

İLLER BANKASI ANONİM ŞİRKETİ

**KANALİZASYON VE İÇME SUYU İNŞAATLARINDA KULLANILAN
BORU TİPLERİNE GÖRE MALİYET ANALİZİ**

AHMET KASAP

UZMANLIK TEZİ

MAYIS 2016



İL BANK
TÜRKİYE'NİN YAPICI GÜCÜ

İLLER BANKASI ANONİM ŞİRKETİ

**KANALİZASYON VE İÇME SUYU İNŞAATLARINDA KULLANILAN
BORU TİPLERİNE GÖRE MALİYET ANALİZİ**

AHMET KASAP

UZMANLIK TEZİ

Tez Danışmanı (Kurum)
Teknik Uzman Serdar SEÇİLİR

Tez Danışmanı (Üniversite)
Yrd. Doç. Dr. Yağmur KOPRAMAN

ETİK BEYAN

İLLER BANKASI ANONİM ŞİRKETİ Uzmanlık Tezi Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Ahmet KASAP

06.05.2016

KANALİZASYON VE İÇME SUYU İNŞAATLARINDA KULLANILAN BORU TİPLERİNE GÖRE MALİYET ANALİZİ

(Uzmanlık Tezi)

Ahmet KASAP

İLLER BANKASI ANONİM ŞİRKETİ

Mayıs 2016

ÖZET

Bu tez çalışmasında, İller Bankası A.Ş.'nin altyapı hizmetleri kapsamında bulunan kanalizasyon ve içme suyu inşaatlarında kullanılan boru tipleri araştırılmış olup, boru tipine göre değişkenlik gösteren maliyet kalemleri esas alınarak, sıklıkla kullanılan çaplar üzerinde analiz yapılmış ve uygulamada hangi boru tipinin kullanılmasının ekonomik olacağına tespit edilmesi amaçlanmıştır. Kanalizasyon inşaatları için araştırılan boru tipleri arasında, sıklıkla kullanılan çaplarına göre en ekonomik boru türünün koruge boru olduğu görülmüştür. Ancak boru tipi tercihinde öncelikle proje parametrelerinin dikkate alınması, daha sonrasında maliyet değerlendirilmesinin ele alınması gerektiği de belirtilmiştir. İçmesuyu inşaatları için araştırılan boru tipleri arasında, düşük çapların kullanılmakta olduğu şebeke hatlarında polietilen boru kullanımının en ekonomik olduğu, yüksek çaplı boruların kullanıldığı isale hatlarında ise çelik boru ile düktil boru maliyetlerinin ise birbirine yakın olduğu görülmüştür. Boru tipinin tercihinde ise, pazar fiyatlarındaki tekelleşmeye rağmen uygulama kolaylığı ve üstün özellikleri nedeniyle yüksek çaplı boruların kullanıldığı isale hatlarında düktil boru kullanılmasının daha faydalı olacağına karar verilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Çevre kirliliği, kanalizasyon inşaatları, içme suyu inşaatları, atık su boru tipleri, içme suyu boru tipleri, maliyet analizi

Sayfa Adedi : 98 sayfa

Tez Danışmanları : Yrd. Doç. Dr. Yağmur Koprıman
Teknik Uzman Serdar SEÇİLİR

COST ANALYSIS ACCORDING TO PIPE TYPES USING IN SEWAGE AND DOMESTIC WATER CONSTRUCTION

(M.S. Thesis)

Ahmet KASAP

ILLER BANKASI INC.

May 2016

ABSTRACT

In this study, pipe types using in sewage and domestic water constructions in Iller Bankası Inc. infrastructure services were searched. On the basis of cost prices which indicate variability according to the types of pipe, analyses are carried out on the commonly used diameters and it was aimed to determine about which type of pipe is practically the most economical one. Among the pipe types that were searched for sewage construction, it is seen that with regard to commonly used diameters corrugated pipes are the most economical ones. However; it was also specified that for the preference of pipe types, firstly project parameters should be dealt with and after that cost price evaluation is needed to be concerned. Among the pipe types that were searched for domestic water construction, it was seen that using polythene pipes is the most economical one for the network lines where low diameters are used, also it was seen that the costs of steel pipes and ductile pipes for transmission lines where high diameters used, are close to each other. For the preference of pipe type, though monopolies of market price, because of its ease of application and superior properties, it was decided that using ductile pipes for the transmission lines, where high diameters are used, is more beneficial.

Key Words : Environmental pollution, sewage construction, domestic water construction, pipe types, cost analysis

Page Number : 98 p.

Supervisor : Associate Professor Yağmur KOPRAMAN
Technical Specialist Serdar SEÇİLİR

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sırasında desteğini, bilgisini ve tecrübelerini esirgemeyen danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Yağmur KOPRAMAN'a, uzmanlık tezimin hazırlanmasında tecrübe ve bilgileriyle büyük katkı sağlayan kurum danışmanım Teknik Uzman İnşaat Yüksek Mühendisi Serdar SEÇİLİR'e teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam için gerekli verileri temin etmemde bana yardımcı olan iş arkadaşım ve meslektaşım Teknik Uzman Harun ŞAM'a ve Teknik Uzman Yardımcısı Mustafa YALTIR'a, tezdeki hesaplamalar kısmında yardımcı olan okul arkadaşım ve meslektaşım Proje Müdürü Aydın EKİCİ'ye, tezdeki şekil ve çizimlerin düzenlenmesinde bana yardımcı olan kardeşim Bilgisayar Mühendisi Emre KASAP'a, ve çalışmam sırasında emeği geçen adını anmadığım herkese çok teşekkür ederim.

Ayrıca, tez çalışmam süresince sabır ve dualarını benden esirgemeyen, hayatım boyunca desteklerinden mahrum bırakmayan annem Hacer KASAP ve babam Mehmet Kazım KASAP'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
GİRİŞ.....	1
1. ÇEVRE KİRLİLİĞİ VE SU YÖNETİMİ.....	5
1.1. Çevre Kirliliği.....	5
1.1.1. Çevre kirliliğinin kaynakları	5
1.1.2. Çevre kirliliği çeşitleri	7
1.2. Atık Su Yönetimi.....	9
1.2.1. Atık sular ve özellikleri.....	10
1.2.2. Atık su kaynakları	10
1.2.3. Atık suların toplanması ve bertarafı.....	12
1.2.4. Atık su sistemleri	13
1.3. İçme Suyu Yönetimi	15
1.3.1. İçme suları ve özellikleri.....	16
1.3.2. İçme suyu kaynakları	18
1.3.3. İçme suyu temini ve iletimi.....	19
2. KANALİZASYON VE İÇMESUYU İNŞAATLARININ PROJELENDİRİLMESİ.....	23
2.1. Kanalizasyon İnşaatlarının Projelendirilmesi	23
2.1.1. Etüt çalışmaları	24
2.1.2. Hidrolik hesaplar.....	30
2.1.3. Proje özelliklerinin yapım maliyetine etkisi	36
2.2. İçme Suyu İnşaatlarının Projelendirilmesi	42
2.2.1. Etüt çalışmaları	48
2.2.2. Hidrolik hesaplamalar	50
2.2.3. Proje özelliklerinin yapım maliyetine etkisi	52
3. KANALİZASYON İNŞAATLARINDA KULLANILAN BORU TİPLERİ VE MALİYET ANALİZİ	55
3.1. Kanalizasyon İnşaatlarında Kullanılan Borular.....	55
3.1.1. Beton/betonarme borular	55
3.1.2. Koruge borular	56
3.1.3. Spiral sarımlı koruge borular	57
3.2. Boru Tiplerine Göre Birim Maliyetler.....	59
3.3. Boru Maliyetlerinin Karşılaştırılmalı Analizi.....	70

4. İÇME SUYU İNŞAATLARINDA KULLANILAN BORU TİPLERİ VE MALİYET ANALİZİ	75
4.1. İçme Suyu İnşaatlarında Kullanılan Borular	75
4.1.1. Çelik borular	75
4.1.2. Düktil borular	76
4.1.3. Pvc borular	77
4.1.4. PE (Poli etilen) borular	78
4.1.5. PPRC (Poli Propilen Random Co-Polimer) borular	79
4.1.6. Ctp (Cam elyaf takviyeli plastik) borular	80
4.1.7. Asbestli çimento borular (Açb).....	81
4.2. Boru Tiplerine Göre Birim Maliyetler.....	81
4.3. Boru Maliyetlerinin Karşılaştırılmalı Analizi.....	92
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	93
KAYNAKLAR	96

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. Büyükşehirlerdeki atıksu ve yağmursuyu sistem tipleri [2]	14
Çizelge 1.2. Ortadoğu'daki su zengini ülkeler [10]	15
Çizelge 1.3. Su kalite parametrelerinin, insani tüketim amaçlı sular hakkında yönetmelik (İTASHY) ve TS 266'ya (sular-insani tüketim amaçlı sular) göre ilgili sınıflandırma[13]	17
Çizelge 1.4. Elde edildiği kaynaklara göre suların sınıflandırılması	18
Çizelge 2.1. Aritmetik artış metoduna göre nüfus tahmin sonuçları	26
Çizelge 2.2. Eksponansiyel artış metoduna göre nüfus tahmin sonuçları.....	27
Çizelge 2.3. Nüfus hesap yöntemi metotları sonuçlarının kıyaslanması	29
Çizelge 2.4. Nüfusa göre günlük atık su oluşum miktarları [14].....	29
Çizelge 2.5. Eğitim-doluluk oranı-çap arasındaki ilişki [15].....	31
Çizelge 2.6. Atık suların kanalizasyon sistemine katılma sürelerine ait çizelge	32
Çizelge 2.7. Nüfusa bağlı olarak günlük atık su oluşum miktarları.....	33
Çizelge 2.8. Kanalizasyon sistemleri için hız kriterleri	34
Çizelge 2.9. Kutter pürüzlülük katsayıları (m)	35
Çizelge 2.10. Manning pürüzlülük katsayıları (n)	35
Çizelge 2.11. Evsel kaynaklı birim su tüketim değerleri [18]	48
Çizelge 2.12. İçme suyu tesislerinde yangın suyu ihtiyaç miktarları [18].....	51
Çizelge 2.13. İçme suyu boru tipine göre Williams-Hazen formülüne ait 'C' katsayıları ..	52
Çizelge 3.1. Ø200 mm çaplı buhar kürlü entegre contalı muflu beton boru döşenmesi.....	60
Çizelge 3.2. Her çaptaki beton borulu hat üzerine konulabilen buhar kürlü beton boru 'C' parçalarının konulması.....	60
Çizelge 3.3. Ø300 mm çaplı buhar kürlü entegre contalı muflu beton boru döşenmesi.....	62
Çizelge 3.4. Ø400 mm çaplı buhar kürlü entegre contalı muflu beton boru döşenmesi.....	63
Çizelge 3.5. Ø200 mm çaplı PE100 (Hdpe) SN 8 koruge borunun döşenmesi	64
Çizelge 3.6. Ø200 mm çaplı koruge manşon konulması	65
Çizelge 3.7. Ø200/150 mm koruge 'C' parçası konulması.....	65
Çizelge 3.8. Ø300 mm çaplı PE100 (Hdpe) SN 8 koruge borunun döşenmesi	66
Çizelge 3.9. Ø300 mm çaplı koruge manşon konulması	66
Çizelge 3.10. Ø300/150 mm koruge 'C' parçası konulması.....	67
Çizelge 3.11. Ø400 mm çaplı PE100 (Hdpe) SN 8 koruge borunun döşenmesi	68
Çizelge 3.12. Ø400 mm çaplı koruge manşon konulması	69
Çizelge 3.13. Ø400/150 mm koruge 'C' parçası konulması.....	69
Çizelge 3.14. Beton ve koruge boru ile ilgili hesap edilen değişken maliyetler.....	70
Çizelge 3.15. Beton boru maliyeti (TL/m).....	71
Çizelge 3.16. Koruge boru maliyeti (TL/m)	72
Çizelge 4.1. Ø125 mm PE 100 (PN 10) polietilen boru döşenmesi	83
Çizelge 4.2. Ø200 mm PE 100 (PN 10) polietilen boru döşenmesi	84
Çizelge 4.3. Ø400 mm PE 100 (PN 10) polietilen boru döşenmesi	85
Çizelge 4.4. Ø125 mm (5") çelik boru (3,6 mm et kalınlığında) döşenmesi.....	86
Çizelge 4.5. Ø200 mm (8") çelik boru (4,5 mm et kalınlığında) döşenmesi.....	87

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.6. Ø400 mm (16") çelik boru (4,76 mm et kalınlığında) döşenmesi	88
Çizelge 4.7. Ø125 mm çaplı muflu düktil boru döşenmesi	89
Çizelge 4.8. Ø200 mm çaplı muflu düktil boru döşenmesi	90
Çizelge 4.9. Ø400 mm çaplı muflu düktil boru döşenmesi	91
Çizelge 4.10. Polietilen, çelik ve düktil boru ile ilgili hesap edilen değişken maliyetler	92

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Ülkemiz genel nüfusunun kırsal ve kentsel nüfus olarak dağılımı [2]	6
Şekil 1.2. Türkiye’de arazi kullanım durumu [4]	8
Şekil 1.3. Türkiye’de suyun kullanım alanları [7]	11
Şekil 1.4. Su temini ve iletimi elemanları [11]	19
Şekil 2.1. Atık su taşıyan kanalizasyon borusu kesiti	31
Şekil 2.2. Boru yerleştirilen hendek kesiti	38
Şekil 2.3. Kazı derinliğine göre şev veya iksa uygulamasının belirlenmesi.....	39
Şekil 2.4. Şevli kazılarda hendek kesitleri	40
Şekil 2.5. Kaptaj yapısı	42
Şekil 2.6. İçme suyu projelerinde şebeke ağının gösterimi	45
Şekil 3.1. Boru maliyetlerinin karşılaştırılması	73
Şekil 4.1. Boru maliyetlerinin karşılaştırılması	92

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 1.1. Kanalizasyon sistemi ve temel elemanları.....	13
Resim 2.1. Ayrık atık su sistemi elemanları	23
Resim 2.2. Sert zemin kazılarında kullanılan makine ekipmanları	37
Resim 2.3. Aralıklı ahşap iksa uygulaması ile açılan hendek.....	41
Resim 2.4. Terfi merkezi	44
Resim 2.5. Kelebek vana	46
Resim 2.6. Yangın musluğu (yangın hidrantı).....	47
Resim 2.7. İçme suyu borusu döşenen hendek	53
Resim 3.1. Beton ve betonarme kanalizasyon boruları.....	55
Resim 3.2. Koruge boru (mufsuz; manşon bağlantılı).....	57
Resim 3.3. Spiral sarımlı koruge borunun hendeğe konulması ve döşenmesi.....	58
Resim 4.1. Çelik boru	75
Resim 4.2. Düktil boru.....	77
Resim 4.3. Pvc boru	78
Resim 4.4. PE boru	79
Resim 4.5. PPRC boru	80
Resim 4.6. Ctp boru	81

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
K_y	Ortalama nüfus artışı
N_0	İlk yıla ait nüfus değeri
N_1	Baz alınan yıla ait nüfus
N_y	Gelecekteki nüfus değeri
t_0	İlk verinin ait olduğu yıl
t_1	Baz alınan verinin ait olduğu yıl
t_y	Projeksiyon yılı
P	Çoğalma yüzdesi
N_e	Geçmiş yıllara ait herhangi bir nüfus sayım değeri
a	Yeni ve eski nüfus sayımları arasındaki yıl farkı
N_g	Proje hedef nüfusu
n	Proje yılı ile son nüfus sayımı arasındaki yıl farkı
\emptyset	Çap değeri
D	Çap değeri
A	Islak alan
P	Islak çevre
R	Hidrolik yarıçap
Q_{evsel}	Evsel kaynaklı debi
Q_{max}	Maksimum debi
$Q_{uç}$	Uç debi
a	Atık suyun sisteme katılma süresi
V_{min}	Minimum hız değeri
V_{max}	Maksimum hız değeri
V	Akış hızı
A	Boru enkesit alanı
J	Boru taban eğimi
m	Kutter pürüzlülük katsayısı
n	Manning pürüzlülük katsayısı
d	Boru üstü yataklama malzemesi yüksekliği

Simgeler	Açıklamalar
Q_{iletim}	İletim debisi
$Q_{yangın}$	Yangın debisi
C	Boru tipine göre sabit katsayı
h	Hidrolik kayıp
f	Boru içi sürtünme katsayısı
L	İki nokta arası mesafe
g	Yer çekimi ivmesi
hp	Horse power (beygir gücü)
m	Metre
mm	Milimetre
lt	Litre
s	Saniye
Atm	Atmosfer basıncı (atü)
pH	Power of hydrogen
“	inç

Bu çalışmada kullanılmış kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklamalar
BM	Birleşmiş Milletler
AB	Avrupa Birliği
UÇES	Çevre Uyum Stratejisi
ÇED	Çevresel Etki Değerlendirmesi
SÇD	Stratejik Çevresel Değerlendirme
SUKAP	Su ve Kanalizasyon Altyapı Projeleri
YSA	Yapay Sinir Ağları
SKKY	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
DSİ	Devlet Su İşleri
İTASHY	İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik
WHO	World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)
TS	Türk Standardı
BOTAŞ	Boru Hatları İle Petrol Taşıma A.Ş.

Kısaltmalar**TÜİK****ÇŞB****PVC****PE****PPRC****CTP****HDPE****LDPE****SN****PN****TL****TÜSİAD****Açıklamalar**

Türkiye İstatistik Kurumu

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı

Polivinil Klorür

Poliyeten

Polipropilen Random Co-Polimer

Cam Takviyeli Plastik

High Density Poliyeten (Yüksek yoğunluklu poliyeten)

Low Density Poliyeten (Düşük yoğunluklu poliyeten)

Stiffness Number (Rijitlik değeri)

Pressure Number (basınç değeri)

Türk Lirası

Türk Sanayicileri ve İş Adamları Derneği

GİRİŞ

Geçmişten bugüne varlığını sürdürmekte olan insanoğlu, çevresel kaynakları ve zekâsını kullanarak günümüz refah seviyesine ulaşmayı başarmıştır. Ulaşmasında endüstriyel, tarımsal ya da donanımsal (teknolojik) alanlarda bir dizi atılım göstermiş ve göstermeye devam etmektedir. Bu gelişmelerin ortaya çıkmasında başlıca kaynak insan zekâsı olsa da tüm materyallerin ham maddesi doğadır. Doğa bize ihtiyacımız olan tüm kaynakları sunarken bunları sonsuza kadar sürdürebilecek bir döngüye sahiptir. Fakat, insanlar bu döngünün seyrini çoğunlukla olumsuz yönde değiştirmekte; üretim içerisinde bulunurken aynı zamanda doğanın gelecek kaynaklarını tüketmektedirler. Toplumsal politikalar dengeli ve ileri görüşlü yürütülemediğinden doğal kaynaklar kirletilmekte ve çevresel sürdürülebilirliğe zarar verilmektedir.

Nüfus artışı ve çarpık kentleşme, sanayileşme ve bilinçsiz tüketim sonucu doğal kaynaklar yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalmaktadır. Bunun yanı sıra tüketim sonucu oluşan ve havaya, toprağa, suya bırakılan atıklar çevre kirliliğine yol açmaktadır. İnsanlara burada düşen sorumluluk; bu olumsuzlukları kontrol altında tutmak için gerekli bilinci edinebilmek ve tüm bu zararlı etkenlerin olumsuz özelliklerinden arındırıldıktan sonra doğaya bırakılmasını sağlayacak yatırımları yapmaktır.

Bu amaçla ulusal boyutta ilk yaptırımlar Birleşmiş Milletler (BM) tarafından ele alınmıştır. Avrupa Birliği (AB) ülkelerince de bu konuda duyarlı davranılmış ve bu hususlarda üye adayı ülkelere ön şart olarak uygulanması istenilen reform paketleri arasına çevresel reformlar da eklenerek uygulanması zorunlu kılınmıştır. Ülkemiz de AB Entegre Çevre Uyum Stratejisi (UÇES) (2007-2023) ile ilgili reformları tamamlama yönünde çalışmalarda bulunmaktadır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından, çevresel etki değerlendirmesi (ÇED), stratejik çevresel değerlendirme (SÇD), çevresel sorumluluk, çevresel bilgiye erişim, hava kalitesi, su kalitesi, atık yönetimi, doğa koruma, endüstriyel kirliliğin kontrolü, kimyasallar, gürültü ile iklim değişikliği alanında faaliyetler halen sürdürülmektedir.

Atık su şebeke ağının ülke çapında tamamlanması, atık su arıtma tesisi bulunmayan şehir merkezinin kalmaması, katı atık depolama ve bertarafı yöntemlerinin geliştirilerek uygulanması, su kaynaklarının korunması ve içme suyu kalitesinin iyileştirilmesi yönünde

yapılan düzenlemeler de altyapı sektöründe sürdürülen faaliyetler kapsamındadır. Hatta bu atılımların hızla tamamlanabilmesi için 25 000 nüfusun altındaki yerel yönetimlere Su, Kanalizasyon ve Altyapı Projeleri (SUKAP) kapsamında devlet eliyle yarı yarıya hibe desteği de verilmektedir.

İller Bankası A.Ş., 1933'te kurulan ve devlet yatırımlarına öncülük ederek geçmişten bugüne ülkemiz kalkınmasında rol sahibi olan önemli kurumlardan biridir. Yerel yönetim yatırımlarını finanse etmek, danışmanlık hizmeti vermek, projeler geliştirerek uygulanmasını gerçekleştirmek misyonu taşımaktadır. Özellikle altyapı alanında verdiği hizmetler ve SUKAP desteğiyle AB üyelik sürecinde çevresel yatırımların tamamlanmasında mali ve teknik olarak büyük sorumluluk üstlenmiştir.

Altyapı ağının en önemli sistem elemanları olan; kanalizasyon, yağmursuyu ve içme suyu sistemlerinin yerel yönetimler aracılığıyla modern yaşam ve şehirleşmenin bir parçası olarak tesisinin sağlanması, İller Bankası'nın geçmişten bugüne başarıyla yürüttüğü sorumlulukları arasındadır. İller Bankası A.Ş., üstyapı hizmetlerinin yanı sıra altyapı alanında da danışmanlık hizmeti vererek ihtiyaca yönelik çözüm önerileri getirmekte, yerel yönetimlerle işbirliği yaparak çözümlere esas projeler üretilmesini sağlamakta ve bu projeleri hem finanse ederek hem de bilfiil yapı denetim sorumluluğunu üstlenerek uygulamasını gerçekleştirmektedir.

Kanalizasyon, yağmursuyu ve içme suyu tesislerine ait gereksinimler belirlenerek yapılması öngörülen sistem elemanlarına ait projeler İller Bankası A.Ş., tarafından hizmet alım işi olarak 4734 sayılı Kamu İhale Kanununa göre ihale edilerek hazırlanmakta, proje ömrü tayin edilerek (genellikle 35 yıl olarak) öncelikli olarak yapılacak hatlar 1.kademe, imar ve gelişme sürecine göre değerlendirilerek bilahare yapılacak hatlar ise 2.kademe olarak projelendirilmektedir. Projeler esas alınarak, maliyeti oluşturulacak kalemlerin birim fiyatları tayin edilerek tesisin yaklaşık maliyeti belirlenmekte ve birim fiyat teklif usulüne göre yapım işi ihalesi gerçekleştirilmektedir. Yapım ve uygulama safhasında ise yerel yönetimlerin isteğine göre, Bölge Müdürlükleri aracılığıyla yapı denetim hizmeti sağlanarak tesisin yapımı gerçekleştirilmekte ve tamamlanmasını müteakip sistemin 1 yıl test ve gözleminin müspet olması durumunda yerel yönetimlere işletilmek üzere bırakılmaktadır.

Söz konusu tesislerin yapım maliyetine esas teşkil eden kalemler, projelendirme safhasında belirlenmektedir. Yapımı öncelik arz eden alt yapı ihtiyaçlarından; kanalizasyon ve içme suyu inşaatları için en önemli maliyet kalemi boru maliyetleridir.

Kanalizasyon inşaatlarında nüfus, zemin özellikleri ve topografyaya göre hendek kazı derinlikleri ile uygulama şeklinin iyi değerlendirilerek boru tip ve çaplarının tayin edilmesi, uygulanabilecek diğer boru tiplerinin olumlu ve olumsuz özelliklerinin göz önünde bulundurularak proje ömrü boyunca oluşacak bakım işletme maliyetlerinin de yapım ihalelerine çıkılmadan önce ele alınması hem proje uygulama-işletme maliyetleri hem de ülkemiz bütçesinden çıkacak her bir kuruşun en iyi şekilde değerlendirilebilmesi açısından önem arz etmektedir.

İçme suyu inşaatlarında da en önemli maliyet kalemi borulardır. İçme suyu sistemlerinde kullanılan boru tipi çeşitliliğine bakıldığında, kanalizasyon sisteminde kullanılabilen boru tiplerine nazaran, ithal edilerek temin edilen ham maddeye daha çok ihtiyaç duyulduğu ve yeni teknolojilerle üretilen farklı boru tiplerinde (örneğin düktil boru) rekabet ortamının henüz oluşmamış olmasından ötürü içme suyu boru maliyetlerinin kanalizasyon sistemi borularına göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu nedenle de bu hususların tamamı göz önünde bulundurularak içme suyu boru tiplerinin tayin edilmesi ve ülke ekonomisi için de faydalı olacak projeler oluşturulması önemlidir.

Alt yapı sektöründeki kanalizasyon ve içme suyu inşaatı yapım maliyetlerinin araştırılması, maliyet davranışlarının incelenerek sistematik hale getirilmesi, hem yapan hem de yapımına aracılık eden kesimler tarafından sıklıkla irdelenmiştir. İnşaat mühendisliği alanı içerisinde, kanalizasyon ve içme suyu inşaatlarında; Yapay sinir ağları (YSA) modeli ile kanalizasyon şebeke maliyetlerinin belirlenmesinde (Şam, 2015), YSA modeli ile içme suyu şebeke maliyetlerinin belirlenmesinde (Kasaplı, 2014), Siirt Üniversitesi kampüs alanı kanalizasyon inşaatında kullanılan boruların toplam maliyet üzerindeki etkisinin araştırılmasında (Tulpar, 2010), İldem-Kayseri bölgesi toplu yerleşim alanı içme suyu inşaatında kullanılan boruların toplam maliyet üzerindeki etkisinin araştırılmasında (Çağlısoy, 2010) çalışmalar yapılmıştır.

Tüm bu araştırma ve çalışmalardan hareketle oluşturulan uzmanlık tezinde, İller Bankası A.Ş. kanalizasyon ve içme suyu yatırımlarına ait günümüz projelerinde sıklıkla

kullanılan boru çaplarının ve tiplerinin araştırılması, proje kriterlerinin boru çap ve tipinin belirlenmesine olan etkisinin irdelenmesi, kanalizasyon inşaatları için beton ve koruge boru tiplerinin, içme suyu inşaatları için ise polietilen, elik ve düktil boru tiplerinin birim fiyat analizlerinin Amp yazılıma ait hakediş ve yaklaşık maliyet programı birim fiyat modülünden yararlanılarak yapılması ve boru çapı ile tiplerine göre sonuçların birbiriyle karşılaştırılarak, uygulamada karşılaşılan sorunlar da göz önünde bulundurulmak suretiyle, boru tercihinde fiyat/performans açısından öneriler ortaya konulması amaçlanmaktadır.

