

İstanbul Sanayi Odası - İstanbul Teknik Üniversitesi  
Doktora / Yüksek Lisans  
Tezlerine Sanayi Desteği Projesi



# PAMUKLU KUMAŞLARIN İNK JET BASKISINDA HATA BELİRLEME VE GİDERME



"10. Grup Triko ve Örme Kumaş Sanayii ile  
16. Grup İç Giyim Sanayii Meslek Komiteleri"  
adına desteklenmiştir



İSTANBUL  
SANAYİ ODASI

İstanbul Sanayi Odası - İstanbul Teknik Üniversitesi  
Doktora / Yüksek Lisans Tezlerine Sanayi Desteği Projesi

# Pamuklu Kumaşların İnk Jet Baskısında Hata Belirleme Ve Giderme



Kısaltılmış Doktora Tezi

Araştırmacı  
Yük. Müh. **Berdan Kalav**

1. Danışman  
Prof. Dr. **Habip Dayıoğlu**

2. Danışman  
Doç. Dr. **Renzo Shamey**

AnabilimDalı: Tekstil Mühendisliği  
Programı: Tekstil Mühendisliği

**İSO Yayın No:** 2011/3

**ISBN:** 978-9944-60-871-8 (BASILI)

**ISBN:** 978-9944-60-872-5 (ELEKTRONİK)

**Sertifika no:**19176

**Pamuklu Kumaşların İnk Jet Baskısında Hata Belirleme Ve Giderme,  
İstanbul Sanayi Odası, İstanbul**

Tasarım ve Uygulama:

**Mürettebat Reklamcılık ve İletişim Hizmetleri Ltd. Şti.**

Badem11 Villa16 Bahçeşehir

34538, İstanbul

Tel: (212) 608 06 08

Faks: (212) 608 16 03

[www.murettebat.com.tr](http://www.murettebat.com.tr)

Tüm Hakları Saklıdır. Bu yayındaki bilgiler ancak kaynak gösterilmek suretiyle kullanılabilir.

Bu çalışma; İstanbul Sanayi Odası ile İstanbul Teknik Üniversitesi arasında, sanayi-üniversite işbirliğinin geliştirilmesi ve akademik çalışmaların ekonomik kalkınmaya katkısının artırılması amacıyla başlatılan "İSO-İTÜ Doktora / Yüksek Lisans Tezlerine Sanayi Desteği" projesi kapsamında yayınlanmıştır.

Üniversitede doktora ve yüksek lisans tezlerini yürüten araştırmacıların desteklediği proje ile üniversite ve sanayinin gündemini buluşturarak, ticari ürüne dönüştürülen bilimsel araştırma ve patent sayısının artmasına, küresel rekabet gücümüzün gelişmesine katkıda bulunulması hedeflenmektedir.

Proje kapsamında, üniversitede hali hazırda yürütülen doktora/yüksek lisans tez/tezleri arasından uygun bulunanlar ile Meslek Komitelerimizin sektörel ihtiyaçları doğrultusunda belirlediği konulardaki akademik çalışmalara destek verilmektedir.

İstanbul Sanayi Odası 10. Grup Triko ve Örme Kumaş Sanayii ile 16. Grup İç Giyim Sanayii Meslek Komiteleri adına desteklenen bu çalışmanın sanayinin ihtiyaçlarına yanıt verecek şekilde hayata geçirilmesine yönelik katkılarından dolayı Tez Değerlendirme Komitesi üyelerimiz olan;

İrfan Özhamaratlı (Hamaratlı Tekstil Konfeksiyon),

Ekrem Akyiğit (Bwb Tekstil Konfeksiyon),

İzzet Taner Akkan (Hamaratlı Tekstil Konfeksiyon),

Özgül Özkan'a (İPAŞ İplik Sanayii) teşekkür ediyoruz.

Başta araştırmacı olmak üzere, araştırmacıya danışmanlık yapan öğretim üyesi ve Değerlendirme Komitesi'nin katkılarıyla oluşturulan ve sanayi-üniversite işbirliğinin işlevsel ve somut bir çıktısı olan bu çalışmanın sektöre fayda sağlamasını ümit ediyoruz.

Saygılarımızla,  
İstanbul Sanayi Odası



<b>İÇİNDEKİLER</b>	<b>5</b>
<b>ÖNSÖZ</b>	<b>7</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b>	<b>9</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b>	<b>10</b>
<b>ÖZET</b>	<b>11</b>
<b>1. TEKSTİL ENDÜSTRİSİNDE YAPAY ZEKA UYGULAMALARI</b>	<b>13</b>
1.1 Giriş	13
1.2 Yapay Zeka	13
1.3 Uzman Sistemler	13
1.3.1 Uzman Sistemlerin Avantajları ve Dezavantajları	14
1.3.2 Tekstil Endüstrisinde Uzman Sistemler	16
1.3.3 Boya ve Terbiyede Uzman Sistemler	16
1.3.4 İplik ve Kumaş Üretiminde Uzman Sistemler	17
1.4 Bulanık Mantık	17
1.5 Yapay Sinir Ağları	17
<b>2. TEKSTİLDE İNK JET TEKNOLOJİSİNİN KULLANIMI</b>	<b>19</b>
2.1 Giriş	19
2.2 Geleneksel Şablon Baskı Endüstrisine Genel Bakış	20
2.3 İnk Jet Baskının Tarihçesi	22
2.4 İnk Jet Baskı Teknolojileri	23
2.4.1 Kesiksiz İnk Jet (Continuous Ink Jet CIJ) Teknolojisi	23
2.4.2 Kesikli (Drop-on-Demand DOD) İnk Jet Teknolojisi	24
2.4.2.1 Piezoelektrik İnk Jet (PIJ) Teknolojisi	24
2.4.2.2 Termal İnk Jet (TIJ) Baskı Kafaları	25
2.4.3 Diğer İnk Jet Teknolojileri	26
2.5 İnk Jet Baskıda Kullanılan Mürekkepler	26
2.5.1 Asit Boyarmaddeler	28
2.5.2 Direkt Boyalar	28
2.5.3 Reaktif Boyalar	28
2.5.4 Dispers Boyalar	30
2.5.5 Pigmentler	30
<b>3. PAMUKLU KUMAŞLARIN İNK JET BASKISINDA KARŞILAŞILAN PROBLEMLER</b>	<b>33</b>
3.1 Pamuk Lifinin Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri	33
3.2 İplik ve Kumaş Üretimine Genel Bakış	35
3.3 Ön terbiye İşlemlerine Genel Bakış	36
3.4 İnk Jet Baskıda Ön Hazırlık İşlemi	36
3.5 İnk Jet Baskıda Ard İşlemler	38
3.6 Pamuğun İnk Jet Baskısında Karşılaşılan Hatalar	39
3.6.1 Pamuk Lifinden Kaynaklanan Hatalar	39
3.6.2 İplikten Kaynaklanan Hatalar	40
3.6.3 Kumaştan Kaynaklanan Hatalar	41
3.6.4 Önterbiyeden Kaynaklanan Hatalar	42
3.6.4.1 Yakma (Gaze) İşlemi Esnasında Karşılaşılan Hatalar	42
3.6.4.2 Haşıl Sökmede Karşılaşılan Hatalar	43

3.6.4.3 Hidrofilleştirmede Karşılaşılan Hatalar	44
3.6.4.4 Ağartmada Karşılaşılan Hatalar	45
3.6.4.5 Mersevizasyonda Karşılaşılan Hatalar	47
3.6.5 İnk Jet Baskıda Karşılaşılan Hatalar	48
<b>4. SONUÇ</b>	<b>24</b>
<b>KAYNAKLAR</b>	<b>57</b>
<b>EK 1</b>	<b>64</b>
<b>EK 2</b>	<b>65</b>
<b>EK 3</b>	<b>66</b>
<b>EK 4</b>	<b>67</b>
<b>EK 5</b>	<b>68</b>
<b>EK 6</b>	<b>69</b>

Uzman sistemler, temelde bilgisayar yazılımları olup belirli bir alandaki problemleri çözmek amacıyla geliştirilmektedirler. Bu tip yazılımlar, kendi alanlarında uzman olan kişilerin problemleri çözme yöntemleri esas alınarak ve bir anlamda taklit edilerek geliştirilmektedir. Bu tip yazılımlara ihtiyaç duyulmasının temel sebepleri, bilgiye erişimin kolaylaştırılması, dolayısıyla bir problem çözümünün hızlandırılabilmesi, uzman kişilerle karşılaştırıldığında düşük maliyetli olması, ve süreklilik arz etmesi olarak sayılabilir.

Tekstil sektörünün çeşitli alanlarında uzman sistemleri de içeren yapay zeka uygulamaları gerçekleştirilmiştir. İnk jet teknolojilerinin, tekstil sektöründe, özellikle Türkiye'deki baskı sektöründeki kullanımı nispeten yeni olmasına rağmen, bu teknoloji gittikçe yaygınlaşmaktadır. Bununla birlikte bu alandaki uzman kişilerin sayısı diğer tekstil sektörlerindekiyle göre pek fazla değildir. Bu sebeplerden dolayı bu çalışmanın sektöre katkıda bulunacağı öngörülmektedir.

Baskı konusunda çalışmaya teşvik eden, süreç boyunca düşünce ve desteğini esirgemeyen başta danışmanım Sayın Prof. Dr. Habip DAYIOĞLU'na teşekkür etmeyi bir borç bilirim. Ayrıca, Kuzey Carolina Eyalet Üniversitesi (North Carolina State University), Tekstil Mühendisliği, Kimyası ve Tekstil Bilimleri Bölümünde (Textile Engineering, Chemistry & Science) öğretim üyesi olan, ikinci danışmanım Sayın Doç. Dr. Renzo SHAMEY'e de uzman sistemler alanındaki çok değerli yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Projeye ilgileri, destekleri ve yardımlarından dolayı İstanbul Sanayi Odası'na; çalışmanın önemli bir ayağı olan anket uygulaması ve bir çok konuda yardımlarını esirgemeyen Sayın İrfan ÖZHAMARATLI başta olmak üzere ISO 10. Grup Triko ve Örme Kumaş Sanayii ile 16. Grup İç Giyim Sanayii Meslek Komitelerinin Sayın Üyelerine teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

2011

**Yük. Müh. Berdan Kalav**





## TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1: Pamuklu kumaşlara reaktif boya ile dijital baskı işlemi.	29
Tablo 2.2: Baskı kafası tipi ve mürekkep uyumu.	31
Tablo 3.1: Pamuğun yapısında bulunan maddeler	34
Tablo 3.2: Pamuk lifinde bulunan metaller	34
Tablo 3.3: Reaktif ink jet baskıda ön hazırlık çözültisi reçetesi	37
Tablo 3.4: Pamuklu kumaşlara yapılan art işlemler	39
Tablo 3.5: Haşıl Maddelerinin özellikleri ve uzaklaştırma yöntemleri	43

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1: Uzman sistemin temel bileşenleri.	14
Şekil 2.1: Baskı kafası teknolojileri	20
Şekil 2.2: Geleneksel baskı metotlarında kullanılan lif tipleri	20
Şekil 2.3: Geleneksel baskıda kullanılan boyarmadde tipleri	21
Şekil 2.4: Bölgelere göre tekstil baskı yüzdeleri	21
Şekil 2.5: Dijital baskıda kullanılan belli başlı renklendiriciler	27
Şekil 3.1: Selülozun moleküler yapısı	33
Şekil 3.2: Pamuğa baskı öncesi ve sonrasında uygulanan terbiye işlemleri	42
Şekil 3.3: Neden-Sonuç diyagramı	49
Şekil 3.4: Neden-Sonuç diyagramında ana faktörlerin dizilimi	50
Şekil 3.5: Kafa Sürmesi	51
Şekil 3.6: Renksiz bölge ve mürekkep damlası	52
Şekil 3.7: Bant oluşumu	53
Şekil 3.8: Boya akması	53

**PAMUKLU KUMAŞLARIN İNK JET BASKISINDA HATA BELİRLEME VE GİDERME**

Tekstil üretiminde karşılaşılan parametreler çok değişkendir. Bu parametrelerin ürün özelliklerini ne şekilde etkilediği kesin olarak ortaya konamamıştır. Ayrıca tekstil endüstrisinde teknolojinin ilerlemesiyle birlikte yeni değişkenler de ortaya çıkmakta ve bu değişkenlerin yol açabileceği yeni hatalar da ortaya çıkabilmektedir. Hata belirleme ve giderilmesinde son yıllarda bilgisayar yazılımlarından yararlanılmaktadır. Bu konuda öne çıkan yazılımların başında yapay zeka alanındaki uygulamalar gelmektedir. Yapay zeka uygulamalarından birisi olan uzman sistemler, uzman kişilerin, kendi tecrübelerine dayanarak uyguladığı problem çözme yöntemlerine benzer yaklaşımlarla problemleri çözmeye çalışan bilgisayar yazılımlarıdır. İnk jet baskı, tekstil endüstrisinde diğer baskı teknolojilerine göre yeni bir renklendirme yöntemidir ve üretim aşamasında hatalarla sıklıkla karşılaşılabilmektedir. Bu çalışmada, uzman sistem geliştirilerek, pamuklu kumaşların ink jet baskısında karşılaşılan hataların belirlenmesi ve çözümü öngörülmektedir. Bu hataların bir kısmı baskı esnasında olduğu gibi bir kısmı da baskı öncesinde, kumaşın üretimi esnasında da ortaya çıkabilmektedir. Bu sebeple, hata analizleri yapılırken lif üretiminden başlayan ve baskı işlemine kadar olan süreç incelenmiştir. Yazılım geliştirilirken, ink jet konusunda, geniş bir literatür çalışmasının yanında uzman kişilerle görüşülmüş ve belirli hatalar saptanmıştır. Bu hataların giderilmesine yönelik bazı öneriler sunulmuştur.



## 1. TEKSTİL ENDÜSTRİSİNDE YAPAY ZEKÂ UYGULAMALARI

### 1.1 Giriş

Tekstil endüstrisi üretimde birçok değişkenle birden mücadele etmektedir. Ancak bu değişkenler ve üretim özellikleri arasındaki ilişki hala kesin olarak ortaya konmuş değildir. Bunun önde gelen sebeplerinden bazıları hammadde olarak kullanılan malzemelerdeki özelliklerin çok değişken olması, çok basamaklı üretim süreçleri, işlem parametrelerinin etkin bir biçimde kontrol edilememesi olarak sıralanabilir.

Yapay zekâ, tekstilde karşılaşılan karmaşık problemleri çözmek amacıyla araştırmacılar tarafından geçtiğimiz yüzyıl içerisinde uygulanmaya başlanmıştır. Tekstilde yapay zekâ alanındaki ilk uygulamalar bilgi tabanlı uzman sistemler, bulanık mantık ve yapay sinir ağlarıdır.

### 1.2 Yapay Zekâ

Yapay zekâ, genel bir ifadeyle, insan zekâsını taklit eden bilgisayar programı olarak tanımlanabilir. İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra bir grup bilim insanı birbirinden bağımsız olarak akıllı makineler üzerinde çalışmaya başlamıştır. İngiliz matematikçi Alan Turing bu konuda çalışan ilk bilim insanı olarak değerlendirilebilir. Turing, akıllı makine icat etmek yerine, bunları programlamak gerektiğini savunmuştur. 1950'lerin sonuna doğru, birçok araştırmacı yapay zekâ alanında araştırmalar yapmakta ve birçoğu araştırmalarını bilgisayar programları üzerine inşa etmekteydi. Bir makinenin zeki olup olmadığının anlaşılması için Turing, 1950 yılında yazdığı bir makalede bir metod önermiştir [1]. Bu metoda göre gözlemci, görüş alanı dışındaki bir makine ve bir insanla soru - cevap şeklinde iletişime geçer. Burada iletişim, sesli değil, bir klavye ve ekran yardımıyla gerçekleşmektedir. Böylece, gözlemcinin hangisinin insan olduğunu bulması istenir. Eğer bu konuda tutarlı bir cevap alınamazsa makine testi geçmiş yani zeki sayılır.

Yapay zekâ uygulamalarının ticari alandaki başarıları tekstil endüstrisini de etkilemiş ve bu alanda araştırmalar yapılmasına ön ayak olmuştur [2].

### 1.3 Uzman Sistemler

Uzman olarak tanımlanan kişiler, bir konuya özel problemleri çözebilen kişilerdir. Bu becerileri tecrübelerinden ve uzmanlık alanlarındaki detaylı bilgi birikiminden kaynaklanmaktadır. Bilgisayar tabanlı uzman sistemler ise, uzman kişilerin bilgi birikimlerini ve problemleri çözme yöntemlerini taklit ederek sonuca ulaşmaktadır. Uzman sistemler, temelde bir bilgisayar programı olup, uzman kişilerden elde edilen bilgi (kural tabanlı uzman sistemler) veya oluşturulan veritabanı sayesinde (vaka tabanlı uzman sistemler), geliştirildiği alanda, kullanıcıya tavsiyelerde bulunabilen veya alanıyla ilgili karar verebilen sistemlerdir.

Kural tabanlı uzman sistemlerde, bilgi sistem içerisinde çok iyi bir biçimde yapılandırılmıştır. Birden fazla bilgi arasındaki ilişki ortaya konularak kurallar oluşturulur. İlişkiler, şartlı önermelerle ortaya konmaktadır. Bu önermelerin genel şekli, IF (şart), THEN (eylem), UNLESS (istisna), ve BECAUSE (neden) olarak ifade edilebilir. AND (ve), OR (veya) gibi işlemcilerle daha fazla kurallar oluşturulabilir. Matematik formülleri ve algoritmalar da kurallara eklenebilir [3, 4].

Kural tabanlı uzman sistemler, Java, C veya C++ gibi konvansiyonel programlama dilleri ile geliştirilebildiği gibi, Lisp Prolog gibi özel programlama dilleri ile de geliştirilebilir. Alternatif olarak, uzman sistem geliştirmek amacıyla üretilmiş programlama dilleri de kullanılabilir. Örneğin, CLIPS (C Language Integrated Production System) [5] kural tabanlı bir dil olup NASA Johnson Uzay Merkezi tarafından geliştirilmiş ücretsiz bir yazılımdır.

Vaka tabanlı uzman sistemlerde [6-8] bilgi, soyut kurallar şeklinde değil, daha önceden meydana gelmiş örnek olaylar şeklinde saklanmaktadır. Bu örnek olaylar, başarıyla veya başarısızlıkla sonuçlanmış olaylar olabilir. Vaka tabanlı uzman sistemler de tıpkı kural tabanlı olduğu gibi klasik programlama dilleri veya özel programlama dilleri ile kodlanabilir.

Bir uzman sistemin temel bileşenleri Şekil 1.1'de gösterilmiştir [6-8]. Her bir bileşen belli bir amaca hizmet etmektedir:

**Bilgi tabanı:** Belli bir problem hakkındaki gerçekler, kurallar ve bilgileri içerir. Uzman sistemin geliştirildiği uygulama alanı içinde bilgi birden fazla biçimde ifade edilebilir. Çalışma hafızası olarak da adlandırılabilir. Bazı sistemler nesne tabanlı bilgi temsiliyle birlikte IF - THEN kurallarını da kullanabilmektedir.

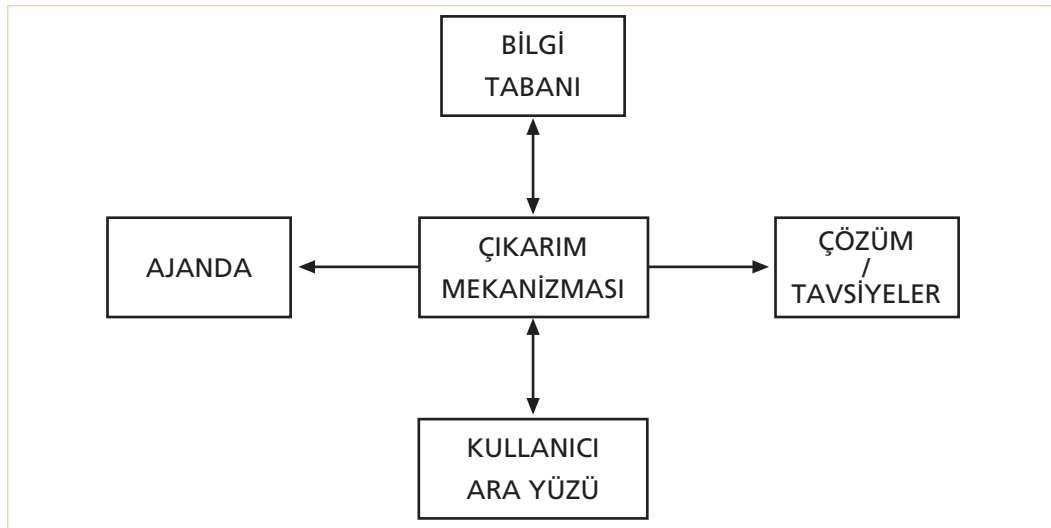
**Çıkarım mekanizması:** Kullanıcı tarafından sağlanan bilgiyle birlikte, bilgi tabanı içerisinde oluşturulmuş kuralları ve gerçekleri inceleyen ve kullanan mantıksal programdır. Gerçekler (facts) ve kurallar (rules) arasındaki ilişkileri, tanımlanan problem açısından değerlendirip, problemin çözümüne yönelik kuralları arayıp, bu kuralları öncelik sırasına göre birer birer uygular. Sistem tasarımcısının doğrudan ulaşımına kapalı olup, tasarımcının kullandığı sistem içerisinde yapılandırılmıştır.

**Ajanda:** Çıkarım mekanizması tarafından öncelik sırasına göre dizilmiş ve tanımlanan gerçekler tarafından aktive olmuş kuralları içerir.

**Kullanıcı ara yüzü:** Kullanıcıyla iletişimi sağlar. Ara yüz genellikle uzman sistemin teknolojisinin bir kolu değildir. Bu sebeple geçmişte geliştirilen sistemlerde çok önem verilmemiştir. Ancak, kullanıcı ara yüzünün, kullanım esnasında sağladığı kolaylıklar açısından kritik öneme sahip olduğu anlaşılmıştır.

**Çözüm / Tavsiyeler:** kullanıcı ara yüzü sayesinde kullanıcı tarafından sağlanan problem ile ilgili bilgiler ışığında oluşturulan çözümün kullanıcıya sunulduğu alandır.

**Kullanıcı:** Bir konuyla ilgili belli problemleri olan ve uzman sistem tarafından bu problemleri çözmek isteyen kişidir.



Şekil 1.1 Uzman sistemin temel bileşenleri

Bunlarla birlikte, uzman sistem geliştirilmesi, problem seçimi, bilgi eldesi, bilgi temsili, programlama, test ve değerlendirme safhalarından oluşmaktadır.

### 1.3.1 Uzman Sistemlerin Avantajları ve Dezavantajları

Bilgi tabanlı uzman sistemler klasik bilgisayar programlarından 4 ana konuda ayrılırlar [12-18]. Bunlar:

- Programın ana yapısıyla, problem çözümü için gerekli bilgi birbirinden ayrılmıştır.
- Klasik programlar, program kodlarını art arda yerine getirirken, uzman sistemler kuralları yerine getirir ve onları herhangi bir sırada işleme alır.
- Uzman sistemler, veride veya tam kesinlik olmadan da çalışabilir.
- Birden fazla çözüm üretebilir.

Klasik programlamanın tersine, uzman sistemlerde bilgi tabanı ve çıkarım mekanizması birbirinden ayrılmıştır. Bu nedenle ortaya çıkan avantajlar şu şekilde sıralanabilir:[12-18]

- Çıkarım mekanizması, uzman sistemin alanına ait bilgiler çıkarıldıktan sonra, başka uygulamalar için de kullanılabilir.
- Çıkarım mekanizması değiştirilerek, bilgi başka bir şekilde kullanılabilir.
- Kural alanlarının ayrılmış olması, programa açıklama yapabilme yeteneğini kazandırır. Uzman sistemin bu özelliği şeffaflık olarak tanımlanır ve bu şekilde uzman sistem önemli ölçüde kullanıcı dostu bir program olabilir.
- Ayrık bilgi tabanları sayesinde, kendi kurallarının tutarlılığını kontrol edebilen sistemler tasarlanabilir, kurallar modifiye edilebilir, yeni kurallar eklenebilir.

Uzman sistemlerle uzman kişiler kıyaslandığında, uzman sistemlerin önemli avantajlar ön plana çıkmaktadır.

- Uzman kişilerin düşünme ve muhakeme yöntemlerini taklit edebilir.
- Bilginin gerektiğinde değiştirilebilmesini kolaylıkla yerine getirir.
- Çözümlerin yorumlanması ve şeffaflık kullanıcı ile etkileşimi daha kolay hale getirir.
- Otomatik öğrenme tekniğiyle, bilgi otomatik bir biçimde doğrudan deneysel verilerden ve gerçek zamanlı örneklerden elde edilebilir.
- Belirsiz, net olmayan bilgiler program içerisinde işlenebilir.
- Kayıp veri miktarında azalma ve verilerin daha iyi toplanması.
- Çalışanların eğitim masraflarında azalma.
- İnsan hatalarının azalması,
- Uzman kişilerin atladığı hataları daha detaylı inceleme.
- Birden fazla uzman kişilerin zekâsını bir araya getirebilme.
- Süreklilik.

Birçok açıdan avantajlı olmasına rağmen bazı noktalarda, uzman sistemler, yetersiz kalabilmektedir. Bunlar:

- Bazı karar verme aşamasında gerekebilen, insanların sağduyu özelliğine sahip olamama.
- Olağan dışı durumlarda, uzman kişilerin verebileceği yaratıcı cevaplardan yoksun olma.
- Esnek olmaması ve değişen ortamlara adapte olamaması,
- Cevap verilemediği durumları algılamada zorluk yaşanması,
- Tecrübelerden çok az bilgi edinebilme.
- Doğrulamada zorluklarla karşılaşılması



- İnsanlara has sağduyu özelliğinin olamaması
- Geliştirilmesi pahalı ve zaman alıcı,
- Birçok durumda elde etmesi zor olan çok büyük sayılarda eğitim örnekleri.

Uzman sistemlerin yetersiz kaldığı çeşitli noktalar olsa da, birçok alanda başarılı olmuş ve çok önemli uygulamalarda kullanılmışlardır.

### 1.3.2 Tekstil Endüstrisinde Uzman Sistemler

Tekstil endüstrisinde kullanılan hammadde çeşitliliğinin fazla olmasının yanında, pamuk gibi doğal liflerin yetiştiği bölge, toprak ve iklim şartlarının da pamuk kalitesini etkilemesiyle birlikte kalite problemleriyle karşılaşma kaçınılmazdır. Bu tip problemleri çözme konusunda karşılaşılan ihtilafli durumlarda başvurulacak uzman sayısının yeterli olmaması ve elde edilen sonuçların nesnellüğünün de tartışılır olması, çözüm konusunda bilgisayar desteğinden yararlanmayı beraberinde getirmiştir. Bu tip çözümlerden biri olan uzman sistemler, ön terbiye, boya, baskı ve terbiye gibi tekstil alanındaki farklı disiplinleri bir araya getirerek, problem çözmede gerekli en iyi yolu sunabilmektedir. Uzman sistemler, tekstilin birçok alanında başarılı bir biçimde uygulanabilmektedir.

