

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

**ISLAK MENDİLLERİN FİZİKSEL KARAKTERİZASYONU
VE KANALİZASYON SİSTEMLERİNDEKİ
DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Serkan DURUKAN

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
Tez Danışmanı : Doç. Dr. Fatih KARADAĞLI

Ocak 2020

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ


ISLAK MENDİLLERİN FİZİKSEL KARAKTERİZASYONU
VE KANALİZASYON SİSTEMLERİNDEKİ
DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ


YÜKSEK LİSANS TEZİ

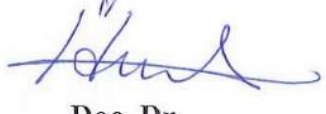
Serkan DURUKAN

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 06.01.2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.


Doç. Dr.
Fatih KARADAĞLI
Jüri Başkanı


Prof. Dr.
Saim ÖZDEMİR
Üye


Doç. Dr.
Ömer Hulusi DEDE
Üye

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Serkan DURUKAN

06.01.2020

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince hem akademik alanda hem de hayatın diğer alanlarında, bilgi ve tecrübeleri ile yardımlarını ve desteğini esirgemeyen, teşvik eden ve aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Doç. Dr. Fatih KARADAĞLI'ya teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmalarım boyunca yanımda olan ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen değerli arkadaşım Mustafa NİĞDELİOĞLU'na, tez çalışmamın başından sonuna kadar bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, zengin bakış açısıyla beni aydınlatan ve yol gösteren Sayın hocam Prof. Dr. Saim ÖZDEMİR'e teşekkür ederim.

Eğitim ve öğretim hayatımın başından sonuna kadar beni maddi ve manevi her konuda destekleyen, yardımcı olan ve sevgilerini bir an dahi esirgemeyen annem Mesure DURUKAN, babam Tunçer DURUKAN ve ablam Aslıhan DURUKAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın boyunca beni her zaman destekleyen, motive eden, güç veren ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen değerli hayat arkadaşım Zeynep USLU'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu çalışmanın maddi açıdan desteklenmesine olanak sağlayan Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumuna (TÜBİTAK) (Proje No: 118Y240) teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	v
TABLOLAR LİSTESİ.....	vii
ÖZET.....	ix
SUMMARY.....	x
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	
KONUyla İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	4
BÖLÜM 3.	
MATERYAL VE YÖNTEM.....	13
3.1. Islak Mendillerin Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi.....	13
3.2. Islak Mendillerin Fiber Türlerinin Belirlenmesi.....	15
3.3. Islak Mendil Numunelerine Ait Kopma Gerilmelerinin Tespit Edilmesi.....	17
BÖLÜM 4.	
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	20
4.1. Islak Mendillerin Fiziksel Karakterizasyonu.....	20
4.2. Islak Mendillerin Fiber Tayini.....	26
4.3. Islak Mendillerin Kopma Gerilmelerinin Tespit Edilmesi.....	36

BÖLÜM 5.	
SONUÇ.....	41
KAYNAKLAR.....	43
ÖZGEÇMİŞ.....	46

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

EU	: Avrupa kıtası
F	: Klozete atılabilir
FE	: Uzak Doğu kıtası
NA	: Kuzey Amerika kıtası
NF	: Klozete atılamaz
SN	: Numune numarası

ŞEKİLLER LİSTESİ

- Şekil 3.1. Islak Mendillerin kalınlığını ölçmek için kullanılan mikroskop – Leica VMHT MOT (Leica Systems,Wetzler, Almanya)..... 15
- Şekil 3.2. Islak mendil numunelerinin kopma gerilmelerini 0.1 Newton hassasiyeti ile ölçen Schimadzu AG-IC otoğraf cihazı..... 18
- Şekil 3.3. Schimadzu AG-IC otoğraf cihazında bir ıslak mendil numunesiyle gerçekleştirilen ölçüm işlemi..... 19
- Şekil 4.1. Klozete Atılamaz (Non-flushable) ürünlerin Dupont Fiber boya ile boyanması sonucunda, fiber türlerinin ışık mikroskobunda elde edilen görüntüleri..... 27
- Şekil 4.2. Klozete Atılabilir (Flushable) türden ve Kuzey Amerika'dan elde edilen bir ıslak mendil numunesinin Dupont Fiber boya ile boyanması sonucunda,fiber türlerinin ışık mikroskobunda elde edilen görüntüleri.. 28
- Şekil 4.3. Klozete Atılabilir (Flushable) türden ve Kuzey Amerika'dan elde edilen bir ıslak mendil numunesinin Dupont Fiber boya ile boyanması sonucunda, fiber türlerinin ışık mikroskobunda elde edilen görüntüleri. 29
- Şekil 4.4. Klozete Atılabilir (Flushable) türden ve Avrupa'dan elde edilen bir ıslak mendil numunesinin Dupont Fiber boya ile boyanması sonucunda, fiber türlerinin ışık mikroskobunda elde edilen görüntüleri..... 30
- Şekil 4.5. Klozete Atılabilir (Flushable) türden ve Uzak Doğu ülkelerinden elde edilen bir ıslak mendil numunesinin Dupont Fiber boya ile boyanması sonucunda, fiber türlerinin ışık mikroskobunda elde edilen görüntüleri. 31
- Şekil 4.6. Klozete atılamaz (non-flushable) türden bir ıslak mendil numunesinin Herzberg Fiber boya ile boyanması sonucunda, fiber türlerinin ışık mikroskobunda elde edilen görüntüleri..... 32
- Şekil 4.7. Klozete Atılabilir (Flushable) türden ve Kuzey Amerika ülkelerinden elde edilen bir ıslak mendil numunesinin Herzberg Fiber boya ile

boyanması sonucunda, fiber türlerinin ışık mikroskopunda elde edilen görüntüleri.....	33
Şekil 4.8. Klozete Atılabilir (Flushable) türden ve Avrupa ülkelerinden elde edilen bir ıslak mendil numunesinin Herzberg Fiber boya ile boyanması sonucunda, fiber türlerinin ışık mikroskopunda elde edilen görüntüleri.	34
Şekil 4.9. Klozete Atılabilir (Flushable) türden ve Uzak Doğu ülkelerinden elde edilen bir ıslak mendil numunesinin Herzberg Fiber boya ile boyanması sonucunda, fiber türlerinin ışık mikroskopunda elde edilen görüntüleri.....	35

TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1. Dupont fiber boyası No.4 metodu için geliştirilen fiber türü ve renk ayrımı cetveli.....	16
Tablo 3.2. Herzberg fiber boyama metodu için geliştirilen fiber türü ve renk ayrımı cetveli.....	17
Tablo 4.1. Klozete Atılamaz (Non-flushable) ıslak mendil numunelerinin kuru haldeki fiziksel özellikleri.....	21
Tablo 4.2. Klozete Atılamaz (Non-flushable) ıslak mendil numunelerinin ıslak haldeki fiziksel özellikleri.....	21
Tablo 4.3. Kuzey Amerika bölgesinden temin edilen klozete atılabilir (Flushable) ıslak mendil numunelerinin kuru haldeki fiziksel özellikleri.....	22
Tablo 4.4. Kuzey Amerika bölgesinden temin edilen klozete atılamaz (Nonflushable) ıslak mendil numunelerinin kuru haldeki fiziksel özellikleri.....	22
Tablo 4.5. Avrupa kıtasından temin edilen klozete atılabilir (Flushable) ıslak mendil numunelerinin kuru haldeki fiziksel özellikleri.....	23
Tablo 4.6. Avrupa kıtasından temin edilen klozete atılamaz (Non-flushable) ıslak mendil numunelerinin kuru haldeki fiziksel özellikleri.....	23
Tablo 4.7. Uzak Doğu ülkelerinden temin edilen klozete atılabilir (Flushable) ıslak mendil numunelerinin kuru haldeki fiziksel özellikleri.....	24
Tablo 4.8. Uzak Doğu ülkelerinden temin edilen klozete atılamaz (Non-flushable) ıslak mendil numunelerinin kuru haldeki fiziksel özellikleri.....	24
Tablo 4.9. Klozete atılamaz (non-flushable) ve klozete atılabilir (flushable) türündeki ıslak mendil numunelerinin olağan rutubet hallerindeki fiziksel özellikleri karşılaştırılması.....	25

Tablo 4.10. Dünyanın çeşitli ülkelerinden temin edilen tuvalet kâğıdı numunelerinin kuru ve ıslak haldeki kopma kuvvetleri (Fmax değerleri) ve güç kayıpları.....	38
Tablo 4.11. Dünyanın çeşitli ülkelerinden temin edilen non-flushable (klozete atılamaz) ıslak mendil numunelerinin ıslak ve kuru haldeki kopma kuvvetleri (Fmax değerleri) ve güç kayıpları.....	38
Tablo 4.12. Kuzey Amerika bölgesinden temin edilen “klozete atılabilir” türdeki ıslak mendil numunelerinin kuru ve ıslak haldeki kopma kuvvetleri (Fmax değerleri) ve güç kayıpları.....	39
Tablo 4.13. Avrupa bölgesinden temin edilen “klozete atılabilir” türdeki ıslak mendil numunelerinin kuru ve ıslak haldeki kopma kuvvetleri (Fmax değerleri) ve güç kayıplar.....	39

ÖZET

Anahtar kelimeler: Islak mendil, klozete atılabilir, fiziksel karakterizasyon, atıksu sistemleri, kanalizasyon

Islak mendiller günümüzde bebeklerin, çocukların, yetişkinlerin ve hastaların hijyenik ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla farklı çeşitlerde tüketicilerin kullanıma sunulmaktadır. Bu ıslak mendillerin bir kısmı ‘klozete atılabilir’ (flushable) ibaresiyle dünyanın birçok ülkesindeki tüketicilerin kullanımına sunulmaktadır.

Hijyenik temizlenme ürünleri olarak kullanılan ıslak mendiller, kullanıldıktan sonra genellikle kanalizasyon sistemlerine bırakılarak bertaraf edilmektedir. Kanalizasyon sistemlerine bırakılan ıslak mendiller, bu ortamdaki organik atıkları, şampuan, deterjan ve atık yağları absorbe ederek parçalanması zor olan maddeler haline dönüşmektedir. Bu karışımlar kanalizasyon sistemlerinde, su debisinin düşük olduğu veya su hızının aniden düştüğü kısımlarda birikerek, atıksuların taşmasına ve boruların tıkanmasına sebep olmaktadır.

Tıkanma olayları, finansal maliyetleri, maddi zararları ve halk sağlığı için tehditleri beraberinde getirmektedir. Hem halkımız ve hem de belediyelerimiz tıkanmaları giderebilmek için önemli miktarda zaman, işgücü ve finansal harcamalar yapmaktadırlar. Tıkanmalar sonucunda, atıksular ev ve işyerlerine girerek maddi zararlara neden olmaktadır. Atıksuyun içerdiği patojen mikroorganizmalar halk sağlığını tehdit etmektedir. Bu olumsuzlukları minimize etmek ve tıkanma problemlerinin önüne geçebilmek için, tıkanmaların sebeplerinin araştırılması gerekmektedir.

Bu çerçevede, bu tez kapsamında, “klozete atılabilir” şeklinde pazarlanan ıslak mendillerin fiziksel özellikleri bilimsel ve sistematik şekilde araştırılmıştır. Bu hedef doğrultusunda, dünyanın farklı ülkelerinden her tür (klozete atılabilir veya klozete atılamaz) ıslak mendil numuneleri temin edilmiştir. Bu numunelerin, fiziksel özellikleri (kalınlık, spesifik hacim, yüzeysel yoğunluk), kopma gerilmeleri ve yapısal kompozisyonları (içerdikleri fiber türleri gibi) belirlenmiştir. Bu çalışmaların sonucunda, ürünlerin fiziksel özellikleri, yapısal kompozisyonları ve kopma gerilmeleri arasında mantıksal ilişkiler tespit edilmiştir. Bu bulgular, ıslak mendillerin atıksu sistemlerindeki parçalanma davranışları hakkında bir öngörü elde edilmesini sağlamıştır.