1. ÇEVRE KİRLİLİĞİ VE SU YÖNETİMİ

İnsan, asırlar boyunca yaşamak için temel ihtiyaçlarını çevresindeki kaynaklardan karşılamıştır. İnsanın etkileşim içinde olduğu, kaynaklarından faydalandığı ve bu kaynakları zaman içinde daha yakından tanıyıp değerlendirerek çeşitlendirmeyi başarabildiği, buna karşılık tüm olumsuz dış etkenlerine maruz kaldığı bu evrensel kümeye *çevre* denilmektedir. Bizi ilgilendiren bu kümenin alt kümeleri içerisinde; hava, su, toprak, bitki örtüsü, hayvanlar, mikroorganizmalar ve diğer nesnelere bulunmaktadır.

Çevrenin muhteva ettiği ve insanların kullanımında olan hiçbir unsur birbirinden bağımsız düşünülemez insan ne havasız, ne susuz, ne de besinlerini temin edebileceği hayvansal veya bitkisel kaynaklar olmadan yaşayabilir. Fakat bunlar içerisinde, tedarik ve bertarafında mühendislik açısından en çok söz söylenebilen temel unsur *sudur*. Asırlarca temini esnasında insanoğlunun aklının sınırlarını zorlamış ve zorlamaya devam etmektedir. Temini, kullanımı ve atık hale geldikten sonra bertarafı gibi hususlar ise, günümüzde birçok yeni gelişmelere de yön verebilmektedir.

1.1. Çevre Kirliliği

İnsanların, çevresel kaynakları çeşitlendirmesinde doğal olmayan yöntemleri izlemesi sonucunda doğada oluşan tüm bozulmalara *çevre kirliliği* denilmektedir. Bu bozulmalara zaman zaman deprem, sel, volkanik faaliyet unsurları neden olsa da, bunlar doğanın kendi bünyesinde yadsıyabileceği etmenler olarak değerlendirilmektedir. İnsan unsuru etkilerinin ise doğada iz bırakan bozulmalar olması nedeniyle, irdelenerek önlem alınması, doğaya paralel çözümler üretilerek çevre dengesinin korunması açısından en aza indirgenmesi gerekmektedir. Ulusal alanda da hâlihazırda 2872 nolu *Çevre Kanunu* bulunmakta olup, gerekli önlemlerin alınması ve çevresel değerlerin korunması açısından atılacak adımlara yol göstermesi açısından rehber niteliği taşımaktadır [1].

1.1.1. Çevre kirliliğinin kaynakları

Çevre, içinde barındırdığı her alt kümenin farklı meslek gruplarını ilgilendirmesi nedeniyle kirliliğine neden olan etmenler konusunda da farklı görüşlerin ortaya konulmasına yol açmıştır.

Ekolojistler, çevreyle ilgili sistemin dengesini bozan ve bunların doğal olmayan yöntemlerle yapılmasının sonucu çevre kirliliğine yol açan her türlü harici etkiyi, kirletici gözüyle yorumlamaktadırlar.

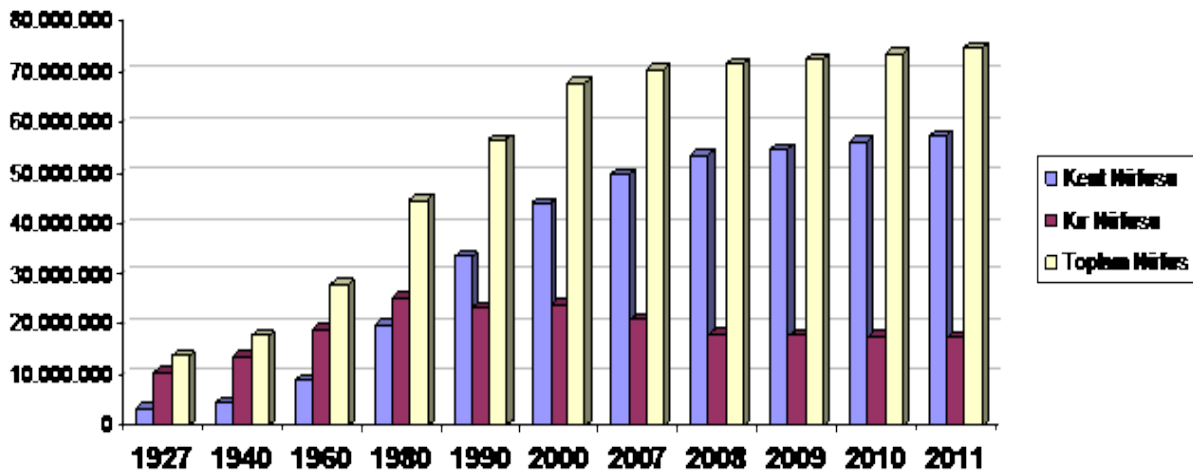
Mühendisler için ise, çevresel kaynağın sürdürülebilir kullanılabilirliğine zarar verecek etmenler kirletici olarak nitelendirilmektedir. Bu kirleticilerin başında ise insan gelmektedir.

İnsan unsurunun çevre kirliliğinin ortaya çıkmasında birçok etkiye sebep olduğu bilinmektedir. Bunun asıl nedeni ise nüfus artışı neticesinde çevresel kaynakların bilinçsiz tüketimidir. Nüfus artışı sonucu fert başına tüketilen madde miktarı artmakta, insanlar ise temel ihtiyaçlarını gidermekte doğal kaynakların sınırlarını görmezden gelmektedir [2].

Çarpık Kentleşme

Ülkemizde ağırlıklı olarak 20. yüzyılda endüstrileşme ile başlayan kentlere göç olayı, bu kentlerde nüfus patlamasına neden olmuştur. İnsanların barınma ve diğer temel ihtiyaçlarını plansız ve denetimsiz olarak, gelişigüzel, doğal değerleri hiçe sayarak gidermesi sonucunda da çarpık kentleşme kavramı ortaya çıkmıştır.

Endüstrileşme ile kentlerimiz son elli yılda, daha önceki nüfuslarının beş misli nüfus artışları ile karşı karşıya kaldılar.



Şekil 1.1. Ülkemiz genel nüfusunun kırsal ve kentsel nüfus olarak dağılımı [2]

Tarımsal Faaliyetler

Tarımda kullanılan ekipmanların zaman içinde geliştirilmesi ile daha verimli ve nitelikli ürün elde etmek adına kullanılan suni gübreler, hormon ve ilaçlar; bunlara ait kalıntıların bitkilere, hayvanlara ve insanlara ulaşmasıyla kalıcı veya kalıcı olmayan sorunlara neden olmuştur. Ortaya çıkan bu sorunlar da tarımsal faaliyetler kaynaklı çevre kirliliği kavramını ortaya çıkarmıştır.

Sanayileşme

Sanayileşme, günümüzde her ne kadar sosyoekonomik kalkınmışlığın göstergesi olsa da, plansız olarak faaliyet gösterme (çevresel etkileri irdelenip gerekli tedbirlerin tesis kuruluşlarında alınmaması) ve sürdürülebilir ham madde kullanımının desteklenmemesi çevresel sorunlara neden olmaktadır. Bunun yanı sıra, doğaya bırakılan sanayi atıkları çevresel kaynakların kirlenmesine; filtreleme sistemi olmadan veya yetersiz filtreleme ile atık gazların doğaya bırakılmasıyla hava kirliliğine, yerleşim yerleri ile iç içe kurulan sanayi alanlarıyla gürültü kirliliğine, çevresel etki değerlendirmesi yapılmadan kurulup üretime başlanmasıyla da toprak kirliliğine (tarım arazilerinin ya da tarımsal üretimin azalmasına) neden olmaktadır [3].

1.1.2. Çevre kirliliği çeşitleri

Çeşitli kaynaklardan çıkan katı, sıvı ve gaz halindeki kirleticilerin hava, su ve toprakta yüksek oranda birikmesi ile çevre kirliliği meydana gelmektedir. Başlıca kirleticiler olarak; hava kirliliği, su kirliliği, toprak kirliliği, gürültü kirliliği, radyoaktif kirlilik sıralanabilir.

Hava kirliliği

Atmosferde; toz, duman, gaz, koku ve derişik haldeki su buharı şeklinde bulunan kirleticilerin, bitki örtüsüne, hayvanlara, insanlara ve diğer canlılara zarar verecek miktarlara yükselmesi durumunda hava kirliliği ortaya çıkmaktadır. Bu kirleticilerin ortaya çıkmasında birçok sebep bulunmakla beraber, ağırlıklı olarak insan faktörü esas teşkil etmektedir.

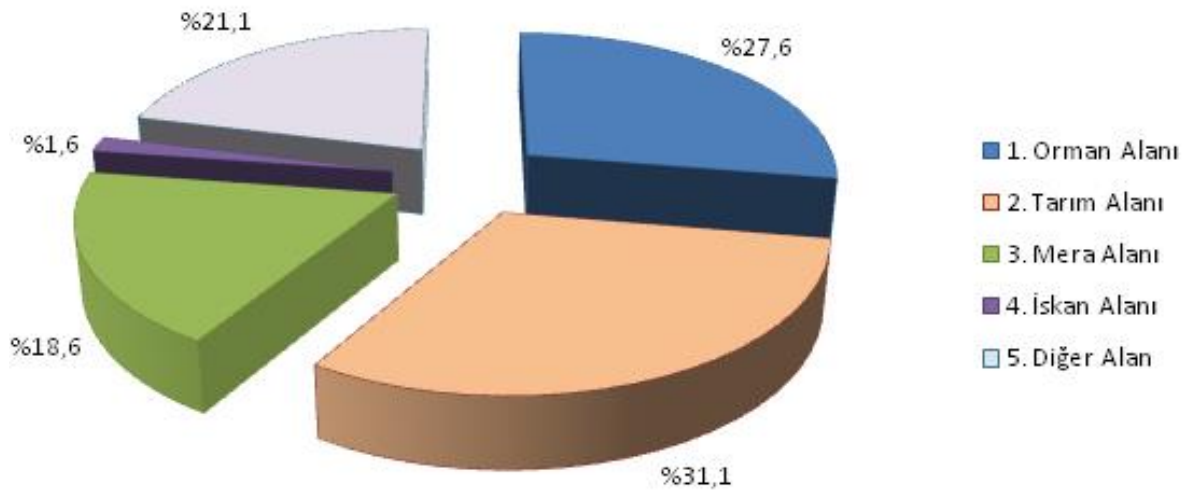
Örneğin; endüstri tesislerinin atık gaz salınımları, termik santraller, konutlar ve taşıtlar bunlardan bazılarıdır. Havayı kirleten bu maddelerin havada zararlı olmayacak derecedeki en yüksek (sınır) değerleri olmakla beraber, bu değerler ulusal veya uluslararası mevzuatlar ile belirlenmiştir.

Su kirliliği

Sularda insan etkisi ile oluşan, suyun kalitesini geçici veya kalıcı olarak bozarak suyun kullanımına olumsuz olarak etkileyen kirlenme türüne su kirliliği denilmektedir. Bu kirlenme olayı; evsel ya da endüstriyel atık suların direkt olarak alıcı ortama verilmesiyle, enerji santrallerinden çıkan atık sıcak suların su kaynaklarına direkt bırakılmasıyla, kimyasal ilaçlar ve gübreler ile kirlenen toprakta biriken olumsuz maddelerin yeraltı suyuna, oradan da içme sularına karışmasıyla, akarsu-dere yataklarının insan eliyle bozulmasıyla veya deniz, göl, akarsulara poşet, kâğıt, şişe vb. atıkların atılmasıyla oluşabilmektedir.

Toprak kirliliği

İnsanın ihtiyacı olan, bitkisel veya dolaylı da olsa hayvansal gıdaların temel oluşumunu sağlayan kaynak topraktır. Ülkemizdeki toprakların yaklaşık %31'i tarım, %19'u mera, %27'si orman, %2'si iskân amaçlı, %21'i ise diğer amaçlarla kullanılan arazilerdir.



Şekil 1.2. Türkiye’de arazi kullanım durumu [4]

Toprak kirliliği; toprağın doğal özelliklerinin, hava veya suları kirleten maddelerle bozularak kısmi ya da kati süreli verimsiz hale getirilmesi durumudur. Bu etkenler arasında; erozyon, atık suların arıtılmadan doğaya bırakılması, tarım arazilerinin diğer amaçlarla kullanıma açılması, endüstriyel veya tarımsal (tarımda kullanılan kimyasallar ve gübreler) atıklar, anız yakılması, asit yağmurları gibi nedenler bulunmaktadır [4].

Gürültü kirliliği

İnsanların duyma organları üzerinde olumsuz etki bırakan; ruh veya beden sağlığını bozan istenmeyen seslere gürültü denilmektedir. Ulağım gürültüleri, endüstriyel tesis gürültüleri, yerleğim alanlarında insan kaynaklı ortaya çıkan gürültüler, inđaat alanlarında ortaya çıkan gürültüler bu kirlilik grubu etkenleri arasında sayılabilir.

Radyoaktif kirlilik

Nükleer enerji santralleri veya nükleer silah üreten fabrika atıklarının doğaya bırakılması ile oluğu kirlilik türüdür. Sonuçları doğada kalıcı iz bıraktığından, uzun yıllar boyunca direkt ve dolaylı yollardan insanları tehdit eden bir kirlenme söz konusu olmaktadır [2].

1.2. Atık Su Yönetimi

Ülkemizde atık su yönetiminde uygulanacak esaslar 2872 ve 5491 sayılı evre Kanunu ile belirlenmiğu olup, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY-2004) ve Kentsel Atık Su Arıtımı Yönetmeliği (2006) erevesinde yürütülmektedir.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (atık sular ile ilgili düzenlemeleri)

Türkiye'deki yeraltı ve yerüstü su kaynaklarına iliğu mevcut durumun korunabilmesi ve etkin olarak kullanımının sağlanabilmesi amacıyla evre Kanunu'nun 8. Maddesi doğrultusunda 1988 yılında yürürlüğe konulan ve 2004 yılında yeniden düzenlenen yönetmeliktir. Bu yönetmelik ile; su kirliliğinin ve çevresel olumsuz etkilerinin önüne geçilerek su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımının sağlanabilmesi amalanmığu [5].

Kentsel atık su arıtımı yönetmeliği

İnsanı ve endüstriyel tüketim sonucu ortaya çıkan atık suların yerinde veya toplanarak uzaklaştırıldıktan sonra arıtılarak alıcı ortama verilmesinin sağlanması ile çevreyi atık suların olumsuz etkilerinden korumak amacıyla Çevre Kanunu'nun 8. ve 11. Maddeleri doğrultusunda hazırlanmıştır [6].

1.2.1. Atık sular ve özellikleri

İnsani, endüstriyel veya tarımsal amaçlı kullanım sonucunda katı, sıvı ve gaz formundaki kirleticilerle kirlenmesi ile heterojen hale gelmiş olan suya *atık su* denilmektedir. Atık sular, toplumsal yaşam süreci içerisinde ortaya çıkması kaçınılmaz olan ürünlerdir [7].

Kirleticiler olarak belirtilen katı, sıvı ve gaz etkenler; biyolojik, kimyasal ya da fiziksel kaynaklı olabilmektedir. Biyolojik kaynaklı kirlilik unsurları arasında bakteriler, algler ve mantarlar gösterilebilir. Kimyasal kaynaklı kirlilik unsurları; suda biriken ağır metaller, suda çözünmeyen organik veya organik olmayan kalıntılar olarak sıralanabilir. Fiziksel kaynaklı kirlilik unsurları ise; suda çözünmeyen katı materyaller, renk veya koku (gaz etkeni) düzeyinde olumsuz etki oluşturan etkenler olarak nitelendirilebilir.

Atık su yönetimi ile, atık sular içerisindeki kirlilik unsurlarının bertaraf edilerek veya minimuma indirilerek kirletici parametrelerinin belirli seviyelerde tutulması ve çevreye zararlı etkilerinin en aza indirgenmesi amaçlanmaktadır [5].

1.2.2. Atık su kaynakları

Suyun evsel, endüstriyel ve tarımsal amaçlı kullanımı esnasında katı, sıvı ve gaz formundaki kirleticiler ile kirlenmesi sonucu evsel atık sular, endüstriyel atık sular ve tarımsal atık sular oluşmaktadır.

Bir ülkenin tarımsal üretimden endüstriyel üretime doğru kayması gelişmişliğinin göstergesi olduğu gibi, suyun kullanıldığı alana göre dağılımları da yıllara içerisinde ulusal kalkınma durumuna göre değişiklik gösterebilmektedir (Şekil.1.3).



2010 Yılı

2023 Yılı

Sulama : 32 milyar m³ (%74)
Eysel : 6 milyar m³ (%15)
Endüstriyel : 5 milyar m³ (%11)
TOPLAM : 43 milyar m³

Sulama : 72 milyar m³ (%64)
Eysel : 18 milyar m³ (%16)
Endüstriyel : 22 milyar m³ (%20)
TOPLAM : 112 milyar m³

Şekil 1.3. Türkiye’de suyun kullanım alanları [7]

Eysel atık sular

Eysel atık sular; tuvalet, banyo, mutfak vb. kullanım alanlarından geçtikten sonra atık hale gelen sulardır. Bu atık sular, hem suda çözülmüş hem de suda çözünmemiş halde kirleticiler içermektedir ve bu kirleticilerin çoğu insan kullanımından çıkması nedeniyle mikroorganizma ihtiva etmektedirler. Bu organizmalar parazit kaynaklı hastalıklara ve enfeksiyonlara yol açması nedeniyle olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Ama bunun yanı sıra da, ayrıştırma ve çürütücü özelliklerinin olması sayesinde de biyolojik arıtma yöntemlerinin uygulanmasına fayda sağlamaktadırlar.

Endüstriyel atık sular

Endüstriyel atık sular; endüstriyel üretim safhalarında kullanımları sonucu atık hale gelen sulardır. Bu atık sular, evsel atık sulardaki organik kaynakların yanı sıra ağırlıklı olarak inorganik ve kimyasal içerikli kirleticileri bulundurmaktadır. Bu kirleticilerin bir kısmının çevresel etkileri daha az olmakla beraber (soğutma suyu olarak kullanıldıktan sonra atık hale gelen sular), bir kısmı ise ön arıtma işleminden geçmeden kanalizasyon hattına verilemeyecek derecede olumsuz etkiye sahip olabilmektedirler. Geniş sanayi tesisi ağına sahip ülkelerde endüstriyel atık suların evsel nitelikli atık sularla karışmadan taşınabileceği bağımsız kanalizasyon sistemleri uygulanarak farklı arıtma sistemleri kullanılarak bertarafı sağlanmaktadır [8].

Tarımsal atık sular

Tarımsal atık sular; sulak tarımda kullanılan suların veya kuru tarım esnasında yağış sularının üretimde kullanılan gübre, tarım ilaçları ve diğer kimyasallarla karıştıktan sonra süzülerek yüzey veya yer altı sularına karışarak atık hale gelen sulardır. Bu atık suların su döngüsüne katılması diğer atık su türlerine oranla daha hızlı olması nedeniyle içme suyu kaynakları üzerinde oluşturacağı yan etkilerin en baştan değerlendirilmesi önem arz etmektedir.

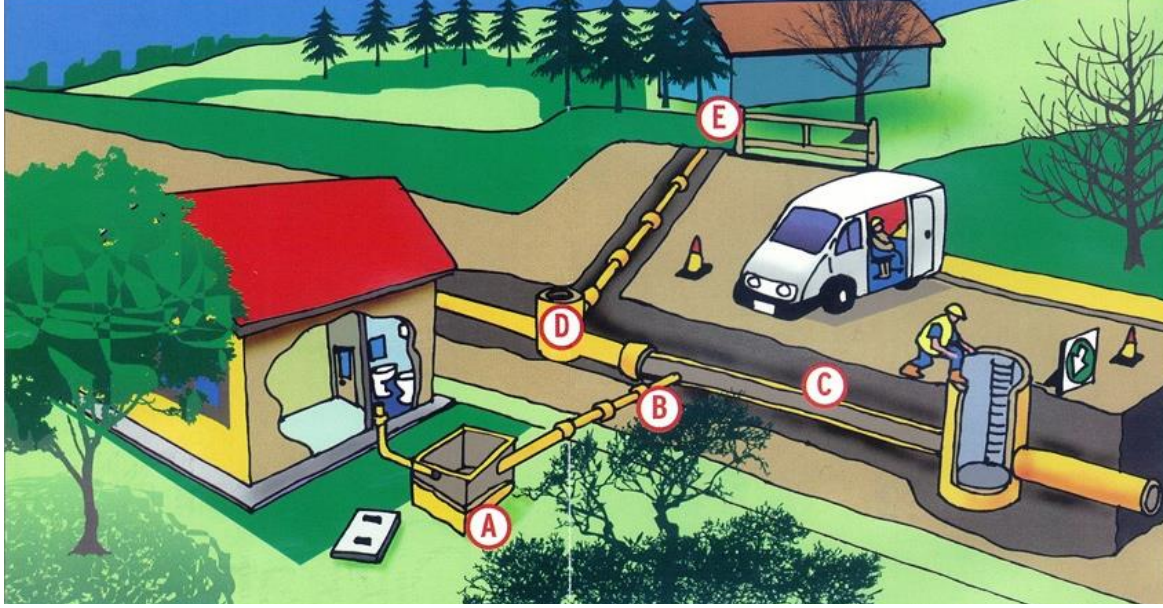
1.2.3. Atık suların toplanması ve bertarafı

Çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması ve ekolojik dengenin korunabilmesi için atık suların kontrol altında tutulabilmesi çok önemlidir. Çeşitli kullanım alanlarından geçtikten sonra kirleticilerle bezenen atık suyun kanun, yönetmelik veya standartlara uygun olarak zararsız hale getirilmesini müteakip uzaklaştırılarak su döngüsüne katılmasını sağlamak gerekmektedir.

Evsel, tarımsal veya endüstriyel kaynaklı atık suların toplanmasında en etkili ve tercih edilen yol kanalizasyon sistemleridir. Arazi topografyası da göz önünde bulundurularak söz konusu debi borular içerisinde çoğu zaman cazibeli olarak uzaklaştırılsa da, kimi zaman terfi istasyonları yardımıyla alıcı ortam hidrolik yüksekliğine çıkarılarak deşarjı sağlanmaktadır.

Kanalizasyon hatları genellikle düz bir hat üzerinde, mevcut imar yolları güzergâhı kullanılarak, öngörülen akış doğrultuları ve hidrolik profillerine göre, kazılan hendekler içerisine boruların yerleştirilip atık su akışlarının belirli aralıklarda konulan bacalar yardımıyla takip ve müdahale edilebileceği, birbiriyle bağlantılı sistemler şeklinde inşa edilmektedir.

Hatların geçerek atık suyu topladığı güzergâhlarda imar yollarının ve bertarafının bir atık su arıtma tesisi ile tamamlanmasında da genellikle hazine arazilerinin kullanılması tercih edilmekte, bu sayede ek imalat veya tamirat esnasında mülkiyeti kamuda olan alanlar üzerinde çalışıldığından şahıslarla mülkiyet sorunları yaşanmasının önüne geçilmektedir (Resim 1.1).



(A) Parsel bacası, (B) Bağlantı kanalı, (C) Kanalizasyon hattı, (D) Muayene bacası, (E) Arıtma tesisi

Resim 1.1. Kanalizasyon sistemi ve temel elemanları

Kanalizasyon sistemi yardımıyla taşınan atık suların alıcı ortama deşarj edilmeden önce arıtılması esastır. Arıtma tesisleri yardımıyla fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtmadan geçen atık suyun hem doğal döngüsüne karışarak çevresel olumsuz etkilerinin en aza indirgenmesi sağlanmakta, hem de suyun özelliklerine göre tarımsal sulama amacıyla kullanılarak tarımsal kalkınmada ekonomik kazanımlar elde edilmesi sağlanabilmektedir.

1.2.4. Atık su sistemleri

Kanalizasyon sistemleri genellikle kullanılmış suyun bertarafında kullanılmaktadır. Bu sistem içerisinde tasarım kriterlerine göre yağmursuları da dahil edilebilmektedir. Hem yağmursuyu hem kullanılmış suların müşterek toplanarak uzaklaştırıldığı sistemlere *birleşik sistem* denilmektedir.

Birleşik sistemlerin, uygulama esnasında iki işe gereksinim duymadan (uygulama sırasındaki sorunlara bir defa maruz kalarak) yağmur suyunu ve kullanılmış suları tek elden toplayıp taşıması, bu sistemin olumlu bir özelliği olarak nitelendirilebilir. Fakat kullanılan boru çaplarının çok büyük boyutlara ulaşması, olası tıkanmaların oluşumunu azaltıyor olsa da geniş uygulama alanı gerektirmesi ve maliyetleri bir anda katlayarak arttırması nedeniyle sistemin bir dezavantajı olarak görülebilir.

Sadece yağmur suyunu ya da sadece kullanılmış suları taşımakta olan sistemlere ise *ayrık sistem* denilmektedir. Ayrık sistemler farklı zamanlarda inşa edilip uygulanabilmesi, daha küçük boru çaplarıyla çalışılması nedeniyle dar alanlarda uygulanabilme imkânı bulunması ve kullanılmış sulardaki kirlilik oranının yağmursuyu ile karışıp fazla su miktarına karşılık gelen kirlilik yükünün seyreltilmesinin arıtma tesisi proseslerine olumsuz etkilerini önlemek açısından olumlu olarak nitelendirilebilirler.

Hem ayrık hem de birleşik sistemlerin kombine edilerek kullandığı sistemler de mevcuttur. Bu tip sistemler genellikle büyükşehirlerde kullanılmakta olup, uygulama alanı bir bütün olarak ele alındığında bölgesel olarak uygulama esnasında şantiye çalışmalarını en az tolere edecek yerleri tek kazı-dolgu işlemi ile birleşik sistem olarak dizayn etmek, kalan diğer bölgeleri ise ayrık sistem olarak dizayn etmek amaçlanmaktadır.

Çizelge 1.1. Büyükşehirlerdeki atıksu ve yağmursuyu sistem tipleri [2]

Şehirler	Atık su ve yağmursuyu sistem tipi	Ayrık %	Birleşik %
Moskova	Ayrık	100	-
Tahran	Ayrık	100	-
Londra	Birleşik	-	100
Madrid	Birleşik	-	100
Mexico City	Birleşik	-	100
İstanbul	Kombine (kısmi birleşik)	95	5
Tokyo	Kombine (kısmi birleşik)	82	18
Berlin	Kombine (kısmi birleşik)	75	25
Şanghay	Kombine (kısmi birleşik)	64	36
New York	Kombine (kısmi birleşik)	20	80

Sistem seçimi yapılırken, uygulama alanının özellikleri iyi ele alınmalı; bölgenin topografyasına, yerleşim yerlerinin durumuna, imar sınırlarına, yol kaplama cinslerine, jeolojik yapı ve yeraltı su seviyesine göre sistem seçimi yapılmalıdır.

