



**FARKLI ELYAF TİPİ VE KUMAŞ YAPILARININ DOKUMA FİLTRELERİN  
PERFORMANSINA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

**AYSU BAKKAL İLDENİZ**

**Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Danışman: Prof. Dr. Özer GÖKTEPE**

**2022**

**T.C.**  
**TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**FARKLI ELYAF TİPİ VE KUMAŞ YAPILARININ DOKUMA FİLTRELERİN**  
**PERFORMANSINA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

**AYSU BAKKAL İLDENİZ**

**ORCID: 0000-0001-8299-9433**

**TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Danışman: Prof. Dr. Özer GÖKTEPE**

**TEMMUZ-2022**

**Her hakkı saklıdır.**

## ARAŞTIRMA FONU DESTEĐİ BEYANI

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak sunulan ve Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tez çalışması; TÜBİTAK tarafından 122M636 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Aysu BAKKAL İLDENİZ

15/06/2022



## ÖZET

### FARKLI ELYAF TİPİ VE KUMAŞ YAPILARININ DOKUMA FİLTRELERİN PERFORMANSINA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Aysu BAKKAL İLDENİZ

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Özer GÖKTEPE

Tekstil sektörünün en hızlı büyüyen alanlarından biri olan teknik tekstiller, günümüzde tıp, taşımacılık, paketlenme, koruyucu giysiler, tarım, inşaat, spor malzemeleri, jeotekstiller ve sanayi gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Teknik tekstilin kapsamına giren filtrasyon tekstilleri ise günümüzde her sektörde kullanılmaktadır. Filtre yapıları farklı üretim yöntemleriyle (dokuma, örme, dokusuz yüzey) üretilmektedir. Tekstil üretim metoduyla elde edilen filtre yapıları oldukça geniş bir kullanım alanına sahip olmaktadır. Filtrasyon işlemi, bir akışkanda bulunan belirli boyutlara sahip parçacıkların filtre yapıları kullanılarak bu akışkandan ayrılması ve akışkanın saflığının artırılması işlemi olarak tanımlanmaktadır. Filtrasyon işlemi sonucunda katma değeri yüksek parçacıkların geri kazanımı ve endüstriyel atıkların doğaya atılmadan önce temizlenmesi sağlanmaktadır. Tez çalışması kapsamında, temel üretim parametrelerinden elyaf tipi ve kumaş yapısının dokuma filtre performansına etkileri incelenmiştir. Bu amaçla farklı monofilament iplik (polipropilen, poliester, poliamid) ve farklı konstrüksiyon yapısı (bezayağı, dimi, ribs ve panama) kullanılarak dokuma filtre kumaşları üretilmiştir. Üretilen dokuma filtre kumaşlarının verimliliğini incelemek amacıyla performans testleri yapılmıştır. Tez çalışması kapsamında temel kumaş parametreleri ve dokuma filtre etkinliği arasındaki ilişkiler somut bir şekilde ortaya konarak, madencilik sektörüne yönelik yüksek performanslı filtre üretimi için önemli bir bilgi birikimi oluşturulması hedeflenmektedir. Filtre kumaşlarına yapılan analizler sonucunda filtrasyon performansını arttıran parametreler tespit edilerek, bu konudaki bilimsel çalışmaların ilerleme yönü hakkında araştırmacılara ve üreticilere yol göstermesi hedeflenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Teknik tekstil, Filtrasyon, Filtrasyon tekstilleri, Filtrasyon mekanizması

## ABSTRACT

### INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF DIFFERENT FIBER TYPES AND FABRIC STRUCTURES ON THE PERFORMANCE OF WOVEN FILTERS

Aysu BAKKAL İLDENİZ

Department of Textile Engineering

MSc. Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Özer GÖKTEPE

Technical textiles, one of the fastest growing areas of the textile industry, are used in many fields such as medicine, transportation, packaging, protective clothing, agriculture, construction, sports equipment, geotextiles and industry. Filtration textiles, which are included in the scope of technical textiles, are used in every sector today. Filter structures are produced with different production methods (woven, knitted, non-woven surface). The filter structures obtained by the textile production method have a very wide usage area. Filtration is defined as the process of separating particles of certain sizes from a fluid by using filter structures and increasing the purity of the fluid. Within the scope of the thesis, the effects of fiber type and fabric structure, which are basic production parameters, on woven filter performance were examined. For this purpose, woven filter fabrics were produced by using different monofilament yarns (polypropylene, poliester, polyamide) and different construction structures (plain, twill, ribs and panama). Performance tests were carried out in order to examine the efficiency of the woven filter fabrics produced. Within the scope of the thesis, it is aimed to establish an important knowledge for the production of high-performance filters for the mining industry by demonstrating the relationships between basic fabric parameters and woven filter efficiency. As a result of the analyzes of the filter fabrics, the parameters that increase the filtration performance were determined and it is aimed to guide the researchers and manufacturers about the progress of scientific studies on this subject.

**Keywords:** Technical textile, Filtration, Filtration textiles, Filtration mechanisms.

# İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
SİMGELER DİZİNİ .....	xi
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xii
TEŞEKKÜR.....	xiii
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1 Literatür Özeti .....	2
1.1.1 Filtrasyon Tanımı ve Mekanizması .....	2
1.1.1.1 Partikül yakalama mekanizması .....	3
1.1.2 Filtre Kumaş Pazar Araştırması ve Kullanım alanları .....	6
1.1.2.1 Maden sektöründe kullanılan filtre kumaşları .....	6
1.1.2.2 Gıda sektöründe kullanılan filtre kumaşları .....	10
1.1.3 Filtrelerin Karakterizasyonu .....	12
1.1.3.1 Mutlak derecelendirme .....	12
1.1.3.2 Nominal değerlendirme .....	13
1.1.3.3 Ortalama filtre derecesi .....	13
1.1.3.3.1 Filtre verimliliği .....	14
1.1.3.3.2 Beta oranı .....	14
1.1.3.3.3 Filtre geçirgenliği .....	15
1.1.4 Filtre Kumaş Üretiminde Kullanılan Lif Çeşitleri .....	16
1.1.4.1 Doğal lifler.....	17
1.1.4.2 Sentetik lifler .....	17
1.1.5 Filtrasyon Yapılarının Üretimi.....	18
1.1.5.1 Dokuma filtre yapıları .....	18
1.1.5.2 Örme filtre yapıları .....	21
1.1.5.3 Dokusuz yüzey filtre yapıları .....	22
1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı .....	22
<b>2. MATERYAL VE METOT .....</b>	<b>24</b>

2.1 Materyal .....	24
2.1.1 Polipropilen Lifi .....	24
2.1.2 Poliester Lifi .....	25
2.1.3 Poliamid Lifi .....	26
2.2 METOT .....	28
2.2.1 Deney Planının Oluşturulması .....	29
2.2.2 Dokuma Kumaş Üretimi .....	30
2.2.2.1 Dokuma hazırlık süreçleri .....	31
2.2.2.2 Dokuma işlemi .....	34
2.2.3 Bitim İşlemleri .....	39
2.2.4 Geliştirilen Kumaşlara Uygulanan Testler .....	40
2.2.4.1 Kumaş performans testleri .....	40
2.2.4.1.1 Gramaj tayini testi .....	41
2.2.4.1.2 Kalınlık tayini testi .....	41
2.2.4.1.3 Kumaş örtme faktörünün tayini .....	42
2.2.4.1.4 Kopma mukavemeti testi .....	43
2.2.4.1.5 Yırtılma mukavemeti testi .....	43
2.2.4.1.6 Hava geçirgenliği testi .....	44
2.2.4.2 Filtrasyon performans testleri .....	45
2.2.4.2.1 Filtrasyon hızı testi .....	45
2.2.4.2.2 Katı madde oranı testi .....	46
2.2.4.2.3 Partikül boyut testi .....	47
2.2.4.2.4 İstatistiksel analiz .....	49
<b>3. BULGULAR VE TARTIŞMALAR .....</b>	<b>50</b>
3.1 Kumaş Fiziksel Test Sonuçları .....	50
3.1.1 Gramaj Tayini Sonucu .....	50
3.1.2 Kalınlık Tayini Sonucu .....	54
3.1.3 Kumaş Örtme Faktörü Sonuçları .....	58
3.1.4 Kopma Mukavemeti Testi Sonucu .....	59
3.1.5 Yırtılma Mukavemeti Testi Sonucu .....	64
3.1.6 Hava Geçirgenliği Testi Sonucu .....	69
3.2 Filtrasyon Performans Test Sonuçları .....	73
3.2.1 Filtrasyon Hızı Test Sonucu .....	74

3.2.2 Katı Madde Oranı Test Sonucu.....	76
3.2.3 Partikül Boyut Test Sonucu .....	77
<b>4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>87</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>90</b>
<b>TEZDEN ÜRETİLMİŞ ESERLER .....</b>	<b>93</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.





## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Batı kömür işletmesinden alınan numunelerin özellikleri.....	9
Çizelge 1.2. Eti Maden İşletmesinde kullanılan filtre kumaşlarının özellikleri .....	10
Çizelge 1.3. Olin yağ işletmesinde kullanılan filtre kumaşlarının özellikleri .....	12
Çizelge 1.4. Konstrüksiyon özelliğinin filtre kumaş performansına etkisi [19].....	20
Çizelge 2.1. Polipropilen lifinin özellikleri [22].....	24
Çizelge 2.2. Tedarik edilen polipropilen ipliğinin özellikleri .....	25
Çizelge 2.3. Poliester lifinin özellikleri [22] .....	25
Çizelge 2.4. Tedarik edilen poliester ipliklerinin özellikleri .....	26
Çizelge 2.5. Poliamid lifinin özellikleri [22].....	27
Çizelge 2.6. Tedarik edilen poliamid ipliğinin özellikleri.....	27
Çizelge 2.7. Hammadde denemesinin gösterildiği deney planı.....	29
Çizelge 2.8. Konstrüksiyon tasarımının gösterildiği deney planı.....	29
Çizelge 2.9. Atkı sıklığının partikül geçirgenliğine etkisinin inceleneceği deney planı .....	30
Çizelge 2.10. Dokuma makinası özellikleri .....	36
Çizelge 2.11. Dokunan filtre kumaş parametreleri.....	36
Çizelge 2.12. Ramöz makinasının çalışma parametreleri.....	40
Çizelge 2.13. Filtre kumaşlarının ramöz makinasında çalışma parametreleri.....	40
Çizelge 3.1. Geliştirilen filtre kumaşlarının gramaj tayini sonuçları .....	50
Çizelge 3.2. Gramaj Değerinin ANOVA sonuçları.....	51
Çizelge 3.3. Tukey yöntemi ile gramaj gruplama bilgileri için (%95 güven aralığı).....	51
Çizelge 3.3. Tukey yöntemi ile gramaj gruplama bilgileri için (%95 güven aralığı) (devamı)	52
Çizelge 3.4. Geliştirilen filtre kumaşlarının kalınlık tayini sonuçları .....	54
Çizelge 3.5. Kalınlık Değerinin ANOVA sonuçları.....	55
Çizelge 3.6. Tukey yöntemi ile kalınlık değerinin gruplama bilgileri (%95 güven aralığı).....	55

Çizelge 3.6. Tukey yöntemi ile kalınlık değerinin gruplama bilgileri (%95 güven aralığı) (devamı).....	56
Çizelge 3.7. Kumaş örtme faktörleri .....	58
Çizelge 3.8. Geliştirilen filtre kumaşlarının çözgü ve atkı yönünde kopma mukavemeti değeri .....	60
Çizelge 3.9. Kopma mukavemet değerinin çözgü yönünde ANOVA sonuçları.....	60
Çizelge 3.10. Kopma mukavemet değerinin atkı yönünde ANOVA sonuçları.....	61
Çizelge 3.11. Tukey yöntemi ile kopma mukavemet değerinin çözgü yönünde gruplama bilgileri (%95 güven aralığı) .....	61
Çizelge 3.12. Tukey yöntemi ile kopma mukavemet değerinin atkı yönünde gruplama bilgileri (%95 güven aralığı) .....	62
Çizelge 3.13. Geliştirilen filtre kumaşlarının çözgü ve atkı yönünde yırtılma mukavemeti değerleri.....	65
Çizelge 3.14. Yırtılma mukavemet değerinin çözgü yönünde ANOVA sonuçları .....	65
Çizelge 3.15. Yırtılma mukavemet değerinin atkı yönünde ANOVA sonuçları.....	66
Çizelge 3.16. Tukey yöntemi ile yırtılma mukavemet değerinin çözgü yönünde gruplama bilgileri (%95 güven aralığı) .....	66
Çizelge 3.17. Tukey yöntemi ile yırtılma mukavemet değerinin atkı yönünde gruplama bilgileri (%95 güven aralığı) .....	67
Çizelge 3.18. Geliştirilen filtre kumaşlarının hava geçirgenliği değeri.....	70
Çizelge 3.19. Hava geçirgenliği sonuçlarının ANOVA analizi.....	70
Çizelge 3.20. Tukey yöntemi ile hava geçirgenliği gruplama bilgileri (%95 güven aralığı) ..	71
Çizelge 3.21. Filtre numunelerinin ölçülen filtrasyon hızları.....	74
Çizelge 3.22. Partikül boyut analizi sonuçları .....	78
Çizelge 3.23. Parçacık boyutu dağılımlarının kullanım alanları .....	79
Çizelge 3.24. Geliştirilen filtre kumaşlarının genel özelliklerinin gösterimi .....	86

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Partikül yakalama mekanizması [3] .....	3
Şekil 1.2. Partikül boyutuna göre filtrelerin sınıflandırılması [3] .....	5
Şekil 1.3. Batı kömür işletmesi görseli .....	7
Şekil 1.4. Vakumlu belt filtre makinası görseli [13] .....	8
Şekil 1.5. Kömür işletmesinden alınan filtre kumaş görüntüsü .....	8
Şekil 1.6. Eti maden işletmesi görseli .....	9
Şekil 1.7. Eti Maden firmasında kullanılan vakumlu bant filtre kumaş görseli .....	10
Şekil 1.8. Olin yağ işletmesi görseli .....	11
Şekil 1.9. Olin yağ firmasında kullanılan vakumlu bant filtre kumaş görseli .....	11
Şekil 1.10. Parçacık boyutundan önemli ölçüde daha küçük olan bir gözenekten geçen iğne benzeri bir parçacığın son derece idealize edilmiş bir örneği [15] .....	13
Şekil 1.11. Filtre akış hızıyla basınç arasındaki ilişki [15] .....	15
Şekil 1.12. a. Monofilament saten örgü kumaş, b. multifilament örgü kumaş, c. yünlü kumaş [16] .....	16
Şekil 1.13. Bezayağı dokuma [5] .....	18
Şekil 1.14. Dimi yapıları [5] .....	19
Şekil 1.15. Saten dokuma yapısı [5] .....	19
Şekil 1.16. Kumaş gözenek geometrisi [20] .....	21
Şekil 2.1. Tedarik edilen polipropilen, poliester ve poliamid lifinin enine kesit görüntüsü ...	28
Şekil 2.2. Suziki çözümlü çekme makinası .....	31
Şekil 2.3. Çözümlü çekilmiş tambur görüntüsü .....	32
Şekil 2.4. Çözümlü aktarılan levent .....	32
Şekil 2.5. Levent tarağı tasarımı .....	33
Şekil 2.6. Tahar makinasının görüntüsü .....	33
Şekil 2.7. Dokuma tarağı görüntüsü .....	34
Şekil 2.8. Dornier dokuma makinası görüntüsü .....	34

Şekil 2.9. Dornier makinasının rapier sisteminin çalışma prensibi .....	35
Şekil 2.10. Leno kenar görüntüsü.....	35
Şekil 2.11. Poliester monofilament ipliğiyle gerçekleştirilen denemeler .....	37
Şekil 2.12. Poliamid monofilament ipliğiyle gerçekleştirilen denemeler .....	37
Şekil 2.13. Polipropilen monofilament ipliğiyle gerçekleştirilen denemeler .....	38
Şekil 2.14. Polipropilen ipliğinde dokuma kaynaklı iplik kopuş hatası .....	38
Şekil 2.15. Ramöz makinası .....	39
Şekil 2.16. Kumaş kesme aparatı.....	41
Şekil 2.17. Kumaş kalınlık ölçüm cihazı .....	42
Şekil 2.18. Çok amaçlı mukavemet ölçme cihazı.....	43
Şekil 2.19. Elmatear Yırtılma test cihazı.....	44
Şekil 2.20. Hava geçirgenliği test cihazı .....	44
Şekil 2.21. Filtrasyon geçirgenliğinin test edildiği filtre pres makinası.....	45
Şekil 2.22. Filtrasyon performansını test etmek amacıyla hazırlanan çözelti .....	46
Şekil 2.23. Filtrasyon testlerinde kullanılan kronometre.....	46
Şekil 2.24. Katı madde oranı için alınan numune.....	47
Şekil 2.25. Mastersizer cihazı.....	47
Şekil 2.26. (a) Lazer saçınım boyut analiz cihazının çalışma teorisi (b) Değişik boyutlardaki parçacıklardan farklı açılarda saçılan ışık enerjisi.....	48
Şekil 2.27. Partikül boyutu analizi numune örnekleri .....	49
Şekil 3.1. Poliester lifiyle geliştirilen filtre kumaşlarının gramaj değeri.....	52
Şekil 3.2. Poliamid lifiyle geliştirilen filtre kumaşlarının gramaj değeri .....	53
Şekil 3.3. Polipropilen lifiyle geliştirilen filtre kumaşlarının gramaj değeri.....	53
Şekil 3.4. Poliester lifiyle geliştirilen filtre kumaşlarının kalınlık tayini .....	56
Şekil 3.5. Poliamid lifiyle geliştirilen filtre kumaşlarının kalınlık tayini .....	57
Şekil 3.6. Polipropilen lifiyle geliştirilen filtre kumaşlarının kalınlık tayini.....	57
Şekil 3.7. Dokunan filtre kumaş numunelerinin örtme faktörü tayini.....	59

Şekil 3.8. Poliester lifiyle geliştirilen filtre kumaşlarının kopma mukavemeti test sonucu .....	63
Şekil 3.9. Poliamid lifiyle geliştirilen filtre kumaşlarının kopma mukavemeti test sonucu.....	63
Şekil 3.10. Polipropilen lifiyle geliştirilen filtre kumaşlarının kopma mukavemeti test sonucu .....	64
Şekil 3.11. Poliester lifiyle geliştirilen filtre kumaşlarının yırtılma mukavemeti test sonucu .	68
Şekil 3.12. Poliamid lifiyle geliştirilen filtre kumaşlarının yırtılma mukavemeti test sonucu.	68
Şekil 3.13. Polipropilen lifiyle geliştirilen filtre kumaşlarının yırtılma mukavemeti test sonucu .....	69
Şekil 3.14. Poliester lifiyle geliştirilen filtre kumaşlarının hava geçirgenliği test sonuçları.....	72
Şekil 3.15. Poliamid lifiyle geliştirilen filtre kumaşlarının hava geçirgenliği test sonuçları ...	72
Şekil 3.16. Polipropilen lifiyle geliştirilen filtre kumaşlarının hava geçirgenliği test sonuçları .....	73
Şekil 3.17. Geliştirilen filtre kumaşları için ölçülen filtrasyon hızları .....	75
Şekil 3.18. Hava geçirgenliği ve filtrasyon hızı arasındaki ilişki .....	76
Şekil 3.19. Süzülen katı madde miktarı .....	77
Şekil 3.20. Farklı ağırlıklarda karışımın teorik parçacık boyut dağılımı [33].....	79
Şekil 3.21. Referans numunenin partikül boyut analiz grafiği .....	80
Şekil 3.22. 2-2-a no'lu numunenin partikül boyut analiz grafiği .....	80
Şekil 3.23. 2-2-b no'lu numunenin partikül boyut analiz grafiği .....	81
Şekil 3.24. 2-2-c no'lu numunenin partikül boyut analiz grafiği .....	81
Şekil 3.25. 2-2-d no'lu numunenin partikül boyut analiz grafiği .....	82
Şekil 3.26. 2-2-e no'lu numunenin partikül boyut analiz grafiği .....	82
Şekil 3.27. 2-2-f no'lu numunenin partikül boyut analiz grafiği.....	83
Şekil 3.28. 3-3-f no'lu numunenin partikül boyut analiz grafiği.....	83
Şekil 3.29. 1-1-f no'lu numunenin partikül boyut analiz grafiği.....	84
Şekil 3.30. Hava geçirgenliği ve partikül boyut analizi arasındaki ilişki .....	85

## SİMGELER DİZİNİ

N	Newton
cN	Santi Newton
m	Metre
cm	Santimetre
cm <sup>2</sup>	Santimetrekare
cm <sup>3</sup>	Santimetreküp
mm	Milimetre
m <sup>2</sup>	Metrekare
m <sup>3</sup>	Metreküp
g	Gram
l	Litre
Pa	Pascal
kPa	Kilopascal
s	Saniye
dk	Dakika
°	Derece
C	Celcius
µm	Mikron
nm	Nanometre
>	Büyük işareti
<	Küçük işareti

## KISALTMALAR DİZİNİ

INDA	Association of the Nonwoven Fabrics Industry
PA	Poliamid
PET	Polietilenteraftalat
PES	Poliester
PP	Polipropilen
CO	Pamuk
LOI	Limit Oksijen İndeksi
Den	Denye
%	Yüzde
%KM	Yüzde Katı Madde
MS	Uyarlanmış Kareler Ortalaması
SS	Uyarlanmış Kareler Toplamı
df	Serbestlik Derecesi
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
ANOVA	Varyans Analizi
Ca	Kalsiyum
Mg	Magnezyum

## TEŞEKKÜR

Tez alıŐma s¼recinin y¼r¼t¼lmesi konusunda desteğini esirgemeyen değerli danışman hocam Prof. Dr. Özer Göktepe'ye teŐekk¼r ederim. alıŐmalarımaya destek veren Y¼nsa Y¼nl¼ Sanayi ve Ticaret A.Ő ve filtrasyon verimlilik analizlerini gerçekleŐtirdięim Asos Proses Makina Sanayi ve Ticaret A.Ő firmasına teŐekk¼r ederim. Tez yazım s¼recim boyunca desteğini esirgemeyen aileme teŐekk¼r ederim.

Aysu BAKKAL İLDENİZ

Tekstil M¼hendisi



## 1. GİRİŞ

İnsanlar, günlük yaşamlarının farklı alanlarında tekstil ürünlerini kullanmaktadır. Tekstil ürünleri insan yaşamının başlarında, korunma amacıyla kullanılırken sonrasında, insan ruhuna yönelik güzellik ve moda amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. Teknik tekstiller tekstil sektörünün en hızlı büyüyen alanlarından biri olup, günümüzde endüstri, taşımacılık, paketlenme, koruyucu giysiler, tarım, inşaat, spor malzemeleri, tıp, jeotekstiller ve sanayi gibi birçok alanda karşımıza çıkmaktadır. Teknik tekstilin kapsamına giren filtrasyon tekstillerinin günümüzde farklı sektörlerde kullanımı bulunmaktadır. Tekstil filtre yapıları çoğunlukla katı-sıvı ve katı-gaz karışımları ayırmak amacıyla kullanılmaktadır. Filtre yapıları; endüstriyel baca gazlarının ve atık suların arıtılmasını sağlamak amacıyla kullanılmasının yanında, otomobillerde yakıt ve yağların temizlenmesi, havalandırma ve klima sistemleri, vakumlu temizleyiciler, tıbbi uygulamalarda da karşımıza çıkmaktadır. Farklı kullanım alanlarında karşılaştığımız filtre örnekleri; kişisel koruyucu ekipmanlar (gaz maskeleri vb.), hava saflaştırıcılar, yağ ve yakıt filtreleri, atık su arıtma ve kimyasal boyarmadde geri dönüşümü tesislerinde kullanılan yapılar olmaktadır. Filtre yapıları, hammadde ve yapısal özelliklerine bağlı olarak farklı boyuttaki partiküller için filtrasyon işlemini gerçekleştirmektedir. Filtre yapıları dokuma ve dokusuz yüzey üretim metoduyla üretilebildiği gibi farklı uygulamalarda, dokuma ve dokusuz yüzeylerin birleştirilmesiyle kompozit yapılar ve bitim işlemleri ile modifiye edilmiş ürünler şeklinde de kullanılabilir. Tez çalışması kapsamında dokuma yöntemiyle elde edilen filtre kumaşlarının üretim süreçleri hakkında bilgi verilerek maden sektörüne uygun filtre kumaşları geliştirilmiştir. Filtrasyon sürecinde verimliliği ölçmek, işlem kalitesini saptamak ve kullanılan filtre malzemesinin konstrüksiyon parametrelerinin optimal duruma getirme durumu oldukça önemli olmaktadır. Ön çalışmalar kapsamında farklı sektörlerde kullanılan (yağ, un, maden, vb.) filtre kumaşları incelenmiştir. Geliştirilecek filtre yapılarında farklı monofilament iplikler (poliester, poliamid, polipropilen) ve örgü çeşidi (bezayağı, dimi, ribs ve panama) kullanılmıştır. Geliştirilen filtre kumaşlarının performansları analiz edilerek, en uygun olan yapılar belirlenmiştir. Filtre kumaşlarının performans ve verimlilik test sonuçları, piyasadaki mevcut ürünler ile karşılaştırılmıştır.

Ülkemizin teknik tekstil ihracat raporu incelendiğinde; 2020 yılı, 2019 yılına göre %17,5 oranında artışla 2,8 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir. Teknik tekstiller kullanım alanlarına göre 12 farklı grupta sınıflandırılmaktadır. Sınıflandırılan grupların kullanım alanı ve ürünler bazında incelendiğinde; “Ambalaj, Tarım, Bina-İnşaat, Giyim, Jeotekstiller, Ev,

Endüstriyel, Hijyen-Tıbbi, Taşımacılık, Koruyucu Elbiseler, Spor-Ekolojik ve Çevre Teknik Tekstilleri” olarak ifade edilmektedir. Filtre kumaşları endüstriyel tekstilleri alanına girmektedir. Gerçekleştirilen ön çalışmalar kapsamında yağ, un, içecek, kömür ve bor maden sektörlerinde yer alan filtre yapıları incelenmiştir.

Dünyada doğal kaynakların azalmasıyla, doğal kaynakların verimli kullanımının önemi artmıştır. Türkiye’de sanayi kollarından olan madencilik sektörünün farklı aşamalarında su kullanılmaktadır. Maden sektöründe genellikle katı mineral taneleri ve sudan oluşan atık suyun işletmelerde tekrar kullanılabilmesi için içermiş olduğu katı mineral tanelerinden hızlı ve etkin bir şekilde kısmen veya tamamen arındırılması gerekli olmaktadır. Madencilik uygulamalarının aksamaması için gerçekleştirilen katı/sıvı ayırımıyla sağlanan temiz suyun işletmeye tekrar beslenmesi gerekmektedir. Farklı yöntemler uygulanarak atık sudan temiz su kazanımıyla işletmeler için gerekli su ihtiyacı ve dolayısıyla atık su kaynaklı tabiat kirliliği azalmaktadır. Bu doğrultuda, proje kapsamında madencilik sektöründe faaliyet gösteren firmaların atık su yönetiminin iyi anlaşılması ve filtre kumaşlarının yerleştirilmesine katkı sağlanması amaçlanmıştır. Saha incelemesi yapılan Batı Kömür ve Eti Maden işletmelerinde kullanılan ithal filtre kumaş yapıları analiz edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda iplik yapılarının monofilament olduğu, kumaş konstrüksiyon yapılarının kullanılan prosese göre farklılık gösterdiği gözlenmiştir. Tez konusu belirlenirken filtre kumaş üretimini yerleştirmek amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, filtre kumaşını geliştirme çalışmaları başlatılmıştır.

## **1.1 Literatür Özeti**

Tez çalışması kapsamında literatür özeti, aşağıdaki konu başlıkları altında verilmiştir.

### **1.1.1 Filtrasyon Tanımı ve Mekanizması**

Teknik tekstilin kapsamına giren filtrasyon tekstilleri günümüzde farklı sektörlerde kullanılmaktadır. Filtrasyon, katı maddeleri gözenekli bir şekilde sıvı süspansiyondan ayırmak için kullanılan mekanik bir işlem olmaktadır. Wakeman [1] tarafından hazırlanmış olan Filtrasyon Terimleri Sözlüğünde filtre yapısı, “Üzerinde veya içerisinde katı partiküllerin depolandığı ve filtrasyon amacıyla kullanılan geçirgen materyal” şeklinde tanımlanmıştır.

Sutherland ve Purchas [1] bu tanımın geniş olmadığını ifade ederek filtre tanımını, “Belirtilen filtrasyon şartlarında, bir karışım, çözelti veya süspansiyonun bir ya da birden fazla bileşenine karşı geçirgen olan ve diğer bileşenleri geçirmeyen yapılar” olarak yapmışlardır.

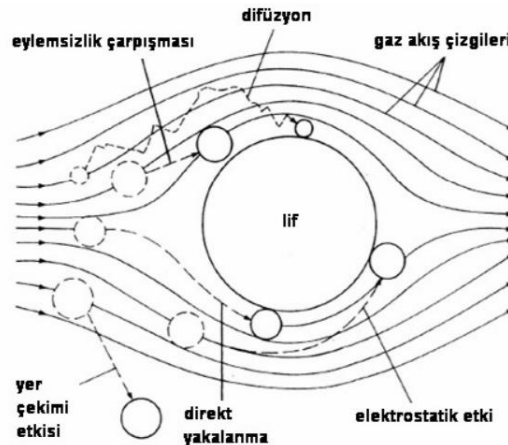
INDA (Association of the Nonwoven Fabrics Industry) [2] filtrasyon tanımına göre; " Filtrasyon bir sıvı veya gaz solüsyonu içerisinde bulunan katı parçacıkların, bu süspansiyonun bir yapı içerisinde geçirilmesi sırasında bu yapı üzerinde veya içinde tutularak ayrılmasıdır. Bu yapıya filtre materyali denilmektedir. Filtrasyon, bir sıvı veya katıdaki kirleticiyi uzaklaştırmakta veya bir operasyon sürecinde mineraller, kimyasallar veya gıda maddeleri gibi katma değeri olan maddeleri ayırmada kullanılabilir" olarak ifade edilmektedir.

#### 1.1.1.1 Partikül yakalama mekanizması

Yüzey filtrasyonu, parçacıkların yüzeyde filtre tabakası denilen bölgede yakalanması sonucu oluşmaktadır [3] Filtre yapısı için gözenek çapının partikül boyutuna oranı, yüzey filtre yapısının yakalama kapasitesini göstermektedir [4].

Filtre yapıları gaz moleküllerinin içinden geçmesini sağlayacak küçük gözeneklere sahip olmaktadır. Küçük partiküller, filtre gözeneklerinin içerisinde gaz akışıyla atmosfere taşınmaktadır. Büyük partiküller ise filtre yapılarının içerisinde geçememektedir. Bu yüzden büyük partiküller filtre yapılarının yüzeyine çarpıncaya kadar düz gitmektedir. Gösterdikleri davranış sonucunda çarpışma (impaction) olarak adlandırılan filtrasyon mekanizmalarından biri gerçekleşmektedir [5].

Filtre yapılarına ait kuramların derinlik filtrasyonu etkisine dayandığı görülmektedir. Partikül yakalama mekanizması ile gerçekleşen derinlik filtrasyonu ve ayrışma teorileri, atalet etkisi, durdurma, difüzyon ve elektrostatik çekime bağlı olmaktadır [1] (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Partikül yakalama mekanizması [3]

- Atalet etkisi: Büyük partiküller hava akışı içerisinde hareket ederken, ataletleri büyük partiküllerin yönlerinde değişikliklere yol açmasını engellemektedir. Filtre

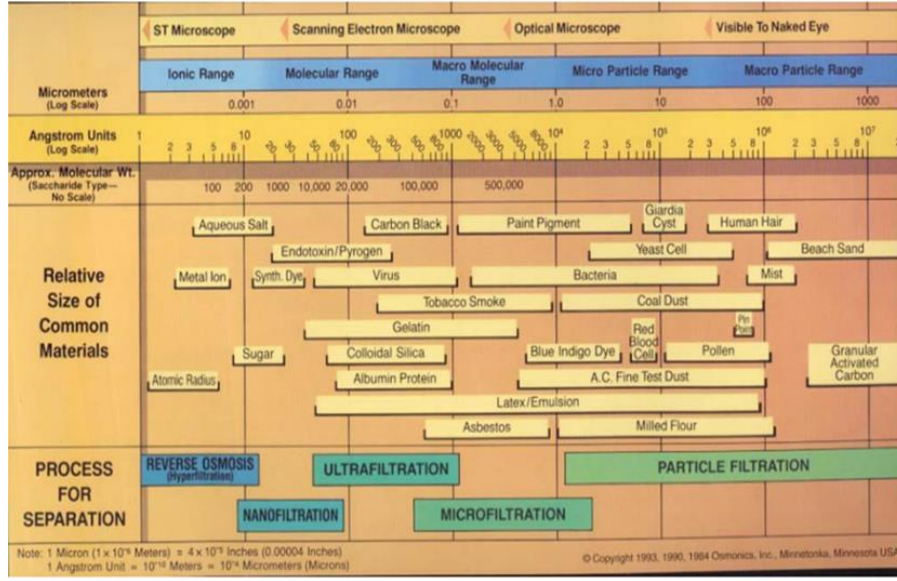
kumaşları hava akışı yönünde yerleştirilerek, partiküllerin takip ettikleri yol üzerinde bir engel oluşturmaktadır. Filtre yapılarıyla partiküller çarpışarak tutunma eğiliminde olmaktadır.

- Durdurma: Durdurma, parçacığın, filtre yüzeyinde bulunan liflerin çapından daha küçük bir uzaklıktan geçmeye çalıştığı durumunda ortaya çıkmaktadır. Parçacık life temas ettiğinde lif tarafından tutularak hava akımından sıyrılmaktadır. Lifin içerisinden geçen parçacık büyüklüğü, partikül boyutu ile ifade edilmektedir.

