

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
KISALTMA LİSTESİ.....	v
RESİM LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vii
ÖNSÖZ	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. MEVCUT ALTYAPI TESİSLERİNİN ÇALIŞMA SİSTEMLERİ	2
2.1 İçmesuyu Sistemleri	2
2.1.1 İsale hesap debisi	3
2.1.2 İsale hatlarının hidroliği.....	3
2.1.3 İsale hatlarında boru sayılarının seçimi	4
2.1.4 Boruların üzerindeki dolgu kalınlıkları	4
2.1.5 İsale hatlarında kullanılan boru cinsleri.....	5
2.1.6 İsale hatlarında işletme teçhizatları	5
2.1.7 Terfi merkezleri	6
2.1.8 Suların dağıtılması.....	7
2.1.9 Su dağıtma sisteminin katlara ayrılması	7
2.1.10 İşletme basınçları.....	8
2.1.11 Yangın sarfiyatı	8
2.1.12 Su dağıtım sisteminin teşkili ile ilgili hesap esasları.....	8
2.1.12.1 Ölü noktalar metodu	9
2.1.12.2 Hardy – Cross metodu	9
2.1.12.3 Eşdeğer boru metodları.....	10
2.2 Kanalizasyon Sistemleri	11
2.2.1 Kanal boyutlandırma esasları	11
2.2.1.1 Kanallara gelen kullanılmış su debileri	11
2.2.1.2 Kanallara gelen yağmursuyu debisi.....	12
2.2.1.3 Kanalların minimum ve maksimum hızları	12
2.2.1.4 Kanalarda minimum ve maksimum eğimler	13
2.2.1.5 Doluluk oranları.....	13
2.2.1.6 Kanalların minimum boyutları	13
2.2.1.7 Minimum ve maksimum kanal derinlikleri	13
2.2.1.8 Muayene bacası aralıkları	13
2.2.1.9 Yağmursuyu giriş yerleri	13
2.2.2 Kanalizasyon şebekesi	14
2.2.2.1 Atıksu kaynakları.....	14
2.2.2.2 Atıksu bağlantı kanalı (Rabıt).....	14
2.2.2.3 Parsel baca (Rögar).....	14
2.2.2.4 Kontrol bacası (Fenni baca).....	15

3.	MEVCUT ALTYAPI SİSTEMLERİNİN İŞLETME PROBLEMLERİ	16
3.1	İçme Suyu Hatları İşletme Problemleri	16
3.1.1	Ana şebeke borusu arızaları.....	16
3.1.2	Şube yolu arızaları	17
3.2	Kanalizasyon İşletme Problemleri.....	17
3.2.1	Rabıt tıkanıklığı	19
3.2.2	Kanal tıkanıklığı	19
3.2.2.1	Kanal çökmesi	20
3.2.2.2	Atık yağ	20
3.2.2.3	İmalat hatası.....	20
3.2.3	Kanalizasyon şebekesinin işletilmesinde kullanılan araçlar	21
3.2.3.1	Kanal işletmesinde basınçlı su ile kanal temizleme aracı (kuka) faaliyeti	21
3.2.3.2	Vidanjör	21
4.	KAPALI DEVRE TELEVİZYON SİSTEMLERİ	22
4.1	Kanalizasyon Borularının İçinin Yerinde Denetlenmesi	22
4.2	Kamera Sistemlerinin Karşılaştırılması	22
4.2.1	Konfigürasyonlar	22
4.2.2	Kamera tipleri	23
4.2.2.1	Siyah-Beyaz kameralar	23
4.2.2.2	Renkli kameralar.....	23
4.2.2.3	Görüntü	23
4.2.3	Aydınlatma sistemleri	24
4.2.3.1	Lambalar	24
4.2.3.2	Lüks	24
4.2.3.3	Kızıl ötesi ışıklar.....	24
4.2.4	Kablolar	24
4.2.4.1	Çoğul kondüktör	24
4.2.4.2	Tekil kondüktör	25
4.3	Kapalı Devre TV Sistemleri İle Kanalizasyon şebekesinde Görüntü Almada Karşılaşılan Problemler	25
4.3.1	Düğümleme	25
4.3.2	Süreklilik	25
4.3.3	Erime	25
4.3.4	Contalar	25
4.4	Taşıyıcılar	26
4.4.1	Düşük debili TV teknikleri	26
4.4.1.1	Denetim ve sayım	27
4.4.2	Yüksek debili TV teknikleri:	27
4.5	TV Kullanım Alanları.....	27
4.5.1	Ön temizlik	28
4.5.2	Kökler	28
4.5.3	Çürüme	28
4.5.4	Oranlama ve değerlendirme.....	28
4.5.5	Robotlar	29
4.5.6	Kanalizasyon bağlantı envanteri.....	29
4.5.7	Yol çalışmaları.....	29
4.5.8	Yeni sistemler	29
4.5.9	Atıl durumdaki sistemlerin aktive edilmesi	30
4.5.10	Gömülü menholler.....	30

4.5.11	Sızma	30
4.5.12	Sızma oranı	30
4.6	Arıza Belirtileri	31
4.6.1	Boru kusurları	31
4.6.2	Kökler	31
4.6.3	Mineral depozitler	31
4.6.4	Türbülans	31
4.6.5	Çökmeler	31
4.6.6	Boru kırılmaları	32
4.6.7	Çamur	32
4.6.8	Video yorumlama	32
4.7	Bilgi Yönetimi	33
4.8	TV Güvenliği	33
4.8.1	Tehlikeler	33
4.8.2	Güvenlik	33
4.9	Değerlendirme	33
5.	KAZISIZ TEKNOLOJİ	35
5.1	Tarihsel Gelişim	35
5.2	Kazısız Teknoloji Teknikleri ve Hitap Ettiği Sektörler	36
5.2.1	Mevcut eski hatların değiştirilmesi	36
5.2.1.1	Boru patlatma yöntemi	38
5.2.1.2	Boru kırma yöntemi	41
5.2.1.3	Hasarlı boruyu eski haline getirerek patlatma yöntemi	41
5.2.2	Mevcut eski hatların iyileştirilmesi	42
5.2.3	Yeni hat döşenmesi	43
5.2.3.1	Yatay yönverilebilir delgi yöntemi	43
6.	YERİNDE İŞLEME BORU KURULUMU VE YAPISI (CIPP)	44
6.1	Yerinde İşleme Boru Uygulaması	44
6.2	Yerinde İşleme Boru Tanımlaması	45
6.3	Endüstrinin CIPP Kabulü	45
6.4	Yerinde İşleme Boru (CIPP) Kurulum Ayrıntıları	46
6.4.1	İnceleme	46
6.4.2	İşyeri ve boru hazırlığı	47
6.4.3	Tüp hazırlığı	47
6.4.4	Astar tüp kurulumu	48
6.4.5	İşleme ve soğutma	50
6.4.6	Yanal bağlantı geri konumlama	51
6.4.7	Nihai inceleme	51
6.5	Test	52
6.6	Tüp ve Reçine Malzemeleri	53
6.6.1	Tüp malzemeleri ve yapısı	53
6.6.2	Reçine malzemesi	54
6.6.3	Astarlar	55
6.6.4	Reçine/Kumaş bileşik özellikleri	56
6.7	CIPP'nin Uzun Vadeli Hata Özellikleri	56
6.7.1	Reçine/Keçe bileşik kimyasal direnci	57
6.7.2	Reçine/Keçe CIPP bileşiklerinin termal performansı	57
6.8	Tasarım İçin Mevcut Boru Sınıflandırması	58
6.8.1	Kısmen bozulmuş serbest akış borusu	58

6.8.2	Kısmen bozulmuş basınçlı boru	58
6.8.3	Tamamen bozulmuş serbest akış borusu	59
6.8.4	Tamamen bozulmuş basınçlı boru	59
7.	DEĞERLENDİRMELER.....	60
7.1	Kazılı Sistem İle Kazısız Sistem Karşılaştırılması	60
7.2	Maliyet Karşılaştırılması	60
7.2.1	Direkt maliyetler	61
7.2.2	Dolaylı maliyetler	63
7.2.3	Sosyal maliyetler	63
7.3	Sonuç	64
	KAYNAKLAR.....	65
	ÖZGEÇMİŞ.....	66

KISALTIMA LİSTESİ

AÇB	Asbest Çimento Boru
CCTV	Kapalı Devre Televizyon Sistemi
CH ₄	Metan
CIPP	Yerinde İşlenen Boru Kaplama
CTP	Cam Takviyeli Plastik
H ₂ S	Hidrojen Sülfür
HDPE	Yüksek Yoğunluklu Polietilen
İSKİ	İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
MBB	Muflu beton Boru
PP	Poli Propilen
UV	Ultraviyole

RESİM LİSTESİ

Resim 4.1	Kamera resimleri.....	23
Resim 5.1	Kanalizasyon sisteminde ağaç kökü	37
Resim 5.2	Kanalizasyon sisteminde çöküntü	38
Resim 5.3	Boru patlatma yönteminde kullanılan aparatlar	39
Resim 5.4	Boru patlatma yöntemi.....	40
Resim 5.5	Boru patlatma yöntemi uygulama örneği.....	40
Resim 5.6	Boru kırma yöntemi	41
Resim 5.7	Hasarlı boruyu eski haline getirerek patlatma yöntemi	41
Resim 5.8	Yatay yönverilebilir delgi yöntemi	43
Resim 6.1	Reçine doyurulma işlemi diyagramı	48
Resim 6.2	Kalibrasyon hortumu çevrimi ve tüp şişirme işlemi	49
Resim 6.3	Reçineye doymuş tüpün çevrimi ve şişirilmesi	50
Resim 6.4	Su çevrimi ve reçinenin işlenmesi	51

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1	İstanbul ili isale hatları durumu.....	2
Çizelge 2.2	İstanbul terfi merkezleri envanteri.....	6
Çizelge 2.3	İstanbul su şebeke durumu.....	7
Çizelge 2.4	Yağmur suyu giriş yerleri aralığı.....	13
Çizelge 2.5	İstanbul kanalizasyon şebeke durumu.....	14
Çizelge 3.1	İstanbul ili yıllık şebeke borusu arıza sayıları.....	16
Çizelge 3.2	İstanbul ili yıllık şube yolu arıza sayıları.....	17
Çizelge 3.3	İstanbul ili rabıt tıkanıklığı sayısı.....	19
Çizelge 3.4	İstanbul ili kanal tıkanıklığı sayısı.....	20
Çizelge 3.5	İstanbul ili kanalizasyon onarımı.....	21
Çizelge 7.1	Kazılı sistemle kanalizasyon hattı yenilenmesinin ekonomik maliyeti.....	62

ÖNSÖZ

Su ve kanalizasyon sistemlerinin çevreye en az zarar verecek şekilde bakım ve yenileme uygulamalarının konu edildiği bu çalışmada, İstanbul gibi önemli bir metropolde bu uygulamaların , gerek uygulayan idareler tarafından, gerekse vatandaşın memnuniyeti açısından bakıldığında ne denli sıkıntılı olduğu ortadadır. Son birkaç yıldır uygulanmaya başlanan bu yöntemlerde önemli sıkıntılar aşılmıştır. Bu kazısız yöntem uygulamalarının gün geçtikçe yaygınlaşması ile yaşanan sıkıntılar büyük oranda azalacaktır. Ayrıca çalışmakta olduğum kurum olan İSKİ’de de bu sistemlerin ülkemize kazandırılmasında yaptığı öncülük takdire şayandır.

Çalışmanın yönlendirilmesinde ve yürütülmesinde büyük katkıları, gösterdiği yakın alaka ve desteği sebebiyle kıymetli hocam Prof. Dr. Ahmet DEMİR’e şükranlarımı arz ederim.

Yine katkılarını esirgemeyen dostlarım Bestamin ÖZKAYA ve Mehmet ÇAKMAKÇI’ ya çok teşekkür ederim.

Ayrıca bu çalışmamda bana desteğini esirgemeyen başta eşim olmak üzere çocuklarım Maide Ahsen ve Muhammed Esad’a , işyeri arkadaşlarım Abdullah ŞAHİN, Nuriye GÖZAYDIN ve Mehmet AKÇAY’a sonsuz şükranlarımı sunarım.

İbrahim KARALI

ÖZET

Bu çalışmada mevcut altyapı sistemlerinin, özellikle su ve kanalizasyon tesislerinin çalışma şekilleri ile bu sistemlerde meydana gelen arıza türleri, tesbit yöntemleri, tamir yöntemleri incelenmiştir. Günümüzde bu konularda yapılan çok çeşitli çalışmalar mevcuttur. Özellikle teknolojik gelişmelerin bu tür çalışmalara yansması da gün geçtikçe artmaktadır. Kapalı devre televizyon sistemlerinin (CCTV) mevcut altyapıların durumları hakkında bizlere bilgi vermesi ve bu bilgilerin değerlendirilerek tamir yöntemlerinin belirlenmesi altyapı sistemlerinin işletilmesinde büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

Yine bu çalışmada kazısız teknoloji teknikleri incelenerek genel bir açıklamada bulunulmuştur. Bu tekniklerden biri olan CIPP “Yerinde İşlenen Boru Kaplama” yönteminin ayrıntılarına değinilerek bu teknoloji tanıtılmıştır.

Sonuç olarak kazılı sistem ile kazısız sistem teknolojilerinin karşılaştırılmaları yapılarak, kazısız teknoloji sayesinde çevreye en az zarar verecek şekilde altyapı sistemlerinin yenilenmesinin avantajları belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kazısız Teknoloji, Altyapı Sistemleri, CCTV, CIPP.

ABSTRACT

In this study, operational conditions of current infrastructure systems, such as water and wastewater pipelines, and some breakdowns types occurred in these systems, identification methods, repairing methods were investigated. There are many types of studies about this subject. Especially, there is an increasing trend for technological developments applied in these types of systems. Closed Circuit Television Systems (CCTV) has given us information about current infrastructure conditions and this information has been evaluated to determine the types of repairment methods and to operate the systems easily.

On the other hand, trenchless technology techniques were also studied in this research. Moreover, CIPP technology one of the trenchless technique is explained in detail.

As a result, comparison of excavation systems and nondigging systems was performed. Besides, benefits of nondigging methods at the area of the infrastructure renovations were cited.

Key Words: trenchless technology, infrastructure systems, CCTV, CIPP

1. GİRİŞ

Su, canlı hayatı için vazgeçilmez, olmazsa olmaz bir varlıktır. Günümüzde su ihtiyacının karşılanması için çok çeşitli yöntemler mevcuttur. Aynı zamanda kullanılmış suların uzaklaştırılması ve doğaya en az zarar verecek şekilde bertarafı da çok önemli bir husustur. Bu çalışmada, hayat kaynağı olan suyun dağıtılmasında kullanılan sistemlerin işletilmesi sırasında çevreye en az zarar verecek şekilde bakım ve ıslahat yöntemleri ile yine bu suyun kullanılması ile oluşan atıksuyun uzaklaştırılmasını sağlayan kanalizasyon sistemlerinin de çevreye en az zarar verecek şekilde bakım ve ıslahat yöntemleri incelenecektir.

Çalışmanın 2. Bölümünde mevcut altyapı sistemlerinin çalışma sistemleri incelenmektedir. Burada altyapı olarak kastedilen, su ve kanalizasyon sistemleridir. Çalışmanın 3. Bölümünde mevcut altyapı sistemlerinin işletme problemlerine değinilmektedir. 4. Bölümde ise özellikle kanalizasyon sistemlerinde kullanılabilen kapalı devre televizyon sistemlerinin (CCTV) çalışma şekilleri incelenmektedir. 5. Bölümde, kazısız teknolojinin tarihsel gelişimi ve farklı yöntemlerinden bahsedilmektedir. 6. Bölümde ise kazısız teknoloji yöntemlerinden yerinde işlenen boru (CIPP) yönteminden ayrıntılı olarak bahsedilmektedir. 7. Bölümde ise, kazılı sistem ve kazısız teknolojinin karşılaştırması yapılarak, değerlendirmeler sunulmaktadır.

2. MEVCUT ALTYAPI TESİSLERİNİN ÇALIŞMA SİSTEMLERİ

2.1 İçmesuyu Sistemleri

Suları isale eden boru, kanal veya akedükler suyu menbaadan alarak içme suyu haznesine iletilirler. Arazinin topografik durumu ve elde mevcut malzemeye göre isale hatları, suların kanallarda serbest yüzeyle veya basınçlı olarak isale edilmesine göre projelendirilmektedir. Bu tür isale hatları ise arazinin topografik durumuna bağlı olarak cazibeli isale hattı veya terfili isale olmak üzere iki şekilde teşkil edilebilir. İstanbul’ da Ø 400 mm çapın üzerindeki hatlar isale hattı olarak adlandırılır. İstanbul ilinde bulunan isale hatlarının çaplara göre dağılımı 31.12.2004 tarihi itibarı ile Çizelge 2.1’ de gösterilmiştir. (İSKİ Yıllık Faaliyet Raporları)

Çizelge 2.1. İstanbul ili isale hatları durumu

ÇAP (mm)	UZUNLUK (m)
Ø 400	93.308
Ø 500	67.506
Ø 600	139.396
Ø 700	66.868
Ø 800	106.300
Ø 900	76.687
Ø 1000	172.915
Ø 1200	92.375
Ø 1400	38.871
Ø 1600	69.072
Ø 1800	74.139
Ø 1850	33.910
Ø 2000	17.844
Ø 2200	138.647
Ø 3000	450
Galeri	40.948
Açık Kanal	11.878
Tünel	5.343
Muhtelif	20.030
TOPLAM	1.266.487

2.1.1 İsale hesap debisi

İsale hattı, gelecekteki nüfusa ve maksimum günlük su sarfiyatına göre projelendirilmektedir. Genellikle günlük maksimum su sarfiyatı yıllık ortalama sarfiyatın 1.25 ila 1.8 katı arasında değişir. Ülkemizde bu değerlerin ortalaması olan 1.5 rakamı hesaplarda esas olarak alınmaktadır. Yani,

Maksimum günlük su sarfiyatı (q_{\max}) = 1.5 x ortalama günlük su sarfiyatıdır(q_{\max}). Buna göre isale hesap debisi,

$$Q_{is} = \frac{N \cdot q_{\max}}{86400}$$

şeklinde hesap edilir. Burada,

Q_{is} : İsale hattın hesap debisi, l/sn

q_{\max} : Kişi başına maksimum günlük su sarfiyatı, (l/N.G)

N : Proje nüfusu.

Gelecekteki nüfus için, memleketimizde yürürlükteki talimatlarda, proje yılından 30 sene sonraki nüfuslar esas alınmaktadır.

Yukarıda hesaplanan isale hesap debisi, sadece şehir nüfusunun ihtiyaçlarına göre bulunmuştur. Hesabı yapılan yerleşme merkezinde, sanayii kuruluşu, hastane, kışla gibi özel debiye ihtiyaç duyan tüketiciler varsa, bu takdirde bu özel debiler, hesap debisine ilave edilmelidir. 2004 yılında İstanbul' a verilen toplam su miktarı 709.051.751 m³ tür. Şehre verilen günlük ortalama ise 1.937.300 m³ tür.

2.1.2 İsale hatlarının hidrolöjü

İsale hattının hesabında süreklilik denklemleri göz önünde tutulur;

$$Q = A \cdot v$$

Burada :

Q : İsale hattı hesap debisi, m³ / sn

A : Borunun kesit alanı, m²

v : İsale hattındaki su hızı, m / sn

Cazibeli isale hatlarındaki su hızının, boru malzemesinin cins ve özelliklerine göre, 0.5 m/sn ile 2.5 m/sn arasında olması istenir. 0.8 ~ 1.5 m/sn civarında hızların seçilmesi daha uygundur. Yüksek hız boruda aşınmalara sebep olmaktadır. Ayrıca yük kayıpları hızın karesi ile orantılı olarak artar. Bu itibarla su hızının biraz arttırılması ile yük kayıplarının çok daha fazla artacağı hatırdan çıkartılmamalıdır. Bilhassa terfili isale hatlarında su hızının fazla alınması, yük kayıplarının dolayısıyla terfi yüksekliğinin artmasına sebep olacağından, arzu edilmez. Enerji masraflarının zamanla süratle arttığı göz önünde tutularak terfili isale hatlarında su hızını 0.5 ile 1 m/sn arasında almak daha uygun olur.

Su hızının 0.5 m/sn den düşük seçilmesi bir takım maddelerin boru ve kanallarda birikmesine sebep olabileceği düşüncesiyle istenmez.

2.1.3 İsale hatlarında boru sayılarının seçimi

İsale hatlarında küçük çaplı boruların isale debisini karşılaması durumunda bir tek boru olarak döşenmesi uygun olur. Ancak çapın çok büyük olması halinde bir boru yerine paralel iki veya daha fazla boru kullanılmasının bazı faydaları vardır. Birincisi mali kaynaklar kifayetsizse, bu durumda 15 sene sonraki nüfusa yetecek kadar boru hattı döşenerek, ilerde bu boru ile isale edilen debi ihtiyaca cevap vermediği zaman, eski isale hattına paralel ikinci bir hat inşa edilebilir. Bu şekilde hareket etmek bazen daha iktisadi olur. Bundan başka, isale hattı bir borudan ibaret olarak inşa edildiği zaman, hesaplanan boru çapı, piyasada mevcut en büyük boru çapından daha büyükse böyle durumlarda da birden fazla boru kullanmak gerekecektir.

Ayrıca isale hattının güzergahında, borular için fezeyan, nehir yatağından geçilmesi gibi özel durumlardan doğan tehlikeler varsa bu hallerde de fazla boru kullanılması uygundur.

Arıza, bakım ve onarım bakımlarından birkaç boru paralel inşa edilir.

