelge 6.13. 12 Nolu Kumaş Bulguları

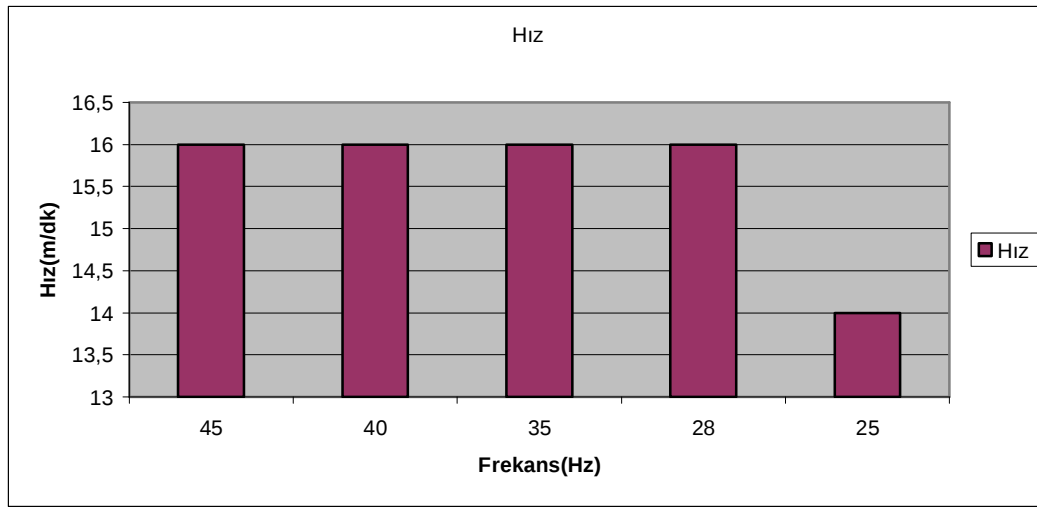
Kumaş No	Frekans (Hz)	Apre Hızı (m/dk)	gr/m	En (cm)	Atkı Çekmezlik	Çözümlü Çekmezlik	Tuşe	Renk
12	45	30	232	143	-1	-1, 5	Problem Yok	
	40	30	231	145	-1, 5	-1		
	35	30	232	145	-1	-1, 5		
	28	30	230	144	-0, 5	-1, 5		
	25	27	230	145	-0, 5	-1		



Şekil 6.13. 12 Nolu Kumaş Hız-Frekans Değişim Grafiği

Çizelge 6.14. 13 Nolu Kumaş Bulguları

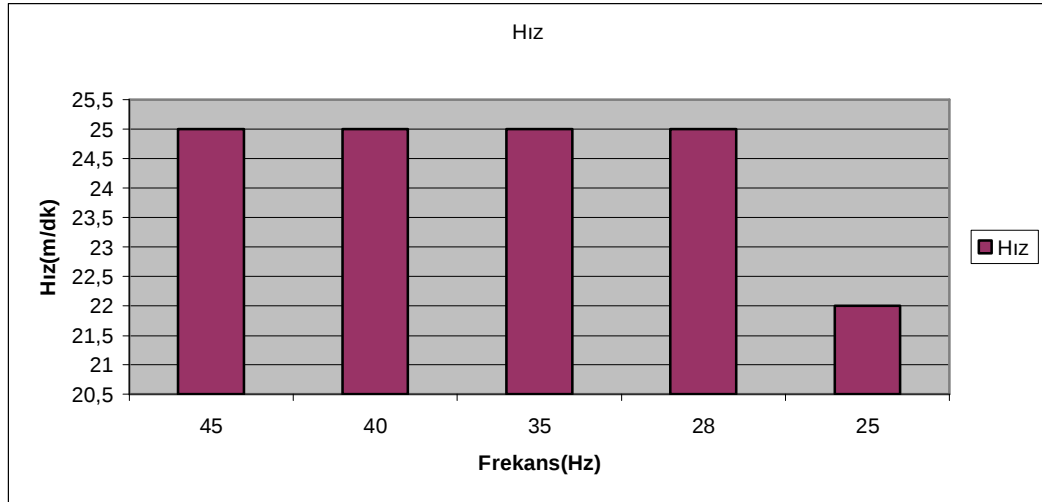
Kumaş No	Frekans (Hz)	Apre Hızı (m/dk)	gr/m	En (cm)	Atkı Çekmezlik	Çözümlü Çekmezlik	Tuşe	Renk
13	45	16	385	141	-2	-1	Problem Yok	
	40	16	387	142	-1, 5	-1, 5		
	35	16	390	141	-1, 5	-1, 5		
	28	16	386	140	-2	-1		
	25	14	385	140	-1	-0, 5		