1.3. İçme Suyu Yönetimi

İnsanlar için temel yapı taşı olan suyun yeryüzünde homojen dağılımlı bulunduğunu söylemek zordur. Dünya nüfusunun 3'te 1'i halen su kıtlığı yaşamaktadır ve bu oran gün geçtikçe artmaktadır. Geçmişte sadece sulama, ulaşım veya günlük ihtiyaçlar için kullanılan su, günümüzde enerji üretimi, sanayi vb. sektörlerde de kullanılmaya başlamıştır. Su sorunu olmayan ülkeler bile günümüz gelişmelerine paralel ortaya çıkan su talebini karşılayabilmek adına yeni su kaynakları arayışına girmiştir.

Dünya'da hali hazırda 1,4 milyar km³ su bulunmakta olup, bu suyun %98'i tuzlu, %2'si ise tatlı suların oluşmaktadır. Tatlı suların ise %97'si yer altı su kaynaklarından temin edilebilmektedir. Yer altı suyu kirlenmesinin önüne geçmenin en etkili yolu olan kanalizasyon sistemlerinin mevcudiyetinin ne kadar önem arz ettiği bu nedenle de iyi ele alınmalıdır [9].

Ülkelerin yer altı ve yer üstü su kaynakları birbirleriyle olan ilişkilerinde de belirleyici bir faktör olmakla beraber, sahip oldukları su potansiyellerinin coğrafi durumlarının etkisi ve su döngüsüne katılma yüzdelerinin sonra kalan kısmının nüfuslarına oranlanmasıyla su zengini olup olmadıkları da anlaşılmaktadır. Kişi başına düşen yıllık su miktarının 10 000 m³ ve üzerinde olduğu ülkeler su zengini olarak nitelendirilmektedir. Türkiye'nin Ortadoğu'daki komşularına göre potansiyelinin yüksek olduğu ama aslında bir su zengini ülke olmadığı unutulmamalı, su kaynakları israf edilmeden ve sürdürülebilir şekilde kullanılmalıdır.

Çizelge 1.2. Ortadoğu'daki su zengini ülkeler [10]

Ülkeler	Kişi başına düşen yıllık su miktarı (m ³)	
	2000 yılı	2020 yılı (tahmini)
Irak	2110	950
Türkiye	1700	1150
Suriye	1420	780
İsrail	300	150
Ürdün	250	90
İlistin	100	40

1.3.1. İçme suları ve özellikleri

Türkiye 779 425 km²'lik bir alanda kurulu bir ülkedir. Bu alanın yaklaşık %2 'si su içeren alanlardır. Bunun yanında yağış olarak yıllık ortalama 500 milyar m³ yağış düşmekte ve 95 milyon m³'ünden ekonomik olarak yararlanılabilmektedir.

DSİ (Devlet Su İşleri)'nin 2005 yılı verilerine göre, Türkiye'nin *kullanılabilir* yer altı ve yer üstü su potansiyelinin 13 milyar m³'ü yeraltı, 97 milyar m³'ü ise yer üstü kaynaklı olmak üzere toplam 110 milyar m³/yıl olarak belirtilmektedir. Bu miktarlar bölgesel veya mevsimsel olarak farklılık göstermektedir [9].

Bu suyun % 35'i evsel, tarımsal, endüstriyel alanlarda kullanıma sunulmuş olsa da, kalan % 65'i ise halen kullanılmamaktadır. Bu su kaynaklarının kullanıma açılması ve mevcut kaynakların korunması, ülkemizin sürdürülebilir kalkınma politikası açısından da önemlidir. Ülkemiz de bu hususta gerekli tedbirleri almak ve kontrollerini yapmak amacıyla çeşitli yönetmelikler aracılığıyla gerekli düzenlemeleri yapmaktadır [8].

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (içme suları ile ilgili düzenlemeleri)

Çevre Kanunu'nun 8. Maddesi hükümleri doğrultusunda Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği 1988 yılında oluşturulmuş ve 2004 yılında güncel gereksinimlere göre yeniden düzenlenmiştir. Bu yönetmelikle su kaynaklarına ve kullanım alanlarına göre kalite sınıflandırması yapılarak, su kalitesinin korunmasına yönelik düzenleme ve yasakları oluşturmak amaçlanmıştır [5].

İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik

Avrupa Birliği üyelik müzakereleri kapsamında, konsey direktiflerine paralel olarak, Umumi Hıfzıssıhha Kanunu ve Sağlık Bakanlığı teşkilat ve görevleri hakkında kanun hükmünde kararnamesine göre İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (İTASHY) oluşturulmuştur.

İnsani tüketim amaçlı sular hakkında yönetmelik, insani tüketim amacıyla kullanılacak suların, sıhhi ve teknik olarak sahip olması gereken özellikleri tayin eden

yönetmelidir. Kaynak (memba) sularının ve içme sularının elde edilmesi, paketlenmesi, piyasaya sunulması vb. hususlardaki usul ve esasları içermektedir [5].

Türk Standardı (TS)

İnsani tüketim amaçlı kullanılan sulara ait özellikleri standardize etmek amacıyla, Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO) tarafından verilen standartlara paralel olarak TS 266 sayılı Türk Standartları oluşturulmuştur (Çizelge 1.3).

Çizelge 1.3. Su kalite parametrelerinin, insani tüketim amaçlı sular hakkında yönetmelik (İTASHY) ve TS 266'ya (sular-insani tüketim amaçlı sular) göre ilgili sınıflandırma [13]

PARAMETRELER		İTASHY (2005)	TS 266 (2005)	
			Sınıf 1 ve 2	Sınıf 2
			Tip 1	Tip 2
ÇO	(mg/L)	-	-	-
t	(°C)	-	-	-
pH		$6.5 \leq \text{pH} \leq 9.5$	$6.5 \leq \text{pH} \leq 9.5$	$6.5 \leq \text{pH} \leq 9.5$
Eİ (20°C)	(mS/cm)	2.5	0.65	2.5
T	(NTU)	*	5	5
AKM	(mg/L)	-	-	-
TH	(°dH)	-	-	-
NH ₄ ⁺	(mg/L)	0.5	0.05	0.5
NO ₂ ⁻	(mg/L)	0.5	0.1	0.5
NO ₃ ⁻	(mg/L)	50	25	50
TKN	(mg/L)	-	-	-
TN	(mg/L)	-	-	-
TP	(mg/L)	-	-	-
MBAS	(mg/L)	-	-	-
KOİ	(°dH)	-	-	-
TOC	(mg/L)	**	***	***
Mn ²⁺	(mg/L)	0.050	0.020	0.050
Al ³⁺	(mg/L)	0.200	0.200	0.200
Fe	(mg/L)	0.200	0.050	0.200
Cr	(mg/L)	0.050	0.050	0.050

* : Tüketicilerce kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişim yok,

** : Anormal değişim yok,

*** : Fark edilebilir bir değişiklik gözlenmemelidir.

Sınıf 1: Kaynak (memba) suları,

Sınıf 2: Kaynak suları dışındaki insani tüketim amaçlı sular,

Tip 1: İşlem görmüş kaynak (memba) suları,

Tip 2: İçme ve kullanma suları.

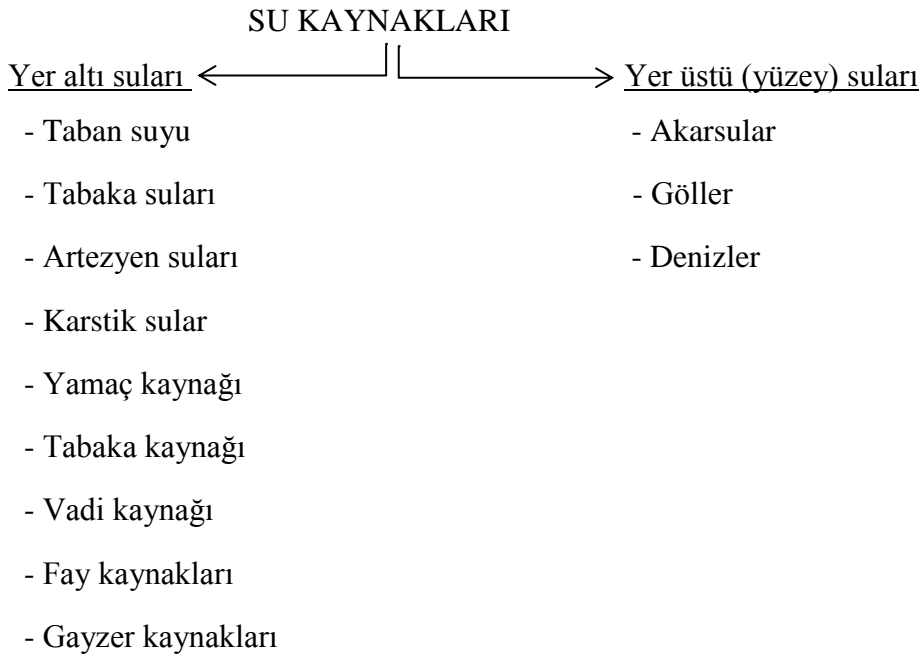
1.3.2. İçme suyu kaynakları

Sular kullanım alanları ve kaynaklarına göre ikiye ayrılmaktadır. Kullanım alanlarına göre sulara; içme suları, sulama suları ve endüstriyel kullanım amaçlı sular örnek gösterilebilir.

Türkiye'nin kullanılabilir su potansiyeli toplam 110 milyar m³/yıl olup, %40'lık kısmından faydalanılmaktadır. Faydalanılan bu kısmın kullanım alanlarına göre dağılımı yapıldığında 32 milyar m³'ü sulama suyu olarak, 7 milyar m³'ü içme suyu olarak ve 5 milyar m³'ü de endüstriyel alanlarda kullanılmaktadır [12].

Kaynağına göre sular da yer altı ve yer üstü kaynaklı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Yüzey (yer üstü) suları kalite sınıflandırmasına göre yüksek kaliteli, az kirli, kirli ve çok kirli sular olarak nitelendirilmiştir. Yer altı suları için ise 3 ayrı sınıf bulunmakta olup, içme suları 1. Sınıf, ön arıtma işlemi sonrasında içme suyu olarak veya direkt olarak sanayi ve tarımda kullanılabilen sular 2. Sınıf, kullanım alanı amacına uygun arıtılması sonrası kullanılabilen sular ise 3. Sınıf olarak nitelendirilmektedir. Yer altı ve yer üstü sularının temin edildiği yere göre listesi Çizelge 1.4'de gösterilmiştir [5].

Çizelge 1.4. Elde edildiği kaynaklara göre suların sınıflandırılması

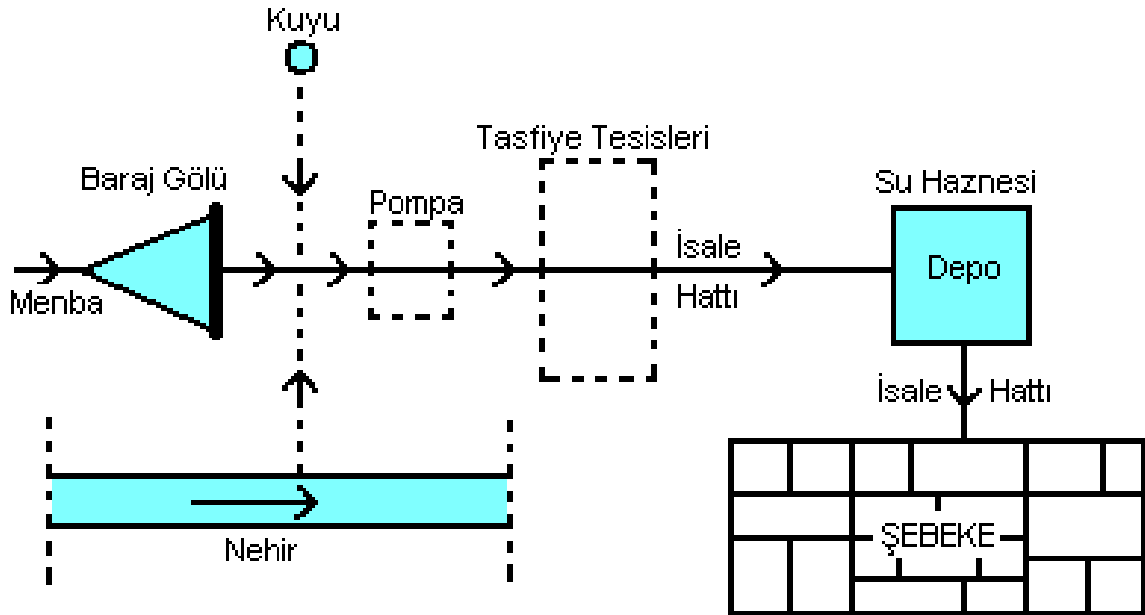


1.3.3. İçme suyu temini ve iletimi

İnsan anatomisinin 10'da 9'u sudur ve su tüm canlıların yapı taşıdır. İnsan aç olarak haftalarca yaşasa bile susuz olarak günlerce yaşayamamaktadır. Yaşam alanı özelliklerine göre tüketim miktarları farklılık gösterse de bir kişinin içme ve kullanım amaçlı ortalama günlük tüketimi 250-300 lt civarındadır. Bu nedenle, bireylerin standartlara uygun kalite ve özellikte su teminini sağlamak, toplum halinde yaşayan ülke yönetimleri için bir zorunluluk haline gelmektedir.

İnsani tüketim amaçlı arz edilecek içme suları, Su kirliliği kontrol yönetmeliği, İnsani tüketim amaçlı sular hakkında yönetmelik ve Türk standardına göre gerekli özelliklere haiz hale getirildikten sonra topluma sunulmaktadır.

İçme suyu temini ve iletiminde belirli sistem elemanları bulunmaktadır. Bunlar; su alma tesisleri, pompa (terfi) istasyonları, tasfiye (tahliye) tesisleri, lüzumu halinde vantuz tesisleri iletim hatları, iletim (isale) hatları, su depoları, şebeke hatları ve abone (mesken) bağlantılarıdır.



Şekil 1.4. Su temini ve iletimi elemanları [11]

Su alma tesisleri

Yer altı veya yer üstü su kaynaklarının, belirlenen bölgenin şu anki veya ileriye dönük su ihtiyacını karşılamak için hesaba katılarak, kullanıldığı tesislerdir. Bu tesisler içerisinde; membalar, kuyular, nehir, göl veya baraj suları bulunmaktadır. Söz konusu kaynağın iletiminin yapılmasından önce, süreklilik arz etmesinin, miktarının yeterli olup olmayacağını ve uygulama maliyetlerinin analizi iyi yapılarak en uygun kaynağın seçilmesi gerekmektedir.

Pompa istasyonları

Suyun kaynağından elde edildiği noktadaki enerjisinin, abone bağlantısı yapılacak nihai nokta arasında sahip olması gereken enerjiden düşük kalması (yer çekimi etkisinde iletiminin yapılamaması) halinde, iletilecek suya enerji kazandırmak amacıyla pompa kullanılmaktadır. İletimi yapılacak suyun debisi, ulaştırılması istenilen noktadaki enerji yüksekliği ve borudaki sürtünme kayıpları dikkate alınarak pompa tipi seçimi yapılır ve istasyon dizayn edilir.

İletim (isale) hattı

Kaynaktan çıkarılan suyun depoya ya da direkt olarak şebeke ağına ulaştırılmasını sağlayan boru hattıdır. İletim hatlarındaki çaplar şebeke hatlarına göre çok büyük çaplarda bulunmaktadır. Bu nedenle hatta meydana gelen arızaların giderilmesi kolay olmamakta, ilgili bölgeye yapılan suyun iletimi büyük bir alanı etkileyecek şekilde kesintiye uğramaktadır. Bu hattın önem arz ettiğinin göz önünde bulundurularak inşaat aşamasında titiz davranılması gerekmektedir.

Tasfiye (tahliye) tesisleri

İletim hattında meydana gelebilecek olası arıza durumunda ve bakım çalışmaları sırasında veya hattın temizlenmesi amacıyla boru hattında bulunan suyun tahliyesini sağlamak amacıyla yapılmaktadır. Tahliye için öngörülen alan seçiminde suyun hızla yer altına süzulebileceği ve çevreye en az zarar verileceği bir bölge tayin edilmelidir.

Depolar

Suyun iletilmesi için öngörülen bölgedeki ihtiyaç debisi hesap edilerek, zaman-kullanım durumunun ve kaynaktan elde edilen debinin homojen olarak sağlamayacağı düşünülerek suyun iletiminde sürekliliğin sağlanması amacıyla stoklandığı tesislerdir.

Diğer bir yapım amacı ise, yüksek bir noktaya deponun inşa edildikten sonra, suyun kaynaktan direkt bu noktaya terfi ettirilmesi ve şebeke ağına iletimi esnasında ek enerji gereksinimi duyulmadan ulaştırılmasını sağlamaktır.

Şebeke hatları

İhtiyaç duyulan bölgedeki meskenlere veya talep unsurlarına suyun ulaştırılmasını sağlayan boru ağı sistemidir. Bölgenin kat bazındaki su dağılımına göre muhtelif çaplardaki borulardan oluşmaktadır.

2. KANALİZASYON VE İÇMESUYU İNŞAATLARININ PROJELENDİRİLMESİ

Altyapı sistemlerinin ana unsurları olan kanalizasyon ve içme suyu sistemlerinin inşaatına başlanılmadan önce uygulanacak bölge iyi ele alınmalı, dizayn parametreleri sağlıklı olarak oluşturularak çözümlenmeler yapılmalı ve sistemin elemanları bu hususlar çerçevesinde projelendirilmelidir.

2.1. Kanalizasyon İnşaatlarının Projelendirilmesi

Ayrık sistem olarak tasarlanan atık su sistemlerinde; kanalizasyon sistemlerine ait bileşenler; atık su kaynağı bağlantıları, şebeke hatları, toplayıcı ve kolektör hatları ile atık su arıtma sistemi olmak üzere temel olarak 3 grupta toplanabilir. Yağmursuyu sistemlerindeki fark ise; su kaynağı bağlantısı olarak mazgallar bulunmakta olup, yağış havzasından mazgallar ile toplanan sular, toplayıcı hatlar veya boxlar yardımıyla dere yahut taşkın koruma yataklarına arıtılmadan deşarj edilebilmektedir.



Resim 2.1. Ayrık atık su sistemi elemanları

Kanalizasyon sistemleri projelendirilmeden önce arazide ve ofiste yapılması gereken çalışmalar sistemin işletme performansı ve uygulama maliyetleri açısından önem arz etmektedir.

2.1.1. Etüt çalışmaları

Kanalizasyon sistemleri, evsel, endüstriyel veya tarımsal suları uzaklaştırmak amacıyla inşa edilmektedir. İnşa safhasına geçilmeden önce ilgili mühendisler tarafından söz konusu bölgeye ait yapılması gereken çalışmalar hakkında ülkemizde referans kabul edilen kurum İller Bankası A.Ş.'dir. Etüt çalışmaları, "Kanalizasyon İşlerinin Planlanması ve Projelerinin Hazırlanmasına Ait Talimatname" esas alınarak yapılmaktadır [14].

- ✓ Öncelikle proje ömrü belirlenmelidir. Talebe göre 10 yıl (kısa vadeli), 20 yıl (orta vadeli), 35 yıl (uzun vadeli) işletme ömrü ön görülerek çalışmalara başlanır.
- ✓ Sistem evsel atık suları uzaklaştırmayı amaçlıyorsa, proje ömrüne göre nüfus projeksiyonu tahmini modellenmesi yapılır. Nüfusa göre atık su debisi hesaplanır. Endüstriyel veya tarımsal atık sular da var ise kaynağına göre ayrı ayrı hesap edilerek uç (harici) debi olarak sisteme dahil edilir.
- ✓ Uygulama yapılacak bölgenin güncel imar planı temin edilerek, imar planına göre sistemin ana elemanı olan şebeke, toplayıcı ve kolektör hatlarının geçeceği güzergâhlar ele alınır.
- ✓ Mevcut kanalizasyon ağı, içme suyu, varsa doğalgaz, telekom vb. hatları bilgisi temin edilerek güzergâh seçiminde göz önünde bulundurulur.
- ✓ Arazi çalışmaları sırasında, Şeritvari harita çalışmaları yapılarak güzergâhların geçeceği veya komşu olan alanların mülkiyet durumu incelenir. Mümkün olduğunca Karayolları, Devlet Su İşleri (DSİ), Boru Hatları İle Petrol Taşıma A.Ş. (BOTAŞ) vb. kurum veya kuruluşlara ait olan alanların kullanılmamasına özen gösterilir. Kazı derinliklerinin belirlenebilmesi için tabii zemin kotları okunur. Maliyet kalemlerine önemli ölçüde etkide edecek olan zemin özelliklerinin tayin edilebilmesi için farklı lokasyonlarda araştırma çukuru açılarak yer altı su seviyesi, zemin cinsi ve sınıfı, kayma mukavemeti parametreleri belirlenir [15].
- ✓ Mevcut yerleşim yerleri pis sularının taşınması için öncelikli olarak inşa edilecek hatlar I. Kademe olarak, imara henüz açılmamış veya yapılması ivedilik arz etmeyen alanlarda inşa edilecek hatlar da II. Kademe olarak sınıflandırılır.

- ✓ Hatların mümkün olduğunca yer çekimi etkisinde atık suyu taşınması sağlanacak şekilde güzergâhları tayin edilerek bu hususta hat 1/1000 ölçekli plan paftaları ve profilleri oluşturulur.
- ✓ Mevcut atık su arıtma tesisi yoksa, sistem debisini proje ömrü boyunca arıtacak kapasitede bir arıtma tesisi lokasyonu ve tipi tayin edilerek proje içerisinde ifade edilir. Atık su arıtma tesisi olmadan alıcı ortama deşarj edilen atık suyun çevresel olumsuz etkileri önlenememektedir.
- ✓ Hesaplanan atık su debilerine göre hidrolik hesaplamalar safhasına geçilerek oluşturulan hat hidrolik planı ve profillerine göre atık su hatta verilerek hat doluluk oranları hesaplanır ve uygun boru çapları tayin edilir. Zemin özellikleri ve kazı yüksekliklerine göre boru tipi seçimi yapılır.
- ✓ Tüm bu hesaplamalar doğrultusunda oluşturulan metrajlara ve boru tiplerine göre, yan kalemler de dikkate alınarak inşaat maliyeti keşfi yapılır.

İzlenecek yoldan da anlaşılacağı üzere, kanalizasyon sistemi projesinin oluşturulmasında; sistem debisinin belirlenebilmesi için uç debi tayinleri ve nüfus tahmini hesaplamaları, harita çalışmaları, jeolojik çalışmalar ve hidrolik hesaplamalar bulunmaktadır.

Nüfus hesaplamaları

Dizayn edilecek kanalizasyon sisteminin ömrü boyunca, oluşacak nüfus artışına da cevap verebilmesi için nüfus projeksiyonuna gereksinim vardır. Hesap edilen nüfusa göre oluşacak atık su debisine göre proje debisi belirlenerek hidrolik hesaplamalara geçilir.

Proje ömrüne göre, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) geçmiş nüfus verileri kullanılarak gelecek yıllara ait nüfusun tahmin edilmesinde çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bunlardan bazıları; aritmetik artış metodu, eksponansiyel artış metodu ve İller Bankası metodudur.

TÜİK adrese dayalı nüfus sistemi 2007-2013 yılları arasındaki verilerine göre X ilçesine ait 35 yıl ömürlü projelendirilecek olan kanalizasyon sisteminin nüfus projeksiyonu; aritmetik artış metodu, eksponansiyel artış metodu ve İller Bankası metoduna göre ayrı ayrı hesap edilerek karşılaştırılmıştır.

Nüfus verileri;	SAYIM (YIL)	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
	NÜFUS (KİŞİ)	4979	6124	5486	5594	5220	5009	5275

Proje ömrü; 2014 - 2049 yılları arası (35 yıl)

Aritmetik artış metodu

Bu metodun matematiksel formülasyonu aşağıda gösterilmiştir.

$$N_y = N_1 + K_y * (t_y - t_1) \quad (2.1)$$

$$K_y = (N_1 - N_0) / (t_1 - t_0)$$

N_y : "y" yılının gelecek nüfusu

K_y : Ortalama nüfus artışı

t_0 : 2007 yılı (elimizdeki ilk yıla ait veri)

t_1 : Nüfus artışına baz alınan yıl

t_y : Projeksiyon yılı

N_0 : 2007 yılı nüfusu (ilk yıla ait nüfus)

N_1 : Baz nüfus

N_y : Gelecek nüfus

2013 yılı nüfusuna göre gelecek nüfus hesapları ;

$$K_y = ((5275 - 4979) / (2013 - 2007)) = 49,333$$

$$N_y = 5275 + K_y * (t_y - 2013)$$

N 2013= 5275 kişi

Çizelge 2.1. Aritmetik artış metoduna göre nüfus tahmin sonuçları

Hesaba esas yıl (N_y)	Nüfus (kişi)
2014	5324
2019	5571
2024	5818
2029	6064
2034	6311
2039	6558
2044	6804
2049	7051

Eksponansiyel artış metodu

Bu metodun matematiksel formülasyonu aşağıda gösterilmiştir.

$$\ln(N_y) = \ln(N_1) + K_y * (t_y - t_1) \quad (2.2)$$

$$N_y = \exp(N_y)$$

$$K_y = (\ln(N_1) - \ln(N_0)) / (t_1 - t_0)$$

N_y : "y" yılının gelecek nüfusu

K_y : Ortalama nüfus artışı

t_0 : 2007 yılı (elimizdeki ilk yıla ait veri)

t_1 : Nüfus artışına baz alınan yıl

t_y : Projeksiyon yılı

N_0 : 2007 yılı nüfusu

N_1 : Baz nüfus

N_y : Gelecek nüfus

2013 yılı nüfusuna göre gelecek nüfus hesapları;

$$K_y = (\ln(5275) - \ln(4979)) / (2013 - 2007) = 0,01000$$

$$\ln(N_y) = \ln(5275) + K_y * (t_y - 2013) \quad \Rightarrow \quad \mathbf{N \ 2013 = 5275 \ kiş i}$$

Çizelge 2.2. Eksponansiyel artış metoduna göre nüfus tahmin sonuçları

Hesaba esas yıl (N_y)	Nüfus (kişi)
2014	5324
2019	5597
2024	5884
2029	6186
2034	6503
2039	6836
2044	7187
2049	7555

İller Bankası metodu

Bu metodun matematiksel formülasyonu aşağıda gösterilmiştir.

$$P = \left(\sqrt[a]{\frac{N_y}{N_e}} - 1 \right) * 100 \quad (2.3)$$

P : Çoğalma yüzdesi

N_y : Son nüfus sayımı değeri

N_e : Geçmiş yıllara ait herhangi bir nüfus sayımı değeri

a : Yeni ve eski nüfus sayımları arasındaki yıl farkı

- ‘P’ değeri birden küçük ise ($P < 1$) $p=1$ alınır.
- ‘P’ değeri üçten büyük veya eşit ise ($P \geq 3$) çıkan değerin kullanılıp kullanılmayacağı hususunda idare ile istişarede bulunulur.
- ‘P’ değeri bir ile üç arasında ise ($1 \leq P \leq 3$) P değeri aynen alınır.

$$N_g = N_y * \left(1 + \frac{P}{100} \right)^{35+n} \quad (2.4)$$

N_g : Proje hedef nüfusu (projeye esas olacak nüfus)

n : Proje yılı ile son nüfus sayımı arasındaki yıl farkı

2013 yılı nüfusuna göre gelecek nüfus hesapları;

a = 2013-2007= 6, $N_y = 5275$ (2013 yılı nüfusu), $N_e = 4979$ (2007 yılı nüfusu)

$$P = \left(\sqrt[6]{\frac{5275}{4979}} - 1 \right) * 100$$

$P = 0,967$, $P = 1$ alınır.