PHYSICAL CHARACTERISTICS, FIBER TYPES, AND STRENGTH PROPERTIES OF WET WIPES WITH RESPECT TO WHAT IS FLUSHABLE

SUMMARY

Keywords: Wet wipes, flushable, characterization, wastewater systems,

Wet wipes are relatively new products that are marketed worldwide as flushable, or non-flushable. Although flushable wipes have been disposed of into wastewater systems for some time, limited number of scientific studies have investigated their potential effects in wastewater operations. In this direction, this project quantified physical characteristics, fiber compositions, and tensile properties of wet wipes in relevance to their disintegration in wastewater systems. For this purpose, samples of flushable wipes as well as those of typical non-flushable wipes were collected from around the world. The samples were characterized based on their physical properties (e.g., basis weight, specific volume, thickness), tensile properties, and fiber compositions (fiber types). The experimental results indicated no clear difference between flushable, and non-flushable wipes on the basis of their physical properties, tensile properties, and fiber compositions. Comparison of wipes with toilet papers (TPs) indicated that wipes are larger (surface areas), heavier (masses), thicker, and denser (basis weight) than TPs. Fiber analysis showed that all wipes contain synthetic and relatively strong fibers such as rayon and polyester, while TPs are composed of only plant-based fibers. Inclusion of strong fibers into fiber webs of flushable wipes increase their strength properties such as the maximum amount of force needed to break a specimen (F_{max}). Accordingly, F_{max} value of flushable wipes averaged 7 N in their dry, and 5.9 N in their wet states, while the values were 3 N for dry TPs, and 0.29 for wet TPs. These numbers show an average reduction of 29% for flushables, and 90% for TPs as they go from dry, to wet states. Thus, nonwoven wipes have high initial wet strength, and they retain their strength in wet conditions much more than do TPs. Inclusion of strong fibers into nonwoven wipes is the key reason for why wipes cause blockages and clogs in sewer systems. The results serve as scientific support to develop technical specifications and standards for flushable products. The findings serve as feedback to manufacturers to improve existing products or to develop new ones, and to relevant stakeholders to develop standards & regulations to protect sewer networks, and public funds.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Günümüzde bebeklerin, çocukların, yetişkinlerin ve hastaların hijyenik ihtiyaçlarını karşılayabilmek adına çocuk bezi, ıslak mendil, hijyenik pedler, tuvalet kâğıtları ve klozet temizleme mendili gibi ürünlerin kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Bu hijyenik temizlenme ürünleri kullanıldıktan sonra tuvaletlerde bulunun çöp kovalarına veya doğrudan kanalizasyon sistemlerine atılarak bertaraf edilmektedir.

Bahsedilen ürünlerden biri olan ıslak mendiller, gün geçtikçe ülkemizde ve dünyamızda tüketimi hızla artan hijyenik temizlik ürünlerinin başında gelmektedir. Islak mendiller, yumuşak dokulu, kalın ve esnek yapılı, çok katlı, parfümlü, bioçözünabilir ve klozete atılabilir gibi çeşitlerle tüketicilere sunulmaktadır. Üreticiler, tüketicilerin taleplerine göre inovasyon çalışmaları yaparak mevcut ürünleri geliştirmektedirler. Tüketiciler genellikle ürünlerin yumuşak dokulu, güzel kokulu, kopma ve yırtılmalara karşı dayanıklı olmasını tercih etmektedirler. Bu parametrelere ilave olarak, ürünlerinin kanalizasyon sistemlerinde gösterdiği davranışları ve etkileri de göz önünde bulundurulmalı ve üretim aşamasında ele alınması gerekmektedir.

Ülkemizde atıksuların toplanması, kanalizasyon sisteminde taşınması ve arıtma tesisine ulaştırılması projeleri tasarlanırken yapılan hesaplamalarda borulardan geçen suyun debisi, hidrolik eğim ve boruların pürüzlülüğü gibi parametreler göz önünde bulundurulmaktadır. Oysa ki, kanalizasyon sistemine dahil olan atık suların içinde tuvalet kâğıdı, ıslak mendil, hijyenik pedler gibi temizlik ürünleri de bulunmaktadır. Bu tür ürünler tasarım aşamasında göz ardı edilmektedir. Bu nedenle, bu ürünler atık su borularında ki yetersiz eğim, düşük atık su debisi ve yavaş su hızı gibi sebeplerle kanalizasyon sistemlerinde birikerek atıksuların taşmasına ve boruların tıkanmasına yol açmaktadırlar.

Atıksu sistemlerinde meydana gelen bu tıkanmalar sonucu atıksular caddelere, sokaklara, evlere ve işyerlerine kadar girebilmektedir. Tıkanmaların yarattığı olumsuz etkileri üç ana başlık altında ve aşağıdaki şekilde özetleyebiliriz;

- Finansal açıdan; ülkemizde Su ve Kanalizasyon idareleri tarafından meydana gelen her bir tıkanma probleminin giderilmesi sırasında; vidanjör kullanımı, akaryakıt maliyeti, vidanjör sürücüsü ve ustaların çalışma ücretleri, ofislerde çalışan memurların ücretleri gibi doğrudan ve dolaylı yoldan birçok maliyeti beraberinde getirmektedir. Oysa ki yönetmelikler, kitlesel eğitim, denetim ve ceza uygulamaları gibi tedbirler alınarak bu zararları azaltmak ve kamunun kaynaklarını daha verimli şekilde kullanmak mümkündür.
- Halk sağlığı açısından; tıkanmaların sonucu olarak, atıksular ev ve işyerlerini basmakta ve halk sağlığına karşı mikrobiyal ve kimyasal tehditleri ortaya çıkarmaktadır. Örneğin, mikroorganizmalar vasıtasıyla sindirim sistemi bozuklukları (ishal gibi) meydana gelmektedir.
- Mal ve hizmet kayıpları açısından; ev ve işyerlerini atıksuların basması sonucu, kişisel eşyalar, ürünler veya hammaddeler zarar görmekte ve işletmeler hizmetlerini sunamamaktadırlar. Bu zararlar hem halkımız ve hem de devletimiz adına ekonomik kayıplar oluşturmaktadır.

Yukarıda bahsedilen problemlerin azaltılması doğrultusunda, tıkanma problemlerine neden olan atıklar üzerine sistematik çalışmaların yapılması gerekmektedir. Bu çerçevede, ıslak mendillerin fiziksel karakterizasyon, fiber türlerinin belirlenmesi ve kopma gerilmelerinin tespit edilmesi bu tez çalışmasının kapsamını oluşturmaktadır. Bu kapsama göre, bu tez çalışmasının amaçları ve hedefleri aşağıdaki şekilde belirlenmiştir.

Bu tezin amacı; ülkemizde ve dünyada kullanılan ıslak mendillerin fiziksel karakterizasyonunun yapılmasıdır. Bu çerçevede; ülkemizin ve dünyanın farklı bölgelerinden temin edilen ıslak mendil numunelerinin yüzeysel yoğunluk, spesifik hacim, kalınlık, yaprak hacmi ve yaprak ağırlığı gibi parametrelerin belirlenmesi ve

ıslak mendil numuneleriyle fiber boyama testleri yapılarak, ürünlerin kompozisyonundaki fiber türlerinin belirlenmesi bu tez çalışmasının asıl amacıdır.

Bu tezin hedefleri;

- Herzberg boyama testi ve Dupont fiber boyaları ile ıslak mendillerdeki selülozik ve sentetik fiberlerin belirlenmesi
- Islak mendillerin, ıslak ve kuru durumlarındaki kopma gerilmelerinin tayin edilmesi
- Ürünlerin fiziksel özellikleri, yapısal kompozisyonları ve kopma gerilmelerinin karşılaştırılması ve bunlara göre sınıflandırmalarının yapılması
- Deneysel verileri kullanarak, ürünlerin fiziksel özellikleriyle, fiber karışımları ve parçalanma davranışları arasında arasındaki bağlantıların tartışılması

BÖLÜM 2. KONUYLA İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR

Islak mendiller, tuvalet kağıtları, hijyenik pedler, tamponlar, çocuk bezleri ve benzeri birçok ürün günümüzde klozete atılarak bertaraf edilmektedir. Klozete atılarak bertarafı gerçekleştirilen bu ürünler tuvalet borularının ve kanalizasyon sistemlerinin daralmasına, tıkanmasına ve terfi merkezlerinde ki pompaların daha sık arızalanarak ızgaraların kısa periyotlarda temizlenmesine sebep olmaktadır. Kullanımı gün geçtikçe artarak devam eden ve klozete atılarak bertaraf edilen bu ürünlerin başında gelen ıslak mendiller içeriğinde bulunan parçalanmayı engelleyici plastik lifler, düşük biyobozunurluk ve kanalizasyon sistemine dahil olan bitkisel ve hayvansal atık yağlarla birleşerek kanalizasyonun iç yüzeylerine yapışarak sertleşmekte ve blokajlar (tıkanmalar) oluşturmaktadır. Geçmişten günümüze kadar tuvalet kağıdıyla başlayan ve ıslak mendil gibi diğer hijyenik ürünlerin de kanalizasyon sistemine dahil olmasıyla birlikte artarak devam eden bu problemin çözümü için birtakım çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar neticesinde birçok bilimsel veri elde edilmiştir. Bu çalışmaları aşağıdaki şekilde özetleyebiliriz;

Verbanck vd. kanalizasyon borularında biriken katı maddelerin kaynakları ve kanalizasyon sistemi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Sokaklardan gelen kum ve tozların borularda çökeldiği ve yaz aylarında anaerobik sedimenlere dönüştüğü tespit edilmiştir. Borularda oluşan sedimenlerde, sülfat indirgeyici bakteriler, atıksudaki sülfatı (SO_4^{2-}) bisülfide (HS^-) dönüştürdüğü ve düşük pH'lı durumda, bisülfidin hidrojen sülfüre (H_2S) dönüşerek gaz fazına geçiş yaptığı tespit edilmiştir. H_2S 'in yine bakteriyel oksidasyonu ile sülfürik asit oluşturduğu ve böylece, borularda korozyona sebep olduğu belirtilmiştir [1].

Brown ve ark. kanalizasyon borularındaki su akışının simülasyonu için bir model geliştirmiş ve ardından bu modele yeni bir modül ilave ederek, atık tuvalet kağıtların

atıksu borularındaki ilerleyişinin simülasyonu yapılmıştır. İlgili modelleme çalışmalarının sonuçlarına göre, atık tuvalet kağıtları ilk sifon dalgasıyla evlerin pissu borularında belirli bir noktaya kadar ilerlemektedir. Sonrasında, yeni gelen su dalgaları ile bir miktar daha ilerleyerek, su akımının bol olduğu bir noktaya (sokak boruları gibi) taşınmaktadır. Ancak, sokak bacalarında (rögar bacası) su hızının aniden düşmesi nedeniyle, atık katı maddeler bu noktalarda birikim göstermişlerdir [2].

Vollertsen ve ark. tarafından gerçekleştirilen araştırma çalışmasıyla; kanalizasyon borularında çökelen organik maddelerin hidrolizi sırasında sıcaklığın ve çözünmüş oksijeninin etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Organik katı maddelerin hidrolizinin sıcaklıkla beraber hızlandığı, aerobik mikroorganizmaların sudaki çözünmüş organik maddeleri parçaladığı, ortamda bulunan çözünmüş oksijeni harcadıkları ve bu nedenle, birçok kanalizasyon hattında anaerobik proseslerin çok yaygın olduğu tespit edilmiştir. Anaerobik proseslerin oluşmasıyla birlikte, H₂S ve metan (CH₄) gibi gazların üretiminin artacağı öngörülmüştür [3].

Ahyerre ve ark. tarafından kanalizasyon borularında birikim yapan tanecikler ve bunların kaynakları araştırılmıştır. Bu çalışmada 150 m uzunluğundaki bir sokak kanalizasyon borusunun farklı noktalarından sedimen numuneleri alınarak, birikim yapan taneciklerin yapısal karakterizasyonu gerçekleştirilmiştir. Buna göre, inorganik taneciklerin borularda hızlı şekilde çökerek bir yatak oluşturduğu, bu yatak üzerinde mikrobiyal bir biyofilm tabakasının olduğu ve biyofilm tabakasının üzerinde de organik kirleticilerin çökeldiği belirlenmiştir. İnorganik taneciklerin içerik olarak metal çökelekleri oldukları tespit edilmiştir. Biyofilm tabakasının ince bir katman olduğu ve kalınlığının boru boyunca farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Biyofilm tabakasının üzerinde biriken organik maddelerin %70-80 oranında uçucu organiklerden olduğu ve zamanla toplam kütlelerinin artış gösterdiği belirlenmiştir [4].

Littlewood ve ark. ve Butler ve ark. tarafından atık tuvalet kağıtlarının atıksu borularındaki ilerleyişi, boru çapına ve su akış hızına bağlı olarak incelenmiştir. Bu çalışmalarda, sabit bir debi için boru çapı büyüdükçe akış hızının düşmesi nedeniyle,

katıların boru içerisinde biriktiği ve kayarak ilerlediği gösterilmiştir. Katılar zamanla birikerek adeta bir baraja dönüşmüş ve gelen suların birikmesine neden olmuştur. Bu suyun uyguladığı kuvvetle biriken tuvalet kağıtları vb. katıların kayarak ilerlediği ifade edilmiştir. Tıkanmaların azaltılması açısından, atıksu boru çapının büyütülmesinin fazla bir fayda sağlamayacağı ve hatta, su akış hızı düştüğü için, birikimlerin ve tıkanma problemlerinin artacağı belirtilmiştir [5,6].