2.1.4 Boruların üzerindeki dolgu kalınlıkları

Borular, umumiyetle don derinliğinin altına döşenir. İller Bankası İçme Suyu Talimatnamesinde, gerek isale ve gerekse şebeke hatlarında don, sadme ve ısı etkileri göz önünde tutularak boru üstünden zemin yüzene kadar 1.00 m. derinlik olacak şekilde boruların döşenmesi , ancak 2000 m. kotunun üzerindeki yerlerde bu derinlik 1.25 m. alınması tavsiye edilmektedir.

2.1.5 İsale hatlarında kullanılan boru cinsleri

İsale hatlarında boru cinsleri, maruz kalacakları işletme basıncına ve boruların zemin özelliklerine bağlı olarak seçilebilir.

Boru cinsleri :

1. Font borular : Bunlar savurma ve düşey döküm olmak üzere iki şekilde imal edilirler.
2. Çelik borular
3. Plastik borular
4. Betonarme borular

olmak üzere malzeme cinslerine göre sınıflara ayrılır.

2.1.6 İsale hatlarında işletme teçhizatları

Tecrübe, muayene ve tamir maksadıyla isale hatlarının bazı kısımlarını tecrid edip sularını boşaltmak gerekebilir. Bazı durumlarda boru içinde biriken havanın alınması icabeder. Bütün bunlardan dolayı isale hatlarında tevkif (kapatma) , tahliye vanaları, vantuzlar gibi işletme teçhizatına ihtiyaç vardır.

a) Tevkif vanaları :

Basınçlı isale hatlarında tevkif vanaları, boru hattının yerçekimi ile tahliye edilebilecek yüksekte bulunan noktalarına konur. Ayrıca tahliye müddetinin 2 ila 3 saati geçmesi durumlarda, bu boşaltma süreleri esas alınarak uygun aralıklarla tevkif vanaları yerleştirilir.

b) Tahliye vanaları :

İsale hattının alçak noktalarına tahliye vanaları konur. Boşaltılan sular cazibe ile uygun yerlere verilir. Tahliye vanalarının kullanılmış su mecraları ile doğrudan doğruya hiçbir bağlantısı olmamalıdır.

c) Basınç kırıcı vanalar :

Basınç kırıcı vanalar, maslak veya hazne girişlerine, basınç kırmak maksadıyla yerleştirilir. Ayrıca şebekelerde meydana gelecek büyük basınçları düşürmek için kullanılır.

d) Hava vanaları :

Basınçlı isale hatlarında boru içlerinde bilhassa yüksek noktalarda biriken havayı boşaltmak

için vantuz kullanılır. İsale hatlarında hava birikmesi iki sebepten ileri gelir. Birincisi isale hattının doldurulması esnasında tepe noktalarda hava birikmesi olabilir. İkincisi, isale hattının yüksek noktalarında su basıncı azaldığından buralarda suda çözülmüş halde bulunan gazlar sudan ayrılarak birikirler. Bu yüzden su iletme kapasitesinde azalma olur, eğer hattın tepe noktalarında kafi derecede su basıncı varsa, bu takdirde buralara elle işletilen bir vana veya musluk, hava vanası yerine kullanılabilir.

e) Tesbit kütleleri :

Boruların dik eğimli yerlerde döşenmesi veya dirseklerin bulunduğu yerlerde boruların kaymasını veya ayrılmasını önlemek için konulan kütlelere, tesbit kütleleri denir.

f) Maslaklar (Basınç düşürme odaları) :

Basıncı, atmosfer basıncına düşürmek için maslak veya basınç düşürme odaları yapılır. İsale hattı boy kesiti ve piyezometre çizgileri çizildikten sonra bazı yerlerde basınç fazla olabilir, bu takdirde buralara daha yüksek mukavemetli borular konabilir. Bu ise maliyetin artmasına sebep olur. Böyle durumlarda basınç kırma odalarının konması daha uygun olur. Bunlar bir havuzdan ibaret olup, giriş, çıkış, dolu savağı ve tahliye boruları ile teçhiz edilmiştir.

2.1.7 Terfi merkezleri

Suların cazibe ile iletilmesinin mümkün olmadığı hallerde, terfi etmek gerekir. Bunun için elektrikle işleyen santrifüj tulumbaları kullanılır. Eskiden çok kullanılan pistonlu tulumbalar uygun işletme hususiyetleri dolayısıyla bazen kullanılsalar da bunlar hem pahalı, hem de diğerlerinden daha fazla yer işgal ederler.

İstanbul ilinde ham su ve temiz su terfi merkezlerinin sayısı ile motopomp sayısı Çizelge 2.2' de gösterilmiştir. (İSKİ Yıllık Faaliyet Raporları)

Çizelge 2.2 İstanbul terfi merkezleri envanteri

İSTANBUL	Terfi Merkezi Sayısı (Ad)	Motopomp Sayısı (Ad)
Hamsu Terfi Merkezi	16	77
Temiz su Terfi Merkezi	78	303
TOPLAM	94	380

2.1.8 Suların dağıtılması

İsale hattının bittiği yerden itibaren suyu, sarfiyatın yapıldığı noktalara ileten borular sistemine su dağıtma sistemi veya şebeke denir. Yerleşme merkezi sokaklarının plandaki durumuna göre iki tip su dağıtma sistemi bulunmaktadır.

1. Dal sistemi

2. Ağ sistemi veya çok gözlü su dağıtma sistemi.

Ağ sistemini herhangi bir bölgeye içme ve kullanma suyunu birden fazla yönden iletmesi bakımından dal sistemine göre üstünlüğü vardır. Dal sisteminde ölü noktaların bulunması bir mahzur teşkil etmektedir.

İstanbul ilinde mevcut su şebeke durumu Çizelge 2.3' de boru cinslerine göre dağılımı gösterilmektedir. (İSKİ Yıllık Faaliyet Raporları)

Çizelge 2.3 İstanbul su şebeke durumu

Boru Cinsleri	Şebeke Uzunluğu (m)
Düktül Font	12.515.000
Çelik	7.600
PVC, PE, Diğer	599.664
TOPLAM	13.122.264

2.1.9 Su dağıtma sisteminin katlara ayrılması

Arazi kot farkları büyük olan şehirlerde tek şebeke ile su dağıtmak mümkün değildir. Zira alçak noktalardaki şebeke boruları çok yüksek basınçlara maruz kalırlar. Bu sebeple şebeke muhtelif katlara veya kademelere ayrılır. Her kademe müstakil hazne veya haznelerle beslenir. İller Bankası İçme suyu Talimatnamesine göre “Şehir veya kasaba bir yamaçta kurulmuş büyük kot farkları mevcut ise bu takdirde şehir, iki veya daha fazla sayıda katlara ayrılmalı ve her bir kat, müstakil şebekelerle (su dağıtma sistemleriyle) beslenmelidirler. Normal olarak işletme basıncı 20 m. den az olmamalı (büyük şehirlerde 30 m.) ve azami statik tazyik de 80 m. i geçmemelidir. Muhtelif kat depoları arasında müstakil ve tevzi yapmayan borularla irtibat sağlanmalıdır.

2.1.10 İşletme basınçları

İller Bankasının İçme Suyu Talimatnamesine göre küçük şehirler için şebekenin her noktasında en az 2 atü (20 mss) nüfusu 50.000 den büyük şehirler için ise en az 3 atü (30 mss) işletme basıncı gereklidir.

Azami işletme basıncı ise 80 mss alınmaktadır.

2.1.11 Yangın sarfiyatı

Yangın sarfiyatının dikkate alınmasında borular ana boru, esas boru ve tali borular olmak üzere üç kısımda mütalaa edilir. Ana boru, şehri besleyen hazne ile şehir arasındaki borudur. Esas borular daha küçük çaptaki tali boruları besleyen nisbeten büyük çaplı borulardır. Diğer borular tali borulardır.

Borular emniyet derecesine göre bu şekilde tasnif edildikten sonra, su dağıtma ağının ana, esas ve tali borularında göz önünde bulundurulması gerekli yangın debileri ile yangının devam süresi, talimatnamede şu şekilde verilmektedir.

Nüfusu on bine kadar olan kasabalarda ana ve esas borular 5 lt/sn ve tali borular 2,5 lt/sn lik ilave bir yangın debisi taşınmalı ve kasabada bir tek yangın olduğu ve yangının iki saat devam ettiği kabul edilmelidir. Nüfusu on bin ila elli bin arasında olan şehirlerde ise ana boru 10 lt/sn, esas borular 5 lt/sn, tali borular 2,5 lt/sn lik ilave bir yangın debisi taşınmalı ve şehirde iki yangın olduğu her birinin iki saat devam ettiği kabul edilmelidir.

Nüfusu elli binden büyük olan şehirlerde ise, ana boru 20 lt/sn, esas boru 10 lt/sn ve tali borular 5 lt/sn lik yangın sarfiyatı taşınmalı ve şehirde iki yangın olduğu ve 5 saat devam ettiği kabul edilmelidir.

Yangın muslukları hortum boyu 50-75 m kabul edilerek, herhangi bir noktada zuhur edecek yangını söndürmek üzere 100-150 m ara ile ve mümkün mertebe köşe başlarına konur.

2.1.12 Su dağıtım sisteminin teşkili ile ilgili hesap esasları

Şebekede dağıtılacak debi, isale hesap debisinin 1,5 katıdır. Yani şebeke hesap debisi,

$$Q_{\text{şebeke}} = \frac{1,5 \cdot N \cdot \text{Max } q_{\text{gün}}}{86400}$$

şeklinde hesaplanır. Burada;

N: Gelecekteki nüfus

Max q_g : Kişi başına maksimum (azami) günlük su sarfiyatı lt/ N.G dür.

Şebekede boruların hesap debilerinin bulunmasında, yangın debileri de ilave edilmelidir.

Borulardaki hızlar en az 0,5 m/sn ye kadar çıkabilir.

Borularda minimum çap ise 80 mm alınmalıdır.

Bilindiği şebekeler dal ve ağ sistemi olmak üzere ikiye ayrılır. Sisteme göre hesap esasları farklıdır.

Ağ sistemi şebekenin hesabında değişik metodlar kullanılmaktadır. Bunlar arasında en çok kullanılanları;

1. Ölü noktalar metodu
2. Hardy – Cross metodu
3. Eşdeğer borular metodudur.

2.1.12.1 Ölü noktalar metodu

Ölü noktalar metodunda, şebeke çeşitli noktalardan kesilerek dal sistemi haline getirilir. Kesilmiş kabul edilen bu noktalarda su akımı yoktur. Bu sebeple bu noktalara “ölü noktalar” denilir. Şebekelerdeki ölü nokta sayısı göz sayısına eşittir. Boru çaplarının ve ölü noktaların uygun seçilip seçilmediği kapalı çerçeveler boyunca yük kayıpları toplamının yaklaşık olarak birbirine eşit olup olmadığı tahkik edilerek anlaşılır. İller Bankası Yönetmeliğine göre ölü noktaya farklı yönlerden gelmesi halinde yük kayıpları arasındaki fark, nüfusu 50.000’ e kadar olan beldelerde en çok 1 metreden, 50.000’ den büyük olan beldelerde, yenileme ve genişleme projelerinde en çok 2 m. den fazla olamaz.

2.1.12.2 Hardy – Cross metodu

Bu metod bir kontrol metodudur. Bu metoda başlangıçta kabul edilen debiler veya yük kaybı değerleri şebeke hidrolik bakımdan dengelenene kadar sistematik olarak tashih edilirler. Buna göre Hardy – Cross metodları ikiye ayrılır.

a) Debileri Düzelterek Basınçları Dengeleme Metodu:

Bu metotta, seçilen şebeke gözlerindeki basınçlar dengeleninceye kadar debiler,

$$q = - \frac{\Sigma H}{1,85 \Sigma \left(\frac{H}{Q} \right)}$$

bağlantısına göre düzeltilir. Burada H borulardaki yük kaybı, Q boru debilerini, q tashih miktarını göstermektedir.

b) Basınçları Düzelterek Debileri Dengeleme Metodu

Bu metotta, seçilen şebeke düğüm noktasındaki debi değerleri dengeleninceye kadar basınçlar,

$$h = - \frac{1,85 \cdot \Sigma Q}{\Sigma \left(\frac{Q}{H} \right)}$$

Bağlantısına göre düzeltilir. Burada h, basınç düzeltme miktarını göstermektedir.

2.1.12.3 Eşdeğer boru metodları:

Tong ve arkadaşları bilinen basınç yüzeyi profillerini kullanarak, direkt olarak en uygun çapları veren eşdeğer boruları dengeleme metodunu geliştirmişlerdir. Bu metotta denklem (1) yardımı ile şebekenin bütün boruları yerine, 20 cm (8 inç) çapında ve Hazen-Williams katsayısı C=100 olan eşdeğer borular konulur.

$$L_e = L \left(\frac{100}{C} \right)^{1,85} \cdot \left(\frac{20}{D} \right)^{4,87} \quad (1)$$

Burada L gerçek boru boyu (m), D boru çapı (cm) ve C sabitedir.

Araştırmacılar matematiki olarak değil de, gözlem ve tecrübelerine göre (2) bağlantısını vermişlerdir. Yani şebeke borularında akış, yönlerini işaretlemişler ve seçtikleri

$$\sum L_e = 0 \quad (2)$$

bir yöne göre (mesela saat akrebi dönüş yönünü pozitif aksi yönü negatif) şebeke gözünü teşkil eden eşdeğer boruların uzunluklarının cebrik toplamının sıfır olduğunu görmüşlerdir.

Bu düşünceye istinaden denklem (3)' deki debi düzeltme faktörü çıkarılmıştır.

$$\Delta Q = \frac{\sum L_e}{1,85 \cdot \sum \frac{L_e}{Q}} \quad (3)$$

Her şebeke gözünü teşkil eden eşdeğer boruların cebrik toplamı sıfır yapıncaya kadar bu düzeltme faktörü ardarda uygulanmaktadır.

2.2 Kanalizasyon Sistemleri

Meskun bölgeye düşen yağmur suları ile bu bölgede meydana gelen ev ve sanayi atık suları iki farklı sistem ile uzaklaştırılır. Bölgede oluşan bütün atık sular ve yağmur suları tek bir kanalda uzaklaştırılıyorsa bu sisteme “Birleşik sistem” denir. Şayet yağmur suları bir kanal ağı ile atık sular bir başka kanal ağı ile uzaklaştırılıyorsa bu sisteme “Ayrık sistem” denir.

2.2.1 Kanal boyutlandırma esasları

2.2.1.1 Kanallara gelen kullanılmış su debileri

$$Q_{ev} = \frac{\max q_{gün} \cdot N}{a \cdot 3600} \text{ dir. Burada:}$$

Q_{ev} : Evlerden gelen kullanılmış su debisi (1 /sn)

$\max \cdot q_{gün}$: Nüfus başına isabet eden maksimum kullanılmış su miktarı (lt/ NG)

N : Kanalin suyunu topladığı nüfus

a : Kullanılmış suyun kanala intikal süresini (saat) göstermektedir.

“a” nın değerleri nufusa bağlı olarak aşağıda verilmiştir.

<u>Nüfus</u>	<u>a (saat)</u>
> 500.000	16
100.000 – 500.000	14
20.000 – 100.000	12
5.000 – 20.000	10
< 5.000	8

2.2.1.2 Kanallara gelen yağmursuyu debisi

$Q_y = C \cdot I \cdot A$ dir. Burada:

Q_y : Yağmur suyu debisi (1 m/sn)

A : Kanalın suyunu topladığı alan (ha)

I : Yağmur suyu verimi (1/sn. ha) = 166,7 . i (i = şiddet (mm/dk))

C : Yüzey akış katsayısı

2.2.1.3 Kanalların minimum ve maksimum hızları

Kanalların katı maddelerin çökmesine meydan vermeyen hıza “minimum hız” denir.0.5–0.6 m/sn kabul edilebilir.

Kanallarda aşınmaya yol açmayan en büyük hıza ise “maksimum hız” denir. Kullanılmış su kanallarında 3 m/sn ve yağmur suyu kanalları ile birleşik sistem kanalları için 5 m/sn kabul edilebilir.

2.2.1.4 Kanallarda minimum ve maksimum eğimler

Kanalda minimum akış hızı meydana getiren eğime “minimum eğim”, maksimum akış hızı sağlayan kanal eğimine “maksimum eğim” denir. Minimum Eğim $J_{\min}=0,003$, maksimum eğim $J_{\max}= 0,080$ ’ dir.

2.2.1.5 Doluluk oranları

Ayrık sistem kullanılmış su kanalları kısmen dolu akışa ($(h/D) = \%60$ veya $Q/Q_d = \%67$) göre boyutlandırılır.

2.2.1.6 Kanalların minimum boyutları

Bina bağlantıları 15 cm den, ayrık sistem kullanılmış su kanalları 20 cm den, yağmur suyu kanalları ile birleşik sistem kanalları 30 cm den küçük olmamalıdır.

2.2.1.7 Minimum ve maksimum kanal derinlikleri

Trafik yükü, donma derinliği içmesuyu boru derinliği ve bodrum derinlikleri göz önünde tutularak minimum derinlikler belirlenir. Bu derinlik 1,8 – 3,0 m arasında olabilir.

Maksimum derinlikler ekonomik mülhazalar göz önünde tutularak tesbit edilir. 4,5 – 6,0 m arasında olabilir.

2.2.1.8 Muayene bacası aralıkları

Kanal çaplarına ve baca fonksiyonuna göre değişir. $D < 55$ cm için 50 m den, $D < 80$ cm için 70 m den küçük olabilir.

2.2.1.9 Yağmursuyu giriş yerleri

Cadde eğimine bağlı olarak belirlenir. Giriş yeri aralığı Çizelge 2.4’ de gösterilmiştir.(Topacık ve Eroğlu,1993)

Çizelge 2.4 Yağmur suyu giriş yerleri aralığı

Cadde eğimi, %	0 – 1	3 - 5	5 – 10	10 - 30
Giriş Yerleri Aralığı, (m)	40	40 – 60	60 – 80	80 - 100

2.2.2 Kanalizasyon şebekesi

Atıksuları toplamaya, uzaklaştırmaya ve arıtma tesislerine iletmeye yarayan tesis ve yapılardan oluşan muhtelif çap ve kesitdeki boru sistemleridir. Kanalizasyon sistemlerini fenni ve gayri fenni kanal olarak iki kısma ayırabiliriz. Fen ve sanat kaidelerine uygun yapılmayan kanallar gayri fenni olarak adlandırılır. Buna göre İstanbul ilinde mevcut kanalizasyon şebeke durumu Çizelge 2.5’ de gösterilmiştir. (İSKİ Yıllık Faaliyet Raporları)

Çizelge 2.5 İstanbul kanalizasyon şebeke durumu

Kanal Türü	Kanal Şebeke Uzunluğu (m)
Fenni Kanal	9.602.163
Gayri Fenni Kanal	1.266.587
TOPLAM	10.868.750

2.2.2.1 Atıksu kaynakları

Kullanım veya faaliyetleri neticesinde atıksu üreten konut, endüstri kuruluşu, zirai alanlar, iş merkezleri, ticari binalar, okul, hastane, otel, spor kompleksleri, oto yıkama istasyonu, fabrika, atölye, benzinlik, imalathane ve benzeri yapıları ifade eder.

2.2.2.2 Atıksu bağlantı kanalı (Rabit)

Atıksu kaynaklarının ürettiği atıksuları parselin cephe aldığı yollardan geçirilen en uygun kottaki kanalizasyon şebekesine ileten, komşu parsel hizalarını ihlal etmeyecek bir konumda ve parsel bacası ile irtibatlı, Ø20 cm çapında muflu beton boru (MBB) veya asbestli çimento (AÇB) borularla minimum 1/50 eğimde fen ve sanat kaidelerine uygun döşenerek, akış yönünde ve yatayda 60 derecelik açı yaparak sokaktaki kanala bağlanan parsel sahiplerinin mülkünde olan kanallardır. İstanbul ilinde yaklaşık 900.000 adet bina olduğuna göre rabıt sayısı da yaklaşık bu kadardır.

2.2.2.3 Parsel baca (Rögar)

Atıksu deşarjlarını kontrol altına almak ve arızalara müdahale etmek amacıyla binaların kanalizasyon şebekesi bulunan cephelerindeki tretuarda ve parsel içindeki atıksu bağlantı içindeki atıksu bağlantı kanalı ile irtibatlı olarak, fen ve sanat kaidelerine uygun inşa edilmeleri mecburi olan bacalardır. Bu bacalar aşağıdaki özellikleri taşımalıdır:

1.Parsel bacaları, içine insan girebilecek bir şekilde, minimum (70*70) cm iç ebadında

olmalıdır.

2. Derinlikleri ait oldukları binanın ve bağlantıları kanalizasyonun derinliği ile orantılı olarak değişmelidir.

3. Kapakları her an açılacak durumda olmalıdır.

2.2.2.4 Kontrol bacası (Fenni baca)

Kanalizasyon Şebekesinin bakımı ve işletilmesi amacıyla içine insan girebilecek kesitte fen ve sanat kaidelerine uygun inşa edilmiş olan bacalardır.

3. MEVCUT ALTYAPI SİSTEMLERİNİN İŞLETME PROBLEMLERİ

3.1 İçme Suyu Hatları İşletme Problemleri

İçme suyu şebekelerinin işletilmesinde karşılaşılan problemleri şu şekilde sıralayabiliriz.

- Şebeke borularının arızalanması,
- Şebeke üzerindeki bina bağlantı noktasında tesis edilmiş bulunan ana muslukların arızalanması,
- Şebekeden binaya kadar döşenmiş olan ve şube yolu diye adlandırılan bağlantılarda meydana gelen arızalar,
- Şebeke üzerinde bulunan hat vanası, tahliye vanası ve vantuz gibi yapılarda meydana gelen arızalar olarak açıklanabilir.