- Difüzyon: Brownian hareketi; titreşim sonucunda küçük partiküllerin akış içerisindeki durdurulmasını ifade etmektedir. Ortaya çıkan mekanizmanın yavaş hareket halinde olan partiküller için ve ince liflerden meydana gelen filtre yapılarından geçişinde önemli bir durdurma mekanizması olduğu ifade edilmektedir. Partiküller lif boşluklarından içeri girmek yerine çapraz yol izleyerek tutulmaktadır. Brownian difüzyonunun filtreleme verimliliği sıcaklık ve filtre kalınlığıyla ters orantılı olmaktadır [3].

- Elektrostatik çekim: Mekanik yöntemle kombine edilen filtre yapılarından çıkan akışkanların tutulması güç olmaktadır. Elektrostatik alandan geçen partikül kendisiyle zıt yüklü gövde üzerinde yakalanmaktadır. Bu kapsamda life elektrostatik yükler verilerek partikülleri çekmesi sağlanmaktadır. Yapılan mekanizma sayesinde küçük ve orta büyüklükteki partiküllerin tutulması sağlanmaktadır. Filtrasyonun ilk aşamasında, elektrostatik yük kazandırılmış filtreler geleneksel filtrelere göre yüksek verimlilik sonuçları vermektedir [6].

Küçük boyuta sahip partikül taneciklerin, sıvılardan ayrışması “mikrofiltrasyon, ultrafiltrasyon, nanofiltrasyon ve ters ozmos” prosesleriyle ifade edilmektedir (Şekil 1.2) [3].



Şekil 1.2. Partikül boyutuna göre filtrelerin sınıflandırılması [3]

- Mikrofiltrasyon: Partikül boyutu 0,1  $\mu\text{m}$  (100 nm)'dan daha az olan parçacıkların filtrasyon sürecinde kullanılmaktadır. Mikrofiltrasyon genellikle düşük basınç (1–4 bar ve 100–400 kPa) altında gerçekleşmektedir. Mikrofiltrasyonun sıvı arıtma ve steril filtrasyon olmak üzere farklı uygulamaları bulunmaktadır.
- Ultrafiltrasyon: Ultrafiltrasyon partikül ve moleküler filtrasyon arasında olup köprü işlevi göstermektedir. Filtrasyon işleminde parçacık boyutu yaklaşık 0,004  $\mu\text{m}$  – 0,1  $\mu\text{m}$  arasında olmaktadır. Ultrafiltrasyon basınç aralığı genellikle 5-10 bar (500- 1000 kPa) arasında olmaktadır. Aynı zamanda ultrafiltrasyon, suda çözünmeyen moleküler ağırlığı yüksek boyarmadde ve yardımcı kimyasalların atık sulardan ayrılmasını sağlayarak geri kazanılması amacıyla kullanılmaktadır. Bunun dışında atık suyun renginin arıtılması ve suda çözünebilen boyarmaddelerin uzaklaştırılması için nanofiltrasyon veya ters ozmos prosesleri kullanılmaktadır.
- Nanofiltrasyon: Nanofiltrasyon 300-1000 molekül ağırlığındaki ve  $\text{Ca}^{2+}$  ve  $\text{Mg}^{2+}$  gibi büyük iyonların ayrılması amacıyla ters ozmos yöntemiyle kullanılmaktadır. Nanofiltrasyonda 2-12 nm arasında partikül ve molekül ayrımı yapılmaktadır. İşlem sırasında basınç 20-40 bar (2000-4000 kPa) arasında olmaktadır. Nanofiltrasyon ile aynı zamanda küçük organik bileşenlerin ve tuzlu çözeltilerin ayrıştırılması yapılmaktadır.
- Ters Ozmos: Sudan iyonların ayrıştırılması ters ozmos prosesine örnek olarak gösterilmektedir. Ters ozmos prosesinde yüksek basınç altında 30-60 bar (3000–6000 kPa) arasında çalışılmaktadır. Ters ozmos prosesinde çözelti içerisindeki moleküllerin

çoğu membran yapısından geçişini sağlayamamaktadır. Ters yönde basınç uygulayarak, karışımın doğal ozmotik basıncından yüksek olmaktadır. Bu kapsamda su, membranın yüksek tuz konsantrasyonlu bölgesinden düşük konsantrasyonlu bölgesine doğru akmaktadır. Molekül boyut aralığı, 0,0015 µm (1,5 nm)- 0,005 µm (5 nm) arasında olmaktadır [3].

### **1.1.2 Filtre Kumaş Pazar Araştırması ve Kullanım Alanları**

Teknik tekstiller pahalı, katma değeri yüksek ürünlerdir. Teknik tekstil ürünleri günlük hayatımızın farklı alanlarında (ev, otomotiv, tarım, hastane, karayolları vb.) kullanılmaktadır. Teknik tekstil alanının tekstil sektörü içerisindeki pazar payı %45-50'lere ulaşmışken, geleneksel tekstil ve konfeksiyon sektörlerinin toplamındaki payı ise %15-20'lere ulaşmaktadır. Teknik tekstil sektörü geleneksel tekstil ve hazır giyim sektörlerinden farklı olarak sürekli olarak büyümekte ve gelecek vaat eden bir sektör olduğu düşünülmektedir. Teknik tekstiller son kullanım alanlarına göre sınıflandırıldığında, tarım, bina ve inşaat, giyim, jeotekstiller, ev, endüstriyel, hijyen ve tıbbi tekstiller, taşımacılık, ambalaj, koruyucu elbiseler, spor, ekolojik ve çevre teknik tekstilleri olarak 12 ana gruba ayrılmaktadır. Tez çalışması kapsamında geliştirilecek filtre kumaşı endüstriyel tekstillerin kullanım alanına girmektedir [7].

#### *1.1.2.1 Maden sektöründe kullanılan filtre kumaşları*

Dokuma filtre yapıları farklı sektörlerde kullanılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan sektörlerin başında maden sektörü gelmektedir. Tez çalışması kapsamın maden sektöründe kullanılan dokuma filtre yapıları incelenmiştir.

Doğal kaynakların azalmasıyla, doğal kaynak kullanımının önemi artmıştır. Doğal kaynaklarının azalması sonucunda, su kullanan sanayiler yarattıkları atık suların elde edilen temiz suyu tekrar kullanmak istemektedir. Türkiye'de en büyük sanayi kollarından birisi olan madencilik sektörünün farklı aşamalarında su kullanılmaktadır. Maden sektöründe atık suyun işletmelerde tekrar kullanılabilmesi için atık suyun içermiş olduğu katı mineral tanelerinden arındırılması gerekmektedir. Ek olarak; farklı metotlar uygulanarak atık sudan temiz su kazanımıyla işletmeler için gerekli ilave su ihtiyacı azalmakta ve doğada atık su kaynaklı muhtemel kirliliğin önüne geçilebilmektedir [8]. Maden sektörü, büyüklüğü dikkate alındığında atık su oluşumu bakımından önemli bir paya sahip olmaktadır. Tatlı su, madencilik sektörü içerisindeki faaliyetlerinin tamamında kullanıldığı için suyun tekrar kullanılabilmesi önemli olmaktadır [9].

Yapılan pazar araştırması ile Edirne’de bulunan Batı Kömür işletmesi ve Kütahya Emet bor işletmesi ziyaret edilmiştir. Batı Kömür İşletmesi (Şekil 1.3) Edirne ili Uzunköprü ilçesi Harmanlı Köyü sınırları içerisinde kömür madenciliği faaliyetlerini sürdürmektedir. Firma bünyesinde farklı ebatlarda (0,5-10 mm, 18-150 mm) kömür çıkarılmaktadır.



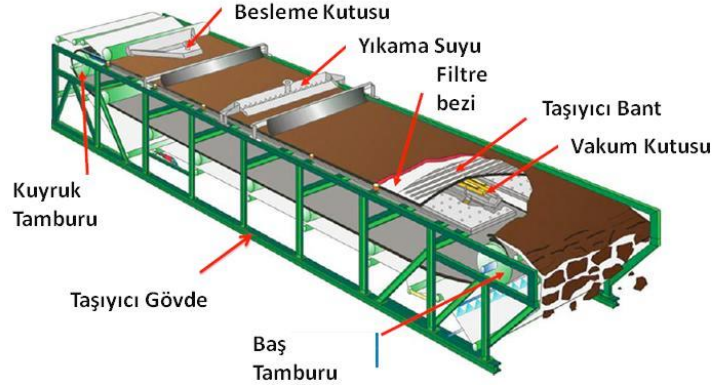
Şekil 1.3. Batı kömür işletmesi görseli

Kömür yıkama tesisleri suyu kullandıktan sonra katı-sıvı karışımı ürünler elde edilmektedir. Katı-sıvı karışımlarında, katı tanecikler iri boyutlu ( $>0,3$  mm) olduğunda susuzlandırma işlemi kolay bir şekilde yapılmaktadır. Maden sektöründe, filtrasyon süreci katı mineral tanelerinin geçmesini engelleyip, sıvının geçmesini sağlayan gözenekli ortam aracılığıyla katıları sıvıdan ayırma işlemi olarak tanımlanmaktadır. Filtrenin gerçekleştiği koşullara bağlı olarak farklı ekipmanlar kullanılmaktadır. Filtrasyon işleminde  $<300$   $\mu\text{m}$  boyutlu malzemelerin susuzlandırılması ortamda bulunan basınç farkından yararlanılmaktadır. Filtrasyon oranı farklı parametrelere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir [10].

Çok ince boyutlu ( $\sim 20\mu\text{m}$ ) şamlardan (toz halindeki cevher veya kömürün su ile karışmış şekli) suyun giderilmesinde filtre yapıları kullanılmaktadır. Endüstriyel ölçekte filtrasyon işlemi genellikle  $0,3$  mm altındaki malzemelerin susuzlandırılması için kullanılmaktadır. Filtrasyon işleminde iki ortam arasındaki basınç farkından faydalanılmaktadır. Filtre dokusunun türü ve geçirgenlik oranı filtrasyonun başarısını etkileyen önemli bir parametre olmaktadır [11].

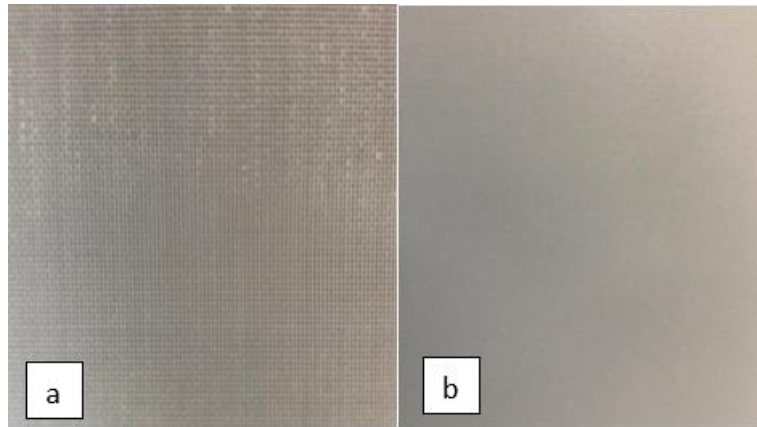
Kömür yıkama işletmelerinde temiz suya olan ihtiyacın artması, ekonomik sebepler ve çevresel hassasiyetlerin oluşmasıyla şamların susuzlandırılması zorunluluk haline gelmiştir. Bu bağlamda, koyulaştırma ve filtrasyon işlemleri tesislerin vazgeçilmez faaliyetleri olmaktadır. Kömür işletmelerinde kullanılan susuzlandırma işlemlerinde; Klasik Tikiner (Koyulaştırıcı), Derin Konik Tikiner (Koyulaştırıcı), Dekantör Santrifuj, Vakumlu Tambur

Filtre, Vakumlu Disk Filtre, Vakumlu Bant Filtre, Bant Pres Filtre, Lehvalı Pres Filtre Membranlı Pres Filtre vb. kullanılmaktadır [12]. Tez çalışması kapsamında ziyaret edilen Batı Kömür İşletmesinde Vakumlu bant filtre prosesi (Şekil 1.4) incelenmiştir.



Şekil 1.4. Vakumlu belt filtre makinası görseli [13]

Vakumlu bant filtrelerin kömür atıklarının susuzlandırılması amacıyla son yıllarda kullanımı artmıştır. Ancak kil oranı yüksek malzemelerde kumaş tıklandıktan sonra yıkama problemi ortaya çıkmaktadır. Bu kapsamda, kil oranı yüksek ince malzemeler için uygun olmamaktadır [10]. Vakumlu bant filtrelerin yapısının kolay olması, sürekli çalışması ve düşük proses maliyeti başlıca avantajlarından olmaktadır. Kapladığı alanın büyük olması ve giderim oranlarının az olması başlıca dezavantajlarından sayılmaktadır. Batı Kömür işletmesinde filtrasyon işlemleri için kullanılan vakumlu bant filtrelerde 2 farklı filtre kumaşı kullanılmaktadır (Şekil 1.5).



Şekil 1.5. Kömür işletmesinden alınan filtre kumaş görüntüsü



Batı kömür işletmelerinde kullanılan filtre kumaşlarının performans özelliklerini tespit etmek amacıyla 2 farklı numune alınmıştır. Alınan numunelerin özellikleri Çizelge 1.1’de gösterilmektedir.

Çizelge 1.1. Batı kömür işletmesinden alınan numunelerin özellikleri

Numune No	Üretim Yöntemi	Kompozisyon	Konstrüksiyon	Çözü No (den)	Çözü (tel/cm)	Atkı No (den)	Atkı (atkı/cm)	Kumaş Eni (cm)	Gramaj (g/m <sup>2</sup> )
a	Dokuma	%100 monofilament PP	Bezayağı	155	24	155	18	250	76
b	Dokuma	%100 monofilament PP	Bezayağı	42	52	42	50	250	52

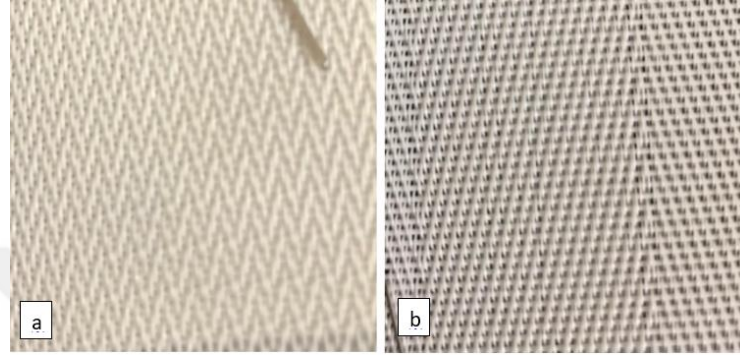
Pazar araştırması kapsamında maden sektöründe kullanılan dokuma filtre yapılarını ve prosesi gözlemlemek amacıyla Eti Maden işletmesi ziyaret edilmiştir (Şekil 1.6).



Şekil 1.6. Eti maden işletmesi görseli

Emet Bor İşletme Müdürlüğü Kütahya’da Emet ilçesinde bulunmaktadır. Hisarcık ve Espey üzerinde bulunan 2 aktif ocaktan kolemanit üretimi yapılmaktadır. Eti maden işletmesinden çıkan kolemanit Dünya rezervlerinin yaklaşık %40’ını Türkiye’deki rezervlerinin ise %55’ini kapsamaktadır. Üretimi gerçekleştirilen konsantre kolemanit, değirmenlerde talep edilen boyutlarda öğütülmektedir. Daha sonra elde edilen reaksiyon, filtrasyon, kristalizasyon ve kurutma proseslerinden geçirilerek sektörde önemli bir yeri olan borik asit dönüştürülmektedir. Borik asit göz, kulak, cilt tedavisinde, haşere ve böcek ilacı yapımı gibi uygulamalarda önemli bir yere sahiptir. Borik asit üretiminde genellikle vakumlu belt filtreler ve polish filtreler kullanılmaktadır [14].

Eti Maden işletmesinde kullanılan vakumlu belt filtre yapıları incelenmiştir. Vakumlu bant filtreler, ağır şart ve yüksek kapasiteli susuzlaştırma işlemlerinde kullanılan filtre tipleri olmaktadır. Eti maden işletmesinde kullanılan vakumlu bant filtrelerin kullanım amacı; kristalizasyon ile oluşturulan borik asidin, çözeltiden süzme ile ayrılmasını sağlamaktır. Filtre üzerindeki borik asit kristalleri yıkama işlemine tabi tutulmaktadır. Firmadan iki farklı vakumlu belt filtre kumaş numunesi alınmıştır (Şekil 1.7).



Şekil 1.7. Eti Maden firmasında kullanılan vakumlu bant filtre kumaş görseli

Eti Maden işletmelerinde kullanılan filtre kumaşlarının özelliklerini tespit etmek amacıyla 2 farklı numune alınmıştır. Alınan numunelerin özellikleri Çizelge 1.2’de gösterilmektedir.

Çizelge 1.2. Eti Maden İşletmesinde kullanılan filtre kumaşlarının özellikleri

Numune No	Üretim Yöntemi	Kompozisyon	Konstrüksiyon	Çözü No (den)	Çözü (tel/cm)	Atkı No (den)	Atkı (atki/cm)	Kumaş Eni (cm)	Gramaj (g/m <sup>2</sup> )
a	Dokuma	%100 monofilament PP	Saten	187	23	187	21	170	668
b	Dokuma	%100 monofilament PES	Dimi	160	28	160	10	170	612

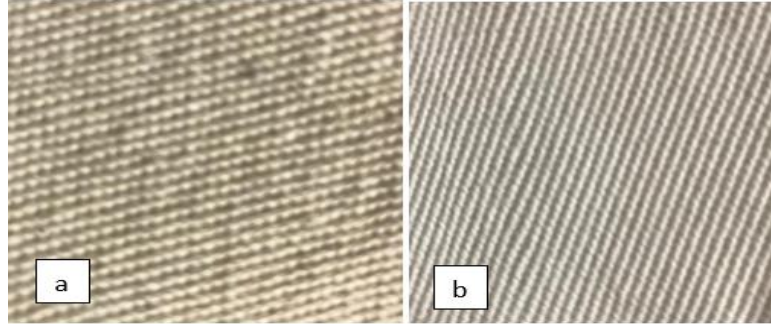
#### 1.1.2.2 Gıda sektöründe kullanılan filtre kumaşları

Dokuma filtre yapıları farklı sektörlerde kullanılmaktadır. Dokuma filtre yapılarının en çok kullanıldığı maden sektöründen sonra gıda sektöründeki filtre kumaş yapıları incelenmiştir. Bu kapsamda olin yağ fabrikası ziyaret edilerek filtre pres makinalarında gerçekleşen proses incelenmiştir ( Şekil 1.8).



Şekil 1.8. Olin yağ işletmesi görseli

Yağ temizliği için filtreler düşük maliyetli üniteler olma avantajına sahip olmaktadır. Filtre pres makinalarında katı-sıvı karışımları basınç değeri yüksek pompayla filtre prese transfer edilmektedir. Filtre pres plakaları üzerinde bulunan filtre kumaşları yardımıyla katı-sıvı karışımı malzemeler süzülerek katı partiküller filtre plakaları arasında toplanmaktadır. Filtrasyon işlemi sonucu oluşan sıvı, takımın dışına alınmaktadır. Yüksek basınç değeriyle sıkıştırılan filtre pres plakalarının üzerindeki kumaşlar basınçlı pompa yardımıyla beslenmektedir. Olin yağ firmasından alınan numune görselleri Şekil 1.9'da gösterilmiştir. Filtre pres plakalarının arasında biriken atıklar, plaklar açılarak içerisinde bulunan malzemeler temizlenerek bertaraf edilmemektedir.



Şekil 1.9. Olin yağ firmasında kullanılan vakumlu bant filtre kumaş görseli

Olin Yağ işletmelerinde kullanılan filtre kumaşlarının özelliklerini tespit etmek amacıyla 2 farklı numune alınmıştır. Alınan numunelerin özellikleri Çizelge 1.3'de gösterilmektedir.

Çizelge 1.3. Olin yağ işletmesinde kullanılan filtre kumaşlarının özellikleri

Numune No	Üretim Yöntemi	Kompozisyon	Konstrüksiyon	Çözü No (den)	Çözü (tel/cm)	Atkı No (den)	Atkı (atkı/cm)	Kumaş Eni (cm)	Gramaj (g/m <sup>2</sup> )
a	Dokuma	%70 Pes- %30 Co	Dimi	1.600	24	1.600	12	70	860
b	Dokuma	%100 Pes	Dimi	2.100	27	2.100	10	70	808

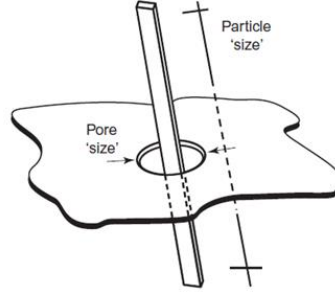
### 1.1.3 Filtrelerin Karakterizasyonu

Filtreler genellikle belirli bir boyuttaki partiküllerin bir akışkandan uzaklaştırılmasındaki performanslarına göre derecelendirilmektedir. Endüstriye bağlı olarak performansı karakterize etmek için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Olası parçacık yakalama mekanizmaları hakkında iyi bir anlayışa sahip olmak son derece yararlı olup, optimum performanstan sapmayı tespit etmek için önemlidir. Basit bir parçacık yakalama yöntemine ek olarak, filtre ortamında önceden yakalanmış parçacıkları atma eğilimleri, toplam toz tutma kapasiteleri açısından da değerlendirilmektedir. Bu yetenekler birçok standarda dâhil edilmiştir. Filtrasyon işlemi olarak performansın derecelendirilmesini, filtre yapısı ve filtreleme cihazları etkilemektedir [15].

#### 1.1.3.1 Mutlak derecelendirme

Bir filtrenin askıda katı maddesinin tümünü kaldıramayacağı göz önüne alındığında, parçacıkların filtreden geçemediği parçacık boyutu, kesme noktası olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle kesme noktası, genellikle filtre çapını ifade etmektedir. Filtre ortamı tam ve tutarlı bir gözenek boyutuna veya açıklığına sahipse, bu kesme noktası mutlak bir derecelendirme olarak adlandırılmaktadır. Bununla birlikte, çoğu gerçek ortam tam olarak tutarlı gözenek boyutlarına sahip olmamaktadır. Aslında bir süspansiyondaki parçacıkların şekli, filtrenin nominal etkinliği üzerinde belirgin bir etkiye sahip olabilmektedir.

İğne benzeri bir parçacık Şekil 1.10'da gösterildiği gibi, parçacığın nominal çapından önemli ölçüde daha küçük bir gözenekten geçmektedir. Bu nedenle, küresel boncuklara dayanan herhangi bir test veya derecelendirme, bu filtre ortamı tarafından tutulan en ince parçacığın boyutunu doğrudan vermemektedir.



Şekil 1.10. Parçacık boyutundan önemli ölçüde daha küçük olan bir gözenekten geçen iğne benzeri bir parçacığın son derece idealize edilmiş bir örneği [15]

Bir filtrenin derecelendirmesi bazı referans koşullarda verilmektedir. Referans koşullarının başında sıcaklık, pH vb. parametreler gelmektedir. Filtre ortamı sabit olmamaktadır; belirli koşullar altında yapısındaki gözenekler aşırı akış veya basınçla açılabilir veya kimyasal absorpsiyonun neden olduğu malzeme şişmesi ile kapatılabilir. Keçe ve dokuma kumaş gibi bazı filtre ortamları değişken bir gözenek boyutunda olup mutlak bir dereceye sahip olmayabilir. Gözeneklerin spesifik düzenlenmesi ve ortamın kalınlığı ile belirlenmektedir [15].

#### 1.1.3.2 Nominal değerlendirme

Nominal değerlendirme; filtre üreticisi tarafından belirlenen ve belirli bir kirleticinin yüzde tutulmasıyla ifade edilen filtrenin performansı için belirli bir boyuttaki (genellikle küresel cam boncuklar) değeri göstermektedir. Aynı zamanda filtre için nominal bir verimlilik rakamını temsil etmektedir. Birçok filtre üreticisi bu tür testleri kullanmaktadır fakat tekdüzelik ve tekrarlanabilirlik eksikliği nominal değerlendirmenin gözden düşmesine neden olmaktadır.

Nominal değerlendirmede varyasyonlar oldukça büyük olabilmektedir. Örneğin, nominal değeri 30  $\mu\text{m}$  olarak verilen bir keçenin bu boyuttaki parçacıkların %20-40'ını geçebilmektedir. Aynı zamanda, çok daha küçük parçacıkların önemli bir bölümünü de koruyabilmektedir. Bu küçük boyut tutma her zaman kumaşın tasarımına bağlı olarak gerçekleşecektir [15].

#### 1.1.3.3 Ortalama filtre derecesi

Ortalama filtre derecesi, bir filtre yapısının ortalama gözenek boyutunun ölçümünü ifade etmektedir. Nominal filtre derecelendirmesinden çok daha anlamlıdır ve farklı gözenek

boyutlarına sahip filtre elemanları söz konusu olduğunda mutlak derecelendirmeden daha gerçekçi sonuçlar elde edilmektedir [15].

#### 1.1.3.3.1 Filtre verimliliği

Bir filtrenin nominal değeri verimlilik rakamı ile ifade edilmektedir. Yüzde olarak verildiğinde, doğrudan parçacık sayısından hesaplanabilmektedir: Formül 1.1'de gösterilmiştir [15].

$$\% E_x = \frac{N_u - N_d}{N_u} \times 100 \quad (1.1)$$

Filtrasyon verimliliği, filtre kumaşından geçen parçacık boyutuyla ilişkili olmaktadır. Formülde gösterilen  $E_x$ ,  $x$   $\mu\text{m}$  parçacıkları için verimlilik değerini ifade etmektedir.  $N_u$  ve  $N_d$ , ise sırasıyla filtrenin yukarı ve aşağı akışındaki parçacık miktarını göstermektedir (veya alternatif olarak, birim sıvı hacmi başına kütle). Filtre verimliliğini belirlemek için boncuk meydan okuma testi de yapılmaktadır [15].

#### 1.1.3.4 Beta oranı

Beta oranı, hem filtre üreticisine hem de filtre kullanıcılarına çeşitli filtre ortamları arasında doğru ve temsili bir karşılaştırma yapma amacı ile sunulan bir derecelendirme sistemi olmaktadır. Daha yüksek filtre verimliliğinde ayırma derecesini daha iyi gösterme eğilimindedir; Örneğin, %99,5'lik bir filtre verimliliği 200 beta oranına sahipken %99,9'luk bir verimlilik 1000 eşdeğer beta oranına sahip olmaktadır.

Beta oranı, filtrenin yukarısındaki süspansiyondaki belirli bir boyutun,  $x$ 'in üzerindeki birim hacim başına parçacık sayısı ile filtrenin aşağısındaki akıştaki aynı parametreye oranı olarak tanımlanmaktadır. İki akış bölgesinde doğru parçacık sayımı sağlayan bir test cihazında belirlenmektedir. Beta oranı Formülü 1.2'de gösterilmektedir [15].

$$\beta_x = \frac{N_u}{N_d} \quad (1.2)$$

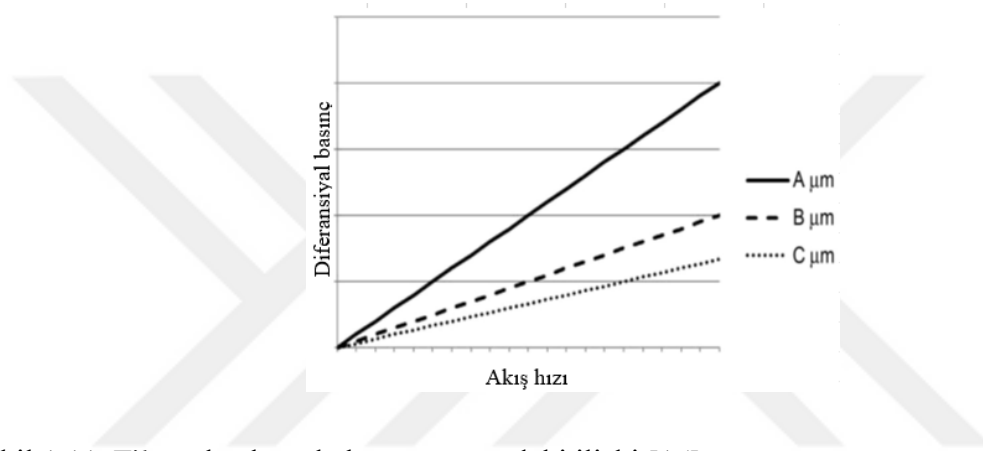
$\beta_x$ ,  $x$   $\mu\text{m}$ 'den büyük parçacıklar için beta oranıdır,  $N_u$ , birim hacim başına  $x$   $\mu\text{m}$ 'den daha büyük parçacıkların sayısıdır,  $N_d$ , birim hacim başına  $x$   $\mu\text{m}$ 'den daha küçük parçacıkların sayısı olmaktadır. Beta oranının değeri ne kadar yüksek olursa, filtrede belirtilen boyuttaki veya

daha büyük parçacıkların o kadar fazla tutulduğu anlamına gelmektedir. Partikül büyüklüğündeki filtre verimi, aşağıdaki gibi beta oranı ile Formül 1.3 ile hesaplanmaktadır [15].

$$\% Ex = \frac{\beta_x - 1}{\beta_x} \times 100 \quad (1.3)$$

#### 1.1.3.5 Filtre geçirgenliği

Bir filtrenin geçirgenliği (veya akış hızı özellikleri), belirli bir basınç düşüşünde filtreden ne kadar sıvının geçebileceği ile tanımlanmaktadır. Gerekli filtrasyon alanını hesaplamak için Şekil 1.11'de gösterilene benzer bir eğri kullanılmaktadır.



Şekil 1.11. Filtre akış hızıyla basınç arasındaki ilişki [15]

Şekil 1.11’de filtrasyon hızıyla basınç düşüşü arasındaki ilişki gösterilmiştir. Grafığe göre basınç değerinin artmasıyla filtrasyon hızı artmaktadır. Grafikte A, B ve C ile gösterilenler farklı gözenek boyutuna sahip filtre yapıları olmaktadır. A, daha büyük mikrona sahip partikülleri geçirirken, C küçük mikrona sahip partiküllerin geçişini sağlamaktadır. Tek bir ünite (kartuş diyelim) için referans olan bu egride görüldüğü gibi, basınç düşüşü filtreden geçen akış hızı ile orantılı olmaktadır. Bir filtrenin boyutlandırılması için standart yöntem şunları içerir:

- Gerekli proses akış hızı
- Genel sistemin kabul edilebilir basınç düşüşü
- Elemanların kendileri için kabul edilebilir basınç düşüşü

**Basınç Düşüşü tayini:** Filtre yapıları kullanıldığı ilk andan itibaren akışkana karşı direnç göstermektedir. Gerçekleşen olay filtrasyon ortamında üst akış alanı ile alt akış alanı arasında basınç farkına sebep olmakta ve bu durum “basınç düşüşü” olarak ifade edilmektedir. Modern

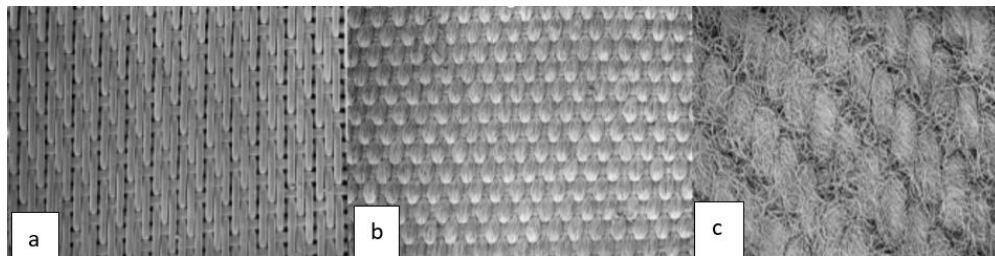
test mekanizmaları elektronik izleyicilere ve dijital okuyuculara sahip olup, diferansiyel basınç devrelerinde alt ve üst akış alanında bulunan problemlerle basınç düşüşü ölçülmektedir [15].

#### 1.1.4 Filtre Kumaş Üretiminde Kullanılan Lif Çeşitleri

Filtre kumaşlarında kullanılan lif cinsi ve örgü yapısı filtrasyon verimliliğiyle ilişkili olmaktadır. Lif çapı azaldıkça, filtrasyon kalitesi artarken gerilme mukavemetinde bir miktar azalma olmaktadır. Filtrasyon verimliliği, filtre yapısında kullanılan doğal-sentetik liflerin enine kesit şekli ve yüzey alanına bağlı olarak değişmektedir. Lif enine kesiti yuvarlak olmayan ve şerit şeklinde olan lifler filtre performansında akış hızını düşürmektedir. Yuvarlak kesitli liflerde akış hızı daha yüksektir. Filtre kumaşının kullanım yerine göre lif seçimi önemli olmaktadır. Ayrıca lifin uzunluğu, yoğunluğu, dayanıklılığı, kimyasallara karşı dayanıklılığı gibi parametreler, filtrasyon performansını etkilemektedir [3].

Filtre kumaşlarında lif özelliklerinin filtrasyon performansı üzerinde etkisi bulunmaktadır. Filtre kumaşlarında kullanım yerine ve nedenine göre monofilament, multiflament ve kısa-şapnel lifler kullanılmaktadır. Monofilament, tek bir lifin sonsuz uzunluğunu ifade etmektedir. Monofilament liflerin çapı 30 µm ile 3 mm arasında değişmektedir. Monofilament iplikler ile üretilen kumaşlar, kimya ve gıda işleme endüstrilerinde, endüstriyel hidrolik, medikal ve otomotiv endüstrilerinde medikal, temiz oda ve havacılık uygulamalarında üst düzey temizlik gerektiren uygulamalarda kullanılmaktadır. Monofilament iplikler kullanılarak üretilen filtre yapılarının gözenekleri daha büyük olacağı için, yüzeylerin temizlenmesi daha kolay olmaktadır.