N_g : 2049 yılı (2014 yılı (proje yılı) + 35 yıl (proje ömrü)), n: 1 yıl

$$N_{2049} = 5275 * \left(1 + \frac{1}{100} \right)^{35+1}$$

$N_{2049} = 7547$ kişi

Örnek hesaplamalara ait 3 yöntem birbirleriyle kıyaslatıldığında 35 yıl ömürlü sistem projelendirilmesinde 2049 yılına ait (2014 yılında yapımı öngörülen) X ilçesi tahmini gelecek nüfus hesap sonuçları Çizelge 2.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.3. Nüfus hesap yöntemi metotları sonuçlarının kıyaslanması

Nüfus hesap yöntemi metodu	İlçenin 2049 yılı tahmini nüfusu
Aritmetik artış metodu	7051 kişi
Eksponansiyel artış metodu	7555 kişi
İller Bankası metodu	7547 kişi

Nüfus hesaplamaları ile elde edilen evsel nitelikli kullanım sonucu oluşan atık su debisinin yanında, bölgesel sanayi atık suları; debisine göre, endüstriyel sanayi tesisleri ise eşdeğer nüfus tablolarına göre ilave atık su olarak sistem projesine dâhil edilerek nüfusa göre proje debisi hesaplanır.

Çizelge 2.4. Nüfusa göre günlük atık su oluşum miktarları [14]

Nüfus aralığı	Atık su oluşumu (lt/kişi*gün)
2000 - 10 000	80
10 000 - 50 000	90
50 000 - 100 000	100

Hâlihazır durum ve topografyanın değerlendirilmesi

Kanalizasyon sistemi tasarımı yapılmadan önce uygulanacak bölgenin güncel imar planının mevcut olması, hâlihazır çalışmalarının tamamlanmış olması gerekmektedir. İmar planları ve hâlihazır çalışmaları birbiri üzerine çakıştırılarak mevcut yol güzergâhları ve yerel yönetime ait alanların tespiti yapılır. Hatlar, yapım ve bakım esnasında gerekli müdahaleler için şahıslarla mülkiyet sorunu yaşanmaması açısından bu güzergâhlardan geçirilmek suretiyle projelendirilir.

Bölgenin topografyası incelenerek, atık su arıtma tesisi yerinin bölgenin en düşük kotunda olacak ve deşarj için en uygun yere komşuluk edecek şekilde konumlandırılmasına özen gösterilmelidir. Projelendirilecek hatların taşıdığı atık suyun arıtma tesisine mümkün olduğunca yer çekimi etkisinde gitmesi sağlanacak şekilde yüksekten alçağa doğru iletimi göz önünde bulundurularak sistem tasarımı yapılır.

Hatların geçtiği güzergâhlarda, kazı derinliğinin diğer altyapı çalışmalarına olanak verecek derinlikte kalmasını sağlamak amacıyla genellikle tabi zeminden minimum 1,70 m derine inilerek boruların döşenmesi esas alınır. Kazı maliyetlerinin en aza indirgenmesi için de genellikle 5-6 metreden fazla derinliğin tercih edilmemesi; derin kazılardan kaçınılması gerekmektedir. Hatlar döşenirken don derinliği göz önünde bulundurularak hattın üstünün minimum 1 m toprak örtüsüyle kapatılması sağlanmalıdır.

Jeolojik durum

Bölgenin zemin özellikleri ve katmanları projelendirme safhasında ele alınır. Uygulama alanının tamamını kapsayacak şekilde önceden belirlenen lokasyonlarda araştırma çukuru açılır. Yer altı su seviyeleri, zemin sertlik dereceleri, hendek kazı derinliğine göre şev stabilite değerlendirmesi ve hendek kazısı dolgusunda kullanılacak malzemenin belirlenmesi yapılarak yapım maliyetine etkiyecek hususlar bu aşamada ele alınarak projelendirilir.

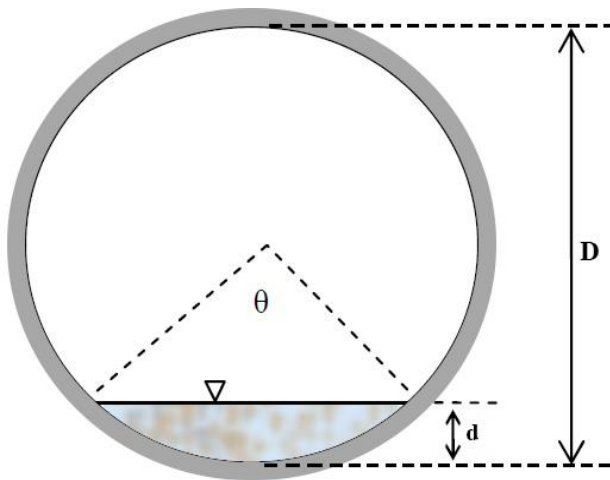
2.1.2. Hidrolik hesaplar

Nüfus verileri esas alınarak belirlenen atık suların, sisteme dâhil oluşlarındaki tekerrür sürelerine ve miktarının zirve yaptığı anlık dilimlere göre sisteme gelecek maksimum ve minimum debileri hesaplanarak proje debisi tayin edilir. Güzergâhlara göre hatlar konumlandırılır ve profiller oluşturulur. Buna göre de boru taban eğimi, doluluk, hız, boru tipi seçimi yapılarak boru çapları belirlenir. Hidrolik profillere göre hattın sahip olması gereken minimum ve maksimum eğim limitlerine, hattın taşıyacağı su yüküne esas doluluk oranı miktarlarına ve hat üzerinde oluşacak olası bakım ve ilave hat yapımı durumlarında müdahaleye imkan verecek olan muayene bacası ara mesafelerine projelendirme safhasında mutlaka riayet edilmelidir (Çizelge 2.5).

Çizelge 2.5. Eğim-doluluk oranı-çap arasındaki ilişki [15]

Çap(mm)	Minimum Eğim		Maksimum Eğim		Doluluk Oranı	Max. Baca Mesafesi
	Normal	İstisnai	Normal	İstisnai		
Ø 200	1/300	-	1/7	1/5	%40	60 m
Ø 300	1/500	-	1/7	1/7	%50	60 m
Ø 400	1/600	1/900	1/25	1/15	%60	70 m
Ø 500	1/800	1/1000	1/25	1/15	%60	70 m
Ø 600	1/1000	1/1500	1/25	1/15	%60	70 m
Ø 700	1/1000	1/1500	1/50	-	%60	80 m
Ø 800	1/1200	1/1800	1/50	-	%60	80 m
Ø 900	1/1500	1/1800	1/50	-	%60	100 m
Ø 1000	1/2000	1/2500	1/75	-	%70	100 m
Ø 1200	1/2050	1/2500	1/75	-	%70	125 m
Ø 1400	1/2100	1/2500	1/75	-	%80	150 m
Ø 2000	1/2250	1/2500	1/75	-	%80	150 m
Ø 3000	1/2500	1/2500	1/75	-	%80	150 m

Eğim, doluluk oranı ve çapa bağlı olarak hız, hattın işletme ömrü süresince sürekli faal olarak çalışabilmesi açısından çok önemlidir. Zira, borular vasıtasıyla taşınan atık suların içinde askıda bulunan parçacıkların çökmesi ile hat içerisinde tıkanmalar yaşanabilmektedir. Şekil 2.1’de su yüksekliğini belirten ‘d’ mesafesi için; minimum su yüksekliği en az $0,1 \cdot D$ kadar olduğu takdirde ve eğim ile hız kriterlerinin sağlandığı durumda hattın tıkanma olasılığı en aza indirgenebilecektir [15].



Şekil 2.1. Atık su taşıyan kanalizasyon borusu kesiti

Şekil 2.1’de belirtilen mesafelere ait semboller dikkate alınarak, hidrolik hesaplamalarda kullanılan ıslak alan, ıslak çevre ve hidrolik yarıçap değerlerine ilişkin formüller aşağıda verilmiştir.

$$A : \text{Islak alan}, \quad A = \frac{D}{4} * \left(\frac{\pi\theta}{360} - \frac{\sin\theta}{2} \right) \quad (2.5)$$

$$P : \text{Islak çevre}, \quad P = D * \left(\frac{\pi\theta}{360} \right) \quad (2.6)$$

$$R : \text{Hidrolik yarıçap}, \quad R = \frac{D}{4} * \left(1 - \frac{360\sin\theta}{2\pi\theta} \right) \text{ veya } R = \frac{A}{P} \quad (2.7)$$

Debinin hesaplanması

Evsel, tarımsal ve endüstriyel nitelikli atık sulara ait *günlük* miktarlar dikkate alınarak proje debisinin tespiti için, nüfusa bağlı olarak evsel debi hesabı yapılır ve diğer atık sular da uç debi olarak tayin edilerek son olarak hesaba katılır.

$$Q_{evsel} = \frac{Q_{max} * N}{a} \quad (2.8)$$

‘a’ değeri, evsel kullanım sonucu oluşan atık suyun sisteme katılma süresini (saat) belirtmekte ve nüfusa bağlı olarak seçilmektedir.

Çizelge 2.6. Atık suların kanalizasyon sistemine katılma süreleri

Nüfus (N-kişi)	a (saat)
< 5 000	8
5 000 – 20 000	10
20 000 – 100 000	12
100 000 – 500 000	14
> 500 000	16

Nüfusa bağılı olarak günlük maksimum atık su miktarları (Q_{max}) için, İller Bankası Kanalizasyon Projelerinin hazırlanmasına ait şartnamesine göre atık su oluşum değerleri tablosu Çizelge 2.7’de verilmiştir.

Çizelge 2.7. Nüfusa bağılı olarak günlük atık su oluşum miktarları

Nüfus (N-kişi)	Q_{max} (lt/kişi)
< 3 000	60
3 000 – 5 000	70
5 001 – 10 000	80
10 001 – 30 000	100
30 001 – 50 000	120
50 001 – 100 000	170
100 001 – 200 000	200
200 001 – 300 000	225
> 300 000	250

Buna göre 2014 yılında projelendirilen ve proje ömrüne göre (35 yıl sonraki) nüfus tahmini yapılan bir X ilçesi için Q_{evsel} nitelikli atık su debisi hesabı yapılacak olursa;

$$N_{2049} = 7547 \text{ kişi (tahmini)}, \quad a=10 \text{ saat}, \quad Q_{max}= 80 \text{ lt/kişi}$$

$$Q_{evsel} = \frac{80 \frac{\text{lt}}{\text{kişi}} * 7547 \text{ kişi}}{10 \text{ saat} \frac{1 \text{ gün}}{24 \text{ saat}} \frac{86400 \text{ sn}}{1 \text{ gün}}} = 16,77 \text{ lt/sn}$$

Kanalizasyon proje debisinin tayini için de, $Q_{evsel} + Q_{uç}$ (diğer atık sular) debileri toplanarak proje debisi belirlenir.

Atık su hızının hesaplanması

Kanalizasyon sistemlerinde eğim ve hız kriterleri, sistemin ömrü boyunca sıhhatli çalışabilmesi açısından çok önemlidir. Eğimin az, hızın düşük olduğu yerlerde atık su içerisinde çözünmemiş halde bulunan katı maddeler boru tabanına inerek birikme yaparlar ve hattı tıkalı olabilirler [15].

Eğimin fazla, hızın yüksek olduğu yerlerde ise atık suda yüksek kottan düşük kota inerken potansiyel enerjiden kinetik enerjiye dönüşen enerji, yüksek hızının etkisiyle borunun iç yüzeyinde aşınmalara yol açar.

Çizelge 2.8. Kanalizasyon sistemleri için hız kriterleri

V_{\min} (m/sn)	V_{\max} (m/sn)
0,5 – 0,6	2,5 – 3,0

Kanalizasyon sistemleri için pratik çözümlenme gerektiğinde optimum hız genellikle 1 m/sn olarak kabul edilse de sistem hesaplamalarında “Kutter” ve “Manning” formülleri kullanılarak hız tayini yapılmaktadır.

Kutter Eşitliği

$$Q = V * A \quad (2.9)$$

$$R = \frac{A}{P} \quad (2.10)$$

Yukarıda belirtilen genel akışkanlar mekaniği eşitlikleri de kullanılmak suretiyle Kutter formülü ile hız tayini aşağıda verilmiştir.

$$V = \frac{100 + \sqrt{R}}{m + \sqrt{R}} \cdot \sqrt{J \cdot R} \quad (2.11)$$

V : Akış hızı (m/sn)

A: Boru kesit alanı (m²)

R : Hidrolik yarıçap (m)

A : Islak alan (m²)

P : Islak çevre (m)

J : Boru taban eğimi

m : Kutter pürüzlülük katsayısı (Çizelge 2.9)

Çizelge 2.9. Kutter pürüzlülük katsayıları (m)

Boru Cinsi	m (birimsiz)
Asbestli çimento boru	0,12
Santrifüj ve beton boru	0,20
Diğer beton borular	0,35
Koruge Boru	0,13

Manning Eşitliği

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2} \quad (2.12)$$

“Manning”, kanal iç çeperi pürüzlülük katsayısı olarak ‘n’ değerini tanımlamıştır. Yapıldığı malzeme cinsine göre kanal/boru pürüzlülük katsayıları Çizelge 2.10’da verilmiştir.

Çizelge 2.10. Manning pürüzlülük katsayıları (n)

Malzeme Cinsi	n (birimsiz) (üretim kalitesine göre)			
	Çok iyi	İyi	Orta	Kötü
Pişmiş kil, greseramik (sırlı)	0,010	0,012	0,014	0,017
Sırsız	0,011	0,013	0,015	0,017
Beton boru	0,012	0,013	0,015	0,016
Font boru, astarlı	0,011	0,012	0,013	-
Tuğladan yapılmış pis su kanalı (sırlı)	0,011	0,012	0,013	0,015
Sırsız	0,012	0,013	0,015	0,017
Çelik boru, kaynaklı	0,010	0,011	0,013	-
Perçinli	0,013	0,015	0,017	-
Beton kaplamalı kanallar	0,012	0,014	0,016	0,018

Boru tipi seçiminde çapın da optimum boyutlarda tutulabilmesi açısından, pürüzlülük katsayıları da göz önünde tutularak hesap varyasyonları iyi yapılmalıdır.

2.1.3. Proje özelliklerinin yapım maliyetine etkisi

Kanalizasyon sistemleri projelendirilmeden önce yapılan etüt çalışmaları ve bu çalışmalar neticesinde yapılan hidrolik hesaplar, yapım maliyetlerini oluşturan esas faktörlerdendir. Örneğin, hatlar projelendirilirken geçtiği güzergâhlara göre oluşan hidrolik profillere bakılarak; doğal zemin kotu ile hendek taban kotu arasındaki mesafe farkı, zemin özellikleri de göz önünde bulundurulmak suretiyle kanal kazı tipinin belirleyicisi olmaktadır. Bunun yanı sıra, eğimin çok fazla olduğu güzergâhlardan mecburi olarak geçildiği surette hat projelendirilirken boru tipi seçiminde cidar aşınma değerleri ön plana çıkmakta, trafik yükü veya zemin özelliklerine göre çıkan malzemenin hendek dolgusunda kullanılmayacağına tespiti durumunda ise stabilize, kırma taş vb. dolgu malzemelerinin birim fiyatlara dahil edilmesiyle proje uygulama maliyetleri de yükselebilmektedir [16].

Zemin özelliklerinin etkisi

Etüt çalışmaları sırasında sondajlama yapılarak veya araştırma çukuru açılarak zeminin morfolojik yapısı incelenmektedir. Zemin, muhtevasını oluşturan kayaç yapısına göre yüzdesel gruplara ayrılır. Bu guruplara göre hendek kazı metotları (el veya makine ile) belirlenir, hendek dolgusunun hangi malzemeyle yapılacağına karar verilir ve ortalama hendek derinlikleriyle birlikte değerlendirilmek suretiyle kazı birim maliyetleri tespit edilir.

Hendek dolgu malzemelerinde zeminden çıkan malzemenin kullanılıp kullanılmayacağı, zemin muhteviyatı ve hendek dolgusu üzeri kullanım alanının özellikleriyle ilgilidir. Kazılan zeminden çıkan muhteviyatın kaya, küskülük veya iri taştan oluşması halinde bu malzemenin geri dolgu malzemesi olarak kullanılması sakıncalı olacaktır. Zira boru yüzeyinde üniform olmayan darbe veya yük etkisiyle lokal deformasyonlar oluşabilmekte, boru ezilmekte hatta çatlayabilmektedir. Bunun önüne geçmek için boru üzeri hendek dolgusunun tamamını stabilize malzeme ile yapmak gerekebilmekte bu da maliyetleri arttırabilmektedir [17].

Hendek dolgusu üzeri kullanım alanına göre de; örneğin, trafik yükünün fazla olduğu bir güzergâh üzerinde projelendirilecek hattın hendek dolgusunun; harici yükler etkisinde istenmeyen zemin oturmalarının önüne geçmek için stabilize malzeme veya

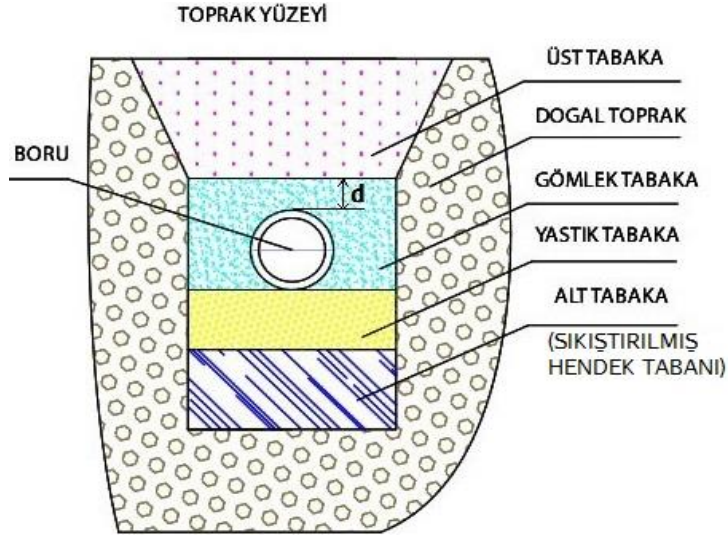
kırma taş kullanılarak yapılması gerekmektedir. Bunun da yapım maliyetini yükselteceği bir gerçektir. Bunun yanı sıra, küskülük veya kaya bir zeminde açılacak hendeklerde ripper, kırıcı vb. aparatlar kullanılarak yapılan kazılar da maliyeti arttırmaktadır (Resim 2.2).



Resim 2.2. Sert zemin kazılarında kullanılan makine ekipmanları

Zemin özellikleri her ne olursa olsun, boruların hendeğe konulması öncesi koruyucu ve üniform bir tabaka elde etmek adına stabilize malzeme ile *yataklama* tabakası oluşturulması, boru hendeğe konulduktan sonra da yanal alanlar da doldurulmak suretiyle borunun üzerinin belirli bir yüksekliğe kadar *gömlekleme* yapılarak döşenmesi hattın işletme ömrünü uzatmak açısından da çok önemlidir [14].

İller Bankası A.Ş. Kanalizasyon İnşaatlarına ait Özel ve Teknik Şartnamelerinde, kazısı yapılan hendek tabanı silindir ya da kompaktör yardımıyla sıkıştırıldıktan sonra, 'D' boru dış çapı olmak üzere (cm cinsinden), hendek tabanı üzerine $D/10 + 10$ cm teşekkül etmek suretiyle stabilize malzemedan yataklama yapıldıktan sonra borular hendeğe yerleştirilir. Hendeğe yerleştirilen boru ile hendek arası boşluklar da boru üst yüzeyine kadar malzeme ile doldurulur ve boru üst yüzeyinde itibaren 'd' mesafesi (Resim 2.3) minimum 30 cm olacak şekilde gömlekleme tabakası sıkıştırma makine ve ekipmanları kullanılarak oluşturulur. Doğal zemine kadar olan hendek geri dolgusu belirtilen şekilde yapılarak hat oluşturulur.



Şekil 2.2. Boru yerleştirilen hendek kesiti

Zemin özellikleri ne olursa olsun, yataklama ve gömlekleme için kullanılacak olan stabilize malzemelerin temini ve temin edilebileceği ocak ile uygulama alanı arası taşıma mesafelerine göre nakliye bedelleri değişiklik gösterebilir de, uygulama maliyetleri her projede standart olan harcama kalemlerindedir.

Zemin sınıflarına göre kazı maliyetleri değişiklik gösterebilmekte, sert zeminlerde kazı maliyetleri artarak proje uygulama maliyetlerini çok yükseltebilmektedir. Hendek geri dolgu malzemesi tipine göre de (stabilize, kırma taş vb. olması durumunda) projeye ek maliyet kalemleri eklenebilmektedir.

Kazı tiplerinin etkisi

Hidrolik açıdan pis suyun ekonomik olarak iletilebilmesi için hattın tek yönlü bir eğime sahip olması ve yer çekimi etkisiyle akar sağlaması gerekmektedir. Bunu sağlamak için arazi durumuna göre bazen derinlik artabilmekte, bazen de hat yüzeye yakın döşenmek zorunda kalabilmektedir. Don olayından kaçınmak için (iklimsel özellikler göz önünde bulundurularak) hendek geri dolgusunun minimum 1 metre olarak yapılması gerekmektedir. Diğer alt yapı tesislerinin yapımına kolaylık sağlamak adına da kazı derinliğinin yaklaşık 1,5-2 metre olmasında fayda bulunmaktadır. Bu hususa dikkat edilirken kazı derinliğinin arttırılmamasından da kaçınılmalı, hat güzergahının akarı sağlayacak optimum derinlikte inşa edilmesi sağlanmalıdır.

Kazı birim maliyetleri tespit edilirken kazı derinliğinin yanı sıra hendek kazısında zeminin kendini ayakta tutup tutamayacağını, içsel sürtünme açısı ve şev stabilitesinin araştırılması; muhtemel derinliklere göre kayma analizlerinin iyi yapılması gerekmektedir.

Hendek kazısı esnasında veya boru döşenirken can veya mal kayıplarının yaşanmaması için kazı uygulama tiplerinin güvenli tarafta kalınacak şekilde belirlenmesi, ekip ve ekipmanları riske atacak durumlardan kaçınılması gerekmektedir.

Kanalizasyon hattı inşasında yapılacak hendek kazılarının şekli; kazı derinliği göz önünde bulundurularak, zemin numunesi üzerinde yapılan kayma ve gerilme deneylerine göre belirlenir. Zemin numune sonuçları, kazı esnasında hendek yan yüzeyinde zeminin kendini ayakta tutabilecek potansiyele sahip olmayacağını gösteriyorsa, kazı derinliğine bakılmaksızın yanal yüzeyleri destekleyici iksa sistemlerinin uygulanması projelendirme kriterlerine dahil edilir. Zemin numune sonuçları, zeminin kayma ve gerilme mukavemetinin yüksek olduğunu belirtmişse de kazı derinliğine bakılarak şevli veya iksalı olarak hendek kazısı uygulaması yapılır (Şekil 2.2).



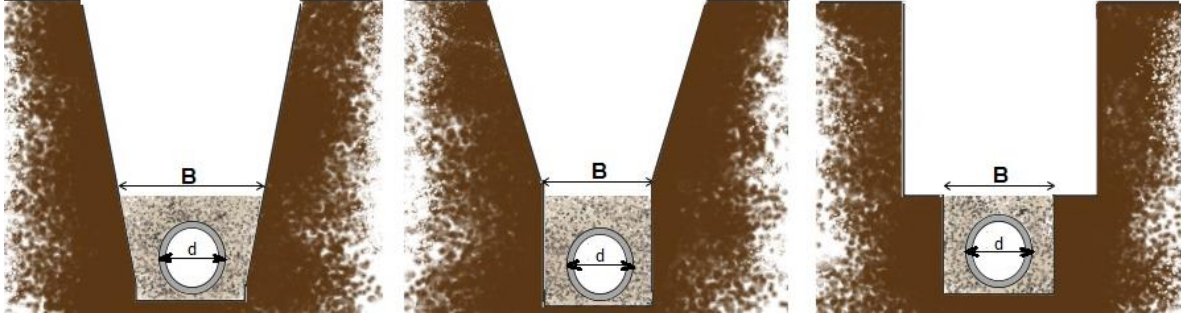
Şekil 2.3. Kazı derinliğine göre şev veya iksa uygulamasının belirlenmesi

Şevli kazılar

Yapım maliyetinin düşük tutulması açısından, derin olmayan hendek kazılarında zemin özelliklerinin de el vermesi halinde hendeklerin şevli olarak açılması tercih edilmektedir. Açılacak hendek genişliği ve şev tipleri, proje özelliklerine göre değişiklik göstermekte olup, genel birkaç örnek kesit için (Şekil 2.3) hendek genişlikleri şöyledir;

$D \leq 40$ cm için hendek genişliği; $B = D + 40$ cm

$D > 40$ cm için hendek genişliği; $B = D + 60$ cm



Şekil 2.4. Şevli kazılarda hendek kesitleri

İksalı kazılar

Hendek kazısı sırasında zeminin akışkan olması veya kazı derinliğinin fazla olması nedeniyle yanal yüzeylerin kendini ayakta tutamayacağı öngörüldüğünde, zemin özelliklerinin elverişsiz olma vahametine göre sırasıyla aralıklı ahşap iksa, sık aralıklı ahşap iksa, tam kaplamalı ahşap iksa, çelik pano ile iksa, çelik palplanş ile iksa olarak kazı yapılmaktadır.

Aralıklı ahşap iksa uygulamalarında ahşap panolar bir dolu bir boş aralıkta olarak karşılıklı konularak ayarlı desteklerle birbirini tutacak şekilde uygulanır. Sık aralıklı ahşap iksalarda iki dolu bir boş olacak şekilde; ortalama aralık açıklığında karşılıklı konumlandırılarak, tam kaplamalı ahşap iksalarda ise yanal yüzeylerin tamamı örtülecek şekilde karşılıklı konumlandırılarak yanal stabilite temin edilir. Çelik pano ve çelik palplanş da, zemin su seviyesinin yüzeye yakın olduğu veya zeminin akışkan olduğu, ince daneli, kumlu zeminlerde sıklıkla tercih edilmektedir.