Şekil 6.14. 13 Nolu Kumaş Hız-Frekans Değişim Grafiği

Çizelge 6.15. 14 Nolu Kumaş Bulguları

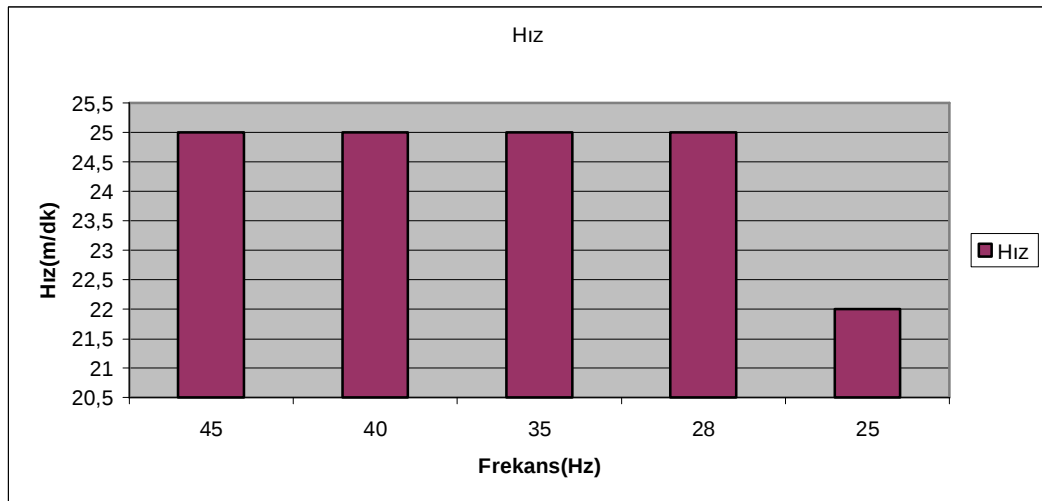
Kumaş No	Frekans (Hz)	Apre Hızı (m/dk)	gr/m	En (cm)	Atkı Çekmezlik	Çözümlü Çekmezlik	Tuşe	Renk
14	45	25	263	151	-3	-3	Problem Yok	
	40	25	260	150	-2, 5	-2, 5		
	35	25	260	153	-3	-3		
	28	25	264	151	-3	-2, 5		
	25	22	262	150	-1	-1		