Multiflament iplikler ile üretilen kumaşlar daha yüksek dayanıklılık ve esnekliğe sahip olmaktadır. Multiflament iplikle üretilen kumaşlar, monofilament iplikle üretilen kumaşlara göre daha küçük gözenek boyutlarına sahip olmaktadır (Şekil 1.12) [16].



Şekil 1.12. a. Monofilament saten örgü kumaş, b. multiflament örgü kumaş, c. yünlü kumaş [16]



#### 1.1.4.1 Doğal lifler

Doğal liflerin (yün, pamuk vb.) filtre kumaş üretiminde kullanıldığı alanlar; gaz maskesi, vakumlu temizleyici torbası olmaktadır. Doğal lif ailesinden olan manila keneviri olarak da bilinen abaka lifi çay poşetleri, kahve filtreleri gibi sıvı filtrasyon uygulamalarındaki filtrelerde tercih edilmektedir. Aynı zamanda iğnelenmiş keçe filtre yapılarının üretiminde pamuk lifinin ilk hasat linterleri kullanılmaktadır. Yün lifinin sahip olduğu kimyasal özelliklerinden dolayı endüstriyel ölçekli gaz maskeleri, elektrikli süpürge torbaları gibi uygulamalarda sıklıkla keçe formunda kullanılmaktadır [6]. Hava filtrasyon uygulamalarındaki filtrasyon performansı incelendiğinde keten atığından elde edilen iğneleme yöntemiyle üretilen dokusuz yüzey filtre yapılarından yararlanılmıştır. Elde edilen filtre yapısına uygulanan kalandır işlemi kumaş yüzeyindeki gözenek büyüklüğünü etkilediği için filtrasyon performansına pozitif yönde etki ettiği elde edilen sonuçlar arasında olmaktadır [17].

Manila kenevir lifi endüstriyel filtreler, çay poşetleri, kahve filtreleri ve vakum torbaları gibi sıvı filtrasyon alanlarında kullanılmaktadır. Ek olarak, tıbbi gaz maskelerinde ve mikro hava filtrelerinde güçlendirilmiş malzemeler olarak kullanımları olmaktadır [3].

Yün lifleri filtreleme uygulamaları için benzersiz özelliklere sahip olmaktadır (Şekil 1.12.c). Yünden yapılan filtreler, torba filtrasyonu, konut filtreleri, elektrikli süpürge torbaları ve endüstriyel solunum cihazları gibi hava filtresi uygulamalarında ve akvaryumda kullanılmaktadır.

#### 1.1.4.2 Sentetik lifler

Sentetik liflerin talep edilen mekanik, kimyasal ve ısı dayanım özelliklerinde üretilbilmeleri filtre kumaşlarında tercih edilmesine sebep olmuştur. Poliester lifi tek başına veya diğer elyaflarla karışım şeklinde harmanlanarak iğneleme metoduyla keçe haline getirilip hava filtrasyonunda kullanılmaktadır. Sentetik lif olan poliamid lifi torba filtre kumaş ve elektrospun nanolif filtre üretiminde kullanılmaktadır. Poliamid lif ailesinden olan meta-aramidler ve para-aramid, yüksek sıcaklığa karşı dayanıklı olan hava filtrasyonu uygulamalarında kullanılmaktadır [1].

Poliester lifi, maliyeti düşük ve filtre kumaş yapılarına uygun olmasından dolayı dokusuz yüzey filtre uygulamalarında tercih edilmektedir. Spunbond üretim yöntemiyle elde edilen poliester lifi hava ve sıvı filtrasyon uygulamalarında kullanıma uygun olmaktadır [1].

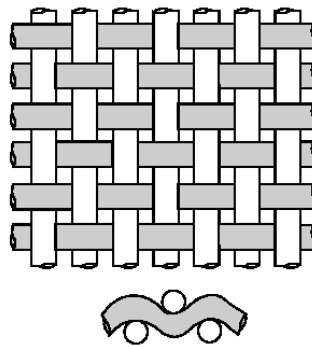
Polipropilen lifiyle geliştirilen filtre kumaşı, çoğu asit ve alkaliye karşı iyi direnci nedeniyle sıvı-katı filtrasyonunda yaygın olarak kullanılmaktadır. Aynı zamanda polipropilen lifi süper düşük nem emilimine sahiptir. Maden sektöründe yaygın olarak kullanılan filtre pres makinalarında poliester lifiyle geliştirilen filtre kumaşlarında kullanılmaktadır. Poliester lifi, asitlere karşı 150 °C' ye kadar yüksek sıcaklıklara karşı mükemmel direnci nedeniyle artan sayıda filtre pres üreticileri tarafından kullanılmaktadır. Poliester lifinin, yüksek gerilme mukavemeti, aşınma direnci ve geçirgenlik gibi mükemmel kombinasyon özellikleri nedeniyle filtre kumaş üretiminde kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Özellikle sürtünme direncinin önemli olduğu sıvı-katı filtrasyon uygulamalarında poliamid filtre kumaşları sıklıkla kullanılmaktadır. Poliamid lifi, yüksek sıcaklıklara (220-260 °C) dayanıklı, esnek ve mukavemet değerleri yüksek olmaktadır. Poliamid lifinin altı atomdan biri olan hidrojen bağlayıcılar nemin absorblanmasını sağlamaktadır. Poliamid lifi yağ vb. kimyasallara karşı direnç göstermektedir. Ek olarak zayıf asitlere karşı direnç gösterip, alkali çözeltilerinden etkilenmektedir [3].

### 1.1.5 Filtrasyon Yapılarının Üretimi

Filtrasyon işlemlerinde dokuma, örme ve dokusuz yüzey olmak üzere 3 farklı üretim yöntemi bulunmaktadır.

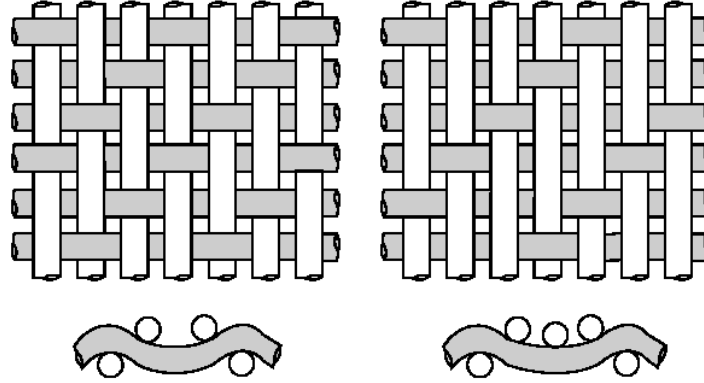
#### 1.1.5.1 Dokuma filtre yapıları

Filtre kumaşlarının dokuma tasarımı kullanılacağı prosese bağlı olarak farklı yapıda olmaktadır. Tekstilde, üç temel dokuma örgü yapısı (bezayağı, dimi, saten) bulunmaktadır. Bezayağı, kumaş yüzeyindeki en küçük gözenek boyutlarına sahip düz örgü olmaktadır. Bezayağı örgüler, yüksek filtrasyon verimliliğine sahip en sıkı kumaş yapısıdır (Şekil 1.13).



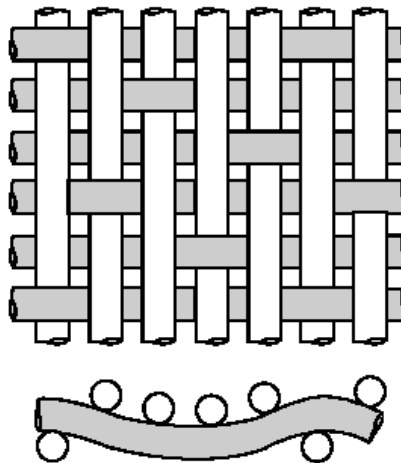
Şekil 1.13. Bezayağı dokuma [5]

Filtre kumaşı üretiminde bezayağı örgü dışında dimi örgülerde kullanılmaktadır. Dimi yapıların karakteristik görüntüsü diyagonal olup sıralı şekilde iki veya daha fazla çözgü ipliği üzerinden geçmesiyle oluşmaktadır (Şekil 1.14). Dimi örgüler (2/1, 2/2 veya 3/1 gibi) düz örgülere kıyasla daha esnek örgüye sahiptir. Düz örgülerden daha iyi akış hızı sağlamaktadır. Fakat dimi yapılar parçacık tutma özellikleri bezayağı yapılarına göre daha azdır [18].



Şekil 1.14. Dimi yapıları [5]

Filtre kumaş yapısı olarak üretilen saten örgüler, esneme özelliğine sahiptir (Şekil 1.15). Bununla birlikte, küçük partikülleri yakalama yetenekleri çok düşük olmaktadır. Kısaca, dokuma tasarımının türü filtrelerin özelliklerini büyük ölçüde etkilemektedir. Saten örgülerin, dimi örgülere göre daha pürüzsüz bir yüzeyi bulunmaktadır. Saten örgü yapıları bezayağı ve dimi örgüye göre daha esnek olmaktadır. Çizelge 1.4' de dokuma kontrüksiyon özelliğinin filtre kumaş performansına etkisi gösterilmiştir.



Şekil 1.15. Saten dokuma yapısı [5]

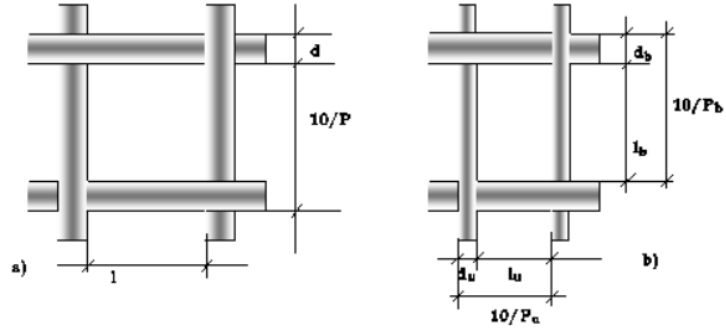
Çizelge 1.4. Konstrüksiyon özelliğinin filtre kumaş performansına etkisi [19]

Performans Parametreleri	Seçim Sırası		
	1	2	3
Maksimum Filtrasyon Özelliği	Bezayağı	Dimi	Saten
Kolay Toz Katmanı Tabakası Deşarjı	Saten	Dimi	Bezayağı
Akışa Minimum Direnç	Saten	Dimi	Bezayağı
Maksimum Kumaş Ömrü	Dimi	Bezayağı	Saten
Minimum Gözenek Dolma Eğilimi	Saten	Dimi	Bezayağı

Çözü ve atkı ipliği arasındaki mesafe partikülleri tutma eğilimini etkilemektedir. Basit yapıya sahip kumaş filtre yapılarının karakterizasyonu belirli yapısal ve fonksiyonel özellikler sayesinde yapılabilmektedir. Yapısal ve fonksiyonel özellikler arasında gözeneklilik, gözenek boyutu ve mimarisi, aktif filtreleme yüzey ortamı ve filtre inceliği sayılabilmektedir [2].

- Gözeneklilik: Kumaş geometrisi, hammadde ve iplik özelliklerine bağlı olarak kumaşın geçirgenlik özelliklerini doğrudan etkilemektedir. Filtrasyon hızı filtre ortamı boyunca akışkan hareketi, filtrenin alanı boyunca birim zaman başına geçen maksimum sıvı hacmi olarak tanımlanmaktadır. Gözeneklilik, birim hacim başına filtre ortamındaki gözenek hacmini ifade etmektedir. Genel olarak, tekstil filtreleme ortamı homojendir, çünkü filtre geçirgenliği çalışma sırasında değişmektedir. Ortam homojenliği, dokuma filtrenin yapısına bağlı olarak daha büyük veya daha küçük olabilmektedir [15].

- Gözenek boyutu ve mimarisi: Filtrenin tüm yüzeyine nüfuz ederek gözeneklerden daha büyük katı partikülleri tutan, ancak onları taşıyan sıvının geçişine izin veren gözeneklerin varlığıyla, filtrasyon yüzeyi tanımlanmaktadır. Şekil 1.16'da basit yapıya sahip bir dokuma kumaşın tanımlanmış gözenek geometrisi gösterilmektedir. Dengeli dokuma kumaşta ( Şekil 1.16.a) çözgü ve atkı iplikleri, aynı incelik, çapa (d) ve sıklığa (P) sahip olmaktadır. Dengesiz dokunmuş kumaşta ( Şekil 1.16.b), çözgü ve atkı,  $d_u$ ,  $d_b$  ile ifade edilen farklı numaralara ve  $P_u$ ,  $P_b$  ile ifade edilen farklı sıklıktaki ipliklere sahip olmaktadır [20].



Şekil 1.16. Kumaş gözenek geometrisi [20]

Dokuma filtre yapılarının en önemli özellikleri; partikül tutma verimliliği, filtre ortamının yapısı, partikül şekli, kullanılan filtreleme mekanizmaları, akış direnci, filtre ortamının gözenekliliği ve geçirgenlik olarak sıralanabilir. Dokuma yöntemiyle elde edilen filtreler çoğunlukla yüksek mukavemet değeri istenen uygulamalarda kullanılmaktadır. Düzenli gözenek boyutuna sahip olan dokuma filtre kumaşları, yüzey filtrasyon uygulamalarında, yalnızca gözenek boyutundan daha büyük partikülleri ayırmak amacıyla kullanılırlar [6].

#### 1.1.5.2 Örme filtre yapıları

Örme kumaş yapıları, üretim teknikleri ve bağlantı yapılarıyla diğer üretilen tekstil ürünlerinden farklı olmaktadır. Örme kumaşlar üretim teknikleri bakımından atkılı ve çözgülü örme olarak sınıflandırılmaktadır. Örme yüzeylerde ipliğin ilmek formu oluşturarak yüzey oluşturması nedeniyle örme kumaşlar çok esnek yüzeye sahiptir. İlmeklerin esnekliği sonucunda, örme kumaşlar tutum, yumuşaklık ve dökümlülük bakımından özelliklere sahip olmaktadır. Dokuma kumaşla karşılaştırıldığında kolayca buruşmaz ve buruştuğunda da çabucak eski haline dönmektedir. Yuvarlak örme kumaşlar dairesel yapıda tüp şeklinde helozonik biçimde örülmektedir [21].

Filtre kumaş yapılarına uygulanan bitim işlemlerinin temel amacı; yüzey karakteristiklerini geliştirmek, kumaş stabilitesi sağlamak ve kumaşın geçirgenliğini kontrol etmektir. Uygulanan bitim işlemleriyle kumaş yüzeyinden partiküllerin uzaklaşması kolaylaşmaktadır. Aynı zamanda filtre kumaşlarının temizleme süreci kısalarak, yüzey düzgünlüğü ve homojen geçirgenlik sağlanmaktadır. Filtre kumaş yapılarına uygulanan bitim işlemleri; kalandırlama, ısı ile şekil verme, gazeleme ve kaplamadır. Yüksek sıcaklık ile şekil verme işlemi filtre kumaşının kullanıldığı ortamda çekmeye maruz kalmalarını engellemek ve kumaş stabilitesini sağlamak için uygulanmaktadır. Kesikli elyaf ile geliştirilen filtre

kumaşlarında içerisinde yüzeye çıkmış lifleri uzaklaştırmak amacıyla yüzey yakma işlemi yapılmaktadır [1].

### *1.1.5.3 Dokusuz yüzey filtre yapıları*

Filtre kumaşlarının üretim yöntemlerinden biri de dokusuz yüzeyler olmaktadır. Filtrasyonda, üç boyutlu dokunmamış filtreler, büyük yüzeyleri ve çok gözenekli yapıları nedeniyle ideal olmaktadır. Dokusuz yüzeylerin üretilmesinde serme yöntemleri kullanılmaktadır. Dokusuz yüzey olarak adlandırılan filtre yapıları havada bulunan küçük partikülleri tutma eğilimleri daha yüksek olmaktadır. Bu kapsamda dokusuz yüzey filtre yapıları genellikle hava filtrasyon uygulamalarında kullanılmaktadır. Lifler yaş yöntem üretim metoduyla su içerisinde, kuru yöntemde ise hava ortamında yönlenebilir ve serilmektedir [3].

## **1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı**

Sürdürülebilirlik kapsamında doğal kaynakların azalmasıyla beraber su kullanımı önem kazanmıştır. Türkiye’de en büyük üretim kollarından birisi olan madencilik sektörünün her aşamasında su kullanılmaktadır. Maden sektöründe genellikle katı mineral taneleri ve sudan oluşan atık suyun işletmelerde tekrar kullanılabilmesi için içermiş olduğu katı mineral tanelerinden hızlı ve etkin bir şekilde kısmen veya tamamen arındırılması gerekli olmaktadır. Madencilik uygulamalarının aksamaması için gerçekleştirilen katı/sıvı ayırımıyla sağlanan temiz suyun işletmeye tekrar beslenmesi gerekmektedir. Farklı yöntemler uygulanarak atık sudan temiz su kazanımıyla işletmeler için gerekli su ihtiyacı azalmaktadır ve tabiatta atık su kaynaklı kirlilik önlenmektedir. Bu doğrultuda, tez kapsamında madencilik sektöründe faaliyet gösteren firmaların atık su arıtmada kullandıkları filtrelerin anlaşılmasına ve geliştirilecek filtre kumaşları ile bu alanda kullanılan filtre ürünlerinin yerleştirilmesine katkı sağlanması amaçlanmıştır. Saha incelemesi yapılan Batı Kömür ve Eti Maden işletmelerinde kullanılan ithal filtre kumaş yapıları analiz edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda iplik yapılarının monofilament olduğu, kumaş konstrüksiyon yapılarının kullanılan prosese göre farklılık gösterdiği gözlenmiştir. Her iki maden işletmesi; filtre kumaşlarının uzun yıllardır ithal edildiği, bir yerli firma ile ilgili filtre kumaşlarının geliştirilebilmesi noktasında endüstriyel ölçekli deneme yapabileceklerini paylaşmıştır. Bu bilgiler doğrultusunda monofilament iplikler ile temel konstrüksiyon kullanılmasına rağmen filtre kumaşlarının ithal edilmesi üretim sürdürülebilirliği açısından risk oluşturabildiği sonucu çıkarılmıştır. Bu kapsamda filtre kumaş üretimini yerleştirmek amacıyla yüksek lisans tez konusu olarak belirlenerek geliştirme

çalışmaları başlatılmıştır. Geliştirilen filtre yapılarında monofilament iplik ile farklı hammaddeler (poliester, polipropilen, poliamid) ve farklı kumaş yapıları (bezayağı, dimi, ribs ve panama) kullanılmıştır. Geliştirilen filtre kumaşlarının performansları analiz edilerek, maden işletmesinin kullandığı kumaşlar ile karşılaştırılmıştır. Yapılan analizler sonucunda performans özellikleri uygun olan filtre kumaşlarının kullanılacak maden sektörüne göre testleri yapılmıştır. Bu bağlamda geliştirilen filtre yapıların test sonuçları, piyasadaki mevcut ürünler ile temel filtrasyon kriterleri dikkate alınarak karşılaştırmalar yapılacak, farklı hammadde ve konstrüksiyonlar kullanılarak optimum özelliklere sahip filtre kumaşları geliştirilmiştir. Çalışmada aynı zamanda, piyasada mevcutta bulunan yapılardan farklı olarak, sektörde kullanılan katı/sıvı büyüklüklerine göre farklı boyutsal büyüklüklerde konstrüksiyon tasarımları gerçekleştirilerek endüstriyel ölçekte filtrasyon performans özellikleri iyileştirilmiştir.



## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1 Materyal

Tez çalışmasında polipropilen, poliester ve poliamid lifleri kullanılarak filtre kumaşı geliştirme çalışmaları yürütülmüştür.

#### 2.1.1 Polipropilen Lifi

Polipropilen lifi, polipropilen polimerinden elde edilmektedir. Polipropilen lifi, düşük yoğunluk, hidrofob karakter, güve ve mikroorganizmalara karşı yüksek dayanım özellikleri göstermektedir. Sahip olduğu bu özellikleri nedeniyle sanayi uygulamalarında kullanılmaktadır [22].

Polipropilen lifi, polyester ve poliamid liflerine kıyasla düşük erime noktasına sahip olmaktadır. Aleve karşı polipropilen lifi erimektedir. Polipropilen lifinin hava filtrasyon uygulamalarında 90-100 °C arasında çalışma sıcaklığı vardır. Polipropilen lifinin genel özellikleri Çizelge 2.1’de verilmektedir [3].

Çizelge 2.1. Polipropilen lifinin özellikleri [22]

Özellikleri	Değer
Camlaşma Noktası	-20 °C
Erime Noktası	160 °C
Nem İçerik Oranı	Standart koşulda > %0,1
Statik Elektriklenme Durumu	Elektriği iletmeyip, depolar
Asit ve Bazlara Karşı Dayanım	Mükemmel/iyi
Yoğunluk Miktarı	0,9 g/cm <sup>3</sup>
Mukavemet Değeri	7 g/den
Kopma Uzama Değeri	%50-500
Aşınma Dayanım Değeri	Mükemmel
Yanabilirlik	Erir ve yanar, LOI: %18

Polipropilen, tekstil sektöründe kullanılan lifler (poliamid, poliester) içerisinde en hafif olanıdır. Özgül ağırlığı 0.90 g/cm<sup>3</sup> olup diğer sentetik ipliklerden poliester (1.38 g/cm<sup>3</sup>) ve poliamid’e kıyasla çok hafif bir polimerdir. Geri dönüştürülmesi kolay ve düşük maliyetlidir. Polipropilen kumaş suyu sevmeyen ve su itici özelliği (hidrofobik) olan bir polimer olmaktadır [2].



Tez çalışması kapsamında Çin'den tedarik edilen polipropilen ipliğinin özellikleri Çizelge 2.2'de gösterilmiştir. Deneysel tasarımda 187 denye monofilament polipropilen ipliği kullanılarak denemeler gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 2.2. Tedarik edilen polipropilen ipliğinin özellikleri

Özellik	Değer
İplik Numarası (den)	187
Harman Bilgisi	%100 monofilament Polipropilen
Enine Kesit	Yuvarlak
Renk	Beyaz
İplik Çapı (mm)	0,16
Kopma Mukavemet (cN)	1322
Kopma Uzaması (%)	17,12

Çin'den tedarik edilen 150 denye Polipropilen ipliği geldikten sonra kontrolleri yapılmıştır. Kontroller sonucunda polipropilen ipliği 187 denye iplik numarasına sahip olduğu tespit edilmiştir. İplik numarasının talep edilen 150 denye'den kalın olması kumaş üretimi sonrasında performans testlerini etkileyeceği öngörülmüştür. Aynı zamanda ipliğin kopma uzama değeri %17,12 çıkmıştır.

## 2.1.2 Poliester Lifi

Tekstil sektöründe poliester lifi çok sık kullanılmaktadır. Polyester liflerinin esas maddesini oluşturan polietilen teraftalat; teraftalik asidin veya dimetil teraftalat gibi bir türevinin etilen alkol ile kondenzasyona uğratılması sonucunda üretilmektedir. Sahip olduğu özellik ile pamuk, viskon ve yün karışımlarında kullanım özelliklerini geliştirici olarak rol oynamaktadır [23]. Poliester lifinin genel özellikleri Çizelge 2.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.3. Poliester lifinin özellikleri [22]

Özellik	Değer
Camlaşma Noktası	85-110 °C
Erime Noktası	260 °C
Nem İçerik Oranı	<%1 Standart ortamda
Statik Elektriklenme	Elektriği iletmezler, depolar
Asit ve Bazlara Karşı Dayanımı	Asitlerden az etkilenir, sıcak ve seyreltik bazlar kolayca etkiler
Yoğunluk Değeri	1,43 g/m <sup>3</sup>
Mukavemet Değeri	9 g/den'ye kadar
Kopma Uzama Değeri	%15-500
Aşınma Dayanım Değeri	Yüksektir
Yanabilirlik	Yavaş bir şekilde yavaş yanar, LOI=20

Poliester lifinin üretiminde lif çekme eriyiğine matlaştırıcı eklenerek matlaştırma işlemi gerçekleştirilebilmektedir [24]. Poliester elyaf üretiminde polimer 4 mm boyutunda kesilerek granül ismi verilen şekle dönüştürülmektedir. Elde edilen granül eğirme yöntemiyle filament formuna dönüştürülmektedir [25]. Poliester lifi yüksek elastikiyet özelliğine sahiptir. Poliester lifi hidrofob özelliğe sahip olup nem alma özelliği düşüktür. Nem emicilik özelliği düşük olduğu için statik elektriklenme sorunu ortaya çıkarmaktadır. Boncuklanma (pilling) probleminin en yüksek olduğu liflerden birisinin poliester olduğu bilinmektedir. Poliester lifi kimyasal madde ve suya karşı yüksek dayanım göstermektedir [26]. Aynı zamanda zayıf ve kuvvetli asitlere karşı yüksek sıcaklıkta dayanıklı olmaktadır [27]. Poliester lifi; yüksek mukavemet değeri, ısıya ve kimyasallara karşı yüksek dayanım özelliğine sahip olması ve hacimli yapı gibi özellikleri nedeniyle dokusuz yüzey üretiminde kullanılmaktadır [28]. Tez çalışması kapsamında Türkiye’den tedarik edilen 150 denye monofilament poliester ipliklerinin özellikleri Çizelge 2.4’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.4. Tedarik edilen poliester ipliklerinin özellikleri

Özellik	Değer
İplik Numarası (den)	150
Harman bilgisi	% 100 monofilament Poliester
Enine Kesit	Yuvarlak
Renk	Beyaz
İplik Çapı (mm)	0,12
Kopma Mukavemet (cN)	714,3
Kopma Uzaması (%)	36,75

### 2.1.3 Poliamid Lifi

Poliamid lifinin genel adı Naylon olmaktadır. PA6,6 Naylon, PA6 perlon ismi verilmektedir. Naylon lifi amid bağlarının %85’den düşük iki alifatik gruba (-CO-NH-) bağlı uzun zincirli sentetik poliamid olarak ifade edilmektedir.

Naylon lifleri esnektir ve mukavemet değerleri yüksek olmaktadır. Poliamid lifi oksidanlara ve ultraviyole ışınlarına karşı dayanım göstermektedir. Aynı zamanda kimyasalların zararlı etkilerine karşı dayanım göstermektedir. Poliamid lifi güçlü asitler içerisinde çözünmektedir. Poliamid lifine ait genel özellikler Çizelge 2.5’de verilmiştir [3].

Çizelge 2.5.Poliamid lifinin özellikleri [22]

Özellik	Değer
Camlaşma Noktası	50 °C
Erime Noktası	Naylon 6-220 °C    Naylon 6,6-260 °C
Nem İçerik Oranı	%4 Standart koşullarda
Statik Elektriklenme	Kuru ortamda elektriği iletmeyip, nemli ortamda bu durum ortadan kalkar
Asit ve Bazlara Karşı Dayanım	Bazlarda bozulur, güçlü asitlerde çözülür
Yoğunluk Değeri	1,12-1,15 g/cm <sup>3</sup>
Mukavemet Değeri	10 g/den'den küçük
Kopma Uzama Değeri	%20-500
Aşınma Dayanım Değeri	Mükemmel
Yanabilirlik	Eridikten sonra yanar, LOI: % 18-25

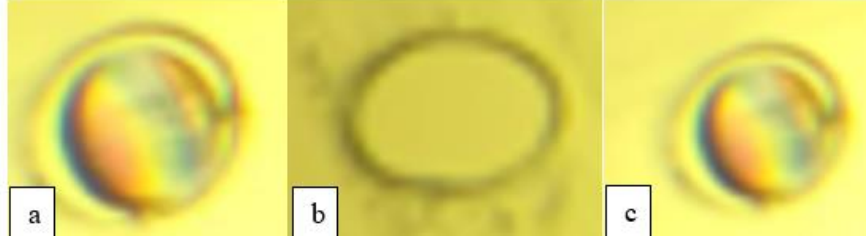
Tez çalışması kapsamında Türkiye'den tedarik edilen 150 denye monofilament Poliamid ipliğinin özellikleri Çizelge 2.6'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.6. Tedarik edilen poliamid ipliğinin özellikleri

Özellik	Değer
İplik Numarası (den)	150
Harman Bilgisi	% 100 monofilament Poliamid
Enine Kesit	Yuvarlak
Renk	Beyaz
İplik Çapı (mm)	0,13
Kopma Mukavemet (cN)	619
Kopma Uzaması (%)	34,88

Tez çalışması kapsamında; poliamid, poliester ve polipropilen hammaddeleriyle denemeler yapılmıştır. Tasarlanan monofilament iplikli yapıların, kullanıldığı sektörün proses ihtiyaçlarına göre belirli gözenek büyüklüğünde ve mukavemette olması beklenmektedir. Ayrıca ısı ve basınç prensibine göre çalışan makinalarda kullanılan filtre kumaşlarının sıcaklık ve basınca dayanıklı olmaları, kimyasal proseslerin gerçekleştirildiği makinalarda kullanılan filtre kumaş yapılarının ise asit ve bazlara dayanımlarının yeterli seviyelerde olması gerekmektedir. Bu nedenle endüstriyel filtre kumaş geliştirilmesinde doğru hammadde seçimi ve konstrüksiyon tasarımı filtrasyonun başarısını etkileyen en önemli husus olmaktadır.

Tedarik edilen polipropilen, poliester ve poliamid ipliğinin mikrotom kesit alma cihazında enine kesitine bakılmıştır (Şekil 2.1). Mikrotom cihazı, dokuları keserek görünür ışık altında ışık ve elektron mikroskopunda incelenecek hale getirmektedir. Yapılan analiz ile polipropilen (a), poliester (b) ve poliamid (c) enine kesit görüntüsü alınmıştır. Tedarik edilen 3 ipliğin enine kesiti yuvarlak şeklinde olmaktadır.



Şekil 2.1. Tedarik edilen polipropilen, poliester ve poliamid lifinin enine kesit görüntüsü

## 2.2 METOT

Tez çalışması kapsamında dokuma üretim yöntemiyle filtre kumaşları geliştirilecektir. Dokuma kumaş tasarımının amacı kullanıldığı alana göre özelliklerini belirleyerek yeni kumaş yapıları geliştirilmesini sağlamak, yüksek dokuma verimi elde etmek ve kumaş kalitesini yükseltmektir. Tez çalışmasında hedeflenen maden sektörüne dönük filtre yapılarının geliştirilmesinde; sektördeki makinaların yüksek basınç-sıcaklık değerlerinde çalışmaları ve mukavemet ihtiyacı sebebiyle dokuma kumaş konstrüksiyonu tercih edilecektir. Dokuma yöntemi ile örme yöntemine göre daha rijit kumaş yapıları elde edilmiştir. Tez çalışması kapsamında maden sektöründe geliştirilecek filtre kumaşı farklı konstrüksiyonlarda (bezayağı, 2/1 dimi, 2/2 Ribs ve 2/2 Panama) üretilecektir. Dokuma tasarım yapısı filtrelerin özelliklerini büyük ölçüde etkilemektedir. Çözü ve atkı iplikleri arasındaki mesafe partikül yakalama performansını etkilemektedir. Basit yapıya sahip filtre kumaşlarının karakterizasyonu, belirli yapısal-fonksiyonel özellikler ile tanımlanmaktadır. Filtre kumaş yapılarının fonksiyonel ve yapısal özellikleri arasında; yapı gözenekliliği, gözenek boyutu ve aktif filtreleme yüzey ortamı sayılabilmektedir. Filtre yapı gözenekliliği, dokuma filtre yapısında farklı boyuttaki gözeneklere sahip olma özelliği olarak tanımlanmaktadır. Filtre ortamı tarafından oluşturulan düzgün veya düzensiz boşluklardan çıkan sıvı akışı, filtre kumaşının gözenekliliği ile doğrudan ilgili olmaktadır. Filtre ortamı homojen olmadığı için filtre geçirgenliği bulunduğu ortama göre değişmektedir. Dokuma filtre kumaşının gözenek boyutu ve şekli, kumaşın temel yapısal parametreleri olan ipliğin inceliği, atkı-çözgü sıklığı ve dokumanın konstrüksiyonuna bağlı olmaktadır. Tez çalışması kapsamında dokuma kumaş üretimi Yünsa Yünlü Sanayi ve Ticaret A.Ş firmasında gerçekleştirilmiştir. Dokuma işlemleri tamamlanan filtre kumaşlarının özelliklerini belirlemek amacıyla; gramaj (TS EN ISO 3801) ve kalınlık tayini (ISO 2286-3), yırtılma mukavemeti (TS EN ISO 13937-1), kopma mukavemeti (TS EN ISO 13934-1), hava geçirgenliği (TS EN ISO 9237), gözenek boyutu ve filtrasyon testleri yapılarak analiz edilmiştir.

## 2.2.1 Deney Planının Oluşturulması

Tez çalışması kapsamında 3 parametreyi (hammadde, konstrüksiyon tasarımı ve sıklık) test etmek amacıyla 3 aşamalı deney planı oluşturulmuştur. Çizelge 2.7’de gösterilen 1 no’lu deney planı, hammadde cinsinin filtrasyon verimliliğine etkisini incelemek amacıyla oluşturulmuştur. Hammadde etkisinin incelendiği deney planında, çözgü-atkı sıklığı ve konstrüksiyon (bezayağı) sabit tutularak deneme yapılacaktır. 1 no’lu deney planında poliester “1”, poliamid “2”, polipropilen “3” ve bezayağı “a” ile gösterilmiştir.

Çizelge 2.7. Hammadde denemesinin gösterildiği deney planı

Deney No/Adı	Parametreler						Konstrüksiyon
	Kod	Çözgü/Atkı Elyaf Cinsi	Çözgü Num (den)	Çözgü Sıklık (tel/cm)	Atkı Num (den)	Atkı Sıklık (atkı/cm)	
1/ Hammadde denemesi	1-1-a	% 100 PES	150		150		
	2-2-a	% 100 PA 6,6	150	24	150	17	Bezayağı
	3-3-a	%100 PP	187		187		

Çizelge 2.8’de gösterilen 2 no’lu deney planı, konstrüksiyon tasarımının filtrasyon verimliliğine etkisini incelemek amacıyla oluşturulmuştur. Deney planında bezayağı “a”, 2/1 Dimi “d”, 2/2 Ribs “e” ve 2/2 Panama “f” ile gösterilmiştir.