Resim 2.3. Aralıklı ahşap iksa uygulaması ile açılan hendek

Terfi istasyonları ile atık suyun iletilmesi

Atık suyun cazibeyle (yer çekimi etkisiyle) deşarj noktasına iletiminin mümkün olmadığı durumlarda, eğimin terse düştüğü noktaya terfi istasyonu yapılarak pompa yardımıyla atık suyun deşarj kotuna ulaştırılması gerekebilmektedir. Terfi istasyonlarının sürekli çalıştırılması, kaba ızgaralar vb. ekipmanlar konularak makine işlevlerinin düzgün yerine getirilmesinin sağlanması, enerji giderleri vb. masraflar düşünüldüğünde, terfi merkezleri en son uygulanacak çare olarak öngörülmektedir.

Kanalizasyon sisteminin geniş bir alanda uygulanması, arazinin engebeli olması, yerleşimin dağınık olması ya da uygun deşarj noktasının düşük kotta bulunmaması nedeniyle atık suyun iletimi için paket tip veya betonarme tip olarak terfi istasyonları yapılabilmektedir. Atık suyun iletileceği hiçbir deşarj noktasının bulunmadığı ya da küçük bir bölgedeki atık suyun toplanıp uzaklaştırılmasının gerektiği durumlarda ise fosseptik yapılar atık sular toplanarak periyodik olarak vidanjörler yardımıyla uzaklaştırılmaktadır.

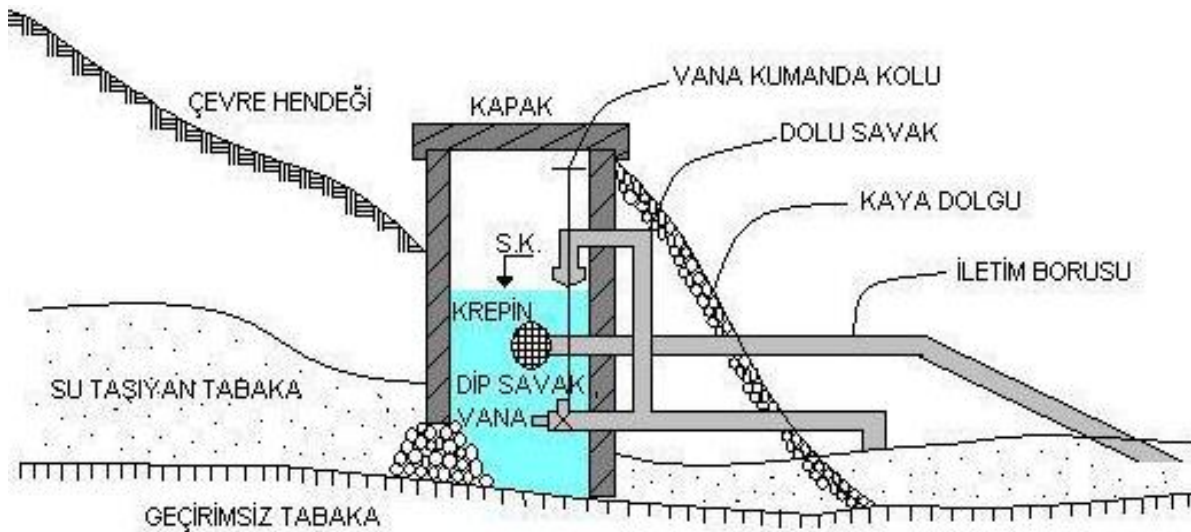
2.2. İçme Suyu İnşaatlarının Projelendirilmesi

İçme suyu niteliğine sahip sular, su kaynağını kirliliğe karşı korumak veya küçük su kaynaklarının tek bir noktada birleştirmek için yapılan kaptaj yapılarıyla veya açılan kuyulardan pompalar yardımıyla elde edildikten sonra isale (iletim) hatları ile toplanmak üzere yüksek kotlardaki su depolarına taşınmaktadır. Yine isale hatları yardımıyla da depolardan şebeke hatlarına iletilerek kullanıcılara dağıtımı yapılmaktadır.

Suyun temin edildiği kaynağın özelliğine göre kaptaj yapıları veya kuyu üzeri pompa istasyonları, iletim ve şebeke hatları üzerine gerekmesi halinde konumlandırılacak tahliye veya vantuz yapıları, ayaklı veya gömme su depoları, basınç/enerji kırıcı maslak ve vanalar, şebeke ağı elemanları olan; boru, flanş, dirsek, bransman, tapa ile vanalar, abone bağlantı elemanları ve yangın muslukları içme suyu inşaatına ait elemanlardandır [18].

Kaptaj yapıları

İçme suyu kullanımı için temin edilecek yüzey veya yüzeye yakın tatlı su kaynaklarından suyun derlenebilmesi amacıyla yapılan su alma yapılarıdır. Drenaj boruları ile yüzeye yakın suları yakalayarak ya da direkt olarak yüzey suyu kaynağının üzerine konumlandırılarak alınacak sular çevre hendeği yardımıyla zararlı dış etkenlerden korunur ve filtreleme işlemi sonrasında toplama odasında biriktirilir [19].



Şekil 2.5. Kaptaj yapısı

Tahliye yapıları

İletim veya şebeke hatları üzerindeki düşük kotlara konumlandırılarak, olası bir bakım-onarım çalışmasına ya da hat içerisindeki suyun boşaltılarak bu düşük kotlarda biriken tortuların bertaraf edilerek hattın temizlenmesine imkân verebilmek adına içme suyu inşaatlarında uygulanan sistem elemanıdır.

Tahliyesi yapılacak suyun miktarı, en yüksek kottaki uzantısı ile tahliye noktası arasındaki mesafenin boru alanıyla çarpımı sonucunda hesap edilir ve bu noktada bu miktardaki suyun bırakılması halinde çevreye zarar vermeden süzölebileceği veya su yatağıyla uzaklaştırılabileceği bir bölge seçilir.

Vantuz yapıları

İletim veya şebeke hatları üzerindeki en yüksek kotlara konumlandırılarak, suyun hatta ilk girişinde beraberinde getirdiği havanın bertarafının sağlanması amacıyla uygulanan içme suyu sistemi elemanlarıdır.

Maslak ve basınç kırıcı vanalar

Depodan (a noktası) sisteme verilecek olan suyun iletimi ve şebeke yardımıyla kullanıcıya ulaştırıldığı nokta (b noktası) arasındaki enerji farkı belirli bir seviyede olmalıdır. Çünkü ana unsur olan borular ve birleşim elemanları suyun getirdiği enerjiye karşılık gelen hız ve basıncın belirli bir bölümünü karşılayabilecek kapasite ve özellikle imal edilmektedir. Suyun sisteme ulaştırılmak üzere ilk olarak bırakıldığı noktadaki enerjisi; iletildiği noktanın yüksekliğinden dolayı sahip olduğu enerji, suyun iletimindeki hızından ötürü sahip olduğu enerji, basıncı ve boru içi sürtünme kayıplarının toplamından fazla olduğu takdirde, artı kalan enerji sistemi yıpratarak kullanım ömrünü kısaltmakta ve işletme maliyetlerini arttırmaktadır [19].

Bu nedenle, düşü yüksekliğinin fazla olduğu depo-şebeke arasındaki iletim hattı üzerine suyun hızının yüksek olduğu ve proje kriterlerine uygun enerji seviyesine düşürecek şekilde maslak adı verilen odalar inşa edilerek suyun enerjisi kırılmaktadır. Günümüzde uygun potansiyele sahip, yapım maliyetini amorti edecek düşü

yüksekliklerindeki enerjileri kırmak yerine küçük türbinler ile mikro hesler yapılarak maslak yapıları yerine uygulanarak ekonomik katkı sağlanabilmektedir.

Şebekeler kotlarına göre gruplandırılır ve her bir gruba kat adı verilir. Depodan şebeke kotuna inen veya terfi ederek ulaşan suyun sahip olduğu basıncın katına uygun olarak kırılarak optimum sistem basıncına getirmesi amacıyla da basınç kırıcı vanalar kullanılmaktadır.

İsale (iletim) hatları ve terfi merkezleri

İsale hatları, kaptaj ile depo arasında veya depo ile şebeke ana borusu arasındaki bağlantıyı sağlayan borulardır. İsale hatları ile kaptajdan ya da kuyudan depo kotuna veya depo kotundan şebeke ağındaki en yüksek kotta bulunan aboneye (kullanıcıya) iletilecek olan suyun cazibe ile ulaştırılmayacak olması durumunda ise terfi merkezlerinde pompalar yardımı ile içme suları istenilen enerji yüksekliğine çıkarılmaktadır. Demontaj, redüksiyon, indüksiyon, pompa, vana ve debimetreler terfi merkezi sisteminde boru hattı üzerindeki elemanlardır.



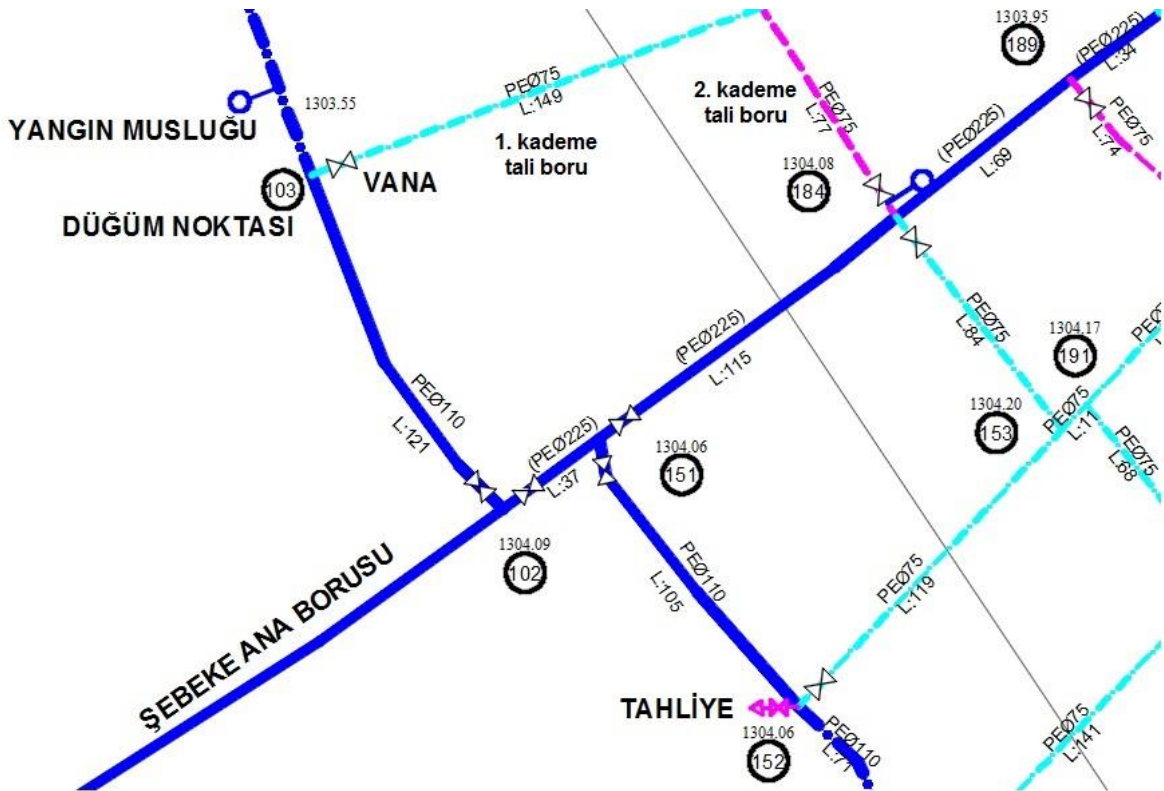
Resim 2.4. Terfi merkezi

Depolar

Depolar; kullanım ihtiyacına göre muhtelif hacimlerde, gömme veya ayaklı olmak üzere genellikle betonarme olarak yapılmaktadır. Su tüketiminin pik noktaya ulaştığı anlarda depoya gelen su miktarı ile ihtiyaç arasındaki dengeyi optimize edecek şekilde projelendirilen depolarda kapasite seçeneği olarak; 50-30 000 m³ arası bir skala bulunmakta ve nüfus-tüketim değerlerine göre sistem elemanı olarak dizayn edilmektedir.

Şebeke ağı

Depodan kullanıcıya ulaştırılmak üzere alınan su; cazibeli veya terfili olarak iletim hattı ile şebeke ana borusuna verilir. Şebeke ana borusundan esas boruya oradan da dallanarak tali borular yardımıyla kullanıcılara iletilir. Şebeke ana borusundan tali hatlara doğru gidildikçe basınç ve boru çapı genişliği azalır. Her bir kat içerisinde bulunan en yüksek kottaki abone göz önünde bulundurularak maksimum basınç yüksekliği 60 m olacak şekilde, kanalizasyon inşaatı projelerinde olduğu gibi hatların 1.kademe ve 2.kademe olmak üzere projelendirilmesi yapılır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. İçme suyu projelerinde şebeke ağının gösterimi

Borular

Borular, iletim hattı borusu, terfi hattı borusu, tahliye hattı borusu, şebeke ana borusu, esas boru, tali boru, abone bağlantı borusu gibi kullanım alanlarına göre gruplandırılarak muhtelif çap ve tiplerde uygulanan içme suyu projesi ana elemanlarıdır.

Hidrolik hesap kriterleri, basınç sınıfı gerekliliği, maruz kalacağı zemin yükü ile trafik yükü ve diğer projelendirme kriterleri göz önünde bulundurularak boru seçimi yapılır. Borular genellikle üretildikleri hammaddesine göre isimlendirilmekte olup, içme suyu inşaatlarında kullanılan borular; çelik boru, düktil boru, pvc (polivinil klorür) boru, pe (polietilen) boru, pprc (polipropilen) boru, ctp (cam takviyeli plastik) boru, font boru, asbestli çimento boru vb. borulardır.

Vanalar

İçme suyu sisteminde suyu yönlendirebilmek, sisteme verilecek su miktarını kontrol altında tutmak, bakım-onarım esnasında suyun bölgesel bazda kesilmesini sağlayarak sistem bütünlüğünü korumak için kullanılan içme suyu inşaatı elemanlarıdır. Genellikle içme suyu depolarında, tahliye hatlarında ve iletim hattı, şebeke ana borusu, esas boru, tali boru, abone bağlantı boruları arasındaki bağlantılarda konumlandırılarak uygulanan sistem elemanlarıdır.



Resim 2.5. Kelebek vana

Kullanım alanlarına göre; suyun akış istikameti aksine kaçmasını önlemek amacıyla çekvalf (tek yönlü) vanalar (depolarında, iletim ve terfi hatlarında), standart olarak sistemi yönlendirmek amacıyla sürgülü vanalar ya da kelebek vanalar (ana-esas-tali boru bağlantılarında), abone bağlantısı yapılırken küresel vanalar, vb. amaçla kullanılan vana tipleri bulunmaktadır (Resim 2.5).

Vana malzemeleri genellikle dökme demir ve çelik olarak üretilmekte olup, günümüz teknolojilerinin gelişmesi, bazı boru tiplerinin (polietilen boru) kullanımının sıklıkla tercih edilmesi ve sistemin elemanlarının birbirleriyle daha uyumlu olarak çalışabilmesinin sağlanabilmesi amacıyla polietilen vanalar da içme suyu inşaatlarında kullanılmaya başlanmıştır. Polietilen vanaların, projelendirme ömrü süresince korozyona karşı mukavemetlerinin yüksek, bakım-onarım ve ek imalat çalışmalarına karşı daha toleranslı olacağı düşünülmektedir.

Yangın muslukları

İçme suyu inşaatları projelendirilirken insani kullanım amaçlarının yanı sıra tarımsal ve endüstriyel tüketim alanları da hesap edilmektedir. Fakat bunların yanında yerleşim yerinde oluşabilecek bir yangın anındaki debi de eklenerek proje debisi tayin edilmekte ve bu debi içme suyu depolarında olası kullanım anı için sisteme verilmek üzere hazır bulundurulmaktadır.



Resim 2.6. Yangın musluğu (yangın hidrantı)

Günümüzde yangın muslukları (yangın hidrantları) metropol şehirlerde yaygın olarak bulunmakta olup, proje aşamasında ve yerleşimin yoğun olduğu bölgelere, ortalama 150 m aralıklar ile yapılması öngörülmektedir. Yangın musluklarının yeri ile ilgili, öncelikli olarak, toplu kullanım alanı veya binası yakınlarına (okul, kamu binaları, iş merkezleri vb.) konumlandırılması tercih edilmektedir. Bu alanların yanı sıra, ulaşımı zor veya araç giriş çıkışında sıkıntı yaşanan sokaklara da yangın hidrantı konulmasıyla olası can kayıplarının da önüne geçilebilmektedir.

2.2.1. Etüt çalışmaları

İçme suyu etüt çalışmalarına başlanılmadan önce su kaynağından emin olunmalı; proje ömrü boyunca sürekliliğini koruyabilecek kaynak veya kaynaklar seçilmeli ve su kaynağının hak sahipliği açısından yerel yönetimlerce gerekli yasal izinlerin alınmış olunması gerekmektedir.

İçme suyu kaynağı tercih edilirken yerleşim yerine mümkün olduğunca yakın olan kaynaklar değerlendirmeye alınmalı, bu kaynakların da olabildiğince yer çekimi etkisi ile kullanıcıya ulaştırılması amaçlanmalıdır.

İçme suyu inşaatı ön hazırlık aşamalarında da kanalizasyon inşaatlarındaki safhalara benzer bir yöntem izlenir. Projenin yapıldığı şuan ki yıl mevcut nüfusuna göre fert başı sarf edilen evsel su tüketim tablosundaki tüketim miktarı seçilir (Çizelge 2.11). Proje ömrüne (genellikle uzun vadeli olarak 35 yıl) karar verilerek nihai (hedef) nüfus tespit edilir ve nihai nüfus ile Çizelge 2.11'den şuan ki nüfusa göre seçilen kişi başı tüketim debisi çarpılarak ihtiyaç debisi hesaplanır. İnsani tüketim harici olan bu debilere, varsa ilave tarımsal ve endüstriyel alanda ihtiyaç duyulan debiler de eklenebilir [18].

Çizelge 2.11. Evsel kaynaklı birim su tüketim değerleri [18]

Projenin yapıldığı yıla ait nüfus (N - kişi)	Evsel birim su tüketimi ($Q_{evsel} - \frac{lt}{kişi/gün}$)
$N \leq 50\ 000$	80 - 100
$50\ 000 < N \leq 50\ 000$	100 - 120
$100\ 000 \leq N$	120 - 140

İçme suyu inşaatının uygulanacağı bölgede tercih edilen güzergâhlara göre harita çalışmaları yapılırken mülkiyet durumunun yanı sıra alt yapı tesislerinin durumu da iyi ele alınmalıdır. Çünkü içme suyu hatları, kanalizasyon hatlarının aksine, tabii zemin kotuna yakın olacak şekilde inşa edilmektedir.

Nüfus hesaplamaları

Alt yapı inşaatları öncesi, ön hazırlık çalışmalarında söz konusu debi tayini için gerekli olan nihai nüfusu belirlemek adına tercih edilen metotlar benzerlik göstermektedir. Sıklıkla kullanılan yöntemler arasında; aritmetik artış metodu, eksponansiyel artış metodu ve İller Bankası metodu yer almaktadır.

Projenin yapıldığı yıl ve önceki yıla ait veriler dikkate alınarak, hizmet süresine göre hedef yılı için nüfus tahmin modellemeleri yapılır. Hidrolik hesaplamalara geçilmeden önce idare ile istişare edilerek optimum nüfus sonucuna ilişkin veriler baz alınarak projelendirme yapılır.

Hâlihazır durum ve topografyanın değerlendirilmesi

İçme suyu inşaat enstrümanları içerisindeki kalemleri belirlemede topografya özellikleri oldukça etkili olmaktadır. Arazi çok engebeli ise tahliye ve vantuzlar devreye girmekte, suyun temin edildiği krepin kotuna bağlı olarak iletim hattı düşü yüksekliği fazla ise de maslak ile basınç kırıncıları kullanmak zorunda kalınabilmektedir. Bunun yanı sıra, topografyanın inişli çıkışlı olduğu; değişik kotlarda yerleşimin bulunduğu uygulama alanlarında (örneğin Karadeniz Bölgesi), suyun aboneye ulaştırılmasını sağlamak için yüksek işletme basınçlarıyla çalışılmak zorunda kalınabilmektedir.

Hâlihazır durum ve imar planı müştereken değerlendirilerek güzergâh çalışmaları proje safhasında yapılmakta, uygulama alanı içerisindeki varsa bölgesel kot farkları belirlenmekte ve bu çalışmalar doğrultusunda minimum işletme basıncını 20-30 m, maksimum işletme basıncını da 60-65 m olarak tedarik etmek için şebeke basınç zonları oluşturulmaktadır. Bu basınç yüksekliklerine göre de şebeke katları tayin edilerek optimum boru tip ve çaplarının kullanılması sağlanmaktadır [18].

Jeolojik durum

Jeoloji çalışmalarında, açılan gözlem kuyuları ile bölgesel zemin özellikleri belirlenerek hendek kazısının ne şekilde yapılacağına, hendek dolgusunda kazıdan çıkan malzemenin kullanılıp kullanılmayacağına ve bunun benzeri proje özelliklerine karar verilmektedir.

İnşaatin yapılacağı alana ait jeolojik durum değerlendirilirken bölgenin depremsellik özelliklerinin iyi ele alınması gerekmektedir. Deprem açısından riskli yörelerde esnek yerine rijit boruların kullanılması, zemin titreşimlerini tolere edememekte ve bağlantı yerlerinde çatlamalara veya kopmalara yol açarak işletme sorunlarını da beraberinde getirmektedir [19].

2.2.2. Hidrolik hesaplamalar

Sisteme verilecek suyun kaynağı ve hedef nüfus belirlendikten sonra, hatların geçtiği güzergâhlar; eğimler, dönüşler ve kot farkları dikkate alınarak hidrolik hesaplamalara geçilir

Debinin hesaplanması

$$Q_{max} = 1,5 * Q_{iletim} + Q_{yangin} \quad (2.13)$$

İçme suyu projelerinde, iletim debisi hesaplanırken evsel tüketimin (Çizelge 2.9) yanı sıra varsa tarımsal/hayvansal kullanım ihtiyacı, endüstriyel kullanım ihtiyacı ve özel uç debiler (okul, hamam, hastane vb.) de nüfusa göre gereksinim duyulan debiye ilave edilerek 1,5 katsayısı ile çarpılır. Sistemsel ihtiyacın bu katsayı ile çarpılarak büyütülmesinin nedeni de 24 saat olan günlük tüketim miktarlarının 2 saatlik periyodlar olarak izlenilmesiyle pik tüketimde ortalama 1,5 katı olan bir ihtiyaca gereksinim duyulduğunun belirlenmiş olmasıdır [20].

Sistem ihtiyacı pik saat katsayısı ile genişletilerek tespit edildikten sonra, yerleşim yeri için olası yangın anında gereksinim duyulacak ihtiyaç miktarı da hedef nüfusa göre yangın suyu miktarı tablosundan (Çizelge 2.12) seçilir ve bu iki debi toplamının proje için maksimum debi olacağı öngörülerek hız, çap, basınç hesaplamalarına geçilir.

Çizelge 2.12. İçme suyu tesislerinde yangın suyu ihtiyaç miktarları [18]

Zon Nüfusu (kişi)	Eşzamanlı Yangın Sayısı	Yangın Süresi (sa)	Yangın Başına Yangın Suyu Miktarı (l/s)		Yangın Suyu Hacmi (m3)	
			İki Katlı Binaların Olduğu Yerleşim Alanı	Uç Kat ve Üzeri Binaların Olduğu Yerleşim Alanı	İki Katlı Binaların Olduğu Yerleşim Alanı	Uç Kat ve Üzeri Binaların Olduğu Yerleşim Alanı
<5.000	1	2	5	10	36	72
5.001-10.000	2	2	5	10	72	144
10.001-25.000	2	2	10	15	144	216
25.001-50.000	2	2	15	20	216	288
50.001-100.000	2	3	15	20	324	432
>100.000	2	5	-	25	-	900

Hız, çap ve basınç kriterleri

İçme suyu tesislerinde işletme performansını optimize edebilmek amacıyla hat içerisindeki su hızının 1-1,5 m/sn olması ve 2 m/sn'den fazla olmaması gerekmektedir. Hızın bu seviyelerde tutularak sahip olduğu kinetik enerjiyi olumlu yönde kullanırken, suyun boru içi veya depoda bulunduğu kota göre sahip olduğu potansiyel enerjiyi ve sahip olduğu statik basıncı da limitler dâhilinde tutmak önemlidir. Bu safhada suyun iletimi sırasında boruda oluşan; sürtünme, dirsek, vana vb. kayıpları da hesaba katılarak debiye göre hız-çap değerleri belirlenir. İller Bankası A.Ş., içme suyu projeleri hidrolik hesaplamalarında ağırlıklı olarak Williams-Hazen formülünün kullanılmasını tercih etmektedir.

$$Q = 0,279 * C - D^{2,63} * J^{0,54} \quad (2.14)$$

Q : Debi (m^3/sn)

C : Boru tipine göre sabit katsayı (Çizelge 2.13)

D : Çap (m), (boru kesitinin dairesel olduğu hatlarda)

J : Hidrolik eğim (boru taban eğimi)

Hidrolik eğim; Darcy-Weisbach denkleminde faydalanılarak hesaplanan iki nokta arasındaki hidrolik kaybın, bu iki nokta arasındaki mesafeye oranı ile bulunur.

$$h = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g} \quad (2.15)$$

h : Hidrolik kayıp (m)

f : Boru içi sürtünme katsayısı (birimsiz)

L : İki nokta arası mesafe (m)

D : Çap (m), (boru kesitinin dairesel olduğu hatlarda)

V : Boru içi su hızı (m/sn)

g : yer çekimi ivmesi (m/sn^2)

Çizelge 2.13. İçme suyu boru tipine göre Williams-Hazen formülüne ait 'C' katsayıları

İçme suyu borusu tipi	C
Pvc boru	150
Açb	141
Çelik boru	118
Düktül boru	130
Hdpe boru	150
Pprc boru	150
Ctp boru	150

Katlara ayrılarak tasarlanan şebeke ağında her kat için statik su basınç seviyesinin maksimum 60-65 m seviyesinde, minimum ise 20 m seviyesinde tutulması, boru ek yerlerinin zorlanmaması ve boru cidarlarının üstlenebileceği basıncın üstüne çıkılarak işletme sorunları yaşanmaması açısından zaruri nitelik taşımaktadır [21].

2.2.3. Proje özelliklerinin yapım maliyetine etkisi

İçme suyu hatları, kanalizasyon hatlarına göre doğal zemin kotuna daha yakın olacak şekilde inşa edilmektedir. Bunun sebepleri arasında; sıhhi nedenlerden ötürü iki hat arasında mesafe bırakılmasının faydalı olması, içme suyu hatlarında derinliğe pek ihtiyaç duyulmaması, içme suyu inşaatlarında muayene istasyonlarının bulunmaması ve çoğunlukla kazı yapılarak arızaların giderilmesi ve içme suyu boru çaplarının kanalizasyon boru çaplarına göre daha dar olması sıralanabilir [22].