Şekil 6.15. 14 Nolu Kumaş Hız-Frekans Değişim Grafiği

Çizelge 6.16. 15 Nolu Kumaş Bulguları

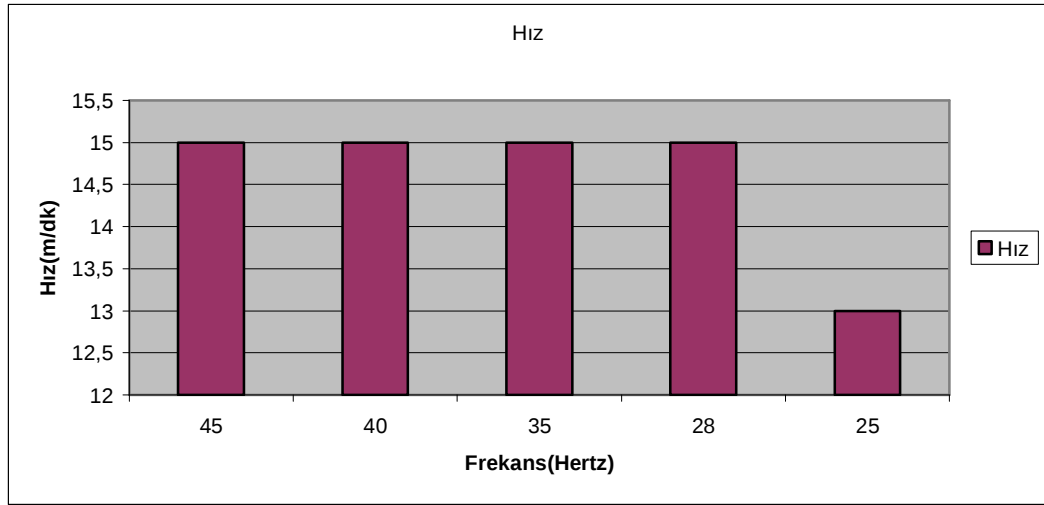
Kumaş No	Frekans (Hz)	Apri Hızı (m/dk)	gr/m	En (cm)	Atkı Çekmezlik	Çözümlü Çekmezlik	Tuşe	Renk
15	45	25	262	152	-3	-3, 5	Problem Yok	
	40	25	265	151	-3, 5	-2		
	35	25	264	153	-3	-3		
	28	25	260	152	-3	-3, 5		
	25	22	263	150	-3	-2		



Şekil 6.16. 15 Nolu Kumaş Hız-Frekans Değişim Grafiği

Çizelge 6.17. 16 Nolu Kumaş Bulguları

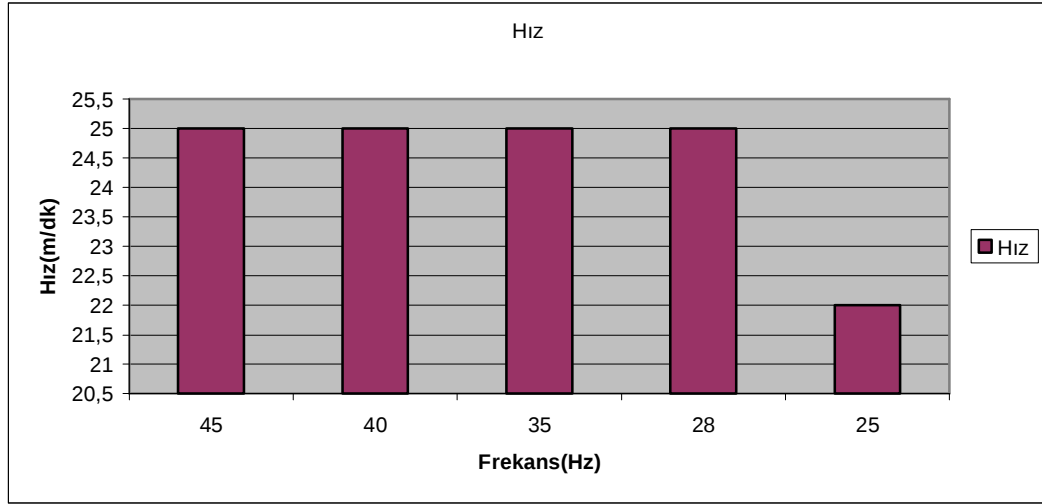
Kumaş No	Frekans (Hz)	Apre Hızı (m/dk)	gr/m	En (cm)	Atkı Çekmezlik	Çözümlü Çekmezlik	Tuşe	Renk
16	45	15	619	139	-2	-2	Problem Yok	
	40	15	620	138	-1, 5	-2		
	35	15	622	138	-2	-2		
	28	15	621	139	-2	-1, 5		
	25	13	622	138	-2	-1, 5		