Çizelge 2.8. Konstrüksiyon tasarımının gösterildiği deney planı

Deney No/Adı	Parametreler						Konstrüksiyon
	Kod	Çözgü/Atkı Elyaf Cinsi	Çözgü No (den)	Çözgü Sıklık (tel/ cm)	Atkı No (den)	Atkı Sıklık (atkı/cm)	
2/Konstrüksiyon geliştirilmesi	1-1-a	% 100 PES	150		150		Bezayağı
	1-1-d						2/1 Dimi
	1-1-e						2/2 Ribs
	1-1-f						2/2 Panama
	2-2-a	%100 PA 6,6		24		17	Bezayağı
	2-2-d						2/1 Dimi
	2-2-e						2/2 Ribs
	2-2-f						2/2 Panama
	3-3-a	%100 PP	187			187	Bezayağı
	3-3-d						2/1 Dimi
	3-3-e						2/2 Ribs
	3-3-f						2/2 Panama

Çizelge 2.9’da gösterilen 3 no’lu deney planı, atkı sıklığının filtrasyon verimliliğine ve partikül boyutuna etkisini incelemek amacıyla oluşturulmuştur. Yüzeydeki doku boşlukları azaldıkça gözenekler küçülmekte ve kumaşın (hava/sıvı) geçirgenlik değerinin azalması beklenmektedir. Ayrıca kumaşın ıslanma ya da kurutma ile ilgili özellikleri örgüye ve

dokusunun yoğunluğuna bağlı olmaktadır. Deney planında 17 sıklık, bezayağı “a” 19 sıklık, bezayağı “b” 21 sıklık, bezayağı “c” ile gösterilmiştir.

Çizelge 2.9. Atkı sıklığının partikül geçirgenliğine etkisinin inceleneceği deney planı

Deney No/Adı	Parametreler						Konstrüksiyon
	Kod	Çözü/Atkı Elyaf Cinsi	Çözgü Num (den)	Çözgü Sıklık (tel/cm)	Atkı Num (den)	Atkı Sıklık (atkı/cm)	
3/ Partikül geçirgenliği	1-1-a	% 100 PES	150	24	150	17	Bezayağı
	1-1-b					19	
	1-1-c					21	
	2-2-a	% 100 PA 6,6	187	187	17		
	2-2-b				19		
	2-2-c				21		
	3-3-a	% 100 PP	187	187	17		
	3-3-b				19		
	3-3-c				21		

### 2.2.2 Dokuma Kumaş Üretimi

Dokuma kumaş yapısı, çözgü ve atkı ipliğinin birbirlerine dik açı yapacak şekilde altından ve üzerinden geçerek bağlanmasıyla oluşturulmaktadır. Dokuma esnasında, çözgü ve atkı ipliklerinin birbirleriyle kesişmesini sağlamak amacıyla birbirini takip eden üç temel hareket; ağızlık açma, atkı atma ve tefeleme yapılmaktadır. Ağızlık açma hareketinde atkı ipliğinin çözgü iplikleri arasından geçirilmesini sağlamak amacıyla desene göre ipliklerin iki veya daha fazla tabakaya ayrılması işlemi olarak tanımlanmaktadır. Atkı atma hareketinde atkı ipliğinin ağızlık boyunca boyunca taşınması işlem olarak ifade edilmektedir. Tefeleme (tefe vurma) hareketi, ağızlığa son taşınmış atkının kumaş oluşum çizgisine doğru itilerek, önceden dokunmuş kumaşa dahil edilmesi işlemi olarak tanımlanmaktadır. Bu üç aşama dokumanın temel hareketleri olarak adlandırılmaktadır. Bu hareketlerin birbirlerine göre hassas zamanlamaları oldukça önemli olmaktadır. Ek olarak, dokuma işleminin sürekliliğini sağlayabilmek bakımından iki tamamlayıcı hareket olan çözgü salma ve kumaş sarma işlemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Çözgü salma hareketinde çözgü, dokuma levendinden gerekli hızda, uygun ve sabit bir gerilimde salınarak, dokuma bölgesine sevk edilmektedir. Kumaş sarma hareketinde kumaş, dokuma bölgesinden arzu edilen atkı sıklığını sağlayacak şekilde çekilerek, kumaş levendine sarılmaktadır. Bu işlemler tamamlandığında bir dokuma periyodu/dokuma döngüsü tamamlanmış olmaktadır. Dokuma makinaları atkı atım sistemine (mekikli ve mekiksiz) bağlı olarak gruplandırılmaktadır [29].

Tez çalışması kapsamında dokuma kumaş üretimi Yünsa Yünlü Sanayi ve Ticaret A.Ş firmasında gerçekleştirilmiştir. Dokuma kumaş üretimi dokuma hazırlık ve dokuma işlemi olarak iki aşamada olacaktır. Dokuma işlemi rijit kancalı (mekiksiz) atkı atma sistemine sahip dornier marka dokuma makinasında gerçekleştirilmiştir.

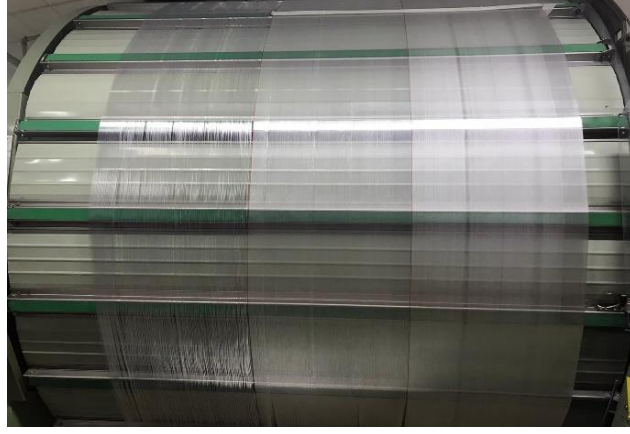
#### 2.2.2.1 Dokuma hazırlık süreçleri

Dokuma süreci için ön hazırlık işlemleri yapılması önemli olmaktadır. Hazırlık süreçlerinin tümü dokuma hazırlık işlemleri olarak adlandırılmaktadır. Dokuma hazırlık işlemleri; çözümlü çekme, haşılama ve taharlama şeklinde olmaktadır. Çözgü çekme işlemi dokunacak olan kumaş özelliklerine bağlı olarak belirlenen sıklık, uzunluk ve çözgü ipliğini iki tarafında dairesel destekler bulunan bir silindir üzerine sarma işlemidir. Filtre kumaş üretiminde çözgü çözme işlemi 7 metre silindir çapına sahip Suzukı marka konik çözgü makinasında gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Suzukı çözgü çekme makinası

Tez çalışması kapsamında tedarik edilen ipliklerin sınırlı olması sebebiyle çözgü çekilirken 3 farklı iplik (poliester, polipropilen, poliamid) yan yana çekilmiştir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Çözü çekilmiş tambur görüntüsü

Çözü çekme işleminde 3 farklı iplikte aynı gerginlikte çekilmiştir. Aynı gerginlik ayarında çekilen çözülerin kopma uzama değerleri farklı olduğu için tamburdaki çözü ipliklerinde gevşeme problemi oluşmuştur. Bu kapsamda geniş ende dokunması planlanan filtre kumaşı oluşan gerginlik problemleri sebebiyle 65 cm uzunluğunda dokuma leventlerine ayrı ayrı aktarılmıştır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Çözü aktarılan levent

Çözü çekme sırasında monofilament ipliklerin levente düzgün aktarılması için Yünsa Yünlü Sanayi ve Ticaret A.Ş firmasında bulunan mekanik atölyede levent tarağı tasarlanmıştır (Şekil 2.5). Levent tarağı ile monofilament iplikler levente aktarılırken ortaya çıkan kayma problemi ortadan kaldırılmıştır.





Şekil 2.5. Levent tarağı tasarımı

Çözü çözüme işlemleri tamamlandıktan sonra çözü ipliklerine Şekil 2.6’da gösterilen tahar makinasında taharlama işlemleri yapılmıştır. Taharlama işlemleri, çözü levendinin üzerindeki çözü ipliklerinin belirli bir plan doğrultusunda (tahar planına göre) gücü gözlerinden ve dokuma tarağının dişlerinden geçirilmesi olarak tarif edilmektedir. Tahardan faydalanarak hangi çözülerin hangi çerçevelerin gücülerinden geçirileceği belirlenmektedir.



Şekil 2.6. Tahar makinasının görüntüsü

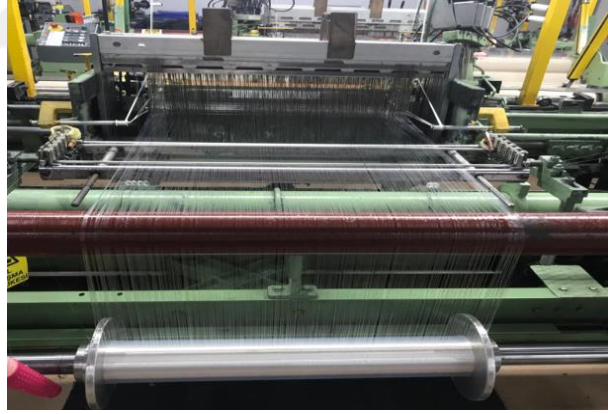
Taharlama işleminde Şekil 2.7’de gösterilen 240 numara dokuma tarağı kullanılmıştır. Filtre kumaş üretiminde çözü ve atkı iplikleri arasındaki mesafenin eşit olması önemli olmaktadır. Bu doğrultuda, her bir çözü telinin ayrı tarak dişlisinden geçmesini sağlamak amacıyla 240 numara tarak tedarik edilmiştir. Geniş en dokuma makinasında dokunması planlanan çözü ipliklerinde potluk oluşmuştur. Bu kapsamda tarak, numune dokuma makinasının boyuna uygun olacak şekilde (65 cm) kesilmiştir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Dokuma tarağı görüntüsü

#### 2.2.2.2 Dokuma işlemi

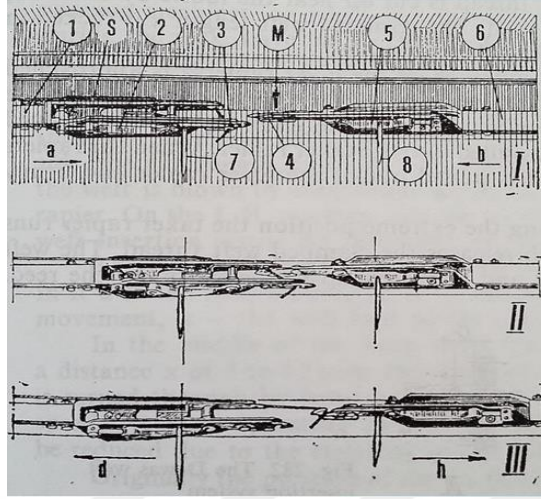
Dokuma hazırlık işlemleri tamamlandıktan sonra rijit kancalı (mekiksiz) atkı atma sistemine sahip dornier marka dokuma makinasında dokuma işlemi gerçekleştirilmiştir. Şekil 2.8’de dornier marka dokuma makinası gösterilmiştir. Dornier dokuma makinalarında taşıyıcı şişlerin (rapier) yatay bir düzlem üstünde eğime olanak vermeden dik bir şekilde hareket etmektedir. Rijit kancalı dokuma makinalarında, burulma ve eğilme problemlerine rastlanmadığı için hassasiyeti yüksek atkı transferi sağlanabilmektedir.



Şekil 2.8. Dornier dokuma makinası görüntüsü

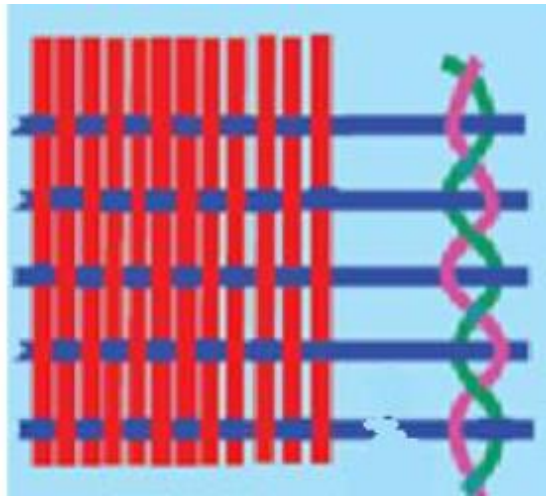
Dornier makinalarında, atkı sisteminin izlediği yol anlatılacak olursa; 1 ve b no’lu kanca başları ağızlık ortasına doğru hareket etmektedir. Atkı ipliği (5) bobininden sağılırken, ucu da sol kancanın 3 no’lu kısmından yakalanmış ve kısıtılmıştır. Kancalar ağızlık içerisinde ilerlerken ve alt çözgü tabakasının üzerinde yer alan 8 no’lu durdurucuya çarpan sağ kancanın 4 no’lu çenesi açılır ve sol kancanın baş tarafından gergin olarak tutulan atkı ile temas etmektedir. Kancalar ters yönde hareket ettiklerinde sağ alıcı kancanın 4 no’lu çenesi yine 8

sayesinde kapanmaktadır. Aynı anda 7 no'lu durdurucuda verici kancanın 3 no'lu çenesini açmaktadır. Atkı ipliği bundan sonra alıcı kanca tarafından taşınmaktadır. 7 ve 8 no'lu durdurucular kamlarla tahrik edilmektedir (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Dornier makinasının rapier sisteminin çalışma prensibi

Filtre kumaş dokumasında kumaş kenarlarında leno kenar kullanılmaktadır (Şekil 2.10). Leno kenar kumaş yapısının dışında bulunan çözgü ipliklerinin birbiri üzerine kıvrılmasıyla elde edilmektedir. Birbirleri üzerine kıvrılan çözgü iplikleri atkı ipliklerinin uçlarını da arasına alarak sabit bir yapıya kavuşmaktadır. Leno kenar yapılırken kumaş kenarına 2 veya 3 cm ilave kenar çözgüleri eklenmektedir. Bu çözgülerin yüksek mukavemetli, bükümlü poliester ipliklerinden oluşması gerekmektedir. Leno kenar daha çok kancalı ve jetli atkı atma sistemine sahip dokuma makinelerinde tercih edilmektedir [27].



Şekil 2.10. Leno kenar görüntüsü

Tez çalışması kapsamında dornier rijit kancalı dokuma makinasında hammadde (poliester, polipropilen ve poliamid) ve kumaş parametreleri (atkı sıklığı ve konstrüksiyon) dikkate alınarak denemeler gerçekleştirilmiştir. Dokuma makinasının çalışma parametreleri Çizelge 2.10’da gösterilmiştir.

Çizelge 2.10. Dokuma makinası özellikleri

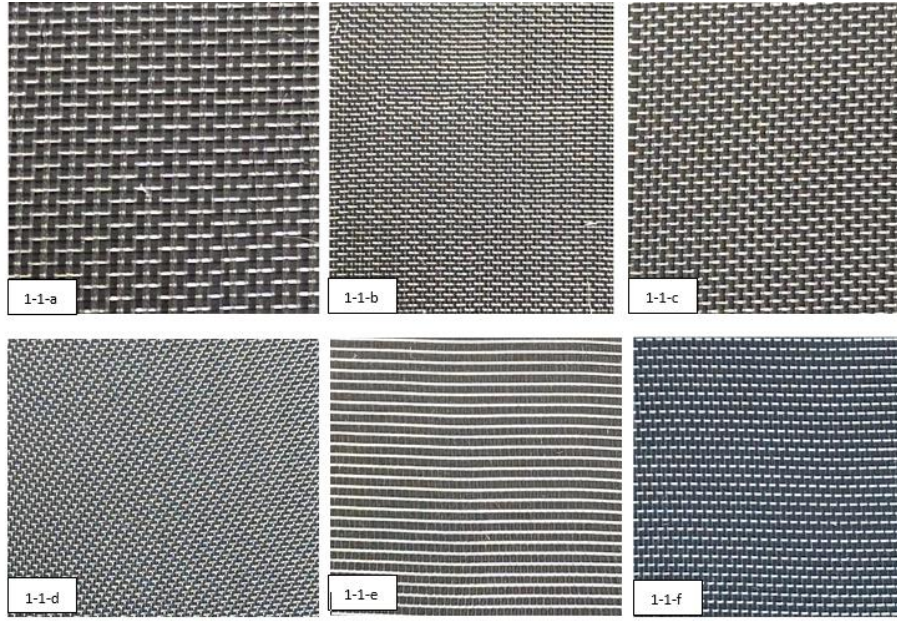
Parametreler					
Marka	Model	Makina (cm)	Eni	Makina hızı (dev/dk)	
Dornier	HTV6/SD	65		300	

Dokuma üretimi gerçekleşirken teorik sıklık değerleri makinaya girilmiştir. Dokuma işlemi sırasında teorik olarak girilen çözgü ve atkı sıklığı iplik özellikleri, çekim silindirleri vb. parametrelere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu kapsamda dokuma üretimi tamamlanan filtre kumaşlarının makine çıkışı ölçülen sıklık değerleri Çizelge 2.11’de verilmiştir.

Çizelge 2.11. Dokunan filtre kumaş parametreleri

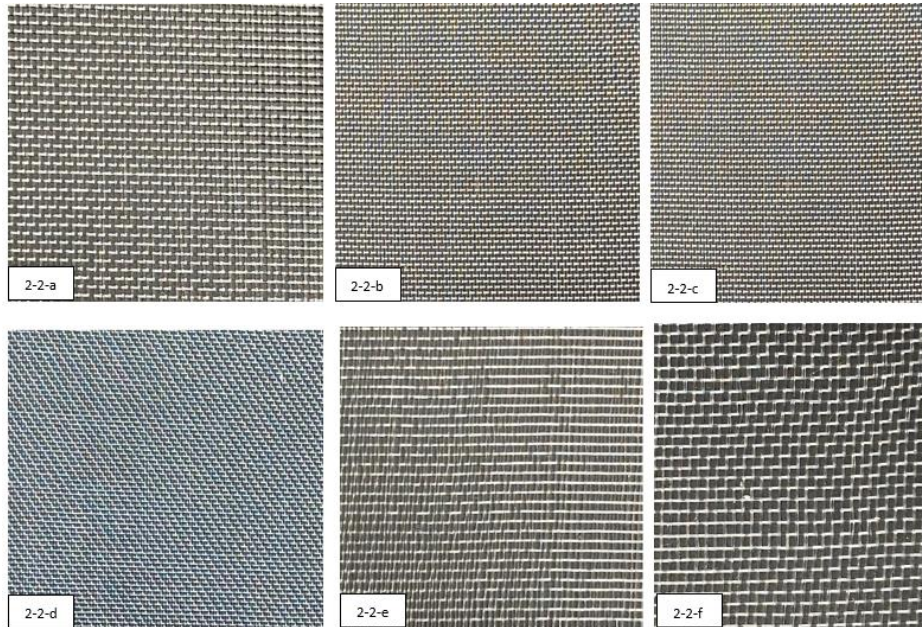
Parametreler						
Kod	Çözgü-Atkı İplik Numarası (denye)	Çözgü sıklık nominal (tel/ cm)	Çözgü sıklık ölçülen (tel/ cm)	Atkı sıklık nominal (atkı/cm)	Atkı sıklık ölçülen (atkı/cm)	Konstrüksiyon
1-1-a	150	24	24	17	17	Bezayağı
1-1-b			24	19	18	Bezayağı
1-1-c			24	21	21	Bezayağı
1-1-d			24	17	16	2/1 Dimi
1-1-e			24	17	17	2/2 Ribs
1-1-f			24	17	16	2/2 Panama
2-2-a	24	24	25	17	18	Bezayağı
2-2-b			25	19	20	Bezayağı
2-2-c			25	21	22	Bezayağı
2-2-d			24	17	18	2/1 Dimi
2-2-e			24	17	18	2/2 Ribs
2-2-f			24	17	18	2/2 Panama
3-3-a	187	24	-	17	-	Bezayağı
3-3-b			-	19	-	Bezayağı
3-3-c			-	21	-	Bezayağı
3-3-d			25	17	18	2/1 Dimi
3-3-e			25	17	17	2/2 Ribs
3-3-f			25	17	17	2/2 Panama

Çözgü ve atkıda poliester monofilament ipliği kullanılarak üretilen 6 farklı dokuma kumaşa ait görseller Şekil 2.11’de gösterilmiştir.



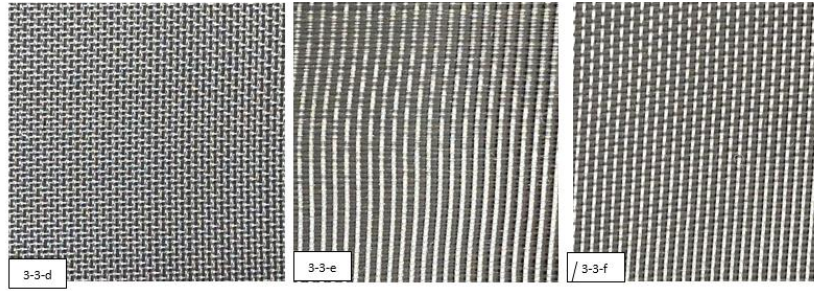
Şekil 2.11. Poliester monofilament ipliğiyle gerçekleştirilen denemeler

Çözgü ve atkı da poliamid monofilament ipliği kullanılarak üretilen 6 farklı dokuma kumaş görselleri Şekil 2.12’de gösterilmiştir.



Şekil 2.12. Poliamid monofilament ipliğiyle gerçekleştirilen denemeler

Çözü ve atkı da polipropilen monofilament ipliği kullanılarak üretilen 3 farklı dokuma kumaşın görselleri şekil 2.13’de gösterilmiştir.



Şekil 2.13. Polipropilen monofilament ipliğiyle gerçekleştirilen denemeler

Tez çalışmasında Polipropilen iplikler Çin’den tedarik edilmiştir. Monofilament Polipropilen iplikler kullanılarak bezayağı konstrüksiyon tasarımında yapılan dokuma işleminde iplik kaynaklı hatadan dolayı kumaş kenarında kopmalar meydana gelmiştir (Şekil 2.14).



Şekil 2.14. Polipropilen ipliğinde dokuma kaynaklı iplik kopuş hatası

İplik kopuşları kumaş kenarında daha fazla meydana gelmiştir. Alınan bu önleme rağmen, özellikle bezayağı örgülerde sıklık ayarıyla beraber iplikler fibrilasyon yaparak kopmaya devam etmiştir. Bu nedenle polipropilen ipliği kullanılarak yapılması planlanan bezayağı örgü ve sıklık ayarları (3-3-a, 3-3-b, 3-3-c) ile dokuma işlemi gerçekleştirilememiştir. İpliklerde fibrilasyon eğilimi; yüksek sıcaklık, alkali pH değeri ve kuvvetli mekanik gerilime bağlı olarak arttığı bilinmektedir. Dokuma sırasında karşılaşılan bu problemin, polipropilen ipliğinin %17.12 kopma uzama değerine sahip olmasından

kaynaklandığı düşünölmektedir. İpliklerde % uzama değeri düşük olduğunda mekanik güçler altında, iplik sürtünmeye bağılı fibrilasyon problemini ortaya çıkarmaktadır.

### 2.2.3 Bitim İşlemleri

Dokuma üretimi tamamlanan filtre kumaşlarına bitim işlemleri yapılmıştır. Filtre kumaşına yapılacak bitim işlemlerinin yapılma amacı; kumaş rijitliğini artırarak, yüzey karakteristiklerini iyileştirmek ve kumaşın geçirgenliğini kontrol etmek olmaktadır. Yapılan işlem ile yüzeyden kek uzaklaşmasının kolaylaşması ve temizleme sürecinin kısılması sağlanmaktadır. Aynı zamanda homojen geçirgenlik, yüzey düzgünlüğü, verim ve boyutsal stabilite gibi farklı özellik kazandırılabilir. Filtre kumaşlarına uygulanan bitim işlemleri; kalandırlama, ısı ile şekil verme, gazeleme ve kaplama olmaktadır. Sıcaklıkla şekil verme işlemi filtrelerin kullanımında çekmeye maruz kalmalarını engelleyerek yüzey rijitliğini sağlamak amacıyla uygulanmaktadır. Kesikli liflerden elde edilen filtre kumaşlarından çıkan lifler yakma işlemi ile kumaş yüzeyinden uzaklaştırılmaktadır [1]. Yünsa firmasında dokuma üretimi gerçekleşen kumaşlar için ısıl işlem, kalandır makinasına proses olarak en yakın olan laboratuvar tipi ramöz makinalarında ısıl işlem gerçekleştirilmiştir. Ramöz makinasının görseli Şekil 2.15’de gösterilmiştir.



Şekil 2.15. Ramöz makinası

Laboratuvar ölçekli ramöz makinesi, işletme şartlarında fikse ve kurutma işlemini gerçekleştirmek amacıyla kullanılmaktadır. Filtre kumaşı için ramöz işleminin amacı, kumaşta daha düz bir yüzey oluşturmak, sıklığı arttırmak ve boyutsal stabiliteyi sağlamaktır. Ramöz makinası kumaşı basınç altındaki silindirler arasından geçiren makineler olmaktadır. Ramöz makinasının çalışma parametreleri Çizelge 2.12’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.12. Ramöz makinasının çalışma parametreleri

<b>Parametreler</b>			
<b>Makina Adı</b>	<b>Hız (m/dk)</b>	<b>Sıcaklık (°C)</b>	<b>Basınç (Bar)</b>
Geçişli kurutucu 40C Ataç	GK-0,5 – 15	90-250	1-6

Ramöz makinası normal şartlarda 1-6 Bar basınç aralığının da 0.5-15 m/dk hızlarında çalışmaktadır. Kumaşın geçiş hızı arttıkça kumaşın basınç altında merdaneler arasında kaldığı zaman azalmaktadır, dolayısıyla elde edilen etki daha zayıf olmaktadır. Kullanılan hammaddenin erime sıcaklıkları farklı olduğu için makine çalışma parametreleri değişkenlik göstermektedir. Bu kapsamda poliester, poliamid ve polipropilen liflerinin çalışma parametreleri Çizelge 2.13’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.13. Filtre kumaşlarının ramöz makinasında çalışma parametreleri

<b>Parametreler</b>			
<b>Hammadde Türü</b>	<b>Hız (m/dk)</b>	<b>Sıcaklık (°C)</b>	<b>Basınç (Bar)</b>
% 100 Poliester	1,3	180	2
% 100 Poliamid	1,3	150	2
% 100 Polipropilen	1,3	120	2

## 2.2.4 Geliştirilen Kumaşlara Uygulanan Testler

Geliştirilen filtre kumaşlarına kumaş performans testleri (gramaj, kalınlık tayini, kumaş örtme faktörü, kopma mukavemeti, yırtılma mukavemeti ve hava geçirgenliği) ve filtrasyon performans (filtrasyon verimliği, partikül boyutu, filtrasyon hızı ve % katı madde oranı) testleri yapılmıştır.

### 2.2.4.1 Kumaş performans testleri

Tez çalışması kapsamında farklı monofilament iplik (poliester, poliamid, polipropilen) ve konstrüksiyon yapısı (bezayağı, dimi ve türevleri) kullanılarak farklı dokuma filtre kumaşı üretimi gerçekleştirilmiştir. Dokuma işlemi tamamlanan filtre kumaşlarının özelliklerini karakterize etmek amacıyla standart kumaş performans testleri yapılmıştır. Geliştirilen filtre kumaşları, gramaj (TS EN ISO 3801) ve kalınlık tayini (ISO 2286-3), yırtılma mukavemeti (TS EN ISO 13937-1), kopma mukavemeti (TS EN ISO 13934-1) ve hava geçirgenliği (TS EN ISO 9237) testleri ile analiz edilecektir.



#### 2.2.4.1.1 Gramaj tayini testi

Kumaş gramajı tayini, 100 cm<sup>2</sup>'lik numuneler kesilerek hassas terazide tartılarak yapılmıştır. Gramaj tayini ile geliştirilen filtre kumaşlarının m<sup>2</sup> ağırlıkları tespit etmek amacıyla yapılmıştır. Şekil 2.16'da numune kesme aparatı gösterilmiştir. Geliştirilen filtre kumaşının farklı bölümlerinden 100 cm<sup>2</sup>'lik gramaj numunesi, gramaj alma aparatı ile kesilip hassas terazide tartılmıştır. Elde edilen sonuçların g/m<sup>2</sup> cinsinden ağırlığının tespit edilmesi amacıyla 100 ile çarpılıp ölçüm ortalamaları belirlenmiştir. Filtre pres makinalarında kullanılan filtre kumaşları hafif gramajlı olmaktadır. Bu kapsamda geliştirilen filtre kumaşlarının gramajları tespit edilerek karşılaştırma yapılmıştır.



Şekil 2.16. Kumaş kesme aparatı

#### 2.2.4.1.2 Kalınlık tayini testi

Kumaşların kalınlık ölçümleri, Hans Schmidt marka kalınlık ölçüm cihazında yapılmıştır. Kalınlık tayini testi, 20 cm<sup>2</sup> (santimetrekare) tutucu ile 1 kPa (kilopascal) basınç uygulanarak DIN EN ISO 5084 standardına uygun yapılmıştır. Kalınlık tayini cihazı Şekil 2.17'de gösterilmiştir. Toplamda 15 adet farklı filtre kumaş denemesi ve referans numunenin kalınlık ölçümü gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.17. Kumaş kalınlık ölçüm cihazı

#### 2.2.4.1.3 Kumaş örtme faktörünün tayini

Örtme faktörü, dokuma işlemi tamamlanmış bir kumaşın örtücülüğünü ifade etmektedir. Diğer bir deyişle, kumaş yüzeyinin ne kadarlık kısmının iplikler tarafından örtüldüğünü göstermektedir. Örtme faktörü bize kabaca kumaşın tutumu hakkında bir fikir vermektedir. Kumaş sıklığı ve iplik numara değerleri kumaşın gözenekliliğini ve örtücülüğünü değiştirmektedir. Geliştirilen filtre kumaşları içinde çözgü ve atkı yönünde hesaplanan Örtme faktörü Formül 2.1, 2.2 ve 2.3’de gösterilmiştir [30].

$$\text{Çözgü Örtme Faktörü } (c_1) = \text{İplik çapı (cm)} \times \text{Çözgü sıklığı (tel/cm)} \quad (2.1)$$

$$\text{Atkı Örtme Faktörü } (c_2) = \text{İplik çapı (cm)} \times \text{Atkı sıklığı (atkı/cm)} \quad (2.2)$$

$$\text{Dokumanın Toplam Örtme Faktörü} = (c_1+c_2)- (c_1 \times c_2) \quad (2.3)$$

Yukarıda verilen formüllerden anlaşılacağı üzere kumaş sıklık değerinin artması ve iplik numarasının kalınlaşması durumunda örtme faktörü de doğru orantılı bir şekilde artış gösterecektir. Kumaş örtme faktörü; iplik numarası, sıklık, örgü çeşidi gibi parametrelere bağlı olarak dokunan kumaşların yüzeylerindeki iplik yoğunluğunu kıyaslamak amacıyla kullanılmaktadır [31].

#### 2.2.4.1.4 Kopma mukavemeti testi

Kumaş kopma mukavemeti ölçümünde TS EN 13934 standardına göre, önceden kondisyonlanmış kumaşlardan alınan 60x300 mm ebatlarındaki kumaşlar 5 mm sağdan 5 mm soldan olmak üzere, numunenin orta kısmı 50 mm olacak şekilde saçaklandırılmıştır. Numuneler atkı ve çözgü yönü olmak üzere iki yönden de alınmıştır. Daha sonra çok amaçlı mukavemet ölçer cihazında uzama hızı 100 mm/sn olacak şekilde ayarlanıp, kumaş çenelere tutturularak ölçüm gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.18). Filtre pres makinalarında kullanılacak filtre kumaşları kenarlardan mandallara sıkıştırılarak kullanılmıştır. Belli bir gerginlik altında üzerine ağırlık gelmektedir. Üzerlerinde ağırlık olan filtre kumaşlarının kopma mukavemet değerlerinin yüksek olması beklenmektedir. Bu kapsamda geliştirilen 15 farklı filtre kumaşlarının kopma mukavemet değerlerine bakılmıştır.



Şekil 2.18. Çok amaçlı mukavemet ölçme cihazı

#### 2.2.4.1.5 Yırtılma mukavemeti testi

Kumaş yırtılma mukavemeti için kumaş üzerinden hem atkı hem de çözgü yönünde numune alınarak ölçüm yapılmıştır. Elmatear test cihazı ile ISO 13037-1 standardı baz alınarak geliştirilen filtre kumaşlar için yırtılma mukavemeti ölçümü gerçekleştirilmiştir. Uygulanan yöntem ile ani kuvvet uygulandığında, kumaş yüzeyindeki yırtıktan belli uzunluktaki tek bir yırtığa doğru ilerleme olması için gerekli olan yırtma kuvvetinin ölçülmesi sürecini içermektedir. Cihaz görseli Şekil 2.19'da yer almaktadır. Test cihazında sabit ve hareketli iki çene çeşidi bulunmaktadır. Deney numunesi serbest ve hareketli çene arasına yerleştirilerek

ölçüm yapılmaktadır. Filtre kumaşlarına yırtılma mukavemeti testini, filtreleme süreçlerinde üzerine binen ağırlık neticesinde yırtılmalara karşı dayanımını görmek amacıyla yapılmıştır.



Şekil 2.19. Elmatear Yırtılma test cihazı

#### 2.2.4.1.6 Hava geçirgenliği testi

Hava geçirgenliği ölçümü SDL Atlas marka Hava geçirgenliği test cihazında gerçekleştirilmiştir. Farklı parametrelerde dokunan filtre kumaşları TS 391 EN ISO 9237 standardına uygun ölçüm yapılmıştır. Yapılan tüm çalışmalar için 3 ölçüm yapılarak, ortalama değerleri hesaplanmıştır. Yapılan testlerde 20 cm<sup>2</sup>' lik ölçüm kafasıyla 200 Pa basınçta 1/m<sup>2</sup>/s (litre/metre kare/saniye) biriminde hava geçirgenliği sonucu hesaplanmıştır. Cihaz görseli Şekil 2.20'de gösterilmiştir. Filtrasyon geçirgenliği ve hava geçirgenliği arasındaki ilişkiyi analiz etmek amacıyla geliştirilen 15 farklı numune ve referans filtre kumaşının hava geçirgenliği değerlerine bakılmıştır.