Uzman sistemler endüstriyel kumaşların tasarımında başarıyla kullanılmıştır. Kuzey Carolina Eyalet Üniversitesi'nde geliştirilen bu sistem, endüstriyel dokuma kumaşların tasarım süreçlerinde yardımcı olmak amacıyla geliştirilmiştir. Tasarımcı sistemi kullanarak kişinin istediği kumaşın özelliklerini karşılayacak iplik ve kumaş yapılarını bulmaktadır. Sistem endüstriyel kumaşlardan oluşturulmuş bir veri tabanını tarayarak kişinin istediği özellikte kumaşı bulmaya çalışmaktadır. Bire bir eşleme yapılamadığı takdirde sistem veritabanında kayıtlı en yakın kumaşı, müşterinin istediği özelliklere en uygun biçimde yeniden tasarlamaktadır. Eğer sistem bunu da gerçekleştiremezse, kumaşın üretimi için gerekli tüm tasarım sürecini yeniden sentezlemektedir [19].

Tekstil Teknoloji Enstitüsü (The Institute of Textile Technology), dokuma makineleri sanayisi ile ortak bir projede TEXTPERT adında bir uzman sistem geliştirmiştir. Sistem, aşırı oranda çözümlü ve atkı kopuşlarından kaynaklanan duruşlarda, kalite problemlerinde, mekanik ve elektrik problemlerinde teknisyene yardımcı olmak amacıyla kullanılması amaçlanmıştır. TEXTPERT ayrıca makina parçalarının grafik resimlerini de içermekte, böylece çözümün grafiksel olarak da kullanıcıya aktarımı sağlanmaktadır [20].

### 1.3.3 Boya ve Terbiyede Uzman Sistemler

Sandoz tarafından geliştirilen Wooly, yün boya ve terbiyesinde gereken önemli kimyasal ve fiziksel verileri sağlayan bir uzman sistemdir. Böylece teknisyen örnek boyamalara veya renk kartelalarına bakmaya gerek duymaksızın program yardımıyla gerekli bilgileri elde etmektedir. Ürün verileri ve uygulama prosedürleri böylece daha kolay erişebilir hale gelmiştir[21-22].

CIBA tarafından geliştirilen Pre-matic pamuklu kumaşların ağartılmasında, BASF tarafından geliştirilen BAFAREX pamuk ve pamuk polyester karışımlarının küp ve dispers boyama reçetelerinin oluşturulmasında, yine BASF tarafından geliştirilen OPTIMIST boyama işleminin optimizasyonunda, SANDOZ tarafından geliştirilen TEXTPERTO tekstil terbiye reçetelerinin oluşturulmasında kullanılmıştır [23-26]. Ayrıca CIBA tarafından geliştirilen CALOPOCA ve Datacolor International tarafından geliştirilen SMARTMATCH renk tutturmada boya teknisyenlerine yardımcı olmak amacıyla geliştirilmiştir [27-49].

Son yıllarda, pamuklu örme, dokuma ve bobinlerin ön terbiyesinde ve direkt, reaktif, küp, sülfür ve azo boyarmaddelerle boyanmasında ortaya çıkan hataları çözmeye yönelik bir uzman sistem geliştirilmiştir. Heriot - Watt Üniversitesi'nde geliştirilen bu sistem 4500'den fazla kural

içermekte ve 100'den fazla hatanın çözümüne yönelik tavsiyeler içermektedir. Bu uzman sistemde CLIPS ( C Language Integrated Production System) programlama dilinin bulanık mantık versiyonu kullanılmıştır[30].

#### 1.3.4 İplik ve Kumaş Üretiminde Uzman Sistemler

FIBRE kural tabanlı bir uzman sistem olup, uzman sistem kabuğu MICROEXPERT ile geliştirilmiştir. Lif tespitinde kullanılmıştır. WOFAX, kamgarn kumaş için geliştirilmiş uzman sistem olup, kumaş oluşumundaki her aşamada rehber veya yardım sağlama ve kumaşın özelliklerini önceden belirleme amacıyla kullanılmıştır. TESS, İsviçre Malzeme Bilimi ve Teknolojisi Federal Laboratuvarları (EMPA) tarafından dokuma kumaşlardaki hataları tespit etme amacıyla geliştirilmiştir. MODEX, çekimden örme makinesine kadar olan işlemlerde kullanıcıların klasik anlamda üretim geliştirme basamaklarını gerçekleştirmesine ve CAD teknolojisinin uygulamalarından yararlanmasına yönelik bir uzman sistemdir [31-36].

#### 1.4 Bulanık Mantık

Boolean mantığında her şey doğrudur veya yanlıştır, bu da sırasıyla 1 ve 0 ile temsil edilir. Bulanık mantık, değişen derecelere sahip gerçekleri temsil eden değerleri kullanarak, mutlak doğrunun veya mutlak yanlışın dışındaki değerleri de işleyebilmektedir. Sistem, çok yüksek miktarlarda değişkene sahip durumların doğru bir biçimde analizinde başarıyla kullanılmaktadır [37 - 39].

##### Bulanık mantığın avantajları:

- Daha basit sistem tasarımı sunar.
- Kontrol performansını güçlendirir.
- Uygulamada kolaylık sağlar.
- Donanım maliyetini düşürür.

Her sistemin olduğu gibi bulanık mantığın da bazı dezavantajları mevcuttur:

- Yüksek oranda hesaplama kabiliyeti gerektirmektedir.
  - Kullanıcıya açıklamak daha zordur.
  - Doğrulama, onaylama ve değerlendirme işlemleri zaman almaktadır [40-47].

Tekstil endüstrisinde bulanık mantık çeşitli şekillerde uygulama alanı bulmuştur. Renk kalite kontrol sisteminde kullanılmak üzere geliştirilen CAT/QC - AL bulanık mantık temelli renk tolerans sistemidir [48]. Sistem renkli bir ürünün standart renkle karşılaştırılmasında kabul edilebilir toleransını hesaplamaktadır. Ayrıca, belirli kumaş hatalarını bulmak amacıyla geliştirilmiş bir sistem de yine bulanık mantık kullanılarak oluşturulmuştur [49 - 50].

#### 1.5 Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları, biyolojik sinir sistemlerinin çalışmalarından etkilenilerek geliştirilmiştir. Biyolojik sinir sistemlerinde nöronlar elektrokimyasal sinyalleri sinirler boyunca birbirlerine iletirler. Her nöron, sinapslarda bir diğer nörondan sinyal alır. Bu sinyallerden bazıları nöronları aktive ederken bazıları da inaktive eder. Bir nöronun aldığı toplam etki belli bir eşik değerini geçerse nöron, bir diğer nörona sinyal gönderir.

Yapay sinir ağlarının en temel özelliği, kendi kendine öğrenebilmesi ve problemleri bu şekilde çözebilmesidir[51, 52].

Avantajları şu şekilde sıralanabilir:

- Çok çeşitli alanlarda uygulanabilir olması.

- Hatalara karşı tolerans yüksekliği
- Yeni bir duruma karşı adaptasyon
- Paralel operasyon yapabilme kapasitesi
- Bulanık mantıkla çalışabilme becerisi

Her problem için uygun olmaması, açıklama yapabilme özelliğinin olmaması problem çözmede kara kutu yaklaşımının söz konusu olması ise dezavantajları arasında sıralanabilir [53 - 59].

Renk endüstrisinde yapay sinir ağları kullanılarak renk reçeteleri tahmini yapılabilmektedir[60-62]. Ayrıca, NFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System) kullanılarak dalga boyundan ve konsantrasyondan boya absorbansının tahmin edilmesi gerçekleştirilmiştir.[60] İleri beslemeli sinir ağları kullanılarak renk tutturma üzerinde çalışmalar yapılmış ve tatminkar sonuçlar elde edilmiştir[64-65].

## 2. TEKSTİLDE İNK JET TEKNOLOJİSİNİN KULLANIMI

### 2. TEKSTİLDE İNK JET TEKNOLOJİSİNİN KULLANIMI

#### 2.1 Giriş

İnk jet baskı teknolojisi temassız baskı tekniğidir. Sıvı haldeki mürekkep elektronik devreler ve cihazlar vasıtasıyla kumaş üzerine püskürtülür ve böylece sadece mürekkep damlacıkları kumaş ile temas eder. İnk jet baskı teknolojisinin temeli, Belçikalı fizikçi Plateau ve İngiliz fizikçi Lord Rayleigh tarafından 19. yüzyılın sonunda ortaya atılan teorilere dayanır. Ancak, teknolojinin kendisi 60'ların başına kadar ortaya çıkmaz. 1950 ve 1960'ların sonunda bilgisayar veri sistemlerinin ilerlemesiyle, ileri baskı metotları üzerine araştırmalar başlamıştır. [65].

İnk jet teknolojisi üç temel bileşenden oluşmaktadır:

- Baskı kafası
- Renklendirici
- Kumaş.

Kumaş besleme ve iletme sistemleri ile mürekkep besleme sistemleri de temel bileşen olarak kabul edilmektedir [66].

Baskı kafası teknolojileri iki grupta incelenebilir: kesiksiz (*continuous ink jet CIJ*) ve kesikli (*drop-on-demand DOD*) (Şekil 2.1).

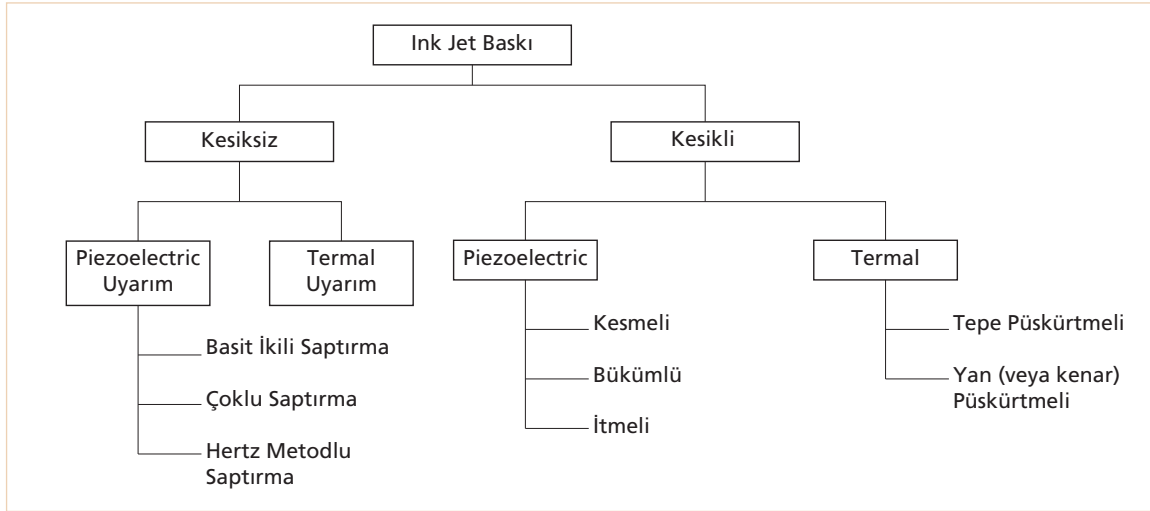
İnk jet baskıda 4 temel renk kullanılmaktadır. Bunlar, : Cyan (C), magenta (M), sarı (Y), ve siyahtır (K). Bütün renkler, bu dört ana rengin kumaş üzerine püskürtülerek kumaş üzerinde elde edilmesiyle oluşturulur. Ancak, istenen rengi tutturabilmek amacıyla, turuncu, mavi, gri gibi ek renkler de sıklıkla kullanılmaktadır. İstenilen renkler, baskı işlemi sırasında elde edildiği için bu 4 ana renk (CMYK) ve yardımcı renklere proses renkler veya işlem renkleri adı verilmektedir. Geleneksel baskı yöntemlerinde ise, ink jet teknolojisinin tam tersine, istenilen rengin tonu, boya mutfaklarında, baskı öncesinde elde edilir. Daha sonra, ger renk şablonlar vasıtasıyla kumaş üzerine uygulanır. Bu nedenle, bu şekilde hazırlanana renklere spot renkler adı verilir [65].

Filmdruck veya rotasyon gibi konvansiyonel baskı sistemlerinin tersine, dijital ortamda hazırlanan desenler, şablona gerek kalmaksızın ink jet teknolojisi ile basılır. Diğer taraftan, şablon baskı teknolojilerinin ortalama hızları yüksektir. Örneğin rotasyon baskının hızı dakikada yaklaşık 30 metredir. Bu sebeple, yüksek üretim için daha hızlı, ekonomik ve uygundur. Ancak, yüksek kumaş ve pat sarfiyatı, yüksek şablon hazırlama maliyetleri ve renk tutturma ile istenen renk tonunun hazırlanması için geçen süre gibi dezavantajlar sebebiyle geleneksel baskı metotları düşük üretimleri için pek karlı olmamaktadır. Bu sebeple, dijital baskı, numune hazırlama ve düşük miktarlardaki üretimlerde daha uygundur. Özellikle, çok hızlı değişen moda endüstrisi için önem kazanmaktadır [67]. Diğer avantajları ise şu şekilde sıralanabilir:

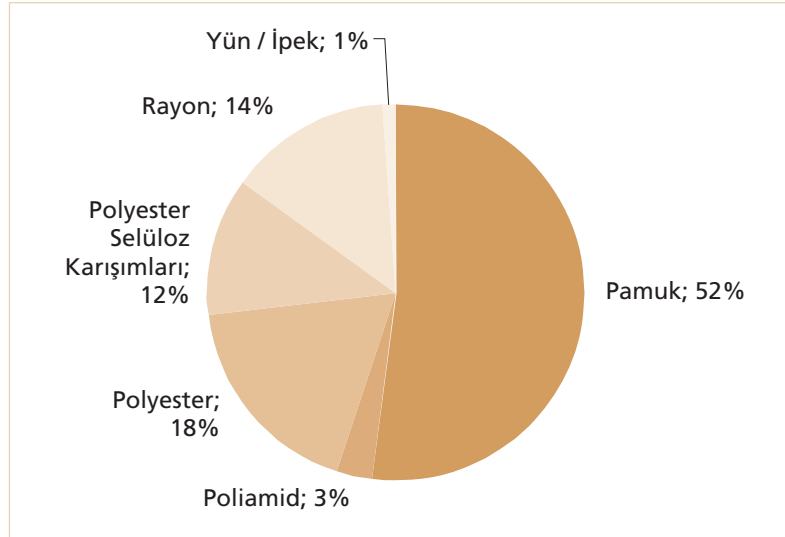
- Müşteri taleplerine hızlı cevap verebilme
- Hızlı moda endüstrisine aynı hızda cevap verebilme
- Numune hazırlamada daha az kumaş ve kimyasal kullanımı
- Şablonların depolanması esnasında gerekli boş alandan önemli oranda tasarruf sağlama
- Neredeyse sınırsız renk ve desen imkanı
- Daha az renklendirici kullanımı [68].

## 2.2 Geleneksel Şablon Baskı Endüstrisine Genel Bakış

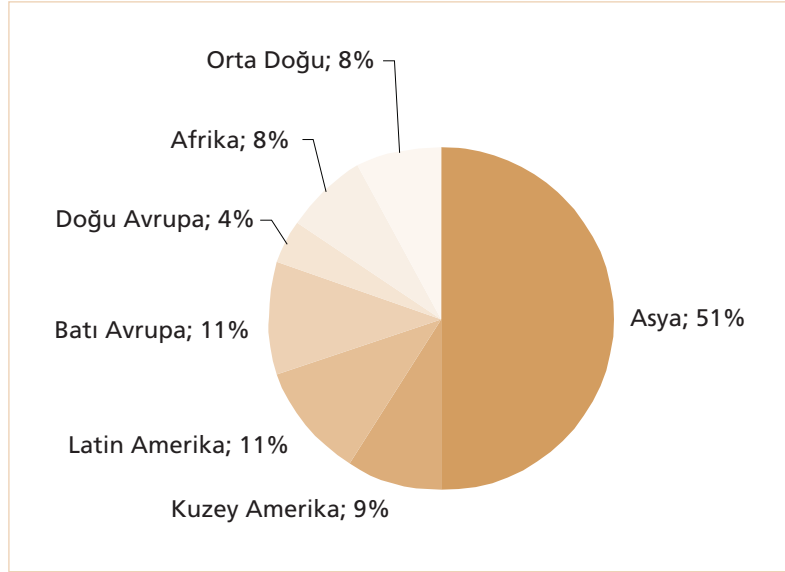
Baskı, daha çok moda ya bağlı olarak talep gören bir endüstridir. Geleneksel şablon baskı endüstrisi lif tipine ve uygulanan renklendirici tipine göre incelenebilir. Liflerin ve renklendiricilerin kullanım oranları Şekil 2.2 ve Şekil 2.3'te gösterilmiştir. Geleneksel şablon baskıda sıklıkla pamuk ve renklendirici olarak da sıklıkla pigment kullanılmaktadır. Ancak, son yıllarda baskılı kumaş miktarlarında bir azalma söz konusudur. Avrupa ve Kuzey Amerika'daki birçok baskı işletmesi kapanmıştır ve endüstri bu bölgelerden Güney Batı Asya'ya kaymıştır (Şekil 2.4). Ayrıca, baskıya olan talep yaklaşık yirmi yıldır artmamıştır [70].



Şekil 2.1 Baskı Kafası Teknolojileri



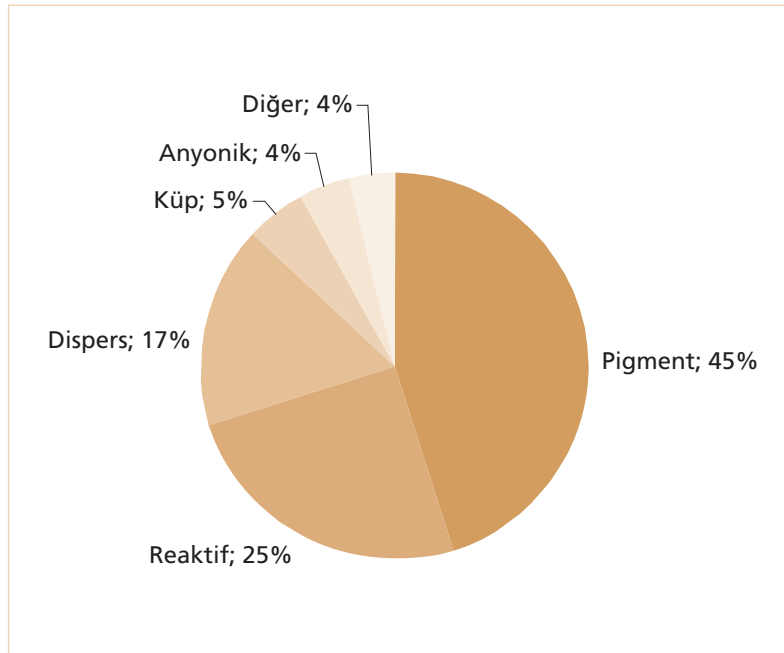
Şekil 2.2 Geleneksel baskı metotlarında kullanılan lif tipleri



Şekil 2.3 Geleneksel baskıda kullanılan boyarmadde tipleri

Diğer taraftan, tekstil baskı pazarı küresel anlamda hala büyüktür. 1993 yılında basılan kumaş miktarının 18 milyar metre olduğu bildirilmiştir [67]. Başka bir araştırmaya göre ise 2001 yılında yaklaşık 27 milyar metre kumaş basılmıştır [69].

Geleneksel şablon baskı metotlarının geleceğine yönelik yapılan tahminler doğrultusunda, pigmentlerin kullanımının, su tüketimi gibi çevresel kaygıların yanında, binder sistemlerindeki gelişmelerden dolayı, artacağı öngörülmektedir. Sonuç olarak, reaktif ve küp boyarmaddelerinin kullanımı da buna paralel olarak azalacaktır. Dispers boyarmaddeler ise, polyester lifinin kullanımının artmasına bağlı olarak artacaktır. Asit boyarmaddelerin kullanım miktarının değişmeyeceği öngörülmektedir.



Şekil 2.4 Bölgelere göre tekstil baskı yüzdeleri

Bununla birlikte, moda endüstrisinin gerektirdiği daha az miktarlarda baskı ve desen zenginliği gibi etkenler, baskıcıları değişimlere karşı daha hızlı cevap vermeye zorlamaktadır. Ancak, bu gereksinimler baskıcılara pahalıya mal olmaktadır. [68]. Ink jet baskı bu tip gereksinimler için uygun olduğundan dolayı, konvansiyonel baskı teknolojilerindeki diğer bir eğilim de inkjet sistemlere doğru olabilecektir [70,71].

### 2.3 Ink Jet Baskının Tarihçesi

Tekstil baskısı, medeniyetler tarihi kadar eskidir [72]. Arkeolojik bulgulara göre, oyuklu blok baskı 4. yüz yılda Çin'de ortaya çıkmıştır [73]. Milattan sonra 400 ve 600 arasında tarihlenen, tam kıyafetler ve tahta baskı blokları, Yukarı Mısır bölgesinde bulunmuştur [74]. Ayrıca, MS 868 yılına tarihlenen, blok baskı tekniği ile basılmış bilinen en eski kitap "Diamond Sutra" Çin'in Dunhuang şehrinde ortaya çıkarılmıştır. Bununla birlikte, birçok Hint blok baskı örnekleri geç orta çağ dönemine tarihlenmektedir. Özellikle, tekstil blok baskı tekniği 12 yy. da Hindistan'da yayılmış ve gelişmiştir.

19 yy ortalarında, Belçika'dan J. A. F. Plateau ve Birleşik Krallıktan Lord Rayleigh, ayrı ayrı olmak üzere, ink jet sisteminin temellerini oluşturan bir seri makale yayınlamışlardır [73]. Patent başvurusu ise 1920'lerde ve 30'larda gerçekleşmiştir [72].

1960'tan önce, bazı analog veya elektronik cihazların sonuçları kalem benzeri sistemlerle kaydedilmekteydi. Sonuçları kaydetmek amacıyla, R. Elmqvist, ince kılcal yapıya sahip ink jeti düzesi icat etmiştir. Siemens - Elema, 1952 yılında, Bu konfigürasyona göre çalışan Mingograph'ı piyasaya sürmüştür. Mingograph voltajlı bir yazıcı olup, çoğunlukla tıbbi cihazlarda kullanılmıştır.

1960'larda, yüksek hızlı elektronik yazıcılar piyasaya sürülmüştür. M. Naiman termal ink jet baskı tekniğinin ilkel formunu icat etmiştir. Bu konsept, Canon ve Hewlett - Packard tarafından 1970'lerde kullanılmıştır.

Kesiksiz ve elektrik yüklü damla oluşturma ilk olarak, 1963 yılında, Stanford Üniversitesi'nden R. Sweet tarafından sunulmuştur [73]. A. B. Dick, bu tekniğe göre oluşturulmuş ilk ticari yazıcı Videojet 9600'ü 1968 yılında geliştirmiştir. Bu sistem kumaşa baskı yapabilme özelliğine sahip olmasına rağmen, esas olarak, metal kutu ve kap gibi ambalaj üzerine kod yazma amacıyla kullanılmıştır [72].

1970'lerin başında, dijital halı baskı makinesi, Milliken Millitron, ABD'nin Güney Carolina eyaletindeki Milliken şirketi tarafından kurulmuştur. Makine, halı yüzeyine düşürülmesi istenmeyen damlaların hava yardımıyla saptırılması esasına dayanmaktadır. Saptırılan mürekkep damlaları tekrar püskürtülmek üzere kafalara geri beslenirken, saptırılmayan damlalar halı yüzeyine düşmektedir [72].

Canon ve Hewlett - Packard, 1970'lerin sonunda, ayrı ayrı termal ink jet kafası geliştirmişlerdir. Hewlett - Packard, 1984 yılında ilk ticari masa üstü yazıcıyı piyasaya sürdükten sonra, Canon bu teknolojiye "Bubble Jet" (kabarcıklı jet) adını vererek, 1985 yılında BJ - 80'i piyasaya sürmüştür.

1990'ların ortasında, Canon kendi kabarcıklı jet teknolojisine dayalı tekstil ink jet makinasını geliştirdi. ITMA 1999'da, Ichinose, Hewlett - Packard baskı kafasına sahip, 12 renkli tekstil ink jet baskı makinesini tanıtmıştır. Canon ve Ichinose'un baskı makineleri pazar tarafından kabul görmemiştir. Ardından, Ichinose DuPont ile işbirliği yaparak, piezo elektrik baskı kafalarına sahip Artistri 2020'yi piyasaya sürmüştür. Bu makine, piyasanın ilgisini çekmiş ve 2006 yılının başlarında 160 tanesi işletmelere kurulmuştur. ITMA 1999'da, Stork, Amethyst, Zirkon, Amber'den oluşan ink jet baskı makinesi hattını tanıtmıştır. Ayrıca, Mimaki 7 renkli TXPIJ ink jet baskı makinesini de aynı yıl ITMA'da tanıtmıştır.

ITMA 2003, ink baskı makinesi üreticileri için önemli bir fuardır. Zimmer, bu fuarda, kesiksiz ink jet teknolojisine dayalı Chromotex 2003'ü tanıtmıştır [79]. Aynı fuarda, Reggiani, en önemli ink jet baskı makinelerinden biri olan, SciTex Vision ve Ciba işbirliği ile oluşturulmuş DReAM'i tanıtmıştır. Yine, aynı fuar, Robustelli'nin Monna Lisa tekstil baskı makinesine ev sahipliği yapmıştır. Bu makine, Epson baskı kafasına sahiptir.

## 2.4 İnk Jet Baskı Teknolojileri

### 2.4.1 Kesiksiz İnk Jet (Continuous İnk Jet CIJ) Teknolojisi

Kesiksiz ink jet (CIJ) baskı kafalarında üç ana proses mevcuttur: Basınçla mürekkep damlası oluşturulması, damlanın saptırılması ve kumaş üzerine yönlendirilmeyen mürekkebin tekrar kullanılmak üzere baskı kafasına beslenmesi [74].

Kesiksiz ink jet teknolojisinde, mürekkep, pompa yardımıyla basınçla düzeye beslenir. Damlalar halindeki bu sürekli mürekkep akışı, piezo elektrik veya termal uyarımla sağlanabilmektedir. Mürekkep akışı, düzenin hemen çıkışında, farklı boyutlarda damlacıklar halinde akmaya başlar. Bu damlacıkların oluşması tesadüfi olup damlacıklar farklı boyutlardadır. Damlacıklar, şarj elektrotlarından geçer, böylece, yük durumlarına göre saptırma plakaları tarafından ya saptırılır ya da saptırılmadan akışlarına devam ederler. Saptırma plakaları, damlacıklar üzerine elektrostatik kuvvet uygulayan bir çift metal plakadan oluşmaktadır. Kumaş üzerine gönderilmeyen mürekkep damlaları, toplama kabına yönlendirilir, buradan sırasıyla, filtreye, mürekkep rezervuarına ve pompaya beslenir. Mürekkep jetinin hızı ve uyarım frekansı damlacık büyüklüğünü kontrollü olarak belirler [65, 74, 75, 76]. Mürekkep damlacıklarının seçimi, damlacıkları saptırabilen herhangi bir mekanizmayla da sağlanabilir. Örneğin, halı ve döşemelik kumaş baskısında, Millitron ink jet baskı makinesi, kesiksiz ink jet teknolojisi sistemine dayalı olup mürekkep damlaları hava yardımıyla saptırılmaktadır [75].