Water Environment Research Foundation tarafından klozete atılabilir türdeki ürünlerin, parçalanmalarını değerlendirmek amacıyla ilk deneysel testler geliştirmiştir. Islak mendil üreticilerini temsil eden kuruluşlar (INDA – Association of Non-woven Disposables ve EDANA- European Disposables and Non-wovens Association) bu testleri referans almış ve modifiye ederek kendi testlerini geliştirmişlerdir (INDA, 2017). INDA ve EDANA bir ürünün ilgili testlerden geçebilmesi için geçme/kalma sınırlarındaki toleransı yüksek tutmuşlardır. Bu nedenle, atıksu uzmanları uluslararası bir birlik kurarak (International Water Services Flushability Group), tuvaletlere atılabilecek atıkların ortak özelliklerini belirleyici kriter ve testler geliştirmişlerdir [7,8].

Atık su sistemlerindeki katıların karakteristik özellikleri, kanalizasyon sistemine etkilerini ve kontrol mekanizmaları Ashley ve ark. tarafından araştırılmıştır. Buna göre, yoğunluğu sudan yüksek olan kum gibi taneciklerin hızlıca çökeldiği ve sedimen haline geldiği ve yoğunluğu suya yakın olan katıların ise suyla birlikte taşındığı belirtilmiştir. Kanalizasyon sistemlerindeki birikimlerin önüne geçilmesi için, borularda düzenli bakım ve temizlik yapılmasının gerektiği vurgulanmıştır [9].

Guisasola ve ark. kanalizasyon sistemlerindeki sedimenlerde metan oluşumunu araştırmıştır. Buna göre, metanın bir sera gazı olması nedeniyle, kanalizasyon sistemlerinden ve arıtma tesislerinden atmosfere verilerek dünya çevresindeki sera etkisinin artmasına, yani global sıcaklığın artmasına neden olduğu ifade edilmiştir. Bunun yanı sıra, boru ve bacalarda metan birikimlerinin doğal olarak yangın ve patlama risklerini beraberinde getirdiği belirtilmiştir. Metan üretiminin atıksuyun borulardaki bekleme süresiyle doğrudan bağlantılı olduğu gösterilmiştir. Üzerinde

çalışılan iki farklı kanalizasyon sistemindeki evsel atıksulardaki kimyasal oksijen ihtiyacının (KOİ) 100 mg/L kadarının metana dönüştüğü tespit edilmiştir. Laboratuvar lekli bir kanalizasyon sisteminde de akış hızının düşmesiyle uzayan bekletme sürelerinde, atıksudaki uçucu organik maddelerin %70'e varan kısmının metana dönüştüğü gösterilmiştir [10].

Keener vd. atıksulara karışan yemek yağları ile sudaki metal iyonlarının (Ca^{2+} , Mg^{2+}) birlikte boru yüzeylerinde çökelerek çok sert katı maddeler oluşturduğunu göstermiştir [11]. Benzer şekilde, He vd. bu çökeleklerin kanalizasyon borularındaki oluşum mekanizmalarını çalışmışlardır. Özellikle beton boruların Ca ve Mg gibi iyonların kaynağı olması nedeniyle, katı çökelek oluşumunun plastik borulara göre beton borularda daha sık meydana geldiği vurgulanmıştır. İlgili çökeleklerin oluşumunda oleik, palmitik ve linoleik yağ asitlerinin büyük rol oynadığı ve bu asitlerin evlerde kullanılan tüm sıvı yağlarda bulunduğu ifade edilmiştir. Konuyla ilgili olarak, Williams vd. bu tür çökeleklerin sulardaki sertlikle orantılı şekilde oluştuğunu gösteren bir çalışma gerçekleştirmiştir. Kanalizasyon borularından alınan numunelerde yapılan analizler, palmitik ve oleik yağ asitlerinin keleklerdeki ana maddeler olduğunu göstermiştir [12,13,14].

Walski vd. katı atıkların kanalizasyon borularındaki taşınımını çalışmışlardır. Buna göre, katının çapı ve spesifik yoğunluğu ile atıksuyun derinliğinin taşınımında etkili faktörler olduğu belirlenmiştir. Bu çerçevede, su akış hızının 1 m/s olması durumunda birçok katı maddenin taşınacağı belirtilmiştir [15].

Karadağlı vd. tarafından klozetlere atılabilecek ürünlerin kanalizasyon sistemlerindeki parçalanmasıyla ilgili teorik ve matematiksel modelleme çalışmaları gerçekleştirmiştir. Teorik çalışmalara göre, bu atıkların sularda parçalanması sudaki türbülans şartları ile ürünlerin mekanik mukavemetine bağlıdır. Sulardaki türbülans Reynold's sayısı ile temsil edilirken, ürünlerin mukavemeti parçalanma deneyleri yapılarak tespit edilmiştir. Geliştirilen teorik yaklaşım ve matematiksel model farklı hijyenik ürünler (tampon gibi) kullanılarak test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar,

matematiksel modelin ve teorisinin ilgili ürünlerin kanalizasyondaki davranışlarını takip edebilmek için kullanılabileceğini göstermiştir [16,17].

Eren ve Karadağlı yukarıda belirtilen matematiksel modeli tuvalet kağıtlarının kanalizasyon sistemlerinde davranışlarını incelemek üzere uyarlamıştır. Buna göre, farklı tuvalet kağıtları ile suda parçalanma deneyleri yapılmış ve deneysel sonuçlar matematiksel model aracılığıyla simule edilmiştir. Sonuç olarak, geçici-ıslak-mukavemeti (temporary-wet-strength) yüksek olan tuvalet kağıtlarının kanalizasyon sistemlerinde oldukça yavaş parçalandığı tespit edilmiştir. Tuvalet kağıtlarının geçici-ıslak-mukavemetlerinin uygun oranlarda düşürülmesi gerektiği üreticilere bir geri-besleme şeklinde sunulmuştur [18].

Kim ve Hergeth ‘klozete atılabilir’ ibaresi taşıyan ürünlerin gelecekteki durumlarıyla ilgili endüstriyel bir yol haritası oluşturmuştur. Bu çalışmada pazar payları, teknolojik altyapı, standardizasyon ve yasalar/yönetmelikler gibi ana konular incelenmiştir. Buna göre, bu ürünlerle ilgili her ülkenin standardizasyon ve yönetmelik geliştirmesi gerektiği vurgulanmıştır. Bu nedenle, üretici firmaların ürünleriyle ilgili klozete atılabilirlik iddialarını gözden geçirmeleri ve bu iddiaları bilimsel çalışmalarla desteklemeleri tavsiye edilmiştir [19].

Sharma vd. kanalizasyon sistemlerinde pH ‘nın değişimini incelemiştir. Üç farklı sistemde zamana bağlı olarak atıksuyun pH değerleri ölçülmüştür. Buna göre, sabah 06:00–12:00 arasında atıksuyun pH değeri 7.5 ‘dan 8.5-9’ kadar çıkmıştır. Öğleden sonra, saat 12:00–21:00 arasında pH 8 civarında seyretmiş, ve gece boyunca 7–7.5 arasında kalmıştır. Yapılan pH ölçümleri ile atıksudaki amonyum seviyeleri arasında lineer bir ilişki tespit edilmiştir. Buna göre, sudaki pH artışları evlerden gelen üre ve amonyum miktarı ile doğru orantılı şekilde artmıştır [20].

Tang ve Jin selülozik ve plastik fiberler kullanılarak üretilen ve klozete atılabilir olduğu iddia edilen bir kompozit tekstilin sularda parçalanmasını çalışmışlardır. Yapılan deneysel çalışmalara göre, karıştırma hızının ve karıştırma süresinin parçalanmada etkili rol oynadığı belirlenmiştir. Bu durumda, karıştırma hızının yüksek olması ve karıştırma süresinin uzun tutulması tavsiye edilmiştir. Ancak, deneysel

düzenekteki türbülans seviyesinin veya Reynold's sayısının tespiti ve kanalizasyon sistemlerindeki türbülans değerleri ile karşılaştırılması yapılmamıştır. Bu nedenle, bir ürünü test etmek için gerekli test süresi ve türbülans seviyesi gibi parametreler hakkında bir yorum yapılmamıştır. Bu çalışmanın bir alternatifi olarak, Eren ve Karadağlı ise orbital bir karıştırıcıda 1 L su ve 1 yaprak ürün kullanılmasını ve parçalanma deneyinin 100 devir/dakika hızında yapılmasını tavsiye etmişlerdir. Bu düzeneğin oluşturacağı türbülans değerinin Reynold's sayısı olarak 25000 civarında olacağı ve bu değer kanalizasyon sistemlerinde ev-bağlantıları ve küçük sokak borularındaki türbülans değerine karşılık geleceğini belirlemişlerdir [21].

Jiang vd. kanalizasyon borularındaki korozyon ve koku problemleriyle ilgili bir literatür taraması yayınlamışlardır. Borularda sülfat indirgeyici mikroorganizmaların sülfatı indirgeyerek hidrojen sülfür (H_2S) oluşturması ve bu molekülün sülfürik aside (H_2SO_4) dönüşmesiyle borularda korozyon olacağı bilinmektedir. H_2S aynı zamanda ciddi koku problemine neden olmaktadır. Bu problemleri minimize etmek için, içme sularındaki sülfat miktarına dikkat edilmesi ve 20 mg/L altında tutulması tavsiye edilmiştir. Gelecek yıllarda, su tüketiminin azalma eğilimi gösterebileceği ihtimaliyle, atıksu hatlarında kirlilik yükünün daha da yoğunlaşacağı belirtilmiş ve böylece, koku ve korozyon problemlerinin daha sık meydana geleceği ifade edilmiştir. Bu sebeple, kanalizasyon sistemlerinin bilgisayar programları ve sensörler yardımıyla düzenli şekilde izlenmeye alınması ve sıcak noktalara özellikle dikkat edilmesi vurgulanmıştır [22].

Pandey vd. kanalizasyon borularında koku problemi yaratan ana maddeleri tespit etmeye çalıştılar. Kore'nin Seul şehrinde nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu noktalardaki sokak bacalarında gaz ölçümleri yapılarak, kokuya neden olan maddeler bu çalışmada tespit edilmiştir. Bu analizler neticesinde, hidrojen sülfür (H_2S), metil sülfid (CH_3SH), amonyak (NH_3), uçucu yağ asitleri ve fenol molekülünün kanalizasyon sistemlerinde başlıca koku yapıcı maddeler olduğu belirlenmiştir [23].

Shahsavari vd. kanalizasyon borularında biriken katıların taşınımını sağlamak için, boruların uygun noktalarına bir metal kapak koyulmasını teklif eden bir çalışma

gerçekleştirdiler. Bu kapak sayesinde atıksular boru içerisinde biriktirilerek; daha sonra, kapağın açılmasıyla birlikte, boru içerisinde biriken katıların taşınımı sağlanmıştır. Yapılan testler neticesinde, küçük çaplı taneciklerin kapağın kaldırılması sonucu boşalan suyla birlikte taşındığı, ama büyük çaplı taneciklerin (küçük taş vb.) yeniden ve yakın mesafede çökeldeği gözlemlenmiştir. Bu şekilde borularda yeniden oluşan sedimenler boşluklu bir yapıya sahip olup, büyük çaplı taneciklerden oluşmuştur. İlgili kapakların sokak bacalarındaki giriş borularının önüne inşaa edilmesi ve bilgisayar yardımıyla uzaktan açılıp kapanmasının uygun bir çözüm olacağı ifade edilmiştir [24].

Gupta ve ark. tarafından tuvalet kâğıdının, dünyada en yaygın kullanılan hijyenik ürün olduğu ifade edilmiştir. İçeriğinde ki hamur elyaflarının potansiyel birikimi ve düşük biyobozunurluğu nedeniyle, parçalanmasını önleyen katkı maddeleri veya dokunmamış elyaf malzemenin bulunduğu tuvalet kağıdının, kanalizasyon hatlarının tıkanmasına sebep olabileceği saptanmıştır [25].

Genellikle tüketiciler ıslak mendillerin doğal elyaf vb. liflerden oluştuğunu varsaymaktadırlar. Bu tür ürünler için, selülozun polimerizasyon derecesi (DP), su emiciliği, yumuşaklık ve parçalanma özellikleri önem arz etmektedir [26,27].

Yukarıda sunulan literatür çalışmalarının işaret ettiği sonuçlar kısaca şu şekilde özetlenebilir:

- Kanalizasyon sistemlerinde katı maddelerin çökmesi ve sedimen oluşturması, atıksu akışı ile katı madde taşınımı ve bu olayların matematiksel modellerle araştırılması üzerine bazı çalışmalar mevcuttur. Buna karşılık, atık hijyenik ürünlerin kanalizasyon sistemlerinde parçalanması üzerine az sayıda çalışma mevcuttur.
- Kanalizasyon borularında birikim yapan katıların karakterizasyonu üzerine çalışmalar yapılmış ve borularda oluşan sedimenlerin, çoğunlukla inorganik (Kum veya çakıl) maddelerden meydana geldiği ve bunların üzerinde bir

biyofilm tabakasının oluştuğu ve bu tabakanın üzerine, sudaki organik kirleticilerin çökelediği belirlenmiştir.