Zemin özellikleri ve kazı tiplerinin etkisi

İçme suyu inşaatları hendek kazılarında izlenen yol kanalizasyon inşaatlarında izlenen yol ile benzer olup, tek farkı hendek tabanı eğim ve derinlik kriterlerinin etkisinin pek olmamasıdır.

İçme suyu hatlarında borular hendeğe döşenmeden önce en az 15 cm stabilize malzeme ile yataklama yapıp kompaktör vb. araçlarla sıkıştırıldıktan sonra, borunun konulmasını müteakip boru üst yüzeyinden itibaren minimum 30 cm stabilize malzeme ile gömlekleme yapılarak sıkıştırıldıktan sonra, boru üst kotundan itibaren (gömlekleme kısmı dahil) 1 m olarak şekilde hendek geri dolgusu yapılarak hat imal edilir. Kullanılan bu stabilize malzemelerin temini ve nakliyesine ait maliyetler, içme suyu inşaatlarında da belirleyici kalemler arasındadır.

Kazı derinliklerinin ortalama 1-1,5 m arasında olması nedeniyle hendek kazılarında şev stabilite sorunları sıklıkla yaşanmamakta, yine de gerekli olması halinde kanalizasyon inşaatlarında kullanılan destekleyici sitemlerle ile kazılarda gerekli önlemlerin alınması, maliyete olumsuz etki etse de, sağlanmaktadır.



Resim 2.7. İçme suyu borusu döşenen hendek

Su temin noktası ve iletimindeki değişkenlerin etkisi

Suyun temin edileceği kaynağın bulunduğu kot, depoya iletim mesafesi, bu mesafedeki ve suyun depodan Őebekeye verildiği güzergâhtaki arazi topografyası ile buna bağlı olarak yapılması zaruriyet arz eden sistem elemanları ile Şebeke içi sistem basıncının yüksek oluŐu, suyun cazibe yerine terfi ile iletilmesi durumu, zemin özellikleri ve trafik yükü gibi bazı gerekliliklerinin boru seçimini daraltması vb. unsurlar maliyeti arttırabilmektedir.

Depodan Őebekeye suyun iletiminde düşü yüksekliği ve eğimin fazla olması durumunda basınç ve enerji optimizasyonu için betonarme maslak yapılarının yapılması maliyete olumsuz etki etmektedir. Bunun yanı sıra, boruların dōşeneceęi güzergâha ait hidrolik profillerde çok fazla iniŐ çıkışın görüldüğü durumlarda vantuz ve tahliye yapılarının yapılması, sistem içi basıncın dengelenmesinde basınçlı vanalara gereksinim duyulması da ek maliyet kalemlerini oluŐurmaktadır.

Kanalizasyon hatlarının dizaynı gibi, içme suyu hatlarının dizaynında da boru ile taşınan unsurun cazibe ile iletilmesi önceliklidir. İçme suyu inşaatlarında bu husus, arazi Őartlarına veya su kaynağının yerine bağlı olarak çoğu zaman terfi istasyonu olmaksızın sağlanamamaktadır. Terfi istasyonlarının sayısı ile su kaynağının yüzeye uzaklığı da maliyete etki etmektedir.

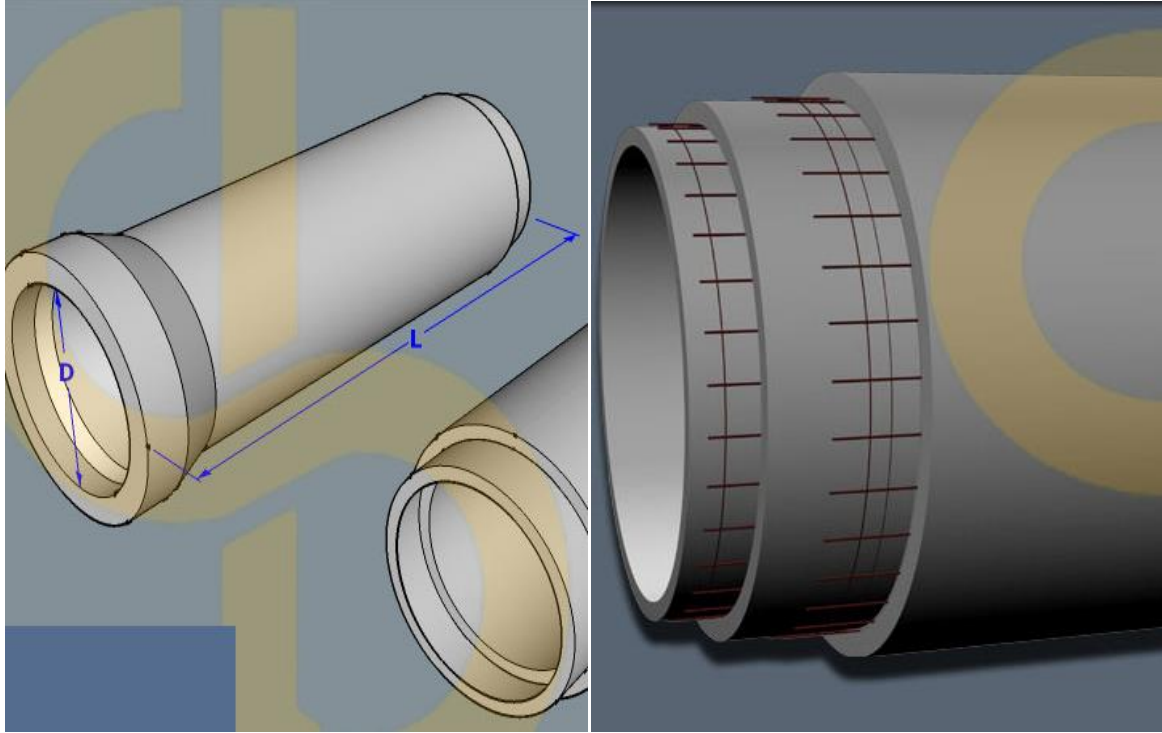
3. KANALİZASYON İNŞAATLARINDA KULLANILAN BORU TİPLERİ VE MALİYET ANALİZİ

3.1. Kanalizasyon İnşaatlarında Kullanılan Borular

Kanalizasyon inşaatlarında kullanılan borular; zemin özelliklerine, tabii zemin yüklerine, proje ömrüne, hesap gereksinimine göre tercih edilmektedir. Ülkemizde en çok kullanılan kanalizasyon boruları; beton/betonarme borular, koruge borular, spiral sarımlı koruge borular ve cam takviyeli plastik (ctp) borulardır.

3.1.1. Beton/betonarme borular

Ham maddesi agrega ile çimento olan, $\text{Ø}150$ mm ile $\text{Ø}600$ mm arasındaki çaplar beton, $\text{Ø}700$ mm ile $\text{Ø}1600$ mm arasındaki çaplar ise çelik donatılı olmak üzere üretilen boru tipleridir. Ham maddesinin ülkemizde zengin olarak bulunmasından dolayı tamamı yerli sermaye olarak üretilebilmektedir. Birleşim yerlerinde entegre conta bulunduğundan sızdırmazlığın sağlanması açısından kolaylık tanımaktadır [23].



Resim 3.1. Beton ve betonarme kanalizasyon boruları

Avantajları

- ✓ Tabii zemin yüklerine karşı oldukça dayanıklıdır.
- ✓ Uzun yıllar boyunca rijitliğini koruyabilmektedir.
- ✓ Öz kaynaklarımız kullanılarak üretilebildiğinden ülke ekonomisine katkı sağlamaktadır.

Dezavantajları

- × Sülfat vb. asit türevi içeriğe sahip zeminlerde önlem alınmaz ise kullanılması sakıncalıdır.
- × Döşenmesi koruge boruya göre daha çok zaman almaktadır.
- × Stoklama ve nakliye esnasında fire miktarı fazla olabilmektedir.

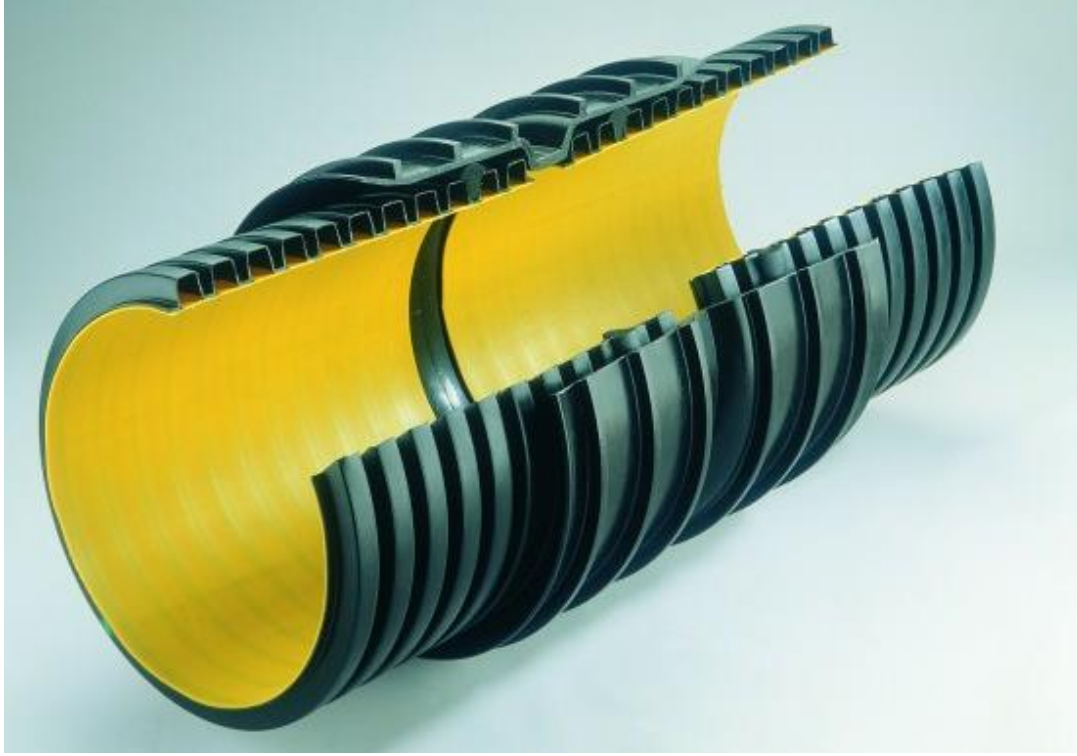
3.1.2. Koruge borular

Kanalizasyon sistemi boruları üretiminde endüstriyel terim olarak HDPE (High Density Poly Etylene) koruge boru olarak adlandırılan, ham maddesi petrol olan yüksek yoğunluklu polietilenden üretilen koruge borular, genellikle zemin suyunun yüzeye yakın olması nedeniyle hatta sızdırmazlığın sağlanabilmesi veya zemin özelliklerinin asidik özellik taşıması nedeniyle borularda korozyonu önlemek amacıyla kullanımı tercih edilen boru türüdür. 1 kg hdpe boru ham maddesi elde edebilmek için yaklaşık 2 kg petrolün gerekli olması ve ham maddesinin ithal olması nedeniyle üretim bandında dalgalı fiyat değişimleri olabilmektedir. Boru bağlantı yerleri muflu veya manşonlu olarak tercih edilebilmekte, tek seferde 1 boy boru (muflu borularda yaklaşık 6 m) insan gücüyle kolaylıkla hendeğe indirilerek döşenebilmektedir.

Avantajları

- ✓ Uzun kullanım ömrüne sahiptir (standartlara uygun döşendiğinde 50 yıla kadar).
- ✓ Hattın inşasına kolaylık sağlar; iş makinesi kullanımı ve işçilik maliyetleri düşüktür
- ✓ Stoklama (teleskobik-iç içe stoklama ile) ve nakliye kolaylığı sağlar.
- ✓ Esnek yapısından dolayı deprem aktivitesine mukavemet gösterebilmektedir.

- ✓ Pürüzlülük katsayısı düşük olduğundan doluluk oranının düşürülmesi ile düşük çapların seçilebilmesine olanak sağlar.



Resim 3.2. Koruge boru (mufsuz; manşon bağlantılı)

Dezavantajları

- × Halka rijitlik değerleri; (SN- kn/m^2) SN 4-8-10-12 şeklinde opsiyonel olarak sunulmakta olsa da, derin kazı gerektiren kanalizasyon hatlarında üstündeki dolgu ve tabi zemin yüklerine bağlı olarak kolay deforme olabilmektedir.
- × Hammaddesi dış kaynaklı olduğundan ekonomiye pek katkısı yoktur ve fiyat özellikleri değişkenlik göstermektedir.

3.1.3. Spiral sarımlı koruge borular

Genellikle Ø150-700 mm çap aralıkları için normal tip koruge boru tercih edilirken; Ø800-2600 mm çap üretiminde elastikiyeti arttırmak amacıyla spiral sarımlı koruge borular kullanılmaktadır. Kullanım alanına göre istenilen çapa göre de spiral sarımlı koruge boru imal edilebilmektedir. Standart koruge borudaki trapez veya radyal dişli

gövdenin yerine spiral sarımlı hdpe koruge borularda çelik takviyeli veya takviyesiz olarak üretilen hdpe bantlar, sürekli ve spiral olarak boruyu çevreleyerek entegre olarak üretilmektedir. Muflu, elektro füzyon kaynaklı birleşim yeri sayesinde sızdırmazlığın sağlanmasına da kolaylık sağlamaktadır.



Resim 3.3. Spiral sarımlı koruge borunun hendeğe konulması ve döşenmesi

Avantajları

- ✓ Koruge borulara göre dış yüklere karşı daha dayanıklıdır.

Dezavantajları

- × Borunun hatta göre kesilerek kullanılması halinde kalan parça tekrar kullanılmadığından uygulama esnasında fire verilmektedir.
- × Birleşim yerlerindeki kaynak uygulaması standartlarına göre yapılmadığı takdirde sızdırmazlıkta sorunlar çıkabilmektedir.
- × İstisnai bir boru türü olduğundan temini kolay olmamaktadır. Ayrıca muayene bacası ve diğer hat bağlantı elemanları bağlantılarında uyumsuzluklar yaşanabilmektedir.

3.2. Boru Tiplerine Göre Birim Maliyetler

Kanalizasyon inşaatlarında proje gereksinimlerinin yanı sıra, zemin fiziksel ve kimyasal özellikleri ile dolgu, trafik, diğer harici yükler de esas alınarak boru tipi tercihi yapılır. Günümüzde kanalizasyon inşaatlarında sıklıkla koruge ya da beton borular kullanılmaktadır. Koruge boru kullanımının zemin özellikleri nedeniyle zaruri olduğu, ancak boru üst yükleri göz önünde bulundurularak, boru çekme ve basınç dayanımının da üst düzey olması gereken durumlarda ise spiral sarımlı koruge boru tercih edilerek proje çözümü yapılmaktadır.

Kanalizasyon inşaatlarında sıklıkla kullanılan beton boru ve koruge boru (Hdpe esaslı-PE 100/SN 8) birim maliyetlerini (TL/metre) teşkil eden pozlar İller Bankası A.Ş. 2015 Yılı Birim Fiyatları kitabında mevcut olup, bu pozları teşkil eden alt pozlar (rayiçler) ise Çevre Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB) 2015 Yılı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları kitabından alınmaktadır [24-25].

Her iki tip borunun inşasında, en sık kullanılmakta olan Ø200, 300 ve 400 mm' lik çaplı hatların tesisi için birim maliyeti oluşturan kalemler; varsa yol kaplamalarının sökülmesi, hendek kazısının yapılması, varsa destekleyici kazı sistemlerinin uygulanması (iksa, pano vb.), kum-çakıl malzemeyle yataklama ile gömlekleme yapılması, borunun döşenmesi, parsel bağlantıları için hat üzerine 'C' parçalarının konulması, hendek dolgusunun stabilize malzeme ya da kazıdan çıkan malzeme ile yapılması gibi pozlar bulunmaktadır.

Beton borular

Ø200 mm çaplı buhar kürlü entegre contalı muflu beton boru için birim maliyet hesabı

Ø200 mm çaplı, entegre contalı, muflu ve buhar kürlü uygulanarak üretilen 500 dozlu beton boru ile kanalizasyon hattı yapılmasına ait analizde boru tipine göre değişkenlik gösterecek unsurlar; borunun döşenmesi alt pozunun oluşturulmasında ve abone (parsel) bağlantılarının yapılmasını sağlayacak 'C' parçalarının teşkil edilmesinde ortaya çıkmaktadır.

Söz konusu borunun 1 metresinin döşenmesine ait analiz, kanalizasyon işi kapsamında kazılarak yataklaması yapılmış olan hendeğe borunun konulması, bağlantısının ve diğer test işlerinin yapılmasını içermekte olup (yüklenici karı dâhil), Çizelge 3.1’ de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Ø200 mm çaplı buhar kürlü entegre contalı muflu beton boru döşenmesi

Rayiç no	Tanımı	Miktarı	Birim fiyatı	Fiyatı
01.501	Düz İşçi (borunun hendeğe indirilmesi ve döşenmesi için)	0,65 saat	5,75 TL/saat (ÇŞB)	3,74 TL
01.501	Düz İşçi (borunun döşenmesi ve bağlantısı için)	0,047 saat	5,75 TL/saat (ÇŞB)	0,27 TL
01.222	Borucu ustası (borunun döşenmesi ve bağlantısı için)	0,383 saat	7,90 TL/saat (ÇŞB)	3,03 TL
08.157072	Ø200 mm çaplı buhar kürlü entegre contalı muflu beton boru	1,03 metre	18,72 TL/m (İlbank)	19,28 TL

Toplam = 26,32 TL

Boru bağlantılarında sızdırmazlığın alınması bedeli 1 m için (%5) = 1,32 TL

Toplam = 27,64 TL

Yüklenici karı ve genel giderler (%25) = 6,91 TL

Boru döşenmesi bedeli (1 m) = 34,55 TL

Ø200 mm çaplı buhar kürlü entegre contalı muflu beton boru üzerine abone bağlantısı için konulacak buhar kürlü beton boru ‘C’ parçalarının teşkiline esas birim fiyat analizi Çizelge 3.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Her çaptaki beton borulu hat üzerine konulabilen buhar kürlü beton boru ‘C’ parçalarının konulması

Rayiç no	Tanımı	Miktarı	Birim fiyatı	Fiyatı
01.501	Düz İşçi (borunun hendeğe indirilmesi için)	0,06 saat	5,75 TL/saat (ÇŞB)	0,35 TL
01.501	Düz İşçi (borunun bağlantısı için)	0,18 saat	5,75 TL/saat (ÇŞB)	1,04 TL

Çizelge 3.2. (devam) Her çaptaki beton borulu hat üzerine konulabilen buhar kürlü beton boru 'C' parçalarının konulması

01.222	Borucu ustası (borunun döşenmesi ve bağlantısı için)	0,13 saat	7,90 TL/saat (ÇŞB)	1,03 TL
08.157060	Çapı 150 mm buhar kürlü beton boru	0,30 metre	11,64 TL/m (İlbank)	3,49 TL
08.157060	Çapı 150 mm buhar kürlü beton boru (imalat zorluğuna karşılık)	0,15 metre	11,64 TL/m (İlbank)	1,75 TL
04.464/A1	Çapı 150 mm lastik conta	1 adet	0,90 TL/adet (ÇŞB)	0,90 TL

Toplam = 8,56 TL

Boru bağlantılarında sızdırmazlığın alınması bedeli 1 adet için (%5) = 0,43 TL

Toplam = 8,99 TL

Yüklenici karı ve genel giderler (%25) = 2,25 TL

'C' parçası döşenmesi bedeli (1 adet) = 11,24 TL

Ø300 mm çaplı buhar kürlü entegre contalı muflu beton boru için birim maliyet hesabı

Ø300 mm çaplı, entegre contalı, muflu ve buhar kürlü uygulanarak üretilen 500 dozlu beton boru ile kanalizasyon hattı yapılmasına ait analizde boru tipine göre değişkenlik gösterecek unsurlar; borunun döşenmesi alt pozunun oluşturulmasında ve abone (parsel) bağlantılarının yapılmasını sağlayacak 'C' parçalarının teşkil edilmesinde ortaya çıkmaktadır.

Ø300 mm çaplı buhar kürlü entegre contalı muflu beton boru üzerine abone bağlantısı için konulacak buhar kürlü beton boru 'C' parçalarının teşkiline esas birim fiyat analizi, döşenecek boru çapına göre değişiklik göstermediğinden Çizelge 3.2'de analiz esas alınacaktır.

Söz konusu Ø300 mm çaplı borunun 1 metresinin döşenmesine ait analiz, kanalizasyon işi kapsamında kazılarak yataklaması yapılmış olan hendeğe borunun ekskavatör, beko vb. yardımıyla konulması, bağlantısının ve diğer test işlerinin yapılmasını içermekte olup (yüklenici karı dâhil), Çizelge 3.3' de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. Ø300 mm çaplı buhar kürlü entegre contalı muflu beton boru döşenmesi

Rayiç no	Tanımı	Miktarı	Birim fiyatı	Fiyatı
03.501/1	Ekskavatör-beko (125 hp) (borunun hendeğe indirilmesi ve konulması için)	0,07 saat	107 TL/saat (İlbank)	7,49 TL
03.501/1	Ekskavatör-beko (125 hp) (borunun hendeğe konulması ve bağlantısı için)	0,007 saat	107 TL/saat (İlbank)	0,75 TL
01.222	Borucu ustası	0,07 saat	7,90 TL/saat (ÇŞB)	0,55 TL
01.221	Borucu usta yardımcısı	0,07 saat	5,90 TL/saat (ÇŞB)	0,41 TL
01.409	Formen	0,07 saat	11,60 TL/saat (ÇŞB)	0,81 TL
01.406	Formen yardımcısı	0,07 saat	7,60 TL/saat (ÇŞB)	0,53 TL
01.501	Düz İşçi	0,48 saat	5,75 TL/saat (ÇŞB)	2,76 TL
08.157073	Ø300 mm çaplı buhar kürlü entegre contalı muflu beton boru	1,03 metre	32,35 TL/m (İlbank)	33,32 TL

Toplam = 46,62 TL

Boru bağlantılarında sızdırmazlığın alınması bedeli 1 m için (%5) = 2,33 TL

Toplam = 48,95 TL

Yüklenici karı ve genel giderler (%25) = 12,24 TL

Boru döşenmesi bedeli (1 m) = 61,19 TL

Ø400 mm çaplı buhar kürlü entegre contalı muflu beton boru için birim maliyet hesabı

Ø400 mm çaplı, entegre contalı, muflu ve buhar kürlü uygulanarak üretilen 500 dozlu beton boru ile kanalizasyon hattı yapılmasına ait analizde boru tipine göre değişkenlik gösterecek unsurlar; borunun döşenmesi alt pozunun oluşturulmasında ve abone (parsel) bağlantılarının yapılmasını sağlayacak 'C' parçalarının teşkil edilmesinde ortaya çıkmaktadır.

Ø400 mm çaplı buhar kürlü entegre contalı muflu beton boru üzerine abone bağlantısı için konulacak buhar kürlü beton boru 'C' parçalarının teşkiline esas birim fiyat

analizi, dōşenecek boru çapına gōre değişiklik gōstermedięinden izelge 3.2’de analiz esas alınacaktır.

Sōz konusu Ø400 mm çaplı borunun 1 metresinin dōşenmesine ait analiz, kanalizasyon işi kapsamında kazılarak yataklaması yapılmış olan hendeğe borunun ekskavatōr, beko vb. yardımıyla konulması, bağlantısının ve diğer test işlerinin yapılmasını içermekte olup (yūklenici karı dāhil), izelge 3.4’de gōsterilmiştir.

Çizelge 3.4. Ø400 mm çaplı buhar kūrly entegre contalı muflu beton boru dōşenmesi

Rayiç no	Tanımı	Miktarı	Birim fiyatı	Fiyatı
03.501/1	Ekskavatōr-beko (125 hp) (borunun hendeğe indirilmesi ve konulması için)	0,11 saat	107 TL/saat (İlbank)	11,77 TL
03.501/1	Ekskavatōr-beko (125 hp) (borunun hendeğe konulması ve bağlantısı için)	0,011 saat	107 TL/saat (İlbank)	1,18 TL
01.222	Borucu ustası	0,11 saat	7,90 TL/saat (ÇŞB)	0,87 TL
01.221	Borucu usta yardımcısı	0,11 saat	5,90 TL/saat (ÇŞB)	0,65 TL
01.409	Formen	0,11 saat	11,60 TL/saat (ÇŞB)	1,28 TL
01.406	Formen yardımcısı	0,11 saat	7,60 TL/saat (ÇŞB)	0,84 TL
01.501	Düz İşçi	0,56 saat	5,75 TL/saat (ÇŞB)	3,22 TL
08.157073	Ø400 mm çaplı buhar kūrly entegre contalı muflu beton boru	1,03 metre	48,64 TL/m (İlbank)	50,10 TL

Toplam = 69,91 TL

Boru bağlantılarında sızdırmazlığın alınması bedeli 1 m için (%5) = 3,50 TL

Toplam = 73,41 TL

Yūklenici karı ve genel giderler (%25) = 18,35 TL

Boru dōşenmesi bedeli (1 m) = 91,76 TL

Koruge borular

Ø200 mm çaplı PE100 (Hdpe) SN 8 koruge boru için birim maliyet hesabı

Ø200 mm çaplı, Hdpe SN8 koruge boru ile kanalizasyon hattı yapılmasına ait analizde boru tipine göre değişkenlik gösterecek unsurlar; borunun döşenmesi alt pozunun oluşturulmasında, manşon kullanılarak borular arası bağlantının yapılmasında ve abone (parsel) bağlantılarının yapılmasını sağlayacak 'C' parçalarının teşkil edilmesinde ortaya çıkmaktadır.

Söz konusu borunun 1 metresinin döşenmesine ait analiz, kanalizasyon işi kapsamında kazılarak yataklaması yapılmış olan hendeğe borunun konulması ve döşenmesini içermekte olup (yüklenici karı dâhil), Çizelge 3.5' de gösterilmiştir.