Şekil 6.17. 16 Nolu Kumaş Hız-Frekans Değişim Grafiği

Çizelge 6.18. 17 Nolu Kumaş Bulguları

Kumaş No	Frekans (Hz)	Apre Hızı (m/dk)	gr/m	En (cm)	Atkı Çekmezlik	Çözümlü Çekmezlik	Tuşe	Renk
17	45	25	295	150	-1	-1	Problem Yok	
	40	25	300	150	-1	-1, 5		
	35	25	305	150	-0, 5	-1		
	28	25	295	151	-0, 5	-1		
	25	22	300	150	-1	-1		

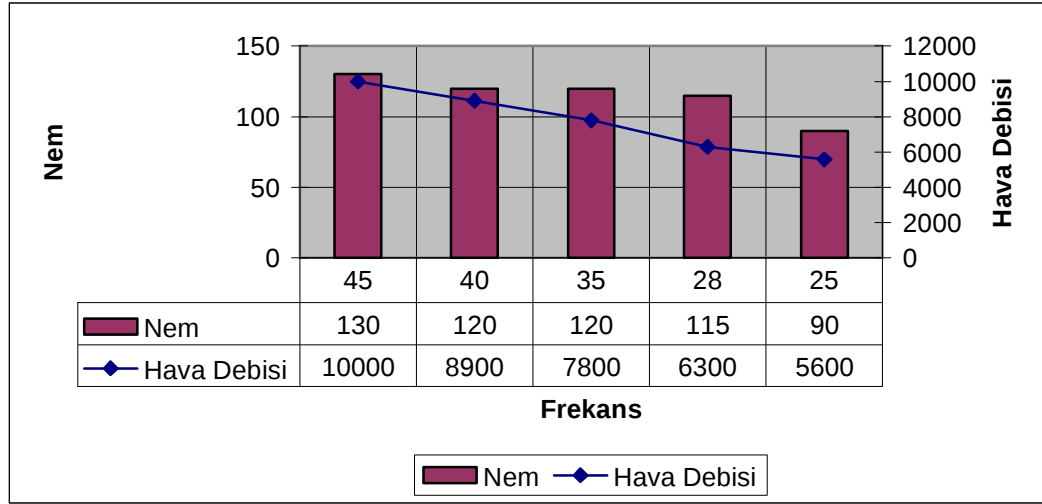


Şekil 6.18. 17 Nolu Kumaş Hız-Frekans Değişim Grafiği

Kurutmada olduğu gibi aprede de her frekans değişiminde atılan baca gazındaki nem miktarı ölçülmüş ve çizelge 6,19'daki sonuçlar elde edilmiştir. 25 Hertzde kumaşın tam kurumadığı ve ramözün içerisinde kalan fazla nemden dolayı damlama lekelerinin oluştuğu tespit edilmiştir. Makina imalat standartlarına göre bacagazında bulunması gereken nem miktarı 110-130 g su/kg kuru hava'dır. 45 Hertz de fazla kurutma yapıldığı görülmektedir. 25 Hertz de ise kurutmanın iyi yapılmadığı bacagazıyla beraber atılması gereken su miktarından çok daha az suyun dışarıya atıldığı yani kumaşın tam kurumadığı görülmektedir.

Çizelge 6.19. Aprede Frekansa Bağlı Baca Gazı Nem Miktarının ve Debinin Değişimi

Frekans (Hertz)	Baca Gazı Nem Miktarı g su/kg kuru Hava	Hava Debisi m ³ /saat
45	130	10000
40	120	8900
35	120	7800
28	115	6300
25	90	5600



Şekil 6.19. Frekansa Göre Baca Gazı Nem Miktarının Değişimi

Damlama probleminin başladığı frekansta problemi gidermek için hız 2-3m/dk azaltılmasını kumaş kurutma ve üretim kaybı açısından aşağıda incelenmiştir:

2 m/dk'lık hız kaybının işletmede yol açacağı üretim kaybı hesaplanabilir;

Bir günde;

$2 \text{ m/dk} \times 22,5 \text{ saat} \times 60 \text{ dk} = 2700 \text{ m}$

Bir ayda;

$30 \text{ gün} \times 2700 \text{ m} = 81000 \text{ m}$

Mali açıdan her bir metre kumaş tam minimum 1 \$ kar edildiğini düşünülürse 81000 \$ zarar edilmiş olur.