Şekil 2.20. Hava geçirgenliği test cihazı

#### 2.2.4.2 Filtrasyon performans testleri

Filtrasyon verimliliği genellikle belirli bir boyuttaki partiküllerin bir akışkandan uzaklaştırılmasındaki performanslarına göre derecelendirilmektedir. Endüstriye bağlı olarak performansı karakterize etmek için farklı yöntemler bulunmaktadır. Tez çalışması kapsamında filtrasyon verimlilik analizleri Asos firmasında gerçekleştirilmiştir. Asos firmasında partikül geçirgenlik hızı, askıda katı miktarı ve partikül boyutu testleri gerçekleştirilmiştir. Partikül boyut analizleri mastersizer cihazında ODTÜ merkez laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

##### 2.2.4.2.1 Filtrasyon hızı testi

Geliştirilen filtre kumaşlarının partikül geçirgenlikleri analiz edilmiştir. Analizler laboratuvar ölçekli numune filtre pres makinasında gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.21).



Şekil 2.21. Filtrasyon geçirgenliğinin test edildiği filtre pres makinası

Geliştirilen dokuma filtre kumaşların geçirgenlik sürelerinin tayin edilebilmesi için, filtre pres makinasının alt bölümüne kumaş numunesi yerleştirilmiştir. Daha sonra kumaş numunesi belirli bir basınç altında çözeltiliye maruz kalmıştır. Belirli bir süre altında filtreden geçen karışım oranı filtrasyon hızı hakkında yorum yapmamıza olanak sağlamıştır. Testler geliştirilen 15 farklı filtre kumaşı için tekrarlanmıştır. Aynı zamanda Batı kömür işletmesinden tedarik edilen filtre kumaş örneği içinde test gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen filtre kumaşlarıyla birlikte kıyaslama yapılmıştır. Filtre geçirgenlik hızının atkı sıklığı, hava geçirgenliği, konstrüksiyon özellikleri arasındaki ilişkisi incelenmiştir. Filtre pres makinası için hazırlanan 5661 gram ağırlığında kömürlü su karışımı çözeltili Şekil 2.22’de gösterilmiştir.



Şekil 2.22. Filtrasyon performansını test etmek amacıyla hazırlanan çözelti

Hazırlanan çözelti 10 dakika boyunca 2 bar basınç altında filtre pres makinasının içerisine bırakılmıştır. Süre tutulurken kronometreden faydalanılmıştır (Şekil 2.23).



Şekil 2.23. Filtrasyon testlerinde kullanılan kronometre

Filtre pres makinasının altına yerleştirilen filtre kumaşından süzme işlemi başlatılmıştır. Filtre kumaşından süzülen karışımlar filtre pres makinasının altında bulunan cam beherde biriktirilmiştir. Toplam 10 dakika boyunca süzme işleminden elde edilen karışımın miktarı bize filtrasyon hızı sonuçlarını vermiştir.

#### 2.2.4.2.2 Katı madde oranı testi

Katı-sıvı karışımına sahip olan çözelti ilk olarak laboratuvar ölçeğinde mavi filtre kâğıdında süzülmüştür. Filtrasyon sonucunda elde edilen filtre kekinin %nem değerine

bakılarak kuru katı miktarı bulunmuştur. Elde edilen veriler ile kuru katı kütlesi/filtrasyona giren toplam çözelti kütlesi 100 ile çarpım denkleğinden %KM oranı hesaplanmıştır (Formül 2.4) [1].

$$\% \text{ KM} = \frac{\text{Kuru Katı Kütlesi}}{\text{Toplam Çözelti Kütlesi}} \times 100 \quad (2.4)$$

Filtre kumaşında süzme işlemi tamamlandıktan sonra yüzeyde bırakılan katı karışımı çözeltiden (Şekil 2.24) örnek alınarak kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.24. Katı madde oranı için alınan numune

#### 2.2.4.2.3 Partikül boyut testi

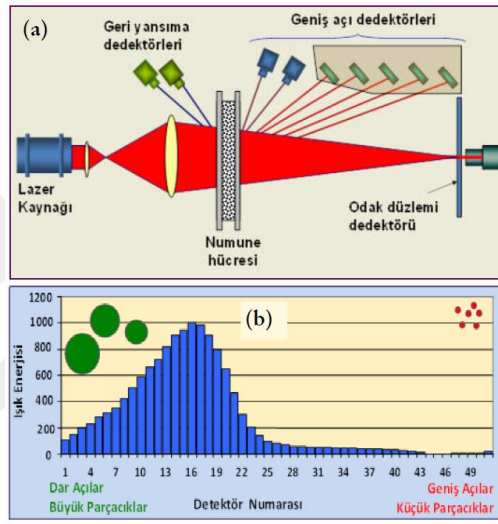
Partikül boyut analizleri Orta Doğu Teknik Üniversitesi Araştırma Merkezinde Mastersizer cihazında yapılmıştır (Şekil 2.25).



Şekil 2.25. Mastersizer cihazı

Mastersizer lazer teknolojisiyle (ISO-13320) tane (partikül) boyut analizi minimum sürede ıslak ve kuru şartlarda bütün toz malzemeler için boyut ölçümü sağlamaktadır.

Nanometre seviyelerinden milimetre parçacık boyut aralığına kadar geniş aralıkta oldukça hassas ve güvenilir ölçümler yapmaktadır. Mastersizer cihazında temel prensip örnek üzerine kırmızı ve mavi lazer ışığı gönderilerek ölçüm yapılması olmaktadır. Örnekten yansıyor kırılan lazer ışığı dedektörlerle incelenmektedir. Saçılan ışığın açısı ve şiddeti numunenin parçacık boyut dağılımını belirlemektedir (Şekil 2.26). Parçacık içerisinde geçen lazer ışığının saçılma açısı parçacık boyutuna bağlı olmaktadır. Parçacık boyutu azaldıkça saçılma açısı logaritmik olarak artmaktadır. Büyük parçacıkların saçılma açıları düşük, saçılan lazer ışığının şiddeti yüksek olmaktadır. Küçük parçacıklardaysa saçılma açısı yüksek, saçılan lazer ışığının büyüklüğü düşük olmaktadır.



Şekil 2.26. (a) Lazer saçınım boyut analiz cihazının çalışma teorisi (b) Değişik boyutlardaki parçacıklardan farklı açılarda saçılan ışık enerjisi

Mastersizer cihazında test edilmesi amacıyla ıslak numuneler hazırlanmıştır. Geliştirilen filtre kumaşları filtre pres makinasına yerleştirilmiştir ve 7. dakika sonunda süzme işleminden elde edilen karışımlar 50 ml'lik deney tüplerine yerleştirilmiştir (Şekil 2.27). Deney tüplerinin üzerine hangi filtre kumaşına ait olduğunu gösteren kısaltmalar yazılmıştır.





Şekil 2.27. Partikül boyutu analizi numune örnekleri

#### 2.2.4.2.4 İstatistiksel analiz

Test sonuçları değerlendirilirken grafikler ve varyans analizlerden yararlanılmıştır. İstatistiksel analizler Minitab 21 programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Varyans analizi (ANOVA), istatistik bilim dalında, grup ortalamaları ve (gruplar içi ve gruplar arası varyasyon gibi) bunlara bağlı olan işlemleri analiz etmek için kullanılan bir istatistiksel model olmaktadır. İstatistiksel hipotez sınaması veri kullanarak karar verme yöntemi olmaktadır. Kısacası, ANOVA bir parametrik çıkarımsal metodu olup ana kütle ortalamaları arasında farkın olup olmadığını sınamak için kullanılmaktadır. ANOVA tek başına üç veya daha fazla grubun aritmetik ortalamalarını kümülatif olarak karşılaştırır; bu karşılaştırmalardan en az birisi anlamlı olduğunda ANOVA sonucu da anlamlı bulunmaktadır.

Varyans analizinde önem seviyesi p değeri  $\alpha=0,05$  ile karşılaştırılmıştır. Varyans analizi sonucunda elde edilen p değeri söz konusu önem seviyesinden büyükse ( $p>0,05$ ), söz konusu faktörlerin seviyeleri arasında fark yok anlamına gelmektedir. Tam tersi durumunda ise faktör seviyeleri arasında fark vardır anlamına gelmektedir.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMALAR

Geliştirilen filtre kumaşlarına kumaş fiziksel testleri (gramaj, kalınlık tayini, kopma mukavemeti, yırtılma mukavemeti ve hava geçirgenliği) ve filtrasyon performansı (filtrasyon verimliliği, filtre geçirgenliği ve partikül boyutu analizi) testleri yapılmıştır. Yapılan testlerin sonuçları ve analizleri aşağıda paylaşılmıştır.

#### 3.1 Kumaş Fiziksel Test Sonuçları

Fiziksel testler kapsamında geliştirilen poliester, poliamid ve polipropilen içerikli filtre kumaşlarına gramaj, kalınlık tayini, kopma mukavemeti, yırtılma mukavemeti ve hava geçirgenliği testleri yapılmıştır. Elde edilen test sonuçları başlıklar halinde verilmiştir.

##### 3.1.1 Gramaj Tayini Sonucu

Geliştirilen filtre kumaşlarının ve referans filtre kumaşının gramaj tayini sonucunda elde edilen değerler Çizelge 3.1’ de verilmiştir. Gramaj ölçümleri her bir numune için 5 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.1. Geliştirilen filtre kumaşlarının gramaj tayini sonuçları

Kod	Çözü/Atkı Lif Cinsi	Çözgü Sıklık (tel/cm)	Çözgü- Atkı İplik Num (den)	Atkı Sıklık (atkı/cm)	Konstrüksiyon	Gramaj Değeri ( g/m <sup>2</sup> )
Referans Numunesi	%100 PP			17	Bezayağı	79
1-1-a				17	Bezayağı	77
1-1-b				19	Bezayağı	82
1-1-c				21	Bezayağı	87
1-1-d	%100 PES			17	2/1 Dimi	77
1-1-e				17	2/2 Ribs	76
1-1-f			150	17	2/2 Panama	75
2-2-a				17	Bezayağı	79
2-2-b				19	Bezayağı	81
2-2-c	% 100 PA	24		21	Bezayağı	92
2-2-d	6,6			17	2/1 Dimi	78
2-2-e				17	2/2 Ribs	73
2-2-f				17	2/2 Panama	76
3-3-a				17	Bezayağı	-
3-3-b				19	Bezayağı	-
3-3-c				21	Bezayağı	-
3-3-d	%100 PP		187	17	2/1 Dimi	108
3-3-e				17	2/2 Ribs	94
3-3-f				17	2/2 Panama	96

Çizelge 3.1’de geliştirilen filtre kumaşlarının ve referans numunenin gramaj değerleri gösterilmiştir. Atkı sıklığı ve konstrüksiyon yapısı değişikliğiyle farklı gramaj değerleri elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, filtre kumalarının gramaj değeri, referans numunenin sonucuyla benzerlik göstermiştir. Geliştirilen filtre kumaşlarında atkı sıklık değerlerinin artmasıyla numunelerin gramaj değerleri de (beklendiği gibi) artış göstermiştir.

Geliştirilen filtre kumaşlarının gramaj değerleri arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla istatistiksel analiz yöntemi (ANOVA) kullanılmıştır. Filtre kumaşlarının istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Gramaj Değerinin ANOVA sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi (df)	Uyarlanmış Kareler Toplamı (SS)	Uyarlanmış Kareler Ortalaması (MS)	F-Değeri	P-Değeri
Faktör	15	7038,8	469,25	294,43	0,00
Hata	64	102	1,594		
Toplam	79	7140,8			

Varyans analizi sonucunda elde edilen p değerinin 0,05’ten küçük çıkması, gruplar arasında anlamlı fark olduğu anlamına geldiğinden gruplar arasındaki farkı ayrıntılı incelemek adına Tukey yöntemi ile istatistiksel analiz yapılmıştır. Tukey analiz sonuçları Çizelge 3.3’de verilmiştir.

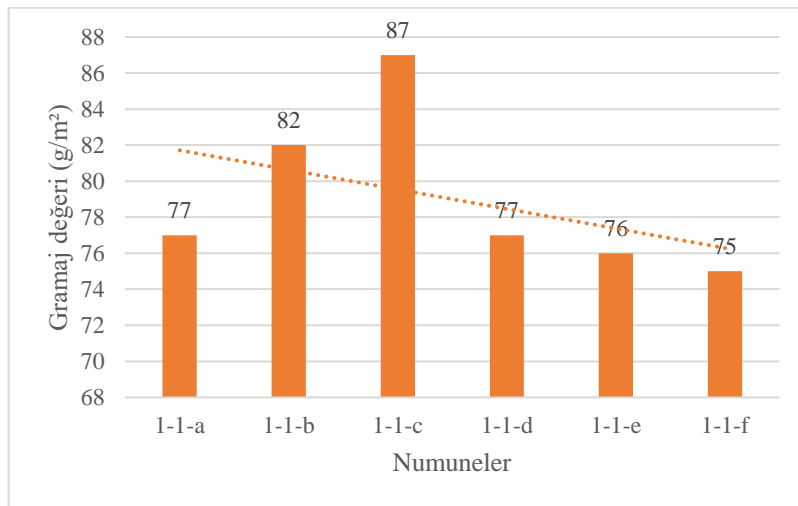
Çizelge 3.3. Tukey yöntemi ile gramaj gruplama bilgileri için (%95 güven aralığı)

Parametreler					
Kod	Çözümlü Sıklık Nominal (tel/ cm)	Atkı Sıklık Nominal (atkı/cm)	Konstrüksiyon	Tukey Yöntemi Sonucu	
Referans Numune	24	18	Bezayağı	79	F G
1-1-a		17	Bezayağı	77	G H I
1-1-b		19	Bezayağı	82	E
1-1-c		21	Bezayağı	87	D
1-1-d		17	2/1 Dimi	77	G H I
1-1-e		17	2/2 Ribs	76	H I
1-1-f		17	2/2 Panama	75	I J
2-2-a		17	Bezayağı	79	F G
2-2-b		19	Bezayağı	81	E F
2-2-c		21	Bezayağı	92	C

Çizelge 3.4. Tukey yöntemi ile gramaj gruplama bilgileri için (%95 güven aralığı) (devamı)

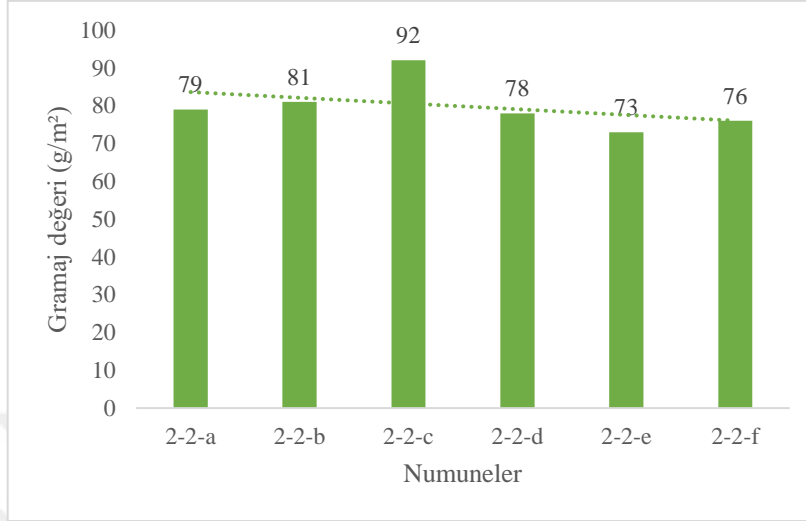
Parametreler				
Kod	Çözümlü Sıklık Nominal (tel/ cm)	Atkı Sıklık Nominal (atkı/cm)	Konstrüksiyon	Tukey Yöntemi Sonucu
2-2-d		17	2/1 Dimi	78 G H
2-2-e		17	2/2 Ribs	73 J
2-2-f		17	2/2 Panama	76 H I
3-3-a		17	Bezayağı	- -
3-3-b		19	Bezayağı	- -
3-3-c		21	Bezayağı	- -
3-3-d		17	2/1 Dimi	108 A
3-3-e		17	2/2 Ribs	94 B C
3-3-f		17	2/2 Panama	96 B

Çizelge 3.3’de Tukey yöntemine göre gruplar arasındaki bağlantılar gösterilmiştir. Tukey yönteminde ortak harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark anlamsız, farklı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark anlamlı olarak ifade edilmektedir. Tukey analizine bakıldığında, sıklık değişiminin gramaj ortalama değerleri arasında anlamlı farklar oluşturduğu, konstrüksiyon değişiminin ise bazı hammaddelerde anlamsız farklara yol açtığı görülmektedir. Konstrüksiyon değişimindeki farkların anlamsız olması, dokuma parametreleriyle ilgili olduğu düşünülmektedir. Poliester, poliamid ve polipropilen hammaddesiyle üretilen filtre kumaşlarının gramaj tayini sonuçlarının grafiksel gösterimi Şekil 3.1, Şekil 3.2, Şekil 3.3’ de gösterilmiştir.



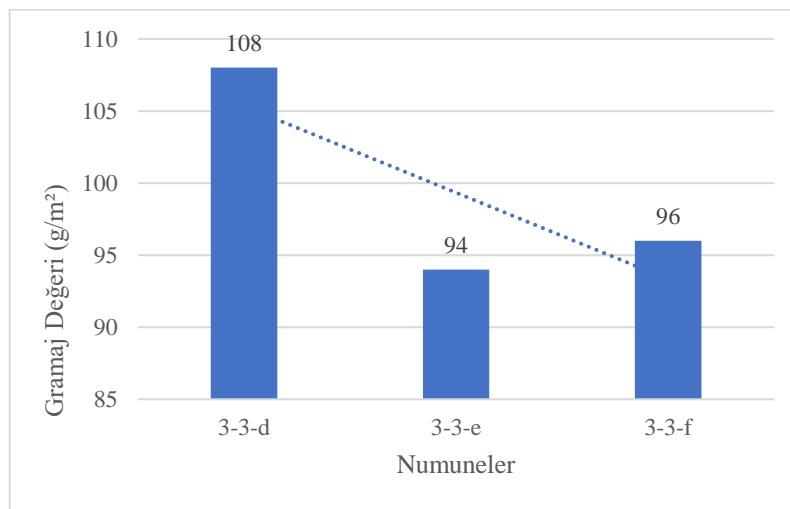
Şekil 3.1. Poliester lifiyle geliştirilen filtre kumaşlarının gramaj değeri

Şekil 3.1’de Tukey analizine göre poliester lifiyle yapılan çalışmalarda sıklık değerinin artmasıyla gramaj değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır. Fakat konstrüksiyon değişiminin geliştirilen numuneler arasında anlamlı farklılıklara yol açmadığı görülmüştür.



Şekil 3.2. Poliamid lifiyle geliştirilen filtre kumaşlarının gramaj değeri

Şekil 3.2’de Tukey analizine göre poliamid lifiyle yapılan çalışmalarda sıklık değerine bakıldığında, 2-2-a ve 2-2-b aynı grupta olup, 2-2-c farklı olmaktadır. Sıklık değişimi poliamid lifiyle gerçekleştirilen çalışmalara etki etmiştir. Konstrüksiyon etkisine bakıldığında 2-2-a, 2-2-d ve 2-2-f aynı grupta olduğu için anlamlı farklılıklara yol açmadığı görülmüştür. Fakat 2-2-e numunesi, 2-2-a, 2-2-d, 2-2-f ile farklı gruplarda olup, anlamlı farklılıklara yol açtığı görülmüştür.



Şekil 3.3. Polipropilen lifiyle geliştirilen filtre kumaşlarının gramaj değeri

Şekil 3.3’de Tukey analizine göre polipropilen lifiyle yapılan çalışmalarda konstrüksiyon değişiminin (3-3-d, 3-3-e, 3-3-f) gramaj değerlerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

### 3.1.2 Kalınlık Tayini Sonucu

Geliştirilen filtre kumaşlarının ve referans filtre kumaşının kalınlık tayini sonucunda elde edilen değerler Çizelge 3.4’ de verilmiştir. Kalınlık tayini kumaşın kenar orta kenar kısımlarından parça alınarak bakılmıştır.

Çizelge 3.5. Geliştirilen filtre kumaşlarının kalınlık tayini sonuçları

Kod	Kalınlık ölçüm sonucu (mm)			
	Kenar Kalınlık	Orta Kalınlık	Kenar Kalınlık	Ortalama
Referans Numune	0,32	0,33	0,33	0,33
1-1-a	0,35	0,34	0,34	0,34
1-1-b	0,35	0,36	0,35	0,36
1-1-c	0,37	0,37	0,37	0,37
1-1-d	0,33	0,33	0,33	0,33
1-1-e	0,38	0,39	0,38	0,38
1-1-f	0,31	0,32	0,32	0,31
2-2-a	0,36	0,34	0,34	0,35
2-2-b	0,35	0,37	0,37	0,36
2-2-c	0,37	0,36	0,37	0,37
2-2-d	0,37	0,38	0,38	0,38
2-2-e	0,36	0,35	0,36	0,36
2-2-f	0,37	0,36	0,37	0,37
3-3-a	-	-	-	-
3-3-b	-	-	-	-
3-3-c	-	-	-	-
3-3-d	0,48	0,45	0,45	0,46
3-3-e	0,56	0,54	0,54	0,55
3-3-f	0,47	0,49	0,48	0,48

Çizelge 3.4’de geliştirilen filtre kumaş denemelerinin ve referans numunenin kalınlık ölçüm sonuçları verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, filtre kumaşlarının kalınlık değeri, referans numunenin sonucuyla benzerlik göstermiştir. Atkı sıklığı ve konstrüksiyon yapısı değişikliğiyle farklı kalınlık değerleri elde edilmiştir. Geliştirilen filtre kumaşlarında atkı sıklık değerlerinin artmasıyla numunelerin kalınlık değerlerinde beklendiği gibi artış göstermiştir.

Lineer yoğunluğu daha yüksek olan PP lifi kullanılarak yapılan denemelerde kalınlık değeri 0,46 ve 0,55 mm arasında sonuç göstermiştir.

Geliştirilen filtre kumaşlarının kalınlık değerleri arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla istatistiksel analiz yöntemi (ANOVA) kullanılmıştır. Filtre kumaşlarının istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 3.5’de verilmiştir.

Çizelge 3.6. Kalınlık Değerinin ANOVA sonuçları

<b>Kaynak</b>	<b>Serbestlik Derecesi (df)</b>	<b>Uyarlanmış Kareler Toplamı (SS)</b>	<b>Uyarlanmış Kareler Ortalaması (MS)</b>	<b>F-Değeri</b>	<b>P-Değeri</b>
Faktör	15	0,29172	0,01945	438,26	0,00
Hata	64	0,00284	4,4E-05		
Toplam	79	0,29456			

Varyans analizi sonucunda elde edilen p değerinin 0,05’ten küçük çıktığı için, gruplar arasında en az bir tanesinin ortalamasının diğerlerinden farklı olduğu görülmüştür. Gruplar arasındaki farkı ayrıntılı incelemek adına Tukey yöntemi ile istatistiksel analiz yapılmıştır. Tukey analiz sonuçları Çizelge 3.6’da verilmiştir.

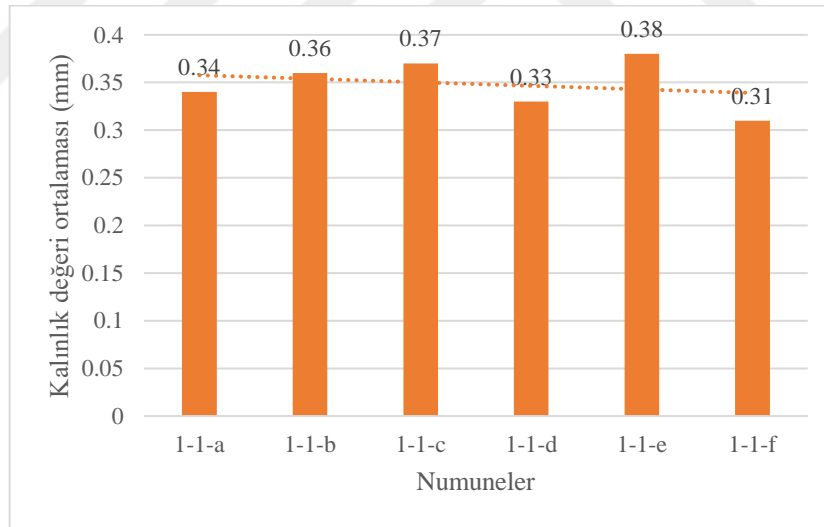
Çizelge 3.7. Tukey yöntemi ile kalınlık değerinin gruplama bilgileri (%95 güven aralığı)

<b>Parametreler</b>					
<b>Kod</b>	<b>Çözümlü Sıklık Nominal (tel/ cm)</b>	<b>Atkı Sıklık Nominal (atkı/cm)</b>	<b>Konstrüksiyon</b>	<b>Tukey Yöntemi Sonucu</b>	
Referans Numune		18	Bezayağı	0,33	I J
1-1-a		17	Bezayağı	0,34	H I
1-1-b		19	Bezayağı	0,36	F G H
1-1-c		21	Bezayağı	0,37	D E F
1-1-d		17	2/1 Dimi	0,33	I
1-1-e		17	2/2 Ribs	0,38	D
1-1-f	24	17	2/2 Panama	0,31	J
2-2-a		17	Bezayağı	0,35	G H
2-2-b		19	Bezayağı	0,36	F G
2-2-c		21	Bezayağı	0,37	D E F
2-2-d		17	2/1 Dimi	0,38	D E
2-2-e		17	2/2 Ribs	0,36	E F
2-2-f		17	2/2 Panama	0,37	D E F

Çizelge 3.8. Tukey yöntemi ile kalınlık değerinin gruplama bilgileri (%95 güven aralığı) (devamı)

Parametreler					
Kod	Çözümlü Sıklık Nominal (tel/ cm)	Atkı Sıklık Nominal (atkı/cm)	Konstrüksiyon	Tukey Yöntemi Sonucu	
3-3-a	24	17	Bezayağı	-	-
3-3-b		19	Bezayağı	-	-
3-3-c		21	Bezayağı	-	-
3-3-d		17	2/1 Dimi	0,46	C
3-3-e		17	2/2 Ribs	0,55	A
3-3-f		17	2/2 Panama	0,48	B

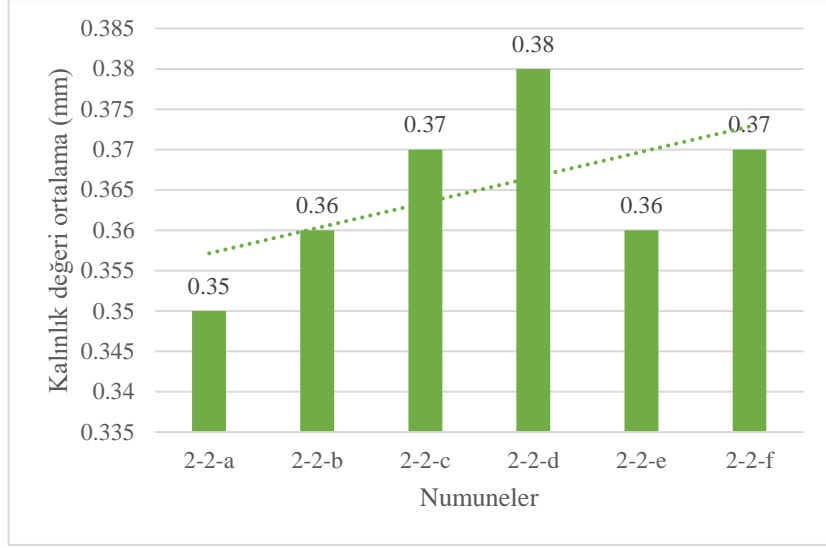
Çizelge 3.6’da Tukey yöntemine göre gruplar arasındaki bağlantılar gösterilmiştir. Tukey analizine bakıldığında, sıklık ve konstrüksiyon değişiminin bazı hammaddelerde kalınlık ortalama değerleri arasında anlamsız farklar oluşturduğu istatistiksel olarak görülmüştür. Poliester, poliamid ve polipropilen hammaddesiyle üretilen filtre kumaşlarının kalınlık tayini sonuçlarının grafiği Şekil 3.4, Şekil 3.5, Şekil 3.6’ da gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Poliester lifiyle geliştirilen filtre kumaşlarının kalınlık tayini

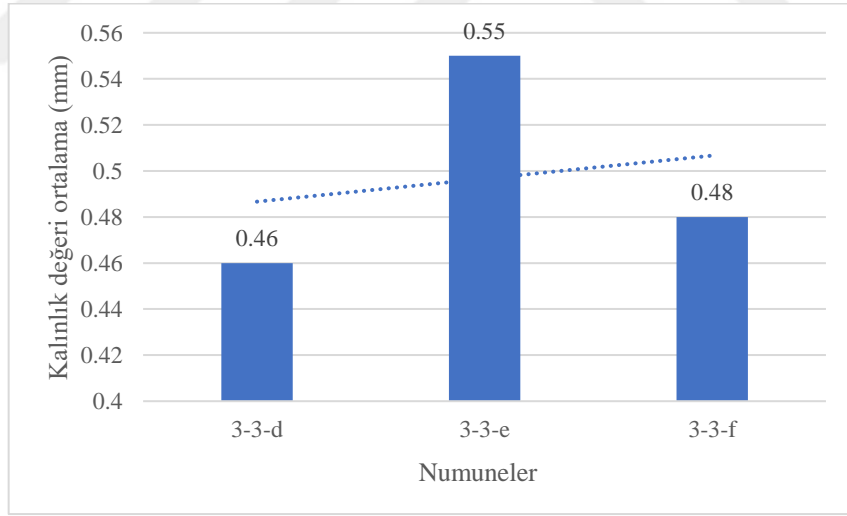
Şekil 3.4’de Tukey analizine göre poliester lifiyle yapılan çalışmalarda sıklık değerinin artmasıyla (1-1-a, 1-1-b, 1-1-c ) kalınlık değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır. Aynı şekilde konstrüksiyon değişiminin (1-1-a, 1-1-d, 1-1-e, 1-1-f) kalınlık değerlerine etkisi istatistiksel olarak incelendiğinde aralarındaki fark anlamlı bulunmuştur.





Şekil 3.5. Poliamid lifiyle geliştirilen filtre kumaşlarının kalınlık tayini

Şekil 3.5’de Tukey analizine göre poliamid lifiyle yapılan çalışmalarda sıklık değerinin artmasıyla (2-2-a, 2-2-b, 2-2-c) kalınlık değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır. Konstrüksiyon değişiminin (2-2-a, 2-2-d, 2-2-e, 2-2-f) kalınlık değerlerine etkisi istatistiksel olarak incelendiğinde aralarındaki fark anlamlı bulunmuştur.



Şekil 3.6. Polipropilen lifiyle geliştirilen filtre kumaşlarının kalınlık tayini

Şekil 3.6’da Tukey yöntemine göre polipropilen lifiyle yapılan denemelerin konstrüksiyon değişimiyle (3-3-d, 3-3-e, 3-3-f) kalınlık ortalama değerleri arasında anlamlı fark bulunduğu tespit edilmiştir.

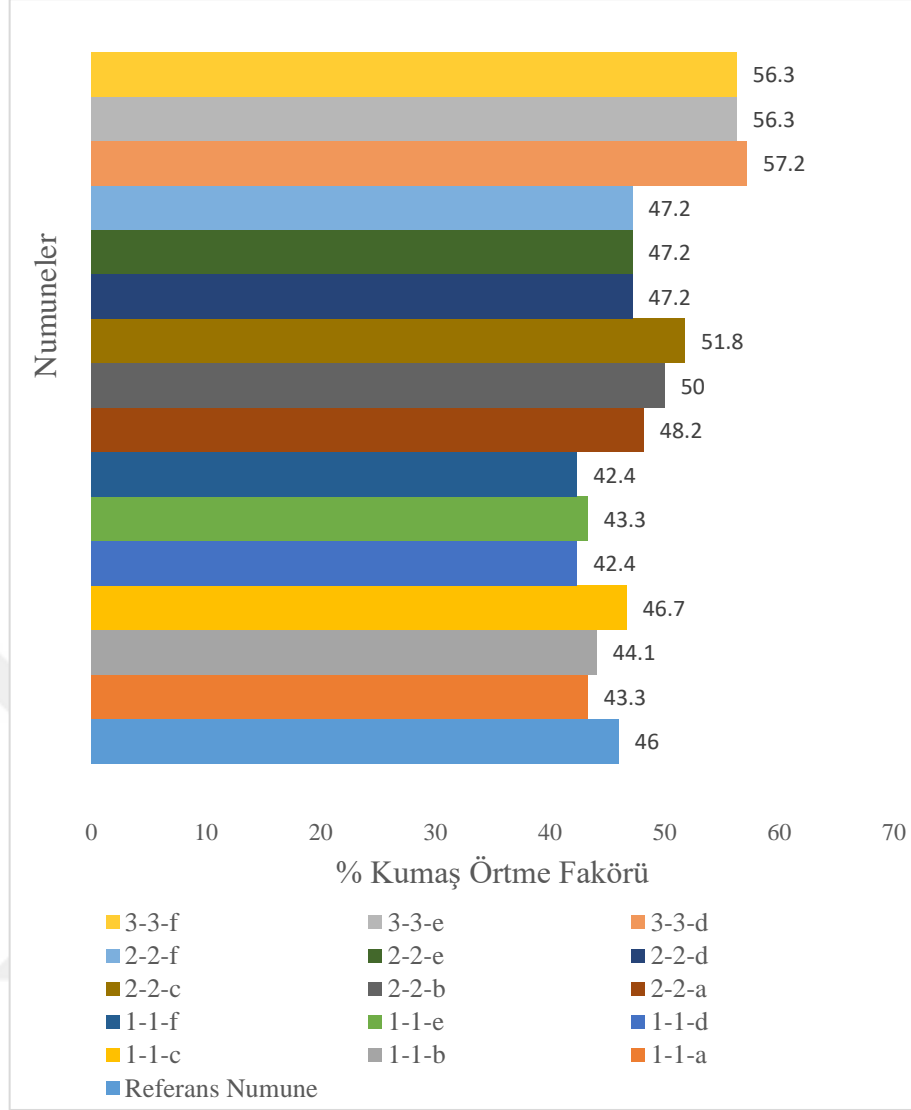
### 3.1.3 Kumaş Örtme Faktörü Sonuçları

Geliştirilen filtre kumaşlarının ve referans filtre kumaşının çözgü, atkı ve % toplam kumaş örtme faktör değeri hesaplanmıştır. Hesaplanan örtme faktörü değerleri Çizelge 3.7’de verilmiştir.