Çizelge 3.5. Ø200 mm çaplı PE100 (Hdpe) SN 8 koruge borunun döşenmesi

Rayiç no	Tanımı	Miktarı	Birim fiyatı	Fiyatı
01.501	Düz İşçi	0,13 saat	5,75 TL/saat (ÇŞB)	0,75 TL
01.501	Düz İşçi	0,36 saat	5,75 TL/saat (ÇŞB)	2,07 TL
01.222	Borucu ustası	0,18 saat	7,90 TL/saat (ÇŞB)	1,42 TL
04.290/6-4	Ø200 mm Koruge boru	1,02 metre	10,20 TL/m (ÇŞB)	10,40 TL
04.290/6-4	Ø200 mm Koruge boru	0,015 metre	10,20 TL/m (ÇŞB)	0,15 TL
04.464/A2	Ø200 mm Lastik conta	0,75 adet	1,85 TL/adet (ÇŞB)	1,39 TL

Toplam = 16,18 TL

Yüklenici karı ve genel giderler (%25) = 4,05 TL

Boru döşenmesi bedeli (1 m) = 20,23 TL

Ø200 mm çaplı PE100 (Hdpe) SN 8 koruge boru bağlantılarının manşon ile yapılarak sızdırmazlığının test edilmesine ait birim fiyat analizi (yüklenici karı dahil) Çizelge 3.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.6. Ø200 mm çaplı koruge manşon konulması

Rayiç no	Tanımı	Miktarı	Birim fiyatı	Fiyatı
01.501	Düz İşçi (parçanın hendeğe indirilmesi için)	0,06 saat	5,75 TL/saat (ÇŞB)	0,35 TL
01.501	Düz İşçi (borunun bağlantısı için)	0,18 saat	5,75 TL/saat (ÇŞB)	1,04 TL
01.222	Borucu ustası (bağlantı için)	0,13 saat	7,90 TL/saat (ÇŞB)	1,03 TL
04.290/ KM-2	Ø200 mm çaplı koruge manşon	1 adet	3,32 TL/adet (ÇŞB)	3,32 TL

Toplam = 5,74 TL

Boru bağlantılarında sızdırmazlığın alınması bedeli 1 adet için (%5) = 0,29 TL

Toplam = 6,03 TL

Yüklenici karı ve genel giderler (%25) = 1,51 TL

Manşon konulması bedeli (1 adet) = 7,54 TL

Ø200 mm çaplı PE100 (Hdpe) SN 8 koruge boru üzerine Ø150 mm çaplı abone bağlantısı için konulacak koruge 'C' parçalarının teşkiline esas birim fiyat analizi Çizelge 3.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.7. Ø200/150 mm koruge 'C' parçası konulması

Rayiç no	Tanımı	Miktarı	Birim fiyatı	Fiyatı
01.501	Düz İşçi (parçanın hendeğe indirilmesi için)	0,06 saat	5,75 TL/saat (ÇŞB)	0,35 TL
01.501	Düz İşçi (borunun bağlantısı için)	0,18 saat	5,75 TL/saat (ÇŞB)	1,04 TL
01.222	Borucu ustası (bağlantı için)	0,13 saat	7,90 TL/saat (ÇŞB)	1,03 TL
04.290/ KC-2	Ø200/150 mm koruge 'C' parçası	1 adet	20,91 TL/adet (ÇŞB)	20,91 TL

Toplam = 23,33 TL

Boru bağlantılarında sızdırmazlığın alınması bedeli 1 adet için (%5) = 1,17 TL

Toplam = 24,50 TL

Yüklenici karı ve genel giderler (%25) = 6,13 TL

'C' parçası döşenmesi bedeli (1 adet) = 30,63 TL

Ø300 mm çaplı PE100 (Hdpe) SN 8 koruge boru için birim maliyet hesabı

Ø300 mm çaplı, Hdpe SN8 koruge boru ile kanalizasyon hattı yapılmasına ait analizde boru tipine göre değişkenlik gösterecek unsurlar; borunun döşenmesi alt pozunun oluşturulmasında, manşon kullanılarak borular arası bağlantının yapılmasında ve abone (parsel) bağlantılarının yapılmasını sağlayacak ‘C’ parçalarının teşkil edilmesinde ortaya çıkmaktadır.

Söz konusu borunun 1 metresinin döşenmesine ait analiz, kanalizasyon işi kapsamında kazılarak yataklaması yapılmış olan hendeğe borunun konulması ve döşenmesini içermekte olup (yüklenici karı dâhil), Çizelge 3.8’ de gösterilmiştir.

Çizelge 3.8. Ø300 mm çaplı PE100 (Hdpe) SN 8 koruge borunun döşenmesi

Rayiç no	Tanımı	Miktarı	Birim fiyatı	Fiyatı
01.501	Düz İşçi	0,16 saat	5,75 TL/saat (ÇŞB)	0,92 TL
01.501	Düz İşçi	0,50 saat	5,75 TL/saat (ÇŞB)	2,88 TL
01.222	Borucu ustası	0,25 saat	7,90 TL/saat (ÇŞB)	1,98 TL
04.290/6-6	Ø300 mm Koruge boru	1,02 metre	25,00 TL/m (ÇŞB)	25,50 TL
04.290/6-6	Ø300 mm Koruge boru	0,015 metre	25,00 TL/m (ÇŞB)	0,38 TL
04.464/A3	Ø300 mm Lastik conta	0,50 adet	3,20 TL/adet (ÇŞB)	1,60 TL

Toplam = 33,26 TL

Yüklenici karı ve genel giderler (%25) = 8,32 TL

Boru döşenmesi bedeli (1 m) = 41,58 TL

Ø300 mm çaplı PE100 (Hdpe) SN 8 koruge boru bağlantılarının manşon ile yapılarak sızdırmazlığının test edilmesine ait birim fiyat analizi (yüklenici karı dahil) Çizelge 3.9’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.9. Ø300 mm çaplı koruge manşon konulması

Rayiç no	Tanımı	Miktarı	Birim fiyatı	Fiyatı
01.501	Düz İşçi (parçanın hendeğe indirilmesi için)	0,07 saat	5,75 TL/saat (ÇŞB)	0,40 TL
01.501	Düz İşçi (borunun bağlantısı için)	0,20 saat	5,75 TL/saat (ÇŞB)	1,15 TL
01.222	Borucu ustası (bağlantı için)	0,14 saat	7,90 TL/saat (ÇŞB)	1,11 TL
04.290/ KM-3	Ø300 mm çaplı koruge manşon	1 adet	10,01 TL/adet (ÇŞB)	10,01 TL

Toplam = 12,67 TL

Boru bağlantılarında sızdırmazlığın alınması bedeli 1 adet için (%5) = 0,63 TL

Toplam = 13,30 TL

Yüklenici karı ve genel giderler (%25) = 3,33 TL

Manşon konulması bedeli (1 adet) = 16,63 TL

Ø300 mm çaplı PE100 (Hdpe) SN 8 koruge boru üzerine Ø150 mm çaplı abone bağlantısı için konulacak koruge 'C' parçalarının teşkiline esas birim fiyat analizi Çizelge 3.10'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.10. Ø300/150 mm koruge 'C' parçası konulması

Rayiç no	Tanımı	Miktarı	Birim fiyatı	Fiyatı
01.501	Düz İşçi (parçanın hendeğe indirilmesi için)	0,07 saat	5,75 TL/saat (ÇŞB)	0,40 TL
01.501	Düz İşçi (borunun bağlantısı için)	0,20 saat	5,75 TL/saat (ÇŞB)	1,15 TL
01.222	Borucu ustası (bağlantı için)	0,14 saat	7,90 TL/saat (ÇŞB)	1,11 TL
04.290/ KC-3	Ø300/150 mm koruge 'C' parçası	1 adet	34,43 TL/adet (ÇŞB)	34,43 TL

Toplam = 37,09 TL

Boru bağlantılarında sızdırmazlığın alınması bedeli 1 adet için (%5) = 1,85 TL

Toplam = 38,94 TL

Yüklenici karı ve genel giderler (%25) = 9,74 TL

'C' parçası döşenmesi bedeli (1 adet) = 48,68 TL

Ø400 mm çaplı PE100 (Hdpe) SN 8 koruge boru için birim maliyet hesabı

Ø400 mm çaplı, Hdpe SN8 koruge boru ile kanalizasyon hattı yapılmasına ait analizde boru tipine göre değişkenlik gösterecek unsurlar; borunun döşenmesi alt pozunun oluşturulmasında, manşon kullanılarak borular arası bağlantının yapılmasında ve abone (parsel) bağlantılarının yapılmasını sağlayacak 'C' parçalarının teşkil edilmesinde ortaya çıkmaktadır.

Söz konusu borunun 1 metresinin döşenmesine ait analiz, kanalizasyon işi kapsamında kazılarak yataklaması yapılmış olan hendeğe borunun konulması ve döşenmesini içermekte olup (yüklenici karı dâhil), Çizelge 3.11' de gösterilmiştir.

Çizelge 3.11. Ø400 mm çaplı PE100 (Hdpe) SN 8 koruge borunun döşenmesi

Rayiç no	Tanımı	Miktarı	Birim fiyatı	Fiyatı
01.501	Düz İşçi	0,20 saat	5,75 TL/saat (ÇŞB)	1,15 TL
01.501	Düz İşçi	0,60 saat	5,75 TL/saat (ÇŞB)	3,45 TL
01.222	Borucu ustası	0,30 saat	7,90 TL/saat (ÇŞB)	2,37 TL
04.290/6-7	Ø400 mm Koruge boru	1,02 metre	38,00 TL/m (ÇŞB)	38,76 TL
04.290/6-7	Ø400 mm Koruge boru	0,015 metre	38,00 TL/m (ÇŞB)	0,57 TL
04.464/A4	Ø400 mm Lastik conta	0,40 adet	3,90 TL/adet (ÇŞB)	1,56 TL

Toplam = 47,86 TL

Yüklenici karı ve genel giderler (%25) = 11,97 TL

Boru döşenmesi bedeli (1 m) = 59,83 TL

Ø400 mm çaplı PE100 (Hdpe) SN 8 koruge boru bağlantılarının manşon ile yapılarak sızdırmazlığının test edilmesine ait birim fiyat analizi (yüklenici karı dahil) Çizelge 3.12'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.12. Ø400 mm çaplı koruge manşon konulması

Rayiç no	Tanımı	Miktarı	Birim fiyatı	Fiyatı
01.501	Düz İşçi (parçanın hendeğe indirilmesi için)	0,08 saat	5,75 TL/saat (ÇŞB)	0,46 TL
01.501	Düz İşçi (borunun bağlantısı için)	0,22 saat	5,75 TL/saat (ÇŞB)	1,27 TL
01.222	Borucu ustası (bağlantı için)	0,15 saat	7,90 TL/saat (ÇŞB)	1,19 TL
04.290/ KM-4	Ø400 mm çaplı koruge manşon	1 adet	17,94 TL/adet (ÇŞB)	17,94 TL

Toplam = 20,86 TL

Boru bağlantılarında sızdırmazlığın alınması bedeli 1 adet için (%5) = 1,04 TL

Toplam = 21,90 TL

Yüklenici karı ve genel giderler (%25) = 5,48 TL

Manşon konulması bedeli (1 adet) = 27,38 TL

Ø400 mm çaplı PE100 (Hdpe) SN 8 koruge boru üzerine Ø150 mm çaplı abone bağlantısı için konulacak koruge 'C' parçalarının teşkiline esas birim fiyat analizi Çizelge 3.13'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.13. Ø400/150 mm koruge 'C' parçası konulması

Rayiç no	Tanımı	Miktarı	Birim fiyatı	Fiyatı
01.501	Düz İşçi (parçanın hendeğe indirilmesi için)	0,08 saat	5,75 TL/saat (ÇŞB)	0,46 TL
01.501	Düz İşçi (borunun bağlantısı için)	0,22 saat	5,75 TL/saat (ÇŞB)	1,27 TL
01.222	Borucu ustası (bağlantı için)	0,15 saat	7,90 TL/saat (ÇŞB)	1,19 TL
04.290/ KC-4	Ø400/150 mm koruge 'C' parçası	1 adet	62,46 TL/adet (ÇŞB)	62,46 TL

Toplam = 65,38 TL

Boru bağlantılarında sızdırmazlığın alınması bedeli 1 adet için (%5) = 3,27 TL

Toplam = 68,65 TL

Yüklenici karı ve genel giderler (%25) = 17,16 TL

'C' parçası döşenmesi bedeli (1 adet) = 85,81 TL

3.3. Boru Maliyetlerinin Karşılaştırılmalı Analizi

Boru tiplerine göre koruge borulu ve beton borulu hat döşeme maliyetlerini kıyaslamak üzere; proje gereksinimlerinin, zeminin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin, dolgu, trafik, diğer harici yüklerin, çaplara göre hat uzunlukları ve abone bağlantı sayılarının eşit olduğu varsayımı ile sabit maliyetler hariç tutularak, değişkenliği oluşturan birim maliyetlere göre karşılaştırılmalı analiz yapılmıştır [26].

İlbank A.Ş.'nin hayata geçirdiği kanalizasyon inşaatlarında, uygulama yerine göre hat miktarları değişkenlik gösterse de, kıyas açısından ortalama bir miktar kabulü yapılarak; 25 000 m Ø200 mm çaplı hat ve hat üzeri 750 abone bağlantısı, 3 500 m Ø300 mm çaplı hat ve hat üzeri 40 abone bağlantısı, 1 500 m Ø400 mm çaplı hat ve hat üzeri 10 abone bağlantısı yapılacağı varsayımında bulunulmuştur.

Çizelge 3.14. Beton ve koruge boru ile ilgili hesap edilen değişken maliyetler

Boru tipi	İlgili enstrüman	Maliyetler		
		Ø200 mm	Ø300 mm	Ø400 mm
Beton boru (muflu)	Boru imalatı (borunun hendeğe konulması, döşenmesi, test edilmesi)	34,55 TL/m	61,19 TL/m	91,76 TL/m
	'C' parçası konulması	11,24 TL/adet	11,24 TL/adet	11,24 TL/adet
Koruge boru	Boru imalatı (borunun hendeğe konulması ve döşenmesi)	20,23 TL/m	41,58 TL/m	59,83 TL/m
	Manşon konulması (boru bağlantısının yapılması ve test edilmesi)	7,54 TL/adet	16,63 TL/adet	27,38 TL/adet
	'C' parçası konulması	30,63 TL/adet	48,68 TL/adet	85,81 TL/adet

İlgili enstrüman birim maliyetleri göz önünde bulundurularak, hat miktarları kabulüne göre ağırlıkları nispetinde yapılacak olan toplam imalatlar bu birim maliyetler ile çarpılarak genel bir tutar elde edilmiş, bu tutar da toplam imalatına bölünerek hat imalatı birim maliyeti olarak tek kalem altında toplanarak (Çizelge 3.15 ve Çizelge 3.16) bu maliyetler üzerinden boru tipine göre karşılaştırma yapılmıştır (Şekil 3.1).

25 000 m Ø200 mm çaplı hat ve hat üzeri 750 abone bağlantısı, 3 500 m Ø300 mm çaplı hat ve hat üzeri 40 abone bağlantısı, 1 500 m Ø400 mm çaplı hat ve hat üzeri 10 abone bağlantısının beton boru kullanılarak yapılması halinde ortaya çıkan boru maliyeti (TL/m) Çizelge 3.15’de hesaplanmıştır.

Çizelge 3.15. Beton boru maliyeti (TL/m)

	İlgili enstrüman	Miktarı	Birim fiyatı	Tutarı
Ø200 mm	Boru imalatı (borunun hendeğe konulması, döşenmesi, test edilmesi)	25 000 m	34,55 TL/m	863 750 TL
	‘C’ parçası konulması	750 adet	11,24 TL/adet	8 430 TL
Toplam =				872 180 TL
Kümülatif metraj =				25 000 m
Ø200 mm beton boru maliyeti =				34,89 TL/m
	İlgili enstrüman	Miktarı	Birim fiyatı	Tutarı
Ø300 mm	Boru imalatı (borunun hendeğe konulması, döşenmesi, test edilmesi)	3 500 m	61,19 TL/m	214 165 TL
	‘C’ parçası konulması	40 adet	11,24 TL/adet	449,6 TL
Toplam =				2 214 614,6 TL
Kümülatif metraj =				3 500 m
Ø300 mm beton boru maliyeti =				61,32 TL/m
	İlgili enstrüman	Miktarı	Birim fiyatı	Tutarı
Ø400 mm	Boru imalatı (borunun hendeğe konulması, döşenmesi, test edilmesi)	1 500 m	91,76 TL/m	137 640 TL
	‘C’ parçası konulması	10 adet	11,24 TL/adet	112,4 TL
Toplam =				137 752,4 TL
Kümülatif metraj =				1 500 m
Ø400 mm beton boru maliyeti =				91,83 TL/m

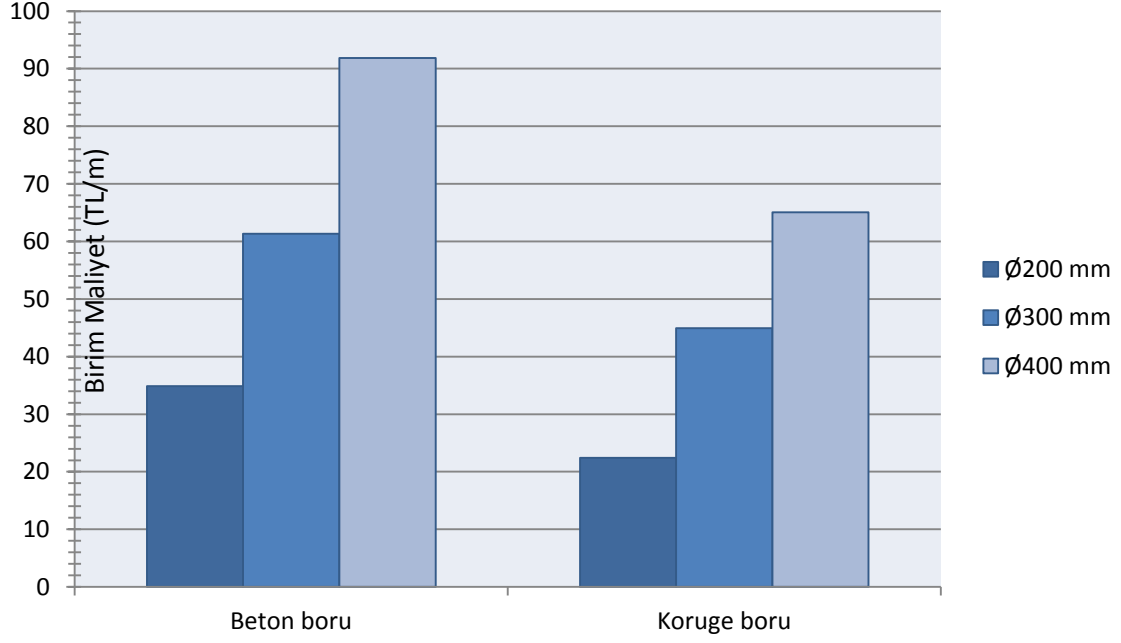
25 000 m Ø200 mm çaplı hat ve hat üzeri 750 abone bağlantısı, 3 500 m Ø300 mm çaplı hat ve hat üzeri 40 abone bağlantısı, 1 500 m Ø400 mm çaplı hat ve hat üzeri 10 abone bağlantısının koruge boru kullanılarak yapılması halinde ortaya çıkan boru maliyeti (TL/m) Çizelge 3.16’de hesaplanmıştır.

Çizelge 3.16. Koruge boru maliyeti (TL/m)

	İlgili enstrüman	Miktarı	Birim fiyatı	Tutarı
Ø200 mm	Boru imalatı (borunun hendeğe konulması ve döşenmesi)	25 000 m	20,23 TL/m	505 750 TL
	Manşon konulması (boru bağlantısının yapılması ve test edilmesi) (boru boyu 6m)	4 167 adet	7,54 TL/adet	31 419,2 TL
	‘C’ parçası konulması	750 adet	30,63 TL/adet	22 972,5 TL
Toplam =				560 141,7 TL
Kümülatif metraj =				25 000 m
Ø200 mm koruge boru maliyeti =				22,40 TL/m
	İlgili enstrüman	Miktarı	Birim fiyatı	Tutarı
Ø300 mm	Boru imalatı (borunun hendeğe konulması ve döşenmesi)	3 500 m	41,58 TL/m	145 530 TL
	Manşon konulması (boru bağlantısının yapılması ve test edilmesi) (boru boyu 6m)	583 adet	16,63 TL/adet	9 695,3 TL
	‘C’ parçası konulması	40 adet	48,68 TL/adet	1 947,2 TL
Toplam =				2 157 172,5 TL
Kümülatif metraj =				3 500 m
Ø300 mm koruge boru maliyeti =				44,91 TL/m
	İlgili enstrüman	Miktarı	Birim fiyatı	Tutarı
Ø400 mm	Boru imalatı (borunun hendeğe konulması ve döşenmesi)	1 500 m	59,83 TL/m	89 745 TL
	Manşon konulması (boru bağlantısının yapılması ve test edilmesi) (boru boyu 6m)	250 adet	27,38 TL/adet	6 957,5 TL
	‘C’ parçası konulması	10 adet	85,81 TL/adet	858,1 TL
Toplam =				97 560,6 TL
Kümülatif metraj =				1 500 m
Ø400 mm koruge boru maliyeti =				65,04 TL/m

Hesaplanan maliyetler karşılaştırmalı olarak hazırlanan grafik üzerinde gösterilmiştir (Şekil 3.1).

Şekil 3.1. Boru maliyetlerinin karşılaştırılması



4. İÇME SUYU İNŞAATLARINDA KULLANILAN BORU TİPLERİ VE MALİYET ANALİZİ

4.1. İçme Suyu İnşaatlarında Kullanılan Borular

İçme suyu inşaatlarında kullanılan borular; harici zemin yüklerine, proje ömrüne, su temin noktasına bağlı düşü yüksekliği, işletme basıncı ve diğer hesap gereksinimine göre tercih edilmektedir. Ülkemizde en çok kullanılan içme suyu boruları; çelik borular, düktil borular, pvc borular, polietilen borular, pprc borular, font borular ve asbestli çimento borulardır.

4.1.1. Çelik borular

Hammaddesi olan demirin, yüksek sıcaklıklarda haddelenerek sac haline getirilmesi ve bu formda dikişli(kaynaklı)/dikişsiz olarak birleştirilmesi ile çelik çekme borular elde edilmektedir (Resim 4.1).

Avantajları

- ✓ Basınç ve çekme dayanımı çok yüksektir.
- ✓ Su darbelerine (water hammer) mukavemeti yüksektir.



Resim 4.1. Çelik boru

Dezavantajları

- × Korozyona karşı dayanıksızdır. Katodik koruma veya epoksili iç/dış kaplama yapılmasına gereksinim duyulabilmektedir.
- × Borular arası kaynaklı birleşimlerde sürekliliğin sağlanamaması veya bunun röntgen çekiminde gözden kaçması halinde sızdırmazlık açısından sorunlar yaşanabilmektedir.

4.1.2. Düktil borular

Demirin eritilerek sıvı halde iken içine kalsiyum, baryum, zirkonyum, seryum gibi elementlerin aşılması ile karbon, silisyum, manganez, fosfor, kükürt gibi elementlerin seyreltilmesi yoluyla; dökme demirin kırılabilirliğinin azaltılarak, özelliklerinin optimum şartlara getirildikten sonra santrifüj döküm yoluyla elde edilen borulardır (Resim 4.2).

Çelik borulardan farkı; döküm yoluyla elde edilmesi ve bu esnada içindeki kırılabilir özellikteki elementlerden yeterli miktarda arındırılmış olmasıdır. Bunun yanı sıra, içi çimento kaplı olduğundan sıhhi açıdan daha elverişli olup, döküm harici dış kısmı sırasıyla çinko ve bitüm kaplı olduğundan katodik ve asidik korumaya sahip bir boru türüdür. Ülkemizde bir/birkaç firma tarafından üretilmesi ve yüksek miktardaki siparişler harici ithal yollarla (Çin, Hindistan gibi ülkelere) temin edilmesinin ekonomik olmaması, yaygın kullanılamamasındaki en büyük etkidir.

Avantajları

- ✓ Hem basınç ve çekme dayanımı yüksek hem de sünek davranış gösterebilmektedir.
- ✓ Su darbelerine ve depremsel faaliyetlere karşı dayanımı yüksektir.
- ✓ Korozyona dayanıklıdır.
- ✓ Zemin kaynaklı ve su kaynaklı asidik özelliklere dayanıklıdır.

Dezavantajları

- × Santrifüj döküm tekniğiyle üretilmesi, ayrıca çimento, çinko ve bitüm kaplama muhteviyatı ile özel üretim gerektirmesi nedeniyle yüksek maliyetlidir.

- × İthal yollarla temini nakliye mesafeleri nedeniyle pek ekonomik olmayıp, iç piyasada rekabet ortamının oluşmaması nedeniyle stok durumu az, birim fiyatı yüksektir.



Resim 4.2. Düktil boru

4.1.3. Pvc borular

Ham maddesi polivinil klorürün kısaltması olan pvc ismiyle anılan plastik boru türüdür. Petrol ya da doğalgaz türevi ham madde ve tuz kullanılarak üretilir. Basınca karşı dayanımı daha az olduğundan içme suyu şebeke uç noktalarında ya da bina içi tesisatlarında kullanılır (Resim 4.3).

Avantajları

- ✓ Hafiftir.
- ✓ İşçiliği kolaydır.
- ✓ Düşük maliyetlidir.

Dezavantajları

- × İç ve dış basınca karşı dayanıksızdır.
- × İçme suyu tesislerinde kullanım alanı kısıtlıdır.



Resim 4.3. Pvc boru

4.1.4. PE (Poli etilen) borular

Ham maddesi petrol olan etilen gazının polimerizasyonu ile elde edilmektedir. Üretim gamında 'PE' olarak olarak adlandırılan bu boru türünün en çok PE 100 olan tipi içme suyu tesislerinde tercih edilmektedir. Zira üretilmiş olan en dayanıklı polietilen boru sınıfı da PE 100'dür ve PN 4 (4 Atm iç basınca dayanıklı=40 m su yüksekliği) ile PN 32 (32 Atm iç basınca dayanıklı=320 m su yüksekliği) arasında basınç sınıfına haiz olarak üretilen çeşitleri mevcuttur. Hdpe olarak bilinen boru ile PE 100 boru aynı borulardır (Resim 4.4) [27].

Avantajları

- ✓ Ø125 mm'ye kadar olan çapları kangal haline getirilebildiği için, nakliye ve imalat kolaylığı sağlar.
- ✓ Asidik zemin özelliklerine karşı dayanıklıdır.
- ✓ Elastikiyeti fazladır; %600 kopma uzaması yeteneğine sahiptir.
- ✓ Birleşiminde kullanılan elektrofüzyon kaynağı ile sızdırmazlığı sağlamak kolaydır.

Dezavantajları

- × Ham maddesi ithal yollarda temin edilmekte ve fiyatta değişkenlik gösterebilmektedir.
- × Her boru birleşim kaynağında tek tek test yapılmadığı sürece üretim hataları erken fark edilememekte ve işletmede sorunlar yaşanabilmektedir.