Termin açısından ise;

Apre yapan ramözün 20 m/dk ortalama hızla çalıştığını varsayılırsa, bir günde;

$20 \text{ m/dk} \times 22,5 \text{ saat} \times 60 \text{ dk} = 27000 \text{ m}$

2 m/dk hız kaybıyla günde 2700 m kayıp oluşur, dolayısıyla

$2700/27000 \times 100 = \%10$ luk her sipariş için termin gecikmesi yaşanır ki bunun da getireceği reklamasyonlar çok daha fazla olur.

Dolayısıyla üretim kaybı yaşamadan frekansı düşürmek çok önemlidir.

7. SONUÇ ve ÖNERİLER

Ülkemizin enerji kaynakları açısından dışa bağımlı bir ülke olması ve enerji kaynaklarımızın giderek azalmasına karşılık enerjiye olan ihtiyacımızın gün geçtikçe artması bizleri enerji tasarrufu ve geri kazanımı konusunda çok duyarlı olmaya çağırmaktadır.

Enerji yoğun çalışılan ve Türkiye sanayisinin önemli bir kısmını oluşturan tekstil sektöründe ısı geri kazanım sistemlerinin yanı sıra, enerji kaybını kısmen de olsa önlemek amacıyla bu çalışma yapılmıştır.

Tekstil mamulleri üretim sürecinde bir takım yaş işlemlere tabi tutulmakta ve bu nedenle değişik aşamalarda kurutulmaları gerekmektedir. Kumaş kurutma işleminde en çok kullanılan makina ramöz makineleridir. Bu makinalarda kumaş kurutma sistemi ısıtılan havanın kumaş üzerine püskürtülmesi ile yapılır. Ramözden çıkan sıcak hava bacalarla dışarı atılır

Kurutma işlemleri tasarlanırken işlemin hem ekonomikliğine hem de kurutulacak materyalin özelliklerinin bozulmamasına dikkat edilmektedir. Kumaş mamul olduğunda istenen renge, tuşeye ve test değerlerine göre kurutma ve apre işlemleri tasarlanmaktadır. Kumaşın istenen özelliklerde olması için ısı ve sıcaklık ramözde makina operatörü tarafından ayarlanırken, içeride dolaşan havanın debisi fan motoru ve baca gazı motoru tarafından ayarlanmaktadır. Hava debisini ayarlayan sistemler makina tarafından otomatik olarak ayarlanmaktadır.

Bu çalışmaya başlamadan önce biri sadece kurutma diğeri de sadece apre yapan iki farklı ramöz makinasında içerdeki havanın debisi ölçülmüş ve sonuçlar 10000-11000 m³/saat olarak bulunmuştur. Yani bir saat boyunca makinada 10000-11000 m³ hava ısıtılmakta ve dışarıya baca gazı olarak atılmaktadır. Makinaları yapan firmalar bu değerlerin normal olduğunu belirtmektedirler. Bu çalışmada üretim ve kalite şartlarını düşürmeden, debiyi azaltmanın yolları araştırılmış ve toplam 17 farklı kumaşla toplam 85 deney yapılarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

İstenen kalite şartlarına göre standartlaşan hız ve ısı değerlerinde havanın debisi ve baca gazı motorunun frekansı tespit edilmiş, ardından da kademe kademe

frekans dolayısıyla da frekansla doğru orantılı olarak havanın debisi düşürülmüştür. Her kademedede baca gazının nem miktarı ve havanın debisi ölçülmüştür. Azalan frekansa bağlı olarak kumaşın makinadan geçme hızı tespit edilmiş ve kumaş mamul ambara girene kadar izlediği tüm proseslerdeki hızlar, kalite değerleri, tuşesi, rengi ve test sonuçları takip edilmiştir, değerlendirilmiştir.