Çizelge 3.9. Kumaş örtme faktörleri

Kod	Çözgü Örtme Faktörü	Atkı Örtme Faktörü	% Kumaş Örtme Faktörü
Referans Numune	0,3	0,2	46
1-1-a	0,2	0,2	43,3
1-1-b	0,2	0,2	44,1
1-1-c	0,2	0,2	46,7
1-1-d	0,2	0,1	42,4
1-1-e	0,2	0,2	43,3
1-1-f	0,2	0,1	42,4
2-2-a	0,3	0,2	48,2
2-2-b	0,3	0,2	50
2-2-c	0,3	0,2	51,8
2-2-d	0,3	0,2	47,2
2-2-e	0,3	0,2	47,2
2-2-f	0,3	0,2	47,2
3-3-a	-	-	-
3-3-b	-	-	-
3-3-c	-	-	-
3-3-d	0,4	0,2	57,2
3-3-e	0,4	0,2	56,3
3-3-f	0,4	0,2	56,3

Poliester, poliamid ve polipropilen lifiyle üretilen filtre kumaşlarının kumaş örtme faktörü sonuçları ayrı olarak grafiksel gösterimi Şekil 3.7’de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Dokunan filtre kumaş numunelerinin örtme faktörü tayini

Şekil 3.7’de kumaş örtme faktörü dağılımı gösterilmiştir. Polipropilen lifiyle yapılan denemelerde iplik lineer yoğunluğunun daha fazla olmasından dolayı daha yüksek kumaş örtme faktörü elde edilmiştir. Hesaplanan sonuçlara göre en düşük kumaş örtme faktörüne sahip olan numuneler, poliester lifiyle dokunan filtre kumaş prototipleridir (1-1-d, 1-1-f).

### 3.1.4 Kopma Mukavemeti Testi Sonucu

Geliştirilen filtre kumaşlarının ve referans filtre kumaşının kopma mukavemeti ölçümleri atkı ve çözgü yönünde beş tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Kopma mukavemeti testleri sonucunda elde edilen değerler Çizelge 3.8’ de verilmiştir.

Çizelge 3.10. Geliştirilen filtre kumaşlarının çözgü ve atkı yönünde kopma mukavemeti değeri

Kod	Kopma Mukavemeti Ölçüm Sonucu (N)	
	Çözgü Yönü	Atkı Yönü
Referans Numune	723	581
1-1-a	690	580
1-1-b	740	630
1-1-c	720	670
1-1-d	830	600
1-1-e	790	530
1-1-f	710	520
2-2-a	710	600
2-2-b	810	660
2-2-c	770	730
2-2-d	770	600
2-2-e	740	460
2-2-f	780	510
3-3-a	-	-
3-3-b	-	-
3-3-c	-	-
3-3-d	1460	1070
3-3-e	1540	570
3-3-f	1210	620

Çizelge 3.8’de verilen kopma mukavemet değerleri incelendiğinde, referans filtre kumaş numunesinin kopma mukavemet değerinin çözgü yönünde 723 N, atkı yönünde 581 N olduğu görülmektedir. Geliştirilen filtre kumaşlarının kopma mukavemet değerlerinin genel olarak referans filtre kumaşına göre daha yüksek sonuç gösterdiği görülmüştür.

Geliştirilen filtre kumaşlarının kopma mukavemet değerleri (çözgü ve atkı yönünde) arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla istatistiksel analiz yöntemi (ANOVA) kullanılmıştır. Filtre kumaşlarının istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 3.9 ve Çizelge 3.10’da verilmiştir.

Çizelge 3.11. Kopma mukavemet değerinin çözgü yönünde ANOVA sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi (df)	Uyarlanmış Kareler Toplamı (SS)	Uyarlanmış Kareler Ortalaması (MS)	F-Değeri	P-Değeri
Faktör	15	5567380	371159	148463,5	0,00
Hata	64	160	2		
Toplam	79	5567540			

Çizelge 3.12. Kopma mukavemet değerinin atkı yönünde ANOVA sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi (df)	Uyarlanmış Kareler Toplamı (SS)	Uyarlanmış Kareler Ortalaması (MS)	F-Değeri	P-Değeri
Faktör	15	1407067	93804,5	37521,79	0,00
Hata	64	160	2,5		
Toplam	79	1407227			

Varyans analizi sonucunda elde edilen p değeri 0,05'ten küçük çıkmıştır. Çözü ve atkı yönünde kopma mukavemeti grupları arasında en az bir tanesinin ortalamasının diğerlerinden farklı olduğu anlamına geldiğinden gruplar arasındaki farkı ayrıntılı incelemek adına Tukey yöntemi ile istatistiksel analiz yapılmıştır. Tukey analiz sonuçları çözü ve atkı yönünde Çizelge 3.11 ve Çizelge 3.12'de verilmiştir.

Çizelge 3.13. Tukey yöntemi ile kopma mukavemet değerinin çözü yönünde gruplama bilgileri (%95 güven aralığı)

Kod	Çözü Yönü Kopma Mukavemeti Ölçüm Sonucu (N)	Tukey Yöntemi Sonucu
Referans Numune	723	J
1-1-a	690	L
1-1-b	740	I
1-1-c	720	J
1-1-d	830	D
1-1-e	790	F
1-1-f	710	K
2-2-a	710	K
2-2-b	810	E
2-2-c	770	H
2-2-d	770	H
2-2-e	740	I
2-2-f	780	G
3-3-a	-	-
3-3-b	-	-
3-3-c	-	-
3-3-d	1460	B
3-3-e	1540	A
3-3-f	1210	C

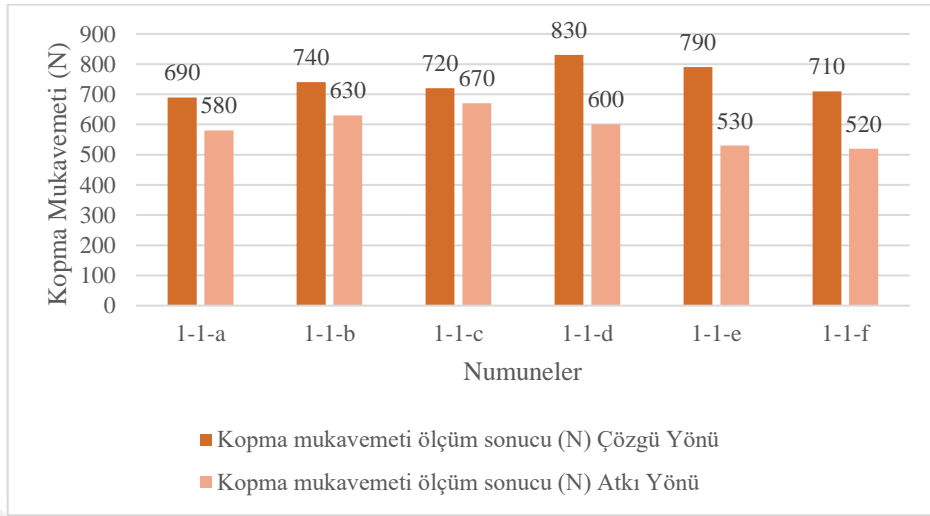
Çizelge 3.11’de Tukey yöntemine göre gruplar arasındaki bağlantılar gösterilmiştir. Tukey analizine bakıldığında, sıklık (1-1-a, 1-1-b, 1-1-c / 2-2-a, 2-2-b, 2-2-c ) ve konstrüksiyon değişiminin (1-1-d, 1-1-e, 1-1-f / 2-2-d, 2-2-e, 2-2-f / 3-3-d, 3-3-e, 3-3-f) çözgü yönünde kopma mukavemeti ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar oluşturduğu görülmüştür. Anlamlı farklar oluşmasının sebebi, hammadde ve kumaş parametrelerinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır.

Çizelge 3.14. Tukey yöntemi ile kopma mukavemet değerinin atkı yönünde gruplama bilgileri (%95 güven aralığı)

<b>Kod</b>	<b>Atkı Yönü Kopma Mukavemeti Ölçüm Sonucu (N)</b>	<b>Tukey Yöntemi Sonucu</b>
Referans Numune	581	H
1-1-a	580	H
1-1-b	630	E
1-1-c	670	C
1-1-d	600	G
1-1-e	530	J
1-1-f	520	K
2-2-a	600	G
2-2-b	660	D
2-2-c	730	B
2-2-d	600	G
2-2-e	460	M
2-2-f	510	L
3-3-a	-	-
3-3-b	-	-
3-3-c	-	-
3-3-d	1070	A
3-3-e	570	B
3-3-f	620	C

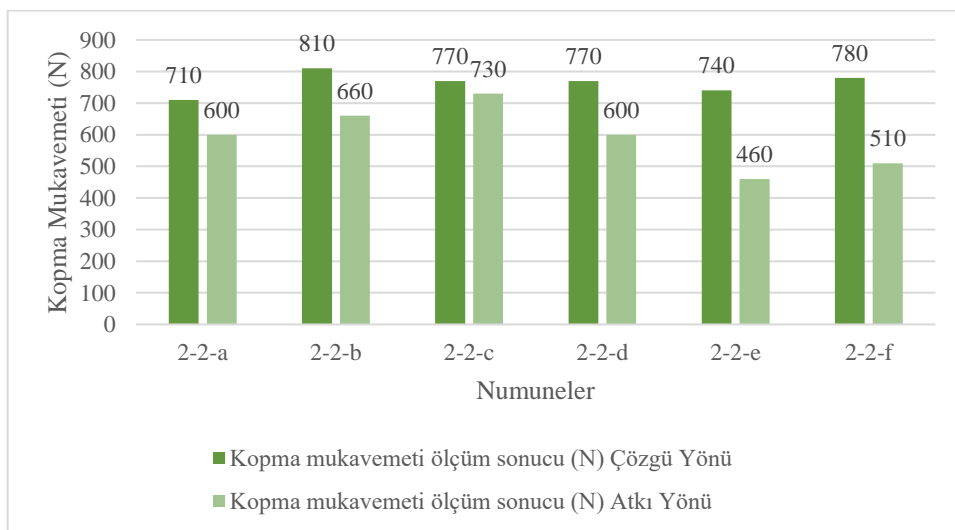
Çizelge 3.12’de Tukey yöntemine göre gruplar arasındaki bağlantılar gösterilmiştir. Tukey analizine bakıldığında, sıklık (1-1-a, 1-1-b, 1-1-c / 2-2-a, 2-2-b, 2-2-c ) ve konstrüksiyon değişiminin (1-1-a, 1-1-d, 1-1-e, 1-1-f / 2-2-a, 2-2-d, 2-2-e, 2-2-f / 3-3-d, 3-3-e, 3-3-f) hammaddelerde atkı yönünde kopma mukavemeti ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar oluşturduğu görülmüştür. Anlamlı farklar oluşmasının sebebi, hammadde ve kumaş parametrelerinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Poliester, poliamid ve

polipropilen hammaddesiyle üretilen filtre kumaşlarının kopma mukavemeti test sonuçlarının ayrı olarak grafiksel gösterimi Şekil 3.8, Şekil 3.9, Şekil 3.10’ da gösterilmiştir.



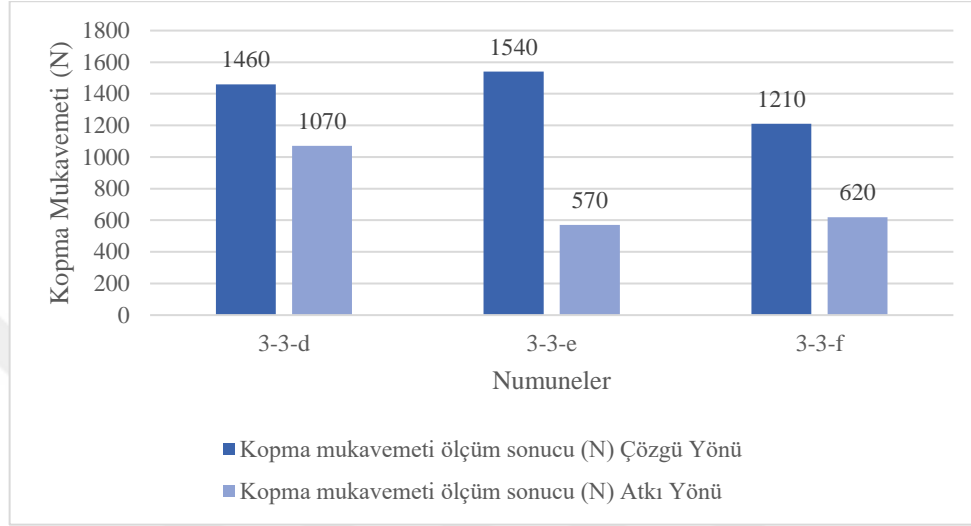
Şekil 3.8. Poliester lifiyle geliştirilen filtre kumaşlarının kopma mukavemeti test sonucu

Şekil 3.8’de Tukey analizine göre poliester lifiyle yapılan çalışmalarda sıklık değerinin artmasıyla (1-1-a, 1-1-b, 1-1-c) kopma mukavemeti (çözgü-atkı yönünde) değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır. Sıklık değerinin artmasıyla kopma mukavemeti değeri artış eğilimi göstermiştir. Konstrüksiyon değişiminin (1-1-a, 1-1-d, 1-1-e, 1-1-f) kopma mukavemetine (çözgü-atkı yönünde) etkisi istatistiksel olarak incelendiğinde aralarındaki fark anlamlı bulunmuştur. Konstrüksiyon değişiminde anlamlı farklar oluşmasının sebebi, kumaş yüzeyindeki bağlantı ipliğiyle ilgili olduğu düşünülmektedir.



Şekil 3.9. Poliamid lifiyle geliştirilen filtre kumaşlarının kopma mukavemeti test sonucu

Şekil 3.9’da Tukey analizine göre poliamid lifiyle yapılan çalışmalarda sıklık değerinin artmasıyla (2-2-a, 2-2-b, 2-2-c) kopma mukavemeti (çözgü-atkı yönünde) değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır. Konstrüksiyon değişiminin (2-2-a, 2-2-d, 2-2-e, 2-2-f) çözgü yönünde kopma mukavemetine çözgü-atkı yönünde etkisi istatistiksel olarak incelendiğinde aralarındaki fark anlamlı olduğu görülmüştür.



Şekil 3.10. Polipropilen lifiyle geliştirilen filtre kumaşlarının kopma mukavemeti test sonucu

Şekil 3.10’da Tukey analizine göre polipropilen lifiyle yapılan çalışmalarda konstrüksiyon değişiminin (3-3-d, 3-3-e, 3-3-f) çözgü ve atkı yönünde kopma mukavemetine etkisi istatistiksel olarak incelendiğinde aralarındaki fark anlamlı olduğu görülmüştür.

### 3.1.5 Yırtılma Mukavemeti Testi Sonucu

Geliştirilen filtre kumaşlarının ve referans filtre kumaşının yırtılma mukavemeti test sonuçları Çizelge 3.13’de verilmiştir. Yırtılma mukavemeti testi için Elmatear test cihazı’nda yapılması planlanmıştır. Fakat monofilament iplikler ile üretilen filtre kumaşı, cihazın tutucu çenelerinden kayma problemi ortaya çıkarmıştır. Bu kapsamda kumaşların yırtılma mukavemeti, pantolon (tek dil) metoduna göre tekrarlanmıştır. Bu metoda göre yırtılma mukavemeti TS EN ISO 13937–2 standardına göre tespit edilmektedir. Yırtılma mukavemeti testi atkı ve çözgü yönünde beş tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Çekme cihazında yapılan testlerde de çenelerde kayma problemiyle karşılaşmıştır.



Çizelge 3.15. Geliştirilen filtre kumaşlarının çözgü ve atkı yönünde yırtılma mukavemeti değerleri

Kod	Yırtılma Mukavemeti Ölçüm Sonucu (N)	
	Çözgü Yönü	Atkı Yönü
Referans Num	52	51
1-1-a	65	68
1-1-b	67	68
1-1-c	69	71
1-1-d	97	44
1-1-e	21	15
1-1-f	9	11
2-2-a	83	75
2-2-b	68	62
2-2-c	61	53
2-2-d	120	71
2-2-e	16	8
2-2-f	11	7
3-3-a	-	-
3-3-b	-	-
3-3-c	-	-
3-3-d	141	116
3-3-e	26	60
3-3-f	24	13

Çizelge 3.13’de geliştirilen filtre kumaşlarına ve referans numuneye ait atkı ve çözgü yönünde yırtılma mukavemet değerleri verilmiştir. Referans filtre kumaş numunesinin yırtılma mukavemet değeri çözgü yönünde 52 Newton, atkı yönünde 51 Newton olmaktadır. Geliştirilen filtre kumaşları yırtılma mukavemeti değeri referans numuneye benzer sonuçlar göstermiştir. Geliştirilen filtre kumaşlarının yırtılma mukavemet değerleri (çözgü ve atkı yönünde) arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla istatistiksel analiz yöntemi (ANOVA) kullanılmıştır. Filtre kumaşlarının istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 3.14 ve Çizelge 3.15’de verilmiştir.

Çizelge 3.16. Yırtılma mukavemet değerinin çözgü yönünde ANOVA sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi (df)	Uyarlanmış Kareler Toplamı (SS)	Uyarlanmış Kareler Ortalaması (MS)	F-Değeri	P-Değeri
Faktör	15	115989	7732,58	3093,03	0,00
Hata	64	160	2,5		
Toplam	79	116149			

Çizelge 3.17. Yırtılma mukavemet değerinin atkı yönünde ANOVA sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi (df)	Uyarlanmış Kareler Toplamı (SS)	Uyarlanmış Kareler Ortalaması (MS)	F-Değeri	P-Değeri
Faktör	15	72629,7	4841,98	1936,79	0,00
Hata	64	160	2,5		
Toplam	79	72789,7			

Varyans analizi sonucunda elde edilen p değerinin 0,05'ten küçük çıkmıştır. Bu kapsamda çözüğü ve atkı yönünde yırtılma mukavemeti grupları arasında en az bir tanesinin ortalamasının diğerlerinden farklı olduğu anlamına geldiğinden gruplar arasındaki farkı ayrıntılı incelemek adına Tukey yöntemi ile istatistiksel analiz yapılmıştır. Tukey analiz sonuçları (çözüğü ve atkı yönünde) Çizelge 3.16 ve Çizelge 3.17'de verilmiştir.

Çizelge 3.18. Tukey yöntemi ile yırtılma mukavemet değerinin çözüğü yönünde gruplama bilgileri (%95 güven aralığı)

Kod	Çözüğü Yönü Yırtılma Mukavemeti Ölçüm Sonucu (N)	Tukey Yöntemi Sonucu
Referans Numune	52	H
1-1-a	65	F
1-1-b	67	E F
1-1-c	69	E
1-1-d	97	C
1-1-e	21	J
1-1-f	9	L
2-2-a	83	D
2-2-b	68	E F
2-2-c	61	G
2-2-d	120	B
2-2-e	16	K
2-2-f	11	L
3-3-a	-	-
3-3-b	-	-
3-3-c	-	-
3-3-d	141	A
3-3-e	26	I
3-3-f	24	I J

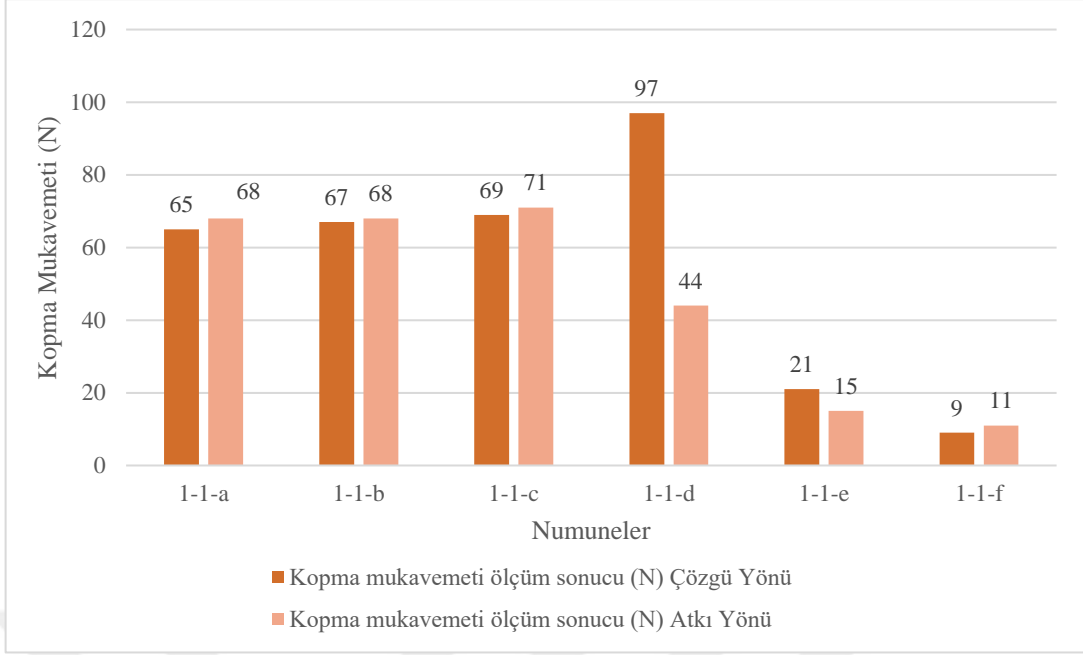
Çizelge 3.16'da Tukey yöntemine göre gruplar arasındaki bağlantılar gösterilmiştir. Tukey analizine bakıldığında, sıklık (1-1-a, 1-1-b, 1-1-c / 2-2-a, 2-2-b, 2-2-c) ve konstrüksiyon değişiminin (1-1-a, 1-1-d, 1-1-e, 1-1-f / 2-2-a, 2-2-d, 2-2-e, 2-2-f / 3-3-d, 3-3-e, 3-3-f) polyester

ve poliamid hammaddelerinde çözü yönünde yırtılma mukavemeti ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar oluşturmadığı görülmüştür. Anlamlı farkların olmadığı durumlarda ölçüm sırasında çenelerde kayma problemi oluşmuştur.

Çizelge 3.19. Tukey yöntemi ile yırtılma mukavemet değerinin atkı yönünde gruplama bilgileri (%95 güven aralığı)

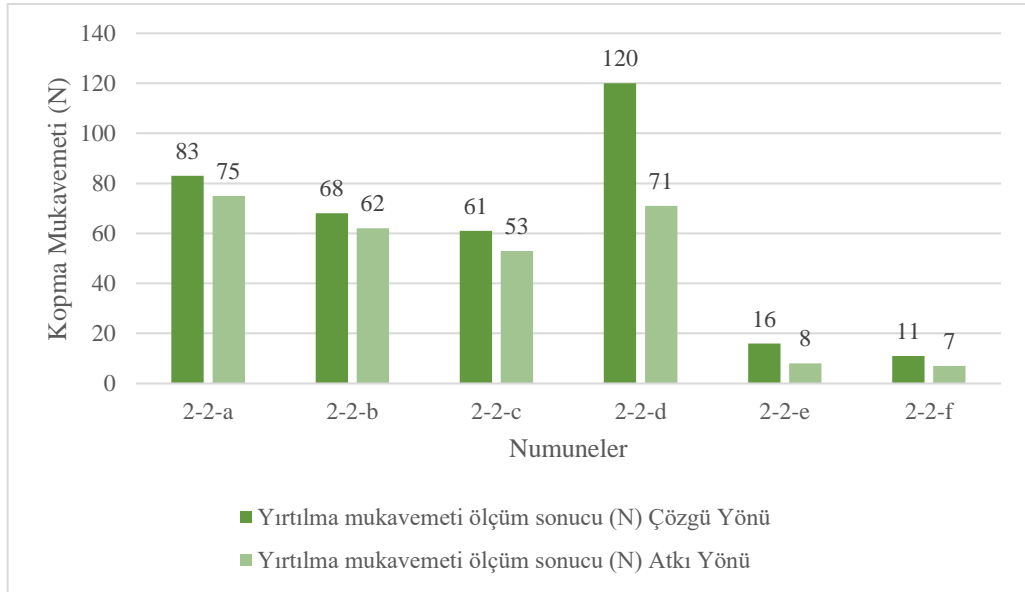
<b>Kod</b>	<b>Atkı Yönü Yırtılma Mukavemeti Ölçüm Sonucu (N)</b>	<b>Tukey Yöntemi Sonucu</b>
Referans Numune	51	E
1-1-a	68	C
1-1-b	68	C
1-1-c	71	C
1-1-d	44	F
1-1-e	15	G
1-1-f	11	H I
2-2-a	75	B
2-2-b	62	D
2-2-c	53	E
2-2-d	71	C
2-2-e	8	I J
2-2-f	7	J
3-3-a	-	-
3-3-b	-	-
3-3-c	-	-
3-3-d	116	A
3-3-e	60	D
3-3-f	13	G H

Çizelge 3.17’da Tukey yöntemine göre gruplar arasındaki bağlantılar gösterilmiştir. Tukey analizine bakıldığında, sıklık (1-1-a, 1-1-b, 1-1-c / 2-2-a, 2-2-b, 2-2-c) ve konstrüksiyon değişiminin (1-1-a, 1-1-d, 1-1-e, 1-1-f / 2-2-a, 2-2-d, 2-2-e, 2-2-f / 3-3-d, 3-3-e, 3-3-f) bazı hammaddelerde atkı yönünde yırtılma mukavemeti ortalama değerleri arasında anlamlı farklar oluşturmadığı istatistiksel olarak görülmüştür. Poliester, poliamid ve polipropilen hammaddesiyle üretilen filtre kumaşlarının yırtılma mukavemeti test sonuçlarının ayrı olarak grafiksel gösterimi Şekil 3.11, Şekil 3.12, Şekil 3.13’ de gösterilmiştir.



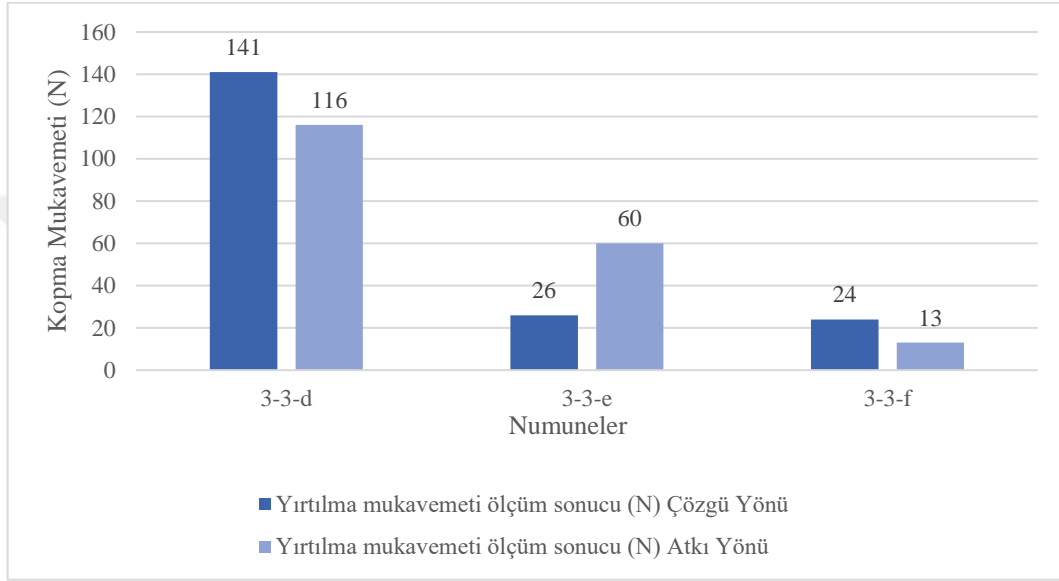
Şekil 3.11. Poliester lifiyle geliştirilen filtre kumaşlarının yırtılma mukavemeti test sonucu

Şekil 3.11’de Tukey analizine göre poliester lifiyle yapılan çalışmalarda sıklık değerinin artmasıyla (1-1-a, 1-1-b, 1-1-c) yırtılma mukavemeti (çözüğü-atkı yönünde) değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir. İstatistiksel olarak farkların anlamlı çıkmamasının sebebi ölçüm sırasındaki çenelerde kayma probleminin yaşanması görülmektedir. Konstrüksiyon değişiminin (1-1-a, 1-1-d, 1-1-e, 1-1-f) yırtılma mukavemetine (çözüğü-atkı yönünde) etkisi istatistiksel olarak incelendiğinde aralarındaki fark anlamlı olduğu görülmüştür.



Şekil 3.12. Poliamid lifiyle geliştirilen filtre kumaşlarının yırtılma mukavemeti test sonucu

Şekil 3.12’de Tukey analizine göre poliamid lifiyle yapılan çalışmalarda sıklık değerinin artmasıyla (2-2-a, 2-2-b, 2-2-c) yırtılma mukavemeti (çözgü-atkı yönünde) değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür. Konstrüksiyon değişiminin (2-2-a, 2-2-d, 2-2-e, 2-2-f) yırtılma mukavemetine etkisi istatistiksel olarak incelendiğinde çözgü yönünde anlamlı atkı yönünde anlamsız fark olduğu görülmüştür. Konstrüksiyon etkisinin istatistiksel olarak farklarının anlamlı çıkmamasının sebebi ölçüm sırasındaki çenelerde kayma probleminin yaşanması görülmektedir.



Şekil 3.13. Polipropilen lifiyle geliştirilen filtre kumaşlarının yırtılma mukavemeti test sonucu

Şekil 3.13’de polipropilen lifiyle geliştirilen filtre kumaş denemelerinin atkı ve çözgü yönünde yırtılma mukavemet değerleri gösterilmiştir. Tukey yöntemine göre Konstrüksiyon değişiminin (3-3-d, 3-3-e, 3-3-f) yırtılma mukavemetine etkisi istatistiksel olarak incelendiğinde çözgü ve atkı yönünde anlamlı fark olduğu görülmüştür.

### 3.1.6 Hava Geçirgenliği Testi Sonucu

Geliştirilen filtre kumaşlarının ve referans filtre kumaşının hava geçirgenlik test sonuçları Çizelge 3.18’ de verilmiştir. Hava geçirgenliği testi kenar orta kenar olarak beş tekrarlı şekilde gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.20. Geliştirilen filtre kumaşlarının hava geçirgenliği değeri

Kod	Hava Geçirgenliği Test Sonucu (l/m <sup>2</sup> /s)			
	Kenar	Orta	Kenar	Ortalama
Referans Numune	12.100	12.300	12.100	12.166
1-1-a	13.700	13.600	13.700	13.666
1-1-b	12.800	13.100	12.800	12.900
1-1-c	12.100	11.800	11.900	11.933
1-1-d	14.000	14.000	14.200	14.066
1-1-e	13.100	13.100	13.100	13.100
1-1-f	12.800	12.800	12.700	12.766
2-2-a	10.600	11.000	11.000	10.866
2-2-b	9.860	10.300	10.500	10.220
2-2-c	9.320	9.480	9.230	9.343
2-2-d	12.500	12.100	12.500	12.366
2-2-e	12.200	12.200	12.200	12.200
2-2-f	12.050	12.100	12.100	12.083
3-3-a	-	-	-	-
3-3-b	-	-	-	-
3-3-c	-	-	-	-
3-3-d	9.400	9.320	9.710	9.476
3-3-e	9.440	9.160	9.430	9.343
3-3-f	7.760	8.230	8.080	8.023

Çizelge 3.18’de geliştirilen filtre kumaşlarının ve referans numunenin hava geçirgenliği sonuçları verilmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda referans filtre kumaş numunesinin hava geçirgenlik değeri ortalaması 12.166 l/m<sup>2</sup>/s olmaktadır. Geliştirilen filtre kumaşlarının hava geçirgenlik değerleri ise maksimum 14.066 l/m<sup>2</sup>/s (1-1-d no’lu deneme), minimum 8.023 l/m<sup>2</sup>/s (3-3-f no’lu deneme) sonuç vermiştir. Geliştirilen filtre kumaşlarının hava geçirgenliği sonuçları arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla istatistiksel analiz yöntemi (ANOVA) kullanılmıştır. Filtre kumaşlarının istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 3.19’da verilmiştir.