Resim 4.4. PE boru

4.1.5. PPRC (Poli Propilen Random Co-Polimer) borular

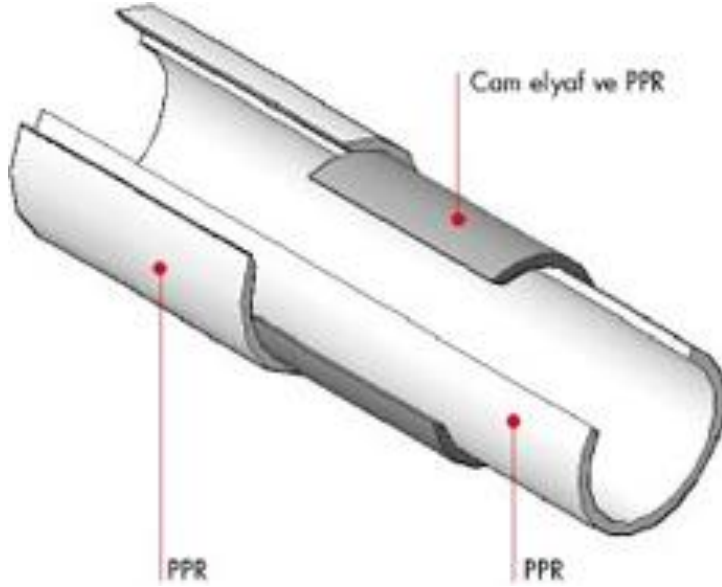
Petrolden edilen propilenin polimerizasyonu ile elde edilen bu materyal, PE 100 (Hdpe) boruya büyük oranda benzerlik göstermekle beraber, elastisitesi daha düşüktür. PE 100 boru kullanımı yaygınlaşmadan önce pvc boru ile birlikte en çok kullanılan boru türlerindedir. Basınca ve sıcaklık farklarına karşı dayanımı iyi olduğundan, cam elyaf takviyesi yapılarak çekme mukavemetinin artırılmasıyla da içme suyu tesislerinde kullanılmaktadır (Resim 4.5).

Avantajları

- ✓ Sürtünme katsayısı düşüktür.
- ✓ Kimyasallara karşı direnci fazladır.
- ✓ Darbe ve basınç dayanımı iyidir.

Dezavantajları

- × PE borulara göre ultraviyole ışınlaraya dayanımı azdır.
- × Üretimi yaygın olmadığı için temininde sıkıntılar yaşanabilmektedir.



Resim 4.5. PPRC boru

4.1.6. Ctp (Cam elyaf takviyeli plastik) borular

Plastik ham madde ile üretilen boru etrafına kum, cam elyaf ve reçine karışımı kaplamanın (en az 2 mm kalınlığında) yapılması ile imal edilen boru türüdür. Genellikle içme suyu inşaatlarında tercih edilmesine rağmen, atık su kolektör hatlarında, trafik yükü ile deprenselliğin maksimum olduğu alanlarda ve yüksek pH'lı zeminlerde de tercih edilebilmektedir. Çok büyük çaplı isale hatlarında özellikle DSİ tarafından tercih edilmektedir (Resim 4.6).

Avantajları

- ✓ Sağlam, dayanıklı ve aynı zamanda ucuzdur.
- ✓ Boru iç yüzeyi sürtünmesi minimumdur.
- ✓ Hafiftir.

Dezavantajları

- × Bakım-onarımı zordur.
- × Hatlardaki 'S'lere uyumu azdır, küçük açılı ve çok sayıda dirsek gerektirmektedir.



Resim 4.6. Ctp boru

4.1.7. Asbestli çimento borular (Açb)

Asbest; lifli yapıdaki bir mineral çeşididir. Doğada mevcut olan, keşfedildiği andan itibaren endüstride yaygın olarak kullanılmasına rağmen (tekstilde, çatı malzemelerinde, fren balatalarında vb.) solunum yoluyla nüfuz ettiğinde akciğer kanserine yol açtığı bilinen bir maddedir. Çekme mukavemeti ve esnekliği nedeniyle asbest ile çimento karıştırılarak üretilen açb borular, 1975'li yıllarda kanalizasyon ve içme suyu tesislerinde kullanılmış olmakla beraber, yapılan araştırmalarda suya geçerek sindirim yoluyla da kansere yol açabileceği tespit edildiğinden dolayı, 2000'li yıllardan bu yana kullanılmamaktadır.

4.2. Boru Tiplerine Göre Birim Maliyetler

İçme suyu inşaatlarındaki isale ve şebeke hatlarında kullanılan boru tipleri çeşitlilik göstermektedir. Teknolojik ve ekonomik gelişmelerle zaman içerisinde tercih edilen boru

türleri değişim göstermiş olup, geçmişte isale hatlarında ctp ve asbest borular tercih edilirken günümüzde proje tercihlerinde polietilen, çelik ve düktil borulara doğru eğilim başlamıştır. Şebeke hatlarında kullanılan borularda da benzer durum söz konusudur. Endüstriyel gelişmelerle birlikte pvc ve pprc boruların yerine; uzun ömürlülüğü, çekme ve basınç dayanımının yüksek olması nedeniyle günümüzde içme suyu şebeke ağında çoğunlukla polietilen borular kullanılmaya başlamıştır.

Boru tipi tercihlerinin proje gereksinimlerine göre seçilmesinin yanı sıra; işletme performansları, uygulama ile bakım-onarım kolaylıkları ve bunun yanında ekonomik açıdan faydalı olmasının da sağlanması amaçlanmaktadır.

İçme suyu inşaatı isale ve şebeke hatlarında; ctp, asbest, pvc, pprc, polietilen (pe), çelik ve düktil borular kullanılmış/kullanılmakta olup, ctp boruların çok büyük çaplı merkezi isale hatlarında kullanılması ve genellikle DSİ tarafından tercih edilmesi, asbest boruların ise isale hatlarında kullanımının terk edilmiş olması, şebeke hatlarında ise pvc ve pprc boruların da yerini pe borulara bırakmış olması nedeniyle, tercihinde çeşitlilik bulunan polietilen, çelik ve düktil borularda sıklıkla kullanılan eş değer çapları için maliyet analizi yapılmıştır.

İçme suyu inşaatlarında kullanılan birim maliyetlerini (TL/metre) teşkil eden pozlar İller Bankası A.Ş. 2015 Boru Donanımı Birim Fiyat Cetveli kitabı ile Çevre Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB) 2015 Yılı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları kitabından alınmıştır [24-25].

Her iki tip borunun inşasında, kullanılmakta olan Ø125, 200 ve 400 mm' lik çaplı hatların tesisi için birim maliyeti oluşturan kalemler; varsa yol kaplamalarının sökülmesi, hendek kazısının yapılması, kum-çakıl malzemeyle yataklama ile gömlekleme yapılması, boru bedeli, borunun kesilmesi ve tıraşlanması, döşenerek bağlantısının yapılması gibi pozlar bulunmaktadır.

3 farklı boru türü için de, boru tipine göre fiyatı değişkenlik gösteren pozlar dikkate alınarak eş değer çaplara ait birim maliyet hesabı yapılmıştır. Boru bedeli ilgili birim fiyat kitaplarında mevcut olmayan bazı çaplar için piyasa bedeli rayiç alınarak 'özel' poz olarak birim maliyet hesabında kullanılmıştır.

Polietilen borular

Ø125 mm çaplı PE 100 (PN 10) polietilen boru için birim maliyet hesabı

İlbank A.Ş.'nin hayata geçirdiği içme suyu inşaatlarında, uygulama yerine göre hat miktarları değişkenlik gösterse de, ortalama bir miktar kabulü yapılarak; 2 000 m Ø125 mm çaplı hat, 1 500 m Ø200 mm çaplı hat ve 1 000 m Ø400 mm çaplı hat yapılacağı varsayımında bulunulmuştur.

Ø125 mm çaplı PE 100 (PN 10 = 10 atü) polietilen boru ile içme suyu hattı yapılmasına ait analizde boru tipine göre değişkenlik gösterecek unsurlar; boru bedeli, borunun kesilerek tıraşlanması, döşenmesi ve birleşiminin yapılması olup, bu pozların TL/m cinsinden boru bedeline olan etkisi araştırılmıştır.

Söz konusu borunun 1 metresinin döşenmesine ait analiz; boru bedeli, borunun kesilerek tıraşlanması, içme suyu işi kapsamında kazılarak yataklaması yapılmış olan hendeğe borunun döşenmesi ve elektrofüzyon kaynağı ile birleşiminin yapılmasını içermekte olup, Çizelge 4.1' de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Ø125 mm PE 100 (PN 10) polietilen boru döşenmesi

Poz no	Tanımı	Birim fiyatı	Miktarı	Fiyatı
Özel	Boru bedeli	22,76 TL/m	2 000 m	45 520,00 TL
36.04759	Borunun kesilmesi ve tıraşlanması (her 100 m'de) (kangal boru)	6,48 TL/adet (İlbank)	20 adet	129,6 TL
36.08907	Borunun döşenmesi	2,51 TL/m (İlbank)	2 000 m	5 020 TL
36.021107	Elektrofüzyon kaynağı ile boru birleşiminin yapılması	52,71 TL/adet (İlbank)	20 adet	1 054,2 TL

Toplam = 51 723,8 TL

Kümülatif metraj = 2 000 m

Ø125 mm PE 100 (PN 10) boru döşeme maliyeti = 25,86 TL/m

Ø200 mm çaplı PE 100 (PN 10) polietilen boru için birim maliyet hesabı

İlbank A.Ş.'nin hayata geçirdiği içme suyu inşaatlarında, uygulama yerine göre hat miktarları değişkenlik gösterse de, ortalama bir miktar kabulü yapılarak; 2 000 m Ø125 mm çaplı hat, 1 500 m Ø200 mm çaplı hat ve 1 000 m Ø400 mm çaplı hat yapılacağı varsayımında bulunulmuştur.

Ø200 mm çaplı PE 100 (PN 10 = 10 atü) polietilen boru ile içme suyu hattı yapılmasına ait analizde boru tipine göre değişkenlik gösterecek unsurlar; boru bedeli, borunun kesilerek tıraşlanması, döşenmesi ve birleşiminin yapılması olup, bu pozların TL/m cinsinden boru bedeline olan etkisi araştırılmıştır.

Söz konusu borunun 1 metresinin döşenmesine ait analiz; boru bedeli, borunun kesilerek tıraşlanması, içme suyu işi kapsamında kazılarak yataklaması yapılmış olan hendeğe borunun döşenmesi ve alın kaynağı ile birleşiminin yapılmasını içermekte olup, Çizelge 4.2' de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Ø200 mm PE 100 (PN 10) polietilen boru döşenmesi

Poz no	Tanımı	Birim fiyatı	Miktarı	Fiyatı
04.768/ 8E-6	Boru bedeli	29,90 TL/m (ÇŞB)	1 500 m	44 850,00 TL
36.04763	Borunun kesilmesi ve tıraşlanması (boy boru≈12 m)	10,41 TL/adet (İlbank)	125 adet	1 301,25 TL
36.08911	Borunun döşenmesi	4,10 TL/m (İlbank)	1 500 m	5 020 TL
36.02111	Alın kaynağı ile boru birleşiminin yapılması	54,07 TL/adet (İlbank)	125 adet	6 758,75 TL

Toplam = 57 930 TL

Kümülatif metraj = 1 500 m

Ø200 mm PE 100 (PN 10) boru döşeme maliyeti = 38,62 TL/m

Ø400 mm çaplı PE 100 (PN 10) polietilen boru için birim maliyet hesabı

İlbank A.Ş.'nin hayata geçirdiği içme suyu inşaatlarında, uygulama yerine göre hat miktarları değişkenlik gösterse de, ortalama bir miktar kabulü yapılarak; 2 000 m Ø125 mm çaplı hat, 1 500 m Ø200 mm çaplı hat ve 1 000 m Ø400 mm çaplı hat yapılacağı varsayımında bulunulmuştur.

Ø400 mm çaplı PE 100 (PN 10 = 10 atü) polietilen boru ile içme suyu hattı yapılmasına ait analizde boru tipine göre değişkenlik gösterecek unsurlar; boru bedeli, borunun kesilerek tıraşlanması, döşenmesi ve birleşiminin yapılması olup, bu pozların TL/m cinsinden boru bedeline olan etkisi araştırılmıştır.

Söz konusu borunun 1 metresinin döşenmesine ait analiz; boru bedeli, borunun kesilerek tıraşlanması, içme suyu işi kapsamında kazılarak yataklaması yapılmış olan hendeğe borunun döşenmesi ve alın kaynağı ile birleşiminin yapılmasını içermekte olup, Çizelge 4.3' de gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. Ø400 mm PE 100 (PN 10) polietilen boru döşenmesi

Poz no	Tanımı	Birim fiyatı	Miktarı	Fiyatı
04.768/ 8E-9	Boru bedeli	118,80 TL/m (ÇŞB)	1 000 m	118 800,00 TL
36.04769	Borunun kesilmesi ve tıraşlanması (boy boru≈12 m)	20,99 TL/adet (İlbank)	84 adet	1 763,16 TL
36.08917	Borunun döşenmesi	12,27 TL/m (İlbank)	1 000 m	1 227 TL
36.02117	Alın kaynağı ile boru birleşimin yapılması	86,19 TL/adet (İlbank)	84 adet	7 239,96 TL

Toplam = 129 030,1 TL

Kümülatif metraj = 1 000 m

Ø400 mm PE 100 (PN 10) boru döşeme maliyeti = 129,03 TL/m

Çelik borular

Ø125 mm çaplı (5") çelik boru (3,6 mm et kalınlığında) için birim maliyet hesabı

İlbank A.Ş.'nin hayata geçirdiği içme suyu inşaatlarında, uygulama yerine göre hat miktarları değişkenlik gösterse de, ortalama bir miktar kabulü yapılarak; 2 000 m Ø125 mm çaplı hat, 1 500 m Ø200 mm çaplı hat ve 1 000 m Ø400 mm çaplı hat yapılacağı varsayımında bulunulmuştur.

Ø125 mm çaplı çelik boru ile içme suyu hattı yapılmasına ait analizde boru tipine göre değişkenlik gösterecek unsurlar; boru bedeli, borunun kesilerek tornalanması, döşenmesi ve birleşiminin yapılması olup, bu pozların TL/m cinsinden boru bedeline olan etkisi araştırılmıştır.

Söz konusu borunun 1 metresinin döşenmesine ait analiz; boru bedeli, borunun kesilerek tornalanması, içme suyu işi kapsamında kazılarak yataklaması yapılmış olan hendeğe borunun döşenmesi ve kaynak ile birleşiminin yapılmasını içermekte olup, Çizelge 4.4' de gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Ø125 mm (5") çelik boru (3,6 mm et kalınlığında) döşenmesi

Poz no	Tanımı	Birim fiyatı	Miktarı	Fiyatı
Özel	Boru bedeli	37,86 TL/m	2 000 m	75 720,00 TL
36.04504	Borunun kesilmesi (boy boru≈12 m)	8,39 TL/adet (İlbank)	167 adet	1 401,13 TL
36.06006	Borunun döşenmesi	4,72 TL/m (İlbank)	2 000 m	9 440 TL
36.020A /32	Kaynak ile boru birleşimin yapılması	12,38 TL/adet (İlbank)	167 adet	2 067,46 TL

Toplam = 88 628,6 TL

Kümülatif metraj = 2 000 m

Ø125 mm (5") çelik boru döşeme maliyeti = 44,31 TL/m

Ø200 mm çaplı (8") çelik boru (4,5 mm et kalınlığında) için birim maliyet hesabı

İlbank A.Ş.'nin hayata geçirdiği içme suyu inşaatlarında, uygulama yerine göre hat miktarları değişkenlik gösterse de, ortalama bir miktar kabulü yapılarak; 2 000 m Ø125 mm çaplı hat, 1 500 m Ø200 mm çaplı hat ve 1 000 m Ø400 mm çaplı hat yapılacağı varsayımında bulunulmuştur.

Ø200 mm çaplı çelik boru ile içme suyu hattı yapılmasına ait analizde boru tipine göre değişkenlik gösterecek unsurlar; boru bedeli, borunun kesilerek tornalanması, döşenmesi ve birleşiminin yapılması olup, bu pozların TL/m cinsinden boru bedeline olan etkisi araştırılmıştır.

Söz konusu borunun 1 metresinin döşenmesine ait analiz; boru bedeli, borunun kesilerek tornalanması, içme suyu işi kapsamında kazılarak yataklaması yapılmış olan hendeğe borunun döşenmesi ve kaynak ile birleşiminin yapılmasını içermekte olup, Çizelge 4.5'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. Ø200 mm (8") çelik boru (4,5 mm et kalınlığında) döşenmesi

Poz no	Tanımı	Birim fiyatı	Miktarı	Fiyatı
Özel	Boru bedeli	61,63 TL/m	1 500 m	92 445,00 TL
36.04507	Borunun kesilmesi (boy boru≈12 m)	15,31 TL/adet (İlbank)	125 adet	1 913,75 TL
36.06009	Borunun döşenmesi	13,06 TL/m (İlbank)	1 500 m	19 590 TL
36.020A /52	Kaynak ile boru birleşimin yapılması	30,96 TL/adet (İlbank)	125 adet	3 870 TL

Toplam = 117 818,8 TL

Kümülatif metraj = 1 500 m

Ø200 mm (8") çelik boru döşeme maliyeti = 78,55 TL/m

Ø400 mm çaplı (16") çelik boru (4,76 mm et kalınlığında) için birim maliyet hesabı

İlbank A.Ş.'nin hayata geçirdiği içme suyu inşaatlarında, uygulama yerine göre hat miktarları değişkenlik gösterse de, ortalama bir miktar kabulü yapılarak; 2 000 m Ø125 mm çaplı hat, 1 500 m Ø200 mm çaplı hat ve 1 000 m Ø400 mm çaplı hat yapılacağı varsayımında bulunulmuştur.

Ø400 mm çaplı çelik boru ile içme suyu hattı yapılmasına ait analizde boru tipine göre değişkenlik gösterecek unsurlar; boru bedeli, borunun kesilerek tornalanması, döşenmesi ve birleşiminin yapılması olup, bu pozların TL/m cinsinden boru bedeline olan etkisi araştırılmıştır.

Söz konusu borunun 1 metresinin döşenmesine ait analiz; boru bedeli, borunun kesilerek tornalanması, içme suyu işi kapsamında kazılarak yataklaması yapılmış olan hendeğe borunun döşenmesi ve kaynak ile birleşiminin yapılmasını içermekte olup, Çizelge 4.6' da gösterilmiştir.

Çizelge 4.6. Ø400 mm (16") çelik boru (4,76 mm et kalınlığında) döşenmesi

Poz no	Tanımı	Birim fiyatı	Miktarı	Fiyatı
04.768/09 G01	Boru bedeli	131,00 TL/m (ÇŞB)	1 000 m	131 000,00 TL
36.04512	Borunun kesilmesi (boy boru≈12 m)	30,61 TL/adet (İlbank)	84 adet	2 571,24 TL
36.06014	Borunun döşenmesi	18,57 TL/m (İlbank)	1 000 m	18 570 TL
36.02012	Kaynak ile boru birleşimin yapılması	57,70 TL/adet (İlbank)	84 adet	4 846,8 TL

Toplam = 156 988 TL

Kümülatif metraj = 1 000 m

Ø400 mm (16") çelik boru döşeme maliyeti = 156,99 TL/m

Düktül borular

Ø125 mm çaplı muflu düktül boru için birim maliyet hesabı

İlbank A.Ş.'nin hayata geçirdiği içme suyu inşaatlarında, uygulama yerine göre hat miktarları değişkenlik gösterse de, ortalama bir miktar kabulü yapılarak; 2 000 m Ø125 mm çaplı hat, 1 500 m Ø200 mm çaplı hat ve 1 000 m Ø400 mm çaplı hat yapılacağı varsayımında bulunulmuştur.

Ø125 mm çaplı muflu düktül boru ile içme suyu hattı yapılmasına ait analizde boru tipine göre değişkenlik gösterecek unsurlar; boru bedeli, borunun kesilerek tornalanması, döşenmesi ve birleşiminin yapılması olup, bu pozların TL/m cinsinden boru bedeline olan etkisi araştırılmıştır.

Söz konusu borunun 1 metresinin döşenmesine ait analiz; boru bedeli, borunun kesilerek tornalanması, içme suyu işi kapsamında kazılarak yataklaması yapılmış olan hendeğe borunun döşenmesi ve birleşiminin yapılmasını içermekte olup, Çizelge 4.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.7. Ø125 mm çaplı muflu düktül boru döşenmesi

Poz no	Tanımı	Birim fiyatı	Miktarı	Fiyatı
04.768/13C	Boru bedeli	35,70 TL/m (ÇŞB)	2 000 m	71 400,00 TL
36.04554	Borunun kesilmesi (boy boru≈6 m)	8,89 TL/adet (İlbank)	334 adet	2 969,26 TL
36.05504	Borunun döşenmesi	3,45 TL/m (İlbank)	2 000 m	6 900 TL
36.004004	Boru birleşiminin yapılması	2,79 TL/adet (İlbank)	334 adet	931,86 TL

Toplam = 82 201,1 TL

Kümülatif metraj = 2 000 m

Ø125 mm çaplı muflu düktül boru döşeme maliyeti = 41,10 TL/m

Ø200 mm çaplı muflu düktil boru için birim maliyet hesabı

İlbank A.Ş.'nin hayata geçirdiği içme suyu inşaatlarında, uygulama yerine göre hat miktarları değişkenlik gösterse de, ortalama bir miktar kabulü yapılarak; 2 000 m Ø125 mm çaplı hat, 1 500 m Ø200 mm çaplı hat ve 1 000 m Ø400 mm çaplı hat yapılacağı varsayımında bulunulmuştur.

Ø200 mm çaplı muflu düktil boru ile içme suyu hattı yapılmasına ait analizde boru tipine göre değişkenlik gösterecek unsurlar; boru bedeli, borunun kesilerek tornalanması, döşenmesi ve birleşiminin yapılması olup, bu pozların TL/m cinsinden boru bedeline olan etkisi araştırılmıştır.

Söz konusu borunun 1 metresinin döşenmesine ait analiz; boru bedeli, borunun kesilerek tornalanması, içme suyu işi kapsamında kazılarak yataklaması yapılmış olan hendeğe borunun döşenmesi ve birleşiminin yapılmasını içermekte olup, Çizelge 4.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. Ø200 mm çaplı muflu düktil boru döşenmesi

Poz no	Tanımı	Birim fiyatı	Miktarı	Fiyatı
04.768/13E	Boru bedeli	57,75 TL/m (ÇŞB)	1 500 m	86 625,00 TL
36.04556	Borunun kesilmesi (boy boru≈6 m)	15,80 TL/adet (İlbank)	250 adet	3 950 TL
36.05506	Borunun döşenmesi	10,15 TL/m (İlbank)	1 500 m	15 225 TL
36.004006	Boru birleşimin yapılması	6,42 TL/adet (İlbank)	250 adet	1 605 TL

Toplam = 107 405 TL

Kümülatif metraj = 1 500 m

Ø200 mm çaplı muflu düktil boru döşeme maliyeti = 71,60 TL/m

Ø400 mm çaplı muflu düktil boru için birim maliyet hesabı

İlbank A.Ş.'nin hayata geçirdiği içme suyu inşaatlarında, uygulama yerine göre hat miktarları değişkenlik gösterse de, ortalama bir miktar kabulü yapılarak; 2 000 m Ø125 mm çaplı hat, 1 500 m Ø200 mm çaplı hat ve 1 000 m Ø400 mm çaplı hat yapılacağı varsayımında bulunulmuştur.

Ø400 mm çaplı muflu düktil boru ile içme suyu hattı yapılmasına ait analizde boru tipine göre değişkenlik gösterecek unsurlar; boru bedeli, borunun kesilerek tornalanması, döşenmesi ve birleşiminin yapılması olup, bu pozların TL/m cinsinden boru bedeline olan etkisi araştırılmıştır.

Söz konusu borunun 1 metresinin döşenmesine ait analiz; boru bedeli, borunun kesilerek tornalanması, içme suyu işi kapsamında kazılarak yataklaması yapılmış olan hendeğe borunun döşenmesi ve birleşiminin yapılmasını içermekte olup, Çizelge 4.9'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.9. Ø400 mm çaplı muflu düktil boru döşenmesi

Poz no	Tanımı	Birim fiyatı	Miktarı	Fiyatı
04.768/13 I	Boru bedeli	144 TL/m (ÇŞB)	1 000 m	144 000,00 TL
36.04560	Borunun kesilmesi (boy boru≈6 m)	31,11 TL/adet (İlbank)	167 adet	5 193,7 TL
36.05510	Borunun döşenmesi	14,54 TL/m (İlbank)	1 000 m	14 540 TL
36.004010	Boru birleşimin yapılması	7,05 TL/adet (İlbank)	167 adet	1 177,4 TL

Toplam = 164 911,1 TL

Kümülatif metraj = 1 000 m

Ø400 mm çaplı muflu düktil boru döşeme maliyeti = 164,91 TL/m

4.3. Boru Maliyetlerinin Karşılaştırılmalı Analizi

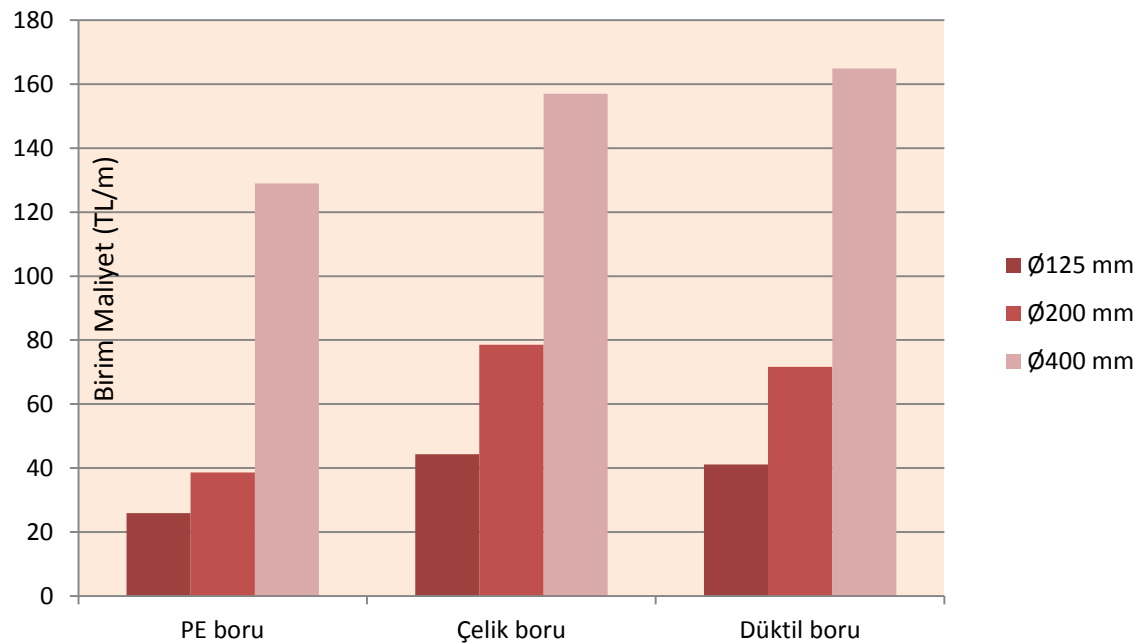
Boru tiplerine göre polietilen (PE) borulu, çelik borulu ve düktil borulu hat döşeme maliyetlerini kıyaslamak üzere; proje gereksinimlerinin, zeminin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin, dolgu, trafik, diğer harici yüklerin, çaplara göre hat uzunlukları ve abone bağlantı sayılarının eşit olduğu