

T. C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ATIKSU TOPLAMA SİSTEMLERİNDEKİ İŞLETME
PROBLEMLERİNİN TANIMLANMASI VE ÇÖZÜM
ÖNERİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tubanur TÜRK

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Fatih KARADAĞLI

Haziran 2021

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.

Tubanur TÜRK

22/04/2021

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Prof. Dr. Fatih KARADAĞLI 'ya teşekkürlerimi sunarım.

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca yardım, bilgi ve tecrübeleri ile maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen ailem başta annem Vildan SURGUN, babam Kerim SURGUN ve çalışmalarına olan ilgisi ve merakıyla kardeşim Mustafa SURGUN. Ve kıymetli ablam Betül SURGUN'a destekleri için teşekkür ederim.

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

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
TABLOLAR LİSTESİ.....	vii
ÖZET.....	viii
SUMMARY	ix
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	
KAYNAK ARAŞTIRMASI	5
BÖLÜM 3.	
MATERYAL VE YÖNTEM.....	9
3.1. Yöntem	9
3.2. Atıksu Hatlarında Temizlik ve Görüntüleme Sistemleri	9
3.3. Kanalizasyon Hatlarının Manuel Temizlenmesi	11
3.4. Özel Temizlik Aracı (Kombine Araç).....	11
BÖLÜM 4.	
BULGULAR - ATIKSU TOPLAMA SİSTEMLERİNDEKİ İŞLETME PROBLEMLERİ.....	14
4.1. Tıkanmaların Ana Sebepleri.....	14
4.2. Ana Kanal Tıkanıklığı	16

4.3. Bağlantı – Parsel Bacası Tıkanıklığı.....	17
4.4. Sokak Izgaralarının Dolması	18
4.5. Yağmur Suyu Kanallarının Kısmi Dolması.....	19
4.6. İmalat Hataları	20
BÖLÜM 5.	
TARTIŞMA VE SONUÇ	22
KAYNAKLAR	29
ÖZGEÇMİŞ	31

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

BOİ	: Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
Ca	: Kalsiyum
CaCO ₃	: Kalsiyum Karbonat (Alkalinite)
CH ₄	: Metan
CO ₂	: Karbondioksit
H ₂ S	: Hidrojen Sülfür
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
Mg	: Magnezyum
NH ₄	: 2,4,6-Tripiridil-s-triazin

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Kanalizasyon tıkanmalarının giderilmesi sırasında belirlenen ve tıkanmalar sebep olan maddelere örnekler. (a) Kızartma yağlarının atıksudaki diğer maddelerle birleşerek oluşturduğu çok sert çökelekler, (b) Yağlarla oluşan çökeleklerin yakından çekilmiş fotoğrafı, (c) Sıradan bir kanal açma çalışması sırasında ortaya çıkan karışık atıklar: Tuvalet kağıdı, ıslak mendil vb. atıkların birleşmesiyle oluşmuş bir yığın, (d) Bir kanal açma çalışması sırasında ortaya çıkarılan atıklar: Tuvalet kağıdı, ıslak mendil, ambalaj atıkları, ve sokak süprüntülerinin birleşmesiyle oluşmuş bir yığın, (e) Bebek battaniyesi, (f) Kabuklu kuruyemiş (findık), meyve, sebze, ve plastik parçalar gibi atıkların birleşmesiyle meydana gelmiş bir tıkanma olayı.	4
Şekil 3.1 Kanal izleme ve görüntüleme robotları (CCTV)	10
Şekil 3.2 Frezee Görüntüleme Robotu	10
Şekil 3.3. Kanalizasyon sistemlerinde meydana gelen tıkanmalarda, manuel temizlik işlemleri gerektiren olayların örnekleri.	11
Şekil 3.4. Kanalizasyon sistemlerinde meydana gelen tıkanma problemlerinin teşhis ve çözümü için kullanılan ekipmanların örnekleri.	13
Şekil 4.1. Kanalizasyon sistemlerindeki ana kanal ve baca tıkanıklıklarına örnek	16
Şekil 4.2. Kanalizasyon sistemlerindeki ana kanal ve baca tıkanıklıklarına örnek	17
Şekil 4.3. Bina bağlantı bacalarına, ve bu bacalarda meydana gelen tıkanma olaylarının sebeplerine örnekler. (a) Persel bacası, (b) Evlerden gelen atık yağların meydana getirdiği katı oluşumlar, (c) Yağların meydana getirdiği katı oluşumlar, (d) Bebek malzemelerinin hatalı şekilde bağlantı noktasında toplanması.	18

Şekil 4.4. Sokaklarda bulunan yağmur suyu ızgaralarında meydana gelen tıkanma problemlerine örnekler.....	19
Şekil 4.5. Binaların etrafını çevreleyen yağmur suyu kanallarında meydana gelen tıkanmaların sebeplerine örnekler.....	20
Şekil 4.6. Binaların pis su giderlerine yeteri kadar eğim verilmemesi durumunda meydana gelen tıkanma problemlerine örnekler.	21
Şekil 5.1. Prototip-1: Bina bağlantılarının baca içerisine girdiği noktada uygulanabilecek katı kaparı.	23
Şekil 5.2. Yağmur suyu kanallarında birikim yapan kum vb. maddelerin toplanması için geliştirilen kum tutucu prototipi.....	25
Şekil 5.3. Geliştirilen kum tutucunun (protip-2) parçaları ve çalışma esasları.....	26
Şekil 5.4. Prototip-2'nin kullanım uygulamalarına bir örnek teşkil eden görsel. .	26
Şekil 5.5. Prototip-2'nin araç yıkama tesislerinde kullanılmasıyla ilgili ikinci örnek görsel.	27
Şekil 5.6. Yağmur suyu giderlerinde tıkanmaları önleyici katı torbası uygulaması.....	28

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1. Evsel Atık Suların Kimyasal ve Biyolojik Özellikleri.....	2
Tablo 1.2. Sanayi Atık Sularının Genel Özellikleri	3
Tablo 4.1.Pissu ve kanalizasyon sistemlerinde meydana gelen tıkanmalara sebeplere olan kusurlu bağlantı ve inşaat problemlerine ait örnekler.	14
Tablo 4.2. Tıkanma olaylarında kullanıcı hatalarına bağlı sebepler.....	15

ÖZET

Anahtar kelimeler: atıksu toplama, kanalizasyon sistemleri, tıkanmalar, fiziksel parçalanma,

Kanalizasyon sistemlerine bırakılan ıslak mendil ve tuvalet kağıdı gibi hijyenik atıklar atıksu toplama sistemlerindeki yağ vb. hidrofobik maddelerle, veya kum gibi inorganik maddelerle birleşerek taşınımı ve parçalanması zorlaşan yumaklar haline gelmektedir. Yumak haline gelmiş atıkların kütle, özgül ağırlık ve hacim gibi fiziksel özellikleri artarak, kanalizasyon sistemlerinin eğimi veya debisi düşük olan kısımlarında birikim yapmaktadırlar. Bu yumaklar zamanla kanalizasyon sisteminde tıkanmalara neden olmaktadır. Ev işyerlerinde meydana gelen tıkanmalar maddi kayıpları, ve mikrobiyolojik tehditleri beraberinde getirmektedir. Belediyeler ve halkımız tıkanmaların giderimi için önemli miktarlarda masraflar yapmaktadırlar.

Bu kapsamda, bu tez çalışmasında kanalizasyon sistemlerinde meydana gelen tıkanmaların sebepleri araştırılmıştır. Binaların pisse hatları ve bağlantı kutularında, yağmur suyu toplama kanallarında, ana borularda ve sokaklardaki bacalarda meydana gelen tıkanmalarla ilgili saha çalışmaları yürütülmüş, tıkanmaların sebepleri iki ana grupta toplanmıştır. Birinci gruptaki sebepler insan hataları (örneğin, bebek bezlerinin atılması) olarak, ve ikinci gruptaki sebepler ise, inşaat hataları (örneğin, düşük eğim vb.) ve kullanım sırasında meydana gelen deformasyonlar (örneğin ağaç kökleri veya trafik yükü gibi) olarak tanımlanmıştır. Bu problemlerin çözümü için, birbirinden farklı ürünler tasarlanmış ve üretilmiştir. Sakarya Su ve Kanalizasyon İdaresi'nin (SASKİ) ilgili müdürlükleriyle yapılan toplantılarda, geliştirilen prototipler hakkında fikir alış-verişleri ve tartışmalar yapılmış ve ilgili önerilere göre her bir ürün modifiye edilmiştir.