Çizelge 3.21. Hava geçirgenliği sonuçlarının ANOVA analizi

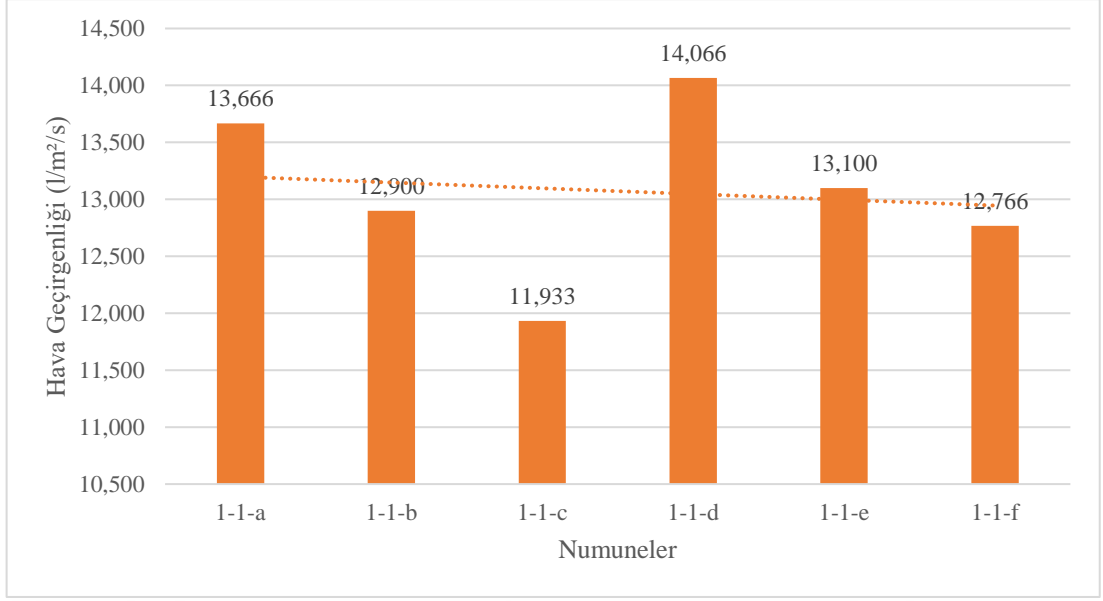
Kaynak	Serbestlik Derecesi (df)	Uyarlanmış Kareler Toplamı (SS)	Uyarlanmış Kareler Ortalaması (MS)	F-Değeri	P-Değeri
Faktör	15	188503158	12566877	681,28	0,00
Hata	48	885403	18446		
Toplam	63	189388561			

Çizelge 3.19’da varyans analizi sonucunda elde edilen p değerinin 0,05’ten küçük çıktığı için, gruplar arasında en az bir tanesinin ortalamasının diğerlerinden farklı olduğu anlamı çıkmıştır. Gruplar arasındaki farkı ayrıntılı incelemek adına Tukey yöntemi ile istatistiksel analiz yapılmıştır. Tukey analiz sonuçları Çizelge 3.20’de verilmiştir.

Çizelge 3.22. Tukey yöntemi ile hava geçirgenliği gruplama bilgileri (%95 güven aralığı)

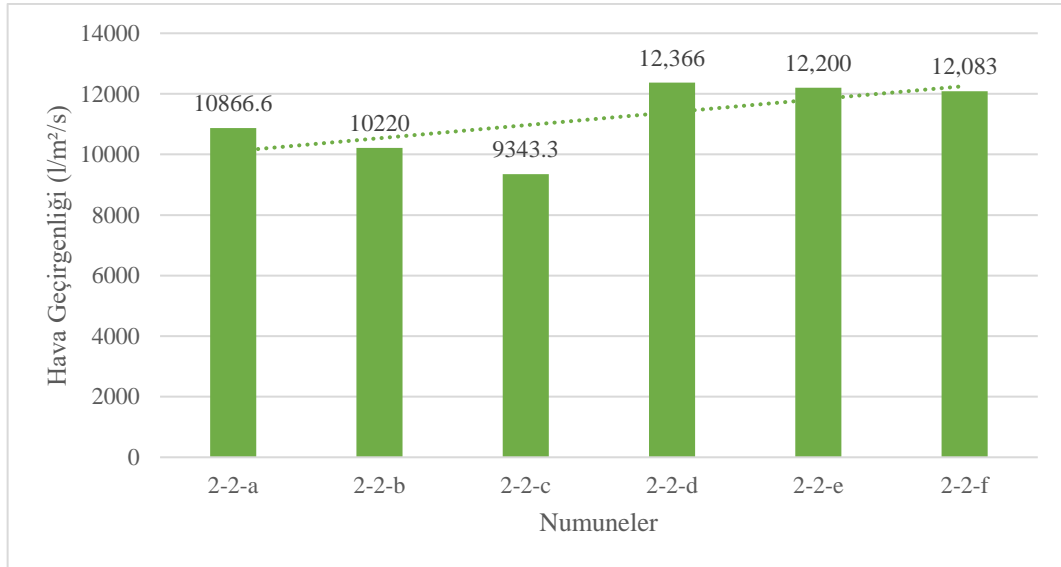
<b>Kod</b>	<b>Hava Geçirgenliği Test Sonucu (l/m<sup>2</sup>/s)</b>	<b>Tukey Yöntemi Sonucu</b>
Referans Numune	12.166	D E
1-1-a	13.666	B
1-1-b	12.900	C
1-1-c	11.933	E
1-1-d	14.066	A
1-1-e	13.100	C
1-1-f	12.766	C
2-2-a	10.866	F
2-2-b	10.220	G
2-2-c	9.343	H
2-2-d	12.366	D
2-2-e	12.200	D E
2-2-f	12.083	D E
3-3-a	-	-
3-3-b	-	-
3-3-c	-	-
3-3-d	9.476	H
3-3-e	9.343	H
3-3-f	8.023	I

Çizelge 3.20’de Tukey yöntemi ile ortalama hava geçirgenliği sonuçlarının gruplar arasındaki bağlantıları gösterilmiştir. Tukey analizine bakıldığında, sıklık (1-1-a, 1-1-b, 1-1-c / 2-2-a, 2-2-b, 2-2-c ) değişimiyle, hava geçirgenliği ortalama değerleri arasında anlamlı farklar olmuştur. Konstrüksiyon değişiminin ise (1-1-a, 1-1-d, 1-1-e, 1-1-f / 2-2-a, 2-2-d, 2-2-e, 2-2-f / 3-3-d, 3-3-e, 3-3-f) bazı hammaddelerde (poliamid) hava geçirgenliği ortalama değerleri arasında anlamlı farklar oluşturmadığı istatistiksel olarak görülmüştür. Poliester, poliamid ve polipropilen hammaddesiyle üretilen filtre kumaşlarının hava geçirgenliği test sonuçları ayrı grafikler halinde Şekil 3.14, Şekil 3.15, Şekil 3.16’ de gösterilmiştir.



Şekil 3.14. Poliester lifiyle geliştirilen filtre kumaşlarının hava geçirgenliği test sonuçları

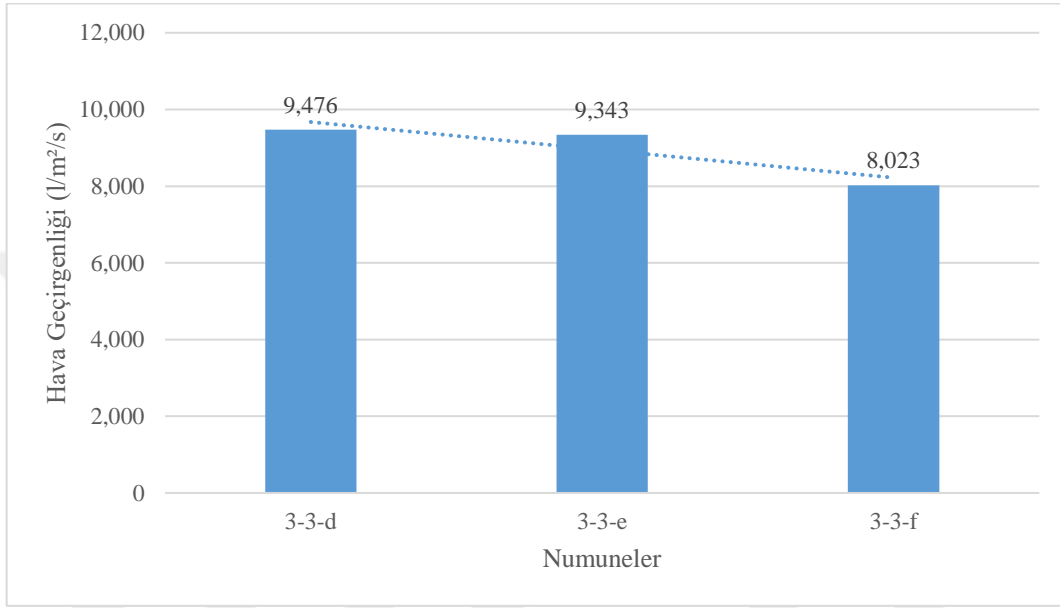
Şekil 3.14’de poliester lifiyle yapılan çalışmalarda, Tukey yöntemine göre sıklık değişimiyle hava geçirgenliği ortalama değerleri arasında anlamlı fark bulunmaktadır. Tukey yönteminde konstrüksiyonun etkisine bakıldığında 1-1-e (2/2 Ribs) ve 1-1-f (2/2 Panama) no’lu denemelerin hava geçirgenliği ortalama değerleri arasında anlamlı fark olmadığı görülmüştür. Bunun sebebi dokuma sonrasında ölçülen çözgü ve atkı sıklık değerinin değişiminden kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 3.15. Poliamid lifiyle geliştirilen filtre kumaşlarının hava geçirgenliği test sonuçları



Şekil 3.15’de poliamid lifiyle yapılan çalışmalarda, Tukey yöntemine göre sıklık değişimiyle hava geçirgenliği ortalama değerleri arasında anlamlı fark bulunduğu tespit edilmiştir. Tukey yönteminde konstrüksiyonun etkisine bakıldığında 2-2-d (2/1 Dimi) ve 2-2-e (2/2 Ribs) no’lu denemelerin hava geçirgenliği ortalama değerleri arasında anlamlı fark olmadığı görülmüştür. Bunun sebebi dokuma sonrasında ölçülen çözgü ve atkı sıklık değerinin değişiminden kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 3.16. Polipropilen lifiyle geliştirilen filtre kumaşlarının hava geçirgenliği test sonuçları

Şekil 3.16’da polipropilen lifiyle geliştirilen filtre kumaş denemelerinin konstrüksiyon etkisinin hava geçirgenlik etkisine bakılmıştır. Tukey yöntemine göre 3-3-d (2/ Dimi), 3-3-e (2/2 Ribs) no’lu denemelerin aralarında anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür. Bunun sebebi dokuma sonrasında ölçülen çözgü ve atkı sıklık değerinin değişiminden kaynaklandığı düşünülmektedir.

### 3.2 Filtrasyon Performans Test Sonuçları

Filtrasyon verimlilik testleri kapsamında filtrasyon geçirgenlik hızının belirlenmesi, % katı madde oranının belirlenmesi ve partikül boyut analizleri gerçekleştirilmiştir. Filtrasyon geçirgenlik hızının belirlenmesi ve % katı madde oranı Asos firmasına ait Ar-Ge laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Laboratuvardan alınan numuneler partikül boyut analizi tespit etmek amacıyla ODTÜ parçacık boyutu ve zeta potansiyel ölçüm laboratuvarına gönderilmiştir.

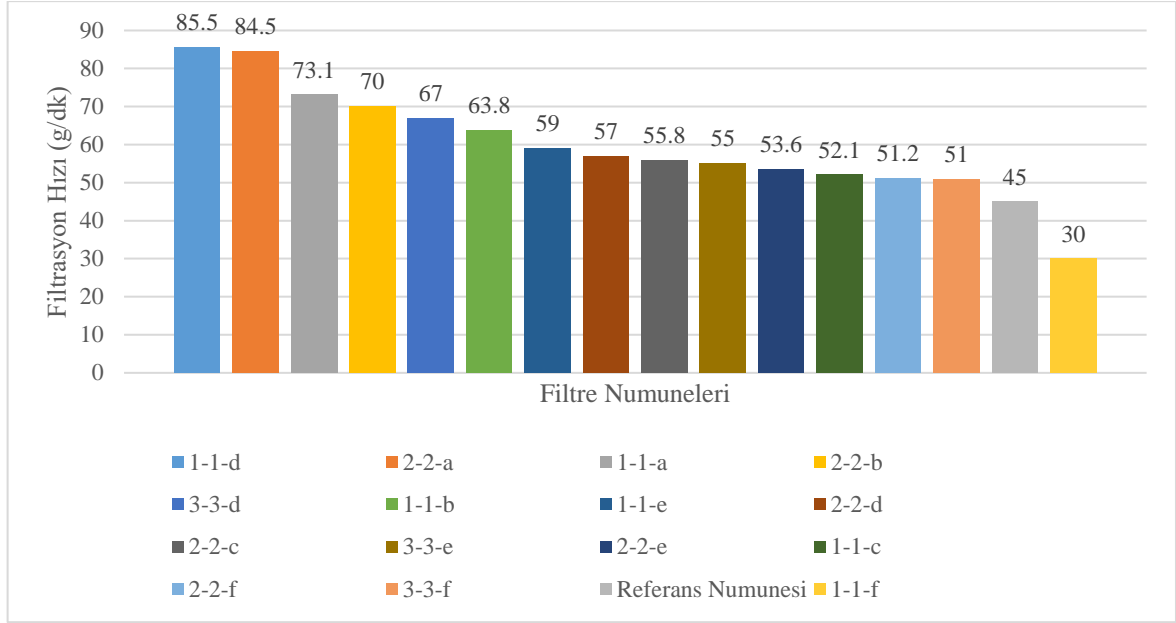
### 3.2.1 Filtrasyon Hızı Test Sonucu

İşletmelerde üretim kaybı olmaması için filtrasyon hızının yüksek olması beklenir. Bu sebeple filtre kullanıcıları için filtrasyon hızı önemli parametrelerden biri olmaktadır. Geliştirilen filtre kumaşlarının filtrasyon hızı “in-house” metot ile Asos firmasında ölçülmüştür. Ölçüm sonuçlarına göre filtrasyon hızı hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3.21’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.23. Filtre numunelerinin ölçülen filtrasyon hızları

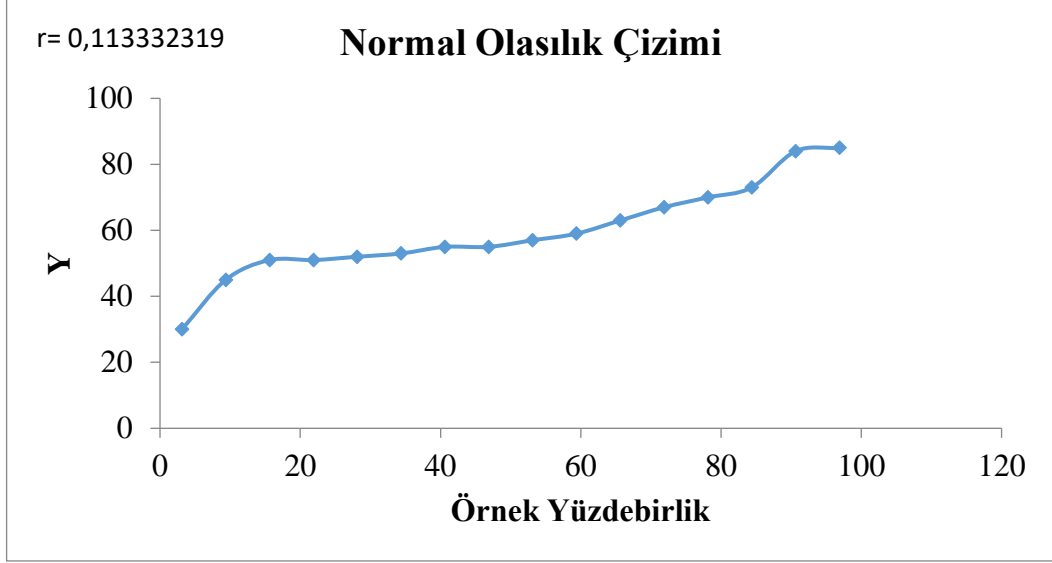
Kod	Filtrasyon Geçirgenlik Analizi			
	Çözeltili Miktarı (g)	Filtrasyon Süresi (dk)	Süzülen Miktar (g)	Filtrasyon Hızı (g/dk)
Referans Numunesi	5661	10	450	45
1-1-a	5661	10	731	73,1
1-1-b	5661	10	638	63,8
1-1-c	5661	10	521	52,1
1-1-d	5661	10	855	85,5
1-1-e	5661	10	590	59
1-1-f	5661	10	300	30
2-2-a	5661	10	845	84,5
2-2-b	5661	10	700	70
2-2-c	5661	10	558	55,8
2-2-d	5661	10	570	57
2-2-e	5661	10	536	53,6
2-2-f	5661	10	512	51,2
3-3-a	-	-	-	-
3-3-b	-	-	-	-
3-3-c	-	-	-	-
3-3-d	5661	10	670	67
3-3-e	5661	10	550	55
3-3-f	5661	10	510	51

Çizelge 3.21’de geliştirilen filtre kumaşlarının ve referans numunenin 10 dakika süre sonucunda hesaplanan filtrasyon hızı sonuçları verilmiştir. Referans filtre numunesinin hızı dakikada 45 gram olarak hesaplanmıştır. Geliştirilen filtre kumaşlarının filtrasyon hızı sonuçları referans numunenin sonucu ile benzerlik göstermektedir. Çizelge 2.21’e göre filtrasyon hızı maksimum, poliester lifiyle geliştirilen (17 atkı sıklığı, dimi) (1-1-d) filtre kumaş numunesinin sonucu hesaplanmıştır. Filtrasyon hızının sonuçlarının grafiksel gösterimi Şekil 3.17’de verilmiştir.



Şekil 3.17. Geliştirilen filtre kumaşları için ölçülen filtrasyon hızları

Şekil 3.17’de filtrasyon hızı (g/dk) sonuçları grafiksel olarak gösterilmiştir. Filtrasyon hızının kumaş parametreleriyle (sıklık, konstrüksiyon vb.) yakından ilişkisi bulunmaktadır. Kumaş örtme faktörü, hava geçirgenliği ve partikül boyutu kumaş parametrelerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu doğrultuda her bir parametre birbiriyle ilişki içerisinde olmaktadır. Hava geçirgenliği değeri, iplik çapı, konstrüksiyon, sıklık vb. değere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Hava geçirgenliği test sonucu bize belirli bir basınç altında hava akışının geçiş hızını göstermektedir. Geliştirilen filtre kumaşlarında da hava akışı mantığıyla, belirli bir basınç altında, geçen çözelti miktarı hakkında yorum yapılması mümkündür. Filtrasyon hızı ile hava geçirgenliği arasındaki ilişkiyi gözlemlemek amacıyla regresyon analizi yapılmıştır. Regresyon analizi iki değişken arasındaki korelasyonun matematiksel ifadesini tespit etmektedir. Regresyon analiz sonuçlarının grafiksel gösterimi Şekil 3.18’de verilmiştir.



Şekil 3.18. Hava geçirgenliği ve filtrasyon hızı arasındaki ilişki

Şekil 3.17’de filtrasyon hızı (g/dk) ve hava geçirgenliği sonuçlarının regresyon analizi grafiksel olarak gösterilmiştir. Tüm kumaşlara ait filtrasyon hızı ve hava geçirgenliği arasındaki veriler incelendiğinde r değeri 0,113332319 ile çok küçük korelasyona sahip olduğu tespit edilmiştir. Korelasyon değerinin düşük çıkması, hava geçirgenliği değerinin, filtrasyon hızının birbiriyle ilişkili bir şekilde arttığını göstermektedir.

### 3.2.2 Katı Madde Oranı Test Sonucu

Geliştirilen filtre kumaş numuneleri için hazırlanan çözeltinin katı madde oranı tespit edilmiştir. Katı madde oranı tespiti için 5661 g ağırlığında çözelti hazırlanmıştır. Hazırlanan çözelti filtre pres makinasına takılan polyester lifiyle geliştirilen filtre kumaş numunesi ile süzme işlemine bırakılmıştır. Süzme işleminde kullanılan hammaddenin önemi olmadığı için yapılan çalışmalardan biri rastgele alınmıştır. Süzme işlemi tamamlandıktan sonra filtre üzerinde kalan katı madde miktarı Şekil 3.19’da gösterilmiştir.



Şekil 3.19. Süzülen katı madde miktarı

Süzülen katı miktarının ağırlığı 1260 g çıkmıştır. %KM oranının hesaplanması aşağıdaki gibidir (Formül 3.1);

$$\%KM = \frac{1260}{5661} \times 100 \quad (3.1)$$

Analiz sonucunda elde edilen katı madde oranı %22.5 değerinde çıkmıştır.

### 3.2.3 Partikül Boyut Test Sonucu

Madencilik faaliyetlerinin hemen hemen her aşamasında su kullanılmakta olup, uygulanan yönteme bağlı olarak çoğunlukla katı partiküller (mineral taneleri) ve atık su ortaya çıkmaktadır. Tesis işleyişinin aksamaması ve verim kayıplarının yaşanmaması amacıyla oluşan atık su içermiş olduğu katı partiküllerden arıtılarak tesiste tekrar kullanılmaktadır [32]. Bu nedenle filtre kumaşlarında partikül boyut analizi önem arz etmektedir. Filtre kumaşının geçirdiği katı partiküllerin boyutu ne kadar küçük olursa, atık su tesise o kadar temiz su şeklinde beslenmektedir. Tez çalışması kapsamında poliester, poliamid ve polipropilen hammaddeleriyle aynı parametrelerde denemeler yapılmıştır. Denemesi gerçekleştirilen 3 hammadde içinde aynı üretim şartları ve parametreleri dikkate alınmıştır. Partikül boyut analizlerinin numune başına maliyeti yüksek olmaktadır. Bu kapsamda partikül boyut analizi için poliamid lifiyle üretilen filtre kumaşlarında alınan numune örnekleri seçilmiştir. Seçilen numune örnekleri (Şekil 2.27) ODTÜ merkez laboratuvarına gönderilmiştir. Aynı zamanda

referans aldığımız numuneyi karşılaştırmak ve lif cinsinin etkisini incelemek amacıyla partikül boyut analizi testine 1-1-f (polyester lifi ile üretilen 2/2 panama örgü) ve 3-3-f (polipropilen lifi ile üretilen 2/2 panama örgü) filtre kumaş numuneleri de eklenmiştir. Partikül boyut analiz testi için ODTÜ merkez laboratuvarına filtre kumaşlarından süzülen katı-sıvı karışımı kirletici karışımlardan alınan numuneler gönderilmiştir. Partikül boyut analiz sonuçları Çizelge 3.22’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.24. Partikül boyut analizi sonuçları

Kod	Yüzey Ağırlıklı Ortalama D[3,2] (µm)	Hacim Ağırlıklı Ortalama D[4,3] (µm)	D(0,1) (µm)	D(0,5) (µm)	D(0,9) (µm)
Referans Numunesi	5,029	17,118	2,166	10,729	40,711
2-2-a	7,152	33,498	2,884	17,516	74,376
2-2-b	3,98	11,317	1,184	5,838	25,439
2-2-c	6,442	25,598	0,931	13,608	55,969
2-2-d	6,444	25,184	2,578	15,475	62,7
2-2-e	4,807	12,573	2,171	8,074	28,52
2-2-f	6,946	29,107	2,586	16,787	72,021
1-1-f	6,076	22,263	2,446	14,174	54,568
3-3-f	4,944	20,384	2,11	9,258	39,016

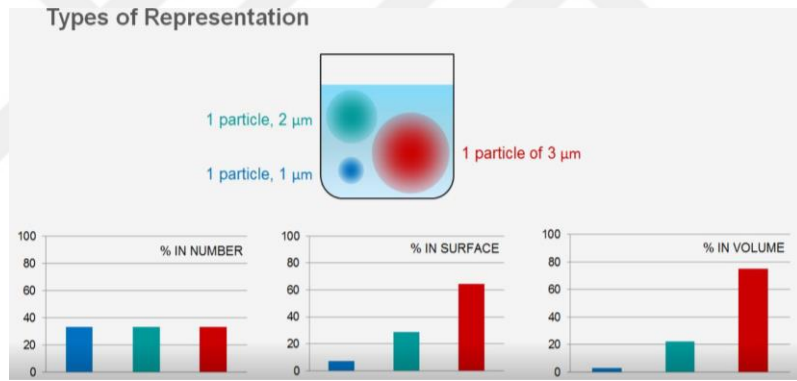
Çizelge 3.22’de poliamid hammaddesiyle geliştirilen filtre kumaş numuneleri (2-2-a, 2-2-b, 2-2-c, 2-2-d, 2-2-e, 2-2-f), hammadde karşılaştırılması amacıyla poliester ve polipropilen denememeleri (1-1-f, 3-3-f) ve referans filtre kumaşının partikül boyut analiz sonuçları verilmiştir. Parçacık boyutu, parçacıklı malzemelerin en önemli özelliklerinden biri olmaktadır. Günümüzde, bir maddenin parçacık boyutu dağılımını ölçmek, genellikle bir dakikadan daha kısa sürede ölçümü mümkün kılan mevcut modern ekipmanlar sayesinde kolay ve anlaşılır olmaktadır. Parçacık boyutunu belirlemek için araçlar, ortalamalar, modlar ve diğer parametreler biçiminde benzer şekilde geniş bir sonuç seçimi sağlayan çok çeşitli teknikler olarak; sayı ağırlıklı dağılım, yüzey ağırlıklı dağılım ve hacim ağırlıklı dağılım bulunmaktadır. İfade edilen dağılımlar genel formül ile hesaplanmaktadır. Çizelge 3.22’de verilen D(0,1); numunenin %10’unun altında kalan partikül boyutunu, D(0,5); numunenin %50’sinden küçük mikron boyutunu, D(0,9); numunenin %90’nın altında kalan partikül boyutunu ifade etmektedir. Tez çalışması kapsamında partikül boyut analizi yapılan Mastersizer 2000 model cihazda analizler gerçekleştirilmiştir. Mastersizer cihazının çalışma prensibi örnek numune üzerine lazer ışığı göndererek analiz etmek olmaktadır. Işığın kırınımı parçacığın hacmiyle

orantılıdır, bu nedenle lazer kırınımı veya X ışını kırınımı gibi teknikler hacim ağırlıklı sonuçlar vermektedir. Farklı ölçüm teknikleri ile sağlanan parçacık boyutu dağılımlarının kullanım alanları Çizelge 3.23’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.25. Parçacık boyutu dağılımlarının kullanım alanları

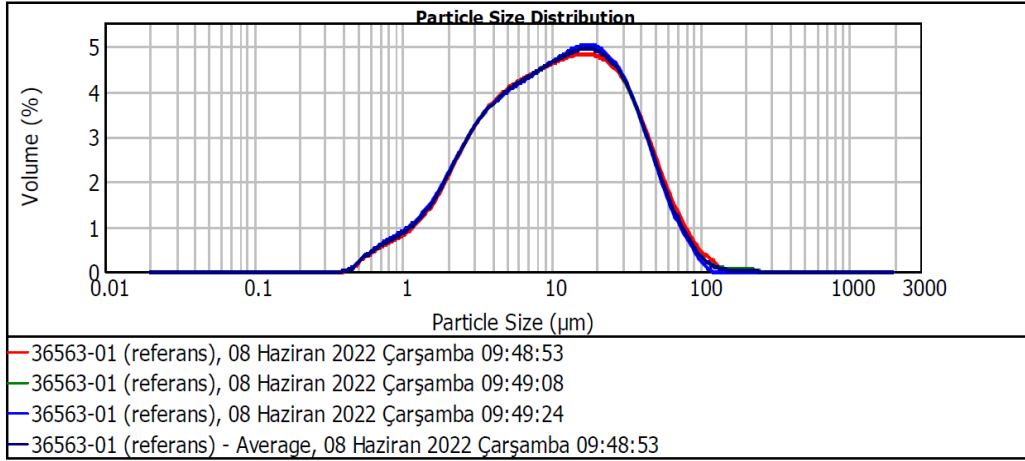
Ortlama Çap	Kullanım Alanı
Sayı ağırlıklı ortalama D[1,0]	Biyolojik uygulamalar, virüsler, kan hücresi sayımı
Yüzey ağırlıklı ortalama D[3,2]	Akışkan dinamiği, kataliz
Hacim ağırlıklı ortalama D[4,3]	Madencilik, ufalama, mineral işleme

Tez çalışması kapsamında madencilik sektörüne yönelik filtre kumaşlar geliştirildiği için hacim ağırlıklı ortalama değerleri dikkate alınacaktır. Örneğin Şekil 3.20’de literatürden alınan bir örnekte, 1  $\mu\text{m}$ , 2  $\mu\text{m}$  ve 3  $\mu\text{m}$  partiküller içeren bir karışımın partikül boyutu dağılımının farklı ağırlıklarda nasıl görüneceğinin göstermektedir [33].



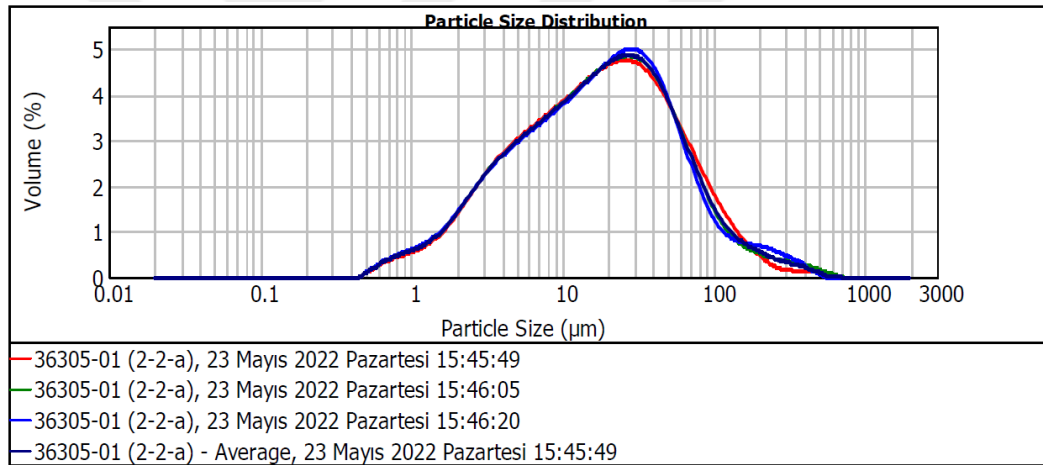
Şekil 3.20. Farklı ağırlıklarda karışımın teorik parçacık boyut dağılımı [33]

Şekil 3.20’de farklı partikül boyuta sahip parçacıkların, sayı, yüzeysel ve hacimsel ağırlıklı ortalamaları gösterilmiştir. Maden sektöründe kullanılmasına yönelik filtre kumaşı geliştirileceği için, partikül boyut analiz sonucunda, hacim ağırlıklı ortalama dikkate alınacaktır. Tez çalışması kapsamında Mastersizer cihazında test edilen numunelerin partikül boyut analiz grafikleri Şekil 3.21- Şekil 3.29’da gösterilmiştir.



Şekil 3.21. Referans numunenin partikül boyut analiz grafiği

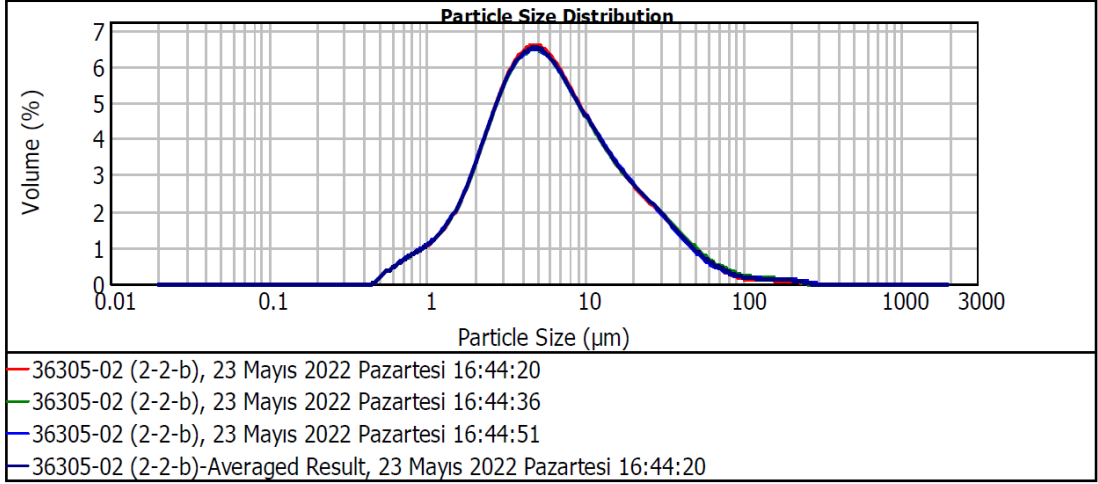
Şekil 3.21’de referans filtre kumaş numunesinin partikül boyut analiz grafiği gösterilmiştir. Yapılan analize referans denemenin hacimsel ağırlıklı ortalama değeri 17,118 µm çıkmıştır.



Şekil 3.22. 2-2-a no’lu numunenin partikül boyut analiz grafiği

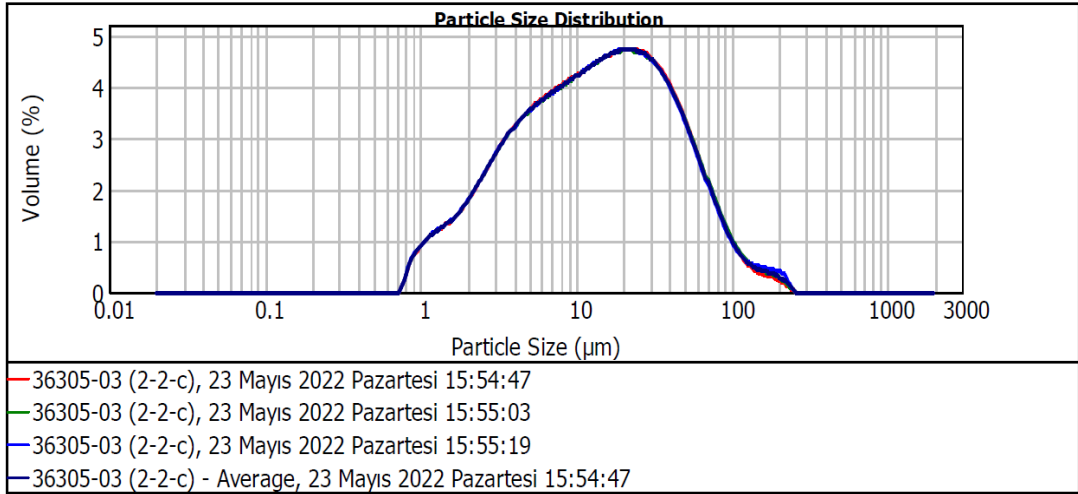
Şekil 3.22’de poliamid lifiyle geliştirilen filtre kumaş numunesinin partikül boyut analiz grafiği gösterilmiştir. Yapılan analize göre 2-2-a no’lu denemenin hacimsel ağırlıklı ortalama değeri 33,4498 µm çıkmıştır.