- Atıksuda bulunan metal iyonları (Ca ve Mg gibi) ile yine evsel atıksudaki sıvı yağ moleküllerinin (özellikle oleik, palmitik, linoleik yağ asitleri) oluşturduğu çökelekler daha önceki çalışmalarla araştırılmıştır. Bu çökeleklerin oluşum mekanizması, oluşum şartları ve bu olayda rol alan etken maddeler belirlenmiştir.
- Kanalizasyon sistemlerinde korozyon ve koku problemlerinin başlıca sebeplerinin tespiti üzerine çalışmalar mevcuttur. Hidrojen sülfür (H₂S), metil sülfid, amonyak, uçucu yağ asitleri ve fenol maddelerinin bu tür problemlerde etken olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmalar, içme sularındaki sülfat miktarının azaltılması ve atıksuyun borulardaki bekleme süresinin azaltılması ile koku ve korozyon problemlerinin önlenebileceğini belirtmişlerdir. Bu problemlerin minimize edilmesi için boruların periyodik olarak temizlenmesi veya aktif karbon adsorpsiyonu gibi çözümler önerilmiştir.
- Kanalizasyon sistemlerinde metan gazı oluşumu üzerine yapılan araştırmalar yakın dönemde çoğalmıştır. Metan oluşumu ile atıksuyun bekleme süresi arasında lineer bir bağlantı olduğu tespit edilmiştir. Kanalizasyon borularında metan üretimini azaltmak için, atıksuyun borularda bekleme süresinin düşürülmesi veya boruların periyodik olarak temizlenmesi gerekmektedir.
- Evlerden atıksu ile birlikte gelen tuvalet kâğıdı gibi atıkların taşınımı üzerine birkaç çalışma gerçekleştirilmiştir. Atık tuvalet kağıtlarının, su debisinin az ve su akış hızının düşük olduğu yerlerde biriktiği gözlemlenmiştir. Daha sonra gelen atıksular bu birikimlerin boru içerisinde biraz daha kayarak ilerlemesine neden olmaktadır. Tuvalet kağıtlarının arkasındaki su kütlesi çoğaldıkça tuvalet kağıtlarının boruda ilerlediği tespit edilmiştir.
- Tuvalet kağıtlarının atıksularda fiziksel parçalanmasıyla ilgili çalışmalar gerçekleştirilmiştir.
- Dünya genelinde 'klozete atılabilir' şeklinde tüketicilere arz edilen ıslak mendillerin, kanalizasyon sistemlerindeki davranışları ve parçalanmaları ile ilgili bilimsel çalışmaların literatürde mevcut olmadığı anlaşılmaktadır.

Yukarıdaki bilgilerin ışığı altında, ıslak mendillerin fiziksel karakterizasyonu, fiber türlerinin belirlenmesi ve kopma gerilmelerinin tayini bu çalışmanın bu alandaki literatüre yapacağı yeni katkılar olacaktır. Bu çerçevede, her bir parametre grubunun tayin metodları bir sonra ki bölümde ayrıntılı şekilde verilmektedir.

BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Islak Mendillerin Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi

Dünyanın farklı bölgelerinden temin edilen ıslak mendil numunelerine ait nem miktarı, yaprak kütlesi, yüzey alanı, gramaj, yaprak hacmi, özgül hacmi ve yaprak kalınlığı gibi fiziksel özelliklerin belirlenmesi aşağıda belirtilen yöntemlerle gerçekleştirilmiştir.

Nem Miktarı Tayini (%) = Islak mendil numunesinin paketli haldeyken içerdiği su miktarıdır. Nem tayini işlemi, paketten alınan bir adet ıslak mendil numunesinin etüve koyulmadan ve 40° C’de 24 saat boyunca etüvde bekletilerek kurutulan ve daha sonra hassas terazi tartımlarının alınması ile birlikte aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$\text{Nem Miktarı Tayini (\%)} = \frac{\text{Etüv öncesi tartım} - \text{Etüv sonrası tartım}}{\text{Etüv öncesi tartım}} \times 100 \quad (3.1)$$

Yaprak Kütlesi Tayini (mg/adet) = Islak mendil paketinden alınan bir adet ıslak mendil numunesi hassas terazide tartılmış ve mg/adet olarak kütlesi belirlenmiştir.

Yüzey Alanı Tayini (mm²) = Islak mendil paketinden alınan bir adet ıslak mendil numunesinin en ve boy oranlarının çarpılması ile belirlenmiştir.

$$\text{Yüzey Alanı (mm}^2\text{)} = \text{Yaprağın eni(mm)} \times \text{Yaprağın boyu(mm)} \quad (3.2)$$

Gramaj Tayini (g/m²) = Islak mendil numunesinin, 1 m²'sinin gram cinsinden kütlesidir. Gramaj, yüzey alanı cinsinden kağıdın yoğunluğu (g/m²) olarak tanımlanmaktadır.

$$\text{Gramaj Tayini (g/m}^2\text{)} = \frac{\text{Yaprak Kütlesi(mg)}}{\text{Yüzey Alanı (mm}^2\text{)}} \times 10^3 \quad (3.3)$$

Yaprak Hacmi Tayini (mm³) = Bir adet ıslak mendil numunesinin mm³ cinsinden hacmidir. Yaprak hacmi; yüzey alanı ve yaprak kalınlığı oranlarının çarpılması ile bulunmaktadır.

$$\text{Yaprak Hacmi Tayini (mm}^3\text{)} = \text{Yaprak yüzey alanı (mm}^2\text{)} \times \text{Yaprak kalınlığı (}\mu\text{m)} \quad (3.4)$$

Özgül Hacmi Tayini (dm³/kg) = Islak mendilin 1 kg'ının dm³ cinsinden kapladığı hacimdir. Özgül hacim; yaprak hacminin, yaprak ağırlığına bölünmesi ile bulunmaktadır.

$$\text{Özgül Hacmi Tayini (dm}^3\text{/kg)} = \frac{\text{Yaprak Hacmi (mm}^3\text{)}}{\text{Yaprak Kütlesi (}\frac{\text{mg}}{\text{adet}}\text{)}} \quad (3.5)$$

Mikroskobik Kat Sayı Tayini = Islak mendil numunelerinin tek bir yaprağının yan kesiti mikroskop altında incelenerek, ürünün kaç katlı olduğu anlaşılmıştır. Ürünlere ait kat sayısı ve kalınlıkları mikroskop altında yapılan incelemelerle belirlenmiştir. Bu ölçümler sırasında kullanılan yöntemin ayrıntıları aşağıda şekildedir.

Mikroskobik Kalınlık Ölçümü (μm): Islak mendillerin kalınlığını ölçmek için Leica VMHT MOT (Leica Systems, Wetzler, Almanya) mikroskobu kullanılmıştır. Bu mikroskobun ölçüm alt limiti 30 μm olup, ölçümlerdeki adım aralığı 1 μm'dir. Yaprak kalınlıklarında yaprak boyunca küçük farklılıkların görüleceği kuşkusuz olduğundan dolayı yaprak kalınlığı boyunca minimum üç, maksimum beş farklı ölçüm alınmış ve bu değerlerin ortalaması alınarak yaprak kalınlığının belirlenmesi esas alınmıştır. Kalınlık ölçümü işlemi, aşağıda yer alan fotoğraftaki gibi gerçekleştirilmiştir. Kalınlık ölçümlerin genel adımları aşağıda Şekil 3.1.'de verilmektedir [28].



Şekil 3.1 Islak Mendillerin kalınlığını ölçmek için kullanılan mikroskop – Leica VMHT MOT (Leica Systems, Wetzlar, Almanya).

Fotoğrafın ortasında çember içerisinde gösterilen hazneye, numune dikey pozisyonda yerleştirilerek alt kısmından sıkıştırılmaktadır. Daha sonra, mikroskop ve bilgisayardaki yazılım vasıtasıyla numunenin kalınlığı ölçülmektedir.

3.2. Islak Mendillerin Fiber Türlerinin Belirlenmesi

Islak mendil numunelerinin fiber karışımları, fiber tayini için geliştirilmiş olan iki farklı boyama metoduna göre belirlenmiştir. Bu metotlar, Dupont Fiber Boyası (No. 4) ve Herzberg fiber boyama metotlarıdır.

Dupont Fiber Boyası (No.4) tekstil endüstrisinde çok kullanılan bir boya olup, kullanım prosedürü ve gerekli malzemeler bir set halinde tedarik edilmiştir. Bu boyama metodunun ıslak mendillere uygulanması için, üretici firma tarafından geliştirilen ve aşağıda belirtilen adımlar takip edilmiştir.

- Dupont stain No.4 boyası %1 oranında 1 L suya ilave edilip kaynatılmıştır.

- Daha sonra, ıslak mendil numunesi bu suya eklenerek, karışım 1 dakika daha kaynamaya bırakılmıştır.
- Numune sıcak sudan çıkarılarak soğutulmaya bırakılmıştır.
- Bu numuneden küçük parçalar alınarak, ışık mikroskopu altında incelenip içerdiği fiberler renk ayrımına göre tespit edilmiştir.

Tablo 3.1. Dupont fiber boyası No.4 metodu için geliştirilen fiber türü ve renk ayrımı cetveli

Dupont Fiber Boyası	
Fiber Adı	Renk
Naylon Fiberler	Kırmızı
Rayon Fiberler	Mavi
Selüloz Asetat Fiberler	Portakal Rengi
Polyester Fiberler	Sarı ve Açık Sarı
Akrilik Fiberler	Bej
Olefin Fiberler	Bronz Renkli
Selüloz veya Pamuk Fiberler	Yeşil
Cam Fiberler	Renksiz

Üretici firma, Dupont Fiber boya ile boyanan fiberlerin türleri ve renkleri için yukarıdaki tabloyu sunmuştur.

Benzer şekilde, Herzberg fiber boyama metodu ikinci boyama metodu olarak uygulanmıştır. Herzberg metodu özellikle bitkilerden elde edilen doğal fiberlerin tespiti için geliştirilmiş bir metottur. Bu boyama işleminin gerekli malzemeleri (kimyasalları) tedarik edilmiş ve boyama işlemi, ISO:9184 Paper, board, and pulps – Fiber furnish analysis Part 3: Herzberg staining test, metodunda belirtilen adımlara göre yapılmıştır (ISO, 1990). Bu boyama metodunun ıslak mendillere uygulanması sırasında aşağıda belirtilen adımlar sırasıyla takip edilmiştir.

- Herzberg fiber boyası kuru numuneye 1 damla damlatılmıştır.
- Kuru numunenin yaklaşık 5-10 dakika süresince boyayı emmesi beklenmiştir.
- Bu numuneden küçük parçalar alınarak ışık mikroskobunda incelenmeye geçilmiştir.

Herzberg fiber boyası ile boyanan ve ışık mikroskopunda incelenen numunelerin renkleri ve ifade ettikleri fiber türleri için aşağıdaki tablo kullanılmıştır.

Tablo 3.2. Herzberg fiber boyama metodu için geliştirilen fiber türü ve renk ayrımı cetveli

Herzberg Solüsyonu	
Fiber Adı	Renk
Polyester Fiberler	Soluk Sarı
Rayon Fiberler	Koyu Mavimsi
Selüloz Fiberler (Mekanik)	Sarı
Pamuk	Şarap Kırmızı
Selüloz Asetat Fiberler	Sarı
Sentetik Fiberler	Renksiz veya Sarımsı

3.3. Islak Mendil Numunelerine Ait Kopma Gerilmelerinin Tespit Edilmesi

Islak mendil numunelerin kuru veya ıslak (suya doymuş) durumdaki kopma gerilmeleri, konuyla ilgili standart metotların, ıslak mendiller için uyarlanmasıyla birlikte gerçekleştirilmiştir.

Islak mendil numunelerinin kurutulma işlemi, etüvde 40° C'de 24 saat boyunca bekletilerek gerçekleştirilmiştir.

Kuru numunelerinin kopma gerilmeleri ISO-1924-4 Determination of tensile properties – Constant rate of elongation metodu ve ISO 12625-4 Determination of tensile strength, stretch at break, and tensile energy absorption metotlarına göre gerçekleştirilmiştir.

Islak mendil numunelerin suya doymuş duruma gelebilmeleri için, numunelerin 24 saat boyunca de-iyonize su içerisinde bekletilerek suya doymuş hale gelmesi sağlanmıştır.