OPERATIONAL PROBLEMS OF WASTEWATER COLLECTION SYSTEMS AND PROPOSED SOLUTIONS

SUMMARY

Keywords: wastewater collection, sewer systems, pipe clogs, physical disintegration,

Hygienic products such as toilet papers and moist wipes that are disposed of into wastewater collection systems blend with other wastes such as fat, oil, and sand, and subsequently, accumulate in sewer pipes. Physical characteristics of such waste mixtures (e.g., mass, volume, density) increase due to blending to hinder their movement in critical parts of sewer systems such as pipes with low-slope, and elbows, where they accumulate and cause blockages. As a result of sewer overflows, residents face property damage, financial costs, and public health threats, while municipalities spend considerable amount of public funds to rectify sewer problems.

In this context, this study investigated the main causes of sewer blockages that occur in plumbing systems of buildings and households, as well as, in main sewers (e.g., street pipes and manholes). The study is carried out by conducting field investigations to analyze critical causes of blockages in the metropolitan cities of Sakarya, and Kocaeli, Turkey. The findings are categorized as human errors, construction problems, and in-use issues. Typical example of human errors include inappropriate disposal of solid wastes (e.g. baby diapers) into sewer systems. Construction problems can be typified as insufficient pipe slopes or diameters, while in-use issues include deformation of sewer pipes due to reasons such as tree-root penetration, and heavy traffic load. As potential solutions, two independent prototypes were designed and manufactured to remove solids from wastewater flow. The first product can be installed in household-plumbing systems to capture non-flushable hygienic products that are improperly disposed of into the system. The second product is a small scale grit chamber that can be placed in rain-water collection channels, where the grit chamber separates sand and clay from rain-water before reaching sewer system. Each product was designed and improved in light of discussions with managers and engineers of Sakarya Water and Wastewater Authority.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Küreselleşme ve nüfus artışı ile birlikte toplumun yiyecek, su ve barınma gibi temel ihtiyaçları da beraberinde artmaktadır. Bu artışa paralel olarak, evsel ve endüstriyel kaynaklı sıvı ve katı atık miktarları da artmaktadır. Atık sular belirli arıtım işlemlerinde geçirilmekte; ancak, katı atıklar genellikle düzenli ve/veya düzensiz depolama sahalarına bırakılarak bertaraf edilmektedir. Bu gelişmeler insanlığa hizmet eden tüm kaynakların verimli tüketimini elzem kılmaktadır. Kaynak tüketiminin kontrolünün sağlanmasında önemli bir nokta, minimal atık ve atık oluşturulmasıdır.

Atık ve artıkların kontrolsüz deşarj edilmesi sebebiyle birçok çevresel ve halk sağlığı problemi ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, hem çevresel problemleri ve hem de halk sağlığını tehdit edebilecek mikrobiyal unsurların kontrol altına alınması gerekmektedir. Bu doğrultuda, atıksuların kontrollü şekilde toplanması ve arıtımları büyük önem arz etmektedir.

Atıksu toplama sistemleri iki ana grup altında toplanmaktadır. Bunlar birleşik ve ayırık sistemler olarak tanımlanır. Birleşik sistemler, yağmur sularının evsel atık sularla birlikte toplanmasını sağlayan sistemlerdir. Ayırık sistemler ise, yağmur suları ile evsel atıksuların birbirinden ayrı şekilde toplanmasını sağlayan sistemlerdir. Bu kapsamda, yağmur suları toplanarak, bir ön arıtmadan sonra, yakındaki bir yüzeysel su ortamına deşarj edilmektedir.

Evsel atıksular, ev ve işyerlerinde günlük ihtiyaçlarımızı karşılamak için kullandığımız suların atıksu haline gelmiş durumlarıdır. Kişisel temizlik, ev temizliği, çamaşır ve bulaşık yıkama gibi faaliyetler sırasında ortaya çıkan sular evsel atıksu olarak tanımlanır. Evsel atıksular halk sağlığı açısından risk taşıdığından,

bu atık suların hiç bekletilmeden ve tekniğe uygun bir şekilde toplanarak uzaklaştırılması gerekir [1]. Arıtılmamış tipik evsel atık sularının kimyasal ve biyolojik özellikleri Tablo 1.1.'de verilmiştir.

Tablo 1.1. Evsel Atık Suların Kimyasal ve Biyolojik Özellikleri [1]

Kalite Parametresi	Konsantrasyon mg/l		
	Kuvvetli	Orta	Zayıf
Toplam katı madde	1260	720	350
Çözünmüş toplam katı madde	850	500	250
Toplam askı maddesi	350	220	100
Çökebilen madde ml/lt	20	10	5
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ)5	400	220	110
Toplam organik karbon	290	160	80
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)	1000	500	250
Toplam azot	85	40	20
Organik azot	35	15	8
Serbest Amonyak	50	25	12
Nitrit	0	0	0
Nitrat	0	0	0
Toplam fosfor	15	8	4
Organik madde	5	3	1
İnorganik madde	10	5	3
Klorür	100	50	30
Alkalinite (CaCO3 olarak)	200	100	50
Yağ (Gres)	150	100	50

Endüstriyel atıksular sanayi tesislerinde oluşan atık sular olarak tanımlanır. Bunların içerik yönünden özellikleri, bu suların meydana geldiği sanayi tipine bağlıdır. Alıcı ortamlara doğrudan verebilecek kadar temiz olanları olduğu gibi belediyenin atık su arıtma tesislerinde arıtılmayacak kadar kirlilik yüklerine sahip sanayi atık suları da mevcuttur. Sanayi tesislerinin atık sularında, zaman zaman oldukça sıcak (40oC – 50oC den fazla) sular; petro-kimyasal maddeleri ihtiva eden sular; ağır metallerin zehirli bileşiklerini ihtiva eden atık sular mevcut olup, bunlar doğrudan atık su toplama kanallarına verilemezler, ve arıtılmaları şarttır. Bazı sanayi tesislerinin atık sularına ait kimyasal ve biyolojik özellikleri Tablo 1.2.'de verilmiştir.

Tablo 1.2. Sanayi Atık Sularının Genel Özellikleri [1].

Kalite Parametresi	Konsantrasyon mg/l		
	Süt Mamülleri	Et ve Mamülleri	Tekstil (Sentetik)
Toplam katı madde mg/l	1600	3300	8000
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ)5 mg/l	1000	1400	1500
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) mg/l	1900	2100	3300
Toplam azot mg/l	50	150	30
Toplam fosfor mg/l	12	16	6
pH mg/l	7	7	5
Yağ (Gres) mg/l	-	500	-

Kanalizasyon sistemleri evsel ve endüstriyel atıksuları toplamak için yapılmakla beraber, bu sistemlere farklı katı atıkların bırakıldığı bilinmektedir. Örneğin, atıksu toplama sistemlerine karışmış olan katı maddeler arasında sigara izmaritleri, ağaç dalları ve yaprakları, cadde ve sokak süprüntüleri, ambalaj çöpleri, tuvalet kağıtları, kağıt havlular, bebek bezleri, ıslak mendiller, ve atık yağlar gibi maddeler bulunmaktadır. Bu katı maddeler, su borularının eğimlerinin düşük olduğu noktalarla, boru dirsek ve bağlantı noktalarında zaman içerisinde birikerek kanalizasyon sisteminde yumaklaşma, topaklaşma, ve dolayısıyla, tıkanma problemlerine sebep olmaktadır. Konuyla ilgili görsel örnekler Şekil 1.1.'de sunulmaktadır. Bu birikimlere bağlı olarak, kanal içerisinde mikrobiyal kaynaklı H₂S (hidrojensülfür), NH₃(Amonyak), CO₂(Karbondioksit) ve CH₄ (Metan) gibi gazlar birikim yapabilmektedir. Bu oluşumlar insan ve çevre sağlığı açısından tehlikeli ve riskli durumları beraberinde getirmektedir.