En basit damla seçim metodu ikili saptırma metodudur. Bu metotta, damlalar ya elektrik ile yüklenir ya da yüklenmez. Böylece, elektrik yüklenmeyen damlalar saptırma plakalarının yarattığı elektrostatik kuvvetlerden etkilenmez ve kumaşa temas eder. Ancak, yüklü damlalar, tekrar kullanım için toplama kabına yönlendirilir [75]. Makine tasarımına bağlı olarak, yukarıda açıklanan sistemin tersine, yüklü damlalar kumaş üzerine yönlendirilebilir ve yüksüz damlalar da toplama kabında toplanabilir [77].

Çoklu saptırma metoduna göre, damlacıkların saptırma mesafeleri, farklı elektrostatik yüklerden dolayı farklı olmaktadır. Bu özellik, tek bir jetten birden fazla noktaya atış yapabilmeye olanak sağlar.

Hertz metodu, kesiksiz ink jet teknolojisinin bir çeşididir. Dr. Carl H. Hertz tarafından icat edildiğinden kendi ismiyle anılmaktadır. Bu metotta, uygulanan mürekkep miktarı farklıdır. Bu özellik çok küçük damlacık oluşturulmasıyla elde edilmektedir. Üretilen damlacıklar 3 pL (piko litre) seviyesindedir. Bir piko litre 10-12 litredir. Bu seviye de damlanın ne kadar küçük olduğunu göstermektedir. Kumaş üzerine gönderilmeyen mürekkep damlaları elektrik yüklü olup, bu sebeple mürekkep toplayıcıya yönlendirilmektedir.

Kesiksiz inkjet teknolojisinde, piezo elektrik uyarımın yanında, termal uyarımla da damla oluşumu sağlanabilir. Bu metotta, her düze içerisinde, halka şeklinde bir ısıtıcı mevcut olup, belli bir frekansta çalışmaktadır. Isıtıcı çevresinde yükselen sıcaklık, düze içerisindeki mürekkepte bölgesel viskozite düşüşüne sebep olur. Mürekkebin akış hızı sabit ve ısıtma işlemi periyodik olduğundan, mürekkep jeti eşit büyüklükte damlacıklar halinde akar [65].

Kesiksiz ink jet teknolojisinde damlaların oluşma hızı (50,000 – 100,000 damla/saniye) ve damlaların düşme hızı (20 m/saniye) yüksektir. Ancak, şarj etme ve saptırma, mürekkebin geri



kullanımı gibi birbirini izleyen işlemlerin düzenlenmesi, sistemi karmaşık hale getirmekte ve baskı kafasının maliyetini artırmaktadır. Mürekkep dönüşüm sistemleri de, baskı için kullanılmayan mürekkebin toplanabilmesi ve tekrar kullanılabilmesine olanak sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır [65, 66, 75]. Bu teknolojiye kullanılan mürekkepler belli bir dereceye kadar iletken olmalıdır. Bilinen bazı tuzlar iletkenliği ayarlamak amacıyla eklenebilir [66]. Ancak, mürekkepler belli bir iletkenliğe sahip oldukları için, bu durum sınırlayıcı bir faktör değildir. Diğer taraftan, kesiksiz ink jet teknolojisinde kullanılan mürekkepler elektrokimyasal açıdan aktif olduklarından dolayı baskı kafasını oluşturan malzemeyi aşındırabilmektedir [74].

#### 2.4.2 Kesikli (Drop-on-Demand DOD) İnk Jet Teknolojisi

Kesikli ink jet teknolojisinde damlalar sadece gerektiğinde oluşturulur. Damla oluşturmak için iki ana püskürtme mekanizması mevcuttur: Piezo elektrik ink jet kafa sistemi (Piezoelectric ink jet head PIJ) ve termal ink jet kafa sistemi (thermal ink jet head TIJ). Piezo elektrik sistemde damlalar piezo elektrik elemanla sağlanırken, aynı işi termal sistemde ısıtıcı üstlenmektedir.

Mürekkep damlalarının oluşum yöntemleri tamamen farklı olsa da bütün DOD teknolojilerinde şu özellikler gözlenmektedir:

1. Elektriksel uyarım kesilmesine rağmen, mürekkep düze ağızından bir süre akmaya devam etmektedir.
2. Püskürtülen sıvı ilk başlangıçta kabaca silindriktir, ama daha sonra düzeden belli bir mesafede, damla ile düze teması kesilinceye kadar, damlada bir boğumlanma oluşmaktadır. Bu durum daha sonra kuyruk oluşumuna neden olmaktadır.
3. Mürekkep damlasının arkasında oluşan kuyruk daha sonra, damlanın ana gövdesine doğru kısalma suretiyle damlanın kendisiyle birleşebilir ve küresel bütün bir damla haline dönüşebilmektedir. Ancak, bazı durumlarda kuyruk ana gövdeden ayrılarak bir veya daha fazla uydu olarak tabir edilen damlacıkları meydana getirir.

Termal baskı kafalarında oluşan damlalarda kuyruk daha uzun olmakta ve sonuçta bu kuyruk koparak uydu damlacıklarını oluşturmaktadır [77].

Kesiksiz sistemlerle DOD sistemleri karşılaştırıldığında, kesiksiz sistemlerin daha hızlı olduğu görülmektedir. Ancak kesiksiz sistemlerin üretiminin maliyetli olmasının yanında, mürekkebin geri dönüşümü esnasında karşılaşılan problemler, mürekkebin dış ortam şartlarına maruz kalması, mürekkep içindeki boyarmaddenin oksidasyonu ve dış ortamdaki uçuntu ve yabancı maddelerin mürekkebe karışması gibi dezavantajlar DOD sistemlerinin tercih edilmesine neden olmuştur [66].

##### 2.4.2.1 Piezoelektrik İnk Jet (PIJ) Teknolojisi

Piezoelektrik ink jet teknolojisinde mürekkep damlalarını oluşturmak amacıyla piezo elektrik malzeme kullanılmaktadır. Piezo elektrik malzemeye elektriksel alan uygulandığında, malzemenin şekli değişerek mürekkep damlasının oluşmasına neden olur. Elektriksel alan kaldırıldığında piezo elektrik malzeme orijinal şekline dönerken, kılcal kuvvetler sebebiyle düse içerisine mürekkep haznesinden mürekkep dolar [78]. En sık kullanılan piezo elektrik malzeme kurşun zirkonat titanat yani PZT'dir. PZT'deki titanyum atomu, dışarıdan güçlü bir elektriksel alan uygulandığında, oksijen atomlarından oluşmuş bir kafes içerisinde ileri ve geri hareket edebilmektedir [74].

Piezo elektrik malzemeler, tüp, çubuk, dikdörtgen ve dairesel şekillerde olabilir. Malzemenin yapısı içerisindeki yerleşimi ve uygulanan elektriksel alanının doğrultusu PIJ kafalarının konfigürasyonunda önemli değişkenlerdir [74]. Ayrıca, piezo elektrik eleman, mürekkep haznesini bir duvarını veya tamamen kendisi oluşturan bir zar üzerine de tutturulabilir [78].

PIJ baskı kafaları piezo elektrik elemanların işlem yöntemlerine ve düselerin geometrisine göre sınıflandırabilir.

Kesme tipi yapılandırmada, elektriksel alan, mürekkep haznesinin tavanına yerleştirilen piezo elektrik malzemenin polarizasyonuna diktir. Elektriksel alan elektrotlarının dikey yerleşimine imkan sağlayan bu yapı, önemli bir tasarım aracıdır [74]. Elektriksel alanın uygulanmasıyla piezo elektrik malzeme üzerinde kesme hareketi oluşturur ve bağlı olduğu membranı hareket ettirir. Kesme modunun diğer bir konfigürasyonu da "ortak duvar" olarak adlandırılan "shared wall" yapılandırılmasıdır. Sıkıştırılmalı olarak da adlandırılan [79] bu sistemde piezo elektrik malzeme mürekkep haznesinin kendisini oluşturacak şekilde tasarlanmıştır. Elektrotlar hazne içerisine yerleştirilmiştir. Haznenin duvarları birbirine yaklaştığında hacim azalarak, damla oluşumu gerçekleştirilir [65, 91].

Kıvrımlı sistemde ise [79] elektriksel alan ve piezoelektrik malzemenin polarizasyonu birbirine paraleldir [91]. Bu konfigürasyonda piezoelektrik malzeme olan PZT, paslanmaz çelik bir diyaframa bağlıdır. İnce parçalardan biri kısılırken diğeri genişlererek damlacık oluşumu gerçekleştirir [77].

İtme tipi yapılandırmada ise elektriksel alan ve polarizasyon vektörleri paraleldir ancak piezo elektrik malzemenin genişleme yönüne yerleştirilmiştir [65].

İtmeli ve kıvrımlı sistemlerde piezo malzeme ile mürekkep arasında ince bir zar bulunur. Bu şekilde piezo malzeme mürekkeple temas etmez. Eski tip kesmeli sistemlerde su bazlı mürekkepler metal elektrotları etkilemiştir. Bu nedenden dolayı koruma amaçlı bir kaplama yapmaya gerek duyulmuştur [77].

Piezo İnk Jet sistemleri basit ikili elektronik devrelerden oluşmuştur. Birçok mürekkep tipiyle uyumludur. Ancak, PIJ kafalarının yapısal gereksinimi sonucu mürekkeplerin yapısı damlacık oluşum işlemlerine uygun olmalıdır [74]. Mürekkebin viskozitesi optimum seviyede olmalıdır. Çok düşük viskoziteye sahip mürekkep düzelerden püskürtülemeyecektir. Diğer taraftan, viskozite çok yüksekse, piezo malzemenin yarattığı vakum kuvveti mürekkebi, baskı kafası içerisindeki mürekkep haznesine pompalayamayacaktır [80]. Ayrıca, PIJ teknolojisinde, damlacık oluşturma frekansı, gerekli miktarda damlacık püskürtüldükten sonra mürekkebin haznesinin dolması için gereken süreye bağlıdır. Bu süre, bir anlamda PIJ kafalarında damlacık oluşturma işleminin frekansını kontrol etmektedir [74]. PIJ teknolojinin de kullanılacak mürekkeplerin hava alma işlemlerinden geçirilmesi gerekmektedir. Genellikle ultrasonik işleme, mürekkep kartuşlarına dolun işlemi yapılmadan önce gerçekleşen bu işlemin amacı, çözünmüş gazların düseleri tıkanmasını önlemektir [78]. PIJ teknolojisi, ayrıca, damlacık boyutlarının kontrol edilebilmesine olanak sağlar ve Termal İnk Jet kafalardan daha uzun ömürlüdür. Bu sebeple PIJ teknolojisi tekstil dijital baskısında kullanılmaktadır [74].

#### 2.4.2.2 Termal İnk Jet (TIJ) Baskı Kafaları

TIJ teknolojisinde rezistans çok yüksek sıcaklıklara kısa sürede çıkararak, mürekkep içerisinde hava kabarcığı oluşmasına neden olur. Böylece, damlacık oluşumu gerçekleştirir. Bu hava kabarcığının patlaması oluşan damlacığın düseden püskürtülmesine neden olur [74].

Mürekkep damlasının oluşum prosesi, yüksek hızlarda aynı şekilde tekrarlanabilir. Su bazlı mürekkeplerde, rezistansın çevresindeki mürekkep 300 °C sıcaklığa kadar ısıtılmaktadır. Bu yüksek sıcaklıkta, rezistansla temas halinde olan az miktardaki mürekkep derhal buhar fazına geçer. Hava kabarcığı oluştuktan sonra rezistansa verilen akım kesilir ve soğumaya başlar. Hava kabarcığı içerisindeki ısı transferi zayıf olduğundan kabarcığı çevreleyen mürekkep soğuktur. Böylece hava kabarcığı patlar ve buhar sıvı haline döner, böylece bir vakum yaratılmış olur. Bu şekilde mürekkep rezistans yüzeyine tekrar çekilir ve damlayan mürekkebin yerine de bir

miktar mürekkep rezervuarlardan düselere dolar [74]. Su, alkol gibi diğer solventlere göre daha şiddetli patlayan kabarcıklar oluşturduğu için, TIJ su bazlı mürekkeplerle daha uyumludur [65].

TIS sistemlerinin çeşitli konfigürasyonları mevcuttur ama bunların ikisi diğerleri içerisinde daha önemlidir ve diğer birçok konfigürasyon da bu iki ana konfigürasyondan türemiştir. Bunlar yan ve tepe püskürtmeli sistemlerdir. Tepe püskürtmeli sistemde, ısıtıcı ve düse düzlemi birbirine paraleldir. Diğer konfigürasyonda ise birbirine diktir.

Isıtıcının şekli ve yerleşim noktası TIJ sistemlerinde, temiz bir püskürtme için önemli etkiye sahiptir. Dairesel ısıtıcılarla uydu damlalar tamamen ortadan kaldırılabilmektedir [77].

Damlacık oluşumu esnasında, mürekkep damlasının düse ağzını terk etmesi simetrik bir biçimde gerçekleşmelidir, böylece düşme yörüngesi jet plakasına dik olur. Aksi halde, damlacıklar saparak hedeflenen noktaya düşmeyebilir. Bu durum baskı üzerinde bant oluşumunu artırabilir [77].

Termal ink jet teknolojisi en düşük maliyetli (DOD) teknolojisidir. Ayrıca, daha kompakt bir baskı kafası tasarımına sahiptir. Bu sebeple TIJ teknolojisi daha yüksek çözünürlükte baskı gerçekleştirebilmektedir [65]. Genellikle kumaştan gelen uçuntulardan kaynaklanan jet tıkanmaları temizlemeyle giderilebilmektedir ve her makinenin bir temizleme döngüsü de vardır, ancak baskı kafası içerisinde gerçekleşen bir hatanın çözümü o kadar kolay olmayabilir [77]. Diğer taraftan TIJ her mürekkeple çalışmaya uygun değildir. Tüm ticari TIJ kafaları su bazlı mürekkep püskürtmektedir [65]. Bu sebepten dolayı TIJ kafaları tekstil uygulamalarında çok yaygın olarak kullanılmamaktadır. Bununla birlikte TIJ, PIJ kafalarına göre kullanım ömrü açısından da dezavantajlıdır. İki karakteristik hata sadece TIJ teknolojisinde görülür: Kogation olarak adlandırılan bu hatada [65], rezistans üstünde sıcaklık 300°C - 500 °C'ye çıktığından mürekkep içerisindeki bazı maddeler bozularak ısıtıcı üzerinde birikebilmektedir. Bu sebeple ısıtıcı tam performansında çalışmamaktadır [74]. Diğer bir hata ise mürekkep içerisinde rezistans üzerinde oluşan baloncuğun rezistans üzerinde bir kuvvet oluşturmasıdır. Bu durum da rezistans üzerinde aşınmalara neden olmaktadır [74].

#### 2.4.3 Diğer İnk Jet Teknolojileri

Kesikli (DOD) baskı yöntemlerinden biri olan elektrostatik sistemler ink jet teknolojileri arasında kullanım açısından daha az öneme sahiptir. Bu sistemde kullanılan mürekkepler elektriksel olarak iletkenidir. Mürekkebin düseden akışı, düse ve renklendirilecek malzeme arasında uygulanan yüksek gerilimle gerçekleştirilmektedir. Elektriksel olarak iletken olan mürekkep damlacıkları uygulanan gerilimden dolayı düselerden çekilerek malzeme üzerine düşmektedir.

Bir diğer kesikli ink jet yöntemi olan valf sistemi ise en basit sistem olup, belirli bir basınç altında düselere gönderilen mürekkebin düselerdeki valfların kontrolüyle püskürtülmesiyle renklendirme gerçekleştirilmektedir. Sıklıkla selenoit valflar kullanılmakta olup, elde edilen çözünürlük diğer sistemlere göre düşüktür. Hızı ise damlacık boyutlarının büyüklüğünden dolayı yüksektir. Bu sistem genellikle halıların dijital olarak renklendirilmesinde kullanılmaktadır.

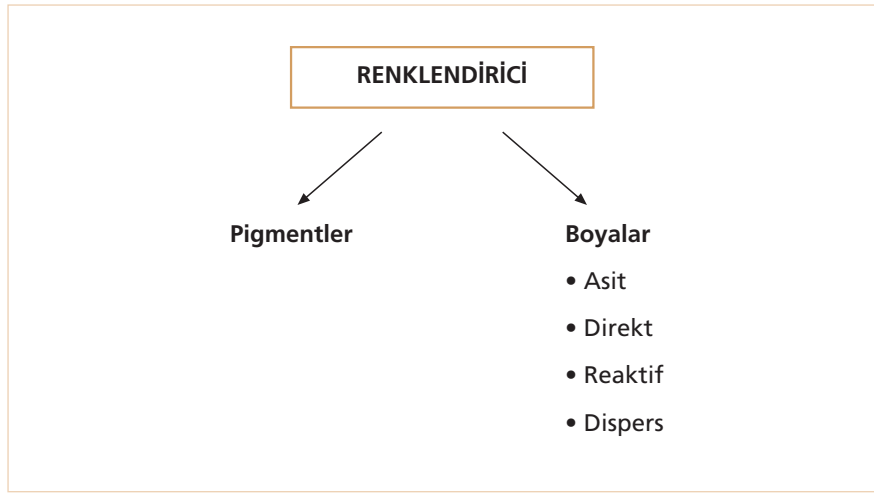
#### 2.5 İnk Jet Baskıda Kullanılan Mürekkepler

İnk jet baskıda boyarmadde ve pigmentler, klasik baskıcılıkta olduğu gibi kumaşa viskozitesi yüksek patlarla aktarılamaz. Kullanılan baskı kafalarının fiziksel yapıları bu tip patlar için uygun değildir. Bu sebeple boyarmaddeler veya pigmentler, viskozitesi çok düşük sıvı taşıyıcılar içerisinde kumaşa aktarılırlar. Baskı patı terimi burada yerini mürekkep terimine bırakır. İnk jet baskıda kullanılan mürekkepler, boyarmadde, taşıyıcı ve çeşitli yardımcı kimyasallardan oluşmaktadır. Taşıyıcı burada su veya başka bir çözücü, yağ, faz değiştiren sıvı (sıcak eriyik), veya mor ötesi ışınla muamele edilebilen sıvılar olabilmektedir. Ancak, günümüzde neredeyse

bütün mürekkepler su bazlıdır [81]. Viskozite, iyonik yapısı, iletkenlik gereksinimi, düşük maliyet, emniyet ve iyi bir çözücü olması itibariyle ink jet mürekkepleri en uygun taşıyıcı maddedir. Mürekkebin, doğru reolojide (yüzey gerilimi, viskozite, yoğunluk) ve fikse şartlarına uygun olması, ink jet baskıda kullanılabilirliği açısından kritik öneme sahiptir [66].

Kullanılan baskı makinelerine bağlı olarak mürekkepler önceden doldurulmuş kartuşlar içerisinde tedarik edilebildiği gibi, sabit kartuşlar içerisine kullanıcı tarafından doldurulmak üzere ayrı olarak da tedarik edilebilmektedir.

Mürekkep içerisinde kullanılan renklendiriciler kimyasal özelliklerine göre sınıflandırılabilir (Şekil 2.5) [82]. Renklendirici, basılacak malzemeye olan etkileşimi büyük oranda belirleyen bir faktördür.



Şekil 2.5 Dijital baskıda kullanılan belli başlı renklendiriciler

Genelde, ışık haslığı, yüksek haslık ve düşük maliyet istenildiğinde pigment kullanılmaktadır [83]. Zaten, konvansiyonel metraj ve parça şablon baskıda yüksek oranda pigment baskı uygulanmaktadır. Yaklaşık %50 oranında pigment baskı tercih edilmektedir [84]. Bu sebeple ink jet baskı sektöründe pigment içeren mürekkep geliştirme çalışmaları devam etmektedir. Son yıllarda pigment mürekkeplerin geliştirilmesinde önemli yol kat edilmiştir [83]. Nano pigment bazlı mürekkepler de geliştirilmiş ve uygulanmıştır [85].

Dijital baskıda kullanılan mürekkep çeşitleri, damlacık oluşumuna uygun özelliklere sahip olmasının yanında, kalıcı, renk verimi yüksek ve kontörleri net desenlerde oluşturabilmelidir. Mürekkepler, kimyasal açıdan stabil ve basılacak malzemeye uyumlu olmalıdır. Bunlarla birlikte baskı makinası özelliklerinin gereksinimlerini de karşılaması gerekmektedir. Örneğin, Reolojik ve iletkenlik özellikleri DOD ve kesiksiz ink jet baskıda değişebilmektedir. Dijital baskı mürekkepleri basılacak malzemeye afinitesi olmalı ve haslık gibi istenilen kullanım özelliklerini de göstermelidir [66]. Bir ink jet mürekkebinin önemli parametreleri şu şekilde sıralanabilir:

- Sıfık
- Parçacık boyutu (dispers ve pigment içeren mürekkepler için)
- Viskozite
- Yüzey gerilimi
- İletkenlik (kesiksiz ink jet teknolojisi için)

- Stabilité
- pH
- Basılacak malzemeyle uyum
- Haslık özellikleri
- Yıkamayla ilgi özellikler
- Tutum
- Konvansiyonel tekstil teknolojiyle uyumluluk [76, 94].

Bu parametrelerin yanında bir mürekkepten beklenen özellikler de şu şekildedir:

- Boyut, hız ve yön açısından aynı biçimde homojen damlacıkların üretilebilir olması ve bu damlacıkların sabit bir biçimde püskürtülebilmesi
- Her sinyal verildiğinde tıkanıklığa yol açmadan püskürtülebilmesi
- Hızlı ıslatma
- Yüksek konsantrasyon
- Sıcaklık değişiminde az etkilenme
- Uzun raf ömrü
- Aşındırmaya yol açmama [86, 87]

### 2.5.1 Asit Boyarmaddeler

Bunlar düşük moleküler ağırlığa sahip anyonik boyarmaddeler olup nispeten küçük moleküllerdir. Suda çözünürlükleri yüksektir. Naylon ve protein esaslı liflerin boyanmasında kullanılır [82].

Asit boyarmaddeler, asidik ortamda negatif yüklüdürler. Aynı ortamda protein lifleri ve naylonun amino grupları ise pozitif yüklüdür. Boya ve lif, bu sebeple iyonik bağ yaparak boyamayı gerçekleştirir. İyonik bağ sayesinde iyi bir fikse elde edilir ve bağ yapmayan boya miktarı ise çok azdır [76].

Asit boyarmaddelerin hem konvansiyonel hem de dijital baskıda pamuğa uygulandığı çalışmalar da mevcuttur. Pamuğu asit boyarmaddelerle ile boyayabilmek için, pamuk lifleri katyonlaştırılır veya çapraz bağlayıcılar ile muamele edilir [78, 89].

Asit boyalar canlı ve parlak renklere sahiptir. Işık haslıkları da yüksektir. Ancak iyonik bağ oluşumu tersinir bir reaksiyondur. Asit boyalarla boyama esnasında daha çok dikkat gerektirir. Ancak, kravat, eşarp gibi ipekli ürünlerde haslık özelliği desen kalitesi yanında ikinci plandadır [73, 76].

### 2.5.2 Direkt Boyalar

Bunlar yüksek moleküler ağırlığa sahip boyalar olup asit boyarmaddelere göre daha büyük parçacık boyutlarına sahiptir. Bu sebeple selülozik liflere afiniteleri daha yüksektir. Direkt boyalar suda çözünebilirler. Asit boyalar kadar parlak renklere sahip değildir ancak haslıkları asit boyarmaddelere kıyasla daha yüksektir. Direkt boyalar tekstil dışındaki uygulamalarda kullanılıyor olsa da, tekstil ink jet baskıda kullanılmamaktadır [82].

### 2.5.3 Reaktif Boyalar

Tipik bir reaktif boya iki bileşenden oluşmaktadır: rengini veren kromofor ve reaktiviteyi sağlayan grup. Bütün reaktif boyalar içerisinde klorotriazin boyalar geniş yer tutmaktadır. (-Cl) radikalleri, selülozik liflerdeki hidroksil grubuyla, bazik ortamda reaksiyona girebilmektedir.

Sıcak flotte içerisinde HCl oluşmakta ve ortamdaki alkali ile derhal reaksiyona girmektedir. Bunun sonucunda lifle boya arasında kovalent bağ oluşmaktadır. Bu kimyasal durum ink jet baskı için de geçerlidir. Yüksek sıcaklık ve pH değerinden dolayı bu etkileşim, kağıt veya film gibi tekstil dışındaki başka bir materyal üzerinde gerçekleştirilemez [90, 76, 82].

Baskı mürekkebi sadece reaktif boya içerdiğinden, diğer işlem kimyasalları basılacak kumaşa önceden uygulanmalıdır. Bu kimyasallar, baskıda kontör netliğini sağlamak amacıyla aljinat, renk verimini artırmak amacıyla üre, reaksiyonun gerçekleşebilmesi için alkaliden oluşmaktadır [91].

Reaktif boya ile yapılan bir baskı işlem şartları Tablo 2.1'de gösterilmiştir. Ön terbiye çözeltisi genellikle suda çözünebilen polimer bazlı kıvamlaştırıcı ve üreden oluşmaktadır. Burada her ne kadar ön terbiye terimi kullanılsa da aslında klasik anlamda ön terbiye değil, kumaşın dijital baskıya hazırlık işlemi kastedilmektedir. Bu işlem genellikle reaktif baskı öncesinde uygulanmaktadır. Bu ön hazırlık çözeltisinde kullanılan bileşiklerin boya ile reaksiyona girmemesi gerekmektedir. Bilindiği üzere, reaktif boyalar amino ve hidroksil gibi gruplarla reaksiyona girebilme kapasiteleri vardır. Bu tip reaksiyonlar renk verimi düşürdüğü gibi boya firesini artırmaktadır. Yıkama işlemi yetersiz olduğu durumlarda son ürünün yıkama haslığı düşük olacaktır. Sodyum karbonat ortamın pH'ını yükselterek boya ile selülozun reaksiyona girmesini sağlar.

İşlem	Malzeme	Cihaz	Şartlar
Ön Terbiye	Sodyum Aljinat		100-200 g/kg
	Üre		100 g/kg
	Sodyum Karbonat		30 kg/kg
Daldırma			Kumaş üzerinde kimyasal oranı %70-80
Kurutma		Ram	100-120°C
Baskı	Boya - 0.3mg/cm <sup>2</sup>	Baskı Makinesi	Boy miktarı kumaş ve kumaşa yapılan işlemlere bağlıdır.
Fikse		HT Buharlayıcı	102°C'de 8 dakika doğru buharlı fikse
Yıkama	Soğuk Su		
Yıkama (Yüzey aktif madde ile)	1g/L Noniyonik Yüzey Aktif Madde		100°C 3 dakika
Yıkama	Sıcak Su		60-80 °C
Yıkama	Soğuk Su		

**Tablo 2.1** Pamuklu kumaşlara reaktif boya ile dijital baskı işlemi [92]

Sodyum aljinat homojen bir boyama sağlarken üre fikse esnasında kumaşın nemli kalmasını sağlar [92]. Kumaşın kıvamlaştırıcı içeren çözelti ile muamelesinin yanında farklı yaklaşımlar da uygulanmıştır. Bunlardan bir tanesi pamuğun baskıdan önce katyonyonizasyon işlemine tabi tutulmasıdır [93].

Reaktif boyalarla parlak renkler elde edilebilmektedir. Bu tip mürekkeplerin stabilitesi sınırlı olduğundan raf ömürleri önem kazanmaktadır [94].