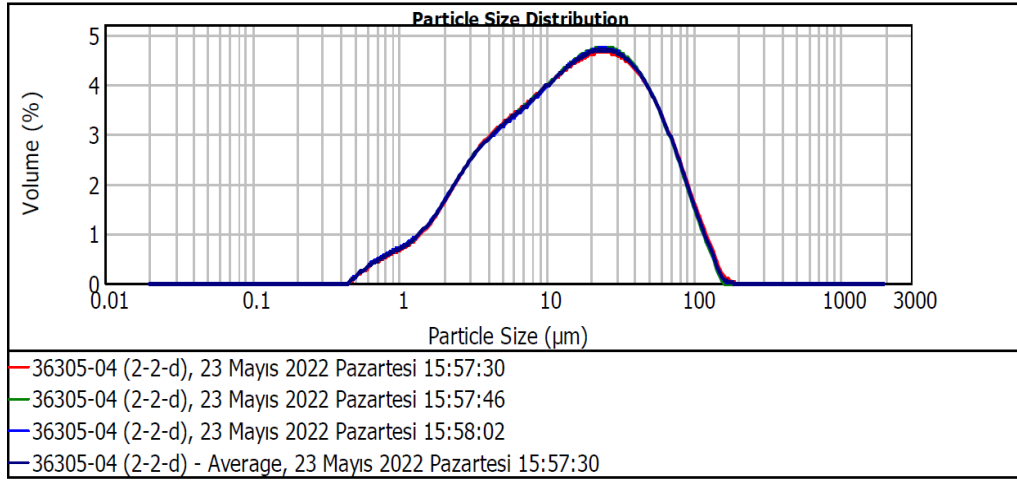
Şekil 3.23. 2-2-b no'lu numunenin partikül boyut analiz grafiği

Şekil 3.23'de poliamid lifiyle geliştirilen filtre kumaş numunesinin partikül boyut analiz grafiği gösterilmiştir. Yapılan analize göre 2-2-b no'lu denemenin hacimsel ağırlıklı ortalama değeri 11,317 µm çıkmıştır. Referans numunenin hacimsel ağırlıklı ortalamasının altında sonuç göstermiştir.



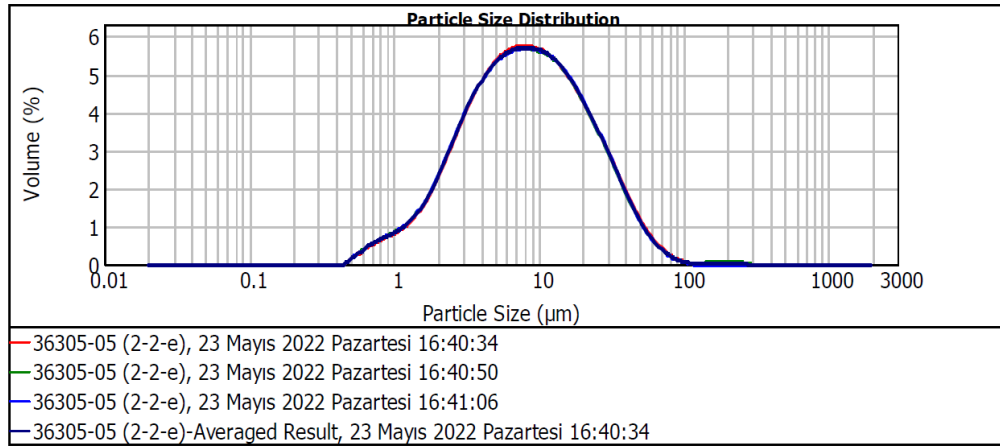
Şekil 3.24. 2-2-c no'lu numunenin partikül boyut analiz grafiği

Şekil 3.24'de poliamid lifiyle geliştirilen filtre kumaş numunesinin partikül boyut analiz grafiği gösterilmiştir. Yapılan analize göre 2-2-c no'lu denemenin hacimsel ağırlıklı ortalama değeri 25,598 µm çıkmıştır. Referans numunenin hacimsel ağırlıklı ortalamasının üzerinde sonuç göstermiştir.



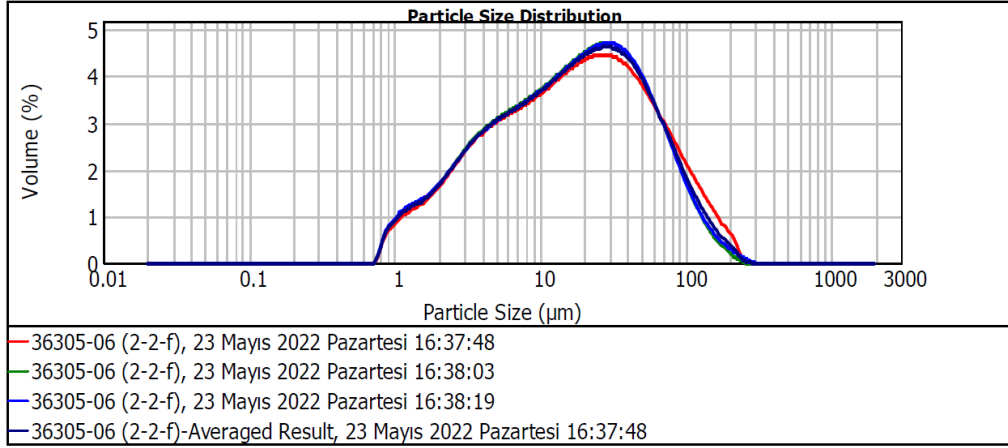
Şekil 3.25. 2-2-d no'lu numunenin partikül boyut analiz grafiği

Şekil 3.25'da poliamid lifiyle geliştirilen filtre kumaş numunesinin partikül boyut analiz grafiği gösterilmiştir. Yapılan analize göre 2-2-d no'lu denemenin hacimsel ağırlıklı ortalama değeri 25,184 µm çıkmıştır. Referans numunenin hacimsel ağırlıklı ortalamasının üzerinde sonuç göstermiştir.



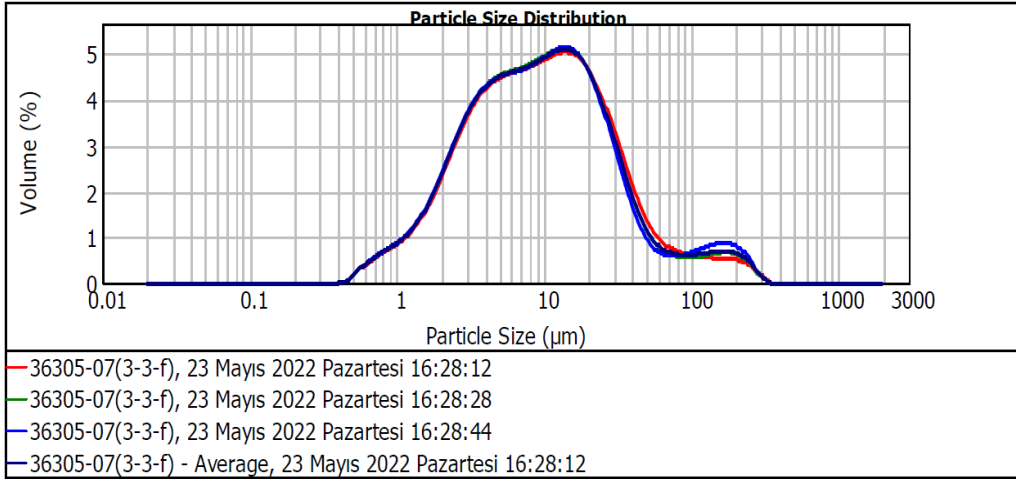
Şekil 3.26. 2-2-e no'lu numunenin partikül boyut analiz grafiği

Şekil 3.26'da poliamid lifiyle geliştirilen filtre kumaş numunesinin partikül boyut analiz grafiği gösterilmiştir. Yapılan analize göre 2-2-e no'lu denemenin hacimsel ağırlıklı ortalama değeri 12,573 µm çıkmıştır. Referans numunenin hacimsel ağırlıklı ortalamasının altında sonuç göstermiştir.



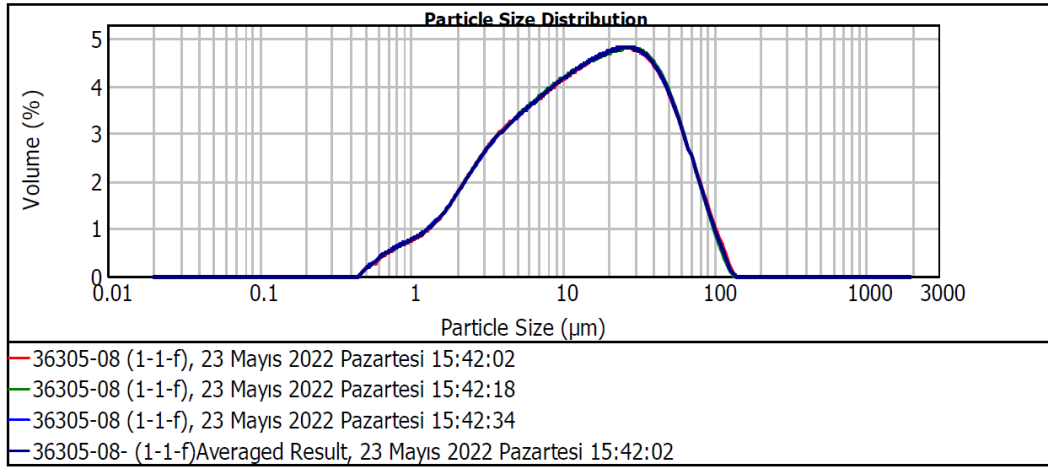
Şekil 3.27. 2-2-f no'lu numunenin partikül boyut analiz grafiği

Şekil 3.27'de poliamid lifiyle geliştirilen filtre kumaş numunesinin partikül boyut analiz grafiği gösterilmiştir. Yapılan analize göre 2-2-f no'lu denemenin hacimsel ağırlıklı ortalama değeri 29,107 µm çıkmıştır. Referans numunenin hacimsel ağırlıklı ortalamasının üzerinde sonuç göstermiştir.



Şekil 3.28. 3-3-f no'lu numunenin partikül boyut analiz grafiği

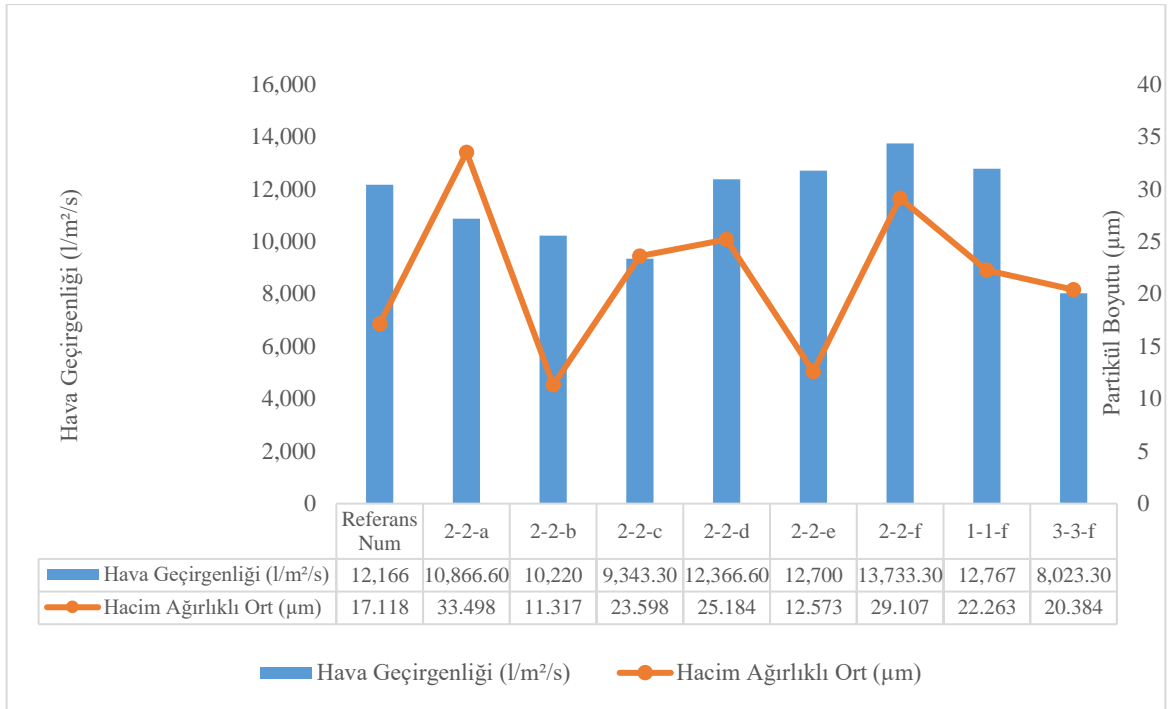
Şekil 3.28'de polipropilen lifiyle geliştirilen filtre kumaş numunesinin partikül boyut analiz grafiği gösterilmiştir. Yapılan analize göre 3-3-f no'lu denemenin hacimsel ağırlıklı ortalama değeri 20,384 µm çıkmıştır. Referans numunenin hacimsel ağırlıklı ortalamasının üzerinde sonuç göstermiştir.



Şekil 3.29. 1-1-f no'lu numunenin partikül boyut analiz grafiği

Şekil 3.29'da poliester lifiyle geliştirilen filtre kumaş numunesinin partikül boyut analiz grafiği gösterilmiştir. Yapılan analize göre 1-1-f no'lu denemenin hacimsel ağırlıklı ortalama değeri 22,263 µm çıkmıştır. Referans numunenin hacimsel ağırlıklı ortalamasının üzerinde sonuç göstermiştir.

Partikül boyut analizinin kumaş parametreleriyle (sıklık, konstrüksiyon vb.) yakından ilişkisi bulunmaktadır. Geliştirilen filtre kumaş yapılarında atkı ve çözgü iplikleri arasındaki mesafe, partikül boyut geçirgenliğiyle yakından ilgili olmaktadır. Bu doğrultuda, ilişkiyi incelemek amacıyla, geliştirilen filtre kumaşlarının kumaş örtme faktörü hesaplanmıştır. Kumaş örtme faktörü, sıklık, iplik çapı ve konstrüksiyona bağlı olarak değişmektedir. Yapılan çalışmada kumaş örtme faktörünün yüksek olduğu filtre kumaşlarında, daha küçük partikülleri tutması beklenmektedir. Fakat yapılan analizler sonucunda özellikle atkı sıklığının artmasıyla, kumaş örtme faktörü artmış ( $2-2-c > 2-2-b > 2-2-a$ ), ancak partikül boyutları arasında bir korelasyon görülmemiştir. Bir başka bağımlı değişken olan hava geçirgenliğinin partikül boyut analizine etkisini incelemek için Şekil 3.30'da grafiksel gösterilmiştir.



Şekil 3.30. Hava geçirgenliği ve partikül boyut analizi arasındaki ilişki

Şekil 3.30’da poliamid lifiyle geliştirilen filtre kumaşlarının hava geçirgenliği ve partikül boyut analiz sonuçları arasındaki ilişki gösterilmiştir. Filtre yapılarında partikül boyutu, iplik çapı ve kumaş örtme faktörü ile yakından ilgili olup, kumaş örtme faktörü arttıkça, küçük partikülleri tutma eğiliminin artması beklenmektedir. Tukey yöntemine göre atkı sıklığı değişiminin (2-2-a, 2-2-b, 2-2-c) hava geçirgenliği ortalama değerleri arasında anlamlı farklar oluşturduğu görülmüştür. Fakat aynı farklar partikül boyut analizine etki etmemiştir. Hammaddenin etkisine bakıldığında ise polipropilen lifiyle yapılan çalışmanın (3-3-f) hava geçirgenliği minimum sonuç göstermiş olup 8 µm’den büyük partikül geçişinin engellendiği görülmüştür. Tukey yönteminde konstrüksiyonun etkisine bakıldığında 2-2-d (2/1 Dimi) ve 2-2-e (2/2 Ribs) no’lu denemelerin hava geçirgenliği ortalama değerleri arasında anlamlı fark olmadığı görülmüştür. Bu doğrultuda, konstrüksiyon etkisiyle partikül boyut analizi ilişkilendirilememiştir.

Geliştirilen filtre kumaşlarının performans testleri gerçekleştirilmiştir. Test sonuçlarını değerlendirme aşamasında genel tabloyu görmek amacıyla matris çizelgesi oluşturulmuştur (Çizelge 3.24).

Çizelge 3.26. Geliştirilen filtre kumaşlarının genel özelliklerinin gösterimi

Kod	Çözü Yünü Kopma Mukavemeti Ölçüm Sonucu (N) > 800	Atkı Yünü Kopma Mukavemeti Ölçüm Sonucu (N) > 800	Çözü Yünü Yırtılma Mukavemeti Ölçüm Sonucu (N) > 70	Atkı Yünü Yırtılma Mukavemeti Ölçüm Sonucu (N) >70	Filtrasyon Hızı (g/dk) > 80	Hacim Ağırlıklı Ortalama D[4,3] (µm) < 13 µm
Referans Numunesi						
1-1-a						
1-1-b						
1-1-c				✓		
1-1-d	✓		✓		✓	
1-1-e						
1-1-f						
2-2-a			✓		✓	
2-2-b	✓					✓
2-2-c						
2-2-d			✓	✓		
2-2-e						
2-2-f						✓
3-3-d	✓	✓	✓	✓		
3-3-e	✓					
3-3-f	✓					

Test sonuçlarını değerlendirmek amacıyla oluşturulan matris tablosu Çizelge 3.24 verilmiştir. Matris tablosunda geliştirilen filtre kumaş numunelerinin performans test sonuçlarına göre istenilen aralığı sağladığında yeşil tik yapılmıştır. Çözü ve atkı yönünde 800 N kuvvetin üzerinde kopma mukavemet değerine 3-3-d no'lu numune, çözü ve atkı yönünde 70 N yırtılma mukavemet değerine 2-2-d ve 3-3-d no'lu numuneler sahip olmaktadır. Filtrasyon hızı 80 g/dk olması beklendiğinde 1-1-d ve 2-2-a no'lu numune seçilmelidir. 13 µm'un üzerindeki partikülleri tutan numuneler 2-2-b ve 2-2-f olmaktadır.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışmaları kapsamında farklı sektörlerde kullanılan (yağ, un, maden, vb.) filtre kumaşlarını incelemek amacıyla sektör ziyaretleri yapılmıştır. Yapılan ziyaretlerde doğal kaynak kullanımının (su kaynağı) yoğun olarak yaşandığı madencilik sektörüne yönelik performans özellikleri iyileştirilmiş filtre kumaş yapıları incelenmiştir.

Tez çalışması kapsamında farklı monofilament iplik (polipropilen, poliester, poliamid) ve konstrüksiyon (beazayağı, dimi, ribs, panama) yapıları kullanılarak filtre kumaşı üretilmiştir. Filtre kumaş yapılarının atkı ve çözgü ipliklerinin arasındaki mesafenin eşit olmasını sağlamak amacıyla özel tarak satın alınmıştır. Dokuma işlemi rijit kancalı atkı atma sistemine sahip dornier marka dokuma makinasında gerçekleştirilmiştir. Monofilament iplik kullanılarak üretilen yapılar için üretim parkuru gözden geçirilerek, karşılaşılan problemlere karşı önlemler alınmıştır.

Geliştirilen filtre kumaş yapılarının iplik tipi ve kumaş yapısının dokuma filtre performansına etkileri incelenmiştir. Bu doğrultuda filtre kumaş yapılarının performans testleri (gramaj, kalınlık, kopma mukavemeti, yırtılma mukavemeti ve hava geçirgenliği) ve filtrasyon performans testleri (filtrasyon süresi, parçacık boyut analizi, filtrasyon verimliliği, %katı madde miktarı) gerçekleştirilmiştir.

Geliştirilen filtre kumaşı ile referans filtre kumaşının gramaj sonuçları karşılaştırılmıştır. Tukey yöntemine göre gruplar arasındaki bağlantılar gösterilerek, gramaj ortalama değeri en yüksek olan numune polipropilen lifiyle yapılan 2/1 dimi örgü, en düşük olan numune de poliamid lifiyle yapılan 2/2 ribs örgü numunesi tespit edilmiştir. Tukey yöntemine göre atkı sıklığı değişiminin gramaj ortalama değerleri arasında anlamlı fark oluşturduğu, konstrüksiyon değişiminin ise bazı durumlarda anlamsız fark oluşturduğu görülmüştür. Tukey yöntemine göre kalınlık ortalama değerlerine bakıldığında, iplik lineer yoğunluğu ve % kumaş örtme faktörü yüksek olan polipropilen lifiyle yapılan çalışmalar yüksek sonuç göstermiştir.

Filtre kumaş yapıları için kopma mukavemet sonucu filtrenin kullanım ömrü hakkında bize bilgi veren parametrelerden biri ( diğerleri, kullanıcı testleri vb.) olmaktadır. Yapılan testlerde, polipropilen lifiyle üretilen 2/2 ribs örgü yapısının kopma mukavemet değeri diğer numunelere göre yüksek sonuç göstermiştir. Polipropilen lifinin çalışmada kullanılan diğer liflere (poliester, poliamid) göre kopma mukavemet değerinin yüksek olması nedeniyle bu beklenen bir durumdur. Kullanım ömrü açısından kopma mukavemeti yanında asit ve bazlara

dayanımı da dikkate alındığında polipropilen lifinden mamul filtre kumaşlarının daha yüksek performans sağlayacağı öngörülmektedir. Konstrüksiyon değişimiyle kopma mukavemeti ilişkisine bakıldığında, poliester lifinin kullanıldığı 2/1 dimi örgü ve poliamid lifinin kullanıldığı bezayağı örgü filtre yapılarının kullanım ömrünün daha uzun olabileceği görülmektedir. Kullanım ömrüyle ilgili, ipliğin mukavemet değeri de bize fikir vermektedir. Poliester, poliamid ve polipropilen lifiyle yapılan çalışmalarda, iplik mukavemet değeri en yüksek olan hammadde, polipropilen olmaktadır. Fakat polipropilen lifinin lineer yoğunluğunun diğer iki hammadden yüksek olması kopma mukavemet değerini etkilemektedir. Çalışmada kullanılan hammaddeler farklı lineer yoğunluğa sahip olduğu için kopma mukavemeti değerini karşılaştırmak yanıltıcı olmaktadır.

Yırtılma mukavemet değeri sonuçları Tukey yöntemine göre gruplar arasındaki bağlantılar gösterilerek, yorumlanmıştır. Yapılan analize göre, polipropilen lifiyle gerçekleştirilen 2/1 dimi örgü yapısının yırtılma mukavemet değeri diğer çalışmalara göre yüksek sonuç göstermiştir. Tukey yöntemine göre konstrüksiyon ve atkı sıklığı değişiminin gruplar arasında anlamlı fark oluşturmadığı görülmüştür. Yırtılma mukavemeti test aşamasında çenelerde kayma problemi yaşandığı için gruplar arasında fark görülmemiştir.

Geliştirilen filtre kumaşlarının hava geçirgenliği sonuçları Tukey yöntemine göre gruplandırılarak yorumlanmıştır. Filtre kumaş yapılarında hava geçirgenliği değeri, sıklık ve iplik çapına bağlı olarak değişmektedir. Kumaş yapısındaki bu değişiklikler doğrudan filtrasyon hızı ve süzülen partikül boyutunu etkilemektedir. Beklendiği gibi atkı sıklık değerinin artmasıyla, kumaş örtme faktörü artacağı için, hava akışının kumaş yüzeyinden geçişi azalacaktır. Bu doğrultuda hava geçirgenliği değerinin azalmasıyla filtrasyon hızının düşmesi beklenmektedir. Bu trend atkı sıklığının artırılmasıyla yapılan 2-2-a (17 atkı sıklığı, bezayağı örgü), 2-2-b (19 atkı sıklığı, bezayağı örgü) ve 2-2-c (21 atkı sıklığı, bezayağı örgü) no'lu denemelerde görülmüştür.

Filtre yapılarında, partikül boyutu, iplik çapı ve kumaş örtme faktörü ile yakından ilgili olmaktadır. Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde kumaş örtme faktörü arttıkça, küçük partikülleri tutma eğiliminin artması beklenmektedir. Poliamid lifiyle, atkı sıklığının artırılmasıyla yapılan 2-2-a (17 atkı sıklığı, bezayağı örgü), 2-2-b (19 atkı sıklığı, bezayağı örgü) ve 2-2-c (21 atkı sıklığı, bezayağı örgü) no'lu denemelerde, kumaş örtme faktörü artmış fakat paralel olarak küçük partikülleri tutma eğilimi artış göstermemiştir. Partikül boyut analizi sonucunu genel değerlendirdiğimizde; Poliamid lifiyle yapılan 2/2 ribs örgü ve 19 sıklıkla



yapılan bezayağı örgüye sahip denemelerin 12 µm'dan büyük partikülleri tuttuğu tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmalar sonucunda ideal filtre yapısına karar vermek amacıyla farklı parametrelerin etkisi incelenmiştir. Filtre kullanıcılarının talepleri doğrultusunda, istenilen özelliğe uygun ideal filtre yapısı önerilmelidir. Filtre kumaşının kullanım ömrü, filtrasyon hızı ve partikül boyutu söz konusu olduğunda farklı filtre yapıları optimum sonucu vermektedir. Bu kapsamda her bir parametre dikkate alınarak en uygun filtre kumaş yapısına karar verilmelidir.

Kömür maden işletmelerinde, filtre kumaşından 20 µm'dan büyük partikülleri tutması beklenmektedir. Bu doğrultuda, kömür maden işletmesinden alınan referans filtre kumaşına göre mukavemet değerleri daha yüksek olan ve 20 µm'dan büyük partikülleri süzebilen 2-2-b ve 2-2-e yapıları (poliamid lifiyle üretilen 19 atk/cm nominal sıklığına sahip bezayağı örgü ve 17 atk/cm nominal sıklığa sahip 2/2 ribs örgü yapısı) önerilebilir. Kullanım ömrü de dikkate alındığında, aynı filtre kumaşlarını aynı parametreler ile fakat polipropilen lifi kullanarak üretmenin, uzun ömürlü ve aynı zamanda partikül boyutu açısından istenen performansı sağlayan bir filtre kumaşı sağlayacağı öngörülmektedir. Filtrasyon hızı yüksek olması beklendiğinde, poliester lifiyle üretilen 2/1 dimi örgüsüne sahip filtre kumaşı tercih edilmelidir.

Bu çalışma kapsamında üretilen kumaş yapıları ve bu kumaş yapılarının analizi sonucu elde edilen veriler esas alınarak, sonraki süreçte yapılabilecek çalışmalar öneri niteliğinde aşağıda verilmiştir:

- Dokuma üretim sırasında rijit kancalı dornier dokuma makinada, tam en cıbar kullanılarak denemelerin yapılması,
- Geliştirilen filtre kumaşlarının endüstriyel ölçekli denemelerinin gerçekleştirilerek kullanım ömrü ve performans özelliklerinin tespit edilmesi,
- Maden sektörüne yönelik filtre kumaşlarının kullanım açısından gramaj değerlerinin düşük olması istenmektedir. Bu doğrultuda geliştirilen filtre kumaşlarının gramaj değerlerini düşürmek amacıyla çalışma yapılması,
- Tez çalışmasında maden sektörüne yönelik filtre kumaş yapıları geliştirilmiştir. Geliştirilen filtre kumaş yapılarının, partikül boyut analiz sonuçları farklılık göstermiştir. Kazanılan deneyim ve elde edilen veriler ışığında farklı sektörlerin kullanımına uygun filtre yapıları geliştirilebilir.

## KAYNAKLAR

- [1] S. Aslan ve S. Kaplan, “Filtrasyon Tekstilleri: Kullanılan Hammaddeler, Üretim Yöntemleri ve Kullanım Alanları,” The Journal Of Textiles and Engineers, 17(79), 2017.
- [2] O. E. Keçeci, “Filtrasyonda kullanılan materyallerin kullanım özelliklerinin geliştirilmesi,” Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Türkiye, 2010.
- [3] M. Hutten, “Handbook of Nonwoven Filter Media,” Burlington,USA, 2007.
- [4] A. Y. Al-Otoom, “Prediction of the Collection Efficiency, the Porosity and the Pressure Drop Across Filter Cakes in Particulate Air Filtration,” Atmospheric Environment, 39, 51-57, 2005.
- [5] D.S. Beachler, J. Joseph ve N. Pompelia, “Fabric Filter Operation Review,” North Carolina: North Carolina State University, 1995.
- [6] G. Doğan, “kuru hava filtrasyonunda kullanılan dokusuz yüzeylerin performansları üzerine bir çalışma,” Yüksek lisans tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar Türkiye, 2006.
- [7] Uludağ İhracatçı Birlikleri Genel Sekreterliği Ar&Ge Şubesi, “Teknik Tekstil Raporu” Türkiye, Şubat 2021.
- [8] S. Özgün, “Madencilikte Atıksu Yönetimi Ve Katı/Sıvı Ayrımı,” Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 8(4), 1278 – 1289, 2020.
- [9] İ. Ediz, S. Beyhan ve Ş. Yuvka, “Madencilikte Toz Kaynakları ve Kontrolü,” Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2, 121-132, 2001.
- [10] B.A. Wills ve T. Napier-Munn, “Mineral Processing Technology,” 7th Edition, Elsevier Science & Technology Books, 444 s, 2006.
- [10] Ü. İpekoğlu, “Susuzlandırma ve Yöntemleri,” Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, İzmir, 113 s, 1997.
- [12] K. Sutherland, “Filters and Filtration Handbook,” Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier, 2008.
- [13] H. Hacıfazlıoğlu, “Kömür Yıkama Tesis Atıklarının Susuzlandırılmasında Eski Ve Yeni Teknolojiler,” Bilimsel Madencilik Dergisi, Sayı: 3 s;17-25, 2016.
- [14] Borun Kullanım Alanları, “Eti Maden iletişim adresi,” 2022, [Online]. Erişim Adresi: <https://www.etimaden.gov.tr/> [Erişim tarihi: 10.02.2022].
- [15] T. Sparks ve G. Chase, “Filters and Filtration Handbook,” 6. Baskı, Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier, 1997.

- [16] T. Shah ve H. Rawal, "Textiles in Filtration, Handbook of Technical Textiles Second Edition," Edited by Horrocks A.R., Anand S.C., Woodhead Publishing Series in Textiles: Number 170, Cambridge, UK, 57-110, 2016.
- [17] R.D. Anandjiwala ve L. Boguslawsky, "Development of Needle-Punched Nonwoven Fabrics from Flax Fibres for Air Filtration Applications," Textile Research Journal, 78, 7, 614-624, 2008.
- [18] D.S. Beachler, J. Joseph ve N. Pompelia, "Fabric filter operation review," North Carolina: North Carolina State University, 1995.
- [19] K. Sutherland ve D.B Purchas, "Handbook of filter media, (2nd Edition)," Elsevier, 2002.
- [20] C. Lucica ve I. Cioara, "Functional Design of the Woven Filters By Lucica Cioara and Ioan Cioara Submitted," Advances in Modern Woven Fabrics Technology, DOI: 10.5772/17528, 2011.
- [21] P. Kolte, U. J. Patil, "Knitted and Non-Woven Filter Fabric," Researchgate, 2017.
- [22] Jr. Broughton, R.M. Brady, "Structure and properties of fibers," An introductory text. Auburn: Auburn University, 1984.
- [23] E. Anmaç, "Tekstilde Kullanılan Lifler Özellikleri ve Kullanım Alanları." İzmir: Dokuz Eylül Yayınları, 2004.
- [24] M. Mengut ve N. Karahan, "Tekstil Lifleri. Ankara: Ekin Kitabevi," 2005.
- [25] İ. Başer, "Elyaf Bilgisi," İstanbul: Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Basımevi, 1992.
- [26] M. Yakartepe ve Z. "Yakartepe Tekstil Teknolojisi Elyaftan Kumaşa," Cilt-9, 1995.
- [27] M. Saçak, "Lif ve Elyaf Kimyası," Ankara: Gazi Kitabevi, 2007.
- [28] E. Çinçik, "İğneleme yöntemiyle üretilen poliester/viskon karışımli dokusuz yüzey özelliklerinin deneysel ve istatistiksel analizi," Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana Türkiye, 2010.
- [29] K. Uzunöz, T. Türkyılmaz ve B. Gürsu "Dokuma Teknolojisi, Temel Ders Kitabı," M.E.B. Devlet kitapları Müdürlüğü, İstanbul, Türkiye s; 24, 2004.
- [30] R.L. Folk ve W.C. Ward, "Brazos River Bar: A Study in the Significance of Grain Size Parameters," Journal of Sedimentary Petrology, 27, 3-26. e-ISSN: 2528-8733, 1957.
- [31] S. Sarıduman, "Endüstriyel olarak üretilmekte olan çeşitli atkı fitilli kadife kumaş özellikleri üzerine bir inceleme," Yüksek Lisans Tezi, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, Türkiye, 2005.
- [32] G. Alan, M. Tercan, "Hava Filtrasyonu Amacıyla Kullanılan Tekstillerin Verimlilikleri ve Toz Tutma Kapasiteleri" Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Sayı 4, Sayfalar 179-186, 2013.

[33] R.L. Folk ve W.C. Ward, "Brazos River Bar: A Study in the Significance of Grain Size Parameters," *Journal of Sedimentary Petrology*, 27, 3-26. e-ISSN: 2528-8733, 1957.



## **TEZDEN ÜRETİLMİŞ ESERLER**

### **A. Projeler**

TÜBİTAK-122M636 Numaralı Performans Özellikleri İyileştirilmiş Filtre Kumaşlarının Geliştirilmesi Projesi Kabul Edilmiştir.