Çizelge 6.1-6.2-6.3-6.4-6.5-6.6-6.7-6.8-6.9-6.10-6.12-6.13-6.14-6.15-6.16-6.17-6.18’de görüleceği gibi belli bir değere kadar frekans azaltıldığında kumaşın üretim hızında ve kalitesinde hiçbir problem yaşanmazken, o değerden sonra kumaşta damlama lekeleri görülmeye başlanmış ve hız daha iyi bir kurutma yapmak için düşürülmüştür. Ancak hız düşürme damlama problemini ortadan kaldırmakla beraber ciddi üretim kaybına neden olduğundan hızı düşürmeye gerek kalmayan minimum frekans değeri önem kazanmaktadır. Damlama probleminin görüldüğü frekans değerleri önerilmemektedir.

Sonuç olarak;

Ramözde standart olarak kabul edilen 10000-12000 m³/saat hava debisi 6300 m³/saate kadar hiçbir kalite ve üretim kaybı olmadan düşürülebilmektedir.

- Havanın debisiyle doğru orantılı olarak daha az yakıt kullanılmakta ve daha az enerji harcanmaktadır..
- Havanın debisiyle doğru orantılı olarak bacadan atmosfere atılan hava aynı miktarda azalmakta ve daha az hava kirliliğine neden olmaktadır.

Bu çalışma tüm tekstil firmaları için, boya terbiye dairesinde en fazla enerji harcayan makinalardan biri olan ramöz makinasını daha etkin ve daha ekonomik kullanmaya yöneltecektir.

Öneriler;

Frekansta elde edilen azaltmanın enerji tasarrufunu sağladığı açıktır. Ancak doğal gaz sayaçları ramözlere yerleştirilerek bu tasarrufun ölçüsü net bir şekilde tespit edilebilir.

KAYNAKLAR

- AKARSLAN,F.,2002,<http://tez.sdu.edu.tr/Tezler/TF00492.pdf>
- ARAP,Ş.,2008,<http://www.google.com.tr/search?hl=tr&rlz=1T4GZAZ trTR322TR326&q=tekstilde+%C4%B1gk+makale&meta=&aq=f&oq=>
- CAN, M., 1995, Endüstriyel Atık Akışkanların Değerlendirilmesi ve Ülke Ekonomisine Katkısı, Ekoloji Dergisi, Ekim, Kasım, Aralık, Sayı:17.
- COŞKUN, S.,1993, Kurutma İşlemlerinde Isı Pompası ile Enerji Tasarrufu Sağlanmasının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- ÇATALTAŞ, İ.,1979, Kimya Mühendisliğine Giriş 2.
- ÇAY, A., 2004, Gergefli Kurutucuların Atık Havasından Isı Geri Kazanımı, Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Kesin Raporu, Proje No:2001-Müh-014
- ÇOBAN, S., 1999, Genel Tekstil Terbiyesi ve Bitim İşlemleri, Bornova/İzmir, s.39-44.
- DEMİRCAN,N.,DEMİR,K.,<http://www.mmoistanbul.org/yayin/tesisat/107/4/>
- E.İ.E,2002, Sanayide Enerji Yönetimi Esasları Cilt:1 1.2-Birincil Enerji Kaynakları Üretim ve Tüketimi.
- ERSÖZ, M.A, 13.07.2009, Baca Gazlarındaki Atık Isının, Isı Borusu İle Geri Kazanımının Deneyisel İncelenmesi, Sablon:60-66.
- http://kimyamuhendisi.com/arsiv/enerji/tekstil_sektorunde_enerji_tuketimi.pdf
- http://www.eie.gov.tr/turkce/en_tasarrufu/en_tas_etkinlik2004/yusuf%20korucu.doc
- http://www.kimyamuhendisi.com/arsiv/enerji_tekstil_sektorunde_enerji_tuketimi.pdf
- <http://www.tekrarbekleriz.com/968-tekstil-apre-islemleri.html>
- <http://www.veribaz.com/viewdoc.html?tekstil-sektorunde-enerji-tuketimi-ve-tuketimin-aylik-degisimi-374971.html>
- <http://www.yenifrm.com/archive/tekstilde-standartlarin-onemi-ve-testler-t57928.html>
- <http://www20.uludag.edu.tr/~aksel/KURUTMA.pdf>
- KARADENİZ, N.Y., COŞKUN, S., CAN, M., 2007.Tekstil Sanayinde Atık Isıdan Yararlanılarak Enerji Tasarrufunda Klasik Sistem ile Isı Pompasının