Bu kapsamda, bu tez çalışması, kanalizasyon sistemlerinde meydana gelen işletme ve tıkanma problemlerinin ana sebeplerini belirlemek ve çözüm önerileri sunmak üzere gerçekleştirilmiştir. Konuyla ilgili daha önceden yapılan literatür çalışmaları bir sonraki bölümde özetlenmektedir. Daha sonra, problemleri belirlemek üzere kullandığımız yöntemler 3. Bölüm 'de ve elde edilen sonuçlar 4. Bölüm 'de sunulmaktadır. Bu tez çalışmasından elde edilen bulgularla ilgili tartışmalar ve ortaya çıkan ana mesajlar tezin 5. Bölümünde arz edilmektedir.



Şekil 1.1. Kanalizasyon tıkanmalarının giderilmesi sırasında belirlenen ve tıkanmalar sebep olan maddelere örnekler. (a) Kızartma yağlarının atıksudaki diğer maddelerle birleşerek oluşturduğu çok sert çökelekler, (b) Yağlarla oluşan çökeleklerin yakından çekilmiş fotoğrafı, (c) Sıradan bir kanal açma çalışması sırasında ortaya çıkan karışık atıklar: Tuvalet kağıdı, ıslak mendil vb. atıkların birleşmesiyle oluşmuş bir yığın, (d) Bir kanal açma çalışması sırasında ortaya çıkarılan atıklar: Tuvalet kağıdı, ıslak mendil, ambalaj atıkları, ve sokak süprüntülerinin birleşmesiyle oluşmuş bir yığın, (e) Bebek battanisi, (f) Kabuklu kuruyemiş (fındık), meyve, sebze, ve plastik parçalar gibi atıkların birleşmesiyle meydana gelmiş bir tıkanma olayı.

BÖLÜM 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu bölümde, kanalizasyon sistemlerine bırakılan katı maddelerin taşınımı, parçalanması ve diğer atıklarla etkileşimleri hakkında yapılan çalışmalar kronolojik sırayla özetlenmektedir. Bu bilgilerin ışığı altında, bu tez çalışmasının özgünlüğüne, amaç ve hedeflerine işaret eden hususlar bu bölümün son kısmında arz edilmektedir.

Verbanck (1995), kanalizasyon hattında toplanan katı maddelerin kaynaklarını ve bunların oluşturduğu etkileri araştırmıştır. Borularda çöken kum ve tozların anaerobik sedimentler oluşturduğu gözlenmiştir. Borularda oluşan sedimentlerde, sülfat indirgeyici bakteriler, atık sudaki sülfatı (SO_4^{2-}) bisülfide (HS^-) dönüştürdüğü, ve düşük pH'lı durumda, bisülfidin ölümcül gaz olan hidrojen sülfüre (H_2S) dönüştüğü gözlenmiştir. Hidrojen sülfürün bakteriyel oksidasyonu sonucu oluşan sülfirik asidin borularda korozyona sebep olduğu belirtilmiştir. Kanalizasyon borularında belirli periyotlarda yapılan yıkama işlemi ile bu problemin giderileceğini öne sürmüştür [2].

Brown ve ark. (1996), kanalizasyon borularındaki su akışının simülasyonu için kullandıkları modele yeni bir modül ilave edilerek, atık tuvalet kağıtlarının atıksu borularındaki akışının simülasyonu ortaya konmuştur. Bu modelleme çalışmasından elde edilen verilere göre, tuvalet kâğıtları ilk sifon hareketiyle evlerin atıksu borularında belirli bir yere kadar ulaşmaktadır. Daha sonra, yeni gelen su dalgaları ile bir miktar daha ilerleyerek, su akımının daha fazla olduğu bir noktaya (sokak boruları gibi) taşınmaktadır. Ancak, tuvalet kâğıtları su hızının aniden düştüğü noktalardan biri olan sokak bacalarında, birikim yapmaktadır [3].

Vollertsen ve ark. (1999), sıcaklık ve çözünmüş oksijenin, kanalizasyon borularında çökelen organik maddelerin hidrolizine etkilerini incelemiştir. Organik katı

maddelerin hidrolizinin sıcaklıkla beraber hızlandığı, aerobik mikroorganizmaların sudaki çözülmüş organik maddeleri parçalaması sonucu tükenen çözülmüş oksijenden dolayı kanalizasyon hatlarında anaerobik proseslerin oluştuğu sonucuna varılmıştır [4, 5].

Ashley ve ark. (2004), kanalizasyon hatlarındaki katıların karakteristik özelliklerini, kanalizasyon sistemine etkilerini ve kontrol mekanizmalarını incelemiştir. Buna göre, kum gibi yoğunluğu sudan büyük olan taneciklerin hızlı bir şekilde çöküp sediment haline geldiği, ve yoğunluğu suya yakın olan katıların ise suyla birlikte taşındığı gözlemlenmiştir. Kanalizasyon sistemlerinde yapılan düzenli bakım ve temizlik çalışmalarının borularda oluşan birikimleri engelleyeceği öne sürülmüştür [6].

Keener ve ark. (2008), atıksulara karışan yemek yağları ile sudaki metal iyonlarının (Ca^{2+} , Mg^{2+}) birlikte boru tabanında çökerek çok sert katı maddeler oluşturduğunu göstermiştir. Benzer şekilde, He ve ark. (2013) bu çökeleklerin kanalizasyon borularındaki oluşum mekanizmalarını araştırmışlardır. Özellikle beton boruların Ca ve Mg gibi iyonların kaynağı olması nedeniyle, katı çökelek oluşumunun plastik borulara göre beton borularda daha fazla meydana geldiği vurgulanmıştır [7, 8].

Karadağlı ve ark. (2009), klozetlere atılabilecek ürünlerin kanalizasyon sistemlerindeki parçalanmasıyla ilgili teorik ve matematiksel modelleme çalışmaları gerçekleştirmiştir. [9] 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. [10] Elde edilen sonuçlar, matematiksel modelin ve teorinin ilgili ürünlerin kanalizasyondaki davranışlarını takip edebilmek için kullanılabileceğini ortaya koymuştur [9, 10].

Tang ve Jin (2013), 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 olduğu vurgulanmıştır [11].

Jiang ve ark. (2015), kanalizasyon borularındaki korozyon ve koku problemleriyle ilgili bir literatür araştırması yayınlamışlardır [12]. Borularda sülfat indirgeyici mikroorganizmaların sülfatı indirgeyerek hidrojen sülfür (H₂S) oluşturması, ve bu molekülün sülfirik asite (H₂SO₄) dönüşmesiyle borularda korozyon oluşturacağı bilinmektedir. H₂S aynı zamanda ciddi koku problemine yol açmaktadır. Bu problemleri azaltmak 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 söylenmiştir. Bu sebeple, kanalizasyon sistemlerinin bilgisayar programları ve sensörler yardımıyla düzenli şekilde izlenmeye alınması, ve sıcak noktalara özellikle dikkat edilmesi vurgulanmıştır [12].

Pandey ve ark. (2016), kanalizasyon borularında koku problemi oluşturan ana maddeleri tespit etmeyi denemişlerdir. Kore'nin Seul şehrinde nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu noktalardaki sokak bacalarında gaz ölçümleri yapılarak, kokuya neden olan maddeler bu çalışmada belirlenmiştir. Bu analizler sonucunda, hidrojen sülfür (H₂S), metil sülfid (CH₃SH), amonyak (NH₃), uçucu yağ asitleri, ve fenol molekülünün kanalizasyon sistemlerinde başlıca koku yapıcı maddeler olduğu tespit edilmiştir [13].

Shahsavari ve ark. (2017), kanalizasyon borularında biriken katıların taşınımını sağlamak için, boruların uygun noktalarına bir metal kapak (çek-valf) koyulmasını teklif eden bir çalışma ortaya koydular. Bu kapak sayesinde atıksular boru içerisinde biriktirilerek; daha sonra, kapağın açılmasıyla birlikte, boru içerisinde biriken katıların taşınımını sağlamıştır. Yapılan testler sonucunda, küçük çaplı taneciklerin kapağın açılması sonucu boşalan suyla birlikte taşındığı, ama büyük çaplı

taneciklerin (küçük taş vb.) yeniden ve yakın mesafede çökeldiği gözlemlenmiştir. Bu şekilde borularda yeniden oluşan sedimentler boşluklu bir yapıya sahip olup, büyük çaplı taneciklerden oluşmuştur. İlgili kapakların sokak bacalarındaki giriş borularının önüne inşa edilmesi ve bilgisayar yardımıyla uzaktan açılıp kapanmasının uygun bir çözüm olacağı ifade edilmiştir [14].

Literatür bilgilerinin ışığı altında, bu tez çalışmasının özgünlüğü, amaç ve hedeflerini belirten hususlar şu şekilde sıralanabilir:

1. Ülkemizde kanalizasyon sistemlerinde meydana gelen tıkanma problemlerinin ana sebepleri üzerine sistematik çalışmalar mevcut değildir. Bu nedenle, bu ana sebeplerin belirlenmesi bu çalışmanın özgünlüğüne işaret etmektedir.
2. Tıkanma problemleriyle ilgili sebep-sonuç ilişkilerinin incelenmesi ve problemlerin azaltılması için makul mühendislik çözümlerinin üretilmesi özgün bir hedeftir,
3. Tıkanma problemleri açısından kritik sayılabilecek - bina bağlantıları ve sokak bacaları – gibi yerlerde kullanılacak ve katı maddeleri atıksulardan ayırarak kanal işletimini kolaylaştıracak çözüm mekanizmalarının ve/veya ürünlerin geliştirilmesi, özgün bir amaçtır.
4. Yağmur suyu toplama kanallarında meydana gelen ve çoğunlukla sokak süprüntülerinden oluşan katı maddelerin kanalizasyon sistemlerine gitmesini engelleyecek katı ve kum tutucu modellerinin geliştirilmesi, bu çalışmanın yenilikçi bir hedefidir.

BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Yöntem

Bu araştırmanın gerçekleştirilmesi için, Su ve Kanalizasyon İdarelerinin ilgili birimleri ile yüz yüze görüşmeler ve saha incelemeleri yapılmıştır. Bu çerçevede, Sakarya Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İşletme (SASKİ) Müdürlüğü, bu kurumun ilçelerdeki müdürlükleri (Ferizli SASKİ Müdürlüğü gibi), ve Kocaeli Büyükşehir Belediye'sinin ilgili birimleri ve müdürlükleri ile birlikte saha çalışmaları yürütülmüştür. Aynı zamanda, ilgili kurumların tarafımıza sunduğu belgeler ve sayısal analizler incelenmiştir. İlgili çalışmaların yapılmasında kullanılan araç ve gereçlerin özellikleri aşağıdaki kısımlarda özetlenmektedir.

3.2. Atıksu Hatlarında Temizlik ve Görüntüleme Sistemleri

Kanalizasyon sistemlerinde meydana gelen işletme problemlerini belirlemek için en geçerli yöntem saha çalışmalarıdır. Bu kapsamda, tıkanma şikayetlerine acil müdahale eden ekiplerle sahada incelemeler yapılmıştır. Acil müdahalelerin ardından, temizlenmiş olan kanal hatlarına kameralı robotlar koyularak kanaldan görüntüler alınır. Bu görüntüler analiz edilerek, problemlerin sebepleri veya boru hatlarındaki inşaat problemleri hakkında yorumlar yapılır ve kesin sonuçlar elde edilir. Görüntüleme işlemleri aşağıda Şekil 3.1. ve Şekil 3.2.'de gösterilen robotlar ve bunların bağlı olduğu kapalı devre televizyon sistemleri ile gerçekleştirilir.



Şekil 3.1 Kanal izleme ve görüntüleme robotları (CCTV)



Şekil 3.2 Frezee Görüntüleme Robotu

Şekil 3.1. ve 3.2.'de sunulan robotlar ve ilgili kapalı devre televizyon sistemi (CCTV) güçlü bir bilgi toplama ve teşhis ekipmanıdır. Boru hattı problemlerinin teşhis edilmesinde etkin bir role sahiptir. Yapı şartları, akım karakteristikleri ve eksiklikler CCTV ile tespit edilebilir. Bu sistemde, ilk yatırım iyileştirmeleri, hat bakımı ve rehabilitasyon ihtiyaçlarının analiz edilmesi için gerekli olan detaylı spesifik veriler toplanır [15]. Görüntüleme işini gerçekleştiren kameralı robotlar aşağıda belirtilen ana hedefler/amaçlar için kullanılmaktadır:

1. Periyodik temizlik işleminin denetiminde
2. Kayıp baca kapaklarının yerlerinin belirlenmesinde
3. Parsel bağlantılarının uygunluğu konusunda veri sağlamada
4. Kanalın kesitini daraltan ağaç kökü, conta veya rabit çıkıntısının yerinin belirlenmesinde ve köklerin verdiği zararın tespitinde

5. Kanal eğiminin ve eksenel sapmaların belirlenmesinde
6. Çürüme ve korozyon hızının belirlenmesinde
7. Boru hattının değerlendirme ve analizi için veri sağlamada
8. Boru hattında rehabilitasyon ve robotların kullanılmasında rehberlik etmede
9. Yollarının yeniden yapılma aşamasında kanalizasyon sistemine verilen zararın tespitinde
10. Yeni kanal imatları sonrası son kontrolde
11. Sızma varsa çatlak ve kırık kısımların belirlenmesinde
12. Kapasite, debi ve hidrolik çalışmaların gerçekleştirilmesinde

3.3. Kanalizasyon Hatlarının Manuel Temizlenmesi

Atıksu hatlarında meydana gelen tıkanmaların sebeplerini belirlemek için, işçileri sokak bacalarına inmeleri ve kanalı manuel şekilde temizlemeleri gerekebilmektedir. Konuyla ilgili örnekler aşağıda Şekil.3.3.'de gösterilmektedir.



Şekil 3.3. Kanalizasyon sistemlerinde meydana gelen tıkanmalarda, manuel temizlik işlemleri gerektiren olayların örnekleri.

3.4. Özel Temizlik Aracı (Kombine Araç)

Atıksu kanallarında sediment birikmesi sebebi ile kesit daralmaları meydana gelir. Proje kesitinin altına düşen kanal çapı gelen atıksuyu ve yağmur suyunu taşıyamayıp taşabilir ya da bozulabilir. Bu nedenle periyodik aralıklarla temizlenmesi gerekir. Ayrıca, görüntü alınmaya ihtiyaç duyulan tüm kanalda mutlaka temizlik çalışmaları

yapılmalıdır. Aksi halde alınan görüntüler net olamayacağından dolayı arıza hakkında doğru bir yorum yapılması mümkün olmayacaktır.

Tıkanan kanalizasyon kanallarını basınçlı su ile açmak üzere tasarlanmış ve özel olarak donatılmış araç üstü ekipmanlardır. Araç üzerine monte edilen su tankının hacmi; taşıtın dingil ve azami yük ağırlığı göz önüne alınarak imal edilmektedir. Tanktan alınan su yüksek basınç kanal açma hortumu vasıtasıyla yüksek basınçlı su pompasıyla foseptik kanallarına pompalanır. Pompaya güç aktarımı, ara şanzıman kullanılarak yapılmaktadır. Ekipmanda bulunan kanal açma ve hortum makaraları, istenilen uzunluktaki hortumları sarmaya uygun olup hidrolik veya mekanik olarak istenilen özelliklerde üretilmektedir.

Atıksu kanallarında yapılan temizlik ve bakım yapılmasında kullanılan araçlara örnekler aşağıda Şekil 3.4.'de sunulmaktadır.

Yukarıda belirtilen araç ve gereçlerin kullanıldığı saha çalışmalarından elde edilen sonuçlar bir sonra ki bölümde sunulmaktadır.



Şekil 3.4. Kanalizasyon sistemlerinde meydana gelen tıkanma problemlerinin teşhis ve çözümü için kullanılan ekipmanların örnekleri.

BÖLÜM 4. BULGULAR - ATIKSU TOPLAMA

SİSTEMLERİNDEKİ İŞLETME PROBLEMLERİ

4.1. Tıkanmaların Ana Sebepleri

Kanalizasyon sistemlerindeki tıkanmaların ana sebepleri iki ayrı başlık altında toplayabiliriz: (1) İnşaat hatalarına bağlı sebepler, ve (2) Kullanıcı hatalarına bağlı sebeplerdir. Her bir grupta toplanan sebeplere örnekler aşağıdaki Tablo 4.1. ve Tablo 4.2.'de sunulmaktadır. Bu sebeplere bağlı olarak, meydana gelen olaylar tablolardan sonra ki kısımlarda özetlenmektedir.

Tablo 4.1. Pissu ve kanalizasyon sistemlerinde meydana gelen tıkanmalara sebep olan kusurlu bağlantı ve inşaat problemlerine ait örnekler.

Hatalı işlem	Örnekler	Oluşan problemin kısa tanımı	Problemlerin sık görüldüğü yerler
Boru eğiminin düşük olması	Eğim sıkıntısı olan yerleşim yerleri ve hatalı projeler	Suyun yeterli hızla akmaması sonucu tıkanıklık	Altyapı
Yataklama ve gömlekleme yapılmaması	Hatalı planlanan projeler ve ağır tonaj araçların geçiş yolları	Araçlardan dolayı oluşan ağırlık sonucu çökmeler meydana gelerek borularda esneme yapması	Yollar
Kaçak bağlanan yağmur suyu hatları	Yerleşim yerleri ve iş yerleri	Boru çaplarının yetersiz kalması sonucu fazla debi ile tıkanma ve taşmalar yaşanması	Yerleşim Yerleri, Hastaneler, Oteller
Ağaç kökleri	Ağaçlandırma yapılan alanlarda kök uzaması sonucu boru yıpranması	Borulara zarar vermesi	Ağaçlandırılmış Alanlar
Çöktürme sisteminin yapılmaması	Yağ, yemek atıkları, naylon malzemeler atılan yerlerde sepet sistemi ile tutma	Yağlar ve atıkların tıkanmaya yol açması	Restoranlar, Kafeler, Katering Şirketleri, Oteller, Hastaneler, İş Yerleri
Uygun olmayan malzeme kullanımı	Yapılan altyapılarda dayanıksız malzemeler veya sisteme bağlanmayan yerlerde 3 odalı fosseptik çukuru yerine tek odalı fosseptik çukuru olması	0.5 mavi kodlu ve 0.7 kırmızı kodları boruların dayanıklılığını gösteriyor bu yüzden uyumsuz yere kullanılan malzeme dirençsiz olur ve esner	Altyapı
Bilinçsiz ve habersiz kazı çalışmaları	Elektrik, doğalgaz, yol çalışmaları vs. gibi hizmetlerin yapımı sırasında plansız yapılan kazılar	Kanalizasyon hattını görmeyip kırarak üstü dolduruluyor ve tıkanıklık oluşuyor	Altyapı, İnşaat Alanları

Tablo 4.2. Tıkanma olaylarında kullanıcı hatalarına bağlı sebepler.

Katı grubu	Gruba ait örnek maddeler	Kanal işletmeye etkileri	Problemlerin sık görüldüğü yerler
Kağıt ürünler	Tuvalet kağıdı, peçete, kağıt mendil, kağıt havlu	Kağıtlarının birikimi nedeniyle su taşması ve borularda tıkanmalar	Yerleşim Yerleri, Oteller, Hastaneler, İş Yerleri, Okullar, Yurtlar, Sokaklar
Hijyenik ürünler	Islak mendil, çocuk bezi, pedler, tamponlar, diş ipleri, kulak temizleme çubukları, “Klozete atılabilir” şeklinde satılan ürünler - Islak tuvalet kâğıdı, ıslak mendil, makyaj temizleme mendili, klozet temizleme mendili,	Bunun gibi atıklar giderde birleşerek gemi halatından daha sağlam bir yumak (üstüğü) oluşturarak tıkanıklığa yol açmaktadır	Yerleşim Yerleri, Hastaneler, Okullar, Yurtlar, Sokaklar
Duş ve banyo atıkları	Uzun saçlar, sabun parçaları,	Uzun saçlar diğer katıları birbirlerine bağlamaktadır	Oteller, Yurtlar, Yerleşim Yerleri
Sebze, meyve ve yiyecek atıkları	Sebze ve meyve kabukları, çekirdekler, yağlar ve büyük ölçekli yemek atıkları	Ufak gibi görünen kabuklar ve atıklar zamanla dirseklerde birikerek tıkanıklığa sebep olmaktadır	Yerleşim Yerleri, Oteller
Tekstil ürünleri	Elbezleri, kumaş ve havlu parçaları, bebek çamaşırı ve malzemeleri	Bu tarz atıklar diğer katıları birbirine bağlamaktadır	Yerleşim Yerleri, Yurtlar, Hastaneler
Soba atıkları	Yarım yanmış odun parçacıkları, toz talaş, küller	Atık yağlarla birleşerek asfalt gibi tıkanıklık oluşturur	Yerleşim Yerleri
Tadilat ve tamirat atıkları	Kum, alçı, kireç ve küçük molozlar	Boru ve dirseklerde zamanla birikerek tıkanıklık oluşturur veya bacaların içine atılır	İnşaat Şantiyeleri, Yerleşim Yerleri, Kentsel Dönüşüm Yerleri
Bahçe ve sokak atıkları	Kum ve küçük çakıllar, yapraklar, bitki dalları ve sokak süprüntüleri	Belirli dönemlerde oluşan doğa şartları itibariyle planlanandan fazla atık oluştuğu için tıkanıklığa sebep olur	Sokaklar, Yerleşim Yerleri
Hayvansal atıklar	Kırsal alanlarda ve hayvan beslenen bölgelerde hayvan gübreleri	Hayvan sisteminde eritemeyen saman ve otların bulunduğu gübreler bir tabaka oluşturup tıkanmaya yol açar	Köyler, Besi Yerleri, Mezbahalar
Diğer atıklar	Küçük oyuncaklar, sigara izmaritleri, kedi kumu, poşet veya plastik parçaları, ambalaj atıkları (şişe kapakları, sakız ve sigara paketlerinin ambalajları gibi)	Gelen atıkları belirli bölgelerde tutarak tıkanmaya yol açar	Sokaklar, Yerleşim Yerleri, Oteller, Hastaneler, Okullar, Yurtlar, İş Yerleri
Atık yağlar	Her tür sıvı veya katı yağ	Su içerisindeki Ca ve Mg gibi iyonlarla çok sert çökelek ve tabakalar oluşturması	Restoranlar, Lokantalar, Katering Firmaları, Kafeler, Yerleşim Yerleri

4.2. Ana Kanal Tıkanıklığı

Kanalizasyon sistemlerine suların girebilmesi için sokak ızgaralarından ve hava boşluklarından suyla beraber toprak, kum, çakıl, izmarit, poşet, vb. atıklar girebilmektedir. Bunların yanı sıra, evlerdeki tuvaletlerden ıslak mendil, tuvalet kağıdı, çocuk bezi, kül, boya ve tamirat atıkları gibi maddeler kanalizasyon sistemlerine ulaşmaktadır. Bu maddeler birikim yapmakta ve bu birikme tıkanmalara sebep olmaktadır.

Ana kanal sistemlerinde taşınması için bırakılan evsel artıkların içerisinde bulunan selülozik yapıya sahip mendil, peçeteler sarmal yapılarca ayrışarak bu kanalların akımını durdurmaktadır. Kanaldaki akımın durması ile birlikte, kum, çakıl ve atık yağların birikim yapması söz konusu olmaktadır. Daha sonraki süreçte, bu birikimler atıksu arıtma tesislerinde işletme problemlerine sebep olmaktadır. Konuyla ilgili örnekler aşağıdaki şekillerde sunulmaktadır.



Şekil 4.1. Kanalizasyon sistemlerindeki ana kanal ve baca tıkanıklıklarına örnek



Şekil 4.2. Kanalizasyon sistemlerindeki ana kanal ve baca tıkanıklıklarına örnek

4.3. Bağlantı – Parsel Bacası Tıkanıklığı

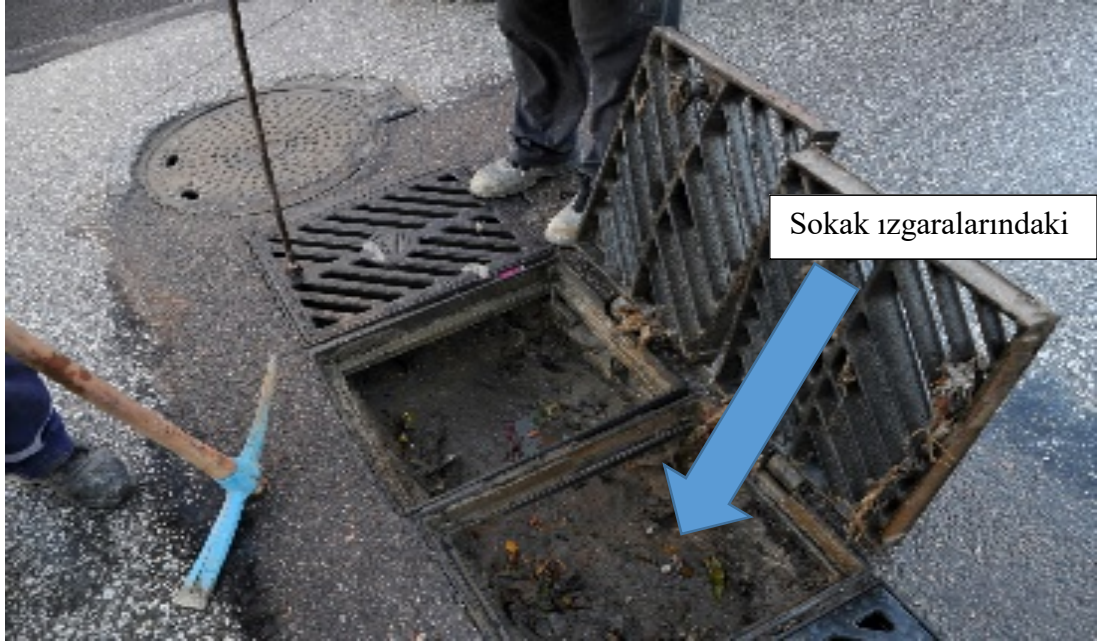
Ev ve işyerlerinin pisu giderlerinin ana kanalizasyona sistemine aktarılacağı noktalarda parsel bacası olarak bilinen bağlantı kutuları yapılmaktadır. Bu kutular plastik veya beton malzemelerden yapılmakta olup, bir bina veya birkaç binaya ortak şekilde hizmet verebilmektedir. Şekil 4.3.'de parsel bacaları ile bu bacalarda görülen tıkanma olaylarına örnekler sunmaktadır.



Şekil 4.3. Bina bağlantı bacalarına, ve bu bacalarda meydana gelen tıkanma olaylarının sebeplerine örnekler. (a) Parsel bacası, (b) Evlerden gelen atık yağların meydana getirdiği katı oluşumlar, (c) Yağların meydana getirdiği katı oluşumlar, (d) Bebek malzemelerinin hatalı şekilde bağlantı noktasında toplanması.

4.4. Sokak İzgaralarının Dolması

Sokaklara gelen yağmur sularının kanalizasyon sistemlerine girebilmesi için yol kenarlarına ızgaralar yapılmaktadır. Ancak, yağmur suları sokaklarda birikme toz, ince kum, ambalaj malzemeleri, sigara izmaritleri ve poşetlere gibi birçok atık maddeyi ilgili ızgaralara ve buradan da kanalizasyon sistemine taşımaktadırlar. Bu durumda, birçok ızgaranın haznesi dolmakta ve sokaklarda görülen tıkanmalara sebep olmaktadır. Aşağıdaki Şekil 4.4.'de konuyla ilgili örnekler sunmaktadır.



Şekil 4.4. Sokaklarda bulunan yağmur suyu ızgaralarında meydana gelen tıkanma problemlerine örnekler.

4.5. Yağmur Suyu Kanallarının Kısmi Dolması

Binaların çevrelerinde bulunan ve yağmur sularını toplayarak kanalizasyon sistemlerine aktarmak için kullanılan küçük çaplı kanallar bazen amacının dışında kullanılabilir. Örneğin, sokaklarda ve yeraltına döşenmiş olan elektrik veya telefon kabloları sokağın karşı tarafına geçirilebilmesi için bu tür kanallardan geçirilmektedir. Zaman içerisinde, yağmur suları ile birlikte kum, yaprak ve toz gibi atıklar bu tür kanallarda birikim yapabilmektedir. Bu durumda, kanal içinde bulunan boruların küçük bir baraj gibi kum ve yaprakların birikimini hızlandırdığı tespit edilmiştir. Konuyla ilgili örnekler aşağıdaki Şekil 4.5.'de sunulmaktadır.



Şekil 4.5. Binaların etrafını çevreleyen yağmur suyu kanallarında meydana gelen tıkanmaların sebeplerine örnekler.

4.6. İmalat Hataları

Minimum ve maksimum eğim şartlarının sağlanmaması, 90° C lik dirseklerin önemsenmemesi, ters eğim, contasız döşenmesi, kırık elemanların yeniden kullanımı, hatalı çap belirlenmesi, uygun derinlik ve dolgu malzemelerinin kullanılmaması gibi

sebeplere bağlı olarak bina ve kanalizasyon sistemlerinde işletme problemlerinin meydana geldiği tespit edilmiştir. Konuyla ilgili örnekler aşağıdaki Şekil 4.6.'de sunulmaktadır.



Şekil 4.6. Binaların pıssu giderlerine yeteri kadar eğim verilmemesi durumunda meydana gelen tıkanma problemlerine örnekler.

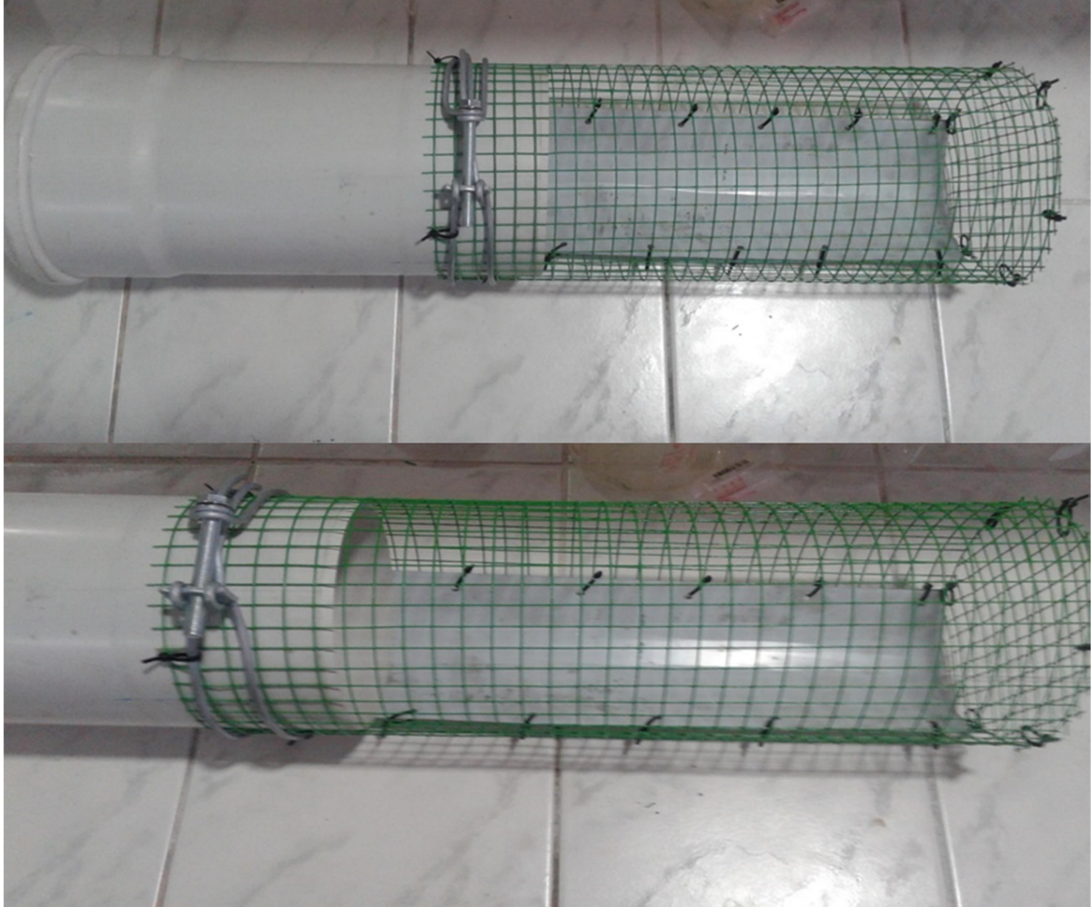
BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tez çalışmasının ilk aşamasında, atıksu toplama sistemlerinde meydana gelen işletme problemlerinin ana nedenleri araştırılmıştır. Bu çerçevede; ülkemizde kanalizasyon ve atıksu toplama sistemlerinde gerçekleşen problemlerin hem inşaat hatalarından ve hem de tüketicilerin davranışlarından kaynaklandığı anlaşılmaktadır.

Sakarya Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İşletme (SASKİ) Müdürlüğü, bu kurumun ilçelerdeki müdürlükleri (Ferizli SASKİ Müdürlüğü gibi), ve Kocaeli Büyükşehir Belediye'sinin ilgili birimleri ve müdürlükleri ile birlikte yürütülen saha çalışmalarından elde edilen bilgilere göre, selülozik atıklar, ıslak mendiller, bebek bezleri, atık yağlar, inşaat kalıntıları, asfalt kırıkları, hayvansal atıklar gibi maddelerin kanalizasyon sistemlerine tüketiciler tarafından bırakıldığı tespit edilmiştir. Bu olaylar kullanıcı hatalarına bağlı tıkanmaların ana sebepleri olarak daha önceki bölümlerde ve Tablo 4.2.'de özetlenmiştir.

Bu şekilde tesislere ve bina tesisatlarına zararlar veren ve hizmetin devam etmesini engelleyen tüketici hatalarının takip ve tespit edilmesini ve bu hataların tekrar edilmemesini sağlayacak çözüm önerilerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda, bu çalışma kapsamında, binaların pisu giderlerinin çıkış noktasına, (örneğin, binaların pissularını kanalizasyon sistemlerindeki bacalara getiren bağlantı borusunun ucuna) gözenekli filtreler koyulması bir fikir olarak burada sunulmaktadır. Bu şekilde, binaların pisu sistemlerine atılan katı atıklar, bu hatayı yapan binanın pisu giderinin tıkanmasına neden olacaktır. Bu şekilde, tüketiciler hızlı bir şekilde bilinçlenerek, katı atıklarını diğer yöntemlerle (çöp kutusu vb.) bertaraf edeceklerdir. Böylece, şehirlerin kanalizasyon sistemleri, terfi istasyonları ve arıtma tesislerinin korunması için olumlu bir adım atılmış olacaktır.

Bu kapsamda geliştirilmiş olan ürünün prototipi aşağıda Şekil 5.1.'de sunulmaktadır. Bu ürün ıslak mendil vb. hijyenik atıkların atıksudan ayrılması amacıyla geliştirilmiştir. Bu ürün okul, hastane, hapishane, otel, alış-veriş merkezleri ve sitelerin giderlerine göre ölçeklendirilerek uygulamaya alınabilir.



Şekil 5.1. Prototip-1: Bina bağlantılarının baca içerisine girdiği noktada uygulanabilecek katı kaparı.

Kanalizasyon sistemlerinde meydana gelen tıkanmaların sebepleri arasında ikinci ana bölümü inşaat hataları ve kullanım sırasında meydana gelen problemler oluşturmaktadır. Örneğin, boru eğiminin düşük verilmesi, kaçak yağmur suyu hatlarının bağlanması, aşınma, bağlantı hataları(boru ters döşenmesi), evsel atıklar, alt yapı çalışmaları sonucu dikkatsiz kazı, kaçak bağlantı hatları gibi birçok problemlerle karşılaşmıştır. Bu problemler, Tablo 4.1. Pissu ve kanalizasyon sistemlerinde meydana gelen tıkanmalara sebep olan kusurlu bağlantı ve inşaat problemlerine örnekler şeklinde özetlenmiştir. Bu problemlerin giderilmesi için

inşaat hatalarının düzeltilmesi ve yeni inşaatlarda atıksu hatlarının kontrolünün sağlanması gerekmektedir.

Kullanım sırasında meydana gelen deformasyonlarla ilgili olarak, yeraltında hizmet vermekte olan bir kanalizasyon sistemine, yoldan geçen trafiğin (ağır araçların) zamanla zarar vermesi söz konusu olmaktadır. Bu araçlar zeminde çökme ve sıkışmalara sebep olmakta ve bu sıkışmalar nedeniyle kanalizasyon boruları kırılmaktadır. Benzer şekilde, yeraltındaki ağaç köklerinin uzaması sonucu, kanalizasyon borularına zararlar verildiği gözlemlenmektedir. İnşaat hatalarının ve kullanım sırasında meydana gelen hata ve kusurların onarılması elzemdir.

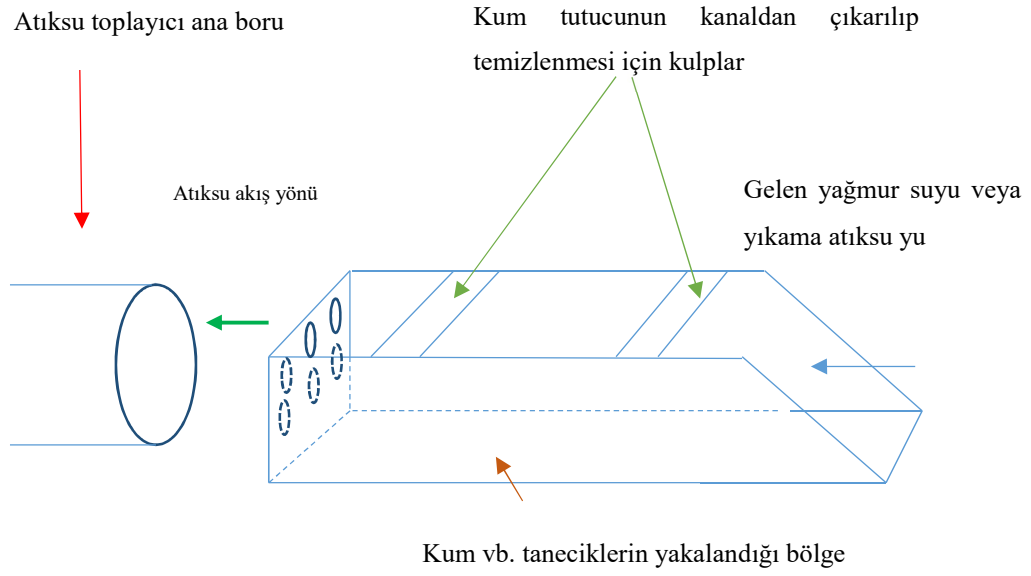
Bu çerçevede, yeni inşaatların atıksu tesisatlarının belirli kriterlere göre inşaa edilmesi, ve bu hatların ilgili uzmanlar tarafından kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu işlemler, yapı-denetim firmalarının uzmanları veya danışmanlar tarafından yapılabilir. Yeni yapılan binalara yapı-kullanım izinlerinin verilmesi için, atıksu hatlarının uygunluk şartının koyulması ve ilgili kontroller yapıldıktan sonra kullanım izinlerinin verilmesi, bu tez çalışmasından ortaya çıkan bir tavsiyedir.

Bu çalışma kapsamında yağmur suyu toplama kanallarında kum, yaprak, vb. maddelerin tıkanmalara neden olduğu gözlemlenmiştir. Bu tür problemlerin çözümü için tasarlanan ve üretilen ikinci prototip ürün aşağıda Şekil 5.2.'de sunulmaktadır. Bu ürün, bina çevrelerinde yağmur suyu toplama kanallarında biriken kum, toprak, ve yaprak gibi maddeleri yağmur suyunda ayırabilecek bir çözüm sistemi olarak tasarlanmıştır.

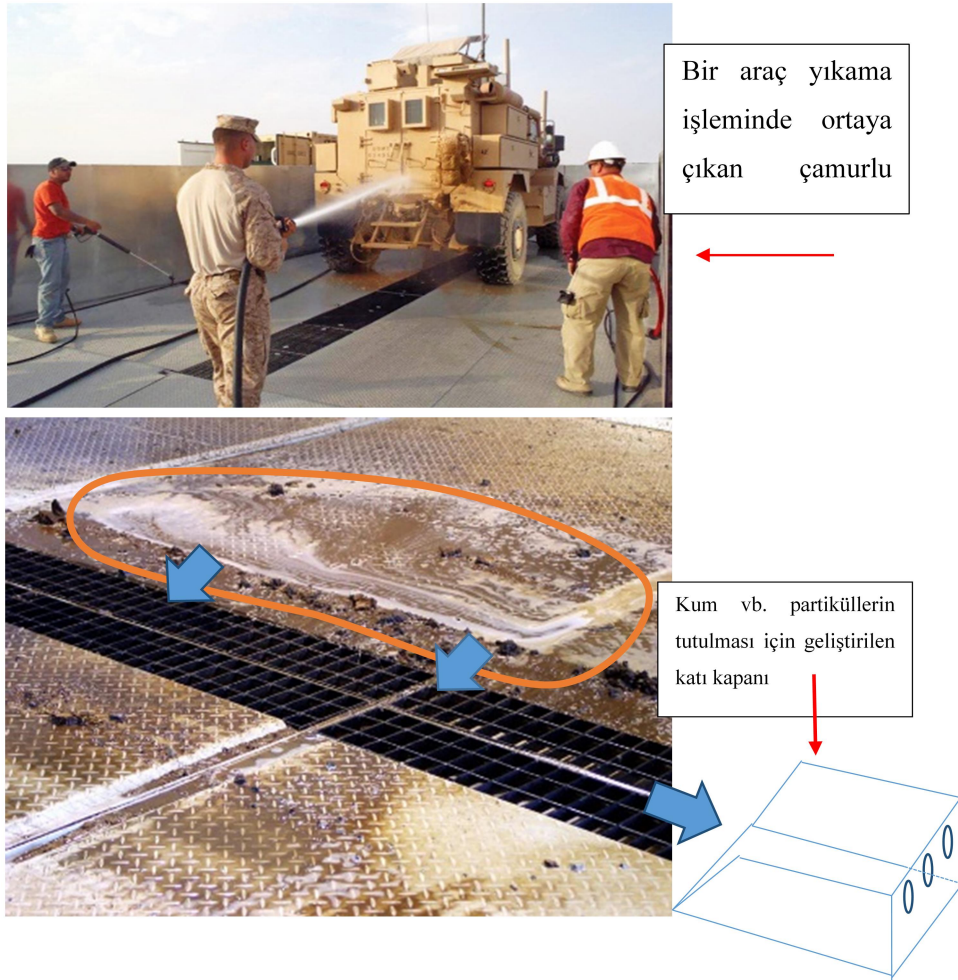


Şekil 5.2. Yağmur suyu kanallarında birikim yapan kum vb. maddelerin toplanması için geliştirilen kum tutucu prototipi.

Bina yağmur suyu hatlarında, ve ayrıca, ağır vasıtaların (kepçe, kamyon vb.) yıkama işlemlerinin yapıldığı yerlerde, araçlardan suya karışan kum vb. maddeler ile, izmaritler, yapraklar ve toprak partikülleri atıksu kanallarında birikim yapmaktadır. Yukarıda sunulan 2. Prototip ürün, bu tür atıkların sulardan ayrıştırılmasını sağlayabilecek özelliklere sahiptir. Bu ürünün parçalarını ve çalışma esasları Şekil 5.3.'de, ve uygulanmasıyla ilgili örnekler Şekil 5.4. ve Şekil 5.5.'de arz edilmektedir.



Şekil 5.3. Geliştirilen kum tutucunun (protip-2) parçaları ve çalışma esasları.



Şekil 5.4. Prototip-2'nin kullanım uygulamalarına bir örnek teşkil eden görsel.



Şekil 5.5. Prototip-2'nin araç yıkama tesislerinde kullanılmasıyla ilgili ikinci örnek görsel.

Yağmur sularının taşıdığı atıkların yol ve caddelerdeki ızgaralarda birikim yapması ve bu şekilde kısmi tıkanıklıklara yol açmasını engellemek için, bu tür giderlerin içerisine yerleştirilebilecek bir katı torbası aşağıdaki Şekil 5.6.'da sunulmaktadır. Bu gibi çözümlerin saha çalışmalarıyla test edilmesi, ve ürünlerin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmalar, altyapı sistemlerimizin korunması ve hizmetin maliyetinin düşürülebilmesi için elzem görülmektedir.



Şekil 5.6. Yağmur suyu giderlerinde tıkanmaları önleyici katı torbası uygulaması.

Kanalizasyon ve atıksu toplama sistemlerinde oluşan tıkanma, taşma gibi problemlerin en aza indirilmesi, bu atık materyallerin daha kanalizasyon sistemlerine girmeden önce yakalanması ve sulardan uzaklaştırılmasıyla sağlanabilir. Yukarıda özellikleri ve görselleri verilen prototipler, bu tez çalışmasından üretilen çözüm önerileri arasında yer almaktadır. Bu ürünlerin devamı niteliğinde, sokak bacalarında meydana gelen tıkanmaları, öngörebilecek sensörlü sistemler geliştirilmelidir. Bu tür sistemlerin, bilgisayar programlarıyla desteklenmesi, ve tıkanma problemi henüz oluşurken, ve sokak bacalarındaki su seviyesi kritik bir noktaya ulaşmadan yetkililere uyarı mesajları verebilecek akıllı sistemlerin geliştirilmesi gerekecektir.. Bu çalışmalar bu tez çalışmasının devamı niteliğinde yapılabilecek yeni araştırma projeleri olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Karpuzcu, M. 1994. Su Temini ve Çevre Sağlığı. İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Çevre, Mühendisliği Bölümü, İstanbul, s.79–84.
- [2] 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.
- [3] 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), 2530.
- [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] 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.
- [6] 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.
- [7] 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
- [8] 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.
- [9] 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), 45946
- [10] 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.

- [11] Tang, Y., Jin, W.Y., 2013. "Study on flushability testing of wood pulp composite spunlaced nonwovens", *Advanced Materials Research*, cilt: 610-613, 490-493
- [12] Jiang, G., Sun, j., Sharma, K.R., Yuan, Z. 2015. Corrosion and odor management in sewer systems. *Current Opinion in Biotechnology*, 33, 192197.
- [13] 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.
- [14] Shavsavari, G., Arnaud-Fasseta, 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.
- [15] www.aolistanbul.com. Erişim Tarihi: 25.05.2020

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Tubanur Türk

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Bursa Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / İş Sağlığı ve Güvenliği	Devam ediyor
Yüksek Lisans	Sakarya Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü /Çevre Mühendisliği	2021
Lisans	Sakarya Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Çevre Mühendisliği	2019
Lise	Yeniceabat Anadolu Lisesi	2014

YABANCI DİL

İngilizce

Almanca (Başlangıç)