#### 2.5.4 Dispers Boyalar

Dispers boyalar, polyesterin dijital baskısında kullanılır ve suda çözünmediğinden dispersiyon olarak hazırlanmaktadır. Dispers boyalar transfer baskıda sıklıkla kullanılmaktadır. Transfer baskıda desen, transfer kağıdına basılır ardından, ısı ile işlemle kağıt üzerindeki desen kumaşa aktarılır. Bu sistemde, kağıda desenin basımında dijital baskıdan yararlandığı için, dijital baskı kapsamında ele alınabilmektedir. Süblimasyon transfer baskıda ise yine dispers boya kullanılmaktadır, ancak kullanılan dispers boyalar klasik transfer baskıya nazaran daha düşük moleküler ağırlığa sahip olup daha hidrofobik bir yapıya sahiptir [67,94].

Ink jet baskı ile dispers boyaların doğrudan kumaşa yapılan baskılarında kumaş, kıvamlaştırıcı ve orta kuvvette bir asitle baskı öncesinde muamele edilir. Bu ön hazırlık işlemi polyester kumaşa homojen ıslanma özelliği ve mürekkep için düzgün bir yüzey sağlar. Desen kalitesi iyileşir [95].

Dispers boyaların kullanıldığı mürekkeplerde parçacık boyutu çok önemli bir parametredir. Düzgün bir püskürtme için parçacık boyutu konvansiyonel dispers baskıya göre daha küçük olmalıdır [67].

Dispers renklendirici içeren mürekkepler yüksek oranda saflaştırılmış olup, dispers boya partiküllerinin ortalama boyutları 100 ila 250 nm arasındadır [92].

#### 2.5.5 Pigmentler

Pigment baskıda, suda çözünmeyen pigmentler tekstil yüzeyine bir bağlayıcı yardımıyla tutunurlar, liflere afiniteleri yoktur.

1960'lardan beri pigmentler tekstil baskıcılığında en çok kullanılan renklendiriciler olmuştur. Konvansiyonel baskıda, baskı çeşitlerinin %50'den fazlası pigmentle gerçekleştirilmektedir. Boyarmadde ile yapılan baskıların tersine, pigment baskının çok basit bir fiksasyon işlemi vardır. Kurutma ve fiksedenden sonra pigment baskı kullanıma hazırdır [96].

Diğer taraftan, ink jet baskıya uygun pigment ve emülsiyon bazlı binder içeren mürekkeplerin geliştirilmesi, ink stabilitesi ve püskürtme verimliliği (mürekkebin kurumaması ve düselerin tıkanması) açısından bir hayli zordur. Özellikle düşük viskozite gerektiren ink jet kafaları için daha risklidir. Tablo 2.2'de pigment içeren mürekkeplerle uyumlu ink jet kafaları gösterilmiştir.

Pigment içeren mürekkep	Pioze ink jet (düşük viskoziteli)	Pioze ink jet (yüksek viskoziteli)	Termal ink jet
Bindersiz	Evet	Evet	Evet
Klasik baskıda kullanılan binder içeren	Hayır	Evet	Hayır
Özel binder içeren	Evet	Evet	Hayır

Tablo 2.2 Baskı kafası tipi ve mürekkep uyumu [97]

Tipik bir pigment içeren mürekkebin bileşenleri şu şekildedir:

- Pigment dispersiyonu
- Polimerik binder
- Su bazlı mürekkepler için diğer bileşenleri taşımak amacıyla, su,
- Diğer mürekkep içeriklerinin çözünürlüğünü ve ıslatma ve adezyon gibi özellikler açısından uyumluluğunu artırmak, performanslarını geliştirmek amacıyla, yardımcı çözücü
- Basılacak malzemenin ve düsenin ıslatılmasını dolayısıyla düzgün bir püskürtme ve baskı elde etme, ayrıca binder ve pigmentlerin stabil bir şekilde mürekkep içerisinde kalabilmesini sağlamak amacıyla yüzey aktif madde,
- Baskı işlemi dışındaki zamanlarda kurumayı önlemek amacıyla kullanılan, nem tutucular
- Köpük kesici
- Viskoziteyi kontrol altında tutan kimyasallar
- Kurumayı hızlandırıcı kimyasallar
- Biyosit [97].

Pigment içeren mürekkeplerde renklendirici, çok küçük parçacık olarak süspansiyon içerisinde çözünmeden durmaktadır. Ink jet uygulamalarında ideal parçacık boyutu 0.5 µm veya daha küçük olmalıdır [83]. Pigment içeren mürekkepten beklenen en önemli özellik, geniş sıcaklık aralığında ve uzun sürelerde dispersiyon halini korumasıdır.

Çok küçük partikül boyutuna sahip düşük viskoziteli bir pigment mürekkebinin kararlılığını uzun süre koruyabilmek için şunlara dikkat edilmesi gerekir:

- Küçük parçacık boyutları
- Pigment ve taşıyıcı sıvı arasındaki özgül yoğunluk farkının düşürülmesi
- Dispersiyon kimyasalının pigment yüzey enerjisi üzerindeki adsorbsiyonunun yüksek olması

Dört farklı pigment dispersiyon teknolojisi vardır. Polimer dispersiyonunda, parçacıkların yüzeyini kaplayan, suda çözünebilen polimerler kullanılır. Yüzey aktif madde stabilizasyonu ise pigment yüzeyine yüzey aktif maddenin adsorbsiyonu ile elde edilir. Bir diğer yöntem olan mikro-kapsüllenmiş pigmentlerde ise pigmentler kalın bir akrilik polimer tabakasıyla kapsüllenmiştir. Ve son olarak, pigmentlerin yüzey modifikasyonu gerçekleşen dispersiyondur.



Bu teknolojiye, pigment yüzeyine sülfon, karboksilik grup, piridin veya trimetil amin katyonları kovalent bağ ile bağlanır. Böylece pigmentlere istenilen fizyokimyasal özellikler verilmiş olur [98].

### 3. PAMUKLU KUMAŞLARIN İNK JET BASKISINDA KARŞILAŞILAN PROBLEMLER

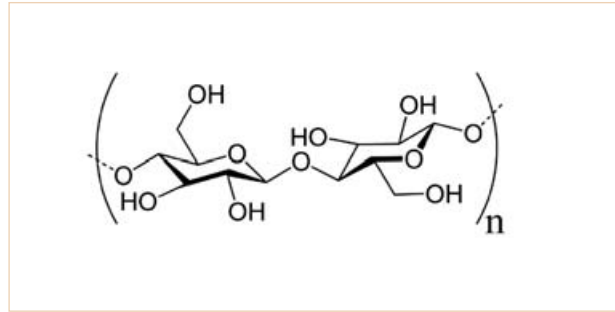
#### 3. PAMUKLU KUMAŞLARIN İNK JET BASKISINDA KARŞILAŞILAN PROBLEMLER

##### 3.1 Pamuk Lifinin Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri

Pamuk lifi yaklaşık %90 oranında selülozdan meydana gelmektedir. Bu sebeple pamuğun kimyasal özellikleri denildiğinde selülozun kimyasal özellikleri ve verdiği tepkimelerden bahsetmek gerekir.

Pamuk lifindeki selüloz, diğer bitkisel liflere kıyasla en yüksek orana sahip olup, oryantasyon ve kristalinite gibi özellikleri de daha iyidir [99]. Pamuk lifleri büyük oranda  $\alpha$  selülozdan oluşur. Selüloz olmayan kısım ise ya dış katmanlarda, kutikula ve primer hücre duvarında, ya da lif lümeninin içerisinde yer alır. Sekonder hücre duvarı ise tamamen selülozdur. Pamuktaki selülozun, dolayısıyla lifin kalitesi iklim, toprak, sıcaklık gibi coğrafi şartların yanı sıra kullanılan zirai ilaçlar, sulama teknikleri gibi zirai uygulamalara da bağlıdır. [99, 100]. Pamuk selülozunun kristalinitesi ve oryantasyonu yüksektir. Pamuk selülozunu oluşturan  $\alpha$  selüloz uzun ve rijit moleküler yapısıyla öne çıkmaktadır [101].

$\beta$ -1,4-D(+)-glukopiranoz halkalarının 1,4-glukozid bağlarıyla birbirlerine bağlanması sonucu oluşan selüloz polimerinin kimyasal tepkimelerin temelde alkollerin kimyasal tepkimeleridir. Moleküldeki, 2. 3. ve 6. karbona bağlı OH grupları alkollerin verebileceği tepkimelerin çoğunu verebilir. Selülozun moleküler yapısı Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Selülozun moleküler yapısı.

Glukan suda çözünmediği için, 6. karbona bağlı primer alkol grubu yapısal nedenlerle aslında tepkimeye çok elverişli olması beklenir. Ancak, selüloz zincirleri birbirleriyle etkileşime girerek moleküller arası hidrojen bağları oluştururlar. Mikro fibril oluşumuyla sonuçlanan bu durum makro fibril oluşumuyla devam eder. Makro fibriller ise lifleri oluşturur. Ortaya çıkan bu güçlü hidrojen bağları sebebiyle selüloz suda çözünmez [101,102, 103].

Pamuğa uygulanan kimyasal işlemler veya ısı sonrasındaki etkiler, pamuğun supermoleküler yapısına ve 2., 3. ve 6. karbonuna bağlı hidroksil gruplarının aktivitesine bağlıdır. Tepkimeler, öncelikle amorf bölgede ve Kristal bölgelerin yüzeyinde başlar. Selüloz için esterleşme ve eterleşme temel iki tepkime türüdür. Tepkimeler, kimyasal reaktivitesi yüksek olan 6. karbona primer alkol grubundan başlar daha sonra, 2. ve 3. karbona bağlı sekonder alkol gruplarıyla devam eder [99].

Hipokloritler, klor, klorit, perklorit asit, peroksitler, permanganatlar gibi yükseltgen kimyasallar selülozla kolaylıkla tepkimeye girebilir. Bu tip yükseltgen maddelerle selülozun tepkimesi sonucunda oksiselüloz meydana gelir. Selülozun ısıtılması sonucunda da dehidrasyon ve bozunma meydana gelir. Asidik katalizörler dehidrasyonu hızlandırırken, bazik katalizörler ise depolimerizasyon işlemi hızlandırır. Selüloz 120 °C'ye kadar mukavemetini kaybetmeden

ısıtılabilir. Böylece nemi uzaklaştırılabilir. 150 °C'ye ısıtıldığında ise moleküler ağırlığında ve mukavemetinde bir düşme gözlenir. 200 ila 300 °C arasında ise uçucu ürünler ve sıvı pirolizatlar oluşur. 450 °C'de ise kömürleşir [99,102].

Pamuk lifinde gözlenen maddeler Tablo 3.1'de gösterilmiştir. Bu maddelerin miktarı, pamuğun yetiştiği şartlara bağlı olarak değişebilmektedir. Yine aynı şekilde pamukta bulunan metaller de, pamuğun yetiştiği şartlara bağlı olarak değişir. Bir pamuk lifinde karşılaşılan metaller ve miktarları Tablo 3.2'de gösterilmiştir. Pamuk lifindeki metaller, pamuğun göreceği işlemler göz önüne alındığında önemli faktörler olarak karşımıza çıkar. Özellikle, ağartma ve boyamada bu metaller uzaklaştırılmaz veya etkisiz hale getirilmezse ciddi problemlerle karşılaşılabilir. Silika ve bazı metal oksitleri rotor iplikçiliğinde sürtünme ve örmede iğne aşınması problemlerine yol açar. Peroksit ağartmada ise magnezyum tuzları ile demir ve bakır metalleri düzgünsüz bir ağartmaya neden olur.

	% kuru ağırlık	
	Tipik	Aralık
Selüloz	95.0	88.0 - 96.0
Protein	1.3	1.1 - 1.9
Pektin	1.2	0.7 - 1.2
Anorganik madde	1.2	0.7 - 1.6
Vaks	0.6	0.4 - 1.0
Şeker	0.3	0.1 - 1.0
Pigment	Eser miktarda	

**Tablo 3.1** Pamuğun yapısında bulunan maddeler

Metal	Ppm
Potasyum	2000 - 6500
Magnezyum	400 - 1200
Kalsiyum	400 - 1200
Sodyum	100 = 300
Demir	30 - 90
Manganez	1 -10
Bakır	1 -10
Çinko	1 -10
Kurşun	Tespit edilmemiştir
Kadmiyum	Tespit edilmemiştir
Arsenik	Eser miktarda (<1)
Fosfor	180 - 1000

**Tablo 3.2** Pamuk lifinde bulunan metaller

Çözünmeyen kalsiyum ve magnezyum tuzları boyamayı olumsuz yönde etkiler. Ayrıca bakır denim kumaşlarda sararmaya yol açabilir. Demir, liflerde kalıcı bir kahverengi veya pembe bir renk vererek boyamayı etkileyebilmektedir. Bu tip metallerin birçoğu iyi bir pişirme ve ağartma işleminde giderilebilmektedir [103].

Pamuk fiziksel yapı itibariyle diğer liflerden kolaylıkla ayrılabilir. Pamuk lifi tek bir hücreden oluşmuştur. Uzunluğu boyunca spiraller ve kıvrımları belirli bükümler görülür. Bu kıvrım sayısı pamuğun çeşidine göre farklılık gösterir. Pamuk lifinin yoğunluğu 1,52 -1,54 g/cm<sup>3</sup>'tür. Enine kesiti fasulye veya böbrek şeklinde olup ortasında bulunan lümenin içi boş olup hava ile doludur. Bu hava pamuğa yalıtım özelliği katmaktadır. Pamuğun en dış katmanı kütükülden oluşmuştur. İçeriye doğru sırasıyla, primer duvar, selüloz kaynağı sekonder duvar, tersiyer duvar ve lümen gözlenir.

Pamukta lif olgunluğu sekonder hücre duvarının kalınlığıyla ilgili bir terimdir. Zira ilaçlama, hastalık veya don olayı gibi etkenler liflerin olgunlaşma sürecine ket vurabilir [43]. Bu tip durumlar sonucunda pamuk lifi olgunlaşmayabilir veya ölü lif meydana gelebilir. Ölü elyaf ve gelişmemiş elyaf arasındaki ayırım çok önemlidir. Her ikisi de olgunlaşmış elyaftan daha açık renge boyanır, ancak olgunlaşmamış elyaf, merserizasyon işlemine tepki verir ve şişer [104].

Lif olgunluğu, pamuğun geçireceği işlemler açısından kritik bir önem taşımaktadır. Bu sebeple, pamuğun olgunluk derecesinin, işlemlerden önce bilinmesi önemlidir. Bu durum boyanabilirlik ve diğer işlemlerde kaliteyi çok önemli oranda artırmaktadır [103]. Olgunlaşmamış pamuk ve ölü elyaf düzgünsüz boyanmaya neden olur. Genelde pamuktaki olgunlaşmamış lif oranı %25'tir.

Pamuğun polimerizasyon derecesi 9000 ila 15000 arasında değişebilmektedir. Rengi genelde krem renginden biraz daha açık olup, bu özellik yetiştigi coğrafyaya bağlı olarak değişebilmektedir. Mukavemeti orta seviyede olup yün ve ipek arasında yer alır [101].

### 3.2 İplik ve Kumaş Üretimine Genel Bakış

Pamuk lifleri iplik haline gelene kadar birçok işlemde geçer. Pamuk hasat edildiğinde tohum da içerdiğinden tohum pamuğu olarak adlandırılır. Liflerin çekirdekten ayrılması için çırçırılama işlemine tabi tutulur [101].

Pamuk lifleri tek başına veya başka bir lifle karışım halinde kesikli liften iplik üretim hatlarından birini takip ederek iplik haline gelir. İplik üretimi genel olarak şu basamaklardan oluşmaktadır: harman - hallaç, tarak, cer, fitil, eğirme, katlama-büküm, sarım.

Harman-hallaç dairesinde pamuk balyaları açılarak, harmanlama yapılır. Bu şekilde temizleme işleminden de geçen pamuk lifleri taraklama veya tarama işlemi için tarak dairesine vatka halinde beslenir.

Taraklama işleminde pamuk lifleri vatka formundan şerit formuna dönüştürülür. Penye gibi daha kaliteli bir iplik elde etmek için, taraklama işleminden sonra kısa liflerin ayrıldığı tarama işlemi devam eder.

Taraktan çıkan şeritler katlama ve çekim işlemi için cerlerden geçerek, lifler mümkün mertebe paralelleştirilir. Burada tarak şeritleri biraz daha incilir ve daha düzgün hale getirilir. Cerlerden sonra fitil makinasına beslenen şeritler, daha çok inceltip hafif büküm verilerek fitil formuna dönüştürülür. Fitiller, artık, ring iplik makinasına beslenebilecek düzeydedir. Ring iplik makinasında fitiller inceltip büküm verilerek iplik formuna sokulur. Bu şekilde masuralara sarılır. Bundan sonra katlı iplik oluşturabilmek ve masuralardan bobinlere aktarabilmek için büküm ve aktarma makinelerine masura olarak besleme yapılır. Burada kısaca anlatılan ring iplik teknolojisinden farklı olarak rotor iplikçilikte fitil aşaması yoktur. Bunun yerine rotor makinasına doğrudan şerit olarak besleme yapılır.

Kumaş üretimi ise, dokuma ve örme olmak üzere iki farklı teknikle gerçekleştirilmektedir. Dokuma kumaşlar, çözgü olarak adlandırılan ve kumaş boyunca uzanan iplikleri dik açıyla kesen ve kumaş enince uzanan atkı ipliklerinden oluşmaktadır. Atkı ve çözgü iplikleri kumaşın dokuma desenine göre birbirlerinin altından veya üstünden geçerek doku oluştururlar. Dokuma desenlerinden bez ayağı ve dimi sıklıkla kullanılan desenlerdir [105]. Örmeye ise kumaş dokusu çok daha farklı bir teknikle elde edilmektedir. Bir veya birkaç iplik kullanılarak ilmek oluşturulması ve bu ilmeklerin birbiri içerisinde belirli bir desene göre geçmesiyle kumaş elde edilir. Dokuma kumaşla karşılaştırıldığında daha esnek yapıda olan örme kumaşlar, t-shirt, sweat-shirt, iş çamaşır gibi konfeksiyon ürünlerinde tercih edilmektedir.

### 3.3 Ön terbiye İşlemlerine Genel Bakış

Dokuma kumaşların önterbiyesi genelde haşıl sökmeyle başlar. Haşıl sökme işleminde, dokuma öncesinde çözgü ipliklerine uygulanan nişasta ve benzeri maddeler uzaklaştırılır. Bu işlem birçok işletmede gaze işlemi ile kombine edilmiştir. Kumaş yüzeyinden dışarı doğru çıkan liflerin yakılması işlemi olan gazede, yakma işleminden sonra soğutma gerektiğinden, kumaş gazeden sonra haşıl sökme teknesine girerek, hem kumaşta gerekli soğutma hem de haşıl sökme işlemi bir arada gerçekleştirilmiş olur. Bu kombine işlemi genelde pişirme işlemi takip eder. Pişirme işlemi, pamuklu kumaştaki yağ ve vaks gibi safsızlıkların uzaklaştırılması için uygulanan işlemdir. Bu işlemden sonra kumaş her ne kadar daha emici hale gelse de pamuğun doğal ekru rengi giderilemez. Bu ekru rengi veren safsızlıklar ağartma işlemi işe giderilir. Ağartma işleminde kumaş çoğunlukla halat formundadır. Ağartma kimyasalı olarak hidrojen peroksit kullanımı yaygındır. Kimyasal ayrı bir yerde hazırlanarak makineye beslenir. Pişirme ve ağartmadan sonra kumaş nötralizasyon işlemine tabi tutulur. Burada çok zayıf asit kullanılır. Daha sonra kumaş su ile durulanarak kalan kimyasalların uzaklaştırılması sağlanır. Pamuklu kumaşlara uygulanan meriserizasyon işlemi kumaşın kullanılacağı yere göre isteğe bağlı olmak üzere uygulanabilir. Meriserizasyon işleminde kumaş %18'lik NaOH çözeltisiyle muamele edilir. Pamuk, bu şartlar altında şişerek, enine kesiti dairesel bir hal alır. Lifi dış yüzeyi bu haldeyken daha fazla ışık yansıtacağından dolayı daha parlak bir görüntü elde edilir. Boya alımı da daha yüksek olur. Bazı durumlarda kumaşa optik beyazlatıcılarda uygulanabilir. Bu kimyasallar, mor ötesi bölgedeki gözle görülemeyen dalga boyundaki ışınları soğurarak, görünür bölgede ışımaya yaparlar. Bu sebeple kumaş daha beyazmış gibi görünür [106-114].

### 3.4 Ink Jet Baskıda Ön Hazırlık İşlemi

Ink jet baskı teknolojisi, genel bir ifadeyle herhangi bir kalıp gerektirmeden, doğrudan kumaş üzerine renklendirici mürekkeplerin püskürtülmesi ilkesine dayanmaktadır. Bu sebeple, kumaş üzerine püskürtülen mürekkeplerin ink jet baskı kafasına uygun özellikte olması şarttır ve klasik baskı teknolojilerinde uygulanan, tüm kimyasalları ve renklendiricileri içeren patların ink jet teknolojisinde uygulanması mümkün değildir. Dolayısıyla, ink jet teknolojisiyle basılacak pamuklu kumaşlara, özellikle reaktif mürekkep kullanılacaksa, kıvamlaştırıcı uygulaması baskı öncesinde ayrı olarak gerçekleştirilmektedir. Bu işlem ink jet baskıda uygulanan bir yöntem olması sebebiyle burada ele alınması uygun bulunmuştur.

Klasik reaktif baskı teknolojilerinde genellikle tek fazlı, yani, bütün gerekli kimyasalların pat içerisinde bir kerede kumaşa aktarılması yöntemi uygulanırken, ink jet baskıda bu yöntem mümkün değildir. Boya ve kıvamlaştırıcı, iki fazda ayrı ayrı uygulanması gerekir. Bunun ana sebepleri şu şekildedir:

- Alkali içeren mürekkeplerdeki boya daha kolay hidroliz olacağından mürekkebin raf ömrü daha kısadır.
- Mürekkep içerisindeki kimyasallar jet düşelerine zarar vermektedir.

- Kıvamlaştırıcılar ink jet baskıya uygun reolojiye sahip değildir.

Ayrıca kıvamlaştırıcının ayrı uygulanmasının bir avantajı da, kumaşın ıslanma ve penetrasyon özelliklerini kontrol altında tutabilmektir.

Pamuk, viskon gibi selüloz esaslı liflerden mamul kumaşlar, reaktif mürekkeplerle ink jet baskıda iki fazlı yöntemle göre basılır. Buna göre, alkali, üre ve kıvamlaştırıcı içeren çözelti kumaşa baskı öncesinde çeşitli yöntemlerle uygulanır. Sonrasında kumaş reaktif mürekkepler kullanılarak renklendirilir. Kıvamlaştırıcı içeren ön hazırlık çözeltisi, daldırma yönteminin yanı sıra silindirler veya şablonlar yardımıyla kumaşa aktarılabileceği gibi, baskı makinesine eklenen sistemle de kumaş üzerine püskürtülebilmektedir. Ön hazırlık çözeltisi reçetesi Tablo 3.3'te gösterilmiştir.

Orta viskoziteli sodyum aljinat	100 g/l
Üre	100 g/l
Sodyum karbonat	20-30g/l
Ludigol (BASF)	25 g/l

**Tablo 3.3** Reaktif ink jet baskıda ön hazırlık çözeltisi reçetesi

Kıvamlaştırıcıların baskıdaki kullanım amacı, mürekkebin kumaş üzerinde yayılmasını engelleyerek daha net desenler elde etmektir. Ayrıca, baskı sonrası buharlama esnasında nemi tutarak boyanın ve kimyasalların çözünmesini dolayısıyla liflere nüfuz etmesine yardımcı olur.

Kıvamlaştırıcı, boya veya diğer kimyasallarla tepkime vermemelidir. Aksi halde, suda çözünmeyen maddeler oluşur ve bunlar yıkamayla uzaklaştırılamadığından kumaşın tutumunu sertleştirir. Selülozik liflerin baskısında kıvamlaştırıcı seçimi önemlidir. Doğal kıvamlaştırıcılarda tıpkı selüloz gibi hidroksil grubu bulunur. Bu sebeple nem tutma özellikleri vardır. Ancak, kıvamlaştırıcıdaki hidroksil gruplarının reaktif boya ile bağ yapma potansiyeli olduğundan kullanılacak kıvamlaştırıcı çeşitleri sınırlıdır. Hatta pratikte sadece sodyum aljinat kullanılır.

Reaktif boya, pamuk ile alkali ortamda kovalent bağ oluşturur. Bu sebeple reaktif baskıda alkali kullanılması gerekmektedir. Ancak stabilite açısından reaktif boya içeren mürekkeplere alkali konulması tercih edilmemektedir. Bütün kimyasalların aynı anda eklendiği tek fazlı klasik reaktif baskıda, daha az hidrolize neden olan sodyum bikarbonat kullanılırken, ink jet baskıda iki fazlı yöntem uygulandığından daha ucuz ve daha kuvvetli alkali olan sodyum karbonat kullanılabilir. Tablo 3.3'te verilen sodyum karbonat miktarı yerine 25 g/l sodyum bikarbonat da kullanılabilir.

Reaktif baskıda kullanılan üre hem boyanın çözülmesinde hem de nem tutmada görev almaktadır. Her ne kadar ürenin kullanımından kaynaklanan azot salınım miktarı çevresel açıdan bir problem oluştursa da, üre kullanımı hala devam etmektedir.

Ticari adı ludigol (BASF) olan sodyum meta nitrobenzen sülfonat, orta kuvvette yükseltgen madde olup, boyanın buharlama sırasında indirgenmesini dolayısıyla boya veriminin azalmasını engeller [79].

Pamuklu kumaşların klasik şablon baskısı önemli oranda pigment kullanılarak yapılmaktadır. Haslık değerlerinin tatminkar seviyede olmasının yanı sıra, fikse işleminin reaktif baskıya göre daha pratik olması önemli avantajları olarak öne çıkmaktadır. Ancak, ink jet baskıda pigment

kullanımı çok dikkat gerektirmektedir. Reaktif mürekkeplerde olduğu gibi pigment içeren mürekkeplerin içerisine bütün kimyasalların konması sakıncalı olabilmektedir. Burada en temel problem binderin düşeleri tıkaşmasıdır. Bu sebeple binder baskı öncesinde kumaşa ayrı olarak uygulanmaktadır. [114]

Pamuk dışındaki liflerden mamul kumaşlara da ön hazırlık işlemi uygulanmaktadır. Bunun en önemli sebepleri, life uygun boyarmaddenin renk verimini artırmak ve kontur netliğini dolayısıyla baskı kalitesini artırmaktır. Selüloz dışındaki liflerde guar, karboksimetil nişasta, karboksimetil selüloz gibi kıvamlaştırıcılar tatminkar sonuçlar vermiştir [79].

Pamuğa pigment içeren mürekkeplerle yapılan ink jet baskıda, baskı öncesi kıvamlaştırıcı uygulaması gerekmemektedir.

### 3.5 Ink Jet Baskıda Art İşlemler

Birinci jenerasyon baskı makinalarında baskı hızı yavaş olduğundan, kumaşa yapılan baskı problem çıkarmayacak kadar kuruyabilmekteydi. Ancak ikinci jenerasyon baskı makinalarında hızların artmasıyla kuruma için gerekli süre kısaldığından, dolayısıyla yeterli bir kurutma sağlanamadığından ve silindirden silindire yapılan baskılarda henüz tam kurumamış baskı kirlenmelere yol açtığından ek bir kurutma ünitesinin eklenmesine ihtiyaç duyulmuştur. Baskı bölgesinin çıkışına yerleştirilen bu ısıtıcılar sıcak hava üfleyerek kurutma işlemi gerçekleştirmektedir. Bir başka yöntemde ise kumaş sıcak bir metal üzerinden geçirilerek kurutma sağlanmaktadır [79].

Fikse işlemi tıpkı klasik şablon baskıcılığında olduğu gibi, ink jet baskıda da gerekli ve önemli bir aşamadır. Pamuğun reaktif ink jet baskısında fikse işlemi buharlama ile gerçekleştirilir. Atmosferik basınç altında gerçekleştirilen buharlama işleminde sıcaklık 100 °C'nin biraz üzerindedir. Buharlama esnasında buhar, kumaş üzerinde yoğunlaşarak, baskılı bölümlerdeki kıvamlaştırıcı ve üre gibi higroskopik kimyasallar tarafından emilir. Bu bölgelerde, boya ve kimyasallar çözünerek, kıvamlaştırıcı bünyesinde konsantre bir boya banyosu oluşturur. Oluşan boya banyosunun flotte oranı çok düşük olduğundan, (örneğin 1:1) boya fiksesi, çektirmeli boyamadan çok daha hızlıdır [114].

Buharlama işleminden sonra, fikse olmamış fazla boyanın uzaklaştırılması amacıyla yıkama işlemi gerçekleştirilir. Yıkama işlemine soğuk su ile başlanması tavsiye edilmektedir. Soğuk suda kıvamlaştırıcı ve diğer kimyasallar boya ile birlikte çözünüp kumaştan uzaklaşır. Aksi halde, fazla boya sıcak suda basılmamış bölgeleri lekeleyecektir [114]. Bunu, sıcak yıkama takip etmektedir ve bu yıkamada genellikle bir yüzey aktif madde kullanılır [79]. En az 95 °C'de yapılması tavsiye edilen sıcak yıkamada amaç, hidroliz olmuş boyanın etkin bir biçimde uzaklaştırılmasını sağlamaktır. Reaktif ink jet baskıda buharlama işlemi yerine termofikse işlemi uygulanabilmektedir. Termofikse uygulamasından sonra da yıkama işlemi gerçekleştirilmelidir [114].

Pigment içeren mürekkeplerle gerçekleştirilen ink jet baskıda ön hazırlık gerekmediği gibi fikse sonrasında yıkama da gerekmemektedir. Termofikse uygulamasından sonra istenilen haslıklara ulaşılabilir [79]. Tablo 3.4'te pamuklu kumaşlara yapılan işlemler özetlenmiştir.

Mürekkep Tipi	Fikse	Yıkama Şartları
Reaktif	102°C'de 8 dakika doymuş buharlı fikse	1- Soğuk yıkama 3 dakika 2- Sıcak yıkama 5 dakika 2 g/l uygun detarjan ile 3- Ilık veya soğuk yıkama
Reaktif	102°C - 200°C'de' 1 = 4 dakika termofikse	1- Soğuk yıkama 3 dakika 2- Sıcak yıkama 5 dakika 2 g/l uygun detarjan ile 3- Ilık veya soğuk yıkama
Pigment	170°C'de 4 dakika termofikse	Yıkama gerektirmemektedir

Tablo 3.4 Pamuklu kumaşlara yapılan ard işlemler

### 3.6 Pamuğun Ink Jet Baskısında Karşılaşılan Hatalar

#### 3.6.1 Pamuk Lifinden Kaynaklanan Hatalar

Olgunlaşmış normal bir pamuk lifinin enine kesiti fasulye şeklinde olup kalın bir hücre duvarına sahiptir. Ancak ölü elyaf olarak tabir edilen liflerde hücre duvarı görülmez. Ölü elyaf ve olgunlaşmış elyaf dışında, bunların ikisi arasında sınıflandırılan olgunlaşmamış pamuk lifinde ikincil hücre duvarı bulunsa da, bu duvar normalden incedir ve life gereğinden fazla esneklik verir. Bu durum, çirçirlemede, harman-hallaçta ve taraklarda neps oluşmasına neden olur. Bu nepsler, boya veya baskıda boya alımına karşı direnç göstererek, boyanmış kumaş üzerinde beyaz nokta olarak kendilerini gösterirler.

Ölü elyaf ve gelişmemiş elyaf arasındaki ayrım çok önemlidir. Her ikisi de olgunlaşmış elyaftan daha açık renge boyanır, ancak olgunlaşmamış elyaf, mersevizasyon işlemine tepki verir ve şişer.

Olgunlaşmamış veya ölü elyaf kaynaklı beyaz veya açık renkli noktalar şu üç şekilde meydana gelebilir:

- 1- Kumaş yüzeyine tutunmuş neps kumaşa uygulanan işlemler esnasında ezilerek yassılaştır. Bu durumdaki neps daha düzgün bir yüzeye sahip olduğundan, kumaşla aynı renkte olmasına karşın daha parlak görünür. Bu sebeple belli açılardan kumaşa bakıldığında, daha açık renge boyanmış izlenimi verir.
- 2- Kumaş yüzeyine tutunmuş neps, o noktada kumaşın düzgün biçimde boyanmasına engel olabilir. Genellikle gevşek bir biçimde tutunduklarından bir sonraki işlemlerde neps kumaş yüzeyinden koparak o bölgede daha açık bir noktanın oluşmasına neden olur.
- 3- Kumaş yüzeyine tutunmuş neps kumaşla aynı tonda boyanmaz.

Neps oluşumu veya neps kaynaklı hatalar çeşitli aşamalarda azaltılabilir. Özellikle Harman-hallaçta, neps oluşumunu azaltmaya veya engellemeye yönelik ayarlar yapılmaktadır. Nepslerin taraklara gelmeden giderilmeye çalışılması çok önemlidir. Tarağın ana tamburundan geçen nepsler, bir sonraki aşamalarda, iplik veya kumaşta, kendisini gösterecektir.



Ön terbiyenin olgunlaşmamış veya ölü elyaf üzerinde çok az etkisi vardır. Ancak, merserizasyon gibi pamuk lifini şişirmeye yönelik terbiye işlemleri olgunlaşmamış liflerin ikincil hücre duvarlarının da şişmesine neden olduğundan bu liflerin boya alımını artırmaktadır. Diğer taraftan, ölü liflerde böyle bir hücre duvarı oluşmadığından, bu tip terbiye işlemlerinin ölü liflere herhangi bir etkisi yoktur.

Boya veya baskı işlemi esnasında kullanılacak boyanın seçimi önemlidir. Boyalar olgunlaşmamış elyafı boyama yeteneklerine göre çeşitlilik göstermektedir. Boya kullanımı esnasında, bu durum, boya tedarikçilerine danışılmalıdır. Merserizasyon veya benzeri yöntemler, ileriki aşamalarda ortaya çıkan, ölü elyaf kaynaklı beyaz veya açık renkli noktaların oluşmasını engelleyemediğinden, boya seçimi iyi bir alternatif olarak daha çok önem kazanmaktadır.

Farklı kaynaklardan elde edilen pamuk liflerinin boyanabilme özellikleri de farklı olabilmektedir. Bu sebeple, pamuğun mümkün mertebe aynı kaynaktan tedarik edilmesi önerilmektedir.

Pamuğun yapısı % 96 oranında selülozdan oluşmaktadır. Selülozun yanı sıra pamuğun yapısında bulunan safsızlıklar ön terbiye işlemleri esnasında giderilmelidir.

Pamukta bulunan yağ ve vakslar, alkali ve yüzey aktif maddelerle kabul edilebilir seviyelere düşürülebilmektedir. Pektin ve benzeri kimyasallar, alkali, genellikle kostik, uygulamalarıyla çözünür hale gelmektedir. Aynı şekilde amino asitler de alkali işlemler sonrasında ilgili tuzlara dönüşerek çözünür hale gelmektedir. Ancak, konvansiyonel alkali işlemlerde kompleks yapıcı kimyasallar ortamın yüksek bazikliğinden dolayı, ağır metal içeren kompleks bileşiklerin minerallerini yeterince uzaklaştırılamamaktadır. Bununla birlikte alkali pH aralığında selülozun hızlı ve güçlü bir biçimde şişmesi lif merkezindeki minerallerin lif yüzeyine çıkmasını olumsuz yönde etkiler. Organik ve inorganik asitlerle yapılan demineralizasyon işlemi, alkali işlemlere nazaran daha efektif sonuçlar vermektedir. Ancak, asit uygulanması ne kadar verimli olursa olsun, organik veya inorganik asitlerin pamuğun demineralizasyonunda kullanılması çeşitli dezavantajları da beraberinde getirir. Bunlar, makine aksamının korozyonu, asitlerle çalışma zorluğu ve en önemlisi pamuğun zarar görmesidir. Bu amaca yönelik güçlü asidik kompleks yapıcı kimyasallar veya organik tampon sistemli kompleks yapıcı kimyasallar geliştirilmiştir.

### 3.6.2 İplikten Kaynaklanan Hatalar

Pamuklu ürünlerdeki hataların yaklaşık % 25'i iplikten kaynaklanmaktadır. Temel iplik parametreleri şu şekilde sıralanabilir:

- Numara
- Büküm
- Büküm Yönü
- Mukavemet
- Tip (rotor, ring, penye, karde)
- Kopma Uzaması
- Nem Oranı
- Tüylülük
- Düzgünsüzlük
- Safsızlık
- Karışım Oranı
- Tek veya Katlı Oluşu

Bazı karakteristik iplik hataları:

- Neps
- İnce ve Kalın Yerler
- Zayıf Yerler
- Numara Varyasyonları
- Tüylülük
- Boyanabilme Farklılıkları şeklinde sıralanabilir.
- Boyanabilme farklılarının başlıca sebepleri ise şunlardır:
- Olgunlaşmamış Elyaf
- Ölü Elyaf
- Bitkisel veya diğer yabancı maddeler
- Yanlış büküm
- Kötü bağlantı veya düğüm yerleri
- Neps
- Numara Farklılıkları

### 3.6.3 Kumaştan Kaynaklanan Hatalar

Kumaş yapıları üç ana başlık altında incelenebilir: dokuma, örme ve dokunmamış kumaşlar. Dokuma kumaşlar kendi arasında kumaş yapısına, yani, çözgü ve atkı ipliklerinin hareketlerine göre sınıflandırılırlar. Bez ayağı, dimi ve saten olmak üzere üç temel dokuma deseni mevcuttur.

Baskı esnasında karşılaşılabilecek kumaş kaynaklı hatalar aşağıda sıralanmıştır [104]:

- Çözgü ve atkı ipliği gerginlik farkı
- Çözgü ve atkı ipliklerinin numara, büküm, büküm yönü, tüylülük, harman oranı gibi temel özelliklerindeki farklılıklar
- Farklı çözgü sıklıkları (yanlış tahar, eksik çözgü teli, çift çözgü teli)
- Farklı atkı sıklıkları (eksik atkı teli, çift atkı teli)
- Kumaş zemininden daha kalın kenarlar
- Atkı atma esnasında ve tefeleme esnasında oluşan hatalar,
- Uygulanan haşıl miktarındaki farklılıklar
- Haşıl sonrası kurumadaki farklılıklar
- Kumaşla birlikte dokunan uçuntu veya yabancı lif,

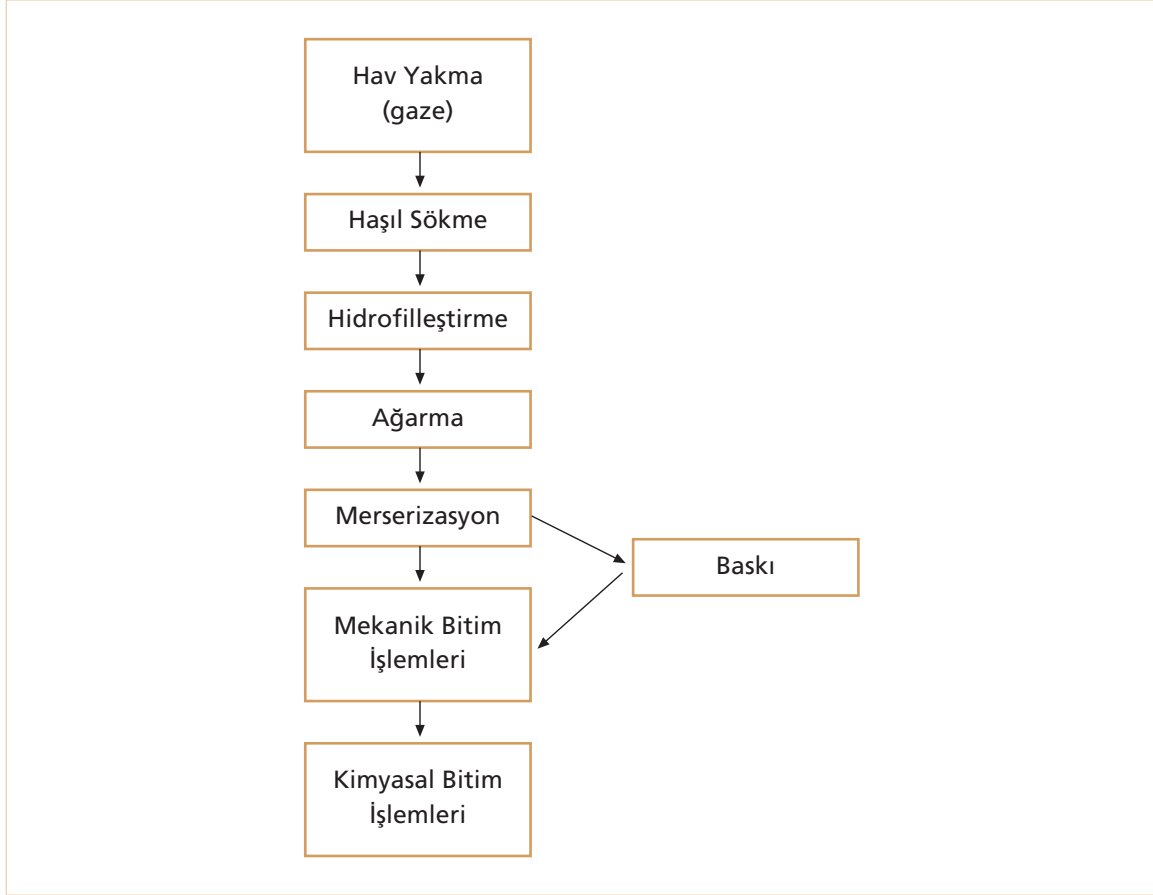
Örme kumaş ise, dokumadan farklı olarak, iğnelerin oluşturduğu farklı tipteki ilmeklerden meydana gelmektedir. Örme kumaş üretiminde karşılaşılan ve ink jet baskıyı etkileyen hatalar şu şekildedir [104]:

- İplik düzgünsüzlüğü
- İpliklerinin numara, büküm, büküm yönü, tüylülük, harman oranı gibi temel özelliklerindeki farklılıklar

- Uçuntu
- Örne makinaları farkı

### 3.6.4 Ön terbiyeden Kaynaklanan Hatalar

Ön terbiye işlemlerinin akış şeması Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Pamuğa baskı öncesi ve sonrasında uygulanan terbiye işlemleri [104]

#### 3.6.4.1 Yakma (Gaze) İşlemi Esnasında Karşılaşılan Hatalar

Tekstil endüstrisinde gaze olarak adlandırılan hav yakma işleminde kumaş yüzeyinde tüycükler yakılarak daha düzgün bir yüzey elde edilir. Yakma işlemi, iplik ve örme kumaşlara da uygulansa da, dokuma kumaşlara daha fazla uygulanmaktadır. Yakma işleminde kumaş kuru olmalıdır dolayısıyla yaş işlemlere girmeden önce yakma işlemi gerçekleştirilmelidir. Bu sebeple yakma yani gaze ilk işlemdir. Kumaş brülörlerden çıkan alevlerin önünden geçerek su banyosuna girer. Bunun sebebi kumaş üzerinde herhangi bir tutuşmayı önlemektir. Bu su banyosu yerine genellikle haşıl sökme çözeltisi kullanılarak haşıl sökme işlemi de gerçekleştirilmiş olur. Özellikle baskıya girecek kumaşlarda, kontur netliği açısından yakma işlemi önemlidir. Ayrıca kumaşın daha parlak görünmesini sağlar [115]. Yakma işlemi görmemiş kumaşlardaki tüylenme homojen olmayacağından renklendirme esnasında hareli bir görüntü ortaya çıkabilmektedir. Yakma işlemiyle bu risk azaltılabilmektedir. Yakma işleminde karşılaşılan hatalar kumaşın geçiş hızı, alev yoğunluğu, kumaş-alev mesafesi, kumaştaki nem miktarı gibi parametrelere bağlı olarak gelişebilmektedir. Örneğin, düşük alev yoğunluğu, kumaş hızının yüksek olması ve kumaş - alev mesafesinin fazla olması yakma işleminin yetersiz olmasına neden olur.

Ayrıca kumaştaki nem miktarının fazla olması da yakma işleminin yetersiz olmasına neden olabilmektedir. Bu sebeple kumaş, yakma işleminden önce kurutma silindirlerinden geçirilerek, aşırı nem uzaklaştırılarak nem miktarı homojen hale getirilir. Böylece düzgünsüz bir yakma işlemi riski de engellenmiş olur. Bununla birlikte, yüksek alev yoğunluğu, kumaş hızının gerektiğinden daha düşük olması ve kumaşın alevlere fazla yakın olması gibi sebeplerden dolayı kumaş zarar görebilmektedir [104].

#### 3.6.4.2 Haşıl Sökmede Karşılaşılan Hatalar

Bilindiği gibi haşıl, çözgü ipliklerinin dokuma esnasında karşılaşacakları mekanik kuvvetlere karşı koyabilmeleri amacıyla uygulanmaktadır. Ayrıca kayganlık sağlayarak dokuma performansını artırmaktadır [115].

Haşıl maddeleri, doğal ve sentetik olmak üzere iki temel grupta sınıflandırılır. Doğal haşıl maddeleri, nişasta ve nişasta türevleri, karboksi metil selüloz (CMC) gibi selüloz türevleri ve protein esaslı makromoleküllü film oluşturabilen maddelerden oluşmaktadır. Sentetik haşıl maddeleri ise polivinil alkoller (PVA), poliakrilatlar ve sitiren-maleik asit kopolimerlerini içerir. Nişasta türü haşıl maddeleri, ekonomik olduğundan ve dokuma performansları açısından tatminkar sonuçlar verdiği için, pamuğun haşılmasında sıklıkla kullanılmaktadır [104]. Haşıl maddesinin yanında, haşıl yardımcı maddeleri de kullanılmaktadır. Bunlar, yumuşatıcı, kayganlaştırıcı, ıslatıcı, statik elektriklenmeyi azaltıcı gibi maddeler olup daha küçük molekülüdür [115].

Haşıl maddeleri, ayrıca, su ile girdikleri etkileşime göre de sınıflandırılabilirler. Tablo 3.5'te haşıl maddelerinin özellikleri ve nasıl uzaklaştırılacakları gösterilmiştir. Bu sebeple hangi tip haşıl maddelerinin kullanıldığının bilinmesi önemlidir.

Haşıl Tipi	Özellik	Uzaklaştırma Yöntemi
Nişasta ve nişasta türevleri	Suda parçalanabilir	Enzimatik, oksidatif
Akriyat, PVA, CMC	Suda çözülebilir	Şişmeyle
Özel akriyatlar, polyester	Suya dayanıklı	Nötralizasyon, dispersiyon

**Tablo 3.5** Haşıl maddelerinin özellikleri ve uzaklaştırılma yöntemleri

Nişasta haşılının sökülmesinde çeşitli yöntemler kullanılabilir. Ancak en günümüzde en sık kullanılan yöntem enzimatik yöntemle haşıl sökme işlemidir. Amilaz enzimlerinin kullanıldığı bu yöntemde nişasta suda çözünebilir daha küçük molekülü hidrokarbonlara parçalanır. Çevre dostu olan bu yöntemin dezavantajı ise, enzimlerin pH değerlerine karşı hassasiyetinden dolayı başka işlemlerle kombine edilmeleri zordur [115].

Enzimatik haşıl sökmede en sık karşılaşılan hata, haşıl maddesinin yeterince uzaklaştırılmamasıdır. Bunun nedenleri, haşıl banyosunun pH ve sıcaklık değerlerinin uygun olmamasından kaynaklanabilmektedir. Bununla birlikte, enzimlerin aktivitesi için sürenin yetersiz olması, enzim aktivitesinin düşüklüğü, enzimlerin deaktivasyonu gibi nedenlerden dolayı da haşıl sökme işlemi yetersiz olabilmektedir [104].

Haşıl sökme işleminin gerektiği gibi gerçekleştiği standart iyot çözeltisi ile kontrol edilebilir. Yeterince uzaklaştırılmamış haşıl, haşıl sökme işlemi takip eden kaynatma işlemiyle birlikte ciddi problemlere yol açar. Ayrıca silindir basıncının, banyo sıcaklığının, banyodaki kimyasal konsantrasyonlarının düzgünsüz olması da haşıl sökme işleminin yeterince düzgün olmasını engeller [116].

### 3.6.4.3 Hidrofilleştirmede Karşılaşılan Hatalar

Pamuk lifleri selülozun yanı sıra, yağ, vaks, pektin gibi hidrofob, yani suyu iten maddeler içermektedir [115]. Bu tip maddeler, pamuğun bir sonraki işlemlerde düzgün bir şekilde ıslanmasını engellemekte, bu sebeple çözelti alımı güçleşmektedir. Düzgün bir çözelti alımı için pamuktaki hidrofob safsızlıklarının giderilmesi gerekir. Selülozun kendisi hidrofil olduğundan bu safsızlıklar giderildiğinde pamuk hidrofil özelliğini kazanacaktır. Hidrofilleştirme işlemi ile pamuktaki hidrofob safsızlıklar alkali ortamda sabunlaştırılarak veya enzimlerle uzaklaştırılmaktadır.

Hidrofilleştirmede genel olarak şu işlemler gerçekleştirilir:

- Sabunlaşmaya elverişli yağlar ve vaksler sabunlaştırılarak uzaklaştırılır.
- Pektinler sodyum pektinat halinde suda çözünerek uzaklaştırılır.
- Proteinler, alkali ortamda bozunarak amino asitler ve amonyak üzerinden ayrışırlar,
- Kalsiyum ve magnezyum gibi toprak alkali metaller ve demir, bakır gibi ağır metallerin şelat oluşturan kimyasallar yardımıyla uzaklaştırılırlar
- Sabunlaşmayan veya çözünmeyen diğer vaks ve yağlar, emülsiyeye edilerek uzaklaştırılır.
- Örne ve dokumadan gelen proses yağları uzaklaştırılır.
- Düşük molekül ağırlıklı selüloz molekülleri uzaklaştırılır. [104]

Böylece, ağartma ve boyama gibi sonraki işlemler daha verimli gerçekleşir [68]. Bununla birlikte, kumaş üzerinde, bitçik olarak tabir edilen safsızlıklar da bu yöntemle yumuşayarak, ağartma işleminde çok daha kolay bir biçimde uzaklaştırılmaktadır.

Yağ ve vakslerin uzaklaştırılmasında kostik soda kullanımı sıklıkla başvurulan bir yöntemdir. Bu yöntemde önemli parametrelerden bir tanesi kostik sodanın konsantrsidir.. Burada dikkat edilmesi gereken nokta suyun sertliğidir. Suya sertlik veren  $Ca^{++}$  ve  $Mg^{++}$  iyonları yağ asidinin  $Na^+$  iyonu ile yer değiştirip suda çözünmeyen bileşiklere meydana getirir [115]. Bunlar da çökelti oluşturarak kumaş üzerinde boya alımını engelleyen lekeler oluştururlar. Bu sebeple, suyun sertliğini gidermeye yardımcı olmak amacıyla kompleks yapıcı kimyasallar kullanılır. Bu amaçla en çok etilendiamintetraasetik asit (EDTA) kullanılmaktadır. Kompleks oluşturan kimyasallar,  $Ca^{++}$  ve  $Mg^{++}$  iyonları ve demir veya bakır gibi ağır metal iyonlarına bağlanarak sabunun çökmesini engeller. EDTA'nın yanı sıra yüzey aktif madde kullanımı da gereklidir. Kullanılacak yüzey aktif maddenin, geniş bir sıcaklık aralığında, ıslatma ve emülsiyeye etme özelliklerinin iyi olması gerekmektedir. Alkali ortama dayanıklı olması da gerekli bir özelliktir. Yanlış seçilen bir yüzey aktif madde kumaş üzerinde birikime yol açabilir.

Hidrofilleştirme işleminde sıcaklık ve işlem süresi ters orantılıdır. Yani sıcaklık artışıyla işlem süresi düşürülebilir. Düşük sıcaklıkta çalışılacaksa işlem süresinin artırılması gerekir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, yüksek sıcaklıklarda yağ ve vakslerin neredeyse tamamı uzaklaştırılacağı için, pamuğun tutumu sertleşecektir [104].

Alkali ortamda gerçekleştirilen hidrofilleştirme işleminde kullanılan alkalinin ve işlem bittikten sonra bu alkalinin kumaş üzerinden uzaklaştırılması için gereken su miktarının fazla olması çevre açısından zararlı olmaktadır. Ayrıca kaynama noktasındaki sıcaklıklarda çalışıldığından dolayı enerji tüketimi de yüksektir. Bu işlem şartlarında pamuğun oksidasyona da uğrayabilmekte ve dolayısıyla kumaşın mukavemeti de düşmektedir. Bu ve benzeri sebeplerden dolayı, hidrofilleştirme işleminde enzim kullanımına yönelik çalışmalar yapılmıştır. Enzim kullanılarak yapılan hidrofilleştirme işlemi daha hafif şartlarda gerçekleşmektedir. Bu işlemde lipaz, proteaz ve pektinaz, selülaz gibi enzim karışımları kullanılmaktadır. Yapılan araştırmaların sonuçları

pektinazın bu amaca en uygun enzim olduğu yönündedir [116 -119].

Hidrofilleştirme işleminde karşılaşılan yetersiz veya düzgünsüz hidrofilleştirme hatasının başlıca sebepleri aşağıda sıralanmıştır:

- Kimyasal konsantrasyonunun yeterli olmaması,
- Yüzey aktif maddenin hidrofilleştirme işlemine uygun olmaması,
- Sıcaklık veya zamanın yeterli olmaması,
- İşlem sonrasında yıkamanın yeterli yapılamaması,
- Su sertliği veya şelatlama kimyasalının etkisiz olması,
- Hidrofilleştirme banyosundaki sıcaklık dağılımının veya kimyasal konsantrasyonunun düzgün olmaması

Bunların yanında, lif üzerindeki yağ ve vaksların tamamının uzaklaştırılması da pamuğun tutumunu sertleştirmektedir. Aşırı yüksek alkali miktarı, uzun bekletme süresi, makina içerisinde hava olması veya demir veya pas gibi maddelerin banyo içerisinde olması da pamuğun sararmasına yol açmaktadır [104].

#### 3.6.4.4 Ağartmada Karşılaşılan Hatalar

Ağartma, boya ve terbiye öncesinde pamuklu kumaşlara uygulanan ve pamuğa sarımsı rengi veren doğal safsızlıkların giderilmesini sağlayan bir ön terbiye işlemidir. Ağartma işlemi sonucunda pamuklu kumaş beyaz bir görünüme kavuştuğu gibi, emiciliği artar. Ayrıca, tohum artıkları ve kirler tamamen uzaklaştırılır [104]. Ancak, ağartma işlemi hidrofilleştirme işleminde gerçekleştirilen temizleme işlemi olmayıp, kimyasal reaksiyonlar sonucunda ortaya çıkan yükseltgen maddelerle pamuktaki renkli maddelerin ortadan kaldırılması işlemidir. Bu sebeple hidrofilleştirme işleminden farklıdır [115].

Ağartma sonrasında elde edilen beyazlık derecesinin önemi kumaşın boyanacağı veya basılacağı renklere bağlı olarak değişmektedir. Kumaş tamamen beyaz kullanılacak veya açık renklere boyanacaksa beyazlık derecesi önemli bir parametreyken, koyu renklere boyanacaksa o kadar önem arz etmemektedir. Bu durumda pamuk lifinin temizlik derecesi ve metal içeriği daha çok ön plana çıkmaktadır [104].

Ağartma işlemi farklı oksitleyici kimyasallarla gerçekleştirilebilmektedir. Günümüzde pamuklu kumaşların ağartılmasında en çok hidrojen peroksit kullanılmaktadır. Sodyum hipoklorit veya sodyum klorit gibi klorlu kimyasallar çevreye daha zararlı oldukları için artık neredeyse kullanılmamaktadır. Ayrıca sodyum klorit ağartmasında ortaya çıkan klor dioksit gazı zehirlidir. Bunun yanında diğer organik bileşiklerle depolama esnasında patlayıcı bileşikler vermek üzere reaksiyona girmesi de tehlike yaratmaktadır. Bu gibi sebeplerden dolayı bu klorlu ağartma maddelerinden zamanla vazgeçilmiştir [104, 115]. Son yıllarda farklı ağartma ajanları üzerine çalışmalar yapılmıştır. Perasetik asit öne çıkan kimyasallardan bir tanesidir. Perasetik ön maddeleri kullanılarak, alkali hidrojen peroksit çözeltilerinde perasetik elde edilmekte ve bu şekilde ağartma işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu yöntemlerin yanında, glikoz oksidaz enzimi kullanılarak enzimatik ağartma işlemi de başarıyla gerçekleştirilmiştir.

Hidrojen peroksit kullanılarak yapılan ağartmalarda dikkat edilmesi gereken önemli parametreler şunlardır:

- Hidrojen peroksit konsantrasyonu
- Alkali konsantrasyonu

- pH
- Sıcaklık
- Süre
- Ağartılacak malzemenin yapısı ve kalitesi
- Su sertliği ve diğer safsızlıklar
- Yardımcı kimyasal maddelerin konsantrasyonu ve özellikleri
- İstenilen beyazlık derecesi
- Ağartma işleminin gerçekleştirileceği ekipman.

Hidrojen peroksit konsantrasyonu iki şekilde değerlendirilebilir:

- 1- Ağartılacak tekstil malzemesinin ağırlığı üzerinden hesaplanan konsantrasyon
- 2- Çözeltinin ağırlığı üzerinden hesaplanan konsantrasyon

Bunlardan birincisi, diğer bütün faktörler aynı olmak şartıyla, son beyazlık derecesini belirlemektedir. Yeterli bir beyazlık elde etmek için başlangıçta yeterli miktarda peroksit bulunması gerekmektedir. Ancak, çözelti ağırlığı üzerinden değerlendirilen konsantrasyon miktarı ise ağartma işleminin hızını belirlemektedir. Yani, çözelti konsantrasyonu ne kadar fazlaysa işlem o kadar hızlanır. Ancak, burada dikkat edilmesi gereken nokta, normal bir ağartma işleminde hiçbir zaman peroksit miktarının hepsi kullanılamaz [104].

Hidrojen peroksit ağartmasında, nötral peroksit efektif bir ağartma kimyasalı değildir. Alkali eklenerek pH yükseltilmelidir. Böylece ağartma için gerekli aktif madde olan perhidroksil iyonları oluşur. Ayrıca, ortam pH'nın istenen seviyede nispeten sabit kalması yine alkali ile sağlanmaktadır. Ancak, alkali şartlar peroksit bozunması ve lif degradasyonuna neden olabilmektedir. Alkalinite çözeltiye eklenen alkali miktarı ile belirlenirken, pH değeri çözeltideki hidrojen iyonu konsantrasyonunu ifade eden bir birimdir ve peroksit ağartmada çok büyük öneme sahiptir. Belli bir seviyeye kadar pH artışı beyazlık derecesini artırmaktadır. Ancak, pH değeri 11'den sonra beyazlık derecesinde düşme gözlenmektedir. Liflerin zarar görmesi ise pH 9'da minimumdur. pH değeri 11'den yüksek olduğunda ise lif degradasyonu çok ciddi boyutlardadır. Bu sebeple peroksit ağartmasında optimum pH aralığı 10,2 - 10,7 olarak kabul edilmektedir. Daha düşük pH değerlerinde stabilizatör olarak kullanılan sodyum silikatın çözünürlüğü azalmaktadır.

Sıcaklık artışı, peroksit ağartmada beyazlık derecesini artırmakla birlikte çok yüksek sıcaklıklarda pamuğun polimerizasyon derecesinin düşme ihtimali söz konusudur. 110°C gibi yüksek sıcaklıklarda pamuk üzerindeki yağlar etkin biçimde uzaklaştırılacağı için, pamuğun tutumu sertleşecektir.

Magnezyum ve kalsiyum gibi safsızlıkların uygun miktarları stabilize etkisi gösterirken, demir, bakır ve manganez gibi diğer safsızlıklar, hidrojen peroksidin katalitik bozunmasına neden olduğundan lif zarar görmektedir. Bu sebeple hidrojen peroksit ağartmalarında stabilizatör kullanımı kaçınılmazdır [104].

Peroksit ağartmalarda sıklıkla karşılaşılan hatalar, düşük beyazlık derecesi, düzgünsüz beyazlık, sert tutum, lif hasarı, iğne deliği problemleri, bitçiklerin yeterince uzaklaştırılmaması şeklinde olabilir. Hidrojen peroksit konsantrasyonunun düşük olması, alkali konsantrasyonunun düşük olması, pH değerinin yeterince yüksek olmaması, nötralizasyon işleminden sonra ürün üzerinde sodyum asetat kalması beyazlık derecesinin düşmesine neden olmaktadır. Uygun olmayan yüzey aktif madde kullanımı, suyun sertliği, kimyasalların düzgün biçimde beslenmemesi,

ağartma banyosunda köpük oluşumu ve köpük kesicilerin uygunsuz biçimde kullanımı, ağartma sonrasında yıkama işlemindeki düzgünlükler, kumaşın düzgünlük bir şekilde beyazlamasına yol açar. Bununla birlikte ağartma banyosu sıcaklık dağılımının düzgün olmaması da aynı hataya yol açmaktadır. Lif degradasyonu, mukavemet düşmesi gibi hatalar, ağartma banyosundaki metal kirliliğinden kaynaklanabilmektedir. Ayrıca, hidrojen peroksidin stabilize edilmemesi, sıcaklık, süre ve peroksit konsantrasyonlarındaki aşırı değerler ile yüksek pH değerleri de lif hasarına dolayısıyla mukavemet düşmesine neden olur. Ağır metallerin varlığında ise, iğne deliği olarak tabir edilen lokal hasarlar meydana gelmektedir. Böylesi bir durumda, kullanılan suyun demineralizasyon işleminden geçmesi, sudaki metal safsızlıklarının temizlenmesi ve uygun kompleks oluşturucu kimyasal veya stabilizatör kullanılması gerekmektedir.

#### 3.6.4.5 Merserizasyonda Karşılaşılan Hatalar

Merserizasyon, pamuk liflerinin kuvvetli sodyum hidroksit ile muamele edilmesi işlemidir. İşlemin temelleri 1844 yılında John Mercer tarafından atılmıştır. Mercer, pamuk liflerinin NaOH ile işiğini ilk defa ortaya koymuştur [115].

Pamuk liflerinde boyuna görülen spirallik ve enine kesitinin fasulye benzeri şekli, merserizasyon işlemi sonucunda kaybolarak, boyuna silindirik ve enine dairesel bir şekle yaklaşır. Bunun sonucunda lifler, lif yüzeyindeki düzgünlükler azaldığından, ışığı yansıtma özellikleri artar ve daha parlak bir görünüme sahip olurlar. Merseerizasyonun pamuğa kattığı diğer özellikler şu şekilde sıralanabilir:

- Boyarmaddeye olan afinite artışı
- Kimyasal reaktivite artışı
- Boyutsal stabilize artışı
- Mukavemet artışı
- Kumaş tutumunun iyileşmesi
- Görünümün iyileştirilmesi

Merserizasyon işlemi farklı şekillerde uygulanabilmektedir. Lif, iplik ve ham kumaşa uygulanabildiği gibi, ön terbiye işlemleri esnasında herhangi bir kademedeki uygulanabilir. Haşıl sökme, hidrofilleştirme veya ağartmadan sonra, yüksek veya düşük sıcaklıklarda uygulanabilmektedir. Belli bir gerginlik altında merserizasyon işlemi gerçekleştirilebildiği gibi, serbest olarak da uygulanabilir. Belirli bir gerginlik altında uygulandığında daha çok parlaklık artarken, serbest uygulamada boya alımı ve mukavemet daha çok artmaktadır. Ancak yapılan araştırmaların sonuçlarına göre lif halinde yapılan merserizasyonun, iplik veya kumaş formunda yapıldığına göre daha çok etkili olduğu yönündedir. Bunun sebebinin, sodyum hidroksit çözeltisinin liflere daha rahat nüfuz ettiği, bir başka deyişle, iplik ve kumaş formunda lifler daha sıkı yapıda olduğundan çözeltinin tam nüfuz edemediği ve merserizasyon işleminin tamamlanamadığı olarak düşünülmektedir [104].

Merserizasyonun ön terbiye işlemlerindeki sırası sıklıkla ağartma işleminden sonra olmakta, gerilim altında veya serbest, soğuk veya sıcak olarak uygulanabilmektedir.

Genel olarak merserizasyon şu işlemlerden oluşmaktadır:

- Kumaşın kuvvetli alkali çözeltisi içerisine daldırılması
- Alkalinin pamuk liflerine nüfuz etmesi ve liflerin şişmesi için bir süre beklenmesi
- Parlaklık isteniyorsa gerilim uygulanması
- Alkalinin uzaklaştırılması için kapsamlı durulama [104]



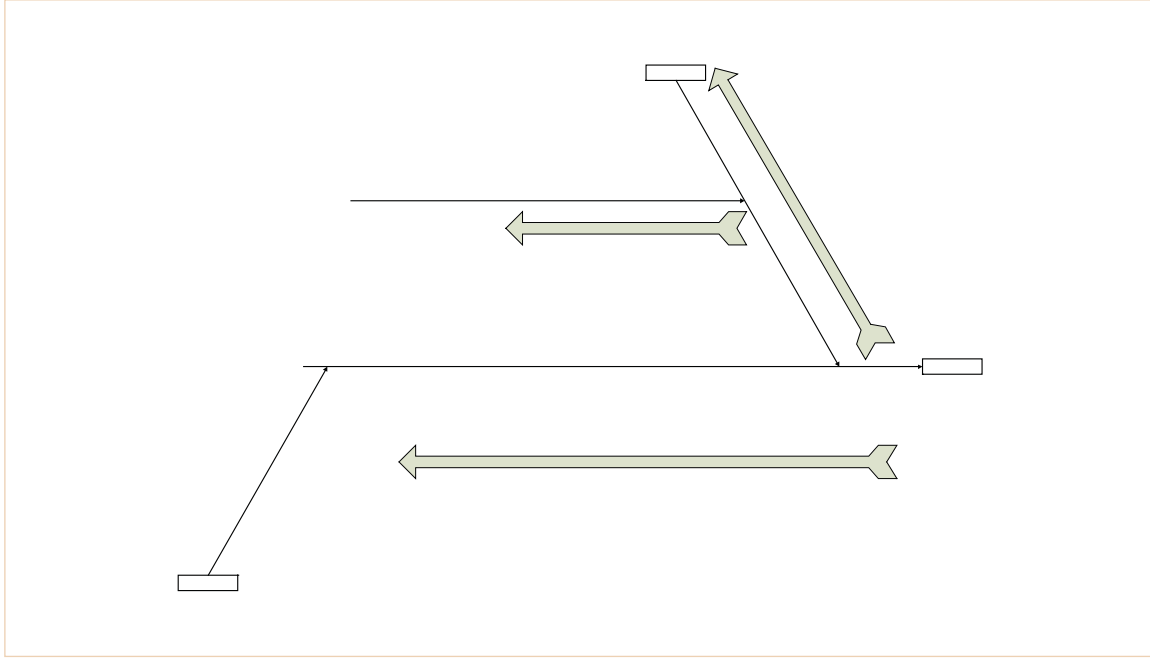
Kumaş kuruyken yapılan meriserizasyon işleminde sodyum hidroksit konsantrasyonu kolaylıkla kontrol altında tutulabilmektedir. Fakat meriserizasyon işlemi genellikle başka bir ön terbiye işleminden sonra yapıldığından, meriserizasyon bölgesine yaş halde gelmektedir ve kumaşla birlikte gelen su meriserizasyon banyosunun konsantrasyonunu düşürecektir. Bu sebeple, meriserizasyon banyosundan daha derişik konsantrasyonda ek sodyum hidroksit çözeltisi hazırlanması gerekir. İstenen özelliklerde meriserizasyon etkisi elde edebilmek için gerekli sodyum hidroksit çözeltisi konsantrasyonu %20 ila 25 arasında olabilir [115]. Optimum işlem sıcaklığı 21 - 38 °C arasında değişmektedir. Sodyum hidroksit konsantrasyonu uygun aralıkta olmak şartıyla, düşük sıcaklıklar meriserizasyon işlemi ters yönde etkilememektedir. Ancak düşük konsantrasyonlarda, meriserizasyon derecesi, sıcaklık düşüşüne bağlı olarak artmaktadır.

Meriserizasyonda karşılaşılan hataların başında düşük meriserizasyon derecesi gelmektedir. Bunun sebebi genelde, sodyum hidroksit konsantrasyonunun düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca uygun olmayan bir ıslatıcının kullanımı, meriserizasyonun uygun sıcaklıkta yapılmaması, yetersiz süre de bu hataya yol açabilir. Meriserizasyonun düzgün olmamasına, çözelti sıcaklığı dağılımının, alkali konsantrasyonunun ve kumaştaki nem miktarının düzgünlüğü neden olabilir. Düzgünlük kumaş boyunca görülebilmektedir. Bunun nedeni, çözelti konsantrasyonunun zamanla azalması olabilir. Tam tersine, banyo sıcaklığı zamanlar yükseliyorsa yine boyuna düzgünlük görülebilmektedir. İstenilen düzeyde parlaklık elde edilememesinin sebepleri ise, sodyum hidroksit konsantrasyonunun düşük olması, kumaşın çözeltiyi yeterince alamaması, dolayısıyla temas süresinin yetersiz olması, kumaş gerginliğinin gerekenden düşük olması şeklinde sıralanabilir.

### 3.6.5 İnk Jet Baskıda Karşılaşılan Hatalar

İnk jet baskıda karşılaşılan hataların kaynakları birçok nedene bağlıdır. Basılacak kumaşın özellikleri, bu kumaşa uygulanan işlemler, baskı makinasının ve kullanılan boyarmaddelerin özellikleri bu nedenlerin başında gelmektedir. Bunlarla birlikte ink jet baskı dış şartlardan da etkilenmektedir. Özellikle baskı işleminin gerçekleştiği ortamın nem ve sıcaklık değerleri baskı kalitesini etkilemektedir. Aynı kumaş, aynı model makinada, özdeş boyarmaddelerle ancak farklı ortamlarda basıldığında kalite farkı ortaya çıkabilmektedir. Bu sebeplerden dolayı ink jet baskıda karşılaşılan hataların çözümünü sadece baskı makinesinde aramak doğru bir yaklaşım değildir.

İnk jet baskıyı etkileyen faktörlerin incelenmesinde Ishikawa Diyagramı kullanılmıştır. Sebep-Sonuç Diyagramı (Cause-and-Effect Diagram) veya Balık Kılçığı Diyagramı gibi farklı adlarla da anılan bu yöntem ilk olarak 1960 yılında bu yöntemin yaratıcısı Kaoru Ishikawa tarafından uygulanmıştır. Yöntem, bir problemin nedenlerini incelemek amacıyla kullanılmaktadır. Baskıyı etkileyen olası bütün faktörler ele alınırken altılı diyagram kullanılmıştır. Şekil 3.3'te görüldüğü gibi 6 koldan her biri farklı bir ana faktöre ayrılmıştır ve önem sırasına göre yerleştirilmişlerdir. Aşağıdaki diyagram üzerinde gösterilen ok yönünde, faktörlerin sonucu etkileme değeri azalmaktadır.

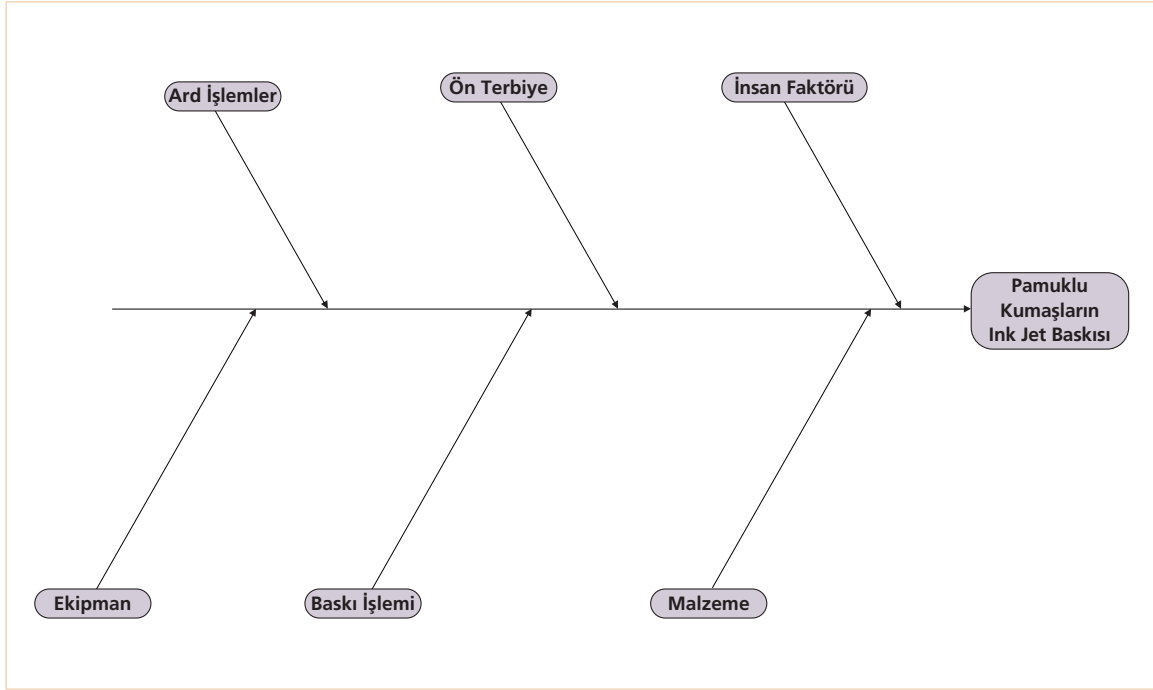


Şekil 3.3 Neden-Sonuç Diyagramı

Buna göre, önem sırasına göre ana kollar şu şekildedir (Şekil 3.4): İnsan faktörü, malzeme, ön terbiye, baskı işlemi, art işlemler, ekipman. Daha sonra her bir ana faktör kendi içerisinde detaylandırılmıştır.

İnsan faktörü, tekstil gibi emek yoğun alanlarda önemli bir parametre olarak karşımıza çıkmaktadır. Dijital baskı her ne kadar ileri teknolojinin kullanıldığı bir alan olsa da, burada da insan faktörü büyük önem arz etmektedir ve diğer beş faktörün de ayrıca elemanıdır (Ek 1).

Malzeme baskıyı etkileyen bir diğer önemli parametredir. Baskının kalitesi kullanılan malzemelerle doğrudan ilişkilidir (Ek 2). Baskı makinası kaynaklı hataların dışında birçok hata kullanılan malzemedeki, özellikle kumaştaki, kaynaklanabilmektedir. Ayrıca, kullanılan renklendiricilerin kalitesi, tipi gibi özellikler de kaliteyi etkilemektedir. Bunlarla birlikte, kumaşa uygulanan ön terbiye işlemleri ve art işlemlerin kaliteye olan etkileri çok önemlidir (Ek 3).



Şekil 3.4 Neden - Sonuç Diyagramında ana faktörlerin dizilimi

Baskı işleminde ise makinaya bağlı özelliklerin yanı sıra, baskı esnasında kullanılan yazılımlar da görüntü kalitesini veya elde edilmek istenilen rengin tonunu önemli oranda etkilemektedir (Ek 4). Makina veya yazılım ayarlarının, kullanılacak malzemeye ve kumaşın özelliklerine uygun olması gerekmektedir. Bu sebeple, profil çıkarma işlemi yapılması tavsiye edilmektedir. En genel tanımıyla renk profili, kullanıcıya hangi renk mürekkepten ne kadar basılacağını, dolayısıyla, istenilen ayarlardaki renk gamının ne olacağını belirtir. Bir başka deyişle renk profili, kumaş veya mürekkep özellikleri gibi baskı parametrelerine bağlı olarak hangi rengin basılabileceğini, hangisinin elde edilemeyeceğini belirten bir dosyadır. Bu sebeple, her farklı kumaş/mürekkep kombinasyonu için bir renk profili çıkarılması gerekmektedir. Kumaşa bir desen basılacağı zaman, baskı makinesi-mürekkep-ortam özellikleri kombinasyonuna bağlı uygun bir profil seçilmesi gerekmektedir. Bu şekilde orijinal desendeki renklerle, dijital olarak basılacak renklerin birbirini tutması sağlanabilmektedir [120].

Baskı işleminden sonra boyanın kumaşa fikse olabilmesi için, tıpkı konvansiyonel baskı tekniklerinde olduğu gibi, dijital baskıda da kullanılan boyanın tipine bağlı olarak fikse işlemi uygulanmaktadır (Ek 5). Buradaki hatalar, hem görüntü hem de kullanım esnasında çeşitli hatalara yol açabilmektedir. Ayrıntılı sebep - sonuç diyagramları EK 1-6'da gösterilmiştir. Ink jet baskıda en çok karşılaşılan hatalar şu şekildedir:

#### Kafa Sürtmesi:

Kafa sürtmesi, kafanın kumaşa herhangi bir nedenden dolayı temasıyla ortaya çıkan bir hatadır. Bu hatanın en temel sebeplerinden biri, kumaş ile ink jet kafası arasındaki mesafenin yanlış ayarlanmasıdır. Kumaş ve kafa arasındaki uzaklık aynı zamanda desenlerin netliğini de etkilediğinden, optimum seviyede olması gerekmektedir. Ancak, optimum seviyede ayarlanmış olsa bile, yine bu problemle karşılaşmak mümkündür. Kumaştaki kırışıklıklar veya kıvrımlar yüzünden kafa ile kumaş arasındaki mesafe azalacağından, kumaşın kafaya sürtme olasılığı yükselmektedir. Ayrıca, kumaş kenarlarının düzgün olmaması, kumaş besleme sisteminin

kumaşı düzgün besleyememesi gibi hatalar da kafa sürmesine neden olabilmektedir. Bunların yanı sıra, kumaş tüylülüğü de böyle bir hataya sebep olabilmektedir. Kumaş yüzeyindeki uzun lifler baskı kafasına sürterek mürekkebi üzerine alabilmektedir. Aynı şekilde, baskı kafasına yapışan serbest lifler de aynı etkiye neden olabilmektedir. Aşağıda kafa sürmesine örnek bir resim gösterilmiştir (Şekil 3.5).



**Şekil 3.5** Kafa Sürmesi

Böyle bir hata ile karşılaşıldığında, ilk olarak kumaş ile baskı kafası arasındaki mesafenin ayarının doğru olup olmadığı kontrol edilmeli, gerekli düzeltmeler yapılmalıdır. Bu mesafe doğru ayarlanmışsa, kumaş besleme sisteminin kumaşı nasıl hareket ettirdiğine bakılmalı, kumaşta herhangi bir dalgalanmaya neden olup olmadığı kontrol edilmelidir. Ayrıca, kafaların temizliği kontrol edilmeli, herhangi bir uçuntunun veya lifin yapışmamasına dikkat edilmelidir. Bu sebeplerin dışında, pamuklu kumaşların reaktif baskısı öncesinde uygulanan kıvamlaştırıcı pat da kafa sürmesine dolaylı olarak neden olabilir. Uygulanan pat kumaşa katı bir tutum vereceğinden, kumaş blankete yapışmayabilir. Bu da kumaşın kafa ile temas etmesine neden olabilir. Pigment içeren mürekkeplerde kullanılan pigment ve diğer kimyasalların kalitesine bağlı olarak da sürme meydana gelebilir. Kafa üzerindeki pigment kuruyarak katlaşır ve kumaşa sürterek kumaşın kirlenmesine neden olabilir.

#### **Renksiz bölge, mürekkep damlası:**

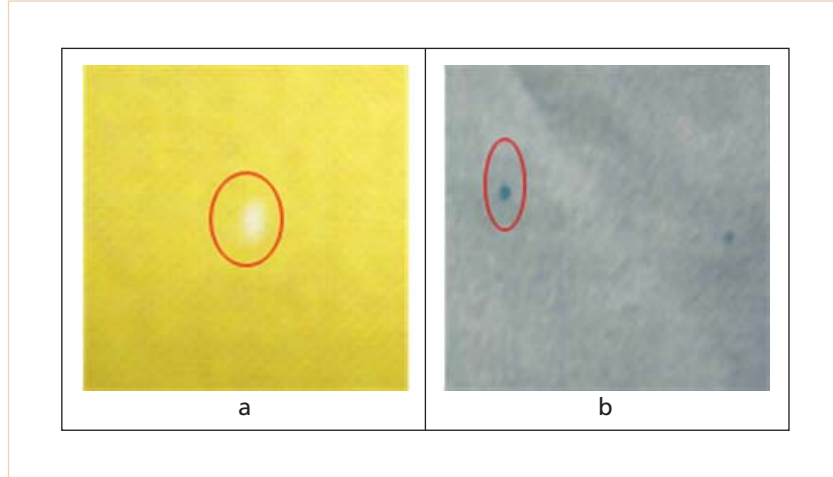
Renksiz bölge, kumaş üzerinde genellikle küçük nokta şeklinde, zemin renginin ortaya çıkmasıyla oluşan bir hatadır. Mürekkep damlası veya yanlış renkli mürekkep ise, farklı olarak, kumaş üzerindeki noktasal koyu renkler veya özellikle büyük ve tek renkli desenlerde farklı renkteki mürekkep damlalarıdır. Bu hataların sebepleri genellikle aynıdır.

Renksiz bölgelerin en önemli sebebi uçuntudur. Uçuntular kumaş yüzeyine tutunarak baskı makinasında baskı bölgesine kumaşla birlikte ilerleyebilmekte ve üzerine mürekkep püskürtülmektedir. Daha sonraki işlemlerde, kumaşa zayıf bir şekilde tutunan uçuntu kumaş yüzeyinden uzaklaştığında geriye renksiz bir bölge bırakmaktadır (Şekil 3.6 a). Çizgi halinde renksiz bir bölge ile de karşılaşılabilmektedir. Bu durum baskı kafasındaki hatadan veya tıkanmadan kaynaklanabilmektedir. Ayrıca, desenin kendisinden kaynaklanan bir hata da

doğrudan kumaşa basılacağından, renksiz bölge hatasıyla karşılaşıldığında basılacak desenin de bu açıdan kontrol edilmesi, desende renksiz bir bölge olup olmadığı kontrol edilmelidir. Özellikle tekrarlamayan desenlerde kumaş üzerinde karşılaştıracak başka basılı desen olmayacağından, desenin kontrol edilmesi daha da önem kazanmaktadır.

Baskı kafasında lif veya uçuntu mevcutsa mürekkep damlası hatasıyla karşılaşılabılır (Şekil 3.6 b). Baskı kafasına yapışan lif veya uçuntu mürekkebin doğru bir şekilde püskürtülmesini engelleyecektir. Ayrıca mürekkeple kirlenmiş olan lif veya uçuntu kumaş üzerine yapışıp kumaşı lekeleyebilmektedir. Ender karşılaşılan başka bir sebep ise, pigment ink jet baskıda karşılaşılmaktadır. Kuruyan pigment mürekkepten dolayı tıkanan düzelerin baskı esnasında açılmasıyla fazla mürekkep püskürtebilmektedir. Bu da mürekkep lekesine neden olmaktadır.

Bu hataların en temel sebebi ortamın ve baskı kafalarının temizliğidir. Temiz bir ortamda çalışılmadığında baskı kafalarına sürekli yabancı maddeler yapışacaktır. Ayrıca, baskı kafalarının ve baskı esnasında kafaları temizleyen, kauçuk veya benzeri malzemeden yapılmış olan sileceklerin de düzenli olarak temizlenmesi gerekmektedir.



Şekil 3.6 Renksiz bölge ve mürekkep damlası

#### **Bant oluşumu:**

Bant oluşumu, baskı işlemi esnasında kumaşta oluşan enine çizgilerdir (Şekil 3.7). Bant oluşumuyla karşılaşılanın en önemli sebeplerinden biri, jetlerin tıkalı olması veya hasarlı olmasından dolayı mürekkep püskürtmemesidir. Bunun dışında, bant oluşumunda kumaş besleme zamanlaması da önemli rol üstlenmektedir. Baskı kafasının yanıl hareketiyle, kumaşın besleme hızı hassas biçimde senkronize edilmelidir. Aksi halde bant oluşumuyla karşılaşılabilmektedir. Söz konusu hata sıklıkla pigment içeren mürekkepler kullanıldığında ortaya çıkmaktadır.

Kumaş yapısı da bant oluşumunda etkili olabilmektedir. Yüksek oranda elastan içeren kumaşların beslemesi hassas yapılmadığı takdirde, kumaş kayabilmekte böylece gerekli ilerletme sağlanamamaktadır. Basılan yerlere tekrar mürekkep püskürtülebilmektedir.

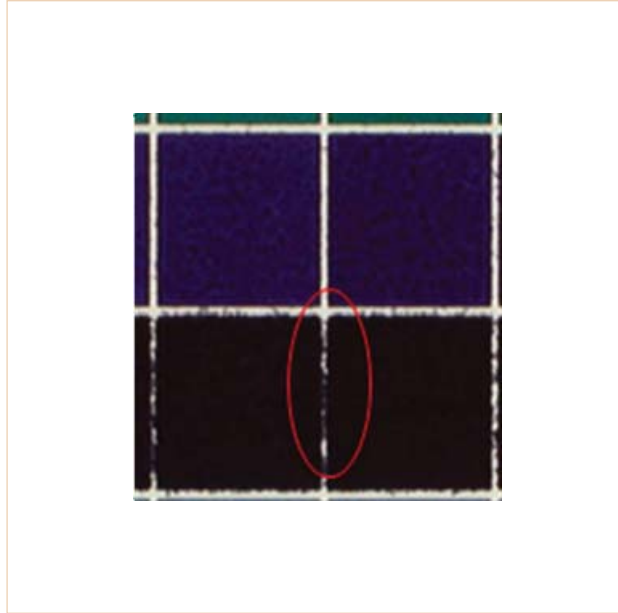
Bant oluşumu, baskı kafalarının temizlenmesiyle, tıkanıklığın giderilmesiyle engellenebilmektedir. Ayrıca, bilindiği gibi, baskı kafası, kumaş besleme yönüne dik yönde, sağa ve sola hareket ederek mürekkep püskürtmektedir. Baskı kafası, sadece bir geçişinde mürekkep püskürttüğü gibi, baskı makinalarının tasarımlarına göre, her iki yönde hareket ederken de mürekkep püskürtebilmektedir. Bu şekilde, her iki yönde hareket ederken mürekkep püskürtülerek bant oluşumu giderilebilir. Bant oluşumunun önüne geçilemediği durumlarda baskı kafalarının değiştirilmesi gerekebilir.



Şekil 3.7 Bant oluşumu

**Boya Akması:**

Renk kusması olarak da bilinen bu hata tipinde, kumaş üzerine püskürtülen mürekkep desen sınırlarının dışına çıkmakta, böylece kontur keskinliği bozulmaktadır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 Boya akması

Bu hata genellikle kumaş üzerine püskürtülen mürekkep miktarının fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Bunun en önemli sebeplerinden biri, kumaş için uygun olmayan baskı profilinde çalışılmasıdır. İdeal olan, baskı profilinin her kumaş tipine göre ayrı olarak belirlenmesidir. Ancak gerek mali sebeplerden gerek harcanan zamandan dolayı firmalar kullandıkları her kumaş tipi için ayrı bir profil çıkarma yoluna gitmemektedir. Böylesi durumlarda,

basılacak kumaşın özelliklerine en uygun profil seçilmektedir. Ancak, seçilen baskı profili her zaman uygun olmayabilir. Bu durumda boya akmasıyla karşılaşılabilir.

Kumaş yapısı da boya akmasında rol oynamaktadır. Özellikle, saten gibi çok atlamalı kumaşlarda, iplikler arasında ortaya çıkan kılcalıktan dolayı mürekkep yayılma eğilimi göstermektedir. Burada yine uygun baskı profili seçilmeli ve kumaşa uygulanacak kıvamlaştırıcı miktarı doğru ayarlanmalıdır.

Boya akmasının nedenlerinden bir diğeri de reaktif baskı öncesinde kumaşa uygulanan kıvamlaştırıcı konsantrasyonunun gereken değerden daha düşük olması veya uygulanan kıvamlaştırıcı miktarının gerekenden yüksek olması olabilmektedir. Uygun konsantrasyon ve miktarda kıvamlaştırıcı uygulanması gerekmektedir.

#### **Art- işlemlerde karşılaşılan hatalar**

Ink jet baskıda uygulanan art-işlemler, konvansiyonel şablon baskıda uygulanan işlemlerle aynıdır. Pigment ink jet baskıda kumaş ısı fikse işleminden geçerken, reaktif ink jet baskı sonrasında kumaş buharlı fikse işleminden sonra yıkama işleminden geçer. Bu işlemlerde karşılaşılan hatalar doğrudan ink jet baskıyla ilgili olmasa da bazı hatalarda baskı şartlarını iyileştirmeye gidilmesi gerekmektedir.

Pigment ink jet baskının fiksesinde karşılan hatalardan bir tanesi kumaşın sararmasıdır. Burada sıcaklık ve süre pigment baskının fiksesinde en önemli iki parametredir. Sıcaklık yükseldikçe süre düşürülmelidir. Genellikle 150°C'de 5 dakika süre fikse için yeterli olmaktadır. Yüksek sıcaklıkta uzun süren fikse işleminde pamuklu kumaşlarda sararma görülebilmektedir.

Reaktif ink jet baskıda ise fikse doygun buharla yapılmaktadır. 110 °C'de 10 dakika fikse işlemi yeterli olmaktadır. Bu tip fikse işleminde buhar kullanıldığından dolayı, kumaş üzerinde bazı durumlarda, özellikle düşük sıcaklıklarda, su damlası izleri görülebilmektedir. Bunlar da o bölgede solma veya renkte açılmaya neden olmaktadır.

Ink jet baskıda, konvansiyonel baskıda olduğu gibi, yetersiz fikse uygulandığında, yıkama, sürtme, ter veya su gibi haslık değerlerinde düşme görülmesi kaçınılmazdır. Bunların yanı sıra, reaktif ink jet baskıda karşılaşılan bir hata da, yıkama esnasında kumaşın baskısız bölgelerinin boya ile kirlenmesidir. Bunun sebeplerinden biri, ilk yıkama esnasında doğrudan sıcak su kullanıldığında fikse olmamış boyanın renksiz bölgeleri boyamasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, konvansiyonel baskıdan farklı olarak, reaktif ink jet baskı öncesinde, kumaşın her tarafına kıvamlaştırıcı uygulandığından, basılmamış bölgelerin de, baskı sonrası işlemlerde boya ile lekelenmesi kolaylaşmaktadır. Bu durumda yıkama işlemi büyük önem kazanmaktadır. Özellikle yıkama esnasında kullanılan suyun sıcaklığı ve sırası çok önemlidir.

#### **4. SONUÇ**

Bu çalışma, "Troubleshooting in Textile Ink Jet Printing of Cotton Fabric by Using Knowledge-Based Expert System" başlıklı tez çalışmasından derlenmiştir. Bu tezin en önemli amacı, tekstilde, ink jet baskıda karşılaşılan hataları çözmek amacıyla bilgi tabanlı uzman sistem geliştirmektir. Bu sistemin geliştirilmesindeki en önemli adımlardan biri tekstil ink jet baskısı hakkında bilgi toplamak ve bu bilgilerin doğru biçimde sisteme aktarmaktır. Konuyla ilgili bilgiler, bilimsel makaleler, kitaplar, tekstil dergileri, tezler gibi bir çok yazılı kaynaklar taranarak elde edilmiştir. Bu kaynaklardan elde edilen bilgiler Neden-Sonuç diyagramında ayrıntılı bir biçimde gösterilmiştir. Bunların yanı sıra, konunun uzmanı kişilerle görüşmeler yapılmış ve işletmelerde ink jet baskı süreçleri bire bir takip edilmiştir. Bu esnada karşılaşılan hataların genelde nelerden kaynaklandığını ve bu hataların ne şekilde çözüldüğü gözlenmiştir. Türkiye'deki işletmelerin yanı sıra, ABD'deki bazı baskı işletmeleri de incelenmiştir. Bunların sonucunda temel on üç hata belirlenmiş ve bunların olası sebepleri olarak altmış bir adet neden sunulmuştur. Bu temel hatalar ve sebepleri arasındaki ilişkiyi incelemek ve ortaya koymak amacıyla bir anket

hazırlanmıştır. Bu ankete Türkiye'den ve ABD'den bu konuda uzman kişiler katılarak hataların olası sebepleri arasındaki bağlantıyı kurmada katkıda bulunmuşlardır.

Bu özetle, tekstil sektöründeki yapay zeka uygulamalarından bahsedilmiş, ink jet teknolojilerinin gelişimi hakkında özet bilgi verilerek, teknolojiler kısaca tanıtılmıştır. Daha sonra ink jet baskıyı etkilemesi beklenen genel tekstil üretim hatalarının tanımlamasının yanında, ink jet işleminde karşılaşılan hatalar açıklanmaya çalışılmıştır. Bu hataların çözümlerine yönelik öneriler getirilmiştir.





## KAYNAKLAR

1. Turing A.M., 1950, "Computing machinery and intelligence", *Mind*, New Series, Vol. 59, No. 236 (Oct., 1950), pp. 433-460
2. Sztandera, L.M. and Bock C, 2001. "Use of artificial intelligence in designing dyes, chemical auxiliaries, polymers and textile fibers", National Textile Center Research Report, 198-P1.
3. Smith, S. 1993. *Verification and validation of rule-based expert system*, CRC Press, Boca Raton.
4. Lau, K.K. 2004. *Component-based software development: case studies*, World Scientific, New Jersey
5. <http://www.siliconvalleyone.com/clips.htm>.
6. Aamodt, A. and E. Plaza 1994. "Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches", *Artificial Intelligence Communications*, 7(1), 39-52.
7. Riesbeck, C.K. 1989. *Inside Case-based Reasoning*, Northvale, NJ.
8. Arai, T., S. Yamamoto and K. Makino 2005. *Systems and human science: for safety, security and dependability*, Elsevier, California.
9. Hunt, V.D. 1986. *Artificial intelligence and expert systems sourcebook*, Chapman and Hall, New York.
10. John, D. 1994. *Expert systems: design and development*, Maxwell Macmillan International, New York.
11. Englemore, R.S. and E. Feigenboam 1993. *Knowledge-based systems in Japan*, WTEC Hyper-Librarian, Maryland.
12. Braspenning, P. J., F. Thuijsman and A. J. M. M. Weijters 1995. *Artificial neural networks*, Springer, New York.
13. Reich, S.L., D. R. Gomez and L. E. Dawidowski 1999. "Artificial neural network for the identification of unknown air pollution sources", *Atmospheric Environment*, 33(18), 3045-3052.
14. Ma\_ík, V., J. La\_ansk\_, and R.R. Wagner 1993. *Database and expert system application*, Springer-Verlag, New York.
15. David, J., J. Krivine, and R. Simmons 1993. *Second generation expert system*, Springer-Verlag, New York.
16. Tzafestas, S. 1993. *Expert systems in engineering application*, Springer- Verlag, New York.
17. Mital, A. and S. Anand 1993. *Handbook of expert systems applications in manufacturing*, Chapman and Hall, New York.
18. Medsker, L. and J. Liebowitz 1994. *Design and development of expert systems and neural networks*, Maxwell Macmillan International, New York.
19. Turban, E. 2001. *Decision support systems and intelligent systems*, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
20. Demers, A.J. 1998. "Artificial intelligence: Computerize your expertise", *Textile World*, 139, 56-58.
21. Frei, G. and R. Walliser 1991. "Wooly-an expert system for the wool dyer", *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, 107(4), 147-149.

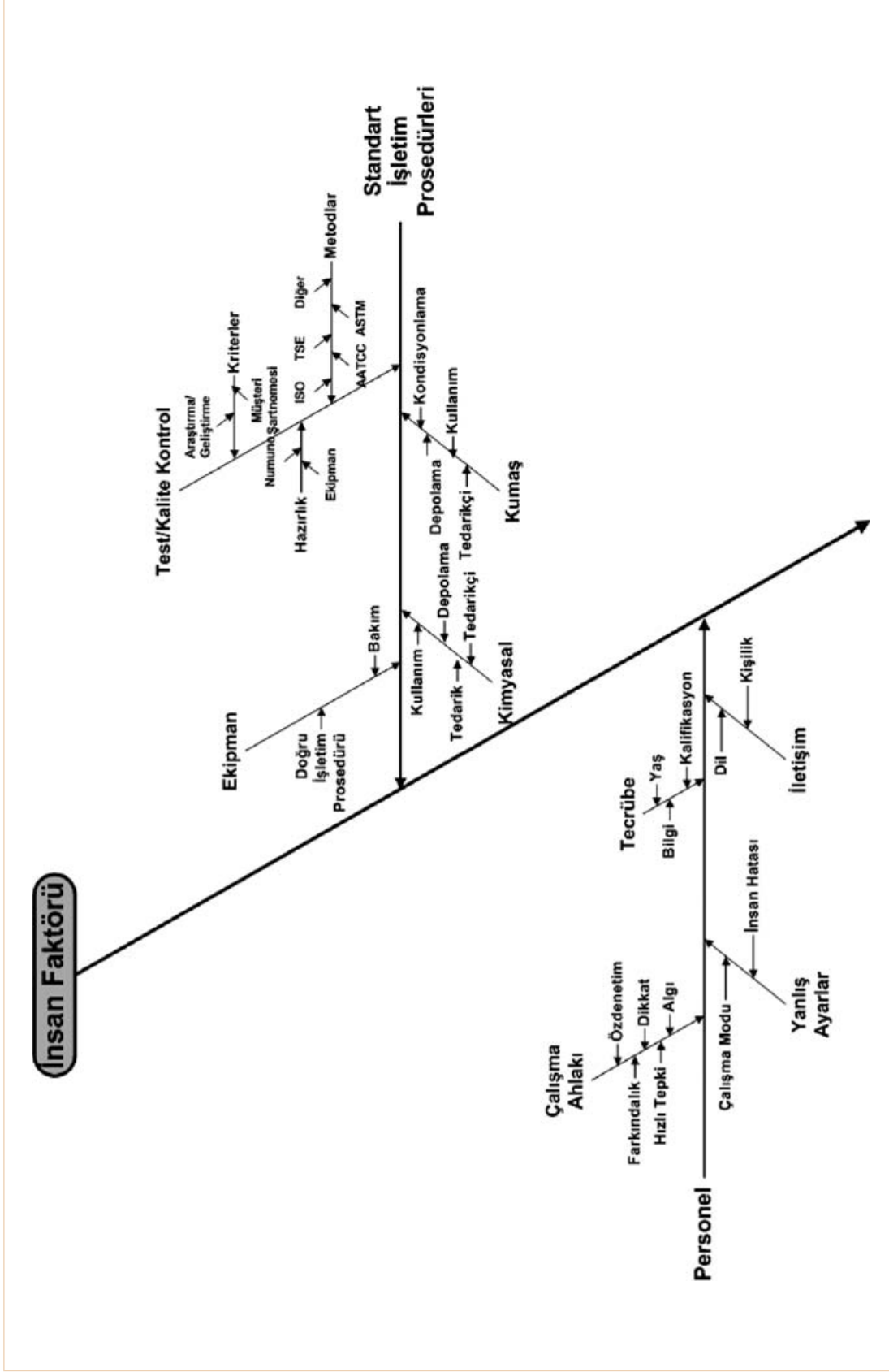
22. Frei, G. and R. Walliser 1988. "Wooly-an expert system for the wool dyer", *Textilveredlung*, 23(6), 203-208.
23. Gunther, R. 1989. "Preparation du cotton en pieces-un systeme expert", *L'Industrie Textile*, 1197, 78-80.
24. Lange, A., U. Nahr and K. Schurmann 1992. "BAFAREX-ein Expertensystem fur die Farbstoff application", *Textilveredlung*, 27(9), 268-275.
25. Ruttiger, W. 1988. "Expertensysteme-das kunftige Instrument technischer Fuhrungskrafte-Teil 3: das textile Expertensystem OPTIMIST: Funktionsweise, Abgrenzung und Ausblick", *Textilveredlung*, 23(6), 199-203.
26. Frei, G. and K. Poppenwinner 1992. "TEXPERTO-ein Expertensystem fur die Ausrustung", *Textilveredlung*, 27(9), 276-279.
27. Herman, H. 2001. "Expert system for colour matching", *International Dyer*, 1, 11-12.
28. Raeve, A.D., N. Cappaert and M.V. Parys 2001. "Optimizing the transfer of laboratory dyeing results to industrial production in order to arrive at blank dyeing through controlled processing using an expert system, IV. Vat dyes on cotton", *Unitex*, 6, 34-39.
29. Convert, R., L. Schacher and P. Viallier 2000. "An expert system for the dyeing recipes determination", *Journal of Intelligent Manufacturing*, 11(2), 145-155.
30. Hussain, T. 2004. A knowledge-based expert system for the dyeing of cotton, Ph.D. Thesis, Heriot-Watt University, United Kingdom.
31. Thomson, B. and W. Thomson 1985. *MicroExpert*, McGraw-Hill, New York.
32. Curiskis, J.I. and C.W.C. Grant 1988. "Expert systems in textile technology - the fibre experiment", *Annual World Conference Proceedings*, Sydney, Australia, 208-217.
33. Lin, J.-J., C.-H. Lin and I. Tsai 1995. "Applying expert system and fuzzy logic to an intelligent diagnosis system for fabric inspection", *Textile Research Journal*, 65(12), 697-709.
34. Fan, J. and L. Hunter 1998. "A Worsted Fabric Expert System, Part I: System development", *Textile Research Journal*, 68(9), 680-686.
35. Fan, J. and L. Hunter 1998. "A Worsted Fabric Expert System, Part II: An artificial network model for predicting the properties of worsted fabrics", *Textile Research Journal*, 68(10), 763-771.
36. Behera, B.K., S. B. Muttagi, S. Arun and U. Panwar 2004, "Expert system for engineering of technical textiles", *The Indian Textile Journal*, 7, 21-24.
37. Hirota, K. 1993. *Industrial Application of Fuzzy Technology*, Springer, Tokyo.
38. Pedrycz, W. 1984. "An identification algorithm in fuzzy relational systems", *Fuzzy Sets and Systems*, 13, 153-167.
39. Brown, R. and C. Harris 1994. *Neurofuzzy Adaptive Modelling and Control*, Prentice Hall, New York.
40. Yager, R.R. 1978. "Fuzzy decision making including unequal objectives", *Fuzzy Sets and Systems*, 1, 87-95.
41. Dubois, D. and H. Prade 1983. "Ranking fuzzy numbers in the setting of possibility theory", *Information Sciences*, 30, 183-224.
42. Bortolan, G. and R. Degani 1985. "A review of some methods for ranking fuzzy subsets", *Fuzzy Sets and Systems*, 15, 1-19.

43. Kacprzyk, J. 1997. *Multistage Fuzzy Control: a model-based approach to fuzzy control and decision making*, Wiley, Chichester.
44. Chiu, S.L. 1998. "Using fuzzy logic in control applications: beyond fuzzy PID control", *IEEE Control Systems Magazine*, 18(5), 100-105.
45. Gertler, J. 1998. *Fault Detection and Diagnosis in Engineering Systems*, Marcel Dekker, New York, 1998.
46. Isermann, R. 1990. "Fault diagnosis in dynamic systems using analytical and knowledge-based redundancy", *Automatica*, 26, 459-478.
47. Frank, P.M. 1996. "Quantitative and qualitative model-based fault diagnosis", *European Journal of Control*, 2, 6-28.
48. Westland, S. 1994. "Advances in artificial intelligence for the colour industry", *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, 110, 370-375.
49. Huang, C.C. and I.C. Chen 2001. "Neural-fuzzy classification for fabric defects", *Textile Research Journal*, 3, 220-224.
50. Jeong, S.H., H.T. Choi, S.R. Kim, J.Y. Jaung, and S.H. Kim 2001. "Detecting fabric defects with computer vision and fuzzy rule generation, Part I: Defect classification by image processing", *Textile Research Journal*, 71(6), 518-526.
51. Bose, B.K. 2000. "Expert system, Fuzzy logic and Neural networks in Power Electronics and Drives", In *Power Electronics and Variable Frequency Drives: Technology and Applications*, IEEE Press, Standard Publishers Distributors, New Delhi, India, 602-605.
52. Rumelhart, D.E. and J.L. McClelland 1986. *Parallel Distributed Processing, Vol. 1: Foundations*, MIT Press, Cambridge, MA.
53. Dorf, R.C. and A. Kusiak 1994. *Handbook of design, manufacturing, and automation*, Wiley, New York.
54. Boger, Z. and Y. Ronen 2005. *Statistical treatment of analytical data*, Oxford, Blackwell Science, CRC Press, Boca Raton.
55. Graupe, D. 1997. *Principles of artificial neural networks*, Singapore, World Scientific, River Edge, NJ.
56. Brown, D.A., P.L.N. Murthy, and L. Berke 1991. *Application of artificial neural networks to composite ply micromechanics*, the National Technical Information Service, Cleveland, Ohio.
57. Kara, S. and A. Guven 2007. "Neural network-based diagnosing for optic nerve disease from visual-evoked potential", *Journal of Medical Systems*, 31 (5), 391-396.
58. Szidarovszky, F., E.A. Coppola, J. Long, A.D. Hall, M.M. Poulton 2007. "A hybrid artificial neural network-numerical model for ground water problems", *Ground Water*, 45(5), 590-600.
59. Kisi, O. and H.K. Cigizoglu 2007. "Comparison of different ANN techniques in river flow prediction", *Civil Engineering and Environmental Systems*, 24(3), 211-231.
60. Westland, S., J.M. Bishop, M.J. Bushnell and A.L. Usher 1991. "An intelligent approach to color recipe prediction", *Journal of Society of Dyers and Colourists*, 107, 235-237.
61. Jasper, W.J., E.T. Kovacs, A. Gordon, I.V. Berkstresser 1993. "Using neural networks to predict dye concentrations in multiple-dye mixtures", *Textile Research Journal*, 63, 545-551.

62. Jasper, W.J. 1994. "Comment on using neural networks to predict dye concentrations in multiple-dye mixtures", *Textile Research Journal*, 64, 184.
63. Beck, K. R., W. Jasper, G. Lee, R. McGregor, and C.B. Smith 1998. "Real time analysis and control of batch dyeing processes", *International Textile Bulletin*, 98, 88-93.
64. Hussain, T., R.H. Wardman, and R. Shamey 2005. "A Knowledge-based expert system for dyeing of cotton. Part 2: Testing and evaluation of the system", *Coloration Technology*, 121(2), 59-63.
65. Freire, E., M., 2006, "Ink jet printing technology" in: Ujjiie H (ed), *Digital Printing of Textiles*, Woodhead Publishing in Textiles, The Textile Institute, Cambridge, England, pp 29-52
66. Smith, B. & Simonson, E. 1987, "Ink jet printing for textiles.", *Textile Chemist and Colorist*, vol. 19, no. 8, pp. 23-29
67. Gregory, P., 2004, "Ink Jet printing on Textiles", in: Dawson T.L., Glover, B. (eds), *Textile Ink Jet Printing*, Society of Dyers and Colourists, Bradford, pp. 69-97
68. Dawson, T.L. 2003, "The Use of Digital Systems in Textile Printing" in: Miles, L. W. C. (ed), *Textile Printing*, Society of Dyers and Colourists, Hampshire, U.K, pp 301-331
69. Gupta, S. 2001, "Inkjet printing - a revolutionary ecofriendly technique for textile printing.", *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, vol. 26, no. 1 & 2, pp. 156-161.
70. <http://www.techexchange.com/pp/DispersionInks/DispersionInks.htm>
71. <http://www.techexchange.com/pp/Overview/Overview.htm>
72. Cahill V., 2006 "The evolution and progression of digital printing of textiles" in: Ujjiie H (ed), *Digital Printing of Textiles*, Woodhead Publishing in Textiles, The Textile Institute, Cambridge, England, pp 69-83
73. Raymond, M., 2006 "Industrial production printers DuPont Artistri™ 2020 Textile Printing System" in: Ujjiie H (ed), *Digital Printing of Textiles*, Woodhead Publishing in Textiles, The Textile Institute, Cambridge, England, pp 69-83
74. Pond, F, 2000, "Inkjet Technology and Product Development Strategies", Torrey Pines Research, Carlsbad, CA.
75. Tincher, W.C., Hu, Q. & Li, X. 1998, "Ink jet systems for printing fabric.", *Textile Chemist and Colorist*, vol. 30, no. 5, pp. 24-27.
76. Tyler, D. J. 2005, "Textile Digital Printing Technologies", *Textile Progress*, vol.37 no.4
77. Dawson, T.L. 2004, "Ink jet printing of textiles - an overview of its development and the principles behind ink drop formation and deposition." in: Dawson T.L., Glover, B. (eds), *Textile Ink Jet Printing*, Society of Dyers and Colourists, Bradford, pp. 1-12.
78. Holme, I. 2006, "Digital ink jet printing of textiles.", *Colourage*, vol. 53, no. 4, Suppl., pp. 103-109.
79. Özgüney A.T., Işmal, Ö.E 2003, "Tekstil dijital (ink jet) baskı teknolojileri, temel ilkeleri ve gelişim süreci, ISBN 975 - 92219 - 0 - X, Bornova, İzmir
80. Schulz, G. 2002, "Textile chemistry of digital printing.", *Melliand Textilberichte*, vol. 83, no. 3, pp. E30-E32,154,157-159.
81. Brocks, J.A. 2003, "Color management and online communication of a textile printer with global operations.", *Melliand International*, vol. 9, no. 2, pp. 154-159.

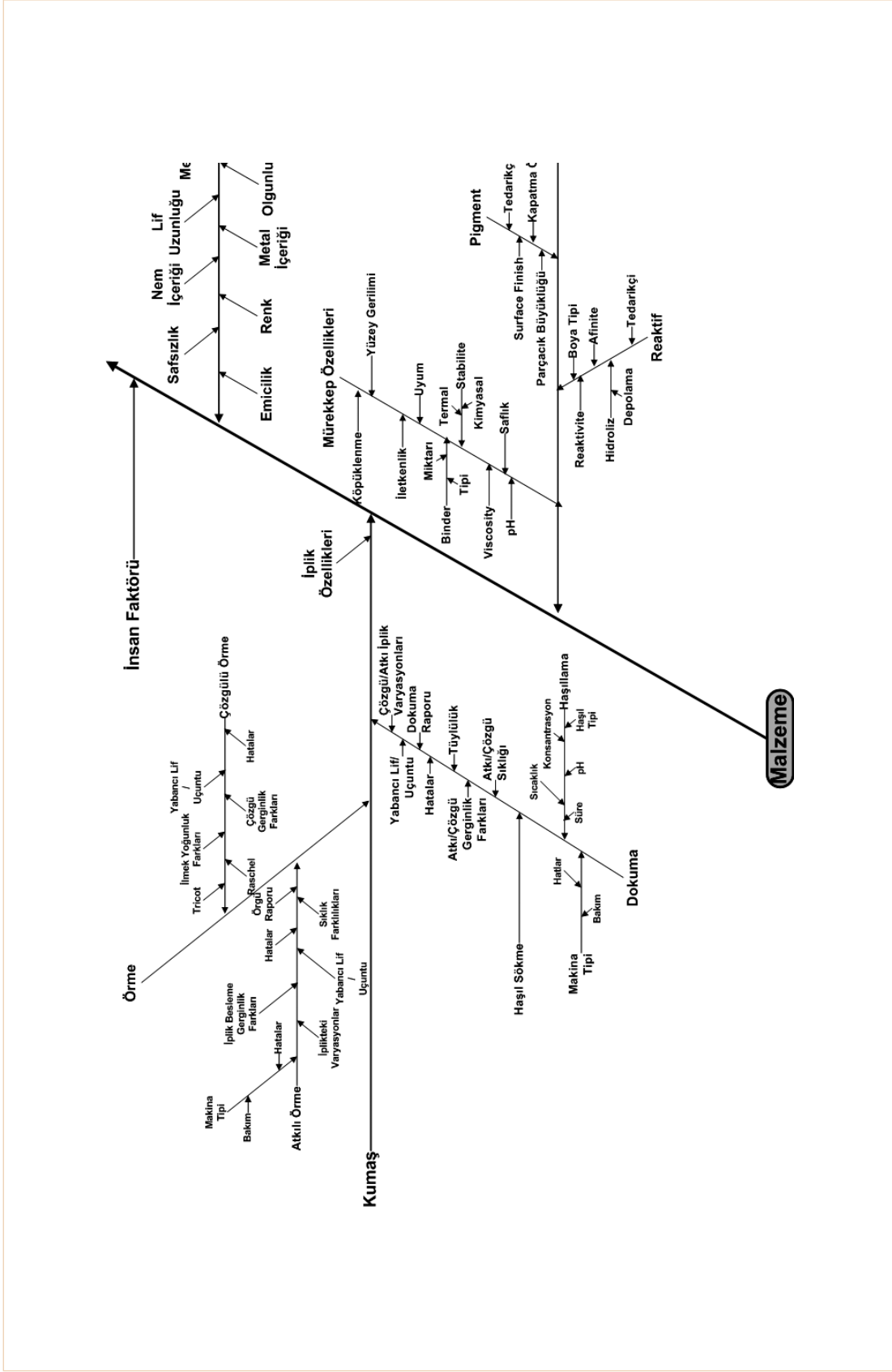
82. Hees, U., Freche, M., Kluge, M., Provost, J., Weiser, J. 2004, "Ink-Textile Interactions in Ink Jet Printing - the Role of Pretreatments" in: Dawson T.L., Glover, B. (eds), Textile Ink Jet Printing, Society of Dyers and Colourists, Bradford, pp. 44-56
83. Daplyn, S. & Lin, L. 2003, "Evaluation of pigmented ink formulations for jet printing onto textile fabrics.", Pigment & Resin Technology, vol. 32, no. 5, pp. 307-318.
84. Hees, U., Freche, M., Kluge, M., Provost, J., Weiser, J. 2004, "Textile Ink-Jet Printing with Pigment Inks" in: Dawson T.L., Glover, B. (eds), Textile Ink Jet Printing, Society of Dyers and Colourists, Bradford, pp. 57-63
85. <http://www.inkdropprinting.com/nanocolorant.htm>
86. Aston, S.O., Provost, J.R. & Masselink, H. 1993, "Jet printing with reactive dyes.", Journal of the Society of Dyers and Colourists, vol. 109, no. 4, pp. 147-152.
87. Siemensmeyer, K., Siegel, B., Ervine, S. & Bullock, J. 1999, "Ink-jet printing on textiles.", Melliand International, , no. 2, pp. 176-178.
88. Hauser, P.J., Kanik, M., 2003, "Printing of Cationized Cotton with Acid Dyes", AATCC Review, vol. 3, no. 3, pp. 25-28
89. Yang, Y. & Li, S. 2003, "Cotton fabric inkjet printing with acid dyes.", Textile Research Journal, vol. 73, no. 9, pp. 809-814.
90. Li, X. & Tincher, W.C. 1999, "New colorant system for ink-jet printing on textiles.", Textile Chemist and Colorist & American Dyestuff Reporter, vol. 1, no. 3, pp. 37-42.
91. Achwal, W. B., 2002, "Textile chemical principles of digital textile printing (DTP).", Colourage, vol. 49, no. 12, pp. 33-34
92. Noguchi H., Shirota K. 2006 "Formulation of Aqueous Inkjet Ink" in: Ujiie H (ed), Digital Printing of Textiles, Woodhead Publishing in Textiles, The Textile Institute, Cambridge, England, pp 233-251
93. Kanik, M., Hauser, P.J., Parrillo-Chapman, L. & Donaldson, A. 2004, "Effect of cationization on inkjet printing properties of cotton fabrics.", AATCC Review, vol. 4, no. 6, pp. 22-25.
94. Blank, K. H., Chassagne, J. M., Reddig, W. "Colorants in Digital Textile Printing Inks" in: Dawson T.L., Glover, B. (eds), Textile Ink Jet Printing, Society of Dyers and Colourists, Bradford, pp. 64-68
95. Mikuz, M., Sostar-Turk, S. & Pogacar, V. 2005, "Transfer of ink-jet printed textiles for home furnishing into production with rotary screen printing method.", Fibres & Textiles in Eastern Europe, vol. 13, no. 6, pp. 79-84.
96. Gutjahr, H., Koch, R. R., 2003, "Direct print coloration" in: Miles, L. W. C. (ed), Textile Printing, Society of Dyers and Colourists, Hampshire, U.K, pp 139-195
97. Fu. Z., 2006, "Pigmented ink Formulation", in: Ujiie H (ed), Digital Printing of Textiles, Woodhead Publishing in Textiles, The Textile Institute, Cambridge, England, pp 219-232
98. Sapchookul, L., Shirota, K., Noguchi, H. & Kiatkamjornwong, S. 2003, "Preparation of pigmented inkjet inks and their characterisation regarding print quality of pretreated cotton fabric.", Surface Coatings International, Part A: Coatings Journal, vol. 86, no. A10, pp. 403-410
99. Gordon, S. and Hsieh, Y-L., 2007, Cotton: Science and technology, Woodhead publishing limited, Cambridge, England

100. Shore, J., 1995, Cellulosic Dyeing, Society of Dyers and Colourists, West Yorkshire, England
101. Dayioğlu, H. and Karakaş, H., 2007, Elyaf Bilgisi, ISBN: 978 -975- 01610-1-8, İstanbul, Türkiye
102. Trotman, E. R., 1984, Dyeing and chemical technology of textile fibers, Wiley, NY, USA.
103. Menachem Lewin, Eli, M., 1998 Handbook of Fiber Chemistry, PearceMarcel Dekker, Inc. 2nd ed. New York, ISBN: 0 - 8247 - 9471 - 0
104. Shamey, R., Hussein, T. 2005, "Critical Solutions in the Dyeing of Cotton Textile Materials", Textile Progress, vol.37 no.1/2
105. Kuehni, R. G. 1988. "Repeatability of dyeing", Textile Chemist and Colorist, 20 (8), 23-25.
106. Sampath, M. R. 2000. "Frequently encountered problems in textile wet processing and a diagnostic approach for prevention/solutions", Colourage, November, 49-54.
107. Aitken, D., S. M. Burkinshaw and D. M. Price 1992. "The effect of benzyl alcol on the glass-transition temperature and dyeing behaviour of wet courtelle S by means of DMA", Dyes and Pigments, 18, 23-33.
108. Saraf, N. M. and D. V. Alat 2007. Bursting the bubble-foam killers, Colourage, July, 93-96.
109. Smith, G. W. and C. Seastrunk 1984. Weft knit primer for dyers and finishers, part V: preparation and finishing, American Dyestuff Reporter, April, 15-18.
110. Caddock, B. D. and K. E. Evans 1987 "The diffusion of hydrochloric acid in polyester thermosetting resins", Journal of Materials Science, 22, 3368-3372.
111. Goyal, R. and C. N. Prabhu 2006. "Polyester: with different angle-I", Colourage, November, 113-116.
112. Ratcliffe, J. D. 1978. "Development in jet dyeing", Review of Progress in Coloration, 9, 58-72.
113. Haigh, D. 1971. "Dyeing and Finishing of Knitted Garments", Journal of the Society of Dyers and Colourists, 87 (3), 77-81
114. Hawkyard, C. 2006 "Substrate preparation for ink jet printing" in: Ujiie H (ed), Digital Printing of Textiles, Woodhead Publishing in Textiles, The Textile Institute, Cambridge, England, pp 69-83
115. Anış, P., 1998, Tekstil ön terbiyesi, ISBN:975-316-109-3 Alfa Basın Yayın Dağıtım, Bursa, Türkiye
116. Sampath, M., R., 2000, " Frequently encountered problems in textile wet processing and a diagnostic approach for prevention / solutions.", Colourage, vol. 47, no. 9, pp. 73-75
117. Sampath, M., R., 2000, " Frequently encountered problems in textile wet processing and a diagnostic approach for prevention / solutions.", Colourage, vol. 47, no. 10, pp.57-60
118. Sampath, M., R., 2000, " Frequently encountered problems in textile wet processing and a diagnostic approach for prevention / solutions.", Colourage, vol. 47, no. 11, pp. 49-54
119. Sampath, M., R., 2000, " Frequently encountered problems in textile wet processing and a diagnostic approach for prevention / solutions.", Colourage, vol. 47, no. 12, pp. 65-68
120. [http://www.techexchange.com/thelibrary/DTPColorMgmt\\_RIPS.html](http://www.techexchange.com/thelibrary/DTPColorMgmt_RIPS.html)

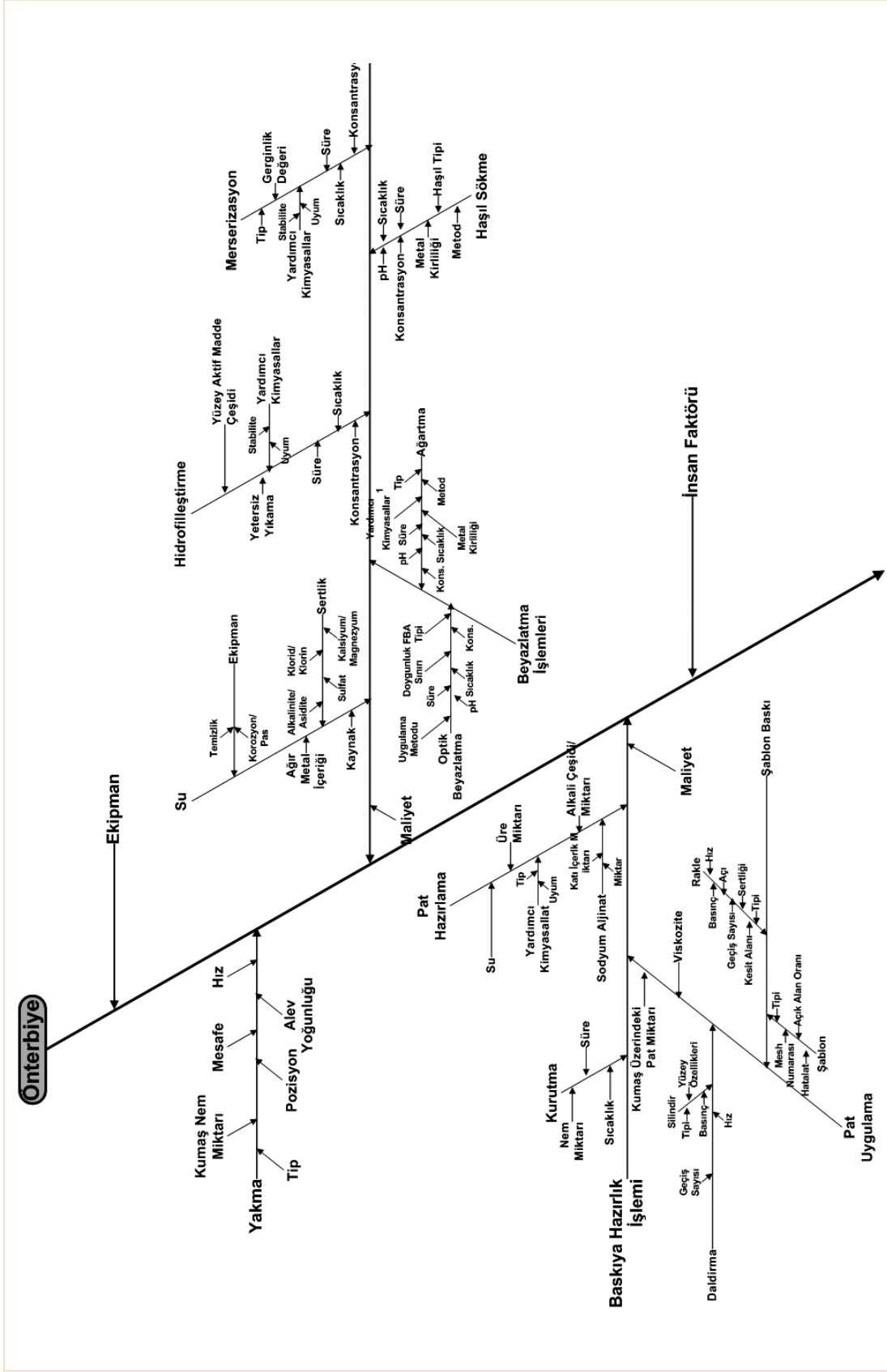


EK 1. Pamuklu Kumaşların İnk Jet Baskısında İnsan Faktörünün Etkileri

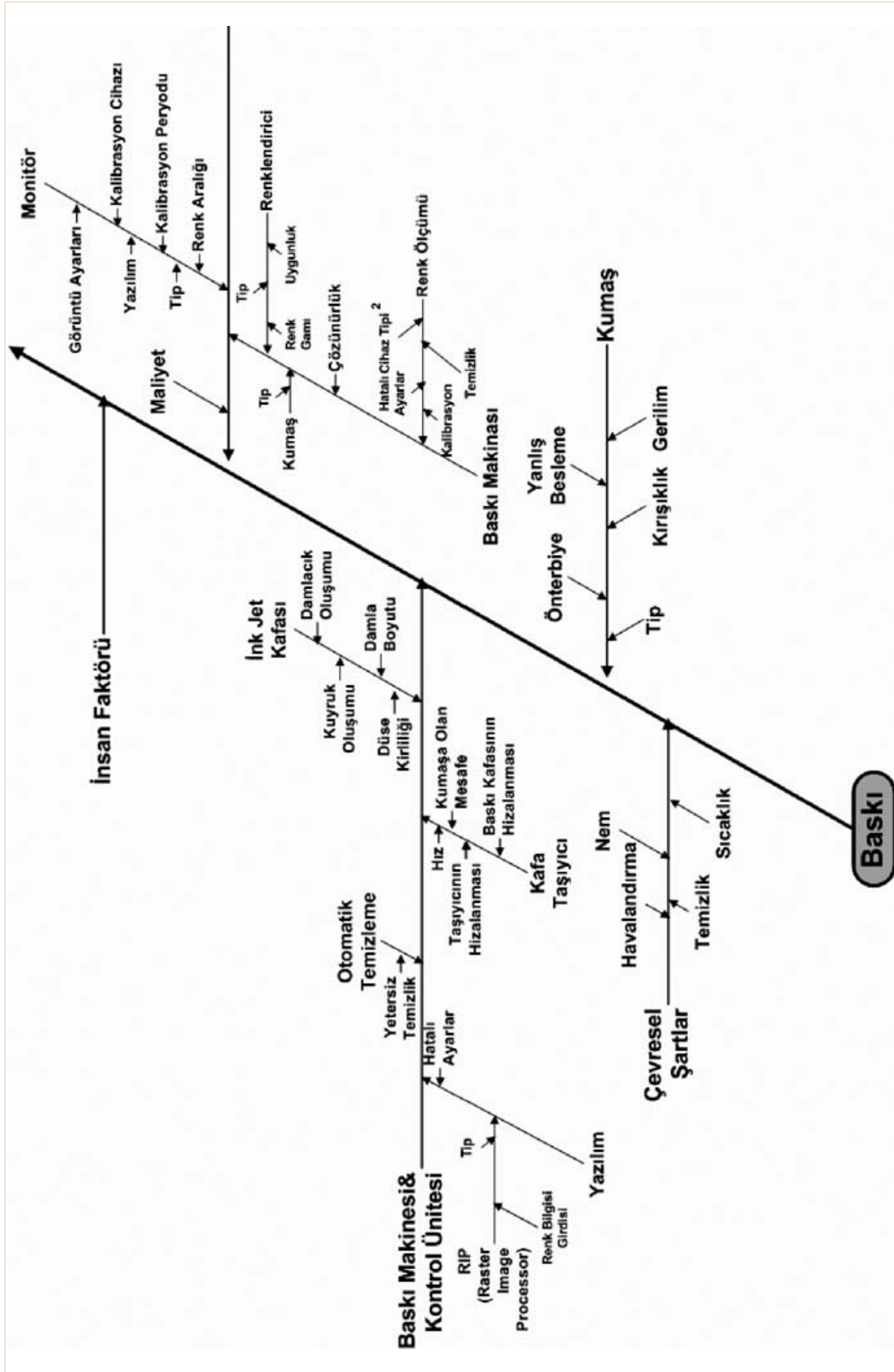




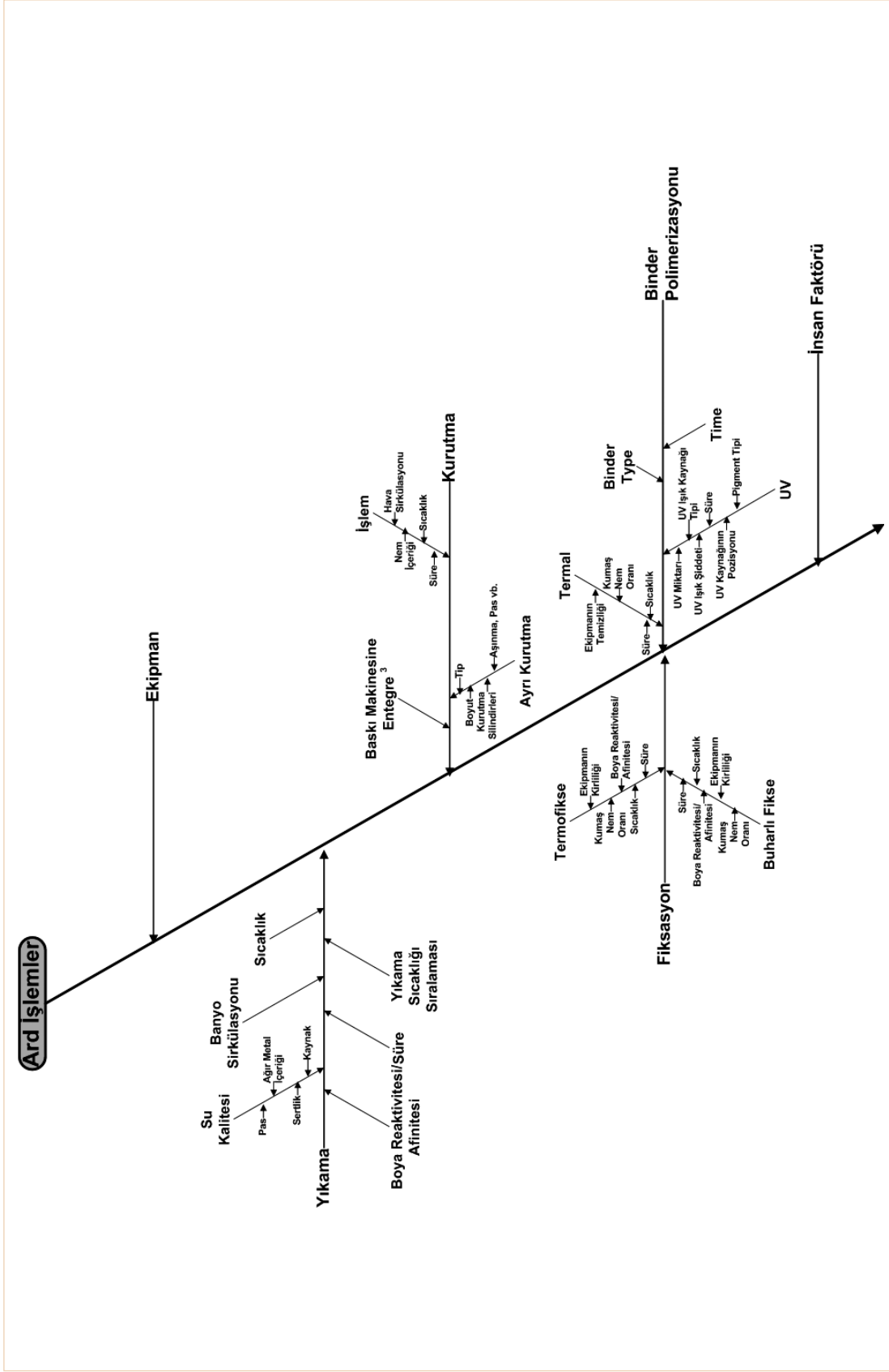
EK 2. Pamuklu Kumaşların İnk Jet Baskısında Malzemenin Etkileri



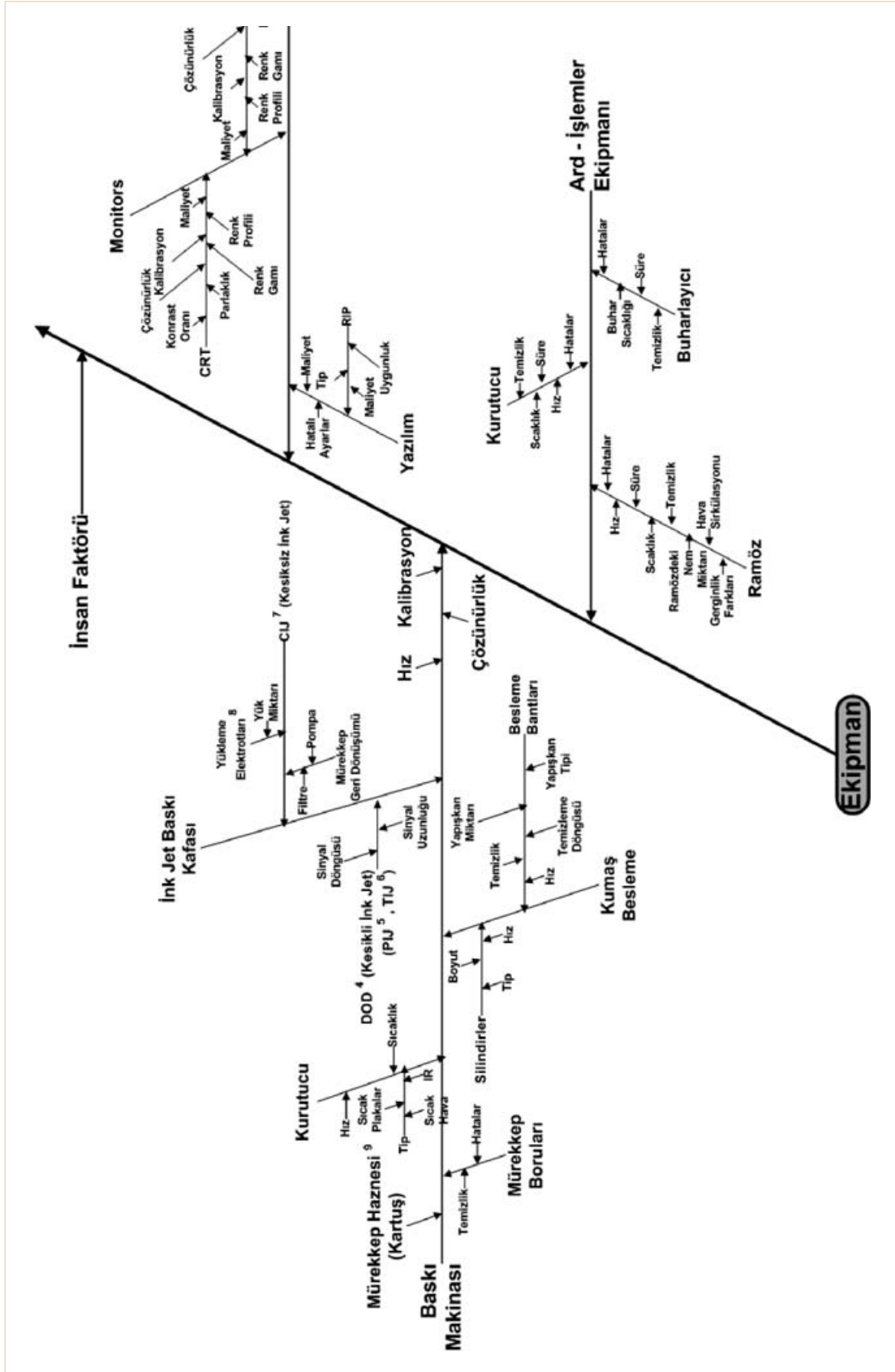
EK 3. Pamuklu Kumaşların İnk Jet Baskısında Ön Terbiyenin Etkileri



EK 4. Pamuklu Kumaşların İnk Jet Baskısında Baskı İşleminin Etkileri



EK 5. Pamuklu Kumaşların İnk Jet Baskısında Art İşlemlerinin Etkileri



EK 6. Pamuklu Kumaşların İnk Jet Baskısında Kullanılan Ekipmanların Etkileri