Islak numunelerin kopma gerilmeleri için ise ISO 3781 – Determination of tensile strength after immersion in water ve ISO 12625-5 Finch Cup Method – Determination of wet tensile strength metotları kullanılarak ölçümler gerçekleştirilmiştir. Bu metotlar

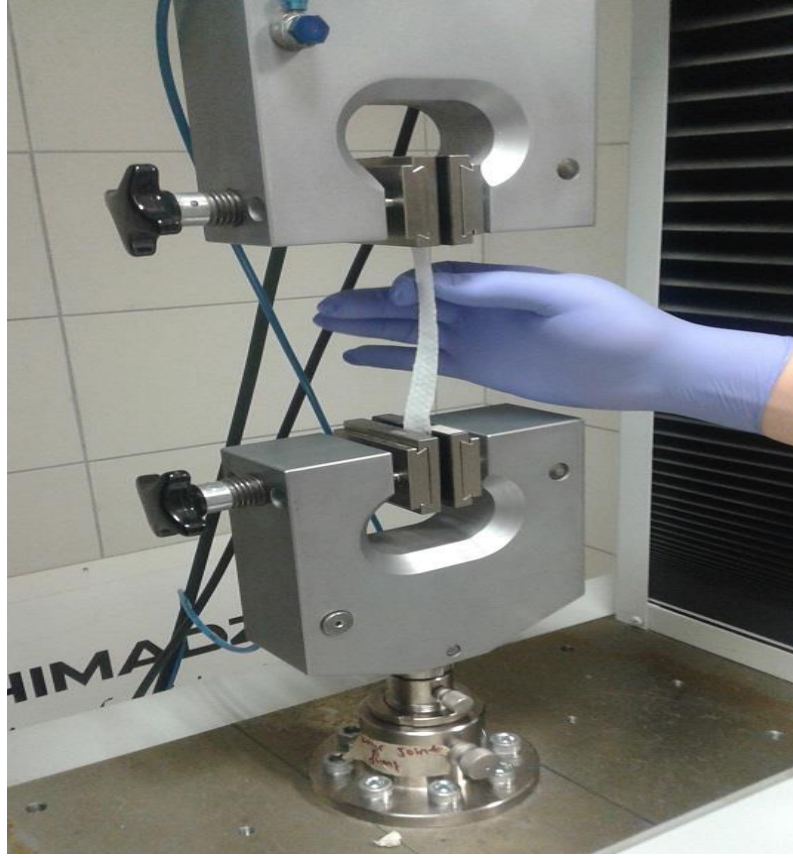
kâğıt ve karton gibi ürünler için geliştirilmiş olup, ıslak mendillerde ölçümler yapabilmek için gerekli uyarlamalar yapılmıştır.

Islak mendil numunelerinin kopma gerilmelerini 0.1 Newton hassasiyetle Shimadzu AG-IC otoğraf cihazı ile ölçülerek gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümler sırasında tuvalet kâğıdı ve ıslak mendil gibi ürünlerin üretimi ve otoğraf cihazının kullanımı üzerine uzman bir öğretim üyesinden teknik destek alınmış ve yapılan ölçümler sırasında danışmanlık alınmıştır.

Tüm ıslak ve kuru numunelerin kopma gerilmelerinin ölçümleri sırasında numune uzunlukları 0,1(m) ve numune genişlikleri ise 0,015(m) olarak belirlenmiş ve ölçümler bu değerlere göre gerçekleştirilmiştir. Ölçümler aşağıda Şekil 3.2.'de gösterilen Shimadzu AG-IC otoğraf cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.2. Islak mendil numunelerinin kopma gerilmelerini 0.1 Newton hassasiyeti ile ölçen Shimadzu AG-IC otoğraf cihazı.



Şekil 3.3. Schimadzu AG-IC otoğraf cihazında bir ıslak mendil numunesiyle gerçekleştirilen ölçüm işlemi

Schimadzu AG-IC otoğraf cihazında gerçekleştirilen ölçüm işlemleri sonucunda numunelere ait güç kayıpları hesaplanmış ve içeriğindeki fiber türleriyle bağlantısı tespit edilmeye çalışılmıştır.

Numuneye ait güç kayıpları aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır. Güç kayıplarının hesabı şu formül yardımıyla yapılmıştır;

Bir numunenin güç kaybı (%)

$$= \frac{\text{Kuru çekim Fmax değeri} - \text{Islak çekim Fmax değeri}}{\text{Kuru numunenin Fmax Değeri}} \times 100 \quad (3.6)$$

BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Islak Mendillerin Fiziksel Karakterizasyonu

Dünyamızda ve ülkemizde tüketimi hızla artan hijyenik temizleme ürünlerinden biri olan ıslak mendiller, farklı içerik ve özellikleriyle birlikte tüketicilere ulaştırılmaktadır. Bu farklılığa rağmen günümüze kadar ıslak mendil ürünlerine dair herhangi bir standardizasyon ve sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmemiştir. Bu nedenle ülkemizin ve dünyanın çeşitli yerlerinden klozete atılabilir ‘flushable’ ve klozete atılamaz ‘non-flushable’ ibareli ıslak mendil numuneleri temin edilerek bu ürünlere ait fiziksel karakterizasyon işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu işlemler neticesinde numunelerin nem miktarı, yaprak kütlesi, yüzey alanı, gramajı, yaprak hacmi, özgül hacmi ve yaprak kalınlığı gibi fiziksel özellikleri belirlenmiş ve elde edilen sonuçlara istinaden gruplandırma işlemi yapılmıştır. Fiziksel karakterizasyonları belirlenmesi sırasında uygulanan metotlar ve yöntemler Bölüm 3’te detaylarıyla birlikte verilmiştir.

Fiziksel karakterizasyon çalışmaları neticesinde elde edilen sonuçlar aşağıdaki tablolarda yer almaktadır. Bu çalışmalarda, 16 adet klozete atılamayan ve 49 adet klozete atılabilir şeklindeki ıslak mendil numunelerinin özellikleri belirlenmiştir. Bu numuneler, Kuzey Amerika, Avrupa, Orta Doğu ve Uzak Doğu’da bulunan ülkelerdeki satış noktalarından elde edilmiştir. Numuneler fonksiyonel olarak, bebek mendili, hasta mendili, yetişkin mendili ve makyaj temizleme mendili şeklinde bir çeşitlilik arz etmiştir. Bununla beraber, numunelerin üreticilerinin farklı farklı olmasına dikkat edilmiştir. Aşağıda sunulan sonuçlar kısmi olup, her bir grubun fiziksel özelliklerini temsil edebilir şekilde sunulmuştur.

Tablo 4.1. Klozete Atılamaz (Non-flushable) ıslak mendil numunelerinin kuru haldeki fiziksel özellikleri

KURU NUMUNELER						
Numune No	Yaprak Ağırlığı (mg/yaprak)	Yüzey Alanı (mm ² / yaprak)	Gramaj (g/m ²)	Yaprak Kalınlığı (µm)	Yaprak Hacmi (mm ³)	Özgül Hacmi (dm ³ /kg)
NF-1	1799	34650	52	448	15523	8,6
NF-2	1535	28120	55	531	14932	9,7
NF-3	1897	32375	59	351	11357	6,0
NF-4	1433	30030	48	336	10102	7,1
NF-5	1381	29120	47	419	12201	8,8

Tablo 4.2. Klozete Atılamaz (Non-flushable) ıslak mendil numunelerinin ıslak haldeki fiziksel özellikleri

ISLAK NUMUNELER						
Numune No	Yaprak Ağırlığı (mg/yaprak)	Yüzey Alanı (mm ² / yaprak)	Gramaj (g/m ²)	Yaprak Kalınlığı (µm)	Yaprak Hacmi (mm ³)	Özgül Hacmi (dm ³ /kg)
NF-1	5970	34068	175	336	11447	1,9
NF-2	6480	30178	215	342	10315	1,6
NF-3	7243	34920	207	321	11202	1,5
NF-4	5090	37114	137	330	12240	2,4
NF-5	5197	31229	166	312	9750	1,9

Tablo 4.3. Kuzey Amerika bölgesinden temin edilen klozete atılabilir (Flushable) ıslak mendil numunelerinin kuru haldeki fiziksel özellikleri

KURU NUMUNELER						
Numune No	Yaprak Ağırlığı (mg/yaprak)	Yüzey Alanı (mm ² / yaprak)	Gramaj (g/m ²)	Yaprak Kalınlığı (µm)	Yaprak Hacmi (mm ³)	Özgül Hacmi (dm ³ /kg)
F-NA-SN-1	1050	17010	62	327	5562	5,3
F-NA-SN-2	1505	23680	64	263	6223	4,1
F-NA-SN-3	1511	18980	80	572	10857	7,2
F-NA-SN-4	1797	22196	81	631	14015	7,8
F-NA-SN-5	1731	22017	79	565	12440	7,2

Tablo 4.4. Kuzey Amerika bölgesinden temin edilen klozete atılamaz (Non-flushable) ıslak mendil numunelerinin kuru haldeki fiziksel özellikleri

ISLAK NUMUNELER						
Numune No	Yaprak Ağırlığı (mg/yaprak)	Yüzey Alanı (mm ² / yaprak)	Gramaj (g/m ²)	Yaprak Kalınlığı (µm)	Yaprak Hacmi (mm ³)	Özgül Hacmi (dm ³ /kg)
F-NA-SN-1	3778	17955	210	320	5742	1,5
F-NA-SN-2	5510	25080	220	327	8206	1,5
F-NA-SN-3	4194	20808	202	311	6471	1,5
						1,5
F-NA-SN-4	4889	23680	206	305	7218	
F-NA-SN-5	5176	23749	218	343	8155	1,6

Tablo 4.5. Avrupa kıtasından temin edilen klozete atılabilir (Flushable) ıslak mendil numunelerinin kuru haldeki fiziksel özellikleri

KURU NUMUNELER						
Numune No	Yaprak Ağırlığı (mg/yaprak)	Yüzey Alanı (mm ² / yaprak)	Gramaj (g/m ²)	Yaprak Kalınlığı (µm)	Yaprak Hacmi (mm ³)	Özgül Hacmi (dm ³ /kg)
F-EU-SN-1	1440	24400	59	273	6661	4,6
F-EU-SN-2	1385	25350	55	311	7894	5,7
F-EU-SN-3	1347	21411	63	310	6633	4,9
F-EU-SN-4	1470	22750	65	287	6534	4,4
F-EU-SN-5	1462	22360	65	307	6873	4,7

Tablo 4.6. Avrupa kıtasından temin edilen klozete atılamaz (Non-flushable) ıslak mendil numunelerinin kuru haldeki fiziksel özellikleri

ISLAK NUMUNELER						
Numune No	Yaprak Ağırlığı (mg/yaprak)	Yüzey Alanı (mm ² / yaprak)	Gramaj (g/m ²)	Yaprak Kalınlığı (µm)	Yaprak Hacmi (mm ³)	Özgül Hacmi (dm ³ /kg)
F-EU-SN-1	4287	25500	168	239	6095	1,4
F-EU-SN-2	4267	26730	160	303	8088	1,9
F-EU-SN-3	5068	22816	222	292	6671	1,3
F-EU-SN-4	4641	23628	196	387	9135	2,0
F-EU-SN-5	4708	23449	201	397	9314	2,0

Tablo 4.7. Uzak Doğu ülkelerinden temin edilen klozete atılabilir (Flushable) ıslak mendil numunelerinin kuru haldeki fiziksel özellikleri

KURU NUMUNELER						
Numune No	Yaprak Ağırlığı (mg/yaprak)	Yüzey Alanı (mm ² / yaprak)	Gramaj (g/m ²)	Yaprak Kalınlığı (µm)	Yaprak Hacmi (mm ³)	Özgül Hacmi (dm ³ /kg)
F-FE-SN-1	1269	28314	45	314,4	8902	7,0
F-FE-SN-2	1451	35148	41	287,2	10095	7,0
F-FE-SN-3	2285	34320	67	541,6	18588	8,1

Tablo 4.8. Uzak Doğu ülkelerinden temin edilen klozete atılamaz (Non-flushable) ıslak mendil numunelerinin kuru haldeki fiziksel özellikleri

ISLAK NUMUNELER						
Numune No	Yaprak Ağırlığı (mg/yaprak)	Yüzey Alanı (mm ² / yaprak)	Gramaj (g/m ²)	Yaprak Kalınlığı (µm)	Yaprak Hacmi (mm ³)	Özgül Hacmi (dm ³ /kg)
F-FE-SN-1	4035	29638	136	292,2	8660	2,1
F-FE-SN-2	4306	35200	122	385,6	13573	3,2
F-FE-SN-3	5981	33775	177	432,4	14604	2,4

Dünyanın çeşitli yerlerinden toplanan, Klozete atılamayan (Non-flushable) ve Klozete atılabilir (Flushable) ıslak mendil numunelerine ait fiziksel özelliklere ait bulgular yukarıdaki tablolarda sunulmuştur. Bu bilgilere bağlı olarak, Klozete Atılamaz (Non-flushable) ve Klozete atılabilir (Flushable) türdeki ıslak mendillerin fiziksel özellikleri aşağıdaki tabloda karşılaştırılmaktadır. Bu tablodaki bilgiler, numunelerin yapraklarının olağan rutubeti (paket içindeki ürünün rutubeti) yaprak ağırlıkları (mg), nem oranları (%), yüzey alanı (mm²), gramajı (gr/m²), yaprak kalınlığı (µm), yaprak hacmi(mm³) ve özgül hacmi(dm³/kg) şeklinde düzenlenmiştir.