- Karşılaştırılması, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Dergisi, 12 (1):115-124.
- KAYA,G.,GÜNGÖR,C.,http://www.mmo.org.tr/resimler/ekler/988c7f88ebcb58c_ek.pdf?dergi=45
- KOÇ, E., KAPLAN, E., 2008, Tekstil Terbiye İşletmelerinde Enerji Kullanımı-Genel Değerlendirme, Tekstil ve Mühendis Dergisi, 14 (65), 39.
- Monforts Firmasına Ait Teknik Dökümanlar.
- National Energy Policy 2001, report of the National Energy Policy Development Group, US Government Printing Office, Washington, DC 20402-001.
- OĞULATA, T., DOBA, F., 1996, Çapraz Akımlı Bir Isı Değiştirgecinin Teorik ve Deneysel Analizi, PAÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2 (3).
- _____, T., DOBA, F., 1999, Tekstil İşletmelerinde Nem Yalıtımı, IV.Ulusal Tesisat Kongresi ve Sergisi, TMMOB, İzmir.
- PULAT, E., Tekstil Endüstrisi Kurutma Sistemlerinde Enerji Tüketimi ve Tasarrufu, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniv., Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 1990.
- ROUETTE, K., 1995, Lexikon für Textilveredlung, Lauman-Ferlag, Dülmen.
- ŞAHAN, A.M., 2000, HVAC Uygulamalarında Isı Geri Kazanımı, Tesisat Mühendisliği, Şubat, Syf40-51.
- _____,A.M., 2003, Isı Geri Kazanım Eşanjörlerinin Geri Kazanım Opsiyonları, MMO Tesisat Mühendisliği Dergisi, Cilt No:78.
- _____,A.M., http://www.mmo.org.tr/resimler/ekler/415085f5d1239f8_ek.pdf
- ŞEKKELİ,M.,VEARKADAŞLARI,http://www.emo.org.tr/ekler/c87169969bfa0fe_ek.pdf
- TARAKÇIOĞLU, 1984. Tekstil Terbiye İşletmelerinde Enerji Tüketimi ve Tasarrufu. Uludağ Üniversitesi Basımevi.Bursa.
- TELLİ, Z., K., 1997, Termodinamik, Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Yayın No:19, Isparta.
- ÜNAL, E., 1999. Nem Tutucuların Özelliklerinin ve Ekonomikliğinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- ÜNLÜ,C.,<http://www.mmoistanbul.org/yayin/tesisat/108/4/>

YAKARTEPE, Z., TKAM, Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Merkezi, Cilt, 6, 7, 8, 9, 1995.

ÖZGEÇMİŞ

02/02/1975 yılında Adana’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Adana’da tamamladı. 1991 yılında başladığı İ.T.Ü Tekstil Mühendisliği bölümünden 1996 yılında mezun oldu, aynı yıl Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği bölümünde yüksek lisansa başladı fakat ailevi nedenlerden dolayı tez aşamasında bıraktı. 2009 yılında çıkan aftan faydalanıp teze tekrar başladı. 1996-1998 yılları arasında Mensa-Ham Kalite Kontrol ve Proses Kontrol Şefliği, 1998-2003 yılları arasında Güney Sanayi-Güney Giyim-Kalite Kontrol, Mamul Ambar ve Sevkiyat Şefliği, 2003 yılından itibaren de Kimteks Tekstilde önce Boya Terbiye-Dokuma Planlama Şefliği, ardından da Proses Kontrol-Verimlilik-Enerji Yöneticiliği-Stok Kontrol-Maliyet Muhasebesi bölümlerinin şefliğini yapmaya başlamıştır. Bir çocuk annesidir.