3.1.1 Ana şebeke borusu arızaları

Şebeke borularında çeşitli nedenlerle arızalar meydana gelir. Bunlar,

- Boru malzemesinin kalitesinden ve ekonomik ömrünü tamamlaması dolayısıyla işletme basıncına dayanamayarak oluşan arızalar,
- Diğer alt yapı kuruluşlarının kazı çalışması esnasında oluşan hasarlar,
- Düğüm noktalarında meydana gelen arızalar, şeklinde sıralanabilir.

İstanbul ilinde yıllara şebeke hatlarında meydana gelen arıza sayıları Çizelge 3.1' de verilmiştir. (İSKİ Yıllık Faaliyet Raporları)

Çizelge 3.1 İstanbul ili yıllık şebeke borusu arıza sayıları

YILLAR	Arıza Sayısı / Adet
2004	6102
2003	5660
2002	5062

3.1.2 Şube yolu arızaları

Şebeke borusu ile mevcut binalara su temini maksadıyla döşenen plastik, galvaniz, kurşun gibi malzemelerden teşkil edilmiş ortalama çapları Ø 25 mm ilâ Ø 100 mm arasında değişen borulardır. İstanbul genelinde ise kullanılan çap türleri ise Ø 32 mm ve Ø 40 mm lik polietilen mamulden üretilmiş borulardır. İstanbul’ da yaklaşık 900.000 adet bina olduğuna göre işletmede bulunan şube yolu sayısında bu miktardadır. Şube yollarının genelde 2 ~ 10 metre arasında değişen uzunluklara sahiptir. Bazı özel durumlarda 10 metreyi geçen şube yolları da mevcuttur. Bu hatlarda meydana gelen arıza sebepleri de şu şekilde sıralanabilir;

- a) Şube yolu malzemesinin tıkanması (özellikle eski kurşun ve galvaniz tesisatlarda korozyon sebebi ile) sonucu oluşan arızalar,
- b) Dış etkenlerden kaynaklanan (Güneş etkisi ile açıkta kalan kısımlarda oluşan deformasyon ile soğuk havalarda plastik şube yollarında malzeme dayanımının azalması sonucu oluşan) arızalar,
- c) Diğer alt yapı kuruluşlarının kazı çalışması esnasında oluşan hasarlar,

olarak açıklanabilir.

İstanbul ilinde yıllara göre şube yollarında meydana gelen arıza sayıları Çizelge 3.2’ de verilmiştir. (İSKİ Yıllık Faaliyet Raporları)

Çizelge 3.2 İstanbul ili yıllık şube yolu arıza sayıları

YILLAR	Arıza Sayısı / Adet
2004	304.793
2003	250.925
2002	230.390

3.2 Kanalizasyon İşletme Problemleri

Türkiye’de belediye teşkilatı kurulmuş yerleşim merkezlerinin neredeyse yarıya yakınında sağlıklı olarak inşa edilmiş ve fenni kurallara göre işletilen atıksu toplama sistemleri mevcut değildir. Mevcut kanalizasyon şebekelerinin önemli bir kısmının ise maksadına uygun hizmet verdiğini söylemek mümkün değildir. Özellikle küçük yerleşimlerde inşa edilen atıksu toplama sistemlerinin işletilememesi sonucu çevreye hoş olmayan kokuların yayılması sonucu

orada yaşayanlar tarafından bacaların toprakla doldurularak sistemin tamamen devre dışı bırakıldığı görülmektedir. Bütün bunlar büyük ölçüde, sadece yöneticiler değil teknik elemanlar arasında bile, kanal sisteminin inşa edilmesinden sonra yapılacak bir şeyin kalmadığı, yani işletme problemleri olmadığı, kanaatinin yaygın olmasından kaynaklanmaktadır.

Kanalizasyon (atıksu toplama) sistemleri pahalı altyapı yatırımlarıdır. İller Bankası tarafından inşa edilen 85 kanalizasyon şebekesinin maliyeti üzerinde yapılan bir çalışmada, 30.000 den büyük nüfusa sahip yerleşimler için kişi başına düşen kanalizasyon inşa maliyetinin 125 ABD Doları mertebesinde olduğu belirlenmiştir. Buradan hareketle İstanbul için sadece kanalizasyon inşa maliyetinin 1,5 milyar ABD Doları mertebesinde olduğu görülmektedir. Bu değere ana kollektörleri ve atıksu terfi merkezi inşa maliyetleri de dahil edildiğinde toplam atıksu toplama maliyeti 3 milyar ABD Doları mertebesine çıkmaktadır. Bu değerler kanalizasyon şebekesi gibi altyapı tesislerinin ilk yatırım maliyetleri hakkında bir fikir vermektedir. (Tuna ve Kınacı, 1999)

Kanalizasyon şebekeleri gibi çevresel altyapı hizmetlerinin faydalarını kısa sürede görmek mümkün olamamaktadır. Diğer taraftan bu tesislerin faydalarını ölçülebilir büyüklüklerle ifade etmekte güçlüklerle karşılaşmaktadır. Bunun sonucu çevresel altyapı tesisleri diğer yatırımlara nazaran daha geri planda kalmakta, gerekli kaynak temini zorlaşmaktadır. Bütün bu sebeplerden dolayı kanalizasyon şebekeleri bazı yönetici ve halkın gözünde bazen toprağa gömülen para olarak değerlendirilebilmektedir.

Kanalizasyonda inşaat hatalarının yanında önceden kestirilemeyen bazı sebepler dolayısıyla da önemli işletme problemleri ortaya çıkabilmektedir. Mesela atıksu debisinin dolayısıyla akım hızının beklenenden düşük çıkması kanalda birikmelere yol açmaktadır. Birikmeler akımı önlemekte ve kanal içinde biriken organik maddelerin anaerobik ortamda stabilizasyonu sonucu metan (CH_4), hidrojen sülfür (H_2S) ve benzer özellikte çok sayıda yanıcı, patlayıcı ve korrozif özelliğe sahip gaz ortaya çıkmaktadır. Bu gazlardan bazıları, mesela metan, bazen eşik değerlerin üzerine çıktığında kendiliğinden patlayabilmekte, bu da kanalizasyon patlaması diye bilinen kazalara yol açmaktadır. Diğer taraftan H_2S gibi belirli bir değere kadar kötü kokuya sebep olan, ancak eşik değerler aştığında kokusu hissedilmeyen gazlar, özellikle temizlik çalışmaları sırasında, ani zehirlenme ve ölümlere yol açmaktadır. H_2S gazının yoğunluğunun fazla olması düşük kotlu noktalarda (bacalarda, binaların taban kısımlarında veya fosseptik içinde) birikmesine yol açmakta, bunun sonucunda koku ve

benzeri hiçbir olumsuz etki görülmezken içeri giren kişi aniden fenalaşarak hayatını kaybedebilmektedir. İşletme sırasında belirli noktalara konulacak sensörler vasıtasıyla eşik değerlere ulaşıldığında bacalardan otomatik olarak hava emilmesi suretiyle bu gazların kanal içinde tehlike sınırlarının altına düşürülmeleri sağlanabilir. Diğer taraftan kanalda birikmeleri önlemek için su hızları otomatik olarak kontrol edilip 0,5 m/s değerinin altına düşürüldüğünde yıkama bacasından otomatik olarak kanal yıkama suyu bırakılabilir. Bunlara benzer çok sayıda işletme problemi ve bu problemler için çözüm üretmek mümkündür.

3.2.1 Rabıt tıkanıklığı

Bez, çaput, özel pet türü maddeler, tüy, üstüğü gibi maddelerin evsel atıksulara atılması, rabıtların tıkanmasına sebep olmaktadır. Hatalı bağlantılarda zamanla ortaya çıkmakta olan ve tıkanarak tamiri güç problemler oluşturmaktadır. Tıkanıklıklar kanal açma araçları ile açılabilir. Ancak çökme, hatalı bağlantılar gibi durumlarda kanal açma araçları ile açılmadığında tamirat kazı işlemi ile yapılmaktadır. (İSKİ Yıllık Faaliyet Raporları)

İstanbul ilinde yıllara göre rabıt tıkanıklığı şikayeti Çizelge 3.3' de verilmiştir.

Çizelge 3.3 İstanbul ili rabıt tıkanıklığı sayısı

YILLAR	Rabıt Tıkanıklığı Sayısı (Adet)
2004	75.325
2003	63.507
2002	78.311

3.2.2 Kanal tıkanıklığı

Baca kapaklarındaki boşluklardan kum, çakıl, toprak, sopa, çubuk , rabıt pislikleri, tekstil ve sanayi atıklarının dökülmesi kanalların tıkanmasına sebep olmaktadır. Ayrıca birleşik sistem olarak çalışan kanalarda, yağmur sularıyla kanal içindeki pisliklerin bir noktaya toplanarak birikmesi de kanalı tıkanmaktadır.

İstanbul ilinde yıllara göre Kanal Tıkanıklığı Sayısı Çizelge 3.4' de verilmiştir. (İSKİ Yıllık Faaliyet Raporları)

Çizelge 3.4 İstanbul ili kanal tıkanıklığı sayısı

YILLAR	Kanal Tıkanıklığı Sayısı (Adet)
2004	33.571
2003	26.069
2002	28.645

3.2.2.1 Kanal çökmesi

Boruların eskimesi, H₂S korozyonu, eski büz olan yerlerde kanal tıkanıklığını açmak için kanal açma aracıyla basınçlı su verilmesi gibi hususlar kanallarda çökmeye yol açabilmektedir.

3.2.2.2 Atık yağ

Lokanta, pastane, oto yıkama, petrol istasyonlarından v.b. yerlerden kaynaklanmaktadır. Bu yağlar hem kanallarda işletme problemlerine yol açmakta, hem de arıtma tesisinin çalışmasını olumsuz yönde etkilemektedir.

3.2.2.3 İmalat hatası

Ters eğim, aşırı eğim, yetersiz eğim, büzlerin contasız döşenmesi, kırık büzlerin döşenmesi, rabıtların sağlıksız yapılması, hatalı çap seçilmesi, imalat hataları da önemli işletme problemlerine yol açmaktadır.

Kanalizasyon tıkanıklarının açılmadığı, sistemde çökme, eskime, hatalı eğimden kaynaklanan problemlerin olması dolayısıyla müdahale edilmesi gerekmektedir. Bu müdahale genel de onarım kazısı şeklinde gerçekleşmektedir. Bazı durumlarda nokta kazı diye tabir edilen sadece arıza noktasının kazılarak tamir edilmesi söz konusudur. Eğer sistem nokta kazısı ile tamir edilememesi durumunda iki baca arası kanalizasyon sistemi yenilenmektedir. Bazı durumlarda ise daha uzun metrajlı onarım da söz konusu olmaktadır.

İstanbul ilinde izah olunan şekilde yıllara göre yapılan Kanalizasyon onarımı Çizelge 3.5' de gösterilmiştir. (İSKİ Yıllık Faaliyet Raporları)

Çizelge 3.5 İstanbul ili kanalizasyon onarımı

YILLAR	Kanalizasyon Onarımı (metre)
2004	147.415
2003	155.195
2002	145.812

3.2.3 Kanalizasyon şebekesinin işletilmesinde kullanılan araçlar

3.2.3.1 Kanal işletmesinde basınçlı su ile kanal temizleme aracı (kuka) faaliyeti

Basınçlı Su ile Kanal Temizleme Aracı üzerinde su tankına sahip olan ve yüksek basınçlı su püskürtebilen hortumu ile tıkanmış kanalları açabilen bir araçtır. Bu araçlar gayrimenkullerin kanal bağlantılarındaki (rabıt) tıkanıklığı basınçlı su ile açmakta kullanılmaktadır.

3.2.3.2 Vidanjör

Vidanjör, atıksu çukurlarında (fosseptik) ve kanal bacalarında biriken atıksuları vakum ile tanklarına çekip, istenilen yere taşıyarak boşaltan bir araçtır. Bu araçlar aşağıdaki durumlarda kullanılmaktadır :

- Kanalizasyon şebekesinin tıkanmasından kaynaklanarak gayrimenkullere dolan atıksuların çekimi
- Kanalizasyon şebekesindeki atıksuların ve teressubatin bacalardan çekilmek suretiyle çekilmesi
- Bacalara dolmuş gazların tahliyesi
- Periyodik kanal bakım faaliyetlerinde kullanmak
- Rabıt tıkanıklığı sonucu meskenlerin bodrum katlarına dolan atıksuların boşaltılması

4. KAPALI DEVRE TELEVİZYON SİSTEMLERİ

4.1 Kanalizasyon Borularının İçinin Yerinde Denetlenmesi

Meydana gelen işletme problemleri kanalizasyon sistemleri iç kısımlarının görsel olarak denetlenmesini gerektirir. Mevcut denetleme tekniklerini kanalizasyon aydınlatma, baca denetleme ve büyük tünellerin insan girişli görsel denetlemesi olarak sıralamak mümkündür. Bu metotlar hala kullanılmaktadır. Öte yandan günümüz toplama sistemi operatörleri güvenli denetim yapabilmek için video kameraları kullanmaktadırlar.

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 tesbit edilebilir. Bu sistemde, ilk yatırım iyileştirmeleri, hat bakımı ve rehabilitasyon ihtiyaçlarının analiz edilmesi için gerekli olan detaylı spesifik verileri sağlar.

Bu bölümde TV güvenliği, ekipman bakımı ve işletme problemleri ana başlıkları oluşturmaktadır. Tarihsel olarak kanalizasyon denetimleri insan girişleri ve aydınlatma ile sınırlı idi. Spesifik video ekipmanlarının geliştirilmesi toplama sistemi denetimine büyük yenilikler getirdi. Günümüzde artık bakım ve rehabilitasyon kararları, TV denetim sonuçları baz alınarak verilmeye başlanmıştır.

CCTV ekipmanı su geçirmez video kamera, güçlü bir ışık kaynağı, kamera taşıma mekanizması, video işlemcisi ve kamera kontrol ekipmanından meydana gelmektedir. Video sinyali bir televizyon yayını değildir. Aslında video sinyali kamerayı bir taşıyıcıya bağlayan kablo vasıtasıyla sağlanır. Devre, kamera ve TV monitörü arasında kapalı bir düğümdür. Bir portatif jeneratör güç sağlar. Video görüntüleri gelecekte kullanılmak üzere bir kasete kaydedilir.

4.2 Kamera Sistemlerinin Karşılaştırılması

4.2.1 Konfigürasyonlar

Günümüzde çok çeşitli kamera sistemleri mevcuttur. Çapları 5 cm' den 180 cm'ye kadar değişen kanallar kamera tarafından denetlenebilir. Çoğu kanalizasyon hatları 20-30 cm çapına sahiptirler. Çoğu kameralar bu kanal boyutuna göre dizayn edilmektedir. Gerekli olan ekipmanlar kamera, kamera taşıyıcı sistemi kablo makarası, video monitörü, video kayıt

cihazı ve taşınabilir jeneratör olarak sıralanabilir. İsteğe bağlı ekipmanlar, video işlemciler, sabit fotoğraf ekipmanı, veri kütükleri olarak sıralayabilir. Kamera sistemleri portatif veya modüler olup tır veya kamyonet taşınımlıdır. (Parcher, 1998)

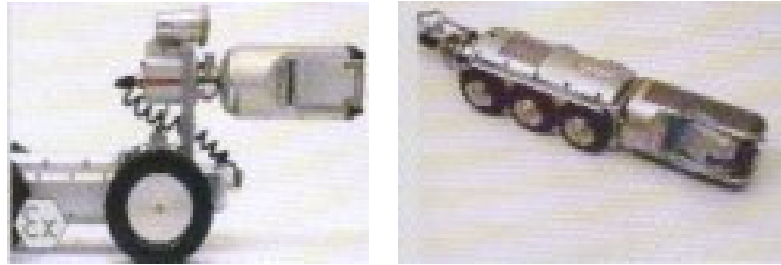
4.2.2 Kamera tipleri

4.2.2.1 Siyah-Beyaz kameralar

Bu tip kameralar renkli kameralara göre daha ucuz ve daha az karmaşıktır. İyi bir resim için daha az ışığa gereksinim duyarlar. Siyah-Beyaz kameralar renklilere göre resim hakkında daha az bilgi verirler. Bu kameralarda çoğu şey beyaz gözüktür. Bu yüzden kırıkları gözden kaçırmak ihtimal dahilindedir. (Parcher, 1998)

4.2.2.2 Renkli kameralar

Renkli kameralarla ilgili gelişmeler çok heyecanlandırıcıdır. Siyah-Beyaz kameralara göre resim hakkında daha objektif ve detaylı bilgi veririler. Renkli kameralarla çoğu ince ayrıntıların görüntülenmesi mümkündür. Bu kameralar çok pahalıdır ve güçlü ışığa ihtiyaç duyarlar. Bu kameralarda eksiklikleri görmek çok kolaydır, kırık ve çatlaklar çok kolay tespit edilebilir. Resim 4.1' de kamera resimleri gösterilmektedir.



Resim 4.1. Kamera resimleri

4.2.2.3 Görüntü

Video görüntüleri çözümü olarak adlandırılan bir seri yatay çizgilerdir. Basit siyah-beyaz kameralar 200 çizgili çözülemeye sahiptir. Çoğu renkli kameralar ise 460 çizgili çözülemeye sahiptirler. Bunlar yüksek çözümü olarak kabul edilirler. Hatta bazı kameralar 600 çizgiden fazla çözülemeye sahiptirler. Çok çizgili çözümler video resmi hakkında açık ve detaylı bilgi verir. (Parcher, 1998)

4.2.3 Aydınlatma sistemleri

4.2.3.1 Lambalar

Kanalizasyon sistemleri karanlıktır. Video kameralarının resim gösterebilmesi için ışık kaynaklarına ihtiyaçları vardır. Kamera kanalizasyon içinde hareket ederken ışık ona eşlik eder. Işık sistemleri kızıl ötesi, kayış üzerinde hareket edebilen yardımcı ışıklar ya da kamera başlığına entegre olmuş sistemlerden oluşmaktadır. Işık başlığı su geçirmez olmalıdır. Mercek etrafındaki conta sayesinde ışık korunur. Ampuller kolayca değiştirilebilmelidirler.

4.2.3.2 Lüks

Lüks, kamera tarafından gereksinim duyulan minimum ışık yoğunluğunu ölçer. Kedi gözleri düşük lükstedir. Bu lüksler görmek için ufak bir ışığa ihtiyaç duyarlar. Yüksek lüks kameraları güçlü ışık kaynağına ihtiyaç duyarlar. Çoğu renkli kameralar 3-5 lüks kapasitesindedirler. Kamera seçiminde lüks dikkate alınması gereken bir faktördür.

4.2.3.3 Kızıl ötesi ışıklar

Küçük çaplı boru sistemlerinin kamera ile denetimi için kızıl ötesi ışık halkaları kamera başlığına eklenmiştir. Bunlar düşük güce sahiptirler. Küçük kanalizasyon sistemlerinin video ile denetimi için ışık saçarlar.

4.2.4 Kablolar

Kamera kabloları tekil veya çoklu iletken hatlarına sahiptirler. Korunumlu dış kablolar genelde fiberglass çubuk, paslanmaz çelik veya kauçuk ile çevrelenmişlerdir. Kamera seçiminde tekil veya çoklu iletken kamera sistemleri arasında tercih yapılabilir. Bazı üreticiler bu özelliklerden sadece birine sahipken bazıları da her iki sistemi birleştirmişlerdir. Kamera seçimi tamamen kişisel tercihe, fiyata ve kullanım amacına göredir.

4.2.4.1 Çoğul kondüktör

Her kamera, fonksiyonunu kontrol eden ayrı kablolarına sahiptir. Işıklar, kamera sinyali, odaklama, göz, kamera oynar başlığı taşıyıcı fonksiyonlar ve yer ayrı kablolarına sahiptir. Kamera bağlantısını yeniden yapmak çok zordur; dolayısıyla her bir kablo direkt olarak lehimlenmelidir. Çoğul kablo kalınlığından dolayı ağırdır. Çoğul kameralar genellikle bir hatta bağlı olarak hareket eder.

4.2.4.2 Tekil kondüktör

Tekil kondüktörler çok yönlüdürler. Merkezdeki kablo çok sıcaktır. Tekil kondüktörler dalga boyu sayesinde farklı fonksiyonları birbirinden ayırır. Ses panosu farklı sinyalleri gönderir, kabul eder ve yorumlar. Sistem farklı frekanslarda aynı zamanda aynı kabloda seyahat eden bir radyo gibi çalışır her iki yönde de sinyaller eş zamanlı gider. Bu yönleri arabadan kameraya kontrol direktifleri ve kameradan arabaya tekrar video sinyalleri olarak tanımlanabilir. Bu kablolar ince ve hafiftir. Bu kablolar makarayla temin edilebilir.

4.3 Kapalı Devre TV Sistemleri İle Kanalizasyon Şebekesinde Görüntü Almada Karşılaşılan Problemler

4.3.1 Düğümleme

Çoğu kameraların problemi genelde elektriksel aksamdan kaynaklanmaktadır. Kameralar kablolarla esnek bir sistemle bağlanır. Örne kablolar video sistemlerinde kritik bir bağlantı oluştururlar. Uçlardan biri kameranın yakınına monte edilir; diğeri ise kablo sistemine lehimlenir. Çoğu TV'ler de ki problemler bu örne kablolardan meydana gelmektedir.

4.3.2 Süreklilik

Süreklilikten yoksun olmak bir kablonun ya da bağlantının koptuğunu gösterir. Tekil kondüktör sistemlerinin test edilmesi, tamir edilmesi ve yeniden başlatılması çoğul kondüktör sistemlerine göre daha kolaydır. Tekil bir kablonun sürekliliğinin kontrol edilmesi çok ortamda çoğul kondüktöre göre daha kolaydır.

4.3.3 Erime

Olumsuz bir ses bir erime video sinyali verir. İç kısımdaki kameranın arızalanması üretici firmanın tamir etmesini gerektirir. Elektriksel bağlantılardan suyun uzak tutulması çok önemli bir konuyu teşkil eder. Elektriksel kontak temizleyici spreyi kullanarak su uzaklaştırılır ve bağlantılar temizlenir.

4.3.4 Contalar

Bulanık video görüntüsü merceğin içi kısmındaki rutubetin yoğunlaşmasından kaynaklanmaktadır ve bu merceğin contasının su sızdırdığını gösterir. Contanın silikon yağı ile kaplanması sızıntıyı engeller. Işıktan kaynaklanan sıcaklık merceğin contasını kurutur.

Yoğunlaşma genelde kışın problem olmaktadır. Kamera başlığının kanalizasyon içine bırakılmadan önce ısıtılması buzlaşmayı ve yoğunlaşmayı önler.

4.4 Taşıyıcılar

Kameralar denetleme yapılan kanalizasyon hatları içinde hareket ederler. Operatörler bir çok metodu kullanarak kamerayı kanalizasyon hattı içinde iterler, çekerler ya da durdururlar. Ayrıca kamerayı arabaya doğru geri çekerler. Bunlar aşağıdaki yöntemlerden biri ile yapılabilir.

- Katı çekme kablolar
- Tekerlekli taşıyıcılar
- Vinçler ve kaydırıcılar
- Jetli drug kameralar
- Flotasyon aletleri

Diğer kamera taşıyıcı tekniklerine ihtiyaç olmaksızın kendi kendine hareket eden kameralar özgürlük ve esneklik sağlar. Kamera boru hattından aşağı doğru uzaktan kontrol ekipmanı ile hareket ettirilir ve bir video kablosu vasıtasıyla geri çekilir. Kameranın ileri itilmesi için bir vinçe veya başka bir ekipmana gerek yoktur. Kendi kendine hareket eden taşıyıcılarla TV ekipmanı bağımsız çalışır. Kamera taşıyıcı ünitenin önünde veya üzerinde durabilir; bu üretici firmaya bağlıdır. Güçlü su geçirmez elektrik motorları aksı hareket ettirirler. Farklı teker ve lastikler aksa ilave edilmiş durumdadır. Çok çeşitli taşıyıcı sistemler vardır. Bu taşıyıcıların çoğu kamera sistemlerinin aksesuarı olarak tescillenmişlerdir. İziciler ve taşıyıcılar olmak üzere iki temel kategoriye ayrılırlar. (Parcher, 1998)

4.4.1 Düşük debili TV teknikleri

Yerleşim ve hafif ticari aktiviteye sahip yerlerden gelen kanalizasyon debileri genellikle düşük olur. Düşük debili borular genellikle % 40 doluluk oranında akar. Düşük debili kanallarda yüksek üretimli TV teknikleri kullanılabilir. Kamera düşük hacime sahip yerlerde akımla aynı veya akıma ters yönde hareket edebilir. TV ile denetleme işi yapılmadan önce ortama Jet hava sirkülasyonu yapılır ve bütün bitkisel kökler uzaklaştırılır. Üç tip TV işletimi yapılır. Bunlar rutin denetleme ve sayım, yeni yapı denetimi ve problem olan noktaların araştırılması olarak sıralanabilir.

4.4.1.1 Denetim ve sayım

Her boru hattı denetlenir ve boru hattındaki mevcut durum dokümente edilir. Bu tip TV operasyonu sistemde oluşan eksiklikleri, bitkisel köklerin yerini ve çatlakların yerini tespit eder. Bu denetim ve sayım tekniği zaman alıcı bir işlemdir ama sistemde bir harita koordinatı üzerinde bitirildiği zaman kanalizasyon sisteminin komple bilgileri çıkartılmış olunur. Daha sonra çıkabilecek problemler TV verileri baz alınarak tespit edilir ve çözülür. Bu denetim ve sayım dokümanlarından elde edilen bilgilerle bir veri tabanı oluşturulabilir. (Parcher, 1998)

4.4.2 Yüksek debili TV teknikleri:

Kapalı devre TV kameraları su altında çalışan kameralar değildir. Eğer debi çok fazla ise TV'nin kullanılabilme şansı çok azdır. Temizsu kuyularının tam tersine atıksu videonun merceğini sardığı zaman görüntü bulanık olur. Genellikle eğer debi %50 kapasite ve daha üzerindeyse sistemin susuzlaştırılması istenir. Susuzlaştırma şu yollarla yapılır. Sistemin bir müddet kapanması, BY-Pass'ların açılması, jet kullanma ya da TV'nin gecenin geç saatlerinde kullanılması. (Parcher, 1998)

4.5 TV Kullanım Alanları

TV denetim ekipmanları birçok kullanım alanına sahiptir:

- 1) Boru hattı temizleme işleminin denetiminde
- 2) Kök mahallinin tespitinde ve köklerin verdiği zararın miktarının dokümente edilmesinde
- 3) Eksikliklerin yerinin belirlenmesinde ve tanımlanmasında
- 4) Arıza telefonlarının cevaplanmasında
- 5) Çürüme ve korozyon hızının dokümente edilmesinde
- 6) Boru hattının değerlendirme ve analizi için veri sağlamada
- 7) Boru hattında rehabilitasyon ve robotların kullanılmasında rehberlik etmede
- 8) Sayım işlemlerinde ve tıkaçların takılmasında
- 9) Yollarının yeniden yapılma aşamasında kanalizasyon sistemine verdiği zararın değerlendirilmesinde

- 10) Yeni yapıların denetiminde
- 11) Sızma ve debi çalışmalarının gerçekleştirilmesinde
- 12) Kapasite, debi ve hidrolik çalışmaların gerçekleştirilmesinde

Bu kullanım alanlarından bazıları hakkında aşağıda kısaca bilgi verilmiştir.

4.5.1 Ön temizlik

Boru hattı TV tarafından denetlenmeden önce temizlenmelidir. Temizleyici firmalar genellikle ön temizlik işlemlerini yapmazlar. Öte yandan ön temizlik işlemi yapıldıktan sonra gerçekleştirilen TV çekimleri çok net görüntüler oluşturur. Gizli hatalar genellikle kirli boruların içinde saklı kalabilirler. Taşıyıcılar temiz boruların içinde rahatlıkla hareket edebilirler. TV ler temizlik işleminin verimliliğinin değerlendirilmesinde kullanılabilir.

4.5.2 Kökler

Büyük miktarda oluşmuş kökler sistemi tıkamadan önce sistemden uzaklaştırılmalıdır. Köpük işlemi uygulandığı zaman TV bilgileri çok kullanışlı olur. Bütün boru sisteminin köpüklenmesi yerine spesifik kökler sistemden uzaklaştırılabilir. Boru hattının çürüme hızı ardışık video görüntülerinin karşılaştırılması ile tespit edilir. Hatta asidik koşullar olduğu zaman sistemin çürüme hızı artar. Beton borular korozyon işlemine tabii olduğundan dolayı sürekli denetim altında tutulmalıdır.

TV köklerin toplama sistemine tam olarak nerden girdiğini tespit edebilir. Köklerin verdiği zarar analiz edilebilir ve miktar belirlenebilir. Kökler sistemin tıkanmasını gerçekleştirmeden önce uzaklaştırılmalıdır. Sisteme köpük uygulama işlemi yapılırken TV bilgileri çok yararlı olur. Bütün sistemin köpüklenmesi yerine spesifik kökler belirlenir ve uzaklaştırılır.

4.5.3 Çürüme

Sistemdeki çürüme hızı ardışık video görüntülerinin karşılaştırılması ile belirlenebilir. Sistemde asidik koşullar olduğu zaman yapı çok çabuk zarar görür. Beton borular korozyonda etkilenirler ve dolayısıyla sürekli denetlenmelidirler.

4.5.4 Oranlama ve değerlendirme

Spesifik eksikliklerin ve koşulların kategorize edilmesi ile, bir objektif oranlama sistemi bütün toplama sistemine uygulanabilir. Literatürde iyi, normal, zayıf ve kritik oranlama

programını kullanılır. Bu program video kasetlerine bakılarak belirlenir ve inceleme yapılan eksikliklerin kategorisi tanımlanarak ortaya konur. TV bilgileri oranlama olayını çok kolay hale getirir. İyi bir oranlama sistemi bakım işlemini bütçe, planlama ve program açısından kolay hale getirir.

4.5.5 Robotlar

Boru hattı rehabilitasyon robotları kullanılarak kanalın iç kısmı tamir edilir. Robotik ekipmanlar TV'nin bulunduğu araçtan kumanda ve kontrol edilirler. Robotlar sistemde bulunan baca kapaklarını söküp içeri girdikten sonra tamir işlemini yapıp dışarı çıkarlar ve baca kapağı tekrar uygun şekilde kapatılır. Ayrıca sistemdeki çatlakları tespit ederek epoksi ya da infiltrasyon çözeltileri ile doldururlar. Robot işlemleri canlı olarak videodan izlenebilirler. Robotik işlemlerin gerçekleştirilebilmesi için çoklu kondüktör kablolarının kullanılması gerekir.

4.5.6 Kanalizasyon bağlantı envanteri

Kanalizasyonda TV hareket ederken her kanalizasyon bağlantısı için denetim ve envanter çalışması yapılır. Bağlantılar arasındaki zaman farkı ve uzaklıklar kaydedilir. Her bağlantının adresi belirlenir. Böylelikle kaçak ve terk edilmiş bağlantılar tespit edilir.

Eski kanalizasyon sistemleri genellikle ekstra bağlantı noktalarına sahiptirler. Bu sistemlerde bu eski bağlantı noktaları terkedilmiştir. Kameralar mevcut ve terk edilmiş bağlantıları çok iyi bir şekilde belirleyebilmektedir.

4.5.7 Yol çalışmaları

Yolların bozulmasının bir nedeni yolun zemin kısmının yeterli derecede sıkıştırılmamasından kaynaklanmaktadır. Yol yapım çalışmaları sırasında yolun üst tabakası kaldırılır. Ağır vibrasyona sahip sıkıştırma makineleri kanalizasyon hattını çatlatabilir veya kırabilir. Asfalt dalgalı şekil aldığı zaman aynı zamanda menhol de dalgalı şekil alır. Bu genellikle boru hattını çatlatır. Kanalizasyon sisteminde yol çalışmalarından önce ve sonra TV ile denetleme çalışması yapılabilir.

4.5.8 Yeni sistemler

Yeni borular basınç ve burkulma testinden geçirilirler. Boruları gözle incelemek yeterli bir işlemdir. Buna rağmen bazı kuruluşlar boruların taşınması ve kabulünden önce TV denetimini

zorunlu kılar. PVC borular bile taşınma sırasında kırılabilirler. Borulardaki pürüzlülük dikkatlice incelenmelidir. Hatalı yapılmış boru yatağı PVC'lerin kırılmasına sebep olabilir. PVC ler sisteme monte edilmeden önce kontrol edilmelidirler. Bir plastik boru bir kez kontrolden geçirildikten sonra daha sonra uzun yıllar kontrolden geçirilmeyebilir.

4.5.9 Atıl durumdaki sistemlerin aktive edilmesi

Ekonomik faktörler kanalizasyon sistemlerinin uzantılarının aktif olmayan şekilde kalmasına sebep olabilir. Yeni gelişmeler bu eski mevcut sistemleri kullanma yoluna gider. Aktive etme işleminden önce TV denetimi esastır. Bu yeni planlar uygulanmadan önce eksiklikler giderilmek zorundadır. Bu kanalizasyonla ilgilenen kuruluşun sistemde eksiklikler yapmasını önler. Aktif olmayan kanalizasyon sistemleri içinde çatlak olabilir; içlerinde kök olabilir ya da mineral tabakalarla kaplı olabilir.

4.5.10 Gömülü menholler

Bir menhol aktif olmadığı zaman toprak veya asfalt altında kalır. TV denetimleri sırasında bu kayıp menholler bulunur ve yeri tesbit edilir. Tekrar aktif hale getirilmelidir. Bu durumda menholü yükseltmeden önce zeminin durumuna bakılır. Menholün yüksekliği zeminin yüksekliğinden fazla yapılmamalıdır.

4.5.11 Sızma

Sızma boru hattının arızalanmasına yol açar. Ardından boru hattının etrafındaki toprağın gevşemesine neden olur. Yüksek hızlı sızdırma durumunda boru hattı etrafında geniş boşluklar oluşur. Sızdırma dağıtım sisteminin bir kısım kapasitesini kullanır. Dağıtım sisteminin kapasitesini artırmaktan ziyade sızdırma olayını kontrol etmek daha ekonomiktir. Spesifik sızma kaynaklarının yerleri belirlenebilir.

4.5.12 Sızma oranı

Canlı video görüntüleri sızma oranlarının tahmininde kullanılan en iyi yöntemdir. Operatör sisteme sızan suyu izler ve kaydeder. Sızma hacminin tanımlanmasında hafif, orta ve büyük oranlar gibi skalanın kullanılması uygun bir derecelendirmedir.

- Sızma: hafif
- Suyun ölçülebilir damlaları: orta

- Fıskırma: büyük

4.6 Arıza Belirtileri

4.6.1 Boru kusurları

En iyi dağıtım sistemleri bile kusurlu olabilir. TV denetimi sistemdeki problemlerin ve kusurların bulunmasında kullanılabilir. Çatlaklar ve kırıklar gibi görünür yapısal kusurlar kolaylıkla tespit edilebilir. Diğer kusurları belirti niteliğinde olabilir. Bunlara örnek kökleri, mineral depozitleri, türbülans ve fırtına sinyali gösterebiliriz. TV operatörü bir çok kusuru incelemek, tanımlamak ve dokümanete etmek zorundadır.

4.6.2 Kökler

Köklerin sistemi tıkamasına ek olarak sistemde çatlaklar, kırıklar, zayıf bağlantılar gibi yapısal belirtilere sebep olduğu bilinmektedir.

4.6.3 Mineral depozitler

Mineral depozitler boru çatlaklarının ve zayıf bağlantılarının belirtileridir. Yer altı suyu topraktan süzülürken mineralleri de çözer. Bu mineraller borular ve menhollerin üzerinde birikir. Mineraller bünyesinde buldukları toprağa bağlı olarak beyaz, sarı, kırmızı ya da gri renkli olabilirler. Yavaşça ilerleyen sızma büyük depozitler bırakır. Büyük sızma olayında su çok hızlı akar ve minerallerin birikmesine müsaade eder. Mineral depozitler pürüzlüdür. Bu da boru kapasitesinin düşmesine sebep olur. Depozitlerin uzaklaştırılması oldukça güçtür. Bunların oluşumları TV raporlarıyla not edilmelidir. Kök kazıyıcıları mineral depozitlerin uzaklaştırılmasında etkili bir yöntem değildir.

4.6.4 Türbülans

Atıksu akımı düzgün ve laminer olmalıdır(İdeal atıksu hızı 60 cm/sn.).Büyük hızlar suyun katı maddeleri taşımaya neden olur. Türbülans akımda dalgalanma ve kabarma şeklinde olabilir.

4.6.5 Çökmeler

Kanalizasyon sistemi menholler arasında sabit eğimli yapılırlar. Boru hattındaki çöküntüler boru hattının bir kısmının zemine batmasıyla veya çökmesiyle meydana gelir. Boru hattının

çöküntü kısmında hız artışı olur. Bu kanalizasyon hattının bulunduğu alandaki denetim raporunda çökme raporlanmalıdır. Operatör bu konuda işlem yaparken çok dikkatli olmalıdır. Çünkü kırılmış borudan dolayı kameranın lensi tamamen suyun içine batmış olabilir. Dolayısıyla görüntü almak güçleşir. Normalde kanalizasyon hattının çöküntü kısımları taş, gres yağı ve çamurla doludur. Eğer hat temizlenmezse kamera çamurun içini yarıp geçer ve kameranın lensi kirlenir.

Eğer kameranın lensi köklerden ve gres yağı gibi maddelerden dolayı kirlenirse, kameranın başlığı temizlenir. Bunu yapabilmek için cam temizleyici spreyle kullanılır.

4.6.6 Boru kırılmaları

Boru hattındaki kırıklar yatay düzlemde meydana gelir. Bu kırıklar kaza sonucu veya kasıtlı olarak gerçekleşebilir. Kaza ile meydana gelen kırıklar genellikle kalitesiz malzeme kullanımından ya da yapı denetim işleminin eksikliğinden meydana gelir. Kasıtlı kırılmalar kanalizasyon hattının normal güzergahını değiştirmek için yapılır. Plastik borular eğer güneş ışığından yeterince korunmazlarsa muz şeklinde tanımlanan yatay kırıkların oluşmasına sebep olurlar. Yatay kırılmalar dikey yönde meydana gelen çöküntülere tercih edilir.

4.6.7 Çamur

Eğer kanalizasyon hattı az eğimli, pürüzlü yüzeyle, büyük çaplı ve kendi kendini temizleyebilecek ölçüde yavaş hızlı ise bu gibi faktörler sistemde ağır, siyah çamur depozitlerinin birikmesine yol açar. Kanalizasyon hattı kendi kendini temizleyebilecek yeterli hıza sahip olmalıdır. Eğer sistemde yeterli hız yoksa sistem periyodik olarak sık sık temizlenmelidir. Sistemde beyaz yumurta kabuğu şeklinde küçük miktarda çamur birikintilerinin olması normaldir. Bu durum sistemin kendi kendini ara sıra temizlediğine işaret eder. Sistemde büyük çakılların ve siyah renkte yumurta kabuğu şeklinde çamurun görülmesi bunların uzun zaman süreci içinde biriktiğini gösterir. Günlük her denetim işleminin sonucunda kamera ve başlığı yıkanmalıdır.

4.6.8 Video yorumlama

Video görüntülerini anlamak ve yorumlamak bir kabiliyet ister. Örneğin, video görüntülerinde şu maddeler beyaz gözüktür: su buğulanmaları ve damlacıkları, gres, deterjan, köpük, mineral depozitler, kök büyümeleri, buhar , yumurta kabukları ve kağıt.

4.7 Bilgi Yönetimi

Boru hattı denetimi yapılırken sistem dokümanları edilmelidir. Elde edilen bilgiler hattın denetiminde ve gözden geçirilmesinde kullanılır. Rehabilitasyon ve bakım kararları TV verileri baz alınarak verilir. Denetim bilgileri birkaç yolla kayıt edilir. Bunlar video kasetleri, fotoğraflar, yazılmış denetim raporları, haritalar, bilgisayar bilgi raporları ve bakım yönetimi yazılımları olarak sıralanabilir.

4.8 TV Güvenliği

4.8.1 Tehlikeler

TV işlemleri açısından spesifik olarak tehlikeli unsurları şu şekilde sıralanabilir: gerilmeler, trafik, kesilmeler ve delinmeler, kapalı alan tehlikeleri ve elektriksel şoklar.

4.8.2 Güvenlik

Sistemde denetim işlemi yapılırken gerekli ekipman ve aksesuarların temin edilmesi gerekir. Güvenlik ekipmanları aşağıdaki şekilde kategorize edilebilir:

- Trafik kontrol ekipmanları: yol kontrol konileri, personel trafik yelekleri, işaret lambaları, yön göstericiler, dur ve yavaşla levhaları ve eğer gerekli ise ikinci trafik kontrol aracı
- Kapalı bölge giriş elemanları: gaz detektörleri, giriş izni, sehpa, personel bakım giysisi, temiz hava blowerları, acil kaçış malzemesi, halat ve baretler
- Personel koruyucu ekipmanları: baretler, trafik konileri, çelik çizmeler, eldiven ve önlük
- İlk yardım ekipmanları: dezenfeksiyon sabunu ve temiz su, havlu, ilk yardım teçhizatı ve iletişim ekipmanları
- İletişim ekipmanları: radyo, cep telefonu ve telsiz

4.9 Değerlendirme

Kapalı devre kanalizasyon sistemi ile atıksu toplama sistemi belirli aralıklarla kontrol edilip inşaat ve/veya işletme aşamalarından kalan arızalar belirlemek, böylece bu arızaları en kısa zamanda gidermek ve ayrıca mevcut kanal sisteminin bir envanterini çıkarmak mümkün

olacaktır.

İyi bir işletme ile kanalizasyon şebekelerinin problemsiz çalışması sağlanacaktır. Kanalizasyon şebekesinin iyileştirilmesi o civarda yaşayan insanların hayat standardının yükselmesini sağlayacaktır.

Her türlü arızaya zamanında müdahale ederek arızanın meydana gelmesini önlemek mümkün olacaktır.

Kanalizasyon şebekesinde mevcut yanlış imalat kırık, korrozyon ve benzeri arızaların tespit edilerek tamiratlarının yapılması sağlanacaktır.

Kanal inşaatını yapan müteahhidin hatalı imalatlarını yıllar sonra bile tespit etmek ve sorumluyu cezalandırmak mümkün olacaktır.

İşletmenin de bir maliyeti olduğu yöneticiler tarafından açıkça görülecek ve maliyet boyutunun açık olarak ortaya çıkması sonucunda ekonomik planlama açısından gerekli verileri elde etmek mümkün olacaktır.

Kanalizasyon şebekesi ile ilgili veri bankası oluşturulmasının sağlanması gereklidir. Böylece yeni planlama ve proje çalışmaları için bilgi birikimine katkıda bulunulacaktır.

Koku gibi çevredekileri rahatsız edici problemlerin önlenerek hayat standardının yükseltilmesine katkıda bulunulacaktır. Ayrıca bir çok yerleşim merkezinde görüldüğü gibi kokuyu önlemek için bacaları toprakla doldurarak kanalizasyon şebekesinin doldurulmasının önüne geçilmesi sağlanacaktır.

Kapalı devre TV ekipmanı, toplama sisteminin denetiminde, değerlendirilmesinde ve boru sisteminin iç kısımlarının şartlarının envanterinin belirlenmesinde çok değerli bir araçtır. TV operatörlerinin çok kabiliyetli olmaları gerekmektedir; çünkü onlar çok özel bir mesleğe sahiptirler. Bunlar kompleks elektronik ekipmanları kullanarak büyük miktardaki verileri işlemek ve dokümanete etmek zorundadırlar. Boru sistemlerinin iç kısımlarındaki şartların ortaya konulması için çok iyi şekilde incelenmesi gerekir. Toplama sistemi değerlendirilir ve arızaların tamir edilmesi planlanır. TV kameralarının en kompleks kullanımı rehabilitasyon gereksinimlerinin analizinde gerçekleşir.

5. KAZISIZ TEKNOLOJİ

Kazısız teknoloji; minimum kazı yapılarak veya hiç kazı yapılmadan yer altı yapılarının döşenmesi, değiştirilmesi, bulunması ve kaçakların tesbit edilmesi gayesi taşıyan gelişmiş ve gelişmekte olan bir teknolojidir. Atıksu ve yağmursuyu kanallarının bacadan bacaya veya iki baca arasındaki bir bölümünün rehabilite edilmesi (Kaplama yapılması) “Close Fit Linin” veya iki baca arası mevcut kanalın kırılarak, içmesuyu borusunun yırtılarak HDPE boru ile değiştirilmesi veya bir noktadan bir noktaya ekipmana istediğimiz gibi yönlendirerek HDPE esaslı yeni boru döşenmesi işlemlerini kapsar. Buradaki gaye, kanalizasyon sistemlerinde ;

- Kanalın sızdırmazlığının sağlanması ,
- Kanalın dış yüklerle karşı dayanmasının sağlanması ,
- Hidrolik akışının iyileştirilmesi ,
- Kanalın aşınmaya karşı korunması hedeflenmektedir.

5.1 Tarihsel Gelişim

Dünya çapında 70 yıldır girişimciler ve farklı organizasyonlar sektörel ihtiyaçlara cevap verebilmek adına kazısız teknoloji metodlarının geliştirilmesi için mücadele vermektedir. 1916 yılında Köstebek ile ilgili kayıtlara geçen bir girişim Thomas Thomson adlı bir İngiliz inşaat mühendisinden gelmiştir.

Gerçek ilk başarılı kazısız teknoloji patenti 1931 yılında Avustralya’ da sıhhi tesisatçı ve Sdney Su İdaresi Üyesi W.T. Tate tarafından alınmıştır. Burada W.T.Tate yerinde borunun çimento karışımı ile kaplanması ile ilgili çalışma yapmıştır.

1955 yılında Polonya’ lı Wiktor Zinkiewicz isimli bir tersane işçisi pnömatik çekiçlerle ilgili bir patent almıştır.

1960 yılında ABD’ de AT& T Bell Laboratuvarları havalı darbeli delme ekipmanını geliştirmiştir.

1965 yılında Macar Bilim Akademisinden Tamas Szekely boru kaçaklarının tamiri için “Fill and Draw” metodunu geliştirmiştir.

1970’ li yılların ortalarında Japon Kanalizasyon İdaresi büyük şehirlerde mikro-tünel metodunu yoğun bir şekilde kullanımına yönelmiştir.

5.2 Kazısız Teknoloji Teknikleri ve Hitap Ettiği Sektörler

Kazısız Teknoloji;

- İçmesuyu
- Kanalizasyon
- Doğalgaz
- Telekomünikasyon
- Enerji başta olmak üzere,
- Geoteknik Mühendisliği (Şev Stabilite – Drenaj)
- Petrol Mühendisliği (Yer altı depolama)
- Çevre Mühendisliği (Katı atık Depolama Saha Drenajı)

gibi özel konulara da hitap etmektedir.

Kazısız Teknoloji Teknikleri;

- Mevcut Eski Hatların Değiştirilmesi “On-line Replacement”
- Mevcut Eski Hatların İyileştirilmesi “Renovation”
- Yeni Hat Döşenmesi “New – Installation”
- Eski Hatlarda Tamir-Bakım Yapılması “Repair & Maintenance”

şeklinde sınıflandırılmaktadır.

5.2.1 Mevcut eski hatların değiştirilmesi

Bu sistemde 3 farklı yöntem uygulanmaktadır.

- Boru Patlatma Yöntemi “Pipe Bursting”
- Boru Kırma Yöntemi “Pipe Cracking”
- Hasarlı Boruyu Eski Haline Getirerek Patlatma Yöntemi “Tight In Pipe Method by Pipe Bursting”

Bu yöntemlerin kullanımında mevcut eski boru tahrip edilmektedir. Mevcut eski hatlarda,

özellikle kanalizasyon sistemlerinde hattın değiştirilmesini gerektiren birçok boru hasar tipleri mevcuttur. Bunların başlıcalarını şu şekilde sıralayabiliriz ;

Su Sızıntısı : Contaların aşınması veya hatalı döşenmesi sonucu meydana gelen sızıntılar, boru ekleri ve fittinglerden meydana gelen sızıntılar şeklinde açıklanabilir. Eğer kanalizasyon sisteminde sızıntı meydana gelirse meskun mahalde binaların bodrum katlarına atıksu sızmasına neden olur ve gerek sağlık açısından gerekse binanın zemininde korozyona sebebiyet vermesi nedeni ile istenmeyen durumların oluşmasına neden olur. Ayrıca kanalizasyondaki sızma neticesi zemin ve yeraltı suyunun kirlenmesine de sebebiyet verir. Eğer yeraltı su seviyesi yüksekse kanalizasyon sisteminin yükü artar, dolayısıyla arıtma tesisine ek yük getirir. Bu arada yeraltı suyu da zayı olmuş olur.

Akışa Engeller : Ağaç köklerinin boru sistemine girerek akışa engel olması, boru sistemine bina bağlantılarının girinti yapması sonucu akışa engel olması, yağ birikintisi sonucu akışın engellenmesi gibi sebepler sayılabilir. Resim 5.1 de beton büzlerin birleşim yerinden ağaç köklerinin sisteme girmesi ile alakalı görüntü verilmiştir.



Resim 5.1 Kanalizasyon sisteminde ağaç kökü

Eksenden Kayıklık : Boru hattının düşey de, yatay da veya boyuna ekseninde oluşan kaymalar.

Mekanik Aşınma : Boru içinin zamanla aşınması ve ekonomik ömrünü yitirmesi .

Çatlaklar : Kanalizasyon sisteminde meydana gelmiş olan çatlaklara ait görüntü Resim 5.2. de verilmiştir.



Resim 5.2. Kanalizasyon sisteminde çöküntü

5.2.1.1 Boru patlatma yöntemi

Bu yöntemde Atıksu ve yağmursuyu kanalizasyon sistemleri ile İçmesuyu sistemleri olmak üzere iki ayrı teknik kullanılmaktadır.

A) Atıksu ve Yağmursuyu;

Mevcut iki baca arasındaki uygulamadır. Patlatma metodu makinesi bacalardan birine, genişletilerek kanal akar kotuna indirilir. Tijler birbirine eklenerek mevcut diğer bacadan çıkartılır. Bu tijin ucuna patlatma kafası takılarak tijler geri çekilir. Bu çekim esnasında mevcut bacadan contalı sistem parça parça borular itilerek birbirine takılarak işlem tamamlanır. Rabit için C Parçası uygulanacak yer açık kazı olarak açılır. Özel 45° açılı imal edilmiş (C parçası) boru uygulanacak yerdeki boru ile değiştirilir. Bu sistemde kullanılan boru, sürtünmeye karşı özel imal edilmiş modifiye PP (Polipropilen) borudur.

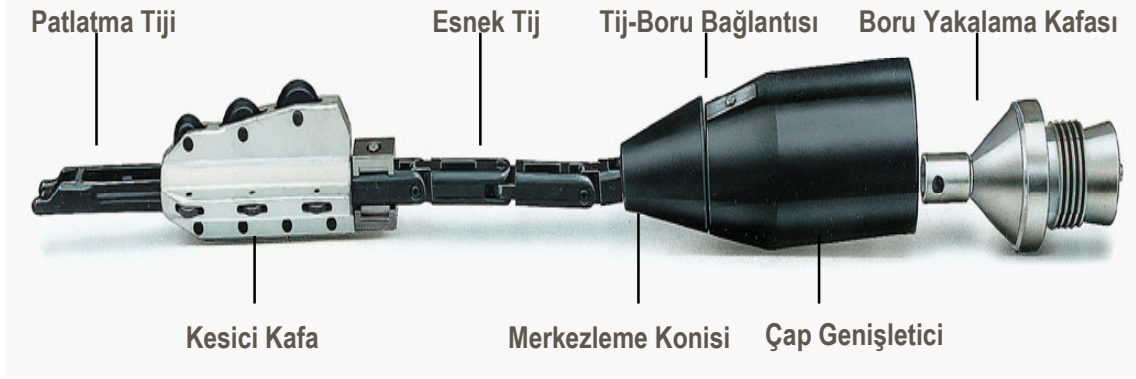
Modifiye Polipropilen boru, Kazısız teknoloji uygulamaları için özel olarak dış yüzeyi ile mukavemeti artırılmış ve bileşim yerlerinde çap genişlemesi olmayan tırtıllı ve contalı olan borudur.

B) İçmesuyu;

Patlatma yapılacak borunun başına ve sonuna, çekilecek borunun çapına göre değişen çukurlar açılır. Borunun başındaki çukurun içine dizel akaryakıtla çalışan hidrolik sistem konur. Bu Hidrolik makine mevcut boru içinde birbirine eklenen tijlerle ilerler, bu ilerleme sonunda tij borunun diğer ucundaki çukurdan çıkar.

Çekilecek HDPE boru daha önceden hazırlanmış çekme aparatı boruya takılı vaziyette beklemektedir.

Boru ucundaki tijin ucuna vidalı boru yırtma, kırma kafası takılır ve bu kafaya çekme mukavemeti 150 Ton/ m² özellikli çekme halatı ile (zincir) HDPE boru aparatı bağlanır. Resim 5.3 de boru patlatma yönteminde kullanılan aparatlar gösterilmiştir.



Resim 5.3. Boru patlatma yönteminde kullanılan aparatlar

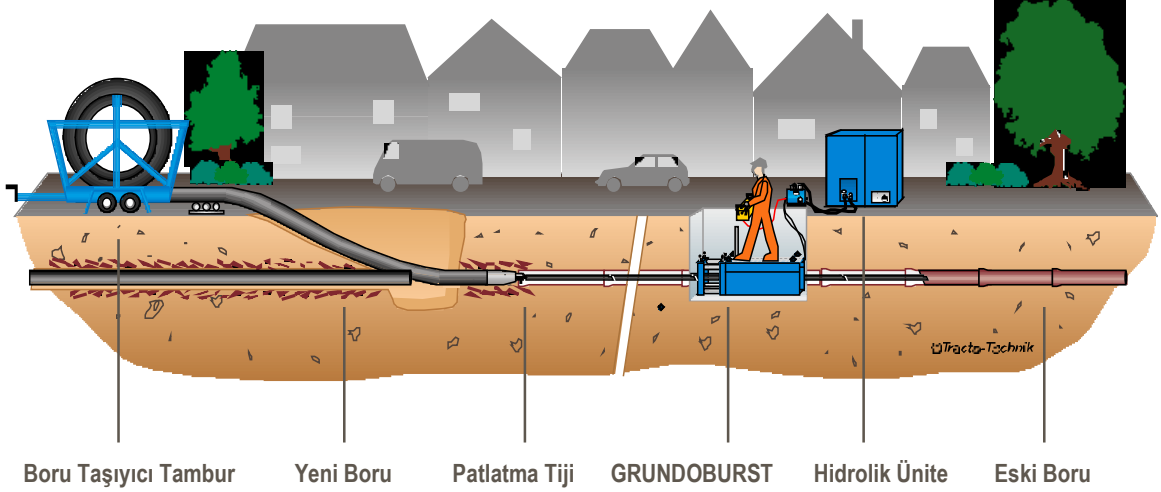
Borunun başındaki Hidrolik makine bu sefer tersine çalışarak HDPE boruyu 150 ton kuvvetle çeker. Bu çekme esnasında Tijin ucundaki kafa boruyu kırıp veya yırtarken HDPE boruda başlangıç noktasına doğru gelir. Daha sonra çekilen HDPE borunun baş ve son kısımları bağlanır. Bu işlem atık su borusu ise ve güzergahta rabitlar varsa mansab yerleri açık kazı yapılarak HDPE boru delinip bağlantılar kaynak yapılarak işlem tamamlanır.

İçme suyu borusu ise, şube yolu bağlantıları da aynı şekilde gerçekleştirilir. Çukurlar açılıp ana musluk bağlantısı yapılır. HDPE boru uygulamasında mevcut çaptan bir üst çapa geçilebilir. Tije takılan kafa için aşağıdaki formül uygulanır.

Patlatma kafası çapı = Mevcut boru çapı * 1.10' dur.

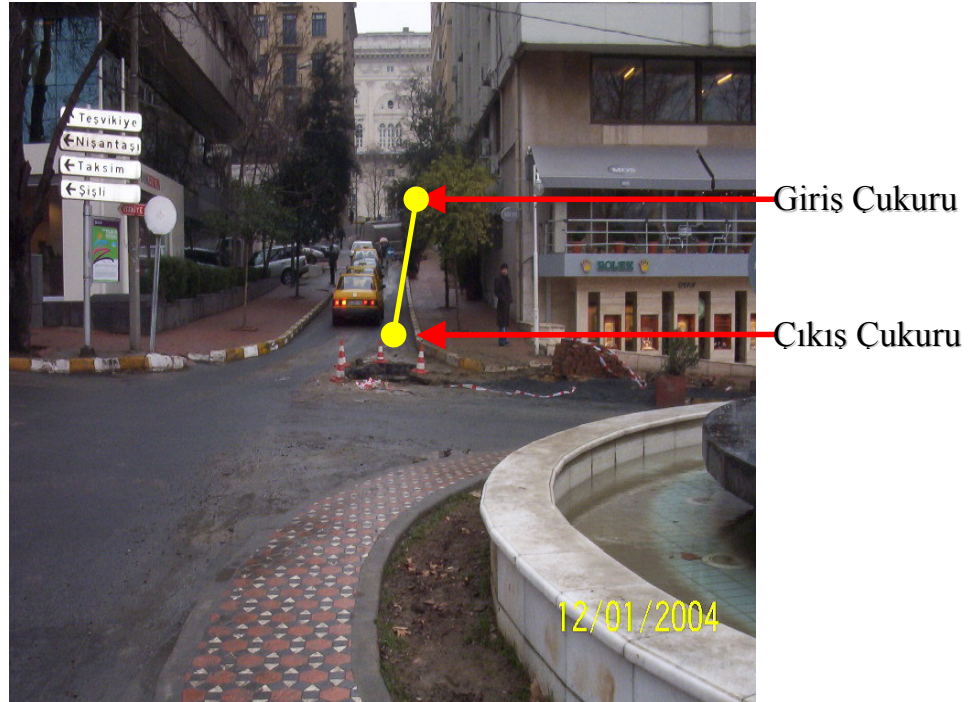
Kullanılan HDPE borular 16 atü basınca dayanıklı olmalıdır. Patlatma metodunun uygulandığı en küçük çap Ø= 40 mm' dir. En büyük çap Ø = 700 mm' dir.

Resim 5.4 de boru patlatma yöntemi şematik olarak verilmiştir.



Resim 5.4. Boru patlatma yöntemi

İstanbul ili, Şişli İlçesi, Bronz Sokakta 2004 yılında Boru Patlatma Yöntemi ile 100 metre temizsu şebekesi yenileme çalışmasına ait fotoğraf Resim 5.5 de verilmiştir.

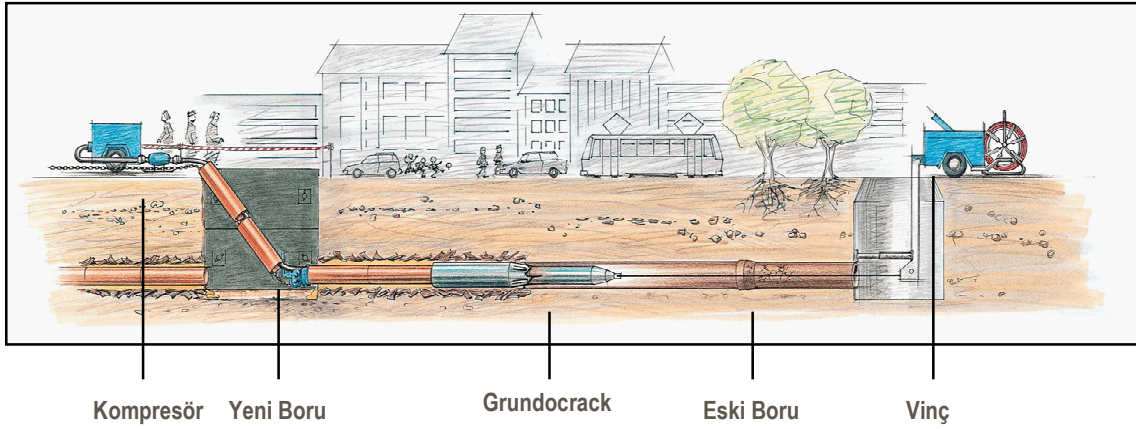


Resim 5.5. Boru patlatma yöntemi uygulama örneği

5.2.1.2 Boru kırma yöntemi

Sistem havalı çalışan köstebek (mole) ucuna yerleştirilen kırıcı uçun sabit yüklü vinçle çekilmesi ile çalışmaktadır. Kırılan boru parçaları kırıcı uç arkasına yerleştirilen çap genişletici ile zemine deplase edilir ve oluşturulan boşluğu yeni boru çekilir.

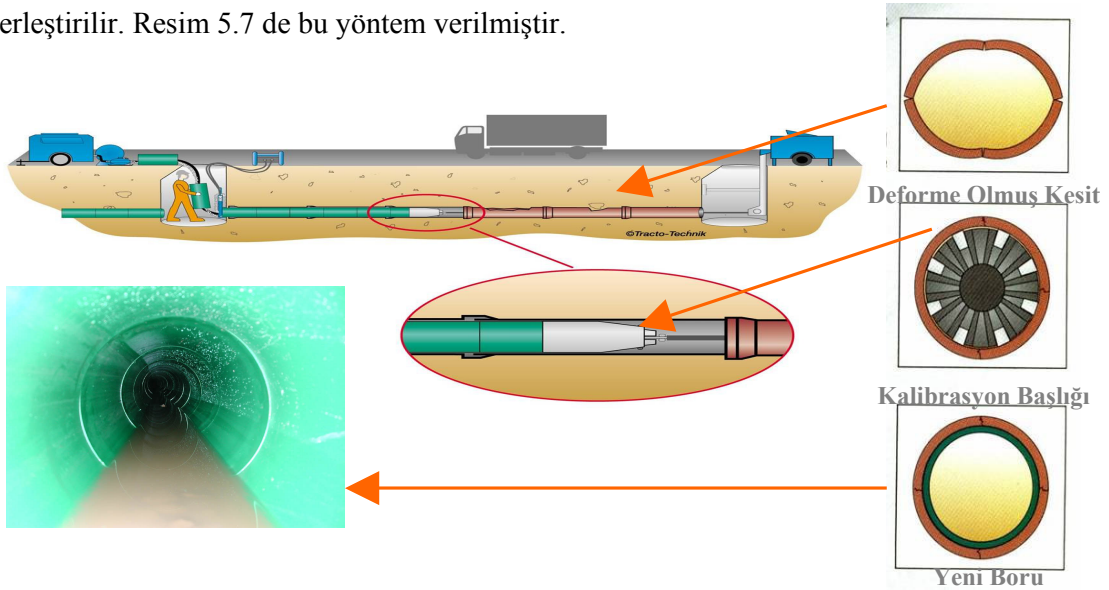
Boru kırma yönteminin şematik olarak gösterilmesi Resim 5.6 da verilmiştir.



Resim 5.6. Boru kırma yöntemi

5.2.1.3 Hasarlı boruyu eski haline getirerek patlatma yöntemi

Deforme olmuş boru içerisine boru patlatma ekipmanı ile müdahale edilir. Yeni boru çekimi esnasında özel kalibratör uç kullanılarak boru eski haline getirilir ve oluşan boşluğa yeni boru yerleştirilir. Resim 5.7 de bu yöntem verilmiştir.



Resim 5.7. Hasarlı boruyu eski haline getirerek patlatma yöntemi

5.2.2 Mevcut eski hatların iyileştirilmesi

Bu sistemde 3 farklı yöntem uygulanmaktadır.

- Kimyasal Çimento Kaplama “Polimer – Cement Lining”
 - Spreyeme İle Kaplama
 - Epoksi Reçine Kaplama
- Yerinde İşlenen Boru Kaplama “Cured In Place Pipe, CIPP”
 - Keçe Kaplama
 - Cam Takviyeli Plastik, CTP Kaplama
 - PVC Kaplama : Bu sistem özellikle kanalizasyon sistemlerinin yenilenmesinde kullanılmaktadır. Mevcut kanalın temizlenmesinin akabinde menholden kanalın içine boru astarının sokulması ve her iki ucunun kapatılması ile devam etmektedir. Buhar ve basınç kullanarak katlı vaziyetteki boru mevcut borunun çeperlerine doğru genişletilmektedir. Basınç sabit vaziyetteyken buhar kesilip ve sıcaklığı düşürmek için soğuk hava verilerek yeni boru işletmeye hazır hale getirilmektedir. Mevcut boru içerisine yeni çekilen PVC boru astarının küçülmesi veya eski haline dönmesi söz konusu değildir. Isıtma ve germe sonrasında astar malzemesi, PVC moleküllerinin çift eksenli yeniden doğrultulması yoluyla kendisini oluşturmaktadır. Bu da sonuçta malzemenin, işlenmiş hafıza olarak yeni şeklini almasını sağlamaktadır.
 - PE Kaplama

Yerinde Kürlenmiş Kaplama yöntemlerinde kullanılan metodlarda sıcak su, buhar veya UV-Işık kürlenme şeklindedir.

- Eski Boru İçine Yeni Boru Kaplama

Bu yöntemde Çimento – Bentonit Enjeksiyonu yapılarak gerçekleştirilmektedir.

- CTP Kaplama
- PE Kaplama
- PVC Kaplama

5.2.3 Yeni hat döşenmesi

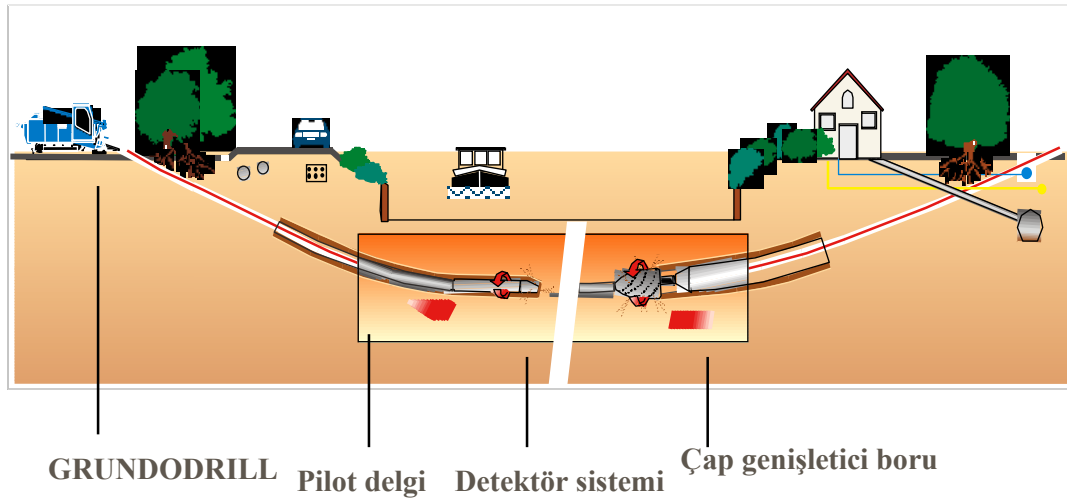
Bu sistemde kullanılan yöntemler,

- Yatay Yönverilebilir Delgi yöntemi
- Boru Çakma Yöntemi
- Pnömatik Deplasman Tipi Çekiç Yöntemi (Füze / Köstebek)
- Auger Delgi Metodu
- Mikro – Tünel Yöntemi

5.2.3.1 Yatay yönverilebilir delgi yöntemi

Patlatma metoduna benzer bir uygulamadır. Farkı, mevcut boru içinde hareket etmez ve boru kırılmaz. Sadece borunun başındaki bir çukurdan sonundaki bir çukura boru çekme tijlerini istediğimiz şekilde yatay ve düşey sapmalarla yönlendirilmesidir. Tijin ucuna bağlanan kırma kafası yoktur. Sadece HDPE boru çekme ve zemine bentonid püskürten genişletme kafası vardır.

Mevcut alt yapı özel bir ekipmanla (sese, manyetik alana, metale hassas özel ekipman) önceden koordinat bilgileri tespit edilip iki nokta arasında HDPE boru döşenir. Resim 5.8 de bu yöntem verilmiştir.



Resim 5.8. Yatay yönverilebilir delgi yöntemi

6. YERİNDE İŞLEME BORU KURULUMU VE YAPISI (CIPP)

6.1 Yerinde İşleme Boru Uygulaması

Yerinde işleme boru kurulumu (CIPP) çok yönlü rehabilitasyon yöntemidir ve boru hattı yenileme sahasında geniş kapsamlı bir uygulanabilirliğe sahip bulunmaktadır. Altyapı dahil, pek çok boru tesisat sistemi türünün tamir edilmesinde kullanılmaktadır.

Geniş bir uygulama sahasına sahip önemli bir teknolojidir. Bu teknoloji 10 cm.'lik bir aralık ebadından çap olarak 250 cm.'in üzerindeki boylara kadar uzanmaktadır. Ürünlerin esnekliğinden dolayı bükülmeler, eşmerkezli ya da eksantrik çap değişiklikleri, yuvarlak ve yuvarlak olmayan şekilleri (yumurta ve elipsler gibi) bulunan hatları, tek kurulumda 600 metreye kadar devamlı uzunluk sahibi bulunan boruların yenilenmesinde kullanılabilir. Çoğu boru malzemelerinde kireç, beton, oluklu metal, sünek demir, döküm demir gibi malzemeler bulunmaktadır. CIPP malzemeleri halen minimum 50 yıllık bir tasarım ömrü sunmaktadır, fakat reçine teknolojisindeki ilerlemeler ve hızlanan test etme süreci bu ömür beklentisini 50 seneyi aşacağını göstermektedir.

Genel olarak, CIPP aşağıda verilen konuları başarıya ulaştırmak için tasarlanabilmektedir;

- Boru tesisat şebekesinin yapısal bütünlüğünü korumak
- Borunun içine yer altı suyunun girmesini veya sızmasını önlemek için ek yerlerini ve çatlaklarını mühürlemek
- Atıksuların çevre topraklara sızma ve akmasını önlemek için ek yerlerini ve çatlaklarını kapatmak
- Kök işgalinin önünü almak
- Ek yerlerinde, kırılmalar, bükülmeler ve çatlaklardaki düzensizlikleri düzeltmek ve düşük pürüz katsayısı ile boru iç yüzeyini düzeltmek suretiyle akış özelliklerini iyileştirmek
- Boru tesisat sisteminde mevcut bulunabilecek olan çok çeşitli asitler, bazlar veya oksitleyici maddelere karşı mükemmel paslanmaya dayanıklılığı temin etmek

6.2 Yerinde İşleme Boru Tanımlaması

CIPP bir reçine ile doyurulan, mevcut boru hattına astar olarak kurulan ve sonrasında ısı uygulamasıyla işlenen yumuşak, esnek bir tüpten oluşmaktadır. Pek çok farklı teknik ile kurulmaktadır. Direkt çevrim astarın içe doğru döndürüldüğü ve su veya hava basıncı ile ana boru içine doğru çevrildiği tek parçalı ana kurulumdur. Tüp mevcut bulunan boru veya kanala kurulduktan sonra şişirme için kullanılmış olan suyun veya havanın ısıtılması işlemi tamamlar. İşlem yapıldığında bir borunun içinde yeni bir devamlı boru üretilmiş olur. Boru sonları açık olarak kesilmeli ve borunun üzerindeki herhangi bir yanal bağlantılar yeniden konumlandırılmalıdırlar. Çoğu koşulda bir boru içindeki yeni bir boru herhangi bir hafriyat işlemi olmadan kurulmaktadır. Hafriyat işlemi doymuş tüp malzemesi tipik rögar dökümüne uyum sağlamadığı zaman veya boru tesisatı bir delik tamiratı astar işlemi başlamadan önce tamamlanması gereken noktada boru tesisatı göçtüğü zaman, geniş çapları olan ciddi bir şekilde kötüleşmiş yanal bağlantı (düşen bağlantı vs.) durumlarında gerekli olabilmektedir.

Farklı boru tesisat ortamlarına yer sağlamak üzere tüp yapısındaki farklı türlerde reçine ve malzeme kullanılmaktadır. Kullanılan reçinelere farklı polyester epoksi ve sertleştiricili epoksi türleri dahil bulunmaktadır. İzotalik polyester reçineler çoğu sıhhi tesisat kanalizasyon uygulamasında kullanılmaktadır. Epoksi reçineleri basınçlı boru uygulamaları için olduğu kadar endüstriyel atıksu uygulamaları için de yüksek performanslı ürünler durumundadır. Birleşik Devletler Gıda ve İlaç İdaresi (FDA), Amerikan Su İşleri Birliği (AWWA) ve Ulusal Hıfzısıhha Vakfı (NSF) da ayrıca kullanma suyu basınç borusu yenilemesi için epoksi reçineyi onaylamış bulunmaktadır. (Inliner Technologies , 2005)

Tüp malzemeler dokuma ve dokuma olmayan keçelerden, camyünü, aramit ve karbon lifinden veya bunların kombinasyonundan oluşmaktadır. Bu malzemeler arasında en yaygın olanı polyester liflerden yapılmış dokuma olmayan iğneli keçe olmaktadır. Tüp yine tüp malzemenin bir vakum karışımına izin veren, tüpün içinde reçine ihtiva eden ve reçineyi kurulum ve işleme süresi boyunca sulardan koruyan ince bir zar (membran) ile imal edilmektedir.

6.3 Endüstrinin CIPP Kabulü

Halen dünya çapında 20.000 km. üzerinde CIPP kurulmuş bulunmaktadır. 2003 senesinin başlarında, yaklaşık olarak 2.250 km. doğrusal İç-hat CIPP 10 cm.'den 250 cm.'ye kadar farklılık gösteren boylarda kurulmuştur. (Inliner Technologies , 2005)

Amerikan Test ve Malzeme Birliği (ASTM) yerinde işleme termoset reçine kanalizasyon borusu için Standart Őartnamesini geliştirmiş bulunmaktadı. Bu standart Őartname CIPP için kullanılan reçinelerin ve ayrıca tp kumaş malzemelerin minimum kimyasal direnç gereksinimlerinin niteliklerine yönelik olarak kılavuzluk temin etmektedir.

6.4 Yerinde İşleme Boru (CIPP) Kurulum Ayrıntıları

Bu bölümde yerine çekme ve doğrudan çevrim kurulum yöntemleri hakkında genel bir bilgi verilecektir. İş yeri (şantiye) koşulları genelde kurulumdan kurulumla farklılık göstermektedir. CIPP projelerinin genel yönleri aşağıdaki genel hale getirilmiş aşamaları kapsamaktadır:

- İnceleme
- İş yeri ve boru hazırlığı
- Astarlama tp hazırlığı
- Astarlama tp kurulumu
- Astarlama tp işleme ve soğutma
- Yanal bağlantı yeniden konumlama
- Nihai denetim

6.4.1 İnceleme

CIPP'in uygun bir şekilde tasarlanması ve sunulması için, borunun ve çevreleyen iş yeri koşullarının tam bir incelemesinin yürütülmesi gerekmektedir. Borunun bir tam kapalı devre televizyonu ile (CCTV) enkaz türü ve miktarı, yapısal zarar, olası kök işgali, birleşim yerleri ayrıntıları ve CIPP'i tasarlarırken ve belirlerken dikkate alınması gerekebilecek olan herhangi bir başka anormallikleri tespit etmek üzere tamamlanmalıdır. Buna ilave olarak, CCTV incelemesi mühendise boru zararının sınıflandırılmasının tespit edilmesi için gerekli bulunan bilgileri temin edecektir. Kullanılacak olan tasarım ölçütlerinin tespit edilmesini sağlayacaktır. Yeraltı incelemesi rögar koşullarını, her rgardaki boru derinliklerini, erişim noktaları arasındaki boru kısım uzunlukları ve aktif akış değerlendirmelerini boru yatağına by pass borusu geçme için gerekli bulunabilecek olan ekipmanları ve/veya özel hazırlıları tespit etmek gerekmektedir. Eğer akış önemli boyuttaysa, zirve oranlarını tespit etmek için gün veya gece birkaç farklı zamanda akışları gözlemek gerekli olabilecektir.

Yukarıdaki zemin incelemesi trafik kontrolü, ekipman kurulumu veya gerekli özel ekipmanları tespit edecek olan genel ve özel iş yeri koşullarını kaydetmelidir. Bazı belirli kalemleri boru erişim noktalarının konumu ve erişilebilirliği, ağaçlar veya enerji hatları gibi tıkanma noktaları, özel irtifak yerleri (demiryolu hatları vs.) ve yer koşullarını içermelidir.

6.4.2 İşyeri ve boru hazırlığı

Herhangi bir belirli iş ve boru hakkında mevcut bulunan pek çok farklı koşul vardır. Bunlar projeye özel ve değişken oldukları için bütün ekipman ve hazırlık teknikleri hakkındaki ayrıntıları kapsamayabilir. Bununla birlikte, belirlenen zaman ve bütçe içerisinde tamamlanan herhangi bir projenin başarısının genellikle yer hazırlığında yapılan uygun proje planlamasına bağlı bulunduğu kaydedilmelidir.

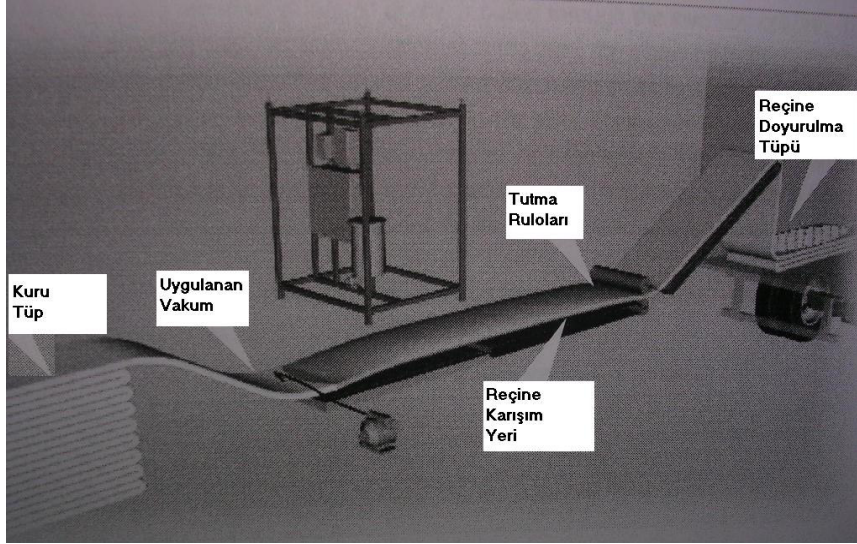
Başarılı boru astarlama için aşırı şekilde önemli bir gereksinim, borunun astarlama işleminin öncesinde herhangi bir kir ve enkaz barındırmaması şeklinde karşımıza çıkmaktadır. CIPP çöken boru ve denkleştirme eklemlerinden ve enkazları aşabilir fakat nihai ürün kabul edilebilir olamayabilir. CIPP'deki kırışmalar ve azalan çap nihai inceleme için engel olabilir ve uygun şekilde boru temizlemesi işlemini önleyebilir. Ana borunun tüm çevresini gösteren ön-astarlama incelemesi borunun CIPP ile yenilenebilir olduğunu ve astarlama için uygun bir şekilde hazır bulunduğunu temin etmek üzere yürütülmelidir.

6.4.3 Tüp hazırlığı

Öncelikle, proje için gerekli bulunan tüp kalınlığı ve reçinenin türünü içeren tüp, tasarımı tespit edecektir. Doğru çap/çevre ölçümünün özellikle geniş bir çap ve garip şekilli boru tesisatları için önemli bulunmasından dolayı tüpler/borular kesin boru koşullarına göre şekillendirilir. Tüp tasarlandıktan ve imal edildikten sonra tüp reçine doyumu için hazırlanır. İç-hat tesisatçıları tipik olarak reçine, katalizörler ve tüp sıcaklığı ve koşullarının birbirine geçemeyen bir özellikte oldukları yerlerde bir doyum tesisinin kontrollü ortamında boru astarlarını hazırlarlar. Bu bir gereksinim olmamasına rağmen, bir tesisatçı kimyasal reaksiyon işlemini yavaşlatmak için astarlama için kullanılan reçineleri ve reçineye doymuş tüpü soğutabilecektir. Soğutma, katalize olan reçine sabitliği ve dayanıklılığını artırır, kurulum öncesinde depolama/saklama zamanını artırır.

Tüpün kendisi bir vakum pompası kullanılmak suretiyle havanın astardan dışarı atılması için hazırlanmış bulunmaktadır. Reçine katalize edilip vakum yardımıyla tüpün içerisine akıtılır. Uygun reçine miktarları, doyurulmakta olan tüpe bağlı olarak uygun bir kalınlığa ayarlanan

motorlu tutma ruloları kullanarak ölçülmektedirler. Tüp reçineye doydugu zaman, tipik olarak soğutulmuş bulunan kamyonun içine doğrudan yüklenir ve iş yerine nakliyatı yapılır. Reçine uygun bir biçimde depoya kaldırıldığı, katalize edildiği zaman, tüp uygun şekilde yerleştirildiğinde, reçineye doymuş bulunan tüpler iki hafta veya daha uzun bir süre için soğutulmuş kamyon içinde sabit hale gelebilecektir. Tutma rulolarına ilerleyen ve kamyonu yüklenmekte olan tüpün reçineye doymuş işleminin bir diyagramı Resim 6.1’de verilmiştir.



Resim 6.1 Reçine doyurulma işlemi diyagramı

6.4.4 Astar tüp kurulumu

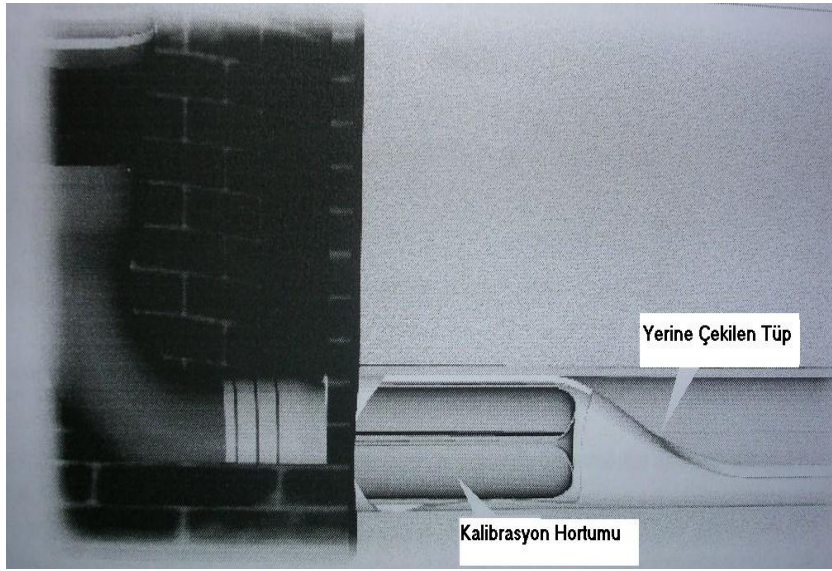
Aşağıdaki kurulum teknikleri CIPP yerine çekme / doğrudan çevrim yöntemlerinin geliştirilmiş tanımlamalarından ibarettir. Milyonlarca feet CIPP kurulması için her iki yöntem de başarılı bir şekilde kullanılmış bulunmaktadır. Her iki yöntem de tekli bir kurulumda daha fazla uzunlukları kurma yeterliliği veya bükülmeleri daha iyi şekilde düzeltme yeterliliği mevcuttur. Bazı ekipmanlar her iki teknik için ortaktır, fakat bazı ekipmanlar ve iş yeri hazırlıkları ise benzersizdir. Bu nedenle, bir projenin başlamasından önce planlanmalıdır.

CIPP kurulumunda yerine çekme yöntemi ayrı bir çevrim sütunu ve kalibrasyon hortumunun kullanılmasını da gerektirmektedir. En yaygın olan, yerine çekme tekniği yerinde kalan kalibrasyon hortumunu kullanır, fakat genelde keseler olarak anılan çıkarılabilir kalibrasyon hortumları da belirli projeler için kullanılabilir. Bu nedenle, bir projenin başlamasından önce planlanmalıdır.

Yerine çekme işlemi mevcut borunun içine çekilmiş bulunan bir kabloya eklenen reçineyle doyurulmuş tüp ile başlamaktadır. Bundan sonra tüp dikkatli bir şekilde borunun içine çekilir.

Çekme teknikleri genel olarak tüpün gerilme direncini yüzde 15'ini aşmaz ve maksimum gerilme genelde borunun uzunluğunun yüzde 2 ila 3' ünü aşmamaktadır.

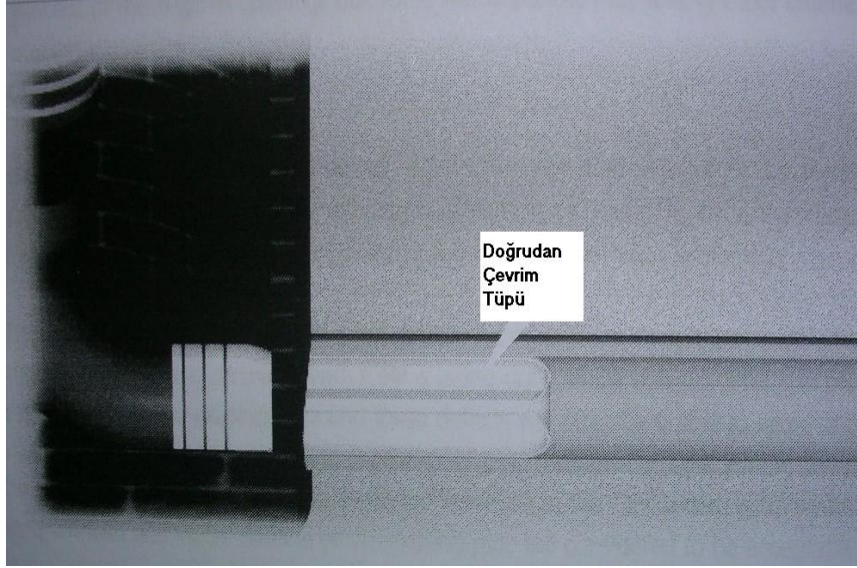
Kalibrasyon hortumu (tipik olarak reçine olmayan doymuş /kuru) çevrim sütunun içine çekilir, çevrilir ve bir dirseğe takılır. Tüp boru içine konulandıktan sonra, dirsek (kalibrasyon hortumlu) reçine döllenen tüpe takılır. Bir statik baş basıncı uygulamak için sütun su veya hava ile doldurulur ve kalibrasyon hortumu reçine doyurulmuş tüp içine çevrilir. Statik basınç tüpü sırasal olarak şişirir ve ana boruya karşı bunları sıkı bir şekilde tutar. Buna ilave olarak, mevcut bulunan borudaki herhangi bir su çevrim kalibrasyon hortumunun önünde boru dışına doğru itilir. Eğer bir su işlemi uygulanırsa astarı işlemek için kullanılan su devir hortumları da kalibrasyon hortumunun sonuna takılır ve mevcut bulunan borunun uzunluğuna çekilir ve su bundan sonra işlemi tamamlamak için ısıtılır. Aynı şekilde, eğer hava ile işleme tabi tutuluyorsa, havanın sıcaklığı arttırılıp işleme başlanır. Kalibrasyon hortumu çevrimi ve tüp şişirme işlemi Resim 6.2' de verilmiştir.



Resim 6.2 Kalibrasyon hortumu çevrimi ve tüp şişirme işlemi.

CIPP'in doğrudan çevrim kurulumunda önce reçineye doymuş olan tüp içten dışa döndürülür ve bir üst halkaya takılır veyahut bir sütun içinden çekilir ve içten dışa döndürülür ve bir dirseğe takılır (kalibrasyon hortumunun yerine çekilme yönteminde takıldığına benzer şekilde). Bundan sonra statik basınç oluşturmak ve tüpün kendini ters çevirmesini sağlaması amacıyla tüpe eklenir. Reçineye doymuş tüp içten dışa döndürülürken, erişim noktasından bir diğerine ilerlerken hortum borusu karşısında sıkı bir şekilde sıralı şekilde şişer. Su işlemi için, su devridaim hortumları tüpün sonuna takılır ve devridaim hortumları tüp çevrilirken

borunun tüm uzunluğu boyunca çekilir. Eğer hava işlemi kullanılır ise, hava sıcaklığı arttırılır ve işlem başlatılır. Reçineye doymuş tüpün mevcut olan boruya doğrudan çevrimi ve boru karşısında sıkı şekilde şişirilmesi Resim 6.3’ de verilmiştir.

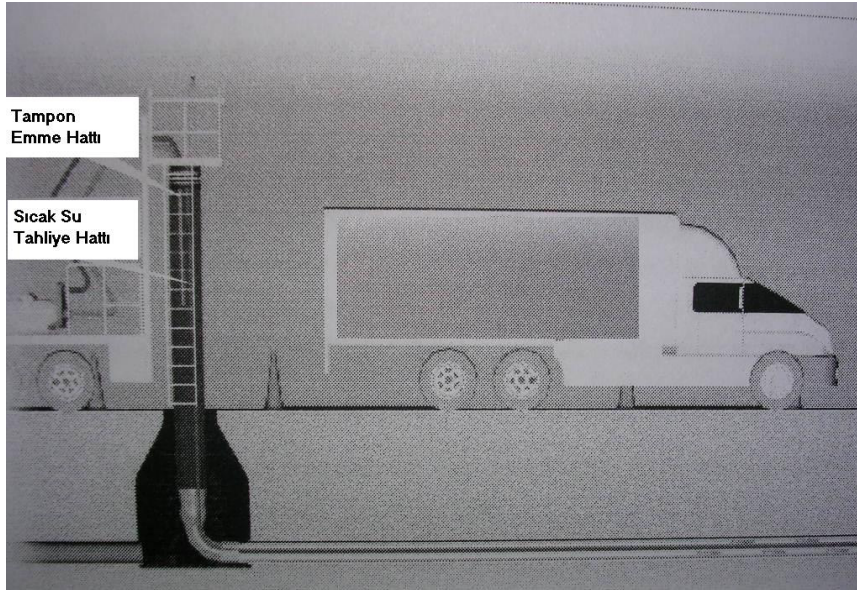


Resim 6.3 Reçineye doymuş tüpün çevrimi ve şişirilmesi

6.4.5 İşleme ve soğutma

Tüpün kurulumu yapıldığında, bir boru içerisine döşenen yeni boruya döndürmek için reçinenin işleme sürecini gerektirmektedir. Su işleminde su sütundan alınır, bir su ısıtıcısından ve devirdaim hortumlarından astar sonuna dışarı doğru pompalanır. Isıtılmış suyun kurulmuş reçineye doymuş tüp uzunluğundan devredilmesi ve bir boru içinde boru oluşturmak için termoset reçine işlenmesi işlemi Resim 6.4’ de verilmiştir.

İşlem kıvamı ve kalitesi için, işlem sırasındaki sıcaklık derecesi sistem boyunca birkaç yerde dikkatli bir şekilde kontrol edilmekte ve ölçülmektedir. Sıcaklık tipik olarak tüpün hem aşağı hem yukarı doğru olan sonlarında ve herhangi bir erişim ara noktalarında da izlenmektedir. Reçineye doymuş tüp ile ana boru arasındaki sıcaklıklar da borunun gerek üst ve gerekse alt kısımlarında tipik olarak izlenir. Bunun yapılmasıyla, tüpün içindeki ve dışındaki sıcaklıklar CIPP sonlanmasının bütün kısımlarındaki uygun ısı transferini temin etmek üzere izlenmektedir. İşlem profilinin belirli ayrıntıları işleme sıcaklıkları ve süreleri kullanılan reçine ve/veya katalizörün türüne, tüpün kalınlığına ve boru çevresindeki koşullara bağlı olarak farklılık göstermektedir.



Resim 6.4 Su çevrimi ve reçinenin işlenmesi

6.4.6 Yanal bağlantı geri konumlama

Astar kurulumu yapıldığında, uçlar çıkarılıp yanal bağlantılar yeniden konumlu hale getirilmelidir. Ufak çaplı boru tesisatları için, uzaktan işletilen robotik kesim ekipmanı borunun içine konumlandırılmakta ve uzaktan işletilen CCTV ekipmanı ile izlenmektedir. Bir işinin girmesine izin vermesine yeterli daha geniş çaplı boru tipik olarak uzaktan kontrollü kesiciler ile kesilmeyecektir, fakat bunun yerine, el ile kesilecektir.

6.4.7 Nihai inceleme

CIPP rehabilitasyon sürecindeki son aşama borunun nihai CCTV incelemesini içine almaktadır. Her bir kurulumun uzunluğu boyunca tam bir CIPP incelemesi gerektirmektedir. Borunun bütün çevresi görünebilir olmalıdır ve her yanal kesitin tam incelenmesi için kamera durdurulmalıdır.

CIPP ile yenilenen pek çok borunun mevcut borudaki kusurlardan dolayı yapıldığı anlaşılmalıdır. CIPP mevcut borunun kusurlarını düzeltir ve bu kusurlar astar boyunca aynı dereceden genelde görülebilir. İnceleme/denetim CIPP boyunca boru ek yerlerini ve borunun eksik kısımlarını ortaya çıkaracaktır. Keskin bükümler bulunduğu ve / veya çap düşürüldüğü zaman, bir kat içine ekstra malzemenin toplandığı kırıxıklık olabilecektir. Mevcut bulunan borunun sınırlı kırıxıklıkları ve görünebilir kusurları da CIPP için kabul edilebilir sayılacaktır.

Kabul edilemez olan kusurlara yanlış kesilmiş yanallar veya hiçbir yanalin mevcut bulunmadığı kesimler dahil bulunmaktadır. Astarın ya uygun biçimde işlenmediği veya dahili su basıncının su sütununun dahili kafa basıncı aştığı durumlarda CIPP altında, astarın ana boru duvarını karşısında tam olarak şişirilmediği yükseklikler, noktalar da ayrıca kabul edilemez nitelikte bulunmaktadır.

6.5 Test

Tipik ağırlık CIPP kurulumu için, bükülgenlik direnci, elastik bükülgenlik modülleri ve CIPP kalınlığı gereken tipik kalite kontrol testleridir. Ayrıca CIPP'in salt yapısal bölümünün test edilmesi de önemli bulunmaktadır. CIPP'i yapısal tasarımı içine dahil edilmemiş bulunan kaplamalar hesaplamalardan düşülmemeli veya bir takım kabul edilebilir yollarla numuneden çıkarılmamalıdır. Bu iki önlem test etme sonuçlarının tekrarlanabilirliğini temin etmektedir.

Bu testin kapsamı ve sıklığı mal sahibinden mal sahibine farklılık göstermektedir. Genel olarak, düz plaka ve sınırlanmış olarak iki temel test uygulaması kabul edilebilir nitelikte bulunmaktadır.

Düz bir plaka numunesi kurulan astardan kesilen reçineyi ve keçe malzemelerini kullanmaktadır. Sütun tüpünde astar kurulumu ile eş zamanlı olarak işleme tabi tutulmaktadır. Düz plaka numunelerinin değişkenleri en kolay kontrol edilenlerdir ve bu yüzden bu numunelendirme yöntemi astarın yeterliliklerinin ve yapısal özellikleri temsil için en iyi yöntemdir. Buna ilave olarak, düz plaka numuneleri düz ve tekbiçimlidir.

Bir CIPP numunesini kullandığı değişken sayısını sınırlandırmak suretiyle, numune malzeme performansını en iyi şekilde sağlanabilir. Düz plaka numunelendirme tekniği değişkenlerdeki bu düşmeyi en iyi şekilde başarıya ulaştırmaktadır.

Sınırlanmış bir numune astarın ana borunun sonuna ve benzeri bir çaplı boru tesisatı parçasıyla bir ara röğara uzatıldığı, tipik olarak PVC ve numune çapını sınırlandırdığı şekli almaktadır. Bu yöntemin amacı ana boruda kurulan ve benzeri koşullar altında işlenen aynı malzemelerden yapılan kurulmuş CIPP'in bir temsilci numunesinin üretilmesidir. Sınırlanmış yöntem dışı ıslanma ve kurulum işleminin doğru bir temsilini temin etmektedir. Fakat her zaman için hortum borusu içinde işleme geçmişi ve ürün koşullarının temsilcisi niteliğinde bulunmamaktadır.

Sınırlanan numune borunun içindeki gerçek koşullar hortum borusu ile yaşanan koşullarla benzer değildir. En büyük sınırlama numunenin reçinenin işleme devri ön aşamalarında

sıcaklıklara ve basınçlara maruz kaldığı zaman taşınabileceği bir uzaklık ile kıyaslandığında kısa kalmasıdır. Reçine keçe tüp taşıyıcısı termoplastik bir malzemedir ve işlem sıcaklığı yükseldikçe kuvveti ve sertliğinden bir miktarını kaybedecektir. Bu etki tesisatın sonları ve ara rögarlar gibi sınırlanmamış alanlar içinde çapta “balonlanma” olarak görülmektedir. Reçine artan sıcaklık ile artan bir akışkanlığa tabi bulunan bir sıvıdır. Keçe direnci kaybolması ve reçine akışkanlığı artmasıyla, reçine üzerine net olumlu basınç harcanacaktır. Reçine, sınırlanmayan bir numunenin sonlarında bulunan tüpün sınırlanmamış kısımları olacak olan en az dirençli yolu takip edecektir.

Hem reçine taşınması hem de keçe “yumuşaması” uygulanabilir limitler dahilinde istenir özelliklerdir ve CIPP işlem için gerekli bulunmaktadır. Bununla birlikte, bu nitelikler sınırlanmış bir boru numunesinin kalitesi aleyhinde çalışmaktadır. Buna ilave olarak bükülgenlik direncinin ve elastik bükülgen modüllerin hesaplanmasını kalınlık değişimleri önemli ölçüde etkilemektedir ve sınırlanan numuneler önemli ölçüde kalınlık değişimlerine ve kırışıklıklara sahip olabilmektedir.

6.6 Tüp ve Reçine Malzemeleri

Bu bölümde CIPP'in yapısında kullanılan muhtelif temel ve bileşik malzemeler tanımlanacaktır. CIPP için kullanılan malzemelerin minimum fiziksel özelliklerini tespit etmek, ayrıca bu malzemelerin pratik yeterliliklerini tanımlamak gerekli bir husustur.

6.6.1 Tüp malzemeleri ve yapısı

CIPP için tüp yapısı dokuma olmayan veya dokuma liflerden veya bu ürünlerin bir kombinasyonundan oluşabilir. Tüpün dış tabakası sert termoplastik malzemedir yapılmaz sızdırmaz bir ince zardan oluşmaktadır. Plakalar geniş keçe ruloları veya plastik kaplanmış keçeden gereken ebatta kesilmektedir. Tüp mevcut bulunan boru ebadına ve belirli bir boru hattı projesinin gereken tasarım kalınlığına göre kesilmiş kumaş plakalarından imal edilir. Belirli bir tüp kalınlığını oluşturmak için, çoklu dokuma ve/veya dokuma olmayan tabakalar kullanılabilir. Kumaşın iç tabakaları kullanılan malzemenin yapısı ve türüne bağlı olarak muhtelif şekillerde birleştirilmektedir. Dış plastik kaplı tabakalar termoplastik yapıya bağlı olarak ya kimyasal olarak birleşmiş veya termal olarak birleşmiştir. Mühür su geçirmez ve hava geçirmez özelliktedir.

Plastik kaplamalı tabakalar her zaman için tüpün dış tarafına yerleştirilmektedir. Dış plastik kaplama birkaç maksadı yerine getirmektedir. Öncelikle, tüpün vakum tutmasını ve bu şekilde

tüp kumaşının tam reçine doyumunun sağlanmasına izin vermektedir. İkinci olarak, kurulum süreci boyunca reçineyi sudan korumaktadır. İçe çekme işlemi için, dış plastik kaplama reçine taşınmasının daha iyi kontrolüne izin vermektedir. Reçineyi ve kumaşı borunun içinde mevcut bulunabilecek olan kirlere de korumaktadır. Eğer belirtilirse, yerine çekme tüpünün dış koruyucu kaplaması hortum borusuyla mekanik birleşim meydana getirmek için kalibrasyon hortumunun kurulumu boyunca reçinenin seçici şekilde dışarıya sıkılmasına izin vermek üzere delinebilmektedir. Tüp çevrilirken dış plastik kaplama çevrim tüpünü ve kalibrasyon hortumunu statik su veya hava basıncından korumaktadır. Farklı birkaç çeşit termoplastikler ile yapılabilmektedir.

Kalibrasyon hortumu yerinde kalacak ve çıkartılabilecek şekilde yapılandırılabilir. Her iki yapı yöntemi kabul edilebilir olup, kaliteli CIPP üretmektedir. Yerinde kalan kalibrasyon hortumu sızdırmaz bir plastik ince zar ile kaplanmış bulunan ince bir keçeden yapılmıştır. Kalibrasyon hortumu reçineye doymuş tüpün içine çevrildiği zaman, kuru hortum keçesi yerine çekme astarındaki fazla reçine ile doyar ve tüp işlemi yapıldıktan sonra CIPP'nin sürekli bir parçası haline gelir. Çıkartılabilir olan kalibrasyon hortumu işleme ve soğutma işlemi tamamlandıktan sonra CIPP'ten çıkarılabilecek olan termoplastik bir ince zar niteliğindedir. Çıkarılabilir kese için genel uygulamalara kurulduktan sonra CIPP'in sonlarının kesilmemesi seçildiğinde ve CIPP yeri tamir edildiğinde yanal borular gibi ufak çaplı olan borular dahildir.

CIPP için en genel tüp yapısı, yoğun bir keçeye iğnelenen dokuma olmayan yapay liflerden oluşmaktadır. CIPP için belirlenmiş olan keçe malzemeleri kurulu CIPP'in reçine doyum, kumaş direnci, kumaş esnekliği ve nihai özelliklerinin en uygun bir duruma getirmek için pek çok farklı bileşenlere sahip bulunmakta olan yüksek bir teknoloji ürünüdür. Keçe; polyester, polietilen ve/veya polipropilen liflerden veya bu liflerin bir kombinasyonundan imal edilebilmektedir. Lifler belirlenmiş çaplara ve ayrıca belirlenmiş geometriye (yuvarlak olması dışında) ve ortalama uzunluğa sahip bulunmaktadır.

6.6.2 Reçine malzemesi

CIPP için belirlenen reçineler ürünün kısa ve uzun vadeli performansını korur. CIPP için kullanılan reçinelerin üç genel sınıflandırması mevcut bulunmaktadır;

- Doymamış (saf) polyester reçine
- Epoksi vinil ester reçinesi

- Epoksi reçine ve işleme maddesi

Her bir reçine kategorisi içerisinde, bağlantılı performans ve maliyet özellikleriyle bu ürünlerin çok çeşitli varyasyonları mevcut bulunmaktadır. Polyester reçineler en sıklıkla kullanılmaktadır. Bunu epoksi vinil esterler izlemektedir. En az sıklıkla kullanılanlar ise epoksi reçineler grubudur. Polyester reçineler izofatalik polyester ailesindedir. İzofatalik polyester reçineler yüksek bir kimyasal ve termal dirence sahip bulunmaktadır. Epoksi vinil ester reçineler en yüksek performansı göstermektedir. Bir polyester reçine ile kıyaslandığında en yüksek dayanıklılığa, esnekliğe ve termal dirence sahip bulunmaktadır. Fakat en yüksek bağlantılı maliyete de sahip olan reçine türleridir.

6.6.3 Astarlar

CIPP reçinesi teknolojisini başka bir ilerlemesi reçinelere ilave edilebilecek olan belirlenmiş astarların kullanımını da içermektedir. Astarlar olumsuz performans ile yanlış şekilde bağlantılı hale getirilmiştir. Inliner Technologies eğer bir astarın amacı mamul CIPP' e gereken reçine miktarını düşürmekten başka bir değer temin etmiyorsa, bu durumda kullanımına izin verilmemesi gerektiğini düşünmektedir. Diğer yandan, iletme türü astarlar aşağıda verilenler dahil olmak üzere pek çok faydalı niteliğe sahip bulunmaktadır. Bunlar;

- artan elastik bükülgenlik modülleri
- artan termal iletkenlik
- artan viskozite kontrolü
- düşen çekme oranları.

Artan bükülgenlik modülleri bütün CIPP kalınlığını düşürebilmekte ve daha az çap azalmasına izin vermekte olup, daha kolay kurulum sağlamaktadır. Termal iletkenlik konusundaki ilerleme ısının da daha kolay bir şekilde transfer edilmesini sağlama suretiyle astarın kalınlığı boyunca işlemin gelişmesine imkan tanımaktadır. Kalın astarlar için, reçine polimerizasyonu ile üretilen ısı işlem süresince daha kolay bir şekilde dağılabilmekte ve bu daha tekbiçimli lamineler üretilebilmektedir. Gelişen viskozite kontrolü reçineyi kurulum ve işleme sürecinde akmasını ve havuz olarak toplanmasını önlemektedir. Buna ilave olarak, ilerleme sağlanan dolgulu reçine CIPP işlemin doğasında olan çekmenin kontrol edilmesi ve düşen CIPP çekmesine yardımcı olmaktadır. Tipik dolgusuz reçineler yüzde 7 oranında çekme sergilerken dolgulu reçine sistemi yaklaşık olarak yüzde 5 oranında çekme

sergilemektedir. Bütün faydalar kanalizasyon sistemlerinde kimyasal direnç kaybı olmaksızın elde edilebilmektedir.

Pek çok farklı astar türleri kullanılabilir. Ancak CIPP içinde kullanım için en genel olarak belirlenen astar Alüminyum Trihidrattır (ATH). CIPP için kullanılan astarların optimizasyonu için önemli miktarda araştırma ve geliştirme yapılmıştır. Astar tipi, tanecik ebadı, ebat dağılımı ve özelleştirilen yüzey kimyasal kaplaması astarların sabit şekilde çalışmasına izin veren kritik bileşenlerdir. Tanecik ebat ve dağılımı, astarların tüp kumaşlarına kolay ve sabit bir şekilde ıslatmasına izin verir.

Astar türü ve yüzey işlemleri, tanecikleri reçine içinde askı halinde tutar, işlenmiş reçine ile birleşme oranını artırır ve fiziksel özellikleri iyileştirir. Bazen de nihai CIPP'in kimyasal direncini dahi arttırılabilmektedir. Her ne kadar astarlar genelde kullanılsalar da, her uygulama için maliyet etkili özellik taşırlar. Astarlarla birleşik halde polyester reçineler ticari olarak bulunabilir en genel reçine türleridir.

6.6.4 Reçine/Kumaş bileşik özellikleri

Termoset reçineleri CIPP için kullanılan kumaşlar ile birleştirildiği zaman, nihai ürünün özelliklerini kullanılan kumaş malzemesine bağlı olarak yükseltilir veya düşürülebilir. Dokuma olmayan keçe ürünleri yaklaşık olarak yüzde 80 ila yüzde 85 oranında reçine içeriğine sahip bulunan CIPP üretmektedir. Keçe lifleri nadiren kullanıldığı için, keçe gerçekte reçine özelliklerinden eksiltmektedir. Keçe tüpleri reçine doyumu, kamyonu yükleme ve astarın mevcut boruya yerleştirilme süreci boyunca reçineyi yerinde tutacak şekilde tasarlanmış bulunmaktadır. Cam yünü gibi lifler CIPP içine dahil edildiği zaman, bileşik yapının yükü taşıyan bileşeni haline gelirler. Fiziksel özellikler saf veya takviye edilmemiş olan reçinelerin üzerinde önemli ölçüde artırılabilir.

6.7 CIPP'nin Uzun Vadeli Hata Özellikleri

CIPP'in yapısında kullanılan termoset ve termoplastik malzemeler sabit bir yüke maruz kaldıklarında gittikçe artan bir deformasyon geçireceklerdir. Deformasyon uzun vadeli hata olarak tanımlanır. Hata/kusur oranını kullanılan termosetin türü, tüp için kullanılan kumaşın türü (polyester keçe, camyünü vs gibi), CIPP'in reçine içeriği, işleme derecesi, yükleme basıncı ve borunun çevresel koşulları da dahildir.

CIPP hidrostatik yükten dolayı sabit harici veya dahili basıncı karşılayacak şekilde

tasarlanmalıdır. CIPP'in hatadan dolayı deformasyonu, ürünün genelde belirlenen 50 senelik tasarım ömrünü başarıya ulaştırmak için hesaba katılması gereken bir tasarım parametresidir.

CIPP'in yapısında kullanılan malzemeler için hatayı tahmin etmek için malzemeler laboratuarda değerlendirilir ve malzemelerin gelecekteki performansı için tahmin yapılır. Sahada CIPP'in hata performansını tahmin etmek için çok sayıda varsayım yapılmalıdır. CIPP hidrostatik basınca maruz kaldığı zaman, mevcut bulunan boru onu sıkıştırdığı için, CIPP başlangıçta sıkıştırma halinde kalır. Eğer CIPP zaman içerisinde önemli ölçüde basınca maruz kalırsa sonunda eğilmeye başladığı bir noktada deforme olacaktır ve sonunda bükülmeden dolayı arıza verecektir. Bu tür malzeme deformasyonunun laboratuvar koşullarında simülasyonlara tabi tutulması oldukça güçtür. Bu nedenle, hatayı değerlendirirken yapılacak olan ilk varsayım bükülme şeklinin çok önemli olduğu ve bükülme şeklindeki testin diğer gerginlik durumlarındaki (sıkıştırma gibi) test ürünler ile kıyaslandığı zaman, muhafazakar nitelikte olmasıdır.

6.7.1 Reçine/Keçe bileşik kimyasal direnci

CIPP için belirlenen malzemelerin kimyasal direnç performansı ürünün tasarım ömrü için önemli başka bir uzun vadeli performans ölçütüdür. CIPP'in kimyasal direnci imalat için seçilen reçinenin türü ile ağırlıklı olarak kontrol edilmelidir. Polyester bazlı iğneli keçe çoğu kimyasal madde için nispeten hareketsizdir. Epoksi vinil esterler ve epoksi reçineler, endüstriyel ve belediye kanalizasyon sistemlerinde yaygın olarak bulunmakta olan asitler, bazlar ve oksitleyici maddelere karşı en geniş kimyasal direnç aralığına sahip bulunmaktadır. İzofatalik polyester reçineleri geniş kimyasal maddeler aralığına karşı da üstün bir kimyasal dirence sahip bulunmaktadır. Fakat temel kimyasal maddelere ve güçlü oksitleyici maddelere maruz bırakıldığı zaman düşüşe uğrayabilmektedir.

6.7.2 Reçine/Keçe CIPP bileşiklerinin termal performansı

Termoset reçinelerinin muhtelif kategorilerinin termal performansı daha önceden tanımlanan maliyet ve performans ile tutarlı bulunmaktadır. Epoksi ve epoksi vinil ester reçineleri tipik olarak izofatalik polyester reçinelerinin kategorisi ile izlenen en yüksek termal dirence sahip bulunmaktadır. Bununla birlikte bütün bu üç adet termoset reçine kategorisi çoğu camyün uygulamaları için kullanılan genel amaçlı reçineler ile kıyaslandığında nispeten yüksek termal performansa sahip bulunur.

6.8 Tasarım İçin Mevcut Boru Sınıflandırması

Yenileme için belirlenen mevcut borunun uygun tasarımını tespit etmek için sınıflandırılmasının gerektiği genel olarak kabul edilmiştir. Çoğu zaman sınıflandırma görsel ve / veya fiziksel denetim ile yapılması gereken varsayımları içermektedir. Boru koşulları, zemin suyu, toprak zarfı ve harici canlı veya ölü yük koşulları da bazı varsayımlar içerebilmektedir.

Hem ağırlık ve hem de dahili basınç koşulları için, mevcut bulunan boru ya “kısmen” veya “tam olarak” bozulmuş/kötüleşmiş olarak sınıflandırılmaktadır.

6.8.1 Kısmen bozulmuş serbest akış borusu

Kısmen bozulmuş bir serbest akış borusunda çatlaklar, sızıntılar ve/veya yerinden çıkan ek yerleri, kök işgali ve gözlenebilir paslanma bulunur. Fakat eksik borular veya çöken boru kısımları bulunmamaktadır. Mevcut boru toprak sisteminin bu sınırlandırması hidrostatik ve canlı yüklerden dolayı harici yükleri destekleyebilir. Bazı durumlarda borunun belirli bir kısmı lokal şişmeler ve boru etrafındaki yüzey faaliyetinden dolayı ezilebilecek veya ciddi bir şekilde zarar görebilir. Bu tür durumlarda, lokal zararlar genellikle bu alanda tamir edilebilecektir ve sonra tüm boru kısmen bozulmuş şekilde sınıflandırılabilir. Bu türden tasarım CIPP’ in mevcut olan boru ile tüm çevrede desteklendiğini ve yalnızca borunun tasarlanan ömrü süresince harici hidrostatik güçlere karşı koyabileceğini varsaymaktadır.

6.8.2 Kısmen bozulmuş basınçlı boru

Kısmen bozulmuş bir dahili basınç borusunda delik sızıntıları ve/veya sızdıran ek yerlere dair deliller bulunmaktadır. Fakat tahmin edilen işletim basınçlarına karşı koymaya ve herhangi bir belirlenen dahili basınç testlerini geçmeye de yeterlidir. Bu boru hidrostatik yer altı suyu veya harici canlı yüklerden dolayı bütün harici yüklere karşı koymaya yeterli bulunmalıdır. Bu durumda, CIPP mevcut bulunan boruya karşı sıkı bir şekilde uyum sağlamak için tasarlanmalı ve çember gerilimi CIPP tarafından değil ana boru tarafından tam olarak desteklenmelidir.

Mevcut basınç borusun tahmin edilen CIPP yenileme ömür süresi üzerinden “tam olarak bozulmuş” olacağı noktaya kadar kötüleşmeyeceği tespit edilmelidir. Ön-gerilimli beton ve metal gibi boru malzemeleri harici paslanmaya tabi bulunmaktadır ve zaman içinde bozulmaya devam eder. Kısmen bozulan basınç borusunun tam olarak bozulmuş bir CIPP tasarımına sahip olduğu iki koşul bulunmaktadır: 1) Eğer işletim veya test basınçlarına

dayanmadığı noktada mevcut boru bozulmaya devam edecek olursa ve 2) CIPP'in mevcut borunun tam çevresi karşısında sıkı bir şekilde uyum sağlamasında sorun varsa.

6.8.3 Tamamen bozulmuş serbest akış borusu

Tam olarak bozulmuş serbest akış borusu ciddi paslanmaya, eksik ve ciddi şekilde ezilmiş boru kısımlarına ve boru etrafında geniş katı bölümlere sahip bulunan bir boru olarak tanımlanmaktadır. Bu tür boru-toprak sistemi boru etrafındaki toprak veya canlı yükleri desteklemeye yeterli bulunmamaktadır. Bu durumda CIPP boru etrafındaki toprak ve canlı yüklerle karşı koymaya yeterli bulunan tek başına boru olarak tasarlanmalıdır. Bu tür tasarım için, boru üzerindeki yer altı suyu ve mevcut bulunan toprak türü ve yoğunluğu hakkında varsayım yapılmalıdır. Mevcut olan borunun yapılmış olduğu malzemenin türü ve daha fazla bozulma ihtimali CIPP yeni borunun tasarım ömrü üzerindeki bütün muhtemel güçlere karşı koyacak bir şekilde tasarlanmış olduğu için bir faktör değildir.

6.8.4 Tamamen bozulmuş basınçlı boru

Tam olarak bozulmuş dahili basınç borusu içinde geniş delikler, ciddi bir dahili veya harici paslanma olan ve sistemi çalıştırmak için gerekli bulunan işletim veya test basınçlarına karşı koyamayacak durumda bulunan borudur. Alternatif olarak boru önceden açıklandığı derecede ciddi şekilde bozulmayabilecektir, fakat geçerli bir basınç borusu olmayacağı noktaya kadar zaman içerisinde bozulması öngörülür. Bu durumda CIPP işletim basınçlarının bütün dahili çember gerilim güçlerine karşı koyacak ve belirlenebilecek olan herhangi bir basınç testini karşılamaya yeterli bir durumda olacak şekilde tasarlanmalıdır. CIPP harici toprak güçlerine, hidrostatik yükleme, ve mevcut bulunabilecek olan ölü veya canlı yüklerle karşı koyabilecek bir şekilde tasarlanmalıdır.

7. DEĞERLENDİRMELER

7.1 Kazılı Sistem İle Kazısız Sistem Karşılaştırılması

Altyapıların yenilenmesi veya tamir edilmesi esnasında kazılı sistemle gerçekleştirilmesi durumunda birçok unsur devreye girmektedir. Öncelikle kazı yapılacak güzergah için ilgili belediyesinden kazı izni alınması gerekmektedir. Ayrıca kazı yapılan güzergahta trafik izinlerinin de yine ilgili emniyet teşkilatından alınması gerekir. Bu aşamalardan sonra mevcut yolun kaplamasının kaldırılması işlemi gerçekleştirilir. Eğer yol güzergahı asfalt ise asfalt kesme makinesi ile asfalt kesme işlemi gerçekleştirilir. Yol, parke taşı ile döşenmiş ise bu taşlar sökülür. Beton ise bu beton kırılır. Akabinde iş makineleri ile kazı işlemi başlatılır. Bu aşamada ayrıca diğer altyapı kuruluşlarının da görüşleri alınır. Güzergahta bulunan hatlar ve bağlantıların yerleri tespit edilir. Su sistemlerinin yenilenmesi veya döşenmesinin kazı derinliğini ortalama 1 m, kanalizasyon sistemlerinde kazı derinliğini ortalama 3 m. kabul edersek kanalizasyon imalatlarındaki zorluğun ne kadar çok olduğu aşikârdır. Kazı güzergahları boyunca diğer alt yapı kuruluşlarının tesislerine zarar verme riski çok yüksektir. Kazıdan çıkan molozlar ve hafriyat kamyonlara yüklenerek nihai depolama alanlarına dökülür. Yeni döşenecek olan hatların malzemeleri kazı yerlerine depolardan alınarak nakledilir ve yeni hattın döşeme işlemleri başlatılır. İmalatın bitmesi akabinde yeni hattın üzeri dolgu malzemesi ile tekrar doldurulur. Kompaktörler ile sıkıştırma işlemi tamamlanır.

Dolgu işleminin tamamlanması akabinde tranşeye 10~20 cm kalınlığında beton atılır. Ve yolun eski kaplama cinsi ne ise tekrar aynı tür malzeme ile eski haline getirilir. Yine imalat aşamasında gerekli tüm trafik ve emniyet tedbirlerinin alınması gerekmektedir.

Kazısız sistemde ise yukarıda zikredilen aşamaların neredeyse tamamı ortadan kaldırılarak yenileme ve tamirat işlemleri gerçekleştirilmektedir.

7.2 Maliyet Karşılaştırılması

Maliyeti üç ana başlık altında kategoriye ayırabiliriz.

- Direk Maliyetler
- Dolaylı Maliyetler
- Sosyal Maliyetler

Toplam maliyet “Bir projenin fiziki olarak hayata geçirilmesi için gerekli bütün yatırımların

toplami” şeklinde açıklayabiliriz.

7.2.1 Direkt maliyetler

Bir projenin planlama aşamasından inşaat aşamasına kadar geçen süreçte ortaya çıkan maliyetlerdir. Ayrıca imalat aşamasında mevcut altyapıların deplase edilmesi gerektiği durumlarda ise bu tür maliyetlerde yine idareler tarafından karşılanmaktadır.

İnşaat süreleri dikkate alındığında kanalizasyon sistemlerinde ortalama 5 mt/gün olan imalat hacmi ile gerçekleşmesi durumunda 50 metrelik bir kanalizasyon sisteminin yenilenmesi yaklaşık 10 gün sürmektedir. Yine su şebeke hattının yenilenmesi veya döşenmesi süresi de ortalama 20 mt./gün imalat hacmi ile 100 metrelik bir su şebekesinin döşenmesi yaklaşık 5 gün sürmektedir. Aynı imalatları kazısız yöntem tercih edildiğinde yenileme işlemi ortalama 1 günde bitmektedir.

Kazılı inşaatlarda direkt maliyet işlemlerini şu şekilde sıralayabiliriz; Asfalt kesilmesi, parke sökülmesi, beton kırılması, moloz nakli, çimento nakli, malzeme (beton büz veya boru) nakli, kazı yapılması, zeminin tesviye edilmesi, boru döşeme işçiliği, boru üstü gömlekleme yapılması, dolgu yapılması, kompaktörle sıkıştırma yapılması, beton dökülmesi, parke döşenmesi, asfalt serilmesi.

Kazısız sistemde ise yukarıda zikredilen inşaat (kazı) maliyetlerinin tamamına yakını ortadan kalkarak sadece metretül üzerinden fiyatlandırma yapılmaktadır.

Yukarıda zikredilen bu işlemlerin parasal yönüyle de değerlendirmesini yapacak olursak Çizelge 7.1 de ayrıntılı bir şekilde görüleceği üzere 50 metre uzunluğunda 3 metre derinliğinde ve 1 metre genişliğinde kabul edilen bir kanalizasyon inşaatının kazılı sistemle parasal maliyeti 14.000 YTL ‘ ye ulaşmaktadır.

Kazısız sistemle aynı kanalizasyon hattının yenileme maliyeti metresi 233 YTL’ den (İSKİ 2005 inşaat birim fiyatı ile) hesaplandığında $233 * 50 = 11.650$ YTL tutmaktadır.

Sonuç olarak rakamlardan da görüleceği üzere kazısız sistemle yenileme parasal yönüyle daha ucuza mal olmaktadır. Sadece parasal maliyet göz önünde bulundurulduğunda bile kazısız yöntemin seçilmesinin uygun olacağı görülmektedir.

Çizelge 7.1 Kazılı Sistemle Kanalizasyon Hattı Yenilenmesinin Ekonomik Maliyeti

S. N.	YAPILAN İŞİN CİNSİ	BİRİM	İŞİN MİKTARI	BİRİM FİYAT* (YTL)	TOPLAM FİYAT (YTL)
1	Asfalt Kesilmesi	m	50(L) x 2 = 100	3,9	390
2	Asfalt Sökülmesi	m ³	50(L) x 0,10(H) x 1(B) = 5	14,64	73,2
3	İksalı Hendek Kazısı	m ³	50(L) x 3(H) x 1(B) = 150	21,53	3229,5
4	Ø 300 mm Muflu Beton Boru Döşemesi(Boru Bedeli Dahil)	m	50(L)	31,11	1555,5
5	Kum Dolgu Yapılması (Nakliye Dahil)	m ³	50(L) x 3(H) x 1(B) = 150	26,22	3933
6	Kırmataş Serilmesi	m ³	50(L) x 0,15(H) x 1(B) = 7,5	18,03	135,2
7	Kırmataş Nakli	m ³	50(L) x 0,15(H) x 1(B) = 7,6	20	150
8	Beton Boru Nakli	m ³	50 x 0,173 ton/1,25 = 6,92	40,52	280,4
9	Moloz Nakli	m ³	2(yoğunluk)x(S.N:2+3) =310	10	3100
10	Asfalt Döşenmesi	m ²	50(L) x 1(B) = 50	24,3	1215
	* İSKİ 2005 İnşaat Birim Fiyatları		L: Uzunluk , B:Genişlik H : Yükseklik, Derinlik	TOPLAM	14.061,80

7.2.2 Dolaylı maliyetler

Kazılı sistem inşaatı sırasında mevcut yol durumunun bozulması, nedeni ile tekrar yapılan kaplama ne kadar iyi yapılsa da eskisi gibi olamayacağından yolun ekonomik ömrünün azalmasına neden olacaktır.

Yine kazılı sistemde inşaat sırasında deplaselerde ve servis kesintisi nedeni ile oluşan ekonomik kayıplar yine idareler tarafından karşılanmaktadır.

Kazı işlemleri sonrasında kazı yapılan güzergahta zemin sıkıştırma işlemi iyi yapılmadığı zaman yolun deforme olması ve ilave yol bakım-onarım maliyeti oluşturması da olumsuz bir durumdur.

Kazısız sistemde yukarıda zikredilen olumsuz hususular ise söz konusu değildir.

7.2.3 Sosyal maliyetler

Sosyal maliyeti şu şekilde tanımlayabiliriz: “Bir projenin hayata geçirilmesi esnasında oluşan, fakat proje maliyetine dâhil edilmeyerek toplum tarafından ödenen maliyetler”

Bunlar;

Trafik : Kazı inşaatları sırasında çok şeritli yollarda en az 1-2 şeridin, tali yollarda ise yolun tamamının trafiğe kapatılması söz konusudur. Özellikle İstanbul trafiğini göz önünde bulundurduğumuzda, kazılardan dolayı oluşan sıkıntı daha da içinden çıkılmaz hal almaktadır. Kazılı imalatlarda, daha az trafik güvenliği nedeni ile oluşabilecek hasar ve kaza riskleri artmaktadır. Ayrıca güzergâh değişimlerinin söz konusu olduğu durumlarda yine ayrı sorunlar oluşmaktadır.

Çevre : Kazılı sistemlerde çevreye verilen zarar ise çok önem arz etmektedir. İş makinelerinin çalışması sonucu ortaya çıkan gürültü kirliliğinden insanların zarar görmesi söz konusu olmaktadır. Yine iş makinelerinin oluşturduğu hava kirliliği de çevreye önemli zararlar vermektedir. Kazılar sonucu oluşan molozların etrafa yaydığı toz bulutu da civarda yaşayan insanları olumsuz etkilemektedir. Ayrıca bu sistemin oluşturduğu diğer bir olumsuz durum ise görüntü kirliliğidir. Kazısız sistemde, yukarıda zikredilen olumsuzluklar gözlenmemektedir. İş makinelerinin çalışması söz konusu olmasına rağmen kazılı sistemde çalışan makinelerin oluşturduğu olumsuzluğun yanında minimum düzeyde kalmaktadır.

Ticaret ve Endüstri : Kazı yapılan bölgede özellikle ticaret ve endüstri kuruluşlarının satışlarının azalması sonucu oluşan zarar da yine topluma mâl olmaktadır. Kazıların direkt

maliyetlerinin içinde olmasa bile oluşan bu tip ticari sorunlarında oluşturduğu ekonomik kayıplar hafife alınmayacak kadar önemlidir. 2003 yılında İstanbul ilinin Nişantaşı / Osmanbey semtinin Şair Nigar sokağında yapılan kazılı kanalizasyon yenileme çalışması esnafı çok zor durumda bırakmış ve günlerce gazete manşetlerinde bu konu haber yapılmıştır.

Sosyal Hayat : Kazılar nedeni ile yolların kapatılması, günlük hayatı olumsuz etkilediği gibi, insanlara direk etkisi de söz konusudur. İnşaatlar sırasında yine güvenlik tedbirlerinin alınmaması durumunda can güvenliği tehlikesi de insanlar için risk teşkil eder. Özellikle insan psikolojisi perspektifinden bakıldığında, kazılı inşaatlar halkın hiç istemediği bir durumdur. Kazısız teknoloji ile yukarıda zikredilen olumsuzlukların hiçbiri söz konusu olmayacaktır.

7.3 Sonuç

Gelişen dünyamızda inşaat işlerinde de teknolojinin kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Esas olan insanların yaşam kalitesinin artırılması prensibi söz konusu olduğundan, kazısız teknolojilerin uygulanması da gerçekten bu prensibin önemli bir ayağıdır. Ülkemizde de bu teknolojinin uygulanmaya başlaması ve zamanla yaygınlaşması arzu edilen bir husustur.

Sonuç olarak, kazısız teknolojinin avantajları; imalat süresinin minimuma indirilmesi, çevreye ve doğaya verilen zararın ortadan kaldırılması, insanların yaşam kalitesine olan katkısı, trafik problemlerini ortadan kaldırması, sosyal hayata olan katkısı olarak özetlenebilecektir.

KAYNAKLAR

Inliner Technologies Engineering Design Guide, 2005

İSKİ İnşaat Birim Fiyatları, 2005

İSKİ Mevzuatı

İSKİ Rehabilitasyon Şartnamesi, 2005

İSKİ Yıllık Faaliyet Raporları, 2002-2004

Kınacı, C. Ve Akça,L., 1992 , Türkiye’de Kırsal Yerleşimlerin Su Temini ve Sanitasyon Durumu, Türk Devletleri Arasında 1. İlimi İşbirliği Konferansı, Lefkoşe

Parcher, M. J., 1998 , Wastewater Collection System Maintenance, Technomic Publishing., Inc., Lancaster-Basel, pp. 4-9,179-220, 232-233

Topacık, D. ve Eroğlu, V., 1993 , “Su Temini ve Atıksu Uzaklaştırılması Uygulamaları” , İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.

T-T İnşaat A.Ş. , 2005 , Tanıtım Kataloğu

Tuna, M. ve Kınacı, C., 1999 , Türkiye İçin Kanalizasyon İnşaa Maliyetlerinin Belirlenmesi , Su Kirlenmesi Kontrolü Dergisi, Cilt 9 Sayı 1 Sayfa 27-34

Ultraliner All Oceans Ltd., 2005 , Tanıtım Kataloğu

İnternet Kaynakları:

<http://www.multiliner.com/Main-Default.htm>

<http://www.rabmer.at/index-e.html>

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	24.11.1974	
Doğum yeri	Karabük	
Lise	1985-1992	Gölcük İ.H. Lisesi
Lisans	1992-1996	İstanbul Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2002-2006	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Müh. Anabilim Dalı

Çalıştığı kurum

1996-Devam ediyor İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
Beyoğlu Şube Müdürlüğü-Müdür