Tablo 4.9. Klozete atılamaz (non-flushable) ve klozete atılabilir (flushable) türündeki ıslak mendil numunelerinin olağan rutubet hallerindeki fiziksel özellikleri karşılaştırılması

	Ürün Grubu			
	Klozete atılamaz türden ıslak mendiller		Klozete atılabilir türden ıslak mendiller	
Fiziksel Özellik	Değer Aralığı	Ortalama	Değer aralığı	Ortalama
Yaprak Kütlesi (g)	2,6- 7,2	4,9	2,9- 6,8	4,6
Yüzey Alanı (cm ²)	213- 371	317	180- 446	257
Yaprak Kalınlığı (µm)	213- 376	313	150- 421	315
Yaprak Hacmi (mm ³)	5,8- 13,6	9,8	3,3- 15,7	8,1
Gramaj (g/m ²)	94- 232	163	103- 311	185
Özgül Hacmi (dm ³ /kg)	1,0- 3,0	2,1	0,8- 3,4	1,8
Rutubet (%)	58- 76	69	58- 86	69

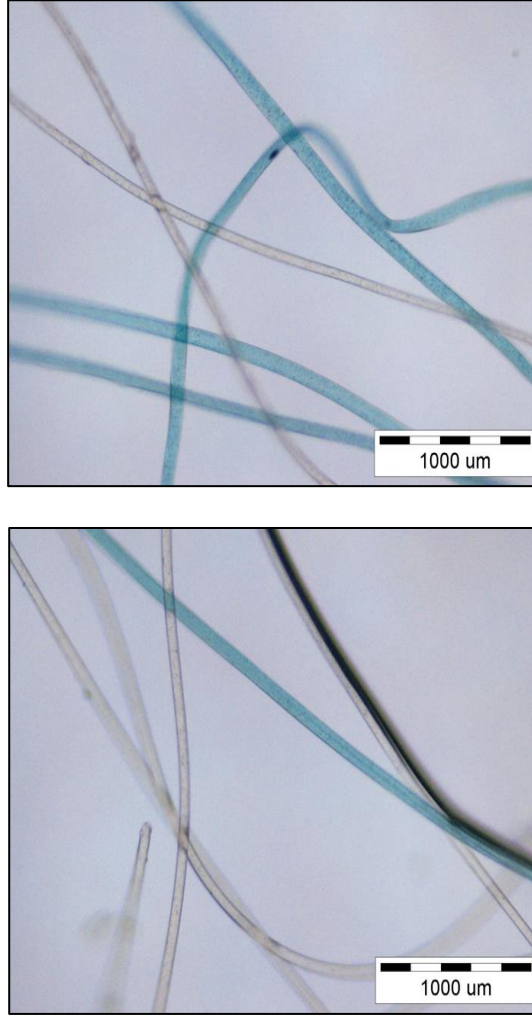
Tablo 4.9.'da yer alan karakteristik parametrelerin aralıkları ve ortalama değerleri incelendiğinde, Klozete atılamayan ve klozete atılabilir ürünlerin fiziksel özelliklerinin birbirine benzediği gözlemlenmiştir. Örneğin, her iki grubun yaprak ağırlıkları, 2,6- 7,2 ve 2,9- 6,8 gr, yaprak kalınlıkları 213 – 376 ve 150 – 421 µm ve yaprak hacimleri 5,8- 13,6 ve 3,3- 15,7 cm³ şeklindedir. Bu değerler, her iki ürün grubunun fiziksel özellikler açısından birbirine benzediğini göstermektedir. Benzer şekilde, diğer fiziksel parametrelere ait özellikler birbirlerine yakın değerlere sahiptirler. Bu durum, bu tezin ilk hipotezi olarak sunulan ve “Klozete atılabilir” veya “klozete atılamaz” ifadeleriyle pazarlanan ıslak mendillerin üretim teknolojilerinin

birbirine benzer olduğu ve bu nedenle, tüm ıslak mendillerin fiziksel özelliklerinin birbirine benzer olacağı varsayımını doğrulamaktadır.

4.2. Islak Mendillerin Fiber Tayini

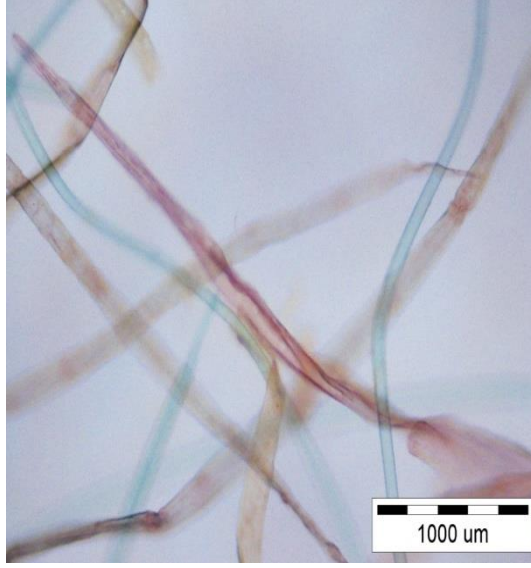
Bu çalışmada, klozete atılamayan (non-flushable) ve klozete atılabilir (flushable) ıslak mendil numunelerinin fiber türlerinin belirlenmesinde Dupont Fiber Boyası (No. 4) ve Herzberg fiber boyama metotları kullanılmıştır. Dupont Fiber boyama ve Herzberg Fiber boyama metotları ile seçilen ıslak mendil numunelerin fiber boyama işlemleri gerçekleştirilmiş ve ışık mikroskobunda incelenmiştir. Numunelerin içerdiği fiber türleri ise Tablo 3.1. ve Tablo 3.2.'de belirtilen renk skalasına göre tespit edilmiştir.

Boyama çalışmalarından elde edilen bulgular, ışık mikroskopu altında çekilen fotoğraflar halinde derlenmiştir. Işık mikroskobunda elde edilen görüntüler aşağıda yer almaktadır. İlk olarak, Dupont fiber boyası ile yapılan boyama işlemlerinin sonuçları ve daha sonra, Herzberg boyama metodu ile yapılan işlemlerin sonuçları aşağıda tablolar halinde sunulmaktadır.



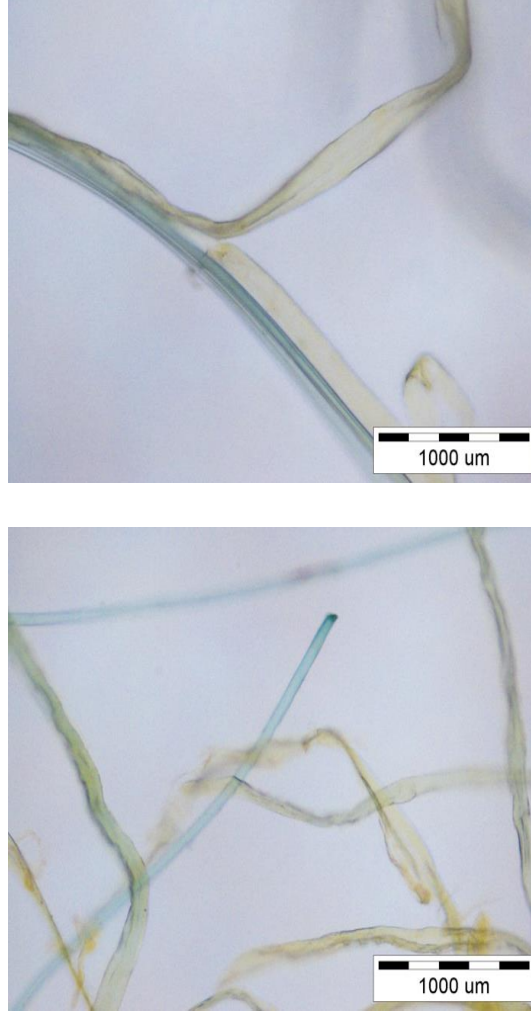
Şekil 4.1. Klozete Atılamaz (Non-flushable) ürünlerin Dupont Fiber boya ile boyanması sonucunda, fiber türlerinin ışık mikroskopunda elde edilen görüntüleri

Şekil 4.1.'de yer alan görüntülerde; açık mavi renkli fiberler rayon ve renksiz fiberler polyester vb. bir plastik fiber türünü işaret etmektedir.



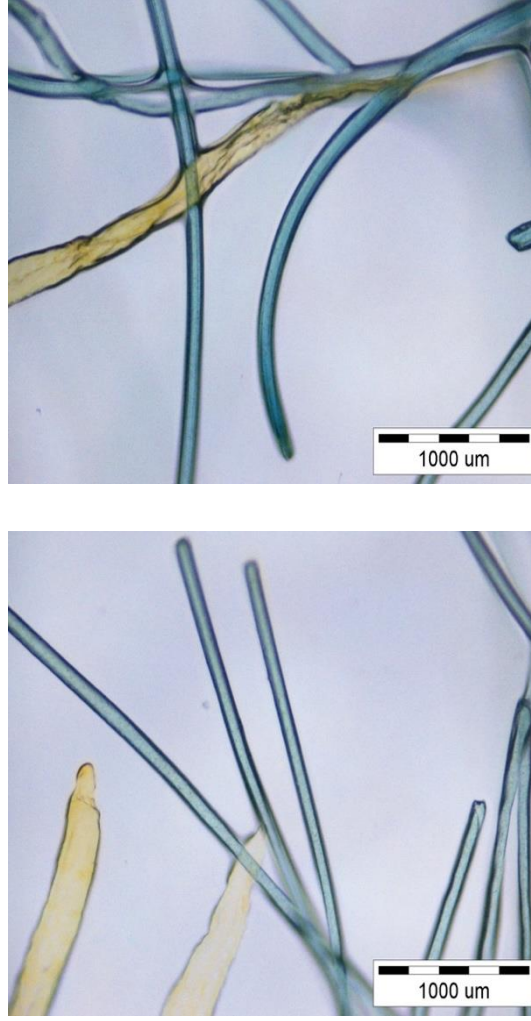
Şekil 4.2. Klozete Atılabilir (Flushable) türden ve Kuzey Amerika'dan elde edilen bir ıslak mendil numunesinin Dupont Fiber boya ile boyanması sonucunda, fiber türlerinin ışık mikroskopunda elde edilen görüntüleri

Şekil 4.2.'de yer alan görüntüde; Açık mavi renkli fiberler rayon ve sarı-kırmızı renkli olanlar ise bitkisel fiberleri işaret etmektedir.



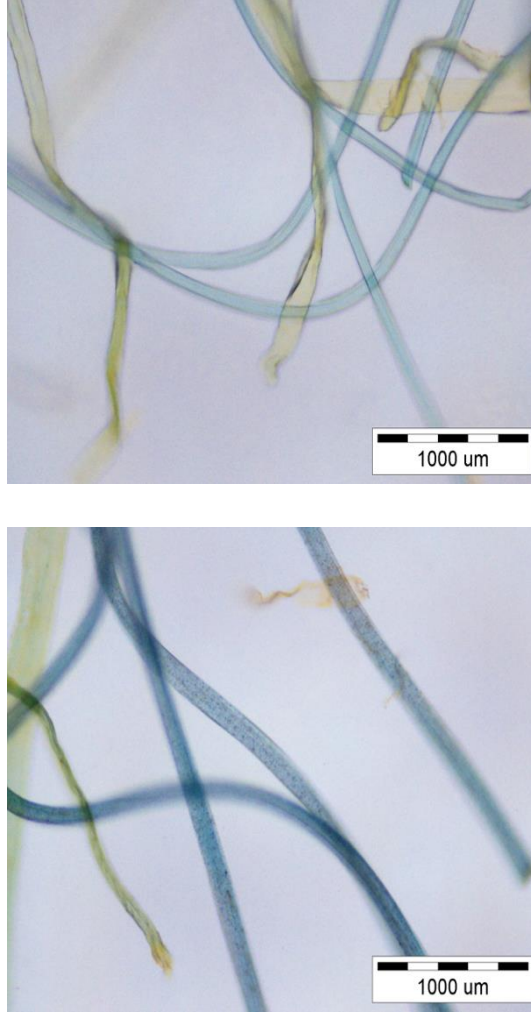
Şekil 4.3. Klozete Atılabilir (Flushable) türden ve Kuzey Amerika'dan elde edilen bir ıslak mendil numunesinin Dupont Fiber boya ile boyanması sonucunda, fiber türlerinin ışık mikroskopunda elde edilen görüntüleri

Şekil 4.3.'te yer alan görüntülerde; açık mavi renkli fiberler rayon, sarı renkli olanlar ise bitkisel fiberlere işaret etmektedir.



Şekil 4.4. Klozete Atılabilir (Flushable) türden ve Avrupa'dan elde edilen bir ıslak mendil numunesinin Dupont Fiber boya ile boyanması sonucunda, fiber türlerinin ışık mikroskopunda elde edilen görüntüleri

Şekil 4.4'te yer alan görüntülerde; açık mavi renkli fiberler rayon ve sarı renkli fiberler ise bitkisel fiberlere işaret etmektedir.



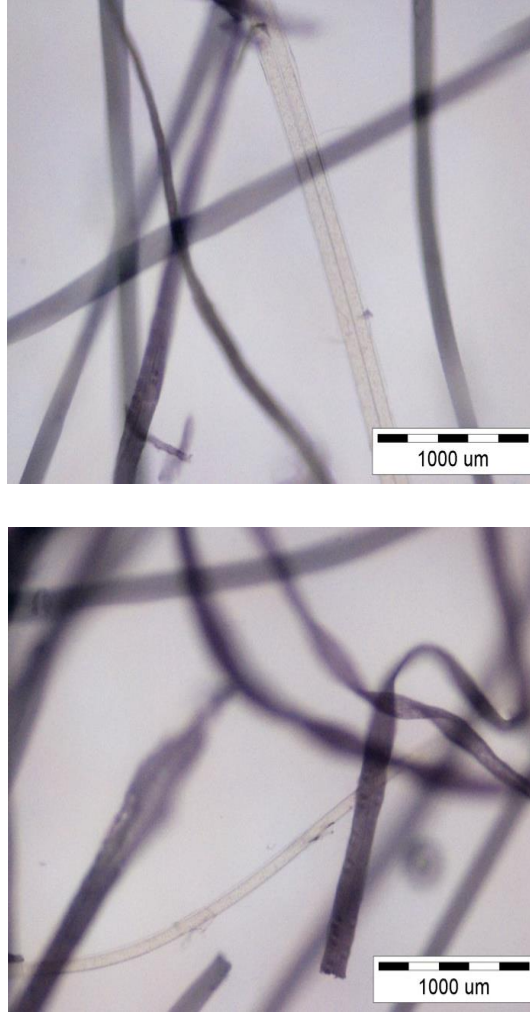
Şekil 4.5. Klozete Atılabilir (Flushable) türden ve Uzak Doğu ülkelerinden elde edilen bir ıslak mendil numunesinin Dupont Fiber boya ile boyanması sonucunda, fiber türlerinin ışık mikroskobunda elde edilen görüntüleri

Şekil 4.5.'te yer alan görüntülerde; açık mavi renkli fiberler rayon ve sarı renkli fiberler ise bitkisel fiberlere işaret etmektedir.



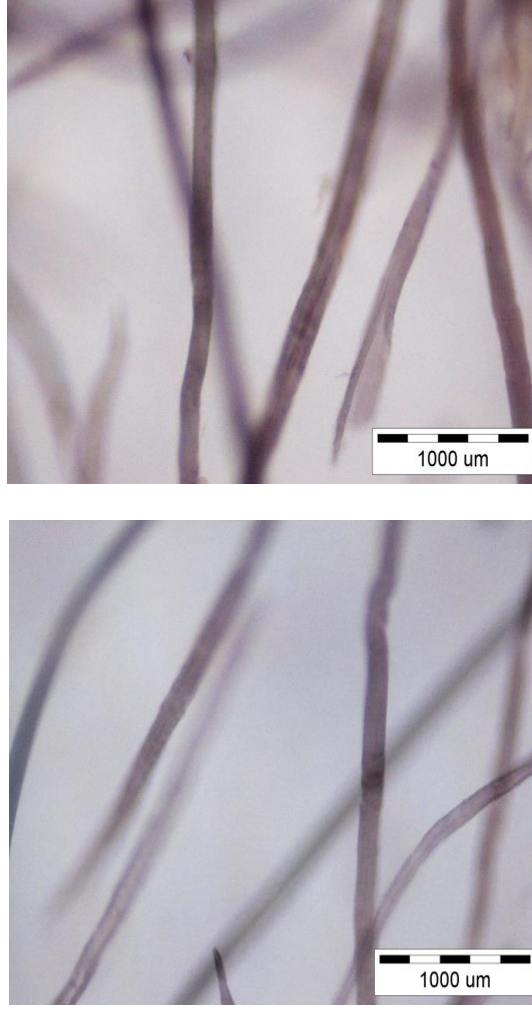
Şekil 4.6. Klozete atılamaz (non-flushable) türden bir ıslak mendil numunesinin Herzberg Fiber boya ile boyanması sonucunda, fiber türlerinin ışık mikroskopunda elde edilen görüntüleri

Şekil 4.6'da yer alan görüntülerde; mor renkli olanlar rayon, renksiz olanlar plastik(polyester) fiberlere işaret etmektedir.



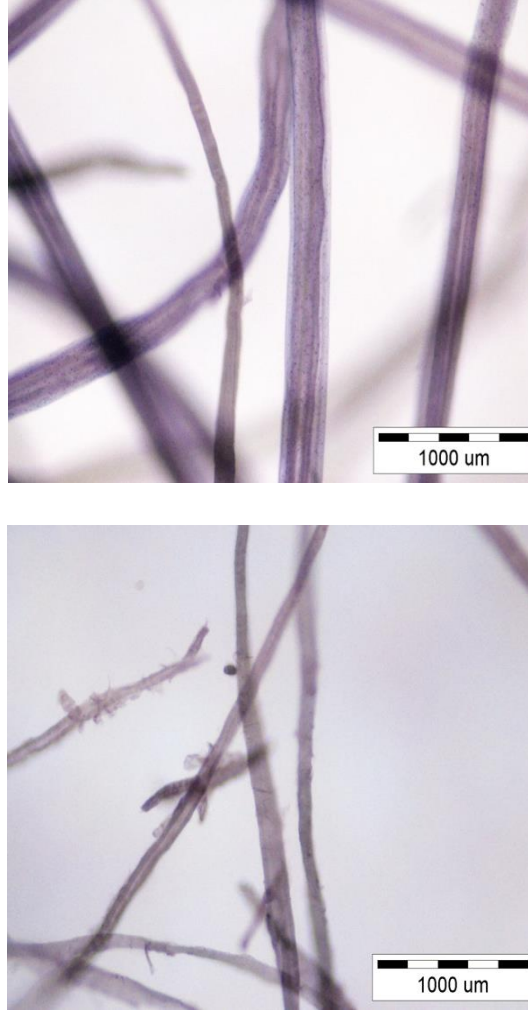
Şekil 4.7. Klozete Atılabilir (Flushable) türden ve Kuzey Amerika ülkelerinden elde edilen bir ıslak mendil numunesinin Herzberg Fiber boya ile boyanması sonucunda, fiber türlerinin ışık mikroskopunda elde edilen görüntüleri

Şekil 4.7.'de yer alan görüntülerde; mor renkli olanlar rayon, renksiz olanlar plastik (polyester) fiberlere işaret etmektedir.



Şekil 4.8. Klozete Atılabilir (Flushable) türden ve Avrupa ülkelerinden elde edilen bir ıslak mendil numunesinin Herzberg Fiber boya ile boyanması sonucunda, fiber türlerinin ışık mikroskopunda elde edilen görüntüleri

Şekil 4.8.'de yer alan görüntülerde; mor renkli olanlar rayon, renksiz olanlar plastik(polyester) fiberlere işaret etmektedir.



Şekil 4.9. Klozete Atılabilir (Flushable) türden ve Uzak Doğu ülkelerinden elde edilen bir ıslak mendil numunesinin Herzberg Fiber boya ile boyanması sonucunda, fiber türlerinin ışık mikroskobunda elde edilen görüntüleri

Şekil 4.9.'da yer alan görüntülerde; mor renkli olanlar rayon, renksiz olanlar plastik(polyester) fiberlere işaret etmektedir.

Şekil 4.1. ve Şekil 4.9.'da dahil olmak üzere fiber boyama gerçekleştirilen ve ışık mikroskopunda incelenen numunelerinin değerlendirilmesi sonucunda elde edilen bulgular şu yöndedir.

- “Klozete atılamaz” türdeki ıslak mendillerde, polyester ve rayon türü fiberler sıklıkla gözlemlenmiştir. Bu tür ürünlerde bitkisel fiberlere rastlanmamıştır.
- “Klozete atılabilir” türdeki ıslak mendillerin çoğunluğu, rayon ve bitkisel fiberlerin karışımı olarak tespit edilmiş ve bu gruptaki birkaç numunede polyester fiberlere rastlanmıştır.

Bu bilgilerin ışığı altında, “klozete atılabilir” veya “klozete atılamaz” ifadesiyle pazarlanan ıslak mendillerin yapısal kompozisyonları birbirlerine benzerdir varsayımı kısmen doğrulanmıştır. Her iki ıslak mendil grubunun imalatında ortak fiber türü olarak rayon fiberlerinin kullanıldığı tespit edilmiştir. “Klozete atılamaz” türdeki ıslak mendillerin imalatında, polyester veya polietilen gibi plastik fiberlerin, ikinci fiber türü olarak kullanıldığı anlaşılmıştır. “Klozete atılabilir” türdeki ürünlerin imalatında rayonun yanı sıra, çoğunlukla bitkisel fiberlerin kullanıldığı belirlenmiş ve bu gruptaki birkaç adet numunede polyester fiberlere rastlanmıştır.

Ürün gruplarının fiber karışımlarına bağlı olarak, kopma gerilmeleri tespit edilmiş ve elde edilen bulgular bir sonra ki bölümde sunulmaktadır.

4.3. Islak Mendillerin Kopma Gerilmelerinin Tespit Edilmesi

Islak mendil numunelerinin; kuru haldeki ve ıslak haldeki kopmaları için harcanan kuvvet (F_{max}) değerleri ve numunelerin kopma anına kadar yaptığı uzamalar Schimadzu otoğraf cihazı kullanılarak tespit edilmiştir.

Islak mendil numunelerine ait kopma kuvvetleri; kuru haldeki ve ıslak haldeki numuneler için ve bir numunenin ıslak durumdaki güç kayıpları (3.6)' da yer alan formüle göre hesaplanmış ve aşağıdaki tablolarda sunulmuştur.

Bu bilgilerin ışığı altında, ilk olarak tuvalet kağıtlarıyla yapılan testlerden elde edilen bulgular aşağıdaki tabloda sunulmuş ve bir referans noktası oluşturulmuştur. Örneğin, tuvalet kağıtlarının kuru haldeki kopma kuvveti ile ıslak haldeki kopma kuvveti arasındaki güç kaybı %90 oranındadır. Benzer şekilde, “klozete atılabilir” türdeki ıslak mendillere ait bulgular daha sonraki tablolarda verilmektedir. Son olarak, “klozete atılamayan” türdeki ıslak mendillere ait bulgular sunulmaktadır. Bu bilgilerin ışığı altında, “klozete atılabilir” olarak pazarlanan ürün gruplarının ciddi oranda güç kayıpları göstermesi beklenir ve bu durum, aşağıdaki tablolarda sunulan verilere göre detaylı olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 4.10. Dünyanın çeşitli ülkelerinden temin edilen tuvalet kâğıdı numunelerinin kuru ve ıslak haldeki kopma kuvvetleri (Fmax değerleri) ve güç kayıpları

Numune No.	Kuru Çekim Fmax Değeri (N)	Islak Çekim Fmax Değeri (N)	Güç Kaybı (*) (%)
1	5,4	0,28	94,8
2	4,5	0,5	88,9
3	2,8	0,28	90,0
4	2,2	0,38	82,7
5	1,6	0,025	98,4
Ortalama	3,92	0,293	90,96

Tablo 4.11. Dünyanın çeşitli ülkelerinden temin edilen non-flushable (klozete atılamaz) ıslak mendil numunelerinin ıslak ve kuru haldeki kopma kuvvetleri (Fmax değerleri) ve güç kayıpları

Numune No	Kuru Çekim Fmax değeri (N)	Islak Çekim Fmax değeri (N)	Güç Kaybı (*) (%)
NF-SN-1	27	28	-3,7
NF-SN-2	4	3	25
NF-SN-3	28	26,8	4,2
NF-SN-4	12	19,3	-61
NF-SN-5	7	2,1	70
Ortalama	15,6	15,84	6,9

Tablo 4.12. Kuzey Amerika bölgesinden temin edilen “klozete atılabilir” türdeki ıslak mendil numunelerinin kuru ve ıslak haldeki kopma kuvvetleri (Fmax değerleri) ve güç kayıpları

Numune No	Kuru Çekim Fmax değeri (N)	Islak Çekim Fmax değeri (N)	Güç Kaybı (*) (%)
F-NA-SN-1	5,5	3,5	36,4
F-NA-SN-2	5,4	3,4	37,0
F-NA-SN-3	6,2	1,5	75,8
F-NA-SN-4	6,1	1,4	77,0
F-NA-SN-5	6	1,5	75,0
Ortalama	5,84	2,26	60,24

Tablo 4.13. Avrupa bölgesinden temin edilen “klozete atılabilir” türdeki ıslak mendil numunelerinin kuru ve ıslak haldeki kopma kuvvetleri (Fmax değerleri) ve güç kayıpları

Numune No	Kuru Çekim Fmax değeri (N)	Islak Çekim Fmax değeri (N)	Güç Kaybı (*) (%)
EU-SN-1	6	2	66,7
EU-SN-2	5,8	2	65,5
EU-SN-3	4,2	2,4	42,9
EU-SN-4	8,1	3,3	59,3
EU-SN-5	8	3,1	61,3
Ortalama	6,42	2,56	59,14

Tablo 4.10.'da sunulan bilgilere göre, tuvalet kağıtları ıslak haldeyken güçlerini %90 oranında kaybetmektedirler. Buna karşılık, Tablo 4.12.'de sunulan değerlere göre, Kuzey Amerika bölgesinden temin edilen “klozete atılabilir” türdeki ıslak mendil numunelerinin, ıslak haldeyken güç kayıpları ortalama %60 oranındadır. Benzer şekilde, Avrupa'dan elde edilen “klozete atılabilir” türdeki ıslak mendillerin güç kayıpları %59 oranındadır. Son olarak, Tablo 4.11.'de gösterildiği üzere, “klozete atılamaz” grubundaki ıslak mendillerin ıslak haldeki güç kayıpları ortalama %6,9 olarak tespit edilmiştir. Bu bulgulara bağlı olarak elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlenebilir;

- “Klozete atılabilir” şekilde pazarlanan ıslak mendillerin, tuvalet kağıtlarına göre çok daha kuvvetli oldukları anlaşılmaktadır.
- “Klozete atılabilir” türdeki ürünlerin yapılarında bulunan rayon fiberleri nedeniyle, bu ürünlerin ıslak haldeki kopma kuvvetleri yüksek olmaktadır. Bu nedenle, bir ürünün kompozisyonunda bulunan rayon fiber miktarı, o ürünün kopma gerilmesini doğrudan etkilemektedir.
- “Klozete atılamaz” şeklindeki ürünlerin ıslak haldeyken gösterdikleri güç kayıpları ortalama %6,9 olup, bu değer tuvalet kağıtlarının ve “klozete atılabilir” türdeki ürünlerin gösterdiği güç kayıplarına göre oldukça yüksektir. Bu durum, “klozete atılamaz” türdeki ıslak mendillerin kompozisyonunda bulunan polyester ve rayon gibi güçlü fiberlerden kaynaklanmaktadır.

BÖLÜM 5. SONUÇ

Bu tez çalışmasının ilk aşamasında; ülkemizde ve dünyada kullanılan klozete atılabilir(flushable) ve klozete atılamaz (non-flushable) ıslak mendillerin fiziksel karakterizasyonları gerçekleştirilmiştir. Bu çerçevede; ülkemizin ve dünyanın farklı bölgelerinden temin edilen ıslak mendil ve tuvalet kâğıdı numunelerinin yüzeysel yoğunluk, spesifik hacim, kalınlık, yaprak hacmi, yaprak ağırlığı belirlenmiştir.

Fiziksel özellikler bakımından, her iki ıslak mendil tipinin, tuvalet kağıtlarına göre, daha ağır (yaprak ağırlığı), daha büyük (yüzey alanı ve hacmi), daha kalın (kalınlıklar) ve daha yoğun (spesifik hacim ve yaprak hacmi) olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, “klozete atılabilir” ve “klozete atılamaz” türündeki ıslak mendiller arasında net bir fark olmadığını ve her iki mendil grubunun fiziksel özellikler bakımından benzer özelliklere sahip olduklarını göstermiştir. Bu nedenle, kanalizasyon sistemlerine karışan ıslak mendillerin büyük boyutları ve ağır kütleleri, yoğunlukları, gözenekli ve güçlü yapıları, bu ürünlerin parçalanmasını yavaşlatacak veya engel olacaktır.

Tezin ikinci aşamasında, ıslak mendil numunelerine fiber boyama testleri uygulanarak ürünlerin kompozisyonundaki fiber türleri tespit edilmiştir. Buna göre, klozete atılamaz türdeki ürünler rayon ve polyester gibi sentetik ve modifiye liflerden oluşmaktadır. “Klozete atılabilir” türdeki ürünler ise, bitki bazlı fiberler ile, rayon ve polyester gibi sentetik fiberlerin karışımından oluşmaktadır. Islak mendillerin klozete atılabilir olarak üretilip, kullanılabilmesi için yalnızca bitki bazlı liflerden oluşması gerektiği anlaşılmıştır. Bu doğrultuda, sadece bitki bazlı liflerden yapılan subsratlarla ıslak mendillerin üretilmesi gerekmektedir. Bitki bazlı subsratlarla ıslak mendil üretilebilmesi için fiber bağlama teknolojilerinin (örneğin, iğne delme ve

hidroenjantizasyon) geliştirilmesi gerekir. Islak mendillerin klozete atılabilmesi için rayon ve polyester gibi güçlü sentetik lifler, elyaf ağlarından çıkarılmalıdır.

Tezin üçüncü aşamasında, numunelerin ıslak ve kuru kopma kuvvetlerine ait değerler tüm klozete atılabilir ve klozete atılamayan ıslak mendiller ve tuvalet kağıtları için tespit edilmiştir. Bu bulgular, ıslak mendillerin, tuvalet kağıtlarına göre çok daha güçlü olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde, ıslak mendillerin ıslak mukavemetlerinin yüksek olduğu ve bu mukavemetin uzun süre devam ettiği belirlenmiştir.

Bu tezde elde edilen bulgulara istinaden, bugünlerde piyasalarda klozete atılabilir olarak satılan mendillerin, atık su toplama ve arıtma işlemleri sırasında büyük sorunlara neden oldukları için “klozete atılabilir” olarak kabul edilemeyeceğini göstermektedir. Kanalizasyon sistemlerinin sürdürülebilir çalışmasını sağlamak ve kamu kurumlarının yatırımlarını korumak için, “klozete atılabilecek” atıklara ait sistematik tanımların yapılması ve konuyla ilgili yönetmeliklerin geliştirilmesi ve uygulanması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Vernback, M.A. 1995. "Capturing and releasing settleable solids: The significance of dense undercurrents in combined sewer flows", *Water Science and Technology*, 31(7), 85-93.
- [2] Brown, D. M., Butler, D., Orman, N. R., Davies, J. W., 1996. "Gross solids transport in small diameter sewers", *Water Science and Technology*, 33(9), 25-30.
- [3] Vollertsen, J., Almedia, M. D. C., Hvitvat-jacobsen, T. 1999. "Effects of temperature and dissolved oxygen on hydrolysis of sewer solids", *Water Research*, 33(14), 3119-3126.
- [4] Vollertsen, J., Almedia, M. D. C., Hvitvat-jacobsen, T. 1999. "Effects of temperature and dissolved oxygen on hydrolysis of sewer solids", *Water Research*, 33(14), 3119-3126.
- [5] Littlewood, K., Butler, D, 2003. "Movement mechanisms of gross solids in intermittent flow", *Water Science and Technology*, 47(4), 45-50.
- [6] Butler, D., Littlewood, K., Orman, N., 2005. "Forces on sanitary solids in small sewers", *Water Science Technology*, 52(3), 85-92.
- [7] Water Environment Research Foundation, 2003. *Protocols to assess the break down of flushable consumer products*. Londra: IWA yayınları.
- [8] International Water Services Flushability Group (IWSFG). "Flushability Standarts", www.iwsfg.org/iwsfg-flushability-guidelines/ Son erişim tarihi: 25.07.2017
- [9] Ashley, R. M., Bertrand-Krajewski, J. -L. Hvitved-Jacobsen, T., Verbanck, M., 2004. *Solids in sewers: Characteristics, effects and control of sewer solids and associated pollutants*. Scientific and Technical Report No.14. Londra: IWA Yayınları.
- [10] Guisasola, A., Haas, D., Keller, J., Yuan, Z., 2008. "Methane formation in sewer systems", *Water Research*, 42(7), 1421-1430.

- [11] Keener, K. M., Ducoste, J. J., Holt, L. M., 2008. "Properties influencing fat, oil, and grease deposit formation", *Water Environment Research*, 80 (12), 2241-2246.
- [12] He, X., Iasmin, M., Dean, L. O., Lappi, S. E., Ducoste, J. J., De Los Reyes, F. L., 2011. "Evidence for fat, oil, and grease (FOG) deposit formation mechanisms in sewer lines", *Environmental Science and Technology*, 45(10), 4385-4391.
- [13] He, X., De Los Reyes, F. L., Leming, M., Dean, L. O., Lappi, S. E., Ducoste, J. J., 2013. Mechanisms of fat, oil, and grease (FOG) deposit formation in sewer lines", *Water Research*, 47, 4451-4459.
- [14] Williams, J.B., Clarkson, C., Mant, C., Drinkwater, A., May, E. 2012." Fat, oil and grease deposits in sewers: Characterization of deposits and formation mechanisms" *Water Research*, 46, 6319 - 6328
- [15] Walski, T., Edwards, B., Helfer, E., Whitman, B.E., 2009. "Transport of large solids in sewer pipes" *Water Environment Research*, 81 (7), 709-714.
- [16] Karadagli, F., McAvoy, D. C., Rittmann, B. E., 2009. "Development of a Mathematical Model for Physical Disintegration of Flushable Consumer Products in Wastewater Systems." *Water Environment Research* 81(5), 459-465.
- [17] Karadagli, F., Rittmann, B. E., McAvoy, D. C., Richardson, J.E., 2012. "Effect of turbulence on disintegration rate of flushable consumer products", *Water Environment Research*, 84(5), 424-433.
- [18] Eren, B., Karadagli, F., 2012. "Physical Disintegration of Toilet Papers in Wastewater Systems: Experimental Analysis and Mathematical Modeling", *Environmental Science and Technology*, 46(5), 2870-2876.
- [19] Kim, M.J., Hergeth, H.H., 2012. "Technology roadmap for flushable nonwoven wipes", *Journal of the Textile Institute*, 103(2), 200-209.
- [20] Sharma, K., Ganique, R., Yuan, Z., "pH dynamics in sewers and its modeling", *Water Research*, 47, 6086 – 6096.
- [21] Tang, Y., Jin, W.Y., 2013. "Study on flushability testing of wood pulp composite spunlaced nonwovens", *Advanced Materials Research*, cilt: 610-613, 490-493

- [22] Jiang, G., Sun, j., Sharma, K.R., Yuan, Z. 2015. Corrosion and odor management in sewer systems. *Current Opinion in Biotechnology*, 33, 192-197.
- [23] Pandey, S. K., Kim, K., Kwon, E. E., Kim Y-H. 2016. Hazardous and odorous pollutants released from sewer manholes and stormwater catch basins in urban areas. *Environmental Research*, 146, 235-244.
- [24] Shahsavari, G., Arnaud-Fassetta, G., Campisano, A. 2017. A field experiment to evaluate the cleaning performance of sewer flushing on non-uniform sediment deposits” *Water Research*, 118, 59-69.
- [25] Gupta, M., Ho, D., Santoro, D., Torfs, E., Doucet, J., Vanrolleghem, P. A., and Nakhla, G. (2018). “Experimental assessment and validation of quantification methods for cellulose content in municipal wastewater and sludge,” *Environ. Sci. Pollut. R.* 25(17), 16743-16753. DOI: 10.1007/s11356-018-1807-7
- [26] de Assis, T., Reisinger, L.W., Pal, L., Pawlak, J., Jameel, H., and Gonzalez, R. W. (2018). “Understanding the effect machine technology and cellulosic fibers on tissue properties-A review,” *Bioresources* 13(2), 4593-4629.
- [27] Tutuş, A., Çiçekler, M., and Çali, A. (2016). “Tissue papers in Turkey and some physical and optical properties,” *Journal of Natural and Applied Sciences* 20(1), 98-102. DOI: 10.19113/sdufbed.98003
- [28] Eren, B. 2012. Tuvalet Kağıtlarının Atıksu Sistemlerinde Fiziksel Parçalanmasının Araştırılması Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Bölümü, Doktora Tezi, 13-15.

ÖZGEÇMİŞ

Serkan Durukan, 20.08.1995'te Kayseri'de doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Adana'da tamamladı. 2013 yılında Bursa Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. 2013 yılında başladığı Çukurova Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nü 2017 yılında bitirdi. 2017 yılında Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans eğitimine başladı. 2017-2018 yılları arasında İza Çevre Mühendisliğin'de Çevre Mühendisi olarak çalıştı. 2018-2019 yılları arasında 118Y240 kodlu TÜBİTAK projesinde bursiyer olarak çalıştı.