



**T.C.  
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TEKSTİL SANAYİSİNDE KULLANILAN ÇEŞİTLİ İPLİKLERİN METAL  
İÇERİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Fatih GÜLMEZ**

**KİMYA ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HATAY  
OCAK-2015**



T.C.  
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEKSTİL SANAYİSİNDE KULLANILAN ÇEŞİTLİ İPLİKLERİN METAL  
İÇERİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Fatih GÜLMEZ

KİMYA ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HATAY  
OCAK-2015

**T.C.**  
**MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TEKSTİL SANAYİSİNDE KULLANILAN ÇEŞİTLİ İPLİKLERİN METAL**  
**İÇERİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Fatih GÜLMEZ**

**KİMYA ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Prof. Dr. Şana SUNGUR** danışmanlığında hazırlanan bu tez **19/01/2015** tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **OYBİRLİĞİ** ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Şana SUNGUR  
Başkan

Doç. Dr. Yasin YÜCEL  
Üye

Doç. Dr. Muhsin EZER  
Üye

**Kod No: 790**

**Prof. Dr. İsmail Hakkı KARAHAN**  
**Enstitü Müdürü**

Bu çalışma MKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir.  
Proje No: 11001

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

19/01/2015

## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

**Fatih GÜLMEZ**

## ÖZET

### TEKSTİL SANAYİSİNDE KULLANILAN ÇEŞİTLİ İPLİKLERİN METAL İÇERİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Tekstil ipliklerinde metal türlerinin ve miktarlarının doğru bir şekilde tayin edilmesi son derece önemlidir. Dünyanın birçok ülkesinde tekstil ipliklerindeki metal türlerinin ve miktarlarının belirlenmesi ile ilgili çalışmalar yapılırken, Türkiye’de sadece yün örneklerinde benzer bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışma ile Gaziantep-Kahramanmaraş bölgelerinden temin edilen tekstil ipliklerindeki metal türlerinin ve miktarlarının tayini yapılarak bu eksiklik giderilmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada, tekstil sanayisinde kullanılan farklı renklerdeki (kırmızı, beyaz, yeşil, mavi, sarı, turuncu, siyah, kahverengi, mor, pembe, lacivert, bordo, bej, gri) çeşitli ipliklerin (pamuk, akrilik, polyester, naylon, viskon, polipropilen) Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Tl, Zn gibi metallerin miktarları belirlenmiştir.

2015, 81 sayfa

**Anahtar Kelimeler:** Ağır metal, tekstil, ip, MP-AES

## ABSTRACT

### **DETERMINATION OF METAL CONTENTS OF VARIOUS FIBERS USED IN TEXTILE INDUSTRY**

Determination of the amounts of metal species in textile fibers is very important. In the literature, there are a number of studies related to metal species in textile materials. However, similar studies have not been published in Turkey. There is only one study related to the content of metal in wool samples. The textile samples were collected from the various textile plants in Gaziantep-Kahramanmaraş. In this study, the concentrations of metals (Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Tl, Zn) in various textile fibers (cotton, acrylic, polyester, nylon, viscose, polypropylene) of different colors (red, white, green, blue, yellow, orange, black, brown, purple, pink, navy, burgundy, beige, grey) were determined.

2015, 81 pages

**Key words:** Heavy metal, textile, fiber, MP-AES

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince bilgi ve tecrübeleri ile çalışmalarına yön veren, değerli vaktini ayırıp desteklerini esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Şana SUNGUR'a,

Çalışmalarım her aşamasında tecrübelerini benimle paylaşan Sayın Hocam Yrd. Doç. Dr. Zeki AYDIN'a,

Laboratuvar çalışmalarım sırasında beni yalnız bırakmayan Sayın Hocam Yrd. Doç. Dr. Abdo ÖZKAN'a,

Laboratuvar çalışmalarım süresince tüm imkanlarını koşulsuz sunan başta MKÜ MARGEM müdürü olmak üzere, Uzman Selvin USTABAŞ, Uzman Serbay BUCAK ve Uzman Muhammet DEMİREL'e,

Örneklerin temininde katkısı bulunan değerli arkadaşım Abdülazim AK'a,

Bu günlere gelmemde hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan, her türlü maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen ve haklarını ödeyemeyeceğim annem ve yakın zamanda kaybettiğim babama teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER .....	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	VII
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	VIII
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Doğal İplikler.....	1
1.1.1. Yün İpler.....	1
1.1.2. İpek İpler.....	2
1.1.3. Pamuk İpler.....	3
1.1.4. Keten İpler .....	4
1.1.5. Viskon İpler .....	5
1.2. Sentetik İplikler .....	6
1.2.5. Polyester İpler.....	7
1.2.6. Poliamid (Naylon) İpler.....	8
1.2.7. Polivinil İpler.....	9
1.2.8. Poliolenin İpler.....	10
1.2.9. Poliüretan (likra) İpler .....	11
1.3. Tekstil Boyaları .....	12
1.4. Ağır Metaller .....	13
1.4.1. Kadmiyum (Cd).....	14
1.4.2. Krom (Cr) .....	15
1.4.3. Bakır (Cu).....	16
1.4.4. Demir (Fe).....	16
1.4.5. Mangan (Mn) .....	17
1.4.6. Nikel (Ni).....	17
1.4.7. Kurşun (Pb).....	18
1.4.8. Çinko (Zn).....	18
1.4.9. Kobalt (Co) .....	19
1.4.10. Alüminyum (Al) .....	20
1.4.11. Talyum (Tl).....	22



1.5. Kimyasal Analiz .....	24
1.6. MP-AES (Mikrodalga Plazmalı Atomik Emisyon Spektroskopisi) .....	25
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	27
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	34
3.1. Tekstil Örneklerinin Alınması .....	34
3.2. Tekstil Ürünlerinin Analizlerinde Kullanılan Kimyasallar .....	34
3.3. Tekstil Ürünlerinin Analizlerinde Kullanılan Çözeltiler .....	35
3.4. Tekstil Ürünlerinin Analizlerinde Kullanılan Cihazlar .....	35
3.5. Tekstil Ürünlerinin Analize Hazır Hale Getirilmesi .....	36
3.5.1. Kurutma İşlemi .....	36
3.5.2. Direk Asit İle Çözünürleştirme Yapılarak Örneklerin Hazırlanması .....	36
3.5.3. Yapay Ter Çözeltileri Kullanılarak Örneklerin Hazırlanması.....	36
3.5.4. Kalibrasyon Doğrularının Oluşturulması.....	36
3.5.5. MP-AES Analizi .....	36
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA .....	37
4.1. MP-AES Cihazına Ait Kalibrasyon Verileri .....	37
4.2. Gözlenebilme Sınırı (Limit of Detection, LOD) .....	42
4.3. Direk Asit İle Çözünürleştirme Yapılarak Hazırlanan Örneklerle Ait Ağır Metal İçerikleri .....	43
4.4. Yapay Ter Çözeltileri Kullanılarak Hazırlanan Örneklerle Ait Ağır Metal İçerikleri.....	54
5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	59
6. KAYNAKLAR.....	64
ÖZGEÇMİŞ.....	69

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1. Fe (259,940 nm'de) kalibrasyon grafiği .....	37
Şekil 4.2. Zn (213,857 nm'de) kalibrasyon grafiği .....	38
Şekil 4.3. Cd (228,802 nm'de) kalibrasyon grafiği.....	38
Şekil 4.4. Cu (324,754 nm'de) kalibrasyon grafiği.....	38
Şekil 4.5. Co (340,512 nm'de) kalibrasyon grafiği.....	39
Şekil 4.6. Ni (352,454 nm'de) kalibrasyon grafiği .....	39
Şekil 4.7. Al (396,152 nm'de) kalibrasyon grafiği .....	40
Şekil 4.8. Mn (403,076 nm'de) kalibrasyon grafiği.....	40
Şekil 4.9. Pb (405,781 nm'de) kalibrasyon grafiği .....	41
Şekil 4.10. Cr (425,433 nm'de) kalibrasyon grafiği .....	41
Şekil 4.11. Tl (535.046 nm'de) kalibrasyon grafiği.....	42

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Tekstil sanayinde kullanılan metallerin biyolojik sistemler üzerinde oluşturduğu zararlı etkiler (Zeiner ve ark., 2007). .....	14
Çizelge 1.2. Farklı ekolojik standartlara göre ağır metallerin limit değerleri .....	24
Çizelge 2.1. Eldivenlik mamul derilerdeki ağır metal içerikleri .....	27
Çizelge 2.2. Yün örneklerindeki toplam element miktarları .....	28
Çizelge 3.1. Tekstil ürünlerinin analizlerinde kullanılan kimyasallar .....	34
Çizelge 3.2. Tekstil ürünlerinin analizlerinde kullanılan çözeltiler .....	35
Çizelge 3.3. Tekstil ürünlerinin analizlerinde kullanılan cihazlar .....	35
Çizelge 4.1. Çeşitli ağır metaller ve LOD değerleri .....	43
Çizelge 4.2. Nitrik asit ekstraksiyonu ile pamuk tekstil ürünlerine ait metal içeriği .....	44
Çizelge 4.3. Nitrik asit ekstraksiyonu ile akrilik tekstil ürünlerine ait metal içeriği .....	46
Çizelge 4.4. Nitrik asit ekstraksiyonu ile polyester tekstil ürünlerine ait metal içeriği .....	47
Çizelge 4.5. Nitrik asit ekstraksiyonu ile naylon tekstil ürünlerine ait metal içeriği .....	49
Çizelge 4.6. Nitrik asit ekstraksiyonu ile viskon tekstil ürünlerine ait metal içeriği .....	51
Çizelge 4.7. Nitrik asit ekstraksiyonu ile polipropilen tekstil ürünlerine ait metal içeriği .....	53
Çizelge 4.8. Yapay ter ekstraksiyonu ile pamuk tekstil ürünlerine ait metal içeriği .....	54
Çizelge 4.9. Yapay ter ekstraksiyonu ile akrilik tekstil ürünlerine ait metal içeriği .....	55
Çizelge 4.10. Yapay ter ekstraksiyonu ile polyester tekstil ürünlerine ait metal içeriği .....	55
Çizelge 4.11. Yapay ter ekstraksiyonu ile naylon tekstil ürünlerine ait metal içeriği .....	56
Çizelge 4.12. Yapay ter ekstraksiyonu ile viskon tekstil ürünlerine ait metal içeriği .....	57
Çizelge 4.13. Yapay ter ekstraksiyonu ile polipropilen tekstil ürünlerine ait metal içeriği .....	57

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

AAS	: Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi
AES	: Atomik Emisyon Spektroskopisi
HG-AAS	: Hidrür Sistemli Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi
GF-AAS	: Grafit Fırın Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi
TS-FF-AAS	: Termosprey Alev Fırın Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi
ICP	: İndüktif Eşleşmiş Plazma
ICP-OES	: İndüktif Eşleşmiş Plazma – Optik Emisyon Spektroskopisi
MS	: Kütle Spektroskopisi
MP-AES	: Mikro Dalga Plazmalı Atomik Emisyon Spektroskopisi
TLC	: İnce Tabaka Kromatografisi
UV-VİS	: Ultraviyole Visible Spektrometre
PCA	: Temel Bileşen Analizi
RSD	: Bağlı Standart Sapma
LOD	: Gözlenebilme Sınırı (Limit of Dedection)
pH	: Asitlik Derecesi

## 1. GİRİŞ

Tekstilin hammaddesini iplik, ipliğin hammaddesini ise lifler (elyaf) oluşturmaktadır. “Elyaf” sözcüğü terminolojik olarak Arapça “lif” sözcüğünün çoğulu olup “lifler” anlamına gelmektedir (Özel, 2013). Tekstil sanayinde kullanılan iplikler, doğal ve sentetik iplikler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Başlıca doğal iplikler yün, ipek, pamuk ve ketendir. En yaygın olarak kullanılan sentetik iplikler ise, viskoz, selüloz asetat, polyester, poliamid ve poliakrilik ipliklerdir (Matoso ve Cadore, 2012).

Hem doğal, hem de sentetik iplikler inorganik bileşenler içermektedir. Ancak, sentetik iplik üretiminde kullanılan katalizör, stabilizatör gibi maddelerden dolayı sentetik olanların inorganik bileşen içerikleri daha fazladır. Bu bileşenlerin saptanması sadece tüketicilerin emniyeti açısından değil, aynı zamanda tekstil sanayisi açısından da son derece önemlidir. Çünkü, bazı elementlerin varlığı, bir takım üretim problemlerine yol açmakta ve sonuçta elde edilen ürünün kalitesinin azalmasına yol açmaktadır. Siyah renk elde etmek için kromlu boyalar, parlaklık sağlamak için bakır içeren boyalar, fazla yıkamaya karşı direnç sağlamak amacıyla antimonlu boyalar kullanılmaktadır. Benzer amaçlarla nikel, kobalt, civa, kadmiyum ve arsenik içeren boyalar da kullanılmaktadır (Rezic ve Steffan, 2007).

Kıyafet ya da çarşaf gibi tekstil ürünleri cilt ile direkt olarak temas ettiği için içerdikleri bu tür elementler allerjik veya toksik etki yaratabilmekte ve sağlık açısından sıkıntı yaratabilmektedir.

### 1.1. Doğal İplikler

#### 1.1.1. Yün İpler

Genel olarak hayvanlardan elde edilen kıl topluluklarına yün adı verilmektedir (Bebekli, 1998). Yünün diğer liflerde aynı ölçüde bulunmayan incelik, uzunluk, elastikiyet ve kıvrım gibi üstün özellikleri bulunmaktadır. Bu özelliklerin yanı sıra, ısıyı iyi tutma, fazla rutubet alma, az ıslanma ve keçeleşme yeteneği gibi üstün özellikleri de vardır.

Yünün bu üstün özellikleri, onun karmaşık kimyasal yapısından kaynaklanmaktadır. Yün, yirminin üzerinde amino asidin çeşitli şekil ve biçimlerde

birleşmesinden meydana gelmektedir. Yünün kimyasal yapısı keratin adı verilen proteinden oluşmuştur. Birçok ülkede, yün elde edebilmek için koyun üretimi önemli bir endüstri dalı haline gelmiştir. Değişik coğrafyalardan elde edilen yünler, kalite farklılıkları göstermektedir. Genellikle koyun cinsine de bağlı olarak dünyada üç farklı yün cinsi sayılabilmektedir: Merinos yünleri, crossbreed (melez) yünleri ve Asya yünleri (Dalgıç, 2009).

Yünlerin yüzeyleri pullardan oluşmaktadır. Bu pullar çok sert ve şeffaf yapıdadır. Yünlerin kıvrımlı bir görünüşleri vardır. Yünlerdeki pulların ve kıvrımlı yapının sayesinde, nemin, ısının ve basıncın etkisi altında keçeleşme meydana gelmektedir. Yünlerin çoğu 3-18 cm uzunluğundadır. Bu uzunluğa göre hangi tip ipliğin üretileceğine karar verilmektedir. Yünlerde, en önemli özelliklerden bir tanesi incelikdir. Yün kalitesinin belirlenmesinde önemli bir parametre olan incelik, yünün işlenmesi açısından da çok önemlidir. Yünün rengi genelde beyazdır. Bununla beraber kahverengi ve siyah yünler de bulunmaktadır. Ayrıca, değişik parlaklığa sahip yünler vardır. Parlak olmalarında yüzeyde bulunan pullar etkili olmaktadır. Yünün mukavemeti 1,5-2 g/denye arasındadır. Yünün yaş haldeki mukavemeti, kuru haldeki mukavemetine göre % 10-20 daha düşüktür. Yün, kuvvet uygulandığında % 20-35 kadar uzayabilmektedir. Yün diğer bütün elyaf ve iplerden daha fazla nem alabilmektedir (TKAM, 1995).

### **1.1.2. İpek İpler**

İpek, dut yaprağı ile beslenen böceklerin yaptığı, kıldan ince, gayet yumuşak, ibrişim ve kumaş dokumakta kullanılan bir maddedir (Kınalı, 2007). Koza halindeki ipeğin, lif formunda elde edilmesi işlemine lif çekimi denilmektedir. Lif çekimi işlemi engelleyen, kuruluğu ve sertliği gidermek için pişirme işlemi yapılmaktadır. Bu işlemle serisin yumuşatılarak, lif çekime hazır hale getirilmektedir. Lif çekimi sırasında serisinin tamamı ip haline gelmez, arta kalan kısımlar “ipek telefi” olarak ayrılırlar (Franck, 2001).

Dünyanın yaklaşık olarak 15 ülkesinde yapılan ipekböcekçiliği, ülkemizde 2009 yılında 28 ilde yapılmaktayken, üretimin % 97'si 8 ilde yoğunlaşmış ve bunların da % 69'u Diyarbakır, Antalya ve Bilecik'te gerçekleştirilmiştir. Üretim miktarı yaş koza olarak bu yılda 139,599 kg olarak gerçekleşmiştir (Anonim, 2009).

- İpeğin fiziksel özellikleri

Doğal protein lifleri ailesinden olan ipek lifleri, iki farklı protein yapısının bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. İpek liflerini oluşturan aminoasit kompozisyonu, insan derisine benzer niteliktedir (Franck, 2001). İpek lifleri 1,25-1,3 g/cm<sup>3</sup> arasında bir özgül ağırlık değerine sahip olup, % 11’lik ticari neme sahiptir. Lifler, hidrojen bağlarını yok eden çözücülerde çözünmektedir. İpek lifleri iyi ısı iletim özelliklerine sahiptir ve 150 °C’ye kadar ısıdan fazla etkilenmeden kalabilmektedirler. İpek liflerinin en önemli özelliklerinden biri de, statik elektriklenmeye olan eğilimleridir (Needles, 1986).

- İpeğin kimyasal özellikleri

İpek higroskopik bir lifdir. % 100 bağıl nemde ağırlığının % 35’i kadar nem alabilmekte ve bu durumda enine kesit alanı yaklaşık olarak % 64 büyüyebilmektedir. Asitlere karşı oldukça dayanıklı olan ipek, derişik asitlerde hidrolize uğramakta ve çözünmektedir. Alkalilere karşı ise dayanımları azdır. Klor ve hipokloritlerin seyreltik çözeltilerine maruz kaldıklarında ipek sararma eğilimi göstermektedir. İndirgen maddelerin seyreltik çözeltilerinin genellikle ipeğe zarar veren bir etkileri bulunmamaktadır (Yazıcıoğlu ve Gülümser, 1993).

### 1.1.3. Pamuk İpler

Pamuk bitkisinin tohumlarından toplanan tek hücreli bir tüyüktür (Özcan, 1984). Pamuk, keten ve yün ile birlikte tekstilde kullanılan en eski elyaflardan birisidir. Anavatanı Hindistan’dır. Pamuk bitkisi, Antarktika dışında dünyanın her yerinde yetişmektedir. Bitki daha çok nemli havayı sevmektedir. Dünyada en fazla pamuk üretilen 10 ülke arasında Türkiye de bulunmaktadır (Başer, 1984).

Pamuk, tekstil lifleri arasında yaklaşık %50’lik paya sahiptir. Bunun nedeni, pamuğun doğal yapısından ileri gelen kullanım özellikleridir (Mardan, 1998).

- Pamuk Lifinin Fiziksel Özellikleri

Pamuk elyafı, kremi beyaz renktedir. Bu renk iklim ve yetiştirme koşullarına, ayrıca bitkinin türüne göre de değişmektedir. Pamuk liflerinin boyları 1,0–7,5 cm

arasında, çapı 6–25 mikron, yoğunluğu 1,50–1,55 g/cm<sup>3</sup> tür. Pamuk, havadan kolaylıkla nem absorplayabilmektedir. Standart şartlarda ( 20 °C’ de ve %65 relatif nem) %8,5 nem çekmektedir. Lifin uzama miktarı ortalama %7–8’dir. Elastik özelliği yoktur. Pamuk elyafı ıslandığında dayanıklılığında artma görülmektedir. Pamuk elyafında ıslanma sonucu boyca ve ence çekmeler görülmektedir. Bunun sebebi elyafın suyun etkisi ile şişmesidir (Başer, 1998).

#### - Pamuk Lifinin Kimyasal Özellikleri

Pamuk lifinin %100’e yakını selüloz içerdiğinden, selülozun tüm kimyasal özelliklerini göstermektedir. Derişik ve kuvvetli asitlerle temas ettiğinde, sıcakta ve soğukta bozulma olmaktadır. Derişik sülfürik asitte tamamen çözünmektedir. Seyreltik asitlerle, sıcakta hidroselüloz vermek üzere bozulmakta ve çürümektedir. Pamuk lifinin güneş ışığındaki UV ışınları, hava oksijeni, nem ve kirli hava koşulları altında polimer yapısı bozulmaktadır. Nontermoplastik yapıda bir lif olan pamuk 150 °C’ nin üzerindeki sıcaklıklarda bozulmaya başlar. 170 °C’ de kısa zamanda kavrulmaktadır. Yükseltgen ağartıcılarla uzun süre temas halinde kaldığında oksilelülöz oluşumu ile bozulmaktadır (Başer, 1998).

#### **1.1.4. Keten İpler**

Keten bitkisi, tohumu ve lifi için yetiştirilmektedir. Nemli havayı sevmektedir. Temmuz ve ağustos aylarında bitki yeşilliğini kaybedip, yapraklarını dökünce hasadı yapılmaktadır. Boyu en az 60 cm olan bitkisinden tekstilde kullanılabilir lifler elde edilebilmektedir (Başer, 1998).

Ketende, kabuk kısmı içerisinde binlerce lif hücreleri gruplar halinde yer alarak, lif hüzmelerini oluşturmaktadır. Bir saptaki hüzmeye sayısı; çeşide, yetiştirme şartlarına ve sapın kalınlığına göre değişmektedir. Sap ne kadar kalınlaşırsa hüzmeye sayısı da o kadar artmaktadır. Fakat lif oranı yükselmemektedir (Karaboğa, 1992).

#### - Keten Lifinin Fiziksel Özellikleri



Keten, pamuktan iki üç kat daha dayanıklı bir elyaftır. Bu özelliği ıslandığında daha da artmaktadır. Islakken %20 daha fazla dayanıklı hale gelmektedir (Anonymous, 2007).

Keten elyafı mükemmel bir ısı iletkenliği sağlamaktadır. Yazın serin tutma özelliğine sahiptir. Esnekliği az olduğundan çabuk kırışma özelliği göstermektedir. Kopma anında uzama miktarı, kuru iken %1,8; yaş iken %2,2'dir. Keten, doğal lifler içinde en az uzayan liflerden birisidir. Özgül ağırlığı 1,5 g/cm<sup>3</sup>'dür (Başer, 1998).

#### - Keten Lifinin Kimyasal Özellikleri

Keten lifleri, kimyasal reaktiflere karşı pamuğun gösterdiği özellikleri göstermektedir. Asitlere karşı kolayca etkilenmekte ve parçalanmaktadır. Kaynar su, güneş ve deterjanlardan fazla etkilenmemektedir. Nem çekme özelliği oldukça iyidir. 120 °C'nin üstündeki sıcaklıklarda bozulmaktadır. Güneş ışığında dayanıklılığını kaybetmektedir (Başer, 1984, Başer, 1998).

### **1.1.5. Viskon İpler**

Viskon veya viskoz ipi selülozun rejenere edilmiş şeklidir. Viskon ipi 1892 yılında selülozun özelliklerini araştıran Croos ve Bevan tarafından keşfedilmiştir. Viskoz ipi üretiminde daha çok pamuk linteri veya ladin ağacından elde edilmiş odun hamuru kullanılmaktadır (Başer, 1998).

Viskon, ilk rejenere elyaf olup sentetik olmayan bir yapay iptir. Hammaddesi, doğal selüloz içerikli olan ağaç hamurundan üretilmektedir. Bu nedenle polyester, naylon gibi sentetik ve termoplastik iplerden çok pamuk, keten gibi doğal selülozik iplere benzemektedir (Coşkun, 2010).

Viskon, ucuz kaynak olan ağaç hamurundan elde edilmesine rağmen üretimi sırasında fazla su ve enerji tüketimine neden olmakta, ayrıca hava ve su kirliliğini arttırmaktadır (Anonymous, 2009a).

Viskoz liflerinin hammaddesi selülozdur. Üretim için % 92-98 civarında selüloz içeren pamuk linteri ve odun selülozu kullanılmaktadır. Bu maddeler temizlendikten sonra kostik soda ile tepkimeye sokularak alkali selüloz oluşturulmaktadır. Daha sonra karbon disülfid ile selüloz ksantata dönüştürülmekte ve seyreltik kostik soda çözeltisiyle

çözülmetedir. Elde edilen ham viskoz çözeltisi olgunlaştırma işlemine tabi tutulduktan sonra asit koagüle banyolarında çekilmekte ve böylece viskoz filamentleri meydana gelmektedir (Kul, 2005; Anonymous, 2009b).

- Viskon İplerin Fiziksel Özellikleri

Özgül ağırlığı  $1,15\text{g/cm}^3$ 'dür. Viskon ipleri kuru olarak % 10-23, yaş olarak % 16-33 uzamaktadır. Ticari olarak viskonun rutubet değeri % 13'tür. Işık, ipin üzerine düştüğü sırada bir miktar absorbe edilmektedir. Yansıtılan ışık ise beyaz renktedir.  $115^\circ\text{C}$ 'ye kadar ısıya dayanmakta, daha sonra önce sararıp sonra beyazımsı kül bırakarak yanmaktadır. Viskon kurutmaya maruz kaldığında mukavemeti azalmakta ve renginde solma oluşmaktadır.

- Viskon İplerin Kimyasal Özellikleri

Seyreltik asitlerden belli bir sıcaklıktan sonra, saf asitlerden ise soğukta etkilenmektedir. Alkalilerin konsantrasyonu ve sıcaklığı ile doğru orantılı olarak, aynen pamukta olduğu gibi dayanıklılık göstermektedir (Acuner, 2001; Kul, 2005).

## 1.2. Sentetik İplikler

Tekstilde kullanılan sentetik lifler; sentez yoluyla üretilen polimerlerden, kimyasal lif çekim yöntemleri kullanılarak elde edilmektedir. Sentetik liflerin molekülleri doğada bulunmamaktadır. Önceleri doğal liflerin yerini tutması ve doğal liflerin ihtiyacı karşılamaması durumunda kullanılmak üzere üretilen sentetik lifler, daha sonraları tüketicinin farklı taleplerine yanıt vermek üzere çeşitli özellikleri geliştirilerek üretilmeye başlanmıştır.

Sentetik lifler kimyasal yapılarına göre beş grupta incelenmektedir.

- Polyester lifleri: Terilen, trevira vb.
- Poliamid lifleri: Naylon 6, naylon 6.6, naylon 11 vb.
- Polivinil lifleri: Akrilik, modakrilik, polivinilklorür, polivinilidenklorür, polivinilalkol, polistiren vb.
- Poliolefin lifleri: Polipropilen lifleri, politetrafluoroetilen lifleri, teflon vb.
- Poliüretan lifleri: Likra (spandex) (Dalgıç, 2009).

### 1.2.5. Polyester İpler

İkinci dünya savaşından sonra İngiltere’de ICI firması, ABD de DuPont firması polyester ip üretim yöntemlerini geliştirmişlerdir. Sentetik ipler arasında en çok üretilen ve tüketilen iplerden birisidir. Petrol sanayinin bir türevi olan polietilenteraftalat’tan, eriyikten lif çekme işlemiyle üretilmektedir (Coşkun, 2010).

Polyester ip esas olarak; hidrofobluğu, yüksek mukavemeti, buruşmama özelliği ile karakterize edilebilmektedir. Bu özellikleri ile polyester ip; pamuk, viskon, yün karışımlarında sıklıkla kullanılan önemli bir ip çeşididir.

#### - Polyester İpin Fiziksel Özellikleri

Boyuna kesiti pürüzsüz ve yeknesak, çubuğa benzeyen bir görünüme sahiptir. Enine kesiti çoğunlukla yuvarlaktır. Özgül ağırlığı  $1,38 \text{ g/cm}^3$ ’tür. Üretimde beyaz renklidir. İstenirse, elyaf çekme çözeltisine pigment renklendiriciler ilave edilerek renkli ip elde edilebilmektedir. Üretimde parlaktır. İstenirse, lif çekme eriyiğine matlaştırıcı maddeler ilave edilerek veya daha sonra çeşitli işlemler ile matlaştırılabilir. Normal şartlarda nem oranı %0,4’tür. İyi ve mükemmel derecede mukavemete sahiptir. Uzama elastikiyeti orta veya iyi derecededir.  $255-260 \text{ }^\circ\text{C}$ ’de erimeye başlamaktadır. Nem emiciliğinin düşük olması sebebiyle statik elektriklenme problemi vardır (Baykuş, 2003).

#### - Polyester İplerin Kimyasal Özellikleri

Seyreltik asitlere hem sıcakta hem de soğukta, konsantre asitlere (sülfürik asit hariç) yalnız soğukta dayanıklıdırlar. Alkalilere soğukta dayanıklıdırlar. Orta ve yüksek sıcaklıklarda zayıf alkalilerden bile etkilenmektedirler. Yükseltgen ve indirgen maddelere karşı yüksek bir dayanıma sahiptirler. Organik çözücülere karşı çoğunluğuna dayanıklıdırlar. Kuru temizlemede kullanılan benzen, trikloretilen, karbondetraklorür, perkloretilen gibi çözücülerden zarar görmezler. Organik çözücülerin şişirici etkileri

poliesterin boyanmasını kolaylaştırmaktadır. Işık ve atmosfer koşullarına yüksek dayanım göstermektedirler (Coşkun, 2010).

### **1.2.6. Poliamid (Naylon) İpler**

Poliamid ip, ana zincirleri üzerinde amit bağı bulunan polimerlerden yapılmaktadır. Dr. W. Carothers tarafından bulunan poliamid, DuPont firması tarafından naylon ismi ile ticarileştirilmiştir. Bu nedenle poliamidler geleneksel olarak naylon adıyla anılmaktadırlar.

Poliamidler dayanıklı olmaları, aşınmaya karşı dirençli olmaları, büzülme oranlarının düşüklüğü, lif halinde ipeğimsi görüntüleri ve mikroorganizmalara karşı dirençleri nedeniyle elyaf yapımına uygun polimerlerdir. Ayrıca; düşük yoğunlukları, iyi boyanmaları ve uzun süreli kullanıma uygun oluşları açısından diğer doğal ve sentetik elyaflara göre üstünlük sağlamaktadırlar. Daha çok halı, ip, çorap, giyim eşyası, kord bezi ve döşeme türü ürünlerde kullanılmaktadırlar (Saçak, 2006).

#### **- Poliamid İplerin Fiziksel Özellikleri**

Naylon 6.6 ipler parlaktır, istenildiğinde titantumdioksit ( $TiO_2$ ) ilavesi ile yarı mat veya mat olarak elde edilebilirler. Naylon 6.6 iplerin mukavemeti çok yüksektir. Naylon 6.6 iplerin nem çekme özelliği doğal iplere oranla düşüktür. Bu oran normal şartlarda % 4 – 4,5 arasında değişmektedir. Naylon 6.6 ipler % 8 oranında uzatıldıklarında eski hallerine dönebilirler. Filament halindeki Naylon 6.6 iplerin uzama oranı kuru halde % 26 – 32, yaş halde % 30 – 37 arasında değişmektedir. Naylon 6.6 ipler oldukça hafif olup, özgül ağırlığı  $1,14 \text{ gr/cm}^3$  tür.

#### **- Poliamid İplerin Kimyasal Özellikleri**

Kimyasal maddelere karşı dayanıklıdırlar. Sulu asitlerin liflere olumsuz bir etkisi olmazken, sülfürik asit ve nitrik asit gibi kuvvetli asitler ipi parçalayabilmektedir. Sıcak ve soğuk hidroklorik asit ipe zarar verebilmektedir. Alkalilere karşı oldukça dayanıklıdırlar. Kuru temizlemede kullanılan fenol, kresol ve formik asit haricindeki diğer çözücüler ipe zarar vermemektedir. Güneş ışığına karşı dayanıklıdırlar. Elektrik

iletme özelliği çok zayıf olduğundan statik elektrikle yüklenirler. Naylon 6.6 ipler 150 °C de sararırlar. 230 °C de yumuşarlar ve erime noktaları 260 °C civarındadır. Naylon 6.6 ipler alevle karşılaştığında hemen tutuşmazlar (Bekircan, 2006).

### **1.2.7. Polivinil İpler**

Akrilik ipler, % 85 oranında akrilonitril polimerleri ile %15 oranında birden fazla monomerin bir araya getirilmesiyle elde edilmektedir. Sıvı akrilonitril çeşitli katalizörler kullanılarak polimerizasyon işleminden geçirilmektedir. Polimer, içerisine katılan bir çözücü ile eritilerek % 25 – 40 oranında bir polimer çözeltisi elde edilmektedir. Uygulanan sıcak havaya maruz kalan iplerin üzerindeki çözücü buharlaştırılarak filament biçimindeki ipler sertleştirilmektedir. Akrilik ipler yaş veya kuru çekim yöntemine göre elde edilebilmekte, bu filamentlere daha sonra mukavemetlerinin artması için bir germe – çekme işlemi uygulanmaktadır.

#### **- Akrilik İplerin Fiziksel Özellikleri**

Akrilik iplerin nem çekme özelliği düşüktür. Normal şartlarda % 1 – 2,6 arasında nem değerine sahiptirler. Akrilik iplerin esneklik özelliği diğer sentetik iplere oranla daha düşüktür, yaylanma özelliği ise ipin türüne göre iyiden çok iyiye doğru farklılıklar göstermektedir. Akrilik iplerin uzama oranı % 20 – 36 arasında değişmektedir. Akrilik iplerin yoğunlukları 1,14 – 1,19 gr/cm<sup>3</sup> arasında değişmektedir.

#### **- Akrilik İplerin Kimyasal Özellikleri**

Akrilik ipler nitrik asit dışındaki diğer asitlere karşı dayanıklıdır. Özellikle yoğun ve sıcak haldeki alkali çözeltiler ipe zarar vermektedir. Akrilik iplerin güneş ışığına karşı dayanıklılığı oldukça iyidir. Akrilik ipler az miktarda nem çektikleri için elektriği iletme özellikleri düşüktür. Bu nedenle akrilik ürünlerde statik elektriklelenme problemi ile karşılaşılmaktadır. Akrilik iplerin erime noktası 215 – 255 °C arasında değişmektedir. Akrilik iplere alevle muamele edildiğinde eriyerek yanmaktadırlar. Alev çekildikten sonra da yanmaya devam ederler. Kimyasal bir koku ve siyah bir is bırakırlar. Külleri sert, siyah ve şekilsizdir (Dalgıç, 2009).

### 1.2.8. Poliolefin İpler

Polipropilen, ilk olarak Natta tarafından 1954 yılında Ziegler'in çalışmalarından sonra propilenin polimerleştirilmesi sonucu üretilmiştir. Polipropilen, metil gruplarının pozisyonuna bağlı olarak üç farklı şekilde olabilmektedir. Metil gruplarının zincirin bir tarafında sıralanmasıyla oluşan izotaktik polipropilen, metil gruplarının zincirin bir alt bir üst kısmında sıralanmasıyla oluşan ataktik polipropilen ve metil gruplarının belirli bir düzen olmaksızın sıralanmasıyla oluşan sindiyotaktik polipropilendir. İzotaktik polipropilenin kristalliğinin yüksek olmasından dolayı elyaf üretiminde kullanımı uygundur (Needles, 1986; Tripathi, 2002; Lewin, 2007).

Propilenin polimerizasyonunda Ziegler-Natta veya metallocene katalizörleri kullanılmaktadır. Polimerizasyon entalpisi (-20)-(-83,6) kcal/mol arasında değişiklik göstermektedir. Polimerizasyon işleminde kullanılan katalizör son ürünün özelliğini belirlemektedir. Ziegler-Natta katalizörü ile yapılan polimerizasyonda birden çok aktif merkez oluşacağından molekül kütlesi büyük olmaktadır. Metallocene katalizörü ile yapılan polimerizasyon işleminde ise zincir bir veya birkaç aktif merkezden büyüme gösterdiğinden dolayı küçük molekül kütlesine sahip olmaktadır (Karger-Kacsis, 1999; Tripathi, 2002; Lewin, 2007).

#### - Polipropilen İplerin Fiziksel Özellikleri

Polipropilenin esnekliği naylon ve polyesterden daha yüksektir. Viskozitesi 200-300 °C aralığında 1-3 g/dL'dir. Ortalama yoğunluğu 0,9 g/cm<sup>3</sup> olduğundan dolayı tüm elyaf çeşitleri arasında en hafif elyaftır. Apolar olmasından dolayı yalıtkanlığı yüksek, dolayısıyla elektriği iletme özelliği çok küçük düzeydedir. Mukavemeti 5,5-8,0 g/denye arasında değişmektedir. Nem tutma özelliği yoktur. Beyaz ve yarı saydam granül halindedir.

#### - Polipropilen İplerin Kimyasal Özellikleri

Polipropilen ipler, mineral asitler, alkaliler, anorganik tuzların sulu çözeltileri, deterjanlar, yağlar ve oda sıcaklığında organik çözücülere karşı yüksek dayanıklılık göstermektedirler. Toksik ve kanserojen etkileri yoktur. Yarı kristalin yapıda olan polipropilenin ortalama molekül ağırlığı 220000-700000 arasında değişmektedir (Yiğit, 2009).

### 1.2.9. Poliüretan (likra) İpler

Likra ipleri, büyük yapı zincirleri, üretan gruplarının tekrarı şeklinde olan makromoleküllerden meydana gelen bir ip çeşididir (Değerli, 2011). Likra ipleri, kimyasal yapılarından dolayı yüksek derecede uzama özelliği gösteren ve kopma noktasına geldiğinde tekrar hızlı bir şekilde eski haline dönebilen iplerdir (Kul, 2005).

Poliüretanın sert ve yumuşak parçalarından oluşan likra ipler ilk olarak bir Amerikan şirketi olan Du Pont firması tarafından üretilmiştir (Değerli, 2011). Likra elyafı olarak, eter ve ester gruplarıyla bağlanmak üzere iki tip polimer geliştirilmiştir. Ester bağıyla oluşturulan polimer kimyasal ve mekanik muameleye karşı hassastır. Eter bağıyla bağlanan polimerler ise bu tür işlemlere karşı dayanıklı olup, esneme ve tekrar eski halini alma özelliklerini kaybetmezler (Yakartepe, 1995).

#### - Likra İplerinin Fiziksel Özellikleri

Yoğunlukları ipin çeşidine ve üretimine bağlı olarak 1,15-1,95 g/cm<sup>3</sup> arasında değişiklik göstermektedir. Esneklikleri % 400-800 arasında değişmektedir. 0,5-1,5 g/denye arasında bir mukavemete sahiptirler. Hidrofobik bir ip türü olduğundan nem çekme özellikleri düşüktür. Polimer türüne bağlı olarak, 150 °C'de sertleşmekte, 150-200 °C arasında yumuşamakta ve 230-290 °C arasında erimektedir.

#### - Likra İplerin Kimyasal Özellikleri

Soğukta sulu asitlerden pek fazla zarar görmezken, sıcakta bütün asitlerden az miktarda etkilenmektedir. Derişik mineral asitlerde hemen bozularak çözünmektedirler. Soğukta, seyreltik bazlarla yapılan işlemlerde fiziksel özelliklerinde düşme görülmektedir. Dispers, asit, metal-kompleks, kromlama boyar maddeleri ile boyanabilmektedirler (Baykuş, 2003; Kul, 2005).

### 1.3. Tekstil Boyaları

Cisimlerin yüzeylerine renk verilmesi, dış etkenlerden korunması ya da güzel bir dış görünüme kavuşturulması için kullanılan malzemeye boya denilmektedir (Öztürk, 1999). Doğal boyarmaddeler doğada hammadde olarak hazır bulunan bileşiklerden elde edilmektedir (Karadağ, 2001).

19. yüzyılın başlarında sentetik boyaların bulunup üretilmesi ile doğal boyacılık hızla terk edilmiştir. 1856 yılında İngiliz kimyager Perkin ilk sentetik boya olan mor anilini sentezlemiş, 1868'de kökboyanın özünü oluşturan 'Alizarin' kimyasal yollarla elde edilmiştir ( Harmancıoğlu, 1955).

Günümüzde kullanılan boyaların çoğu kömür katranı ve ham petrol gibi kimyasal bileşiklerden elde edilen sentetik boyarmaddelerdir. 1897 yılında mavi renk tonu olan İndigo'nun doğal boyalarda ucuza mal edilip piyasaya sürülmesi sentetik boyalara olan talebi arttırmıştır (Öztürk, 1999).

Hem doğal, hem de sentetik iplikler inorganik bileşenler içermektedir. Ancak, sentetik iplik üretiminde kullanılan katalizör, stabilizatör gibi maddelerden dolayı sentetik olanların inorganik bileşen içerikleri daha fazladır. Bu bileşenlerin saptanması sadece tüketicilerin emniyeti açısından değil, aynı zamanda tekstil sanayisi açısından da son derece önemlidir. Çünkü bazı elementlerin varlığı, bir takım üretim problemlerine ve sonuçta elde edilen ürünün kalitesinin azalmasına yol açmaktadır. Siyah renk elde etmek için kromlu boyalar, parlaklık sağlamak için bakır içeren boyalar, fazla yıkamaya karşı direnç sağlamak amacıyla antimonlu boyalar kullanılmaktadır. Benzer amaçlarla nikel, kobalt, civa, kadmiyum ve arsenik içeren boyalar da kullanılmaktadır (Rezic ve Steffan, 2007).

Metaller, tekstilde; iplik imalatı, kumaş üretimi, ağartma ve boyama işlemlerinde çeşitli sorunlar meydana getirebilmektedir. Kıyafet ya da çarşaf gibi tekstil ürünleri cilt ile direkt olarak temas ettiği için içerdikleri bu tür elementler alerjik veya toksik etki yaratabilmekte ve sağlık açısından sıkıntı oluşturabilmektedir.



Çözünmez kalsiyum ve magnezyum tuzları tekstil materyalinin boyama kapasitesini engelleyebilmektedir (Brushwood ve ark., 1994).

Tekstilde kullanılan kimyasalların çoğu insan sağlığı üzerinde tehlike oluşturmaktadır. Bu nedenle bu maddeler mümkün olduğunca az miktarlarda kullanılmalıdır. Birçok unsur tekstil işlemede sorunlara neden olduğundan, doğal iplerin metal içeriği tekstil endüstrisi açısından son derece önemlidir (Rezic, 2007).

#### **1.4. Ağır Metaller**

Ağır metaller için genel olarak kullanılan tanım, metallerin fiziksel özelliklerine ve atom numaralarına göre yapılmış olan tanımdır. Bu tanıma göre yoğunluğu  $5 \text{ g/cm}^3$  ten büyük ve atom numarası 22-92 arasında olan metaller ağır metal olarak tanımlanmaktadır (Förstner, 1981). Ağır metaller için kullanılan bir diğer tanım ise, canlı organizmalar üzerindeki etkileri ve birikimleri göz önüne alınarak yapılmış olan ‘toksik metal’ kavramıdır. Toksik metaller, canlı bünyesine girdiği zaman canlı dokularında birikim gösteren ve metabolik hasarlara yol açan metallerdir. Çevre ve insan sağlığı açısından ağır metal kirliliği, ağır metallerin sahip oldukları toksik etkilere ve ortamda bulunan canlı organizmaların bu metalleri kendi bünyelerine alabilme potansiyeline göre değerlendirilmektedir. Hg, Cd, Pb gibi metaller bilinen toksisitesi yüksek ve canlı yaşamı için gerekli olmayan metallerdir. Bazı metaller (Mn, Zn, Fe) ise, uygun konsantrasyonlarda canlı yaşamı için gerekli olup, bu konsantrasyonlar üzerinde canlı organizmalar için toksik olabilmektedir (Ağcasulu, 2007).

Çizelge 1.1’de her bir ağır metalin vücudumuzun hangi organında zararlı etkilere yol açtığı gösterilmiştir.

Çizelge 1.1. Tekstil sanayinde kullanılan metallerin biyolojik sistemler üzerinde oluşturduğu zararlı etkiler (Zeiner ve ark., 2007).

Metal	Sinir Sistemi	Kardiyo vasküler	Gastro-entirik	Endokrin Sistem	Bağışıklık Sistemi	Böbrek	Karaciğer	Akciğer	Kan	Cilt
Al	+							+		
As	+		+	+			+	+	+	+
Cd	+	+	+			+		+		
Co	+	+	+	+	+			+		+
Cr			+		+	+		+		+
Cu	+		+						+	
Fe	+		+				+	+		
Hg	+		+			+		+		
Mn	+			+	+			+		
Ni								+		+
Pb	+	+	+	+	+	+			+	+
Tl	+		+	+	+	+		+		
Zn			+						+	

Tekstil sanayinde kullanılan başlıca ağır metaller aşağıda açıklanmıştır.

#### 1.4.1. Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum, toksisitesi oldukça yüksek ve canlılar üzerinde olumsuz etkisi çok fazla olan bir metaldir. Kadmiyum, doğada çinko mineralleri ile bulunmakla birlikte kimyasal özellikleri çinkoya benzemektedir. Yer kabuğunda 1 mg/kg'dan daha az miktarda bulunmaktadır (İsen, 2011).

Çevrede bulunan kadmiyum kirliliği, insan ve endüstriyel atıklardan kaynaklanmaktadır. Daha çok çinko, kurşun, bakır üretiminde ortaya çıkan atıklarla birlikte çevreye salınan bu metalin endüstride kullanımı giderek artmaktadır. Ayrıca fosfat içeren gübrelerde de önemli derecede kadmiyum bulunmaktadır. Kadmiyum, doğal pH'larda hidrolize uğramakta ve sulara +2 değerlikli formunda serbest iyonik

fazda bulunmaktadır. Cd suda klorür ve sülfat tuzları ile serbestçe çözünebilmektedir. Doğal olarak çok düşük seviyelerde bulunmaktadır. Cd'nin hareketliliğini etkileyen en önemli faktör pH ve redoks potansiyelidir. Çok yüksek oksidasyon şartları altında CdO ve CdCO<sub>3</sub> gibi mineralleri oluşturmakta ve canlı kalıntılarda birikim göstermektedir (Bakırcıoğlu, 2009).

Kadmiyum, doğada genel olarak Cd<sup>+2</sup> formunda bulunmaktadır. Ekolojik çözünürlüğünün yüksek olması canlılarda ve sucul ortamlarda biyolojik yoğunluğunun ve toksisitesinin artmasına neden olmaktadır. Kadmiyum, canlı yapısına girdikten sonra protein ve kan hücrelerine bağlanarak kan dolaşımına taşınmaktadır. Kadmiyum karaciğer ve böbreklerde birikmektedir. Kadmiyum canlılarda, çinko ve kalsiyum gibi temel metallerin yerine bağlanarak bu metallerin işlevlerini yerine getirmelerini engellemektedir. Ayrıca protein ve enzimlerin metabolik fonksiyonları için gerekli olan sülfidril gruplarını bloke ederek enzim faaliyetlerine zarar vermektedir. Genel olarak kadmiyum zehirlenmesinde, insan ve hayvanların, böbrek, mide, bağırsak, kemik doku, dolaşım sistemi ve kan yapımı gibi vücutlarındaki hemen hemen bütün sistemler etkilenmektedir (Kaya, 2002).

#### **1.4.2. Krom (Cr)**

Krom yer kabuğunda en fazla bulunan on üçüncü elementtir ve bulunma oranı % 0,037'dir. Doğada kromit mineralleri şeklinde bulunmaktadır. Krom, çok sert ve erime noktasının yüksek olmasından dolayı metallere sertlik kazandırmak ve korozyona karşı dayanıklılıklarını artırmak amacıyla demir-çelik sanayinde yüksek oranda kullanılmaktadır. Bununla beraber deri teknolojisinde, boya üretimi ve cam endüstrisinde de kullanımı yaygındır. Kromun önemli iki yükseltgenme basamağı bulunmaktadır. Bunlar Cr<sup>+3</sup> ve Cr<sup>+6</sup>'dır. Cr<sup>+6</sup>; Fe<sup>+2</sup>, çözülmüş sülfürler ve kükürtlü gruplar içeren organik bileşikler tarafından kolaylıkla indirgenebilmektedir. Cr<sup>+3</sup> ise, doğal su şartlarında oksijen tarafından yavaşça, aşırı miktarda, MnO<sub>2</sub> tarafından ise hızlıca yükseltgenebilmektedir. Cr<sup>+6</sup> su ortamında çoğunlukla kromat (CrO<sub>4</sub><sup>-2</sup>) ve dikromat (Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>-2</sup>) iyonları halinde bulunmaktadır. Krom genellikle göl ve nehir sularında 1-2 µg/L konsantrasyonları arasında değişiklik göstermektedir (Kaya, 2009).

Krom canlılar için temel bir metaldir. Günde alınan ortalama 30-200 µg kromun (tüm değerliklerde) toksikolojik bir etkisi olmadığı gibi yetişkin bir insanın günlük ihtiyacını karşılamaktadır. Cr<sup>+6</sup>, Cr<sup>+3</sup>'ten 100 kat daha fazla toksik özellik göstermektedir (İsen, 2011). Canlı sistemlerde Cr<sup>+6</sup>'nın aşırı birikmesi farklı kanser türlerinin oluşumuna neden olmaktadır. Ayrıca Cr<sup>+6</sup> bileşikleri sindirim sistemi, deri ve akciğer ile temas ettiklerinde tahriş edici ve korozif etki göstermektedir (Kaya, 2009).

### **1.4.3. Bakır (Cu)**

Bakır, yer kabuğunda doğal bakır, sülfür ve karbonat mineralleri halinde bulunmaktadır. Bakırın bilinen değerlikleri +1, +2 ve +3'tür. Ancak Cu<sup>+2</sup> en yaygın olanıdır. Bakır canlı metabolizması için gerekli bir elementtir ve birçok enzim sisteminde önemli rol oynamaktadır (Yılmaz, 2010). Bakır, tarımsal faaliyetlerde pestisit ya da fungusid ilaçlarının kullanımı ve bakır işletmelerinin atıklarından sulara karışabilmektedir. Kirlenmiş sularda bakır derişimi genellikle 0,05-0,35 µg/L arasında değişmektedir. Bakır, humik maddeler, çözülmüş organik maddeler ve bakteriyel partiküller gibi organik ligandlar ile yüksek derecede bileşik oluşturma yeteneğine sahiptir (Morneau, 1997).

Bakır; karbonat, nitrat, sülfat, amonyak ve hidroksit gibi sert bazlarla kompleksler oluşturmaktadır (Moore ve Ramammoorthy, 1984). Bakır toksisitesi, Cu<sup>+2</sup> derişimine bağlıdır. Aynı zamanda yağda çözünen bazı bakır bileşikleri iyonik bakırdan daha çok toksiktir. Çünkü yağda çözünen bakır bileşikleri hücre içine doğrudan etki edebilmektedir (Neff, 2002). Bakır birikimi en fazla karaciğerde görülmektedir. Yüksek derişimlerde bakır, kloroplast zarlarında geri dönüşümsüz hasarlara neden olmakta ve ölümle sonuçlanmaktadır (Kennish, 1998).

### **1.4.4. Demir (Fe)**

Demir yeryüzünde en çok bulunan dördüncü element olup, yer kabuğunun yaklaşık % 5'ini oluşturmaktadır. Demir yeryüzünde genellikle toprak ve kayalarda bulunmaktadır. Demir doğal sularda çözülmüş (Fe<sup>+2</sup>), kolloidal ve katı bileşikleri (Fe<sup>+3</sup>) halinde bulunmaktadır (Çakmakçı, 2006).

Demir, insan organizmasında, özellikle alyuvarların yapısında bulunan hemoglobinin fonksiyonel bir parçası olması yönünden önemlidir. Bununla beraber demir, kasların miyoglobininde, sitokrom, peroksidaz ve katalaz sistemlerinde yer alan yaşamsal öneme sahip bir metaldir. Demirin biyokimyasal reaksiyonlar yönünden özellikle solunum sisteminde büyük görevleri vardır. Hayvansal organizma alyuvarlarda bulunan demir içeriğinin büyük kısmını tekrar kullanabildiğinden, günlük demir gereksinimi oldukça küçüktür. Bu ihtiyaç çocuklar için 10-15 mg arasında değişmekte, büyüklerin demir gereksiniminde kadın-erkek, genç-yaşlı oluşuna göre farklılık göstermektedir. Vücuttan dışkı, idrar ve terle atılan demir miktarı ise sadece 1 mg civarındadır. Fazlası karaciğer, kemik iliği ve dalakta toplanmaktadır (Yılmaz, 2010).

#### **1.4.5. Mangan (Mn)**

Mangan elementi kaya, toprak, göl ve okyanus diplerine dağılmış olan birçok tuz ve mineral bileşiğinin yapısında bulunmaktadır. Doğada bulunan manganın büyük bir bölümü metamorfik ve tortul kayalardan, küçük bir bölümü volkanik kayalardan kaynaklanmaktadır. Oksidasyon basamağı -3 ve +7 arasında değişebilmektedir. Manganın en iyi çözülebilir formu  $Mn^{+2}$ 'dir. Çözünmüş haldeki mangan inorganik veya organik maddelerle birleşerek kompleks iyonlar oluşturmaktadır. Mangan, bitkiler ve hayvanlar için temel bir elementtir. Besinsel zararları insan sağlığı açısından tam olarak değerlendirilmemiştir (Özgün, 2007). Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO) günlük ortalama psikolojik gerekliliğinin 3-5 mg olduğunu tahmin etmektedir. Çok fazla mangan külü ve tozunu solumak akciğerlerde tahrişe, parkinsona, uykusuzluğa, zihinsel karışıklığa, zayıflığa, spastik hareketlere, felce, boğaz kuruluğuna, öksürüğe, göğüs sıkışmasına, gribe, hafif sırt ağrılarına, kusmaya ve bitkinliğe neden olmaktadır (Keskin, 2012).

#### **1.4.6. Nikel (Ni)**

Nikel yer kabuğunda 10-1000 mg/kg civarında bulunmaktadır. 1000 g toprakta 10 ile 50 mg arasında bulunan nikel miktarı kabul edilir sınırlar arasında sayılmaktadır. Nikel kirliliği başta endüstriyel faaliyetler olmak üzere, mineral ve organik gübreler, kimyasal ilaçlar, nikel katkılı dizel yakıtlar ve motor yağlarının egzozla yayılması,

yerleşim yeri, endüstri, rafineri ve kanalizasyon atıklarından kaynaklanmaktadır (İsen, 2011). Nikelin organik formları, inorganik formlarından daha zararlıdır. Genellikle toprak ve sedimentlerdeki demir ve mangan içeren parçacıklara bağlı olarak bulunmaktadır. İnsan ve hayvanlar için temel olan ve çok düşük miktarlarda olan nikelin yokluğunda, insanlarda kronik bronşit ve nefes darlığı problemleri bildirilmektedir. Bazı nikel bileşikleri kanserojen olarak kabul edilmektedir. İnsanlara en fazla nikel hava, gıda ve sigara yoluyla bulaşmaktadır. Aşırı miktarda nikel ve bileşiklerinin olduğu endüstriyel alanlarda çalışan işçilerde ortamdaki havayı solumalarına bağlı olarak akciğer ve sinüs kanserleri görülmüştür (Çalışkan, 2005).

#### **1.4.7. Kurşun (Pb)**

Kurşun doğada serüsit ( $PbCO_3$ ), anglesit ( $PbSO_4$ ), bournonit ( $Pb_5Sb_4S_{11}$ ) ve galenit ( $PbS$ ) mineralleri halinde bulunmaktadır. Kurşun, canlı metabolizması için gerekli elementlerden olmamakla birlikte insanlar tarafından çevreye çok miktarda atılan metallere biridir (Neff, 2002).

Kurşun, kimyasal olarak halidler, hidroksitler, sülfatlar ve fosfatlar gibi az çözünürlüklü kurşun tuzları haricinde IV A grubundaki metallere çok, iki değerlikli alkali grubu metallere benzemektedir (Moore ve Ramamoorthy, 1984). Kurşun; işitme bozukluğuna, sinir iletim sisteminde ve hemoglobinin bileşiminde düşmeye, kansızlığa, mide ağrısına, böbrek ve beyin iltihaplanmasına, kısırlığa, kansere ve ölüme neden olmaktadır (İsen, 2011). Özellikle çocuklarda bilişsel ve davranışsal bozukluklara yol açmaktadır. Çocukluk döneminde kronik olarak kurşuna maruz kalma, yetişkinlikte kalıcı obeziteye yol açabilmektedir (Keskin, 2012).

#### **1.4.8. Çinko (Zn)**

Çinko doğada genellikle zinkit ( $ZnO$ ), vurtzit ( $ZnS$ ), villemmit ( $Zn_2S.SiO_4$ ) ve simitserit ( $ZnCO_3$ ) mineralleri şeklinde bulunmaktadır. Kurşun mineralleri ile birlikte bulunan çinko mineralinde Cu, Ag ve Cd bileşikleri de yer almaktadır. Hava, toprak, su ve bütün gıdalarda olup, mineral olarak en çok bulunan elementtir. Demir ve diğer metallerin kaplama işlemlerinde, kuru hücre akülerde, alaşım imalatında, beyaz boya

üretiminde, seramiklerde, kauçuk sanayinde, gübrelerde, bazı kozmetik ve sağlık alanında kullanılmaktadır. Çinko, kurşun gibi madenler ve işleme merkezlerinden yayılarak, atmosferik olaylarla uzun mesafelere taşınıp depolanmaktadır (Florence, 1982).

Çinko canlılar için temel bir metaldir ve toksikolojik açıdan; arsenik, kadmiyum, krom, bakır ve kurşundan daha az hasara sebep olduğu bildirilmektedir. Çinkonun en toksik formu serbest iyon formudur (Ağcasulu, 2007). Fakat fazla miktarlarda alındığı zaman canlılar üzerinde toksik etkilerinin olduğu bilinmektedir. Çinkonun toksisitesi diğer toksik elementlere (Hg, Cd, Pb) oranla daha düşüktür. Bu nedenle toksik derişimleri oldukça yüksek seviyelerdedir. En çok birikim gösterdiği organlar; prostat, böbrek, kas ve karaciğerdir. Çinkonun yetersiz miktarda alımı, 200'den fazla enzimi olumsuz etkilediği gibi, yüksek derişimleri de canlılarda çeşitli hasarlara sebep olmaktadır (Çalışkan, 2005).

#### **1.4.9. Kobalt (Co)**

Yer kabuğunun yaklaşık % 0,0023'ünü oluşturmaktadır (Günay, 1993). Bilinen kobalt mineralleri smaltin ( $\text{CoAs}_2$ ), kobaltin ( $\text{CoAsS}$ ) ve linnatin ( $\text{Co}_3\text{S}_4$ )'dir. Normal şartlarda katı halde ve parçacık, pudra/granüler, çubuk, tel/kablo, folyo halinde bulunmaktadır. Kobalt kırılğan, sert bir geçiş elementidir. Manyetik özellikleri demir metaline çok benzemektedir (Anonymous, 2005c).

Kobalt metali görünüşte demire benzemekle beraber açık pembe renktedir. Ferro manyetik özelliği bakırdan fazla olduğundan dolayı mıknatıs yapımında kullanılmaktadır (Demir, 1980).

Kobalt endüstriyel uygulamalarda ve askeri alanda önemli kullanıma sahiptir. Kobalt, en çok süper alaşım olarak jet motor türbinlerinde, malzemelere manyetiklik özelliği kazandırma, korozyondan korunma ve mekanik özelliklerin iyileştirilmesi amacıyla alaşımlarda, yüksek hız çeliklerinde, takım çeliklerinde, elmas takımlarında ve kesici uçlarda alaşım elementi olarak kullanılmaktadır (Demir, 1980). Bileşikleri ise petrol ve seramik endüstrisinde katalizör ve boyalarda pigment, mürekkep ve verniklerde kurutma maddesi olarak kullanılmaktadır (Sibley, 2005).

Havada bulunan toz halindeki kobaltın solunum yoluyla alınması ve kobalt tuzlarına deri ile temas sonucunda kobalt zehirlenmesi gerçekleşmektedir. Suda çözünür kobalt bileşikleri ağız yolu ile alındığında % 75'i tekrar atılırken geriye kalan kobalt kan, karaciğer, akciğer, böbrek, testisler ve bağırsaklarda toplanmaktadır. Uzun süre kobalt tozuna maruz kalındığında, alerjik tepkilere ve kronik bronşite neden olmaktadır (Zenk, 1996). Kobalt ve kobalt bileşiklerinin insanlar üzerinde kansere neden olduğuna dair henüz kesin bulgular olmamasına rağmen, kobalt bileşikleri risk teşkil etmektedirler (Emre, 2000; Durkan, 2006). Bileşiminde kobalt bulunan implant takılan bölgelerde tümör oluşumuna rastlanmış ve hayvanlar üzerinde yapılan deneylerde, kobalt metalinin ve suda çözünür kobalt bileşiklerinin kansere yol açtığı kanıtlanmıştır (Cobalt Metall und Kobaltverbindungen, 2001).

Günlük besin ihtiyacımızda çok düşük bir yeri olan kobalt, kırmızı kan hücrelerinin üretiminin ve sinir sisteminde kullanılan B12 vitamininin bileşenidir (Mertz, 1987; Kendrick, 1992; Anonymous, 2005b).

Kobaltın vücuttaki normal miktarı 80-300 µg'dır ve kırmızı kan hücrelerinde, karaciğerde, dalakta, böbrekte, pankreasta depolanmaktadır. Et, karaciğer, böbrek, midye, istiridye, süt, balık ve deniz yosunları ve daha düşük miktarda olmakla beraber kara sebzeleri (bakla tohumu, ıspanak, lahana, salata, pancar, incir) de kobalt içermektedir. Diğer taraftan sigara dumanında da kobalt bulunmaktadır (Anonymous, 2005a, Anonymous, 2005b).

#### **1.4.10. Alüminyum (Al)**

Alüminyum; boya tespit edici, ateşe karşı koruyucu anlamına gelen 'ALÜM' kelimesinden türetilmiştir (Kazdal, 2000). Doğada bileşik halde (oksit halinde) bulunmaktadır ve yerkabuğunun yaklaşık % 8'ini oluşturmaktadır (TMMOB, 2011). Hafif metal sınıfından bir element olan alüminyum yumuşak, hafif olması ile yüksek elektrik ve ısı iletkenliği, kolay işlenebilirlik, korozyona dayanıklılık, soğuk ve sıcak şekillenebilme gibi özellikleri nedeniyle kullanım alanı çok olan bir elementtir (Exely and Korcahznkina, 2001).

Yoğunluğu 2,699 g/cm<sup>3</sup> olan alüminyum, ağır metal olmamasına rağmen son yıllarda potansiyel bir toksik element olarak tanımlanmaktadır (Yokel, 2004).



Genellikle bileşiklerinde  $Al^{+3}$  halinde bulunmaktadır. Düşük sıcaklıklarda, +3 ve 0 olmak üzere iki değeri vardır. En reaktif metallere biri olması nedeniyle, doğada 0 değerlikli olarak bulunmamaktadır. d ve f orbitallerinde çiftleşmemiş elektronları olmadığından dolayı geçiş elementi değildir ve bu yüzden  $Fe^{+3}$ 'ten farklı bir redoks özelliği göstermektedir (Şahin, 2007). Alüminyum, yer kabuğunda % 7,5-8,1 gibi yüksek oranda bulunmasına rağmen serbest halde çok nadir bulunmaktadır. Alüminyum ilk keşfedildiği yıllarda cevherinden ayrıştırılması çok zor olan bir metal olmuştur. Çok hızlı oksitlenmesi, oluşan bu oksit tabakasının çok kararlı oluşu ve demirdeki pasın aksine yüzeyden sıyrılmayıp dolayısıyla rafine edilmesi en zor metallere birisidir (Hazer, 1992).

Günümüzde alüminyum bazı birinci dünya ülkeleri de dahil pek çok ülkede raylı sistem taşımacılığında hızlı sistem trenlerde ve yaygın olarak yolcu taşıma araçlarında kullanılmaktadır. Pek çok modern metro taşıma sistemleri, kara ve demir yolu araçları, deniz taşımacılığında kullanılan hızlı feribotlar alüminyumdan yapılmaktadır. Bütün alüminyum ürünleri bina inşasından yaşama alanları yapılanmasına kadar kullanılmaktadır. Alüminyumun korozyona karşı mukavemetinin fazla olması hemen hemen hiç bakım gerektirmeyen kullanımında önemli etkiye sahip olup bazı deprem bölgelerinde kullanımını artırmaktadır. Yeni teknolojilerde kullanılan güneş enerjisi panellerinde alüminyumun kullanımı, önemli miktarda enerji tasarrufuna yardımcı olması ve çevreyi korumaya uyumu dolayısıyla ilgi görmektedir. Alüminyumun bir başka uygulama alanı koruma, saklama, yiyecek ve içecek paketlemelerinde kullanılmasıdır. Alüminyum, çeşitli kozmetik ürünlerini, ilaç ürünlerini ve bazı yiyecekleri ultraviyole (UV) ışınlarla bakterilerden koruyabilecek çok ince parlak, güçlü ve özel izolasyonlu koruma bariyerleri içerisinde rol alabilmektedir. Alüminyum paketleri ısıtma ve soğutmaya dayanıklı, güvenli, hijyenik, geri dönüştürülebilir ve kolay kullanımlıdır. Medikal uygulamalarda ve yiyecek sektöründe sterilizasyonu kolaydır (Şahin, 2007).

1972 yılına kadar bu elementin zararlı olmadığı düşünülüyordu. Ancak bu tarihte devamlı hemodiyaliz tedavisi gören hastaların çoğunda beyin hastalıkları görülmesiyle, alüminyumun insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri ile ilgili araştırmalar başlamıştır. Devamlı diyaliz tedavisi gören hastaların çoğunda, diyaliz demansı (diyaliz demantia), diyaliz ensefalopati sendromu ve Alzheimer hastalığı,

kemik yumuşaması (diyaliz osteomalizisi) ve adinamik kemik hastalığı gibi hastalıklara neden olduğu bulunmuştur.

Antiasit ve fosfat bağlayıcı jellerin dışında ilaçların birçoğu alüminyum içermektedir. Bunların bazıları analjezikler (tanponlanmış aspirinler), antidiyaretikler, hemoroit preparatları ve antepsin (karfat) antiülseratif ilaçlardır (Anonymous, ).

Alüminyumun yüksek alımları gıdalar, soluma ve deri teması yoluyla mümkün olabilmektedir. Yüksek konsantrasyonlarının uzun süreli alımı ciddi sağlık sorunlarına neden olabilmektedir. Örneğin; merkezi sinir sistemine zarar, demans, hafıza kaybı, halsizlik, ciddi titremele. İyice bölünmüş alüminyum ve alüminyum oksit tozunun solunmasının pulmoner fibrosise ve akciğer hasarına neden olduğu rapor edilmiştir (Balkaya, 2004).

Araştırmalar trietilalüminyum, triizobütilalüminyum, etilalüminyum dilorür vb. gibi bazı organometalik alüminyum bileşiklerinin kanserojenik olduklarını ortaya koymuştur (Anonim, 2011).

Kronik böbrek yetmezliği olan hastalar özellikle diyaliz hastaları alüminyum birikimi riski taşımaktadırlar. Alüminyumun birikiminin nedeni klirensin azalması, alüminyum içeren fosfor bağlayıcı ilaçların kullanılması ve özellikle diyalizat ile yüksek alüminyum transferinin gerçekleşmesidir (Güray, 2004).

#### **1.4.11. Talyum (Tl)**

Talyum metali 1861 yılında İngiliz Kimyager William Crookes tarafından keşfedilmiştir. Metalik talyum ilk kez 1862 yılında Fransız bilim adamı C. Lamny tarafından hazırlanmış (Schoer, 1984) ve Talyum, adıyla özdeş olan yayımladığı yeşil spektral çizgi ile tanımlanmış bir element olmuştur.

Saf talyum dövülerek rulo yapıp levha haline getirilebilecek kadar yumuşak, mavimsi-beyaz bir metaldir ve yer kabuğunda eser miktarda bulunmaktadır. Saf halinde renksiz, kokusuz ve tatsız özellik gösteren talyumun yüksek çözünürlüğe sahip inorganik tuzları toksik özellik göstermektedir (Moeschilin, 1980). Brom, klor, flor ve iyot ile yaptığı bileşikler renksiz-beyaz veya sarı görünümündedir (EnviroTools, 2002).

Talyum, toksisitesi yüksek bir metal olmasına rağmen diğer toksik elementlerden, örneğin kurşun, kadmiyum ya da civadan daha az araştırılmıştır. Bunun başlıca

nedenleri talyumun doğada eser düzeyde bulunması ve klasik analitik metotlarla ölçülemediğidir. Ekonomik olarak talyum diğer eser elementler Pb, Hg, Cr, Ni ve Zn kadar önemli değildir. Talyum metal temelli madencilik, cevherleştirme süreçleri ve eritme işlemlerinde nadiren elde edilmekte olup genellikle cevher atıklarıyla birlikte doğaya atılmaktadır (Cheam ve ark., 1995).

Talyum ilk kez keşfedildiği 1861'den beri insan ve hayvanlar için toksisitesi bilinen bir ağır metaldir (Grandeau, 1964).

Talyumun ve tuzlarının başlıca kullanım alanları imitasyon mücevher üretimi, düşük sıcaklık termometreleri, fare zehri, seramik yarı iletken malzemeler, radyoaktivite ölçümlerinde kullanılan NaI(Tl) gibi sintilasyon dedektörler ve yüksek kırılma indisi katkısı nedeniyle optik lens üretimidir (Arzate ve Santamaria, 1998; Ramsden, 2002). Talyumun diğer kullanım alanları, pigment imalatı, boya üretimi, mineralojik ayırma, deri ve ağaçların bakterilere karşı doyurulmasıdır (Peters, 2005).

İnsan vücudu talyumu, deri, solunum ve sindirim yollarıyla etkili bir biçimde almaktadır. Talyum zehirlenmesi çoğunlukla yüksek miktarda talyum sülfat içeren fare zehrinin kazara alınması sonucu görülmektedir. Bunun sonucunda karın ağrısı görülmekte ve sinir sistemi tahrip olmaktadır. Talyum zehirlenmesine maruz kalan ve hayatını devam ettiren bir insanda titreme, felç olma, davranış bozuklukları gibi kalıcı sinir sistemi rahatsızlıkları görülebilmektedir (Sonia, 1998; Lana, 2005). Talyum vücuttan idrar ile atılmaktadır. Talyumun vücutta birikmesiyle, yorgunluk, baş ağrısı, depresyon, iştah kapanması, ayak ağrıları, saç dökülmesi ve dikkat dağınılığı gibi kronik hastalıklar görülmektedir. Talyum; civa, kadmiyum, kurşun, bakır ya da çinkodan daha zehirlidir. Gıda kaynaklı talyum zehirliliği çok nadirdir ve neredeyse tamamına yakını çevresel kaynaklıdır (Sonia, 1998; Lana, 2005; Anonim, 2014).

Tl<sup>+</sup> iyonları kolaylıkla sindirim sisteminde emilmekte ve buradan çeşitli dokulara dağılarak böbrekler, miyokart, testis, tükürük bezleri, bağırsak, iskelet kasları, tiroit bezleri ve böbreküstü bezlerinde yüksek konsantrasyonlarda birikmektedir. Talyum içeren tozların solunması zehirlilik etkisini arttırmaktadır. Genellikle deri yoluyla emilim talyum içeren merhem kullanımından kaynaklanmaktadır (Sonia, 1998; Lana, 2005).

## 1.5. Kimyasal Analiz

Tekstil atık sularında bulunan ağır metaller önemli bir çevre sorunu oluşturmaktadırlar ve bu ağır metaller tekstil ürünlerinde buldukları zaman insan sağlığı açısından çok daha büyük bir tehlike unsuru haline dönüşmektedirler. Bu sebeple tüm üretim boyunca ağır metallerin izlenmesi önemlidir. Tekstilde izin verilen ağır metallerin farklı mevzuatlara göre maksimum değerleri kalitatif ve kantitatif olarak belirlenmiş olup Çizelge 1.2’de gösterilmiştir (Zeiner ve ark., 2007).

Çizelge 1.2. Farklı ekolojik standartlara göre ağır metallerin limit değerleri ( $\mu\text{g mL}^{-1}$ )

Ağır metal	Öko-tex	EPG	Eco-tex	TOX PROOF	M.U.T
Sb		-	-	0,2	-
As	0,2-1,0	0,01	0,01	0,2	-
Cd	0,1	0,005	0,005	0,1	-
Cr (III)	1,0-2,0	0,1	0,1	1,0	0,5
Cr (IV)	0,0	-	0,0	0,0	0,1
Co	1,0-4,0	0,2	0,2	1,0	-
Cu	25-50	3,0	3,0	20,0	0,5
Pb	0,2-1,0	0,04	0,04	0,8	-
Hg	0,02	0,001	0,001	0,02	-
Ni	1,0-4,0	0,2	0,2	1,0	0,5
Zn	-	0,5	3,0	20,0	2,0

Kimyasal analiz, bir örnekteki bileşenlerin tanımlanması veya bu bileşenlerin miktarlarının bulunması işlemleri olarak tanımlanmaktadır. Bu analiz türlerinden birincisi yani bileşenlerin tanımlanması, nitel (kalitatif) analiz, ikincisi ise bileşenlerin miktarlarının bulunması nicel (kantitatif) analiz olarak adlandırılmaktadır. Kimyasal analiz, klasik ve enstrümantal analiz olarak ikiye ayrılmaktadır. Klasik analiz, yalnız kimyasal maddeler, terazi, kalibre edilmiş cam malzemeler ve ısıtıcılar gibi genel laboratuvar gereçleri ile yapılacak analitik yöntemleri kapsamaktadır. Enstrümantal analizde ise, bu gereçlerin yanında birde analitik cihazlar kullanılmaktadır. Analitik cihazlar, analiz maddesinin fiziksel veya kimyasal bir özelliğini ölçen aletlerdir.

Enstrümantal analiz ölçülen özelliğe göre; spektral yöntemler, elektroanalitik yöntemler ve ayırma yöntemleri olarak adlandırılan üç kategoriye ayrılmaktadır. Spektral analiz yöntemleri, ışımının örnek tarafından absorblanan, yayılan veya saçılan miktarının ölçülmesine dayanmaktadır.

Spektrometrik yöntemler, atomik ve moleküler spektroskopiye dayanan geniş bir analitik yöntemler grubudur. Her atom, molekül veya iyonun elektromanyetik ışımayla kendine özgü bir ilişkisi bulunmaktadır ve bunların dönme, titreşim ve elektronik enerjilerindeki değişiklikler, spektroskopinin temelini oluşturmaktadır.

Eser element terimi, mg/L ya da µg/mL düzeyindeki element derişimi olarak tanımlanmaktadır. Eser element tayini terimi ise büyük miktarlardaki bileşenlerden oluşmuş bir ortam içindeki eser elementlerin tayini için kullanılmaktadır. Eser elementler, buldukları ortamlarda çok küçük derişimde oldukları için, ancak aletli analiz yöntemleri kullanılarak analiz edilebilmektedirler.

Eser elementlerin tayininde atomik absorpsiyon spektroskopisi (AAS), atomik emisyon spektroskopisi (AES), ultraviyole-görünür bölge spektroskopisi (UV-VIS) ve indüktif eşleşmeli plazma-kütle spektroskopisi (ICP-MS) gibi enstrümantal yöntemler kullanılmaktadır.

Bu yöntemlerde, aletten alete, elementten elemente, değişen birçok problem vardır. Ortam tayin için uygun olsa bile, eser analit tayinleri için alınan sinyaller, aletin salınımı içinde kaybolabilmektedir. Aletli tekniklerde kullanılan kalibrasyon standartları, mümkün olduğunca örneğin fiziksel ve kimyasal özelliklerine uygun hazırlanmalıdır (Kızıl, 2010).

## **1.6. MP-AES (Mikrodalga Plazmalı Atomik Emisyon Spektroskopisi)**

Agilent 4100 MP-AES emniyetli ve düşük maliyetli bir yöntem olup, ppb seviyelerine kadar algılama gücüne sahiptir. Manyetik olarak harekete geçirilen mikrodalga plazma kaynağı yüksek hassasiyet, geniş lineer dinamik aralık, düşük tespit limitleri ve alevli atomik absorpsiyon metodundan daha üstün bir analiz hızı sağlamaktadır. İşlem maliyetlerini oldukça azaltmakta, yanıcı ve pahalı gazların kullanımını ortadan kaldırmaktadır. Böylece laboratuvara birden fazla gazın sokulmasına ve gaz silindirlerini taşımaya gerek kalmamaktadır. Havadan aldığı azot ile

de çalışabilmektedir. Gıda, tarım, tekstil, madencilik sanayilerine yönelik analizlerde kullanılmaktadır.

Cihazın verimli çalışmasını sağlayacak güç ve gaz akışı, yüksek duyarlılık ve hassasiyeti sağlamak için tek parçalı standart kuvars ateşleyiciden optimize edilmiştir. Ateşleyici, otomatik olarak gaz bağlantısını yapmaktadır.

Gaz kontrolünü sağlamak amacıyla, otomatik olarak akışı düzenleyen ve uygun hale getiren bilgisayar kontrollü selenoid vanalar kullanılmıştır. Kullanılan selenoid vanalar çalışma kolaylığı için plazma gazını 20 L/dk ve yardımcı gazı da 1,5 L/dk olarak sabitlemektedir. Nebulizatör gaz akışı bilgisayar kontrollü olup yüksek hassasiyetli basınç (80-240 kPa) kontrolü kullanılarak 0,4-1,0 L/dk nominal akış aralığı sağlamaktadır.

Çalışma kolaylığı açısından plazmanın gücü 1 kW olarak sabitlenmiştir. Plazma jeneratörü hava soğutmalı olduğu için soğuk suya ihtiyaç duymamaktadır. Bilgisayar kontrollü plazma ateşleyiciler anlık yardımcı argonun ateşlenmesi için kullanılmaktadır. Plazma ilk çalışma sırasında rutin işlemler için otomatik olarak azota geçmektedir.

En iyi tespit limitleri ve optimum duyarlılık için plazma dikey olarak yönlendirilmiştir. Bilgisayar kontrollü plazma her bir dalga boyu için optimize olabilen konumları göstermektedir.

Enstrüman kilitleri; cihazın zarar görmesini engellemek ve kritik malzemeleri korumak için kullanılmaktadır.

Yüksek ayrışmalı optik sistem, hızlı tarama ve hızlı ölçüm için tasarlanmıştır. Czerny-Turner tasarımlı monokromatör ile 600 mm merkez uzunluk ve birleştirme girişi dar aralığı çalışmayı kolaylaştırmak için üretilmiştir. 2400 satır/mm holografik kırınım ızgarası 250 nm'de optimum UV performansı içindir. Dalga boyları 178-780 nm arasında değişen metallerin tayini yapılabilmektedir.

Hava geçirmez, UV duyarlı, inceltilmiş katı hal CCD dedektörü (532x128 piksel) % 90 verimli yüksek duyarlılıkta ve az ışık tüketimi ile tasarlanmıştır. Direkt olarak düşük karanlık bir akım ve indirgenmiş temel gürültü için termoelektrik Peltier cihazı kullanılarak 0 °C'ye kadar soğutulmaktadır. Yüksek dinamik sıralaması ve ışık mukavemeti esnek ölçüme olanak sağlamaktadır.

Güç kapatıldığı zaman, güç tüketimi ve gaz beklemesi olmamaktadır.

Çalışma prensibi İndüktif Eşleşmiş Plazma Atomik Emisyon Spektroskopisi (ICP-AES) ile hemen hemen aynı olup, MP-AES cihazının tek farkı numunenin yanma ünitesine taşınması sırasında havadan alınan azotun kullanılmasıdır. Argon gazı sadece yakma işlemi sırasında kullanılmaktadır (Agilent Technology).

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Aslan (2011), toksikolojik etkilerinden dolayı birçok kullanım eşyasında bulunmasına sınırlama getirilen Cd, Co, Cr, Cu, Zn, Pb ve Ni gibi ağır metallerin eldivenlik mamul derilerdeki miktarlarını belirlemiştir. Araştırmada öncelikle metallerin yaş yakma işlemi ile toplam ağır metal içeriklerini, daha sonra derilerin kullanımı sırasında tere veya suya maruz kalmasıyla açığa çıkan ağır metal içeriklerini ICP-OES aracılığıyla belirlemiştir. Mamul derilerde saptanan ağır metal içeriklerinin, özellikle de yüksek krom içeriğinin, üretimde kullanılan kimyasal maddelerden kaynaklanabileceğini ileri sürmüştür. Ayrıca boyama ve finisaj prosesleri esnasındaki kimyasal ve fiziksel reaksiyonlardan dolayı küçük miktarlarda ortaya çıkan Cd, Co, Cu, Zn, Pb ve Ni elementlerini tespit etmiştir. Son olarak da, belirlemiş olduğu ağır metal içeriklerini, deri ürünler için verilen limit değerler ile kıyaslamıştır.

Yapılan analizlerde bulunan ağır metal içerikleri Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Eldivenlik mamul derilerdeki ağır metal içerikleri

	Ağır Metal İçerikleri (ppm)		
	Suda Ekstraksiyon	Ter Çözeltisinde Ekstraksiyon	Toplam (Yaş Yakma Metodu)
Cd	0,02±0,02	0,07±0,20	0,29±0,23
Co	0,11±0,06	0,34±0,21	1,13±1,02
Cr	34,25±22,98	53,36±41,43	22105±3031,23
Cu	2,01±1,65	3,69±1,93	83,46±20,94
Zn	2,99±1,03	4,63±1,66	33,45±10,12
Pb	0,08±0,67	0,98±0,96	11,42±3,68
Ni	0,24±0,30	0,30±0,32	3,97±2,23

Yapılan çalışmada eldivenlik mamul ürünlerde en fazla ekstrakte edilen metalin krom olduğunu belirlemiştir. Kullanım ömrünü tamamlayan eldivenlik deri ürünlerin ekstrakte olabilen miktarlarını hemen hemen limit değerlerin aşağısında tespit etmesine rağmen, toplam ağır metal içeriklerini limitlerin üzerinde bulmuştur. Bundan dolayı bu ürünlerin çevreye atılmasının veya depone alanlarda biriktirilmesinin ekosistem için büyük tehlike oluşturabileceğini, bunun yerine bu ürünlerin geri kazanılarak tekrar değerlendirilme yoluna gidilmesi gerektiğini ifade etmiştir.

Aydın (2008), Türkiye'deki yün numuneleri içerisindeki elementlerin (Co, Ni, Zn, Cu, Mn, Cd, Pb, Cr, Fe, Na, K, Ca, Mg) miktarlarını belirlemiştir. Yün örneklerindeki metallerin tayini için kuru yakma, yaş yakma ve mikrodalga ile yakma prosedürlerini ICP-OES ve FAAS aracılığıyla karşılaştırmıştır. Co, Cu, Mn, Cd, Pb, Cr, Zn ve Fe değerlerini ppm cinsinden, Na, K, Ca ve Mg değerlerini de % olarak bulmuştur.

Çizelge 2.2. Yün örneklerindeki toplam element miktarları

	µg/g (ppm)								%			
	Co	Cu	Mn	Cd	Pb	Cr	Zn	Fe	Na	K	Ca	Mg
min.	1,22	2,45	0,44	0,08	1,33	0,33	73,94	119,04	0,31	0,05	0,50	0,11
max.	1,54	3,64	0,65	0,30	1,74	1,25	87,08	182,52	0,37	0,06	0,66	0,12

Nikel konsantrasyonunun sınır değerlerin altında kaldığını belirtmiştir. Mikrodalga metodu ile diğer sonuçların doğruluğunu onaylamak için sertifikalı referans madde CRM 397, insan saçı ve Tomato Leave 1573a referans maddelerini kullanmıştır. Sonuç olarak yün örneklerinde FAAS ve ICP-OES ile mikrodalga yakma yöntemi kullanılarak elementlerin başarılı bir şekilde tayinini gerçekleştirmiştir. Kuru ve yaş yakma yöntemlerinin, mikrodalga yöntemine göre daha karmaşık, zaman alıcı ve daha düşük verimli olduğunu belirtmiştir.

Brushwood ve ark. (1994), hasat mevsiminde çeşitli yetiştirme alanlarından toplanan farklı pamuklardaki K, Mg, Ca, Na, Fe, Cu, Mn, Zn, Pb ve Cd içeriklerini AAS ile analiz etmişlerdir. Pamuk örneklerindeki metal içeriklerinin yıl ve yetiştirme alanlarına bağlı olarak önemli ölçüde değişiklikler gösterdiğini tespit etmişlerdir. Alınan pamuk örneklerinde büyük oranda K (2000-6500 ppm) ve sırasıyla, Mg ve Ca (400-1200 ppm), Na (100-300 ppm), Fe ve Zn (20-90 ppm), Mn ve Cu (1-10 ppm)



bulmuşlardır. Pb 2 ppm ve Cd 0,5 ppm olarak belirlemişler ve bu değerlerin hassasiyet limitinin altında olduğunu saptamışlardır.

Matosa ve ark. (2012), poliamid hammadde ve poliamid spor tekstil ürünlerinde kirletici inorganik maddelerin (Sb, Pb, Cd, Cr, Co, Cu, Ni, Hg) belirlenmesi için çeşitli analizler yapmışlardır. Öncelikle poliamid hammadde kapalı kapta yakma yöntemi ile yakılmış daha sonra ICP-OES ile analizleri gerçekleştirilmiştir. Hammaddede geri kazanım oranı % 94,4-105,7 ile bağlı standart sapma (RSD) % 0,5-2,2 bulunmuştur. Bulunan sonuçları sertifikalı referans maddeler ile (ERM-BCR680 ve ERM-BCR681) değerlendirmişlerdir. Kalıntı asit (HNO<sub>3</sub>) yaklaşık % 4 (w/w) ve miktar sınırları 0,1-6,6 mg/kg olarak gözlemlenmiştir. Bu işlemler önce poliamid hammadde ardından poliamid spor tekstil ürünleri için uygulanmıştır. 100 katlık seyreltme faktörü dikkate alınarak elde edilen sınır değerlerin 0,1-6,6 mg/kg arasında olduğu görülmüştür. Kapalı yakma sisteminde inorganik kirletici olarak krom tespit edilmiştir. Sentetik ter çözeltisinde krom transferi maksimum pH 8,0 de % 0,3 olarak görülmüştür. Kromun asit çözeltisi kullanılarak elde edilen ekstrakte içeriği Oeka-Tex standart 100 tarafından önerilen sınır değerlerden daha düşük bulunmuştur.

Menezes ve ark. (2010), tekstil örneklerinde mikrodalga destekli kavite fırın ve yapay ter çözeltisi ile ekstrakte edilmiş Al, Ba, Ca, Cr, Cu, Fe, Ni, P, Zn, Cd ve Pb içeriklerini tespit etmişlerdir. Bu metotta ICP-OES analiz yöntemini kullanmışlardır. Ancak Cd ve Pb duyarlılığını artırmak için termosprey alev fırın atomik absorpsiyon spektrometresini (TS-FF-AAS) kullanmışlardır. Coğrafi köken ve renk farkıyla ilgili örnekleri karakterize etmek için Temel Bileşenler Analizi (PCA) veri setleri uygulamışlardır. Brezilya'dan toplanan tek renkli tekstil ürünleri, mavi-yeşil ve diğer tüm malzemeler diye PCA ile sınıflandırılmıştır. Coğrafi kökenli çalışma Brezilya ve Çin arasında net bir ayrımın olduğunu ortaya koymuştur. Ter çözeltisi ile ekstrakte edilen metal miktarları Tekstil Uluslararası Test ve Bilgilendirme Sistemi ve Öko Tex 100 standardı tarafından belirlenen limitlerin altında gözlenmiştir. Mikrodalga yakma metodunda Ca için 3,0-25 mg/kg ve diğer bütün analitler için 0,3-7,0 mg/kg'lık ekleme ile geri kazanım oranının % 85-112 arasında olduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak Brezilya ve Çin kökenli tekstil örneklerinin analizinde analit içeriği farklılık göstermiştir. Çin örneklerinde Al, Ba, Ca, Fe, P karakterize edilmiş ancak yapay ter çözeltisinde Cu ve Zn daha fazla, Brezilya örneklerinde ise toplam sindirim

prosesinde Cu ve Cr karakterize edilmiş; Cr, Fe, Ba, Ca ve P ise yapay ter çözeltilisinde daha fazla ekstrakte edilmiştir. Bu çalışmada yeşil ve mavi kumaşlarda Cr, Cu ve Ni konsantrasyonları yüksek bulunmuştur. Bütün elementler için ekstrakte edilen toplam değerler Öko Tex Standart 100 tarafından verilen sınır değerlerden daha düşük bulunmuştur.

Pranaityte ve ark. (2008), metallerin ekstraksiyon performansını tespit etmek için karıştırma hızı, ekstraksiyon süresi ve özümleme-örnek kütle oranının etkisi gibi parametreler ile ilgili araştırmalar yapmıştır. Bu çalışmada 4 farklı tekstil örneğindeki Cd, Cr, Cu, Ni ve Pb içerikleri belirlenmiştir. Çalışma vücut sıcaklığında gerçekleştirilmiş, ekstraksiyon maddesi olarak suni mide suyu (sulu 0,07 M HCl) kullanılmıştır. 4 farklı tekstil ürününden 0,2 g alınarak 10 mL suni mide suyu içerisinde 60 dk boyunca ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuştur. Çalışılan analitlerin dedeksiyon limitleri Pb  $0,5 \times 10^{-11}$  g/g ve Cd  $8,5 \times 10^{-11}$  g/g'dır. Cr, Cu, Ni ve Pb için ekstrakte edilebilir fraksiyonlar sertifikalı referans madde (IAEA-V-9) ile karşılaştırılmış, Ni ve Cr için yaklaşık olarak % 15-25 arasında değişirken, Cu ve Pb içeriği % 60 oranında ekstrakte edildiği gözlemlenmiştir. Yapılan analiz sonucunda kadmiyum içeriğinin sınır değerinin altında olduğu görülmüştür.

Pranaityle ve ark. (2007), asit destekli mikrodalga yakma yöntemiyle 300 °C'de 28 dk boyunca yakılan örnekleri daha sonra ICP-MS ile analiz etmişler ve tekstil ürünlerindeki eser elementlerin (Cd, Cr, Cu, Ni ve Pb) miktarlarını tayin etmişlerdir. Çalışılan analitlerin saptanmasındaki dedeksiyon limitleri  $^{208}\text{Pb}$  için  $0,5 \times 10^{-11}$  g/g ve  $^{110}\text{Cd}$  için  $8,5 \times 10^{-11}$  g/g'dır. Bu yöntem dört doküma örneğinde standart ekleme metodu kullanılarak Cd, Cr, Cu, Ni ve Pb değerlerini belirlemek için uygulanmıştır. Önerilen metodun doğruluğu sertifikalı referans maddeye karşı kontrol edilmiştir. Ölçülen konsantrasyonlar ile sertifika değerleri arasında bir uyum gözlenmiştir.

Nitrik asit bu deneyde tek başına parçalama maddesi olarak kullanılmıştır. 100-1000 W arası güçle (enerjili) mikrodalgada 1-10 mL HNO<sub>3</sub> ile 0,1-1,0 g arasında örnek 5-50 dk boyunca parçalanmış ve sertifikalı referans madde (IAEA-V-9) ile optimize edilmiştir. Tekstil numuneleri tam olarak 0,300-0,500 g arasında 5-6 mL %65'lik HNO<sub>3</sub> ile 28 dk boyunca 300 °C'de yakılmıştır. Bunun için 5 adet çalışma programı seçilmiştir. Bunlar sırasıyla 6, 4, 4, 4 ve 10 dk için 400, 600, 700, 800 ve 900 W'luk

enerji seviyeleridir. Parçalanmış örnekler süzülerek saf su ile 100 mL'ye tamamlanmış ve ICP-MS ile okuma yapılmıştır.

Sonuç olarak Çin tekstil endüstrisinde işlenmiş 4 adet tekstil ürününde Cd, Cr, Cu, Ni ve Pb konsantrasyonları tespit edilmiştir. Bütün ölçümler çoklu standart ekleme metodu ile yapılmış ve değerler %95 güven aralığında tespit edilmiştir. Referans maddedeki kadmiyum konsantrasyonu limit değerlerin altında bulunmuştur.

Rezic ve ark. (2011), bu çalışmada mikrodalga parçalanma sonrası tekstil materyallerinde 28 elementin (Al, As, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Hg, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Sc, Si, Se, Sn, Sm, Sr, Tl, V ve Zn) tayinini yapmışlardır. Tekstil numuneleri içinde bulunan elementlerin miktarları 7 M nitrik asit ile mikrodalgada yakma işlemiyle belirlenmiştir. Çalışma programı 5 dk 150 °C'de, 15 dk 180 °C'de ve maksimum sıcaklık olarak 200 °C'de 20 dk olarak uygulanmıştır. Sonuçlar IAEA-V-9 referans maddesi ile doğrulanmış, birkaç parametre ile optimize edilen ICP-OES metodu optimum seçiciliğin kontrolü için nebulayzır gaz akışı 0,6-1,0 L/min, örnek akışı 0,8-1,2 L/min, enerji aralığı 1200-1400 W, okuma süresi 0-527 s, yıkama süresi 0-408 s koşullarında Meinhard ve Gemcone Low Flow nebulayzırları karşılaştırılmıştır. Gemcone Low Flow'un daha etkili olduğu görülmüştür.

Seçilen 28 elementle ilgili doğruluk, seçicilik, doğruluk, tekrarlanabilirlik, hassasiyet ve dedeksiyon limitleri hesaplanmıştır. Geliştirilen analitik yöntem başarıyla tekstil lifleri (pamuk, keten ve kenevir) ve standart örme tekstil malzemeleri (pamuk ve yün) üzerine başarıyla uygulanmıştır.

Rezic ve ark. (2007), pamuk, keten, yün, ipek, viskon ve polyester gibi 16 farklı tekstil ürünlerini ekstrakte ettikten sonra, metal içeriklerini ICP-OES ile belirlemişlerdir. Ter çözeltisindeki sonuçları (minimum-maksimum µg/mL) Al 0,11-1,58, Cd 0,02-0,05, Cr 0,01-0,32, Cu 0,05-1,95, Mn 0,01-2,17, Ni 0,05-0,10 olarak saptamışlardır. Diğer elementlerin konsantrasyonları saptama limitlerinin altında kalmıştır. Daha sonra 7 M nitrik asit ile mikrodalga yakma yöntemi kullanılarak mevcut metallerin toplam miktarları belirlenmiştir. Özellikle Zn ve Cd pamuk ve polyester örneklerde; Cr keten, ipek ve polyester örneklerde; Cu ipek ve polyester örneklerde; As ise ipek örneklerde belirtilen sınır değerlerin üzerinde tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre tespit edilen elementlerin çoğunluğu Öko Tex tarafından verilen sınır

değerlerin altında bulunmuş olup incelenen tekstil malzemelerinin tüketici sağlığı açısından bir tehlike oluşturmayacağı belirtilmiştir.

Tüzen ve ark. (2008), Tokat iline özgü tekstil ürünlerini önce mikrodalga parçalama yöntemi ile yakmış ve daha sonra alev veya grafit fırın atomik absorpsiyon spektrometresinde ağır metal konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Tekstil numunelerin analizi sonrasında iz metallerin konsantrasyonlarını sırasıyla Cu 0,76-341 µg/g, Cd 0,10-0,25 µg/g, Zn 0,63-4,84 µg/g, Mn 1,02-2,50 µg/g, Fe 3,55-34,3 µg/g ve Ni 1,20-4,69 µg/g olarak bulmuşlardır. Analiz sonrasında Cu ve Cd içeriklerinin Öko-Text tarafından verilen sınır değerlerden yüksek olduğunu ifade etmişlerdir.

Zeiner ve ark (2007), tekstil materyallerindeki ağır metallerin belirlenmesi için çeşitli analitik uygulamalar yapmışlardır. Bu araştırmada TLC, UV-VIS, GF-AAS, ICP-OES ve ICP-MS yöntemlerinin avantajlarını ve dezavantajlarını karşılaştırmışlardır.

İnce tabaka kromatografisi yönteminin en büyük avantajının, ayrı ve eş zamanlı numune içinde ya da üzerinde mevcut olan metal bileşenlerin sayısını belirleme yeteneği olduğunu belirtmişlerdir. Düşük numune miktarı ve düşük miktarda kimyasal reaktifler gerektirdiği için bu yöntemin hem ekonomik hem de ekolojik açıdan avantajlı olduğunu savunmuşlardır. Bu yöntemin dezavantajının ise bazı metallerin tekrarlanabilirliğinin zayıf ve saptama sınırının yüksek olması olduğunu ileri sürmüşlerdir.

UV-VIS spektroskopisi yöntemin avantajlarını; geniş uygulanabilirlik alanı, yüksek hassasiyet (mg/L), yüksek seçicilik, basit ve hızlı otomatik yöntem olması şeklinde sıralamışlardır. Dikkate alınması gereken dezavantajlarını ise; UV-VIS ile belirlenebilecek renkli kompleks hazırlamanın zaman alıcı olması (pH değeri, özel ekstraksiyon işlemleri ayarlama, komplekslerine bağlama) ve numunedeki diğer renkli maddelerle karışmaları olarak belirtmişlerdir.

Atomik absorpsiyon spektrometresi (AAS) yönteminin avantajının çok düşük konsantrasyonlarda kütle elemanlarının belirlenmesine olanak sağlaması olduğunu, beklenen kütle konsantrasyon aralığının numune miktarına bağlı olarak alev AAS (FAAS) veya grafit fırın AAS (GFAAS) ile de yapılabileceğini, FAAS'nin yüksek hacimli örnekler için, GFAAS'nin ise daha düşük hacimli numuneler için kullanılabileceğini, bu nedenle GFAAS FAAS'a göre daha düşük algılama sınırları sağlayacağını belirtmişlerdir. Ayrıca, AAS'nin çok düşük kütle konsantrasyonlarında

insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler sergileyen Cd, Cr, As ve Pb gibi elementlerin izlenmesi için uygun olacağını, TLC ve UV-VIS aksine tam otomatik bir yöntem olduğu için daha az emek gerektireceğini eklemişlerdir. GFAAS'ın dezavantajının ise, örnek başına uzun analiz süresi olduğunu (3-4 örnek iim 10-15 dk) ileri sürmüşlerdir.

İndüktif eşleşmiş plazmaya (ICP) bağlı optik emisyon spektrometresi (OES) yönteminin avantajlarını; birden fazla elementin hem eş zamanlı hem de ardışık analizinin mümkün olması, ölçülebilir unsur sayısının yüksek ve kalibrasyon fonksiyonunun geniş bir aralığa yayılmış olması şeklinde belirtmişlerdir. En büyük dezavantajının ise yüksek argon tüketimi olduğunu vurgulamışlardır. Bu yöntemin pamuk, keten, yn, ipek, viskon ve polyester gibi çeşitli tekstil örneklerinin inorganik bileşimlerini tespit etmek amacıyla kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

ICP-MS yönteminin avantajlarını; çok düşük konsantrasyonlarda yüksek algılama sınırı (ppt veya ppq), eş zamanlı çoklu element analizi, geniş dinamik aralığı ve izotop bileşimlerinin belirlenmesi olarak, en büyük dezavantajını ise, ICP-OES'te olduğu gibi yüksek argon tüketimi olarak belirtmişlerdir.

Sonuç olarak, numunelerin analizinde en iyi sonuca genellikle farklı metotları birleştirerek ulaşılabileceğini belirtmişlerdir. Basit ve hızlı ince tabaka kromatografisinin ICP-OES veya GF-AAS ölçümlerinden önce, basit bir tarama yöntemi olarak kullanılabileceğini, ilk aşamada metallerin kalitatif olarak belirlenmesi gerektiğini ve konsantrasyon aralıkları tahmin edildikten sonra, tam bir miktar tayini için uygulanacak yöntemin seçilmesi gerektiğine değinmişlerdir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Tekstil Örneklerinin Alınması

Bu çalışmada incelenen kumaş örnekleri, tekstil sanayilerinin yoğun olduğu bölgelerdeki (Gaziantep-Kahramanmaraş) işletmelerden toplanmıştır. Bu bölgedeki 4 işletmeden, 8-12 farklı renkte, 6 farklı türde (pamuk, akrilik, polyester, naylon, polipropilen ve viskon) iplik ve kumaş numuneleri alınmıştır.

#### 3.2. Tekstil Ürünlerinin Analizlerinde Kullanılan Kimyasallar

Tekstil ürünlerinin analizleri sırasında kullanılan kimyasallar Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Tekstil ürünlerinin analizlerinde kullanılan kimyasallar

<b>Kimyasal adı</b>	<b>Üretici Firma</b>	<b>Katalog No</b>
Nitrik asit	Merck	100443
Perklorik asit	Merck	100518
Sodyum klorür	Merck	106404
Laktik asit	Merck	100366
Amonyum klorür	BDH	27149
Sodyum hidroksit	Merck	106498
Asetik asit	Merck	100063
Multi element IV standartı	Merck	111355

### 3.3. Tekstil Ürünlerinin Analizlerinde Kullanılan Çözeltiler

Tekstil ürünlerinin analizleri sırasında kullanılan çözeltiler aşağıdaki Çizelge 3.2.'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Tekstil ürünlerinin analizlerinde kullanılan çözeltiler

Tekstil Ürünlerinin Analizlerinde Kullanılan Çözeltiler
<u>ISO 3160/2 Yapay Ter Çözeltisi</u> : 20 g sodyum klorür, 17,5 g amonyum klorür, 5 g asetik asit, 15 g laktik asit alınmış, son hacim 1 litre olacak şekilde saf su ile tamamlanmış ve sodyum hidroksit ile pH değeri 4,7'ye ayarlanmıştır.
<u>7 M Nitrik Asit Çözeltisi</u> : Yoğunluğu 1,39 gr/mL olan % 65'lik nitrik asitten 488 mL alınmış ve saf su ile son hacim bir litreye tamamlanmıştır.

### 3.4. Tekstil Ürünlerinin Analizlerinde Kullanılan Cihazlar

Tekstil ürünlerinin analizleri sırasında kullanılan cihazlar Çizelge 3.3.'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Tekstil ürünlerinin analizlerinde kullanılan cihazlar

Cihaz Adı	Marka	Model
MP-AES	Agilent	4100
Mikrodalga Fırın	Mars	Mars Xpress
Saf Su Cihazı	PureLab	LA 621
Hassas Terazi	Kern	PLJ 600-3NM
Hassas Terazi	And	200GR
Etüv	Nüve	FN 500
Santrifüj	Hettich Zentrifügen	RotoFix 32 A
Çalkalama Cihazı	Edmund Bühler	TYP KS-15 A

### **3.5. Tekstil Ürünlerinin Analize Hazır Hale Getirilmesi**

#### **3.5.1. Kurutma İşlemi**

Analiz öncesinde kumaş ve ip örnekleri, etüvde 48 saat süreyle 60 °C'de kurutulmuştur. Daha sonra belli miktarlarda tartılarak analize hazır hale getirilmiştir.

#### **3.5.2. Direk Asit İle Çözünürleştirme Yapılarak Örneklerin Hazırlanması**

Kumaş örnekleri makas kullanılarak, mümkün olan en küçük tanecik boyutuna sahip oluncaya kadar kesilmiştir. Daha sonra hassas teraziyle 1 gr tartılıp üzerlerine 1:5 oranında 10 mL asit karışımı ( $H_2O_2:HNO_3$ ) ilave edilip yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Yakılan kumaş örnekleri mavi bant filtre kağıdından süzildikten son hacim 25 mL olacak şekilde seyreltme işlemi yapılmıştır. Konsantrasyonları yüksek çıkan metaller için uygun seyreltme işlemleri yapılarak MP-AES cihazıyla ağır metal içerikleri belirlenmiştir.

#### **3.5.3. Yapay Ter Çözeltisi Kullanılarak Örneklerin Hazırlanması**

Makas yardımıyla ufak parçalara bölünen örneklerden 0,5 gr tartılarak üzerlerine 40 ml yapay ter çözeltisi ilave edilmiş ve 24 saat süreyle horizontal çalkalayıcıda 200 dv/dk'da çalkalanmıştır. Daha sonra örnekler mavi bant süzgeç kağıdından süzülüş ve 40 mL son hacimli örnek çözeltileri MP-AES cihazı aracılığıyla ağır metal içerikleri belirlenmiştir.

#### **3.5.4. Kalibrasyon Doğrularının Oluşturulması**

Derişimi bilinen multi element standartından 1-5 ppm arasındaki derişimlerde % 5-10 nitrik asit içerikli standart çözeltiler hazırlanmıştır. Hazırlanan standart çözeltilerin farklı dalga boylarında MP-AES cihazı aracılığıyla duyarlılık değerleri ölçülmüş ve elde edilen değerler derişime karşı grafiğe geçirilerek kalibrasyon doğruları elde edilmiştir.

#### **3.5.5. MP-AES Analizi**

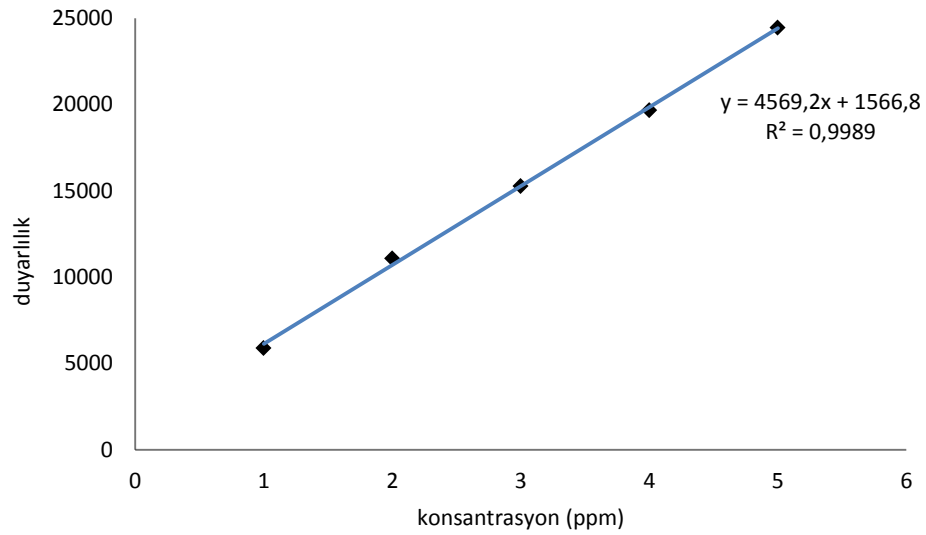


Metal içerikleri belirlenecek olan tekstil örnekleri 3 tekrarlı çalışılmıştır. Çalışma esnasında MP-AES cihazının pompa hızı 25 rpm, stabilzasyon süresi 20 s., örnek alma süresi 30 s., yıkama süresi 30 s. ve kalibrasyon kolerasyon katsayısı ( $R^2$  değeri) 0,98 olarak belirlenmiştir. Cihazın çalışma esnasında sıcaklığı 6000 °C olarak belirlenmiştir.

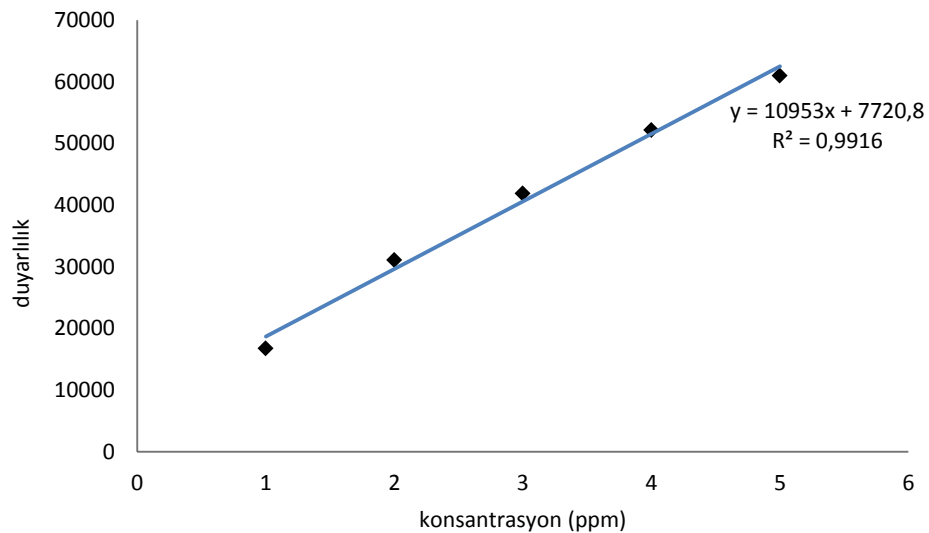
#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

##### 4.1. MP-AES Cihazına Ait Kalibrasyon Verileri

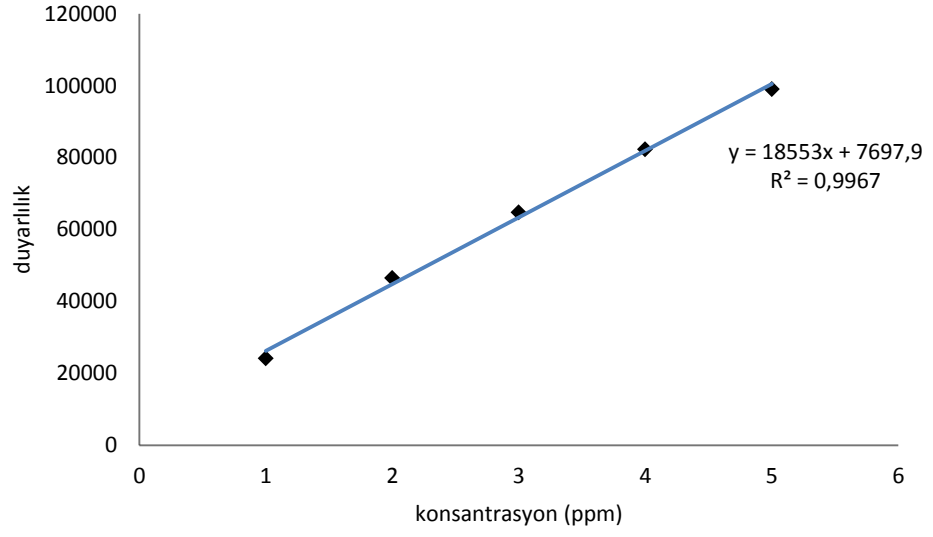
İncelenen her bir ağır metal için elde edilen kalibrasyon doğruları Şekil 4.1 – 4.11’de gösterilmiştir.



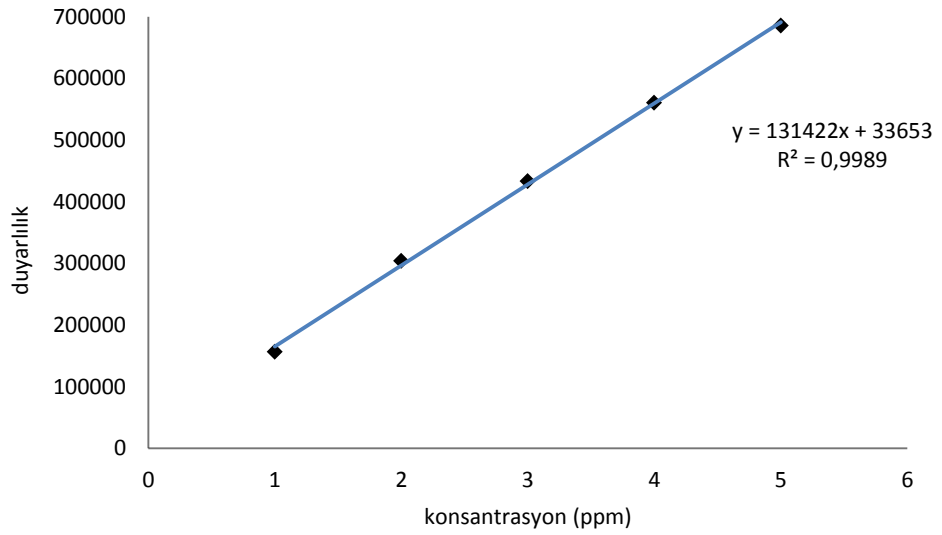
Şekil 4.1. Fe (259,940 nm'de) kalibrasyon grafiği



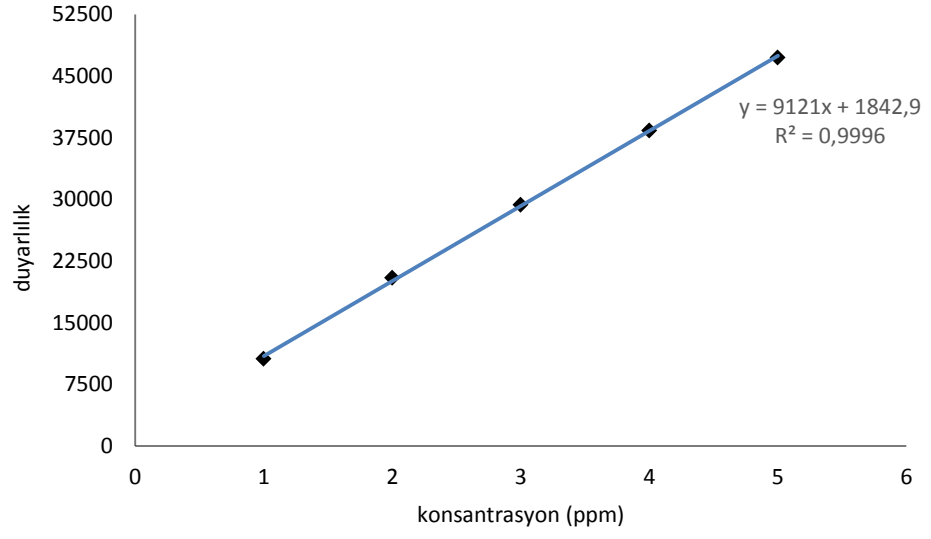
Şekil 4.2. Zn (213,857 nm'de) kalibrasyon grafiği



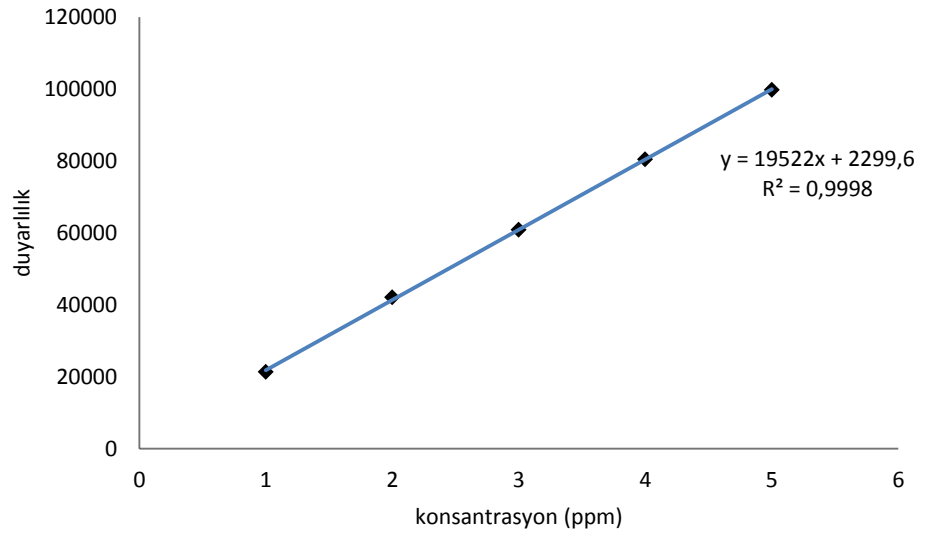
Şekil 4.3. Cd (228,802 nm'de) kalibrasyon grafiği



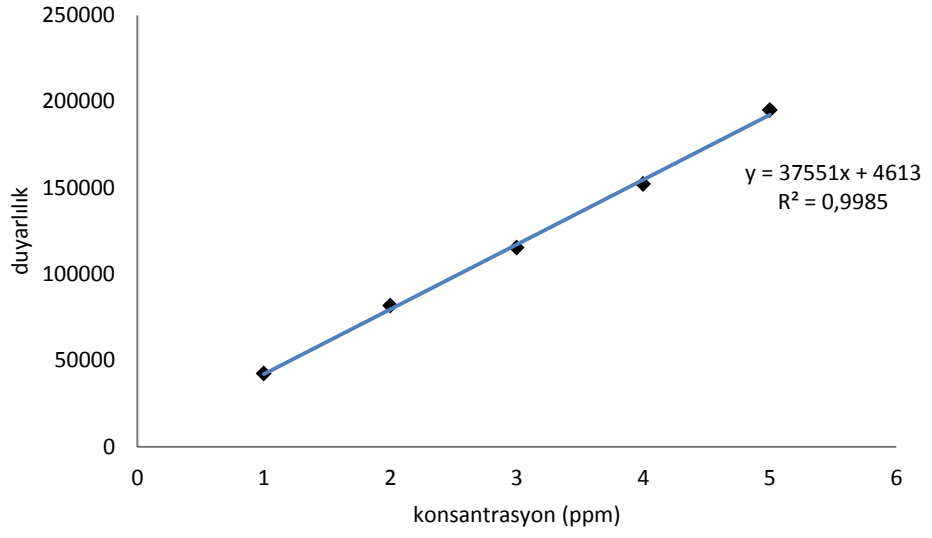
Şekil 4.4. Cu (324,754 nm'de) kalibrasyon grafiği



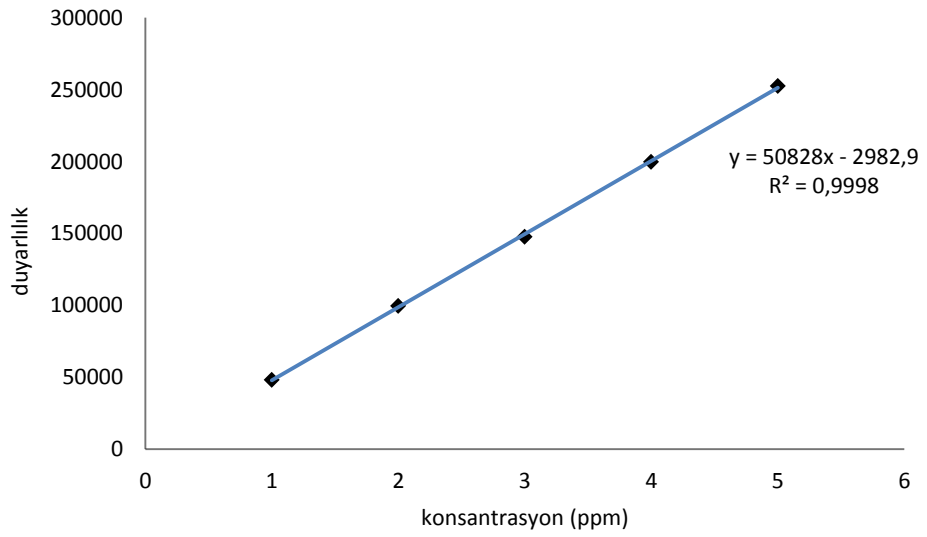
Şekil 4.5. Co (340,512 nm'de) kalibrasyon grafiği



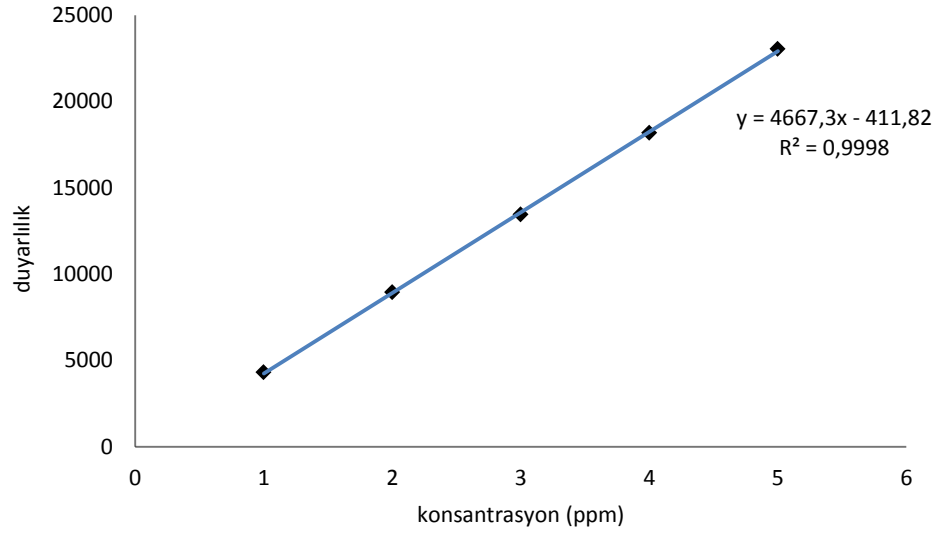
Şekil 4.6. Ni (352,454 nm'de) kalibrasyon grafiği



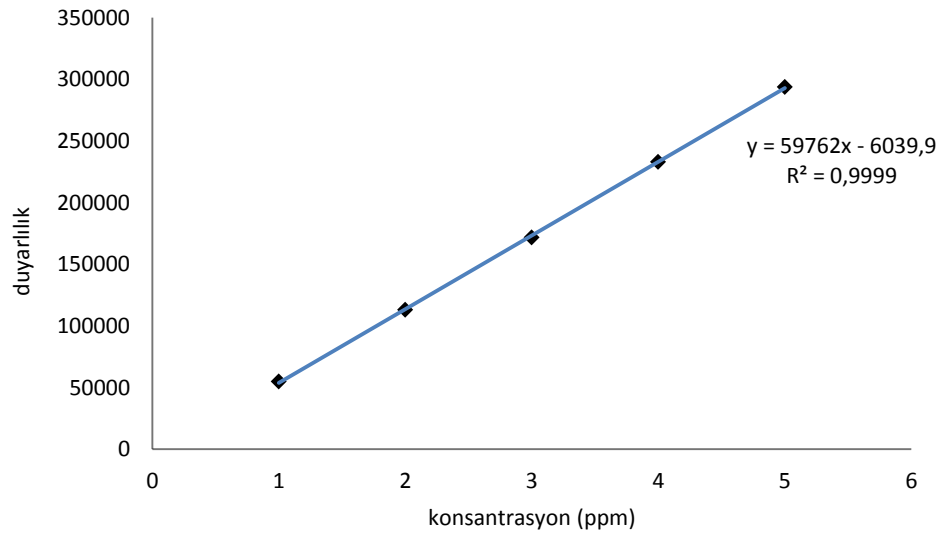
Şekil 4.7. Al (396,152 nm'de) kalibrasyon grafiği



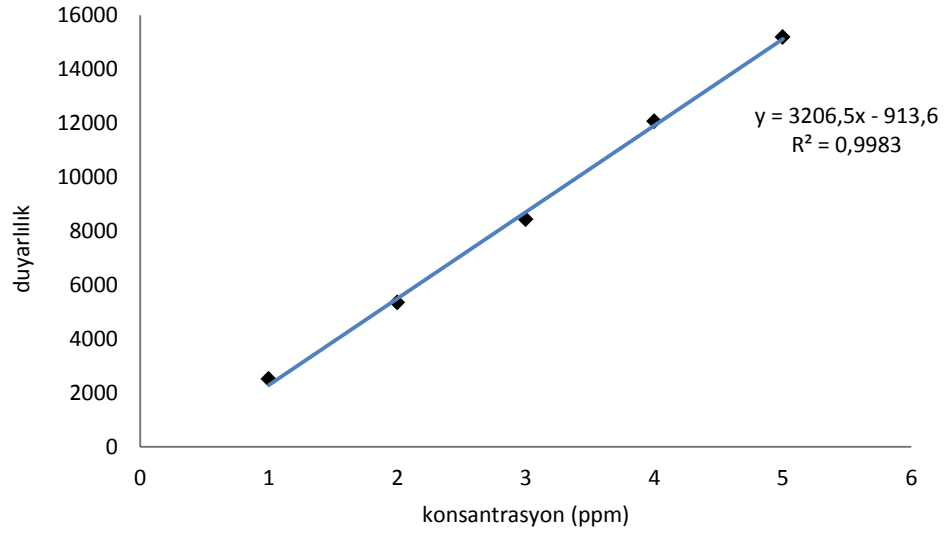
Şekil 4.8. Mn (403,076 nm'de) kalibrasyon grafiği



Şekil 4.9. Pb (405,781 nm'de) kalibrasyon grafiği



Şekil 4.10. Cr (425,433 nm'de) kalibrasyon grafiği



Şekil 4.11. T1 (535.046 nm'de) kalibrasyon grafiği

#### 4.2. Gözlenebilme Sınırı (Limit of Detection, LOD)

Analit sinyalinin geri plan görüntüden ayrılabilmesi için gereken en az analit miktarıdır. Bir dizi kör ölçümünün ortalamasının üç standart sapma fazlasıdır (Güngör, 2008). Diğer bir deyişle LOD, makul bir kararlılıkla ölçülebilen en düşük içeriktir. Tipik olarak S/N (sinyal/gürültü)'nün 3 katıdır. Gürültünün standart sapmasına dayanır (Anonim, 2015). Değişik şekillerde hesaplanabilmektedir.

1) Kör ölçümlerinin ortalaması ile kör ölçümlerinin standart sapmasının 3 katının toplamına eşittir.

$$LOD = X_{kör} + 3 S_{kör}$$

$X_{kör}$  = 'kör' ölçümlerinin ortalaması

$S_{kör}$  = 'kör' ölçümlerinin standart sapması

2) Kör ölçümlerinin standart sapmasının kalibrasyon doğrusunun eğimine oranının 3 katına eşittir.

$$LOD = \frac{k \cdot S_{\text{şahit}}}{m} \quad k = \sim 3$$

$S_{\text{şahit}}$  = kör standart sapma

m = doğrunun eğimi

3) Analizi yapılan her bir ağır metal için oluşturulan doğru denkleminde n'nin m (eğim)'ye bölümüne eşittir.

Doğru denklemi  $y = mx + n$

$$LOD = \frac{n}{m}$$

İncelenen her bir ağır metal için elde edilen kalibrasyon doğrularının denklemlerinden yararlanılarak LOD değerleri hesaplanmış ve Çizelge 4.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Çeşitli ağır metaller ve LOD değerleri

Çeşitli Ağır Metallerin LOD Değerleri (ppm)											
Ağır metaller	Fe	Zn	Cd	Cu	Co	Ni	Al	Mn	Pb	Cr	Tl
LOD değerleri	0,34	0,70	0,41	0,27	0,20	0,12	0,12	0,06	0,09	0,10	0,28

### 4.3. Direk Asit İle Çözünürleştirme Yapılarak Hazırlanan Örneklerle Ait Ağır Metal İçerikleri

Direk asit ile çözünürleştirme yapıldıktan sonra tekstil ürünlerinde saptanan ağır metal içerikleri aşağıda çizelgeler halinde verilmiştir (Çizelge 4.2 - 4.7).

Çizelge 4.2. Nitrik asit ekstraksiyonu ile pamuk tekstil ürünlerine ait metal içeriği

Ağır metaller ve konsantrasyonları (mg/kg) (n=3)									
	Tl	Cr	Pb	Mn	Al	Ni	Cu	Cd	Fe
Yeşil	-	0,931±0,058	23,24±1,44	22,37±1,39	98,01±6,08	2,82±0,17	490,85±30,5	11,96±0,74	83,01±5,13
Siyah	-	0,960±0,060	24,23±1,50	2,42±0,15	138,47±8,58	2,59±0,16	5,24±0,32	12,14±0,75	90,87±5,63
K.rengi	0,220±0,013	0,931±0,058	23,06±1,43	1,56±0,10	81,95±5,08	2,41±0,15	3,63±0,23	12,56±0,79	87,53±5,42
Mor	-	0,901±0,056	23,65±1,47	1,8±0,11	138,19±8,56	2,19±0,14	4,03±0,26	12,25±0,76	72,85±4,51
Beyaz	-	0,992±0,062	19,43±1,20	3,57±0,22	107,47±6,66	2,22±0,14	4,68±0,30	11,03±0,68	89,34±5,54
Pembe	-	0,901±0,056	24,50±1,52	1,21±0,08	75,98±4,71	2,41±0,15	4,44±0,28	12,08±0,75	67,02±4,15
Mavi	0,231±0,014	0,910±0,057	23,15±1,44	1,56±0,10	70,71±4,38	2,36±0,15	4,10±0,25	12,22±0,76	64,25±3,96
Sarı	-	0,920±0,058	24,89±1,54	2,79±0,17	124,29±7,71	0,901±0,056	4,23±0,26	11,82±0,73	972,64±60,3
Bordo	-	0,980±0,061	24,50±1,52	3,01±0,18	94,10±5,83	2,16±0,14	143,98±8,93	10,89±0,68	211,74±13,12
Lacivert	-	1,37±0,09	25,35±1,57	3,48±0,22	115,23±7,14	2,15±0,13	4,22±0,26	11,66±0,72	86,19±5,24
Bej	-	0,901±0,056	21,82±1,35	3,47±0,22	91,56±5,68	1,84±0,11	17,96±1,11	11,82±0,73	275,14±17,1



Pamuk tekstil ürünlerinde saptanan metal içerikleri incelendiğinde; demir miktarlarının en düşük  $64,25\pm 3,96$  mg/kg, en yüksek  $972\pm 60,3$  mg/kg; kadmiyum miktarlarının en düşük  $10,89\pm 0,68$  mg/kg, en yüksek  $12,56\pm 0,79$  mg/kg; bakır miktarlarının en düşük  $3,63\pm 0,23$  mg/kg, en yüksek  $490,85\pm 30,5$  mg/kg; nikel miktarlarının en düşük  $0,901\pm 0,056$  mg/kg, en yüksek  $2,82\pm 0,17$  mg/kg; mangan miktarlarının en düşük  $1,21\pm 0,08$  mg/kg, en yüksek  $22,37\pm 1,39$  mg/kg; alüminyum miktarlarının en düşük  $70,71\pm 4,38$  mg/kg, en yüksek  $138,47\pm 8,56$  mg/kg; kurşun miktarlarının en düşük  $19,43\pm 1,20$  mg/kg, en yüksek  $25,35\pm 1,57$  mg/kg; krom miktarlarının en düşük  $0,901\pm 0,056$  mg/kg, en yüksek  $1,37\pm 0,09$  mg/kg; talyum miktarlarının en düşük  $0,220\pm 0,013$  mg/kg, en yüksek  $0,231\pm 0,014$  mg/kg olduğu görülmektedir. Bu değerler literatürle karşılaştırıldığında (demir en düşük  $3,55\pm 0,20$  ve en yüksek  $17,5\pm 1,40$  mg/kg; kadmiyum en düşük  $0,12\pm 0,01$  ve en yüksek  $0,25\pm 0,02$  mg/kg; bakır en düşük  $0,76\pm 0,05$  ve en yüksek  $341\pm 21$  mg/kg; nikel en düşük  $1,20\pm 0,10$  ve en yüksek  $4,69\pm 0,30$  mg/kg; mangan en düşük  $1,02\pm 0,10$  ve en yüksek  $2,50\pm 0,20$  mg/kg) oldukça yüksek olduğu görülmektedir (Tüzen ve ark, 2008). Yapılan deneysel çalışmada pamuk tekstil ürünlerinde çinko ve kobalta rastlanmamıştır.

Akrilik tekstil ürünlerinde saptanan metal içerikleri incelendiğinde; demir miktarlarının en düşük  $57,60\pm 3,57$  mg/kg, en yüksek  $522,80\pm 32,5$  mg/kg; kadmiyum miktarlarının en düşük  $5,46\pm 0,34$  mg/kg, en yüksek  $7,01\pm 0,43$  mg/kg; bakır miktarlarının en düşük  $2,71\pm 0,17$  mg/kg, en yüksek  $5,59\pm 0,35$  mg/kg; nikel miktarlarının en düşük  $0,801\pm 0,05$  mg/kg, en yüksek  $2,18\pm 0,14$  mg/kg; alüminyum miktarlarının en düşük  $67,38\pm 4,17$  mg/kg, en yüksek  $139,52\pm 8,65$  mg/kg; mangan miktarlarının en düşük  $0,861\pm 0,051$  mg/kg, en yüksek  $3,91\pm 0,24$  mg/kg; kurşun miktarlarının en düşük  $12,46\pm 0,77$  mg/kg, en yüksek  $24,47\pm 1,52$  mg/kg; krom miktarlarının en düşük  $0,502\pm 0,03$  mg/kg ve en yüksek  $17,51\pm 1,09$  mg/kg oldukları tespit edilmiştir. Yapılan deneysel çalışma sonucunda akrilik tekstil ürünlerinde çinko, kobalt ve talyuma rastlanmamıştır.

Çizelge 4.3. Nitrik asit ekstraksiyonu ile akrilik tekstil ürünlerine ait metal içeriği

Ağır metaller ve konsantrasyonları (mg/kg) (n=3)								
	Cr	Pb	Mn	Al	Ni	Cu	Cd	Fe
Yeşil	0,730±0,045	19,99±1,24	1,13±0,07	71,51±4,43	1,67±0,10	3,34±0,21	6,78±0,42	66,06±4,10
Siyah	17,51±1,09	24,47±1,52	1,74±0,11	139,52±8,65	2,18±0,14	5,59±0,35	6,36±0,39	108,60±6,75
K.rengi	0,830±0,050	17,23±1,06	1,04±0,06	80,20±4,97	1,56±0,10	3,26±0,21	6,05±0,38	69,53±4,31
Mor	0,770±0,048	20,47±1,27	1,30±0,08	101,43±6,29	1,93±0,12	3,61±0,22	5,98±0,37	89,54±5,55
Beyaz	0,650±0,040	16,56±1,03	3,91±0,24	78,57±4,87	1,25±0,08	3,59±0,22	6,69±0,41	65,26±4,05
Pembe	0,751±0,047	20,23±1,25	1,11±0,07	85,70±5,31	1,95±0,12	3,31±0,21	5,88±0,37	70,53±4,37
Mavi	0,502±0,030	12,46±0,77	0,861±0,051	67,38±4,17	1,16±0,07	2,71±0,17	6,71±0,42	57,60±3,57
Sarı	0,750±0,047	19,59±1,22	2,02±0,13	124,16±7,70	0,801±0,050	5,13±0,32	5,64±0,35	522,80±32,5
Bordo	0,703±0,044	18,27±1,13	1,15±0,07	87,87±5,45	1,75±0,12	3,39±0,21	5,73±0,36	79,34±4,91
Kırmızı	0,681±0,042	18,84±1,17	1,60±0,10	131,54±8,16	1,39±0,09	5,04±0,31	7,01±0,43	110,24±6,83
Gri	0,681±0,042	18,52±1,15	1,23±0,08	94,67±5,87	1,71±0,11	3,41±0,21	5,46±0,34	81,60±5,06

Çizelge 4.4. Nitrik asit ekstraksiyonu ile polyeşter tekstil ürünlerine ait metal içeriği

		Ağır metaller ve konsantrasyonları (mg/kg) (n=3)								
	Tl	Cr	Pb	Mn	Al	Ni	Cu	Cd	Fe	
Yeşil	-	0,790±0,049	18,95±1,16	1,26±0,08	106,42±6,60	1,89±0,12	17,74±1,10	8,14±0,50	82,76±5,13	
Siyah	0,521±0,032	0,752±0,047	20,85±1,29	0,940±0,058	60,09±3,72	2,08±0,14	3,32±0,20	8,23±0,51	60,66±3,76	
K.rengi	0,490±0,030	0,781±0,049	19,71±1,22	1,47±0,09	61,44±3,81	1,87±0,12	3,39±0,21	8,40±0,52	67,91±4,21	
Mor	0,581±0,036	0,720±0,045	20,51±1,27	0,870±0,054	44,23±2,74	2,01±0,13	5,19±0,32	8,64±0,54	44,78±2,78	
Beyaz	0,591±0,037	0,701±0,043	18,51±1,15	0,810±0,050	63,90±3,96	1,98±0,13	3,04±0,19	8,71±0,54	57,36±3,56	
Pembe	0,402±0,025	0,720±0,045	19,50±1,21	0,870±0,054	59,69±3,70	1,87±0,12	3,09±0,19	8,60±0,54	54,22±3,36	
Bordo	0,150±0,010	0,830±0,051	20,48±1,27	1,14±0,07	67,42±4,18	1,89±0,12	3,49±0,22	8,37±0,52	76,64±4,75	
Kırmızı	0,450±0,028	0,891±0,055	19,59±1,22	0,891±0,055	87,11±5,40	2,65±0,16	3,64±0,23	8,26±0,51	95,10±5,90	
Gri	-	0,801±0,050	21,37±1,32	1,18±0,07	87,51±5,43	2,1±0,13	4,06±0,25	8,36±0,52	78,60±4,87	
Turuncu	0,570±0,035	0,671±0,040	19,33±1,20	0,841±0,052	60,06±3,72	2,01±0,13	3,13±0,18	8,87±0,55	56,45±3,50	

Polyester tekstil ürünlerinde saptanan metal içerikleri incelendiğinde; demir miktarlarının en düşük  $44,78 \pm 2,78$  mg/kg, en yüksek  $95,1 \pm 5,90$  mg/kg; kadmiyum miktarlarının en düşük  $8,14 \pm 0,50$  mg/kg, en yüksek  $8,87 \pm 0,55$  mg/kg; bakır miktarlarının en düşük  $3,04 \pm 0,19$  mg/kg, en yüksek  $17,74 \pm 1,10$  mg/kg; nikel miktarlarının en düşük  $1,87 \pm 0,12$  mg/kg, en yüksek  $2,65 \pm 0,16$  mg/kg; mangan miktarlarının en düşük  $0,810 \pm 0,050$  mg/kg, en yüksek  $1,47 \pm 0,09$  mg/kg olduğu görülmektedir. Bu değerler literatürle karşılaştırıldığında (demir en düşük  $5,38 \pm 0,28$  ve en yüksek  $34,3 \pm 2,10$  mg/kg; kadmiyum en düşük  $0,10 \pm 0,01$  ve en yüksek  $0,12 \pm 0,01$  mg/kg; bakır en düşük  $2,44 \pm 0,10$  ve en yüksek  $3,37 \pm 0,20$  mg/kg; nikel en düşük  $1,33 \pm 0,10$  ve en yüksek  $4,44 \pm 0,32$  mg/kg; mangan en düşük  $1,23 \pm 0,10$  ve en yüksek  $2,22 \pm 0,10$  mg/kg) genelde daha yüksek oldukları, sadece nikel ve mangan için elde edilen değerlerin yakın oldukları görülmektedir (Tüzen ve ark., 2008). Alüminyum miktarlarının en düşük  $44,23 \pm 2,74$  mg/kg, en yüksek  $106,42 \pm 6,60$  mg/kg, kurşun miktarlarının en düşük  $18,51 \pm 1,15$  mg/kg, en yüksek  $21,37 \pm 1,32$  mg/kg; krom miktarlarının en düşük  $0,671 \pm 0,04$  mg/kg, en yüksek  $0,891 \pm 0,055$  mg/kg; talyum miktarlarının en düşük  $0,150 \pm 0,01$  mg/kg, en yüksek  $0,591 \pm 0,037$  mg/kg olduğu tespit edilmiştir. Yapılan deneysel çalışma sonucunda polyester tekstil ürünlerinde çinko ve kobalta rastlanmamıştır.

Çizelge 4.5. Nitrik asit ekstraksiyonu ile naylon tekstil ürünlerine ait metal içeriği

Ağır metaller ve konsantrasyonları (mg/kg) (n=3)									
	Tl	Cr	Pb	Mn	Al	Ni	Cu	Cd	Fe
Yeşil	-	0,801±0,050	21,92±1,36	1,40±0,09	71,31±4,42	2,06±0,13	3,57±0,22	7,89±0,50	69,53±4,31
Siyah	0,421±0,026	0,650±0,040	19,20±1,19	1,11±0,07	49,68±3,08	1,81±0,11	3,51±0,21	4,78±0,30	63,99±3,97
K.rengi	-	0,711±0,044	20,55±1,27	0,930±0,058	52,13±3,23	1,90±0,12	3,08±0,19	4,73±0,29	53,34±3,31
Mor	0,760±0,047	0,640±0,040	18,68±1,16	1,33±0,08	48,78±3,02	1,78±0,11	3,52±0,21	2,28±0,14	52,81±3,27
Beyaz	0,210±0,013	0,702±0,043	20,93±1,30	0,890±0,055	45,57±2,83	1,89±0,12	2,83±0,18	7,63±0,47	41,33±2,56
Pembe	0,770±0,048	0,591±0,037	18,17±1,13	0,881±0,055	37,76±2,34	1,59±0,10	3,21±0,20	-	39,80±2,48
Mavi	0,102±0,006	0,820±0,051	20,15±1,25	1,55±0,10	56,45±3,50	1,96±0,12	3,38±0,21	5,38±0,33	66,88±4,15
Sarı	0,471±0,029	0,740±0,046	20,67±1,28	1,06±0,07	47,13±2,92	1,97±0,12	3,56±0,22	-	46,52±2,88
Kırmızı	0,091±0,006	0,760±0,047	21,51±1,33	1,33±0,09	59,97±3,72	1,99±0,12	3,15±0,20	7,94±0,51	58,96±3,66
Turuncu	0,413±0,026	0,721±0,045	21,53±1,33	0,803±0,050	55,75±3,46	1,98±0,12	3,30±0,21	7,74±0,48	51,68±3,20

Poliamid (naylon) tekstil ürünlerinde saptanan metal içerikleri incelendiğinde; kadmiyum miktarlarının en düşük  $2,28 \pm 0,14$  mg/kg, en yüksek  $7,94 \pm 0,51$  mg/kg; nikel miktarlarının en düşük  $1,59 \pm 0,10$  mg/kg, en yüksek  $2,06 \pm 0,13$  mg/kg; kurşun miktarlarının en düşük  $18,17 \pm 1,13$  mg/kg, en yüksek  $21,92 \pm 1,36$  mg/kg; krom miktarlarının en düşük  $0,591 \pm 0,037$  mg/kg, en yüksek  $0,820 \pm 0,051$  mg/kg olduğu görülmektedir. Bu değerler literatürle karşılaştırıldığında (kadmiyum en düşük dedeksiyon limitinin altında ve en yüksek  $0,2 \pm 0,1$  mg/kg; kurşun en düşük  $0,4 \pm 0,1$  ve en yüksek  $1,4 \pm 0,1$  mg/kg; nikel en düşük  $1,0 \pm 0,2$  ve en yüksek  $3,3 \pm 0,2$  mg/kg; krom en düşük  $0,3 \pm 0,2$  ve en yüksek  $901 \pm 11$  mg/kg) kadmiyum ve kurşunun daha yüksek, nikelin benzer, kromun ise daha düşük olduğu görülmektedir (Matosa ve Cadore, 2012). Demir miktarlarının en düşük  $39,80 \pm 2,48$  mg/kg, en yüksek  $69,53 \pm 4,31$  mg/kg; bakır miktarlarının en düşük  $2,83 \pm 0,18$  mg/kg, en yüksek  $3,57 \pm 0,22$  mg/kg; alüminyum miktarlarının en düşük  $37,76 \pm 2,34$  mg/kg, en yüksek  $71,31 \pm 4,42$  mg/kg; mangan miktarlarının en düşük  $0,803 \pm 0,050$  mg/kg, en yüksek  $1,55 \pm 0,10$  mg/kg; talyum miktarlarının en düşük  $0,091 \pm 0,006$  mg/kg, en yüksek  $0,770 \pm 0,048$  mg/kg olduğu tespit edilmiştir. Yapılan deneysel çalışma sonucunda naylon tekstil ürünlerinde çinko ve kobalta rastlanmamıştır.

Çizelge 4.6. Nitrik asit ekstraksiyonu ile viskon tekstil ürünlerine ait metal içeriği

		Ağır metaller ve konsantrasyonları (mg/kg) (n=3)							
	Cr	Pb	Mn	Al	Ni	Co	Cu	Fe	
Yeşil	-	22,07±1,37	0,711±0,044	50,07±3,10	2,04±0,13	2,73±0,18	29,40±1,82	48,92±3,03	
Siyah	-	25,86±1,60	0,811±0,050	50,13±3,13	2,45±0,16	0,640±0,041	3,67±0,23	46,52±2,88	
K.rengi	-	23,37±1,45	1,03±0,06	31,03±1,92	2,47±0,16	0,881±0,054	3,46±0,22	31,20±1,93	
Mor	-	26,10±1,62	1,33±0,09	76,20±4,72	2,65±0,17	1,10±0,07	4,40±0,27	62,33±3,86	
Beyaz	-	24,63±1,53	0,770±0,048	50,72±3,15	3,06±0,19	-	3,68±0,23	46,73±2,90	
Pembe	-	21,25±1,31	0,840±0,052	33,61±2,08	2,03±0,13	9,18±0,57	4,65±0,29	66,59±4,13	
Mavi	-	26,25±1,63	0,921±0,057	65,61±4,07	2,44±0,16	0,201±0,013	4,47±0,28	53,40±3,31	
Sarı	-	21,32±1,33	0,630±0,039	42,18±2,63	2,07±0,13	1,18±0,08	3,98±0,26	43,01±2,67	
Kırmızı	0,110±0,001	27,04±1,68	0,920±0,057	59,62±3,70	2,47±0,16	-	3,93±0,25	51,55±3,20	
Turuncu	-	26,07±1,62	1,19±0,08	78,08±4,84	2,51±0,17	0,530±0,033	7,35±0,45	49,97±3,10	

Viskon tekstil ürünlerinde saptanan metal içerikleri incelendiğinde; demir miktarlarının en düşük  $31,20 \pm 1,93$  mg/kg, en yüksek  $66,59 \pm 4,13$  mg/kg; bakır miktarlarının en düşük  $3,46 \pm 0,22$  mg/kg, en yüksek  $29,40 \pm 1,82$  mg/kg; kobalt miktarlarının en düşük  $0,201 \pm 0,013$  mg/kg, en yüksek  $9,18 \pm 0,57$  mg/kg; nikel miktarlarının en düşük  $2,03 \pm 0,13$  mg/kg, en yüksek  $3,06 \pm 0,19$  mg/kg; alüminyum miktarlarının en düşük  $31,03 \pm 1,92$  mg/kg, en yüksek  $78,08 \pm 4,84$  mg/kg; mangan miktarlarının en düşük  $0,630 \pm 0,039$  mg/kg, en yüksek  $1,33 \pm 0,09$  mg/kg; kurşun miktarlarının en düşük  $21,25 \pm 1,31$  mg/kg, en yüksek  $27,04 \pm 1,68$  mg/kg olduğu görülmektedir. Krom metale yalnızca kırmızı renkli viskon tekstil ürününde rastlanmış ve miktarın  $0,110 \pm 0,001$  mg/kg olduğu görülmüştür. Yapılan deneysel çalışma sonucunda viskon tekstil ürünlerinde çinko, kadmiyum ve talyuma rastlanmamıştır.

Polipropilen tekstil ürünlerinde saptanan metal içerikleri incelendiğinde; demir miktarlarının en düşük  $27,86 \pm 1,73$  mg/kg, en yüksek  $50,53 \pm 3,14$  mg/kg; bakır miktarlarının en düşük  $2,90 \pm 0,18$  mg/kg, en yüksek  $4,56 \pm 0,28$  mg/kg; nikel miktarlarının en düşük  $1,17 \pm 0,07$  mg/kg, en yüksek  $1,91 \pm 0,12$  mg/kg; alüminyum miktarlarının en düşük  $25,76 \pm 1,60$  mg/kg, en yüksek  $45,71 \pm 2,83$  mg/kg; mangan miktarlarının en düşük  $0,402 \pm 0,025$  mg/kg, en yüksek  $0,711 \pm 0,044$  mg/kg; kurşun miktarlarının en düşük  $13,78 \pm 0,85$  mg/kg, en yüksek  $32,51 \pm 2,02$  mg/kg; krom miktarlarının en düşük  $0,020 \pm 0,001$  mg/kg, en yüksek  $4,58 \pm 0,28$  mg/kg; talyum miktarlarının en düşük  $0,531 \pm 0,033$  mg/kg, en yüksek  $1,94 \pm 0,12$  mg/kg olduğu görülmektedir. Yapılan deneysel çalışma sonucunda polipropilen tekstil ürünlerinde çinko, kadmiyum ve kobalta rastlanmamıştır.



Çizelge 4.7. Nitrik asit ekstraksiyonu ile polipropilen tekstil ürünlerine ait metal içeriği

		Ağır metaller ve konsantrasyonları (mg/kg) (n=3)								
	Tl	Cr	Pb	Mn	Al	Ni	Cu	Fe		
Yeşil	1,94±0,13	0,401±0,025	13,78±0,85	0,402±0,025	25,76±1,60	1,17±0,07	2,90±0,18	27,86±1,73		
Siyah	1,14±0,07	0,110±0,007	18,02±1,12	0,641±0,040	39,42±2,44	1,68±0,10	3,32±0,21	45,55±2,82		
K.rengi	1,37±0,09	0,020±0,001	16,49±1,02	0,540±0,034	37,94±2,35	1,49±0,09	3,54±0,22	38,61±2,39		
Mor	1,31±0,08	0,021±0,001	18,35±1,14	0,603±0,037	41,90±2,60	1,50±0,09	4,56±0,28	46,28±2,87		
Sarı	1,08±0,07	4,58±0,28	32,51±2,02	0,650±0,040	45,71±2,83	1,50±0,09	3,68±0,23	48,63±3,02		
Bordo	0,531±0,033	0,190±0,012	22,29±1,38	0,711±0,044	45,66±2,83	1,91±0,12	3,42±0,21	47,30±2,93		
Kırmızı	1,54±0,10	0,470±0,029	15,36±1,95	0,630±0,039	38,9±2,41	1,38±0,09	3,21±0,20	50,53±3,14		
Gri	0,970±0,06	-	18,37±1,14	0,572±0,035	40,52±2,51	1,62±0,10	3,25±0,20	42,68±2,65		

#### 4.4. Yapay Ter Çözeltisi Kullanılarak Hazırlanan Örneklerle Ait Ağır Metal İçerikleri

Yapay ter çözeltisi kullanılarak hazırlanan tekstil ürünlerinde saptanan ağır metal içerikleri aşağıda çizelgeler halinde verilmiştir (Çizelge 4.8 – 4.13).

Çizelge 4.8. Yapay ter ekstraksiyonu ile pamuk tekstil ürünlerine ait metal içeriği

	Ağır metaller ve konsantrasyonları (mg/kg) (n=3)				
	Cu	Al	Mn	Pb	Cr
Yeşil	9,50±0,59	4,54±0,28	1,91±0,12	1,63±0,10	-
Siyah	2,11±0,13	5,07±0,31	1,14±0,07	1,65±0,10	-
K.rengi	2,08±0,13	3,28±0,20	0,78±0,05	1,71±0,11	-
Mor	2,05±0,13	19,70±1,22	1,10±0,07	1,47±0,09	-
Beyaz	4,40±0,27	2,77±0,17	2,10±0,13	1,66±0,10	-
Pembe	2,03±0,13	2,27±0,14	0,49±0,03	1,52±0,09	-
Mavi	2,30±0,14	2,95±0,18	0,66±0,04	1,83±0,11	-
Sarı	2,08±0,13	5,16±0,32	1,44±0,09	1,56±0,10	-
Bordo	4,06±0,25	7,43±0,46	1,98±0,12	1,67±0,10	0,11±0,01
Lacivert	1,96±0,12	3,59±0,22	2,30±0,14	1,35±0,08	-
Bej	2,15±0,13	3,98±0,25	1,98±0,12	1,23±0,08	-

Pamuk tekstil ürünlerinde saptanan metal içerikleri incelendiğinde; bakır miktarlarının en düşük 1,96±0,12 mg/kg, en yüksek 9,50±0,59 mg/kg; alüminyum miktarlarının en düşük 2,27±0,14 mg/kg, en yüksek 19,70±1,22 mg/kg; mangan miktarlarının en düşük 0,49±0,03 mg/kg, en yüksek 2,30±0,14 mg/kg ve kurşun miktarlarının en düşük 1,23±0,08 mg/kg, en yüksek 1,83±0,11 mg/kg olduğu görülmektedir. Krom metaline ise yalnızca ve bordo renkli pamuk tekstil ürününde 0,11±0,01 mg/kg değerlerinde rastlanmıştır. Yapay ter ekstraksiyonu ile yapılan bu deneysel çalışmada pamuk tekstil ürünlerinde demir, çinko, kadmiyum, kobalt, nikel ve talyum metalleri de incelenmiş ve bu metallere rastlanmamıştır.

Çizelge 4.9. Yapay ter ekstraksiyonu ile akrilik tekstil ürünlerine ait metal içeriği

	Ağır metaller ve konsantrasyonları (mg/kg) (n=3)				
	Cu	Al	Mn	Pb	Cr
Yeşil	2,28±0,14	3,70±0,23	0,36±0,02	1,73±0,11	-
Siyah	2,31±0,14	3,93±0,24	0,37±0,02	1,82±0,11	0,25±0,02
K.rengi	2,30±0,14	2,70±0,18	0,30±0,02	1,79±0,11	-
Mor	2,27±0,14	3,08±0,19	0,31±0,02	1,80±0,11	-
Beyaz	2,67±0,17	5,17±0,32	0,42±0,03	1,95±0,12	-
Pembe	2,24±0,14	2,53±0,17	0,28±0,02	1,55±0,10	-
Mavi	2,50±0,16	5,06±0,31	0,40±0,03	2,05±0,13	-
Sarı	2,28±0,14	2,95±0,18	0,41±0,03	1,57±0,10	-
Bordo	2,25±0,14	3,53±0,22	0,33±0,02	1,26±0,09	-
Kırmızı	2,52±0,16	4,61±0,29	0,41±0,03	1,98±0,12	-
Gri	2,24±0,14	3,89±0,24	0,31±0,02	0,95±0,06	-

Akrilik tekstil ürünlerinde saptanan metal içerikleri incelendiğinde; bakır miktarlarının en düşük 2,24±0,14 mg/kg, en yüksek 2,67±0,17 mg/kg; alüminyum miktarlarının en düşük 2,53±0,17 mg/kg, en yüksek 5,17±0,32 mg/kg; mangan miktarlarının en düşük 0,28±0,02 mg/kg, en yüksek 0,42±0,03 mg/kg ve kurşun miktarlarının en düşük 0,95±0,06 mg/kg, en yüksek 2,05±0,13 mg/kg olduğu görülmektedir. Bu çalışma sonucunda krom metaline sadece siyah renkli akrilik tekstil ürünlerinde 0,25±0,02 mg/kg oranında rastlanmıştır. Demir, çinko, kadmiyum, kobalt, nikel ve talyum metallerine rastlanmamıştır.

Çizelge 4.10. Yapay ter ekstraksiyonu ile polyester tekstil ürünlerine ait metal içeriği

	Ağır metaller ve konsantrasyonları (mg/kg) (n=3)			
	Cu	Al	Mn	Pb
Yeşil	2,06±0,13	2,65±0,16	0,31±0,02	0,96±0,06
Siyah	2,13±0,13	2,93±0,18	0,36±0,02	1,09±0,07
K.rengi	2,05±0,13	3,85±0,24	1,07±0,07	1,08±0,07
Mor	2,04±0,13	2,62±0,16	0,28±0,02	0,98±0,06
Beyaz	2,16±0,13	1,07±0,07	0,35±0,02	1,39±0,09
Pembe	1,93±0,12	1,68±0,10	0,26±0,02	0,75±0,05
Bordo	1,94±0,12	2,90±0,18	0,27±0,02	0,84±0,05
Kırmızı	2,02±0,13	3,15±0,20	0,32±0,02	1,16±0,07
Gri	2,01±0,13	3,70±0,23	0,34±0,02	1,00±0,06
Turuncu	2,06±0,13	2,49±0,15	0,31±0,02	1,52±0,09

Polyester tekstil ürünlerinde saptanan metal içerikleri incelendiğinde; bakır miktarlarının en düşük  $1,93\pm 0,12$  mg/kg, en yüksek  $2,16\pm 0,13$  mg/kg; alüminyum miktarlarının en düşük  $1,07\pm 0,07$  mg/kg, en yüksek  $3,85\pm 0,24$  mg/kg; mangan miktarlarının en düşük  $0,26\pm 0,02$  mg/kg, en yüksek  $1,07\pm 0,07$  mg/kg; kurşun miktarlarının en düşük  $0,75\pm 0,05$  mg/kg, en yüksek  $1,52\pm 0,09$  mg/kg olduğu görülmektedir. Bu çalışmada demir, çinko, kadmiyum, kobalt, nikel, krom ve talyum metallerine rastlanmamıştır.

Çizelge 4.11. Yapay ter ekstraksiyonu ile naylon tekstil ürünlerine ait metal içeriği

	Ağır metaller ve konsantrasyonları (mg/kg) (n=3)			
	Cu	Al	Mn	Pb
Yeşil	$1,94\pm 0,12$	$2,16\pm 0,13$	$0,65\pm 0,04$	$0,69\pm 0,04$
Siyah	$2,07\pm 0,13$	$0,99\pm 0,12$	$0,73\pm 0,06$	$0,72\pm 0,04$
K.rengi	$2,36\pm 0,15$	$2,38\pm 0,15$	$0,28\pm 0,02$	$0,95\pm 0,06$
Mor	$1,99\pm 0,12$	$3,12\pm 0,19$	$1,04\pm 0,06$	$0,67\pm 0,04$
Beyaz	$1,95\pm 0,12$	$2,60\pm 0,16$	$0,35\pm 0,02$	$0,75\pm 0,04$
Pembe	$1,92\pm 0,12$	$2,54\pm 0,16$	$0,62\pm 0,04$	$0,71\pm 0,04$
Mavi	$2,02\pm 0,13$	$3,37\pm 0,21$	$0,91\pm 0,06$	$0,80\pm 0,05$
Sarı	$1,95\pm 0,12$	$2,18\pm 0,14$	$0,50\pm 0,03$	$0,65\pm 0,04$
Kırmızı	$2,00\pm 0,12$	$2,86\pm 0,18$	$0,81\pm 0,05$	$0,77\pm 0,04$
Turuncu	$1,94\pm 0,12$	$2,80\pm 0,17$	$0,26\pm 0,02$	$0,71\pm 0,04$

Naylon tekstil ürünlerinde saptanan metal içerikleri incelendiğinde; bakır miktarlarının en düşük  $1,92\pm 0,12$  mg/kg, en yüksek  $2,36\pm 0,15$  mg/kg; alüminyum miktarlarının en düşük  $0,99\pm 0,12$  mg/kg, en yüksek  $3,37\pm 0,21$  mg/kg; mangan miktarlarının en düşük  $0,26\pm 0,02$  mg/kg, en yüksek  $1,04\pm 0,06$  mg/kg ve kurşun miktarlarının en düşük  $0,65\pm 0,04$  mg/kg, en yüksek  $0,95\pm 0,06$  mg/kg olduğu tespit edilmiştir. Yapılan bu deneysel çalışma sonucunda naylon tekstil ürünlerinde demir, çinko, kadmiyum, talyum, kobalt, nikel ve kroma rastlanmamıştır.

Çizelge 4.12. Yapay ter ekstraksiyonu ile viskon tekstil ürünlerine ait metal içeriği

	Ağır metaller ve konsantrasyonları (mg/kg) (n=3)			
	Cu	Al	Mn	Pb
Yeşil	2,23±0,14	2,52±0,16	0,23±0,01	0,64±0,04
Siyah	2,09±0,13	2,06±0,13	0,32±0,02	0,76±0,05
K.rengi	2,04±0,13	2,88±0,18	0,86±0,05	0,62±0,04
Mor	2,06±0,13	2,83±0,18	0,40±0,03	0,60±0,04
Beyaz	2,04±0,13	2,17±0,13	0,33±0,02	0,71±0,04
Pembe	2,03±0,13	2,28±0,14	0,23±0,01	0,55±0,03
Mavi	2,14±0,13	2,20±0,14	0,31±0,02	0,62±0,04
Sarı	2,16±0,13	2,34±0,15	0,31±0,02	0,70±0,04
Kırmızı	2,09±0,13	2,86±0,18	0,36±0,02	0,75±0,05
Turuncu	2,26±0,13	9,65±0,60	0,58±0,04	0,62±0,04

Viskon tekstil ürünlerinde belirlenen metal içerikleri incelendiğinde; bakır miktarlarının en düşük 2,03±0,13 mg/kg, en yüksek 2,26±0,13 mg/kg; alüminyum miktarlarının en düşük 2,06±0,13 mg/kg, en yüksek 9,65±0,60 mg/kg; mangan miktarlarının en düşük 0,23±0,01 mg/kg, en yüksek 0,86±0,05 mg/kg; kurşun miktarlarının en düşük 0,55±0,03 mg/kg, en yüksek 0,76±0,05 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. Yapılan bu deneysel çalışmada viskon tekstil ürünlerinde yapay ter ekstraksiyonu ile demir, çinko, kadmiyum, talyum, kobalt, krom ve nikele rastlanmamıştır.

Çizelge 4.13. Yapay ter ekstraksiyonu ile polipropilen tekstil ürünlerine ait metal içeriği

	Ağır metaller ve konsantrasyonları (mg/kg) (n=3)				
	Cu	Al	Mn	Pb	Cr
Yeşil	3,01±0,19	4,66±0,29	0,36±0,02	1,13±0,07	-
Siyah	2,61±0,16	4,90±0,30	0,35±0,02	1,00±0,06	-
K.rengi	2,54±0,16	3,46±0,21	0,30±0,02	0,95±0,06	-
Mor	3,64±0,23	5,69±0,35	0,44±0,03	1,48±0,09	-
Sarı	2,03±0,13	3,03±0,19	0,27±0,02	1,96±0,12	0,37±0,02
Bordo	2,55±0,16	4,23±0,26	0,36±0,02	0,81±0,05	-
Kırmızı	3,86±0,24	6,11±0,38	0,46±0,03	2,13±0,13	-
Gri	3,31±0,21	5,53±0,34	0,39±0,02	1,50±0,09	-

Polipropilen tekstil ürünlerinde metal içerikleri incelendiğinde; bakır miktarlarının en düşük  $2,03\pm 0,13$  mg/kg, en yüksek  $3,86\pm 0,24$  mg /kg; alüminyum miktarlarının en düşük  $3,03\pm 0,19$  mg/kg, en yüksek  $6,11\pm 0,38$  mg/kg; mangan miktarlarının en düşük  $0,27\pm 0,02$  mg/kg en yüksek  $0,46\pm 0,03$  mg/kg ve kurşun miktarlarının en düşük  $0,81\pm 0,05$  mg/kg, en yüksek  $2,13\pm 0,13$  mg/kg olduğu tespit edilmiştir. Yapılan çalışma neticesinde krom metalinin yalnızca sarı renkli polipropilen tekstil ürününde  $0,37\pm 0,02$  mg/kg değerinde olduğu görülmektedir. Bu deneysel çalışma sonucunda polipropilen tekstil ürünlerinde demir, çinko, kadmiyum, talyum, kobalt ve nikel rastlanmamıştır.

İncelenen farklı renk ve türlerdeki tekstil ürünlerinin hem nitrik asit ile, hem de yapay ter ile ekstraksiyon yapıldıktan sonra saptanan ağır metal içerikleri, farklı ekolojik standartlar tarafından belirlenmiş olan sınır değerleri ile karşılaştırıldığında, (Çizelge 1.2) tüm elementlerin kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu görülmektedir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kıyafet ya da çarşaf gibi tekstil ürünleri cilt ile direkt olarak temas ettiği için içerdikleri bu tür elementler allerjik veya toksik etki yaratabilmekte ve sağlık açısından sıkıntı yaratabilmektedir. Son yıllarda tekstil sanayinde kullanılan metallerin biyolojik sistemler üzerinde oluşturduğu zararlı etkiler net bir şekilde ortaya konmuştur (Zeiner ve ark., 2007).

Hem doğal, hem de sentetik iplikler inorganik bileşenler içermektedir. Ancak, sentetik iplik üretiminde kullanılan katalizör, stabilizatör gibi maddelerden dolayı sentetik olanların inorganik bileşen içerikleri daha fazladır. Bu bileşenlerin saptanması sadece tüketicilerin emniyeti açısından değil, aynı zamanda tekstil sanayisi açısından da son derece önemlidir. Çünkü, bazı elementlerin varlığı, bir takım üretim problemlerine yol açmakta ve sonuçta elde edilen ürünün kalitesinin azalmasına neden olmaktadır. Siyah renk elde etmek için kromlu boyalar, parlaklık sağlamak için bakır içeren boyalar, fazla yıkamaya karşı direnç sağlamak amacıyla antimonlu boyalar kullanılmaktadır. Benzer amaçlarla nikel, kobalt, civa, kadmiyum ve arsenik içeren boyalar da kullanılmaktadır (Rezic ve Steffan, 2007). Bütün bu nedenlerden dolayı tekstil ürünlerindeki ağır metallerin belirlenmesi son derece önemlidir. Bununla birlikte, bu konularla ilgili olarak yurt dışında giderek artan çalışmalar yapılırken, ülkemizde yapılmış çalışmaların sayısı son derece azdır.

Bu çalışmada, tekstil sanayisinde kullanılan farklı renklerdeki (kırmızı, beyaz, yeşil, mavi, sarı, turuncu, siyah, kahverengi, mor, pembe, lacivert, bordo, bej, gri) çeşitli ipliklerin (pamuk, akrilik, polyester, naylon, viskon, polipropilen) Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Tl, Zn gibi metal içeriklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Nitrik asit ile çözünürleştirme yapıldıktan sonra, pamuk tekstil ürünlerinde ortalama 0,22 mg/kg talyum, 0,97 mg/kg krom, 23,44 mg/kg kurşun, 4,30 mg/kg mangan, 103,13 mg/kg alüminyum, 2,19 mg/kg nikel, 61,85 mg/kg bakır, 11,86 mg/kg kadmiyum ve 190,83 mg/kg demir saptanmıştır. Belirlenen ağır metaller içerisinde, en yüksek konsantrasyonlarda demir ve alüminyuma rastlanmıştır. Kobalt ve çinko incelenen örneklerin hiçbirisinde tespit edilememiştir. Yeşil renkli ipliklerde mangan

(22,4 mg/kg) ve bakır (491 mg/kg) miktarlarının, sarı renkli ipliklerde ise demir (972 mg/kg) miktarının ortalamanın oldukça üstünde olduğu görülmüştür.

Nitrik asit ile çözünürleştirme yapıldıktan sonra, akrilik tekstil ürünlerinde ortalama 2,23 mg/kg krom, 18,84 mg/kg kurşun, 1,55 mg/kg mangan, 96,48 mg/kg alüminyum, 1,58 mg/kg nikel, 3,85 mg/kg bakır, 6,21 mg/kg kadmiyum ve 120,04 mg/kg demir saptanmıştır. Pamuk tekstil ürünlerine benzer şekilde, belirlenen ağır metaller içerisinde, en yüksek konsantrasyonlarda demir ve alüminyuma rastlanmıştır. Talyum, kobalt ve çinko incelenen örneklerin hiçbirisinde tespit edilememiştir. Siyah renkli ipliklerde krom (17,51 mg/kg), sarı renkli ipliklerde demir (523 mg/kg) miktarlarının ortalamanın oldukça üstünde olduğu görülmüştür.

Nitrik asit ile çözünürleştirme yapıldıktan sonra, polyester tekstil ürünlerinde ortalama 0,47 mg/kg talyum, 0,76 mg/kg krom, 19,90 mg/kg kurşun, 1,03 mg/kg mangan, 69,78 mg/kg alüminyum, 2,03 mg/kg nikel, 5,00 mg/kg bakır, 8,46 mg/kg kadmiyum ve 67,46 mg/kg demir saptanmıştır. Belirlenen ağır metaller içerisinde, en yüksek konsantrasyonlarda alüminyum ve demire rastlanmıştır. Kobalt ve çinko incelenen örneklerin hiçbirisinde tespit edilememiştir. Yeşil renkli ipliklerde alüminyum (106,4 mg/kg) ve bakır (17,7 mg/kg) miktarlarının ortalamanın oldukça üstünde olduğu görülmüştür.

Nitrik asit ile çözünürleştirme yapıldıktan sonra, naylon tekstil ürünlerinde ortalama 0,40 mg/kg talyum, 0,71 mg/kg krom, 20,34 mg/kg kurşun, 1,13 mg/kg mangan, 47,47 mg/kg alüminyum, 1,89 mg/kg nikel, 3,31 mg/kg bakır, 6,05 mg/kg kadmiyum ve 54,48 mg/kg demir saptanmıştır. Belirlenen ağır metaller içerisinde, en yüksek konsantrasyonlarda demir ve alüminyuma rastlanmıştır. Kobalt ve çinko incelenen örneklerin hiçbirisinde tespit edilememiştir.

Nitrik asit ile çözünürleştirme yapıldıktan sonra, viskon tekstil ürünlerinde ortalama 0,11 mg/kg krom, 24,41 mg/kg kurşun, 0,91 mg/kg mangan, 53,72 mg/kg alüminyum, 2,42 mg/kg nikel, 2,06 mg/kg kobalt, 6,90 mg/kg bakır ve 50,02 mg/kg demir saptanmıştır. Belirlenen ağır metaller içerisinde, en yüksek konsantrasyonlarda alüminyum ve demire rastlanmıştır. Talyum, kadmiyum ve çinko incelenen örneklerin hiçbirisinde tespit edilememiştir. Pembe renkli ipliklerde kobalt (9,18 mg/kg), yeşil renkli ipliklerde bakır (29,4 mg/kg) miktarlarının ortalamanın oldukça üstünde olduğu görülmüştür.



Nitrik asit ile çözünürleştirme yapıldıktan sonra, polipropilen tekstil ürünlerinde ortalama 1,23 mg/kg talyum, 0,83 mg/kg krom, 19,41 mg/kg kurşun, 0,59 mg/kg mangan, 39,47 mg/kg alüminyum, 1,53 mg/kg nikel, 3,48 mg/kg bakır ve 43,44 mg/kg demir saptanmıştır. Belirlenen ağır metaller içerisinde, en yüksek konsantrasyonlarda demir ve alüminyuma rastlanmıştır. Kobalt, kadmiyum ve çinko incelenen örneklerin hiçbirisinde tespit edilememiştir. Sarı renkli ipliklerde krom (4,58 mg/kg) ve kurşun (32,5 mg/kg) miktarlarının ortalamanın oldukça üstünde olduğu görülmüştür.

Yapay ter ile ekstraksiyon yapıldıktan sonra, pamuk tekstil ürünlerinde ortalama 0,11 mg/kg krom, 1,57 mg/kg kurşun, 1,44 mg/kg mangan, 5,52 mg/kg alüminyum ve 3,16 mg/kg bakır saptanmıştır. Belirlenen ağır metaller içerisinde, en yüksek konsantrasyonlarda alüminyum ve bakıra rastlanmıştır. Talyum, nikel, kobalt, kadmiyum, çinko ve demir incelenen örneklerin hiçbirisinde tespit edilememiştir. Mor renkli ipliklerde alüminyum (19,70 mg/kg), yeşil renkli ipliklerde ise bakır (9,50 mg/kg) miktarlarının ortalamanın oldukça üstünde olduğu görülmüştür.

Yapay ter ile ekstraksiyon yapıldıktan sonra, akrilik tekstil ürünlerinde ortalama 0,25 mg/kg krom, 1,68 mg/kg kurşun, 0,35 mg/kg mangan, 3,74 mg/kg alüminyum ve 2,35 mg/kg bakır saptanmıştır. Belirlenen ağır metaller içerisinde, en yüksek konsantrasyonlarda alüminyum ve bakıra rastlanmıştır. Talyum, nikel, kobalt, kadmiyum, çinko ve demir incelenen örneklerin hiçbirisinde tespit edilememiştir. Mavi ve beyaz renkli ipliklerde alüminyum sırasıyla (5,06 mg/kg ve 5,17 mg/kg) miktarlarının ortalamanın üstünde olduğu görülmüştür.

Yapay ter ile ekstraksiyon yapıldıktan sonra, polyester tekstil ürünlerinde ortalama 1,08 mg/kg kurşun, 0,39 mg/kg mangan, 2,70 mg/kg alüminyum ve 2,04 mg/kg bakır saptanmıştır. Belirlenen ağır metaller içerisinde, en yüksek konsantrasyonlarda alüminyum ve bakıra rastlanmıştır. Talyum, nikel, kobalt, kadmiyum, çinko ve demir incelenen örneklerin hiçbirisinde tespit edilememiştir. Kahverengi ipliklerde mangan (1,07 mg/kg) miktarının ortalamanın üstünde olduğu görülmüştür.

Yapay ter ile ekstraksiyon yapıldıktan sonra, naylon tekstil ürünlerinde ortalama 0,74 mg/kg kurşun, 0,62 mg/kg mangan, 2,46 mg/kg alüminyum ve 2,01 mg/kg bakır saptanmıştır. Belirlenen ağır metaller içerisinde, en yüksek konsantrasyonlarda

alüminyum ve bakıra rastlanmıştır. Talyum, krom, nikel, kobalt, kadmiyum, çinko ve demir incelenen örneklerin hiçbirisinde tespit edilememiştir.

Yapay ter ile ekstraksiyon yapıldıktan sonra, viskon tekstil ürünlerinde ortalama 0,66 mg/kg kurşun, 0,39 mg/kg mangan, 3,18 mg/kg alüminyum ve 2,11 mg/kg bakır saptanmıştır. Belirlenen ağır metaller içerisinde, en yüksek konsantrasyonlarda alüminyum ve bakıra rastlanmıştır. Talyum, nikel, kobalt, kadmiyum, çinko ve demir incelenen örneklerin hiçbirisinde tespit edilememiştir. Turuncu renkli ipliklerde alüminyum (9,65 mg/kg) miktarının ortalamanın oldukça üstünde olduğu görülmüştür.

Yapay ter ile ekstraksiyon yapıldıktan sonra, polipropilen tekstil ürünlerinde ortalama 0,37 mg/kg krom, 1,37 mg/kg kurşun, 0,37 mg/kg mangan, 4,70 mg/kg alüminyum ve 2,94 mg/kg bakır saptanmıştır. Belirlenen ağır metaller içerisinde, en yüksek konsantrasyonlarda alüminyum ve bakıra rastlanmıştır. Talyum, nikel, kobalt, kadmiyum, çinko ve demir incelenen örneklerin hiçbirisinde tespit edilememiştir.

Genel olarak, nitrik asit ile çözünürleştirme yapıldıktan sonra belirlenen ağır metal konsantrasyonları, yapay ter ile ekstraksiyon yapıldıktan sonra belirlenen ağır metal konsantrasyonlarından çok daha yüksek bulunmuştur.

İncelenen farklı renk ve türlerdeki tekstil ürünlerinin nitrik asit ile ekstraksiyon yapıldıktan sonra saptanan ağır metal içerikleri, farklı ekolojik standartlar tarafından belirlenmiş olan sınır değerleri ile karşılaştırıldığında, (Çizelge 1.2), pamuk tekstil ürünlerinin kurşun ve kadmiyum içeriklerinin tüm renklerdeki ipliklerde, bakır içeriklerinin ise sadece yeşil ve bordo renkli ipliklerde sınır değerlerinin üzerinde olduğu görülmüştür. Akrilik tekstil ürünlerinin benzer şekilde, kurşun ve kadmiyum içeriklerinin tüm renklerdeki ipliklerde, krom içeriklerinin ise sadece siyah renkli iplikte sınır değerlerinin üzerinde olduğu görülmüştür. Polyester ve naylon tekstil ürünlerinin kurşun ve kadmiyum içeriklerinin tüm renklerdeki ipliklerde sınır değerlerinin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Viskon tekstil ürünlerinde kurşun içeriğinin tüm renklerdeki ipliklerde, kobalt içeriklerinin ise sadece pembe renkli iplikde sınır değerlerinin üzerinde olduğu görülmüştür. Polipropilen tekstil ürünlerinde de kurşun içeriğinin tüm renklerdeki ipliklerde, krom içeriklerinin ise sadece sarı renkli iplikte sınır değerlerinin üzerinde olduğu saptanmıştır.

İncelenen farklı renk ve türlerdeki tekstil ürünlerinin yapay ter ile ekstraksiyon yapıldıktan sonra saptanan ağır metal içerikleri, farklı ekolojik standartlar tarafından

belirlenmiş olan sınır değerleri ile karşılaştırıldığında, (Çizelge 1.2), pamuk ve akrilik tekstil ürünlerinin kurşun içeriklerinin tüm renklerdeki ipliklerde, polyester tekstil ürünlerinin kurşun içeriklerinin ise yalnızca siyah, kahverengi, beyaz, kırmızı ve turuncu renkli ipliklerde sınır değerlerinin biraz üzerinde olduğu saptanmıştır. Naylon, viskon ve polipropilen tekstil ürünlerinin ağır metal içeriklerinin ise, tüm renklerdeki ipliklerde sınır değerlerinin altında kaldığı görülmüştür. Elde edilen bu sonuçlar, incelenen tüm tekstil ürünlerinin sağlık açısından ciddi bir risk oluşturmadığını ortaya koymuştur.

Sonuç olarak, tekstil ürünlerinde bulunan ağır metallerin saptanmasında, nitrik asit ile çözünürleştirme yapıldıktan sonra MP-AES tekniğinin kullanılmasının son derece uygun bir yöntem olduğu belirlenmiştir. Bu yöntem hem hassas, hem hızlı, hem de multi element analizi için oldukça uygundur.

## 6. KAYNAKLAR

- Acuner, A. 2001. **Tasarımda Konstrüksiyon Esaslar**, Mart Matbaacılık, İstanbul.
- Agilent Technology MP-AES 4100 User's Guide
- Ağcasulu, Ö. 2007. “**Sakarya Nehri Çeltikçe Çayı'nda yaşayan *Capoeta tinca* (Heckel, 1843)'nın dokularında ağır metal birikiminin incelenmesi**”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 43 s.
- Anonim, 2009. T.C Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı “İpek Böceği Üretimi”. [http://www.tarim.gov.tr/Files/uretim/hayvancilik/yetistiricilere\\_bilgiler/IpekBocegiUretimi20091111.pdf](http://www.tarim.gov.tr/Files/uretim/hayvancilik/yetistiricilere_bilgiler/IpekBocegiUretimi20091111.pdf)
- Anonim, 2011. [http://www.tsn.org.tr/egcalhem/kronik\\_bobrek\\_yetmezligi.pdf](http://www.tsn.org.tr/egcalhem/kronik_bobrek_yetmezligi.pdf)
- Anonim, 2014. <http://www.kimyaevi.org>
- Anonim, 2015. [www.bayar.edu.tr/besergil/eak\\_6\\_kalibrasyon.pdf](http://www.bayar.edu.tr/besergil/eak_6_kalibrasyon.pdf), 21.01.2015
- Anonymous, 2005a. <http://www.inchem.org>
- Anonymous, 2005b. <http://www.healthy.net>
- Anonymous, 2005c. [http://www.radiochemistry.org/periodictable/elements/isotopes\\_data/27.html](http://www.radiochemistry.org/periodictable/elements/isotopes_data/27.html)
- Anonymous, 2007. <http://www.textilefurnishings.com>
- Anonymous, 2009a. <http://www.swicofil.com>
- Anonymous, 2009b. <http://www.fibersource.com>
- Anonymous, 2011. <http://www.lenntech.com/periodic-chart.htm>
- Arzate, S.G., Santamaria, A. 1998. Thallium toxicity, **Toxicol Lett.**, 99:1-13.
- Aslan, A. 2011. Eldivenlik mamul derilerin ağır metal içeriklerinin belirlenmesi, **Hayvansal Üretim**, 52(1): 44-48.
- Aydın, I. 2008. Comparison of dry, wet and microwave digestion procedures for the determination of chemical elements in wool Turkey using ICP-OES technique, **Microchemical Journal**, 90: 82-87.
- Bakırcıoğlu, D., 2009. “**Toprakta Makro ve Mikro Element Tayini**”, Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Anabilim Dalı, Edirne, 148.
- Balkaya, N., Balkaya, M. 2004. İçme suyu kalitesini etkileyen faktörler, <http://public.cumhuriyet.edu.tr/~cevre2004/pdf/147-152.pdf>
- Başer, İ. 1984. **Tekstil Teknolojisi**, Marmara Üniversitesi Yayınları, Yayın No: 634, İstanbul.
- Başer, İ. 1998. **Elyaf Bilgisi**, Marmara Üniversitesi Yayınları, yayın No:634, İstanbul.
- Baykuş, D. 2003. “**Elestan içeren dokuma tekstil ürünlerinde performans belirleme ve iyileştirme yöntemlerinin değerlendirilmesi**”, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Bebekli, M. 1998. “**Doğal kaynaklardan boyar madde izolesi ve pratikte kullanılabilirliğinin incelenmesi**”, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana.
- Bekircan, S.H. 2006. “**Yüksek dayanımlı Naylon 66 ipliğinin ısıl ve mekanik**

- özelliklerinin eniyileştirilmesi”**, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 128s.
- Brushwood, D.E., Perkins, H.H. 1994. Determining the metal content of cotton, **Textile Chemist and Colorist**, 26: 32-32.
- Cheam, V., Lechner, J., Desrosiers, R., Sekerka, I., Lawson, G., Mudroch, A. 1995. Dissolved and total thallium in Great Lakers Waters, **J Great Lakers Res.**, 21(3); 384-394.
- Cobalt Metall und Kobaltverbindungen, 2001. CAS Nr: 7448-48-4.
- Coşkun, M.T. 2010. **“PES/VİS/EA (polyester/viskon/elestan) içerikli kumaşlarda atkıda kullanılan viskon flamentinin kumaş performans üzerine etkilerinin araştırılması”**, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 68s.
- Çakmaklı, M. 2006. **“Sulardaki Fe (II) konsantrasyonu ile filtre yük kayıpları arasındaki ilişkinin araştırılması”**, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 178 s.
- Çalışkan, E. 2005. **“Asi Nehri’nde su, sediment ve karabalık (*Clarias gariepinu* Burchell, 1822)’da ağır metal birikiminin araştırılması”**, Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay, 75 s.
- Dalgıç, D. 2009. **“High-Bulk ve relax akrilik iplikler ile yün karışımli ipliklerin kumaş performansları”**, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon, 91s.
- Değerli, N. G., 2011. **“Elastan iplikli örme kumaşların giyside kullanımı”**, Yüksek Lisans Tezi, Haliç Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 252s.
- Demir, M., Demirci, Ş., Usanmaz, A. 1980. **Anorganik Kimya ve Uygulaması**, Devlet Kitapları, İstanbul, s. 383-388.
- Durkan, N. 2006. **“Yukarı Büyük Menderes Nehri havzası bazı makro fungusları ve ağır metal birikiminin araştırılması”**, Doktora Tezi, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Emre, M. 2000. **“Nikelli ve nikelsiz altın alaşımlarının geniş bir bileşim aralığında fiziksel, kimyasal, mekanik ve alerjen özelliklerinin belirlenmesi”**, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- EnviroTools, 2002. Factsheets on thallium,  
<http://www.envirotools.org/factsheets/contaminant/thallium.shtml>
- Exely, C., Korcahnzkina, J. 2001. Promotion of formation of amyloid fibrils by aluminium adenosine triphosphate (AlATP), **J. İnorganic Biochemistry**, 84: 215-224.
- Florence, T.M. 1982. The speciation of trace elements in water, **Talanta**, 29: 345-364.
- Förstner, G., Wittman, T. 1981. Metal pollution in the aquatic environment, Berlin Heidelberg, **New York Springer Verlag**, 21: 271-318.
- Franck, R. 2001. Silk, Mohair, Cashmere and other luxury fibers, **Woodhead Publishind Limited**, 241s.
- Grandeau, L. 1964. Experiences sur l’action physiologique des sels potassium, de sodium et de rubidium injectes dans les veines, **J Anat Physiol Norm Path**, 1:378-385.
- Günay, V. 1993. Seramik malzemelerin sol-jel yöntemi ile üretimi, **5. Denizli Malzeme Sempozyumu**, s. 312-318.
- Güray, T., Gedikbey, T., Hüseyinli, A.A. 2004. Spectrophotometric determination of aluminium, Adnan Menderes Üniversitesi, **4. AACD Kongresi**, 29 Eylül-3

- Ekim, Aydın, s. 91-93.
- Güngör, M. 2008. **“Klinik Biyokimyada Ölçüm Belirsizliği”**, Uzmanlık Tezi, T.C. Sağlık Bakanlığı Haseki Eğitim ve Araştırma Hastanesi Biyokimya ve Klinik Biyokimya Laboratuvarı, İstanbul.
- Harmancıoğlu, M. 1955. Türkiye’de bulunan önemli bitki boyalarından elde edilen renklerin çeşitli müessirlere karşı yün üzerinde haslık dereceleri, **Ankara Üniversitesi Yayınları**, Ankara.
- Hazer, B. 1992. **Genel Kimya**, Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, Trabzon, 399s.
- İsen, H. 2011. **“Sakarya D-100 karayolu cadde tozlarında bazı ağır metallerin ekstraksiyon yöntemi (BCR) ile tayini”**, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 54 s.
- Karadağ, R. 2001. **Doğal Boyamacılık (1. Basım)**, Kültür ve Turizm Bakanlığı Yayınları, Ankara.
- Karaboğa, V. 1992. **“Keten yetiştiriciliği ve endüstrideki önemi”**, Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi, Bursa.
- Karger-Kocsis, J., 1999. Polypropylene an A to Z Referance, Kluwer Academic Publishers, Great Britain.
- Kaya, F. 2009. **“Krom-toksik etkileri-kromdan kaynaklanan çevre kirliliği arıtım yöntemleri”**, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, 26s.
- Kaya, S., Pirinççi, İ., Bilgili, A. 2002. **Veteriner Hekimliğinde Toksikoloji**, Medison Yayınevi, Ankara, 925s.
- Kazdal, Z.H. 2000. **Alüminyum alaşımları otomotiv endüstrisinde uygulamaları ve geleceği**, Mom-Mktae/osd.
- Kendrick, M.J., May, M.T., Plishka, M.J., Robinson, K.D. 1992. Metal in biological systems, **Vol. 179, New York, Ellis Horwood**.
- Kennish, M.J. 1998. **“Pollution in Estuarine and Marine Environments”**, Pollution Impacts on Marine Biotic Communities, Institu of Marine and Coastal Sciences, Rutgers University, New Jersey, 310s.
- Keskin, F. 2012. **“Köyceğiz Gölü sedimentinde ağır metal fraksiyonlarının incelenmesi”**, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla, 133s.
- Kınalı, S. 2007. **“Bazı 4-(süstitüe fenilazo)-3,5-diasetamido-1H-pirazol türevlerinin sentezi ve özelliklerinin incelenmesi”**, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 120s.
- Kızıl, N. 2010. **“Alevli Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi ile bazı metallerin tayinleri öncesi birlikte çöktürme ile zenginleştirilmesi”**, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 79s.
- Kul, E. 2005. **“PES/VİS/Elestan içerikli iplik türlerinde kalite iyileştirici proses çalışmaları ve dokuma kumaşlarda kalite analizi”**, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 176s.
- Lana, C.H., Lin, T.S. 2005. Acute toxicity of trivalent thallium compounds to daphnia magna, **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 61: 432-435.
- Lewin, M., 2007. Handbook of Fiber Chemistry, 3rd ed., Taylor&Francis Group, USA.
- Mardan, T. 1998. Pamuğun Tekstil Endüstrisindeki Önemi, **Tekstil Maraton 3**.
- Matosa, E., Cadore, S. 2012. Determination of inorganic contaminants in polyamide textiles used for manufacturing sport T-shirts, **Talanta**, 88: 496-501.
- Menezes, E.A., Carapelli, R., Bianchi, S.R., Souza, S.N.P, Matos, W.O., Pereira-Filho,

- E.R., Nogueira, A.R.A. 2010. Evaluation of the mineral profile of textile materials using inductively coupled plasma optical emission spectrometry and chemometrics, **Journal of Hazardous Materials**, 182: 325-330.
- Mertz, W 1987. Trace elements in human and animal nutrition-fifth edition, **Vol. 1, Academic Press**.
- Moschilin, S. 1980. Thallium poisoning, **Clin Toxicol.**, 17: 133-146.
- Moore, J.W., Ramamoorthy, S. 1984. **Heavy metals in natural waters**, Applied Monitoring and Impact Assessment, Springer-Verlag, New York, 253s.
- Morneau, J.P. 1997. “**Trace metal analysis of marine zooplankton from conception bay**”, New Foundland, M. Sc. Thesis, University of New Foundland, Canada, 58s.
- Needles, H.L.1986. Textile Fibers, Dyes, Finishes and Processes, **Noyes Publications**, 227s.
- Neff, J.M. 2002. Bioaccumulation in marine organisms: effect of contaminants from oil well produced water batelle, **Coastal Resources and Environmental Management**, Duxbury, Massachusetts, USA, 425s.
- Özcan, Y. 1984. **Tekstil Elyafı ve Boyama Tekniği**, İstanbul Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- Özel, M.B. 2013. “**Yüksek performanslı kumaşların mekanik özelliklerinin kumaş kullanım performansına ve kumaşın tuşesine olan etkilerinin araştırılması**”, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, 125s.
- Özgün, H. 2007. “**Oksidasyon ve filtrasyon aşamalarında sularda mangan giderimini etkileyen bazı faktörlerin araştırılması**”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 105s.
- Öztürk, İ. 1999. **Doğal Bitkisel Boyalarla Yün Boyama (2. Basım)**, Dokuz Eylül Yayıncılık, İzmir, s. 5-6.
- Petera, A.L., Viraraghavan, T. 2005. Thallium: a review of public health and environmental concerns, **Environment International**, 31; 493-501.
- Pranaityte, B., Padarauskas, A., Naujalis, E. 2007. Application of ICP-MS for the determination of trace metals in textiles, **Chemija**, Vol. 18, No. 3, 16-19.
- Pranaityte, B., Padarauskas, A., Naujalis, E. 2008. Determination of metals in textiles by ICP-MS following extraction with synthetic gastric juice, **Chemija**, Vol. 19, Nos. 3-4, 43-47.
- Ramsden, D. 2002. Thallium, **Mol Death**, 304-311.
- Rezic, I., Steffan, I. 2007. ICP-OES determination of metals present in textile materials, **Microchemical Journal**, 85: 46-51.
- Rezic, I., Zeiner, M., Steffan, I. 2011. Determination of 28 selected elements in textiles by axially viewed inductively coupled plasma optical emission spectrometry, **Talanta**, 83: 865-871.
- Saçak, M. 2006. **Lif ve Elyaf Kimyası**, Gazi Kitapevi, Ankara.
- Schoer, J. 1984. Thallium, In: Hutzinger O, editor. **Handbook of Environmental Chemistry, Vol. 3 (c)**. New York 7 Springer Verlag, s. 143-147.
- Sibley, S.F. 2005. Cobalt, [www.usgs.gov](http://www.usgs.gov)
- Sonia Galvan-Arzate, S.G., Santamaria, A. 1998. Thallium toxicity, **Toxicology Letters**, 99: 1-13.

- Şahin, Ü. 2007. “Çeşitli örneklerde ve matrislerde alüminyumun spektrofotometrik tayini”, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 49 s.
- TKAM Tekstil Teknolojisi 1995. **TKAM Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Merkezi Ltd. Şti.**, İstanbul, Cilt: 2-3, 607-614.
- TMMOB 2011. Maden Mühendisler Odası, alüminyum raporu, <http://www.maden.org.tr4>
- Tripathi, D., 2002. Practical Guide to Polypropylene, **Rapra Technology Ltd.**, UK.
- Tüzen, M., Onal, A., Soylak, M. 2008. Determination of trace heavy metals in some textile products produced in Turkey, **Bull. Chem. Soc. Ethiop.**, 22(3): 379-384.
- Yakartepe, M., Yakartepe, Z., 1995. TKAM Tekstil Ansiklopedisi, Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Merkezi Yayını, Cilt 7, İstanbul.
- Yazıcıoğlu, G., Gülümser, G. 1993. “İpek ve Diğer Salgı Lifler”, **Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Ders Kitapları**, Yayın No: 27, 138s.
- Yılmaz, H.A. 2010. “Gökova Körfezi deniz ve azmaklarının askıda katı madde ve sedimentinde ağır metal içeriğinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla Üniversitesi, 75 s.
- Yiğit, E.A., 2009. “Polipropilen elyafın boyanabilirliğinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 172s.
- Yokel, R.A., 2004. Elements and their compounds in the environment, **2nd edition, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA**, Weinheim.
- Zeiner, M., Rezić, I., Steffan, I., 2007. Analytical methods for the determination of heavy metals in the textile industry, **Kem. İnd.**, 56(11): 587-595.
- Zenk, M.H., 1996. Heavy metal detoxification in higher plants-a review, **Genetic**, 179: 21-30.



## ÖZGEÇMİŞ

Yazar, 1985 yılında Çorum'da doğdu. İlkokulu İstanbul Eyüp Mehmet Akif Ersoy İlkokulu (1991-1996), ortaokulu İstanbul Küçükçekmece Mustafa Eravutmuş İlköğretim Okulu (1997-2000) ve liseyi İstanbul Küçükçekmece Kadriye Moroğlu Lisesi'nde (2000-2003) tamamladı. Lise eğitiminden sonra çeşitli gıda firmalarında çalıştı. 2007 yılında girmiş olduğu Atatürk Üniversitesi Hıms Meslek Yüksek Okulu'ndan Gıda Teknikeri unvanıyla 2009 yılında mezun oldu ve aynı yıl girmiş olduğu Dikey Geçiş Sınavı'nda Mustafa Kemal Üniversitesi Kimya Bölümünü kazandı. 2012 yılında Kimyager Unvanı ile mezun olarak aynı yıl Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Kimya Anabilim Dalında yüksek lisansa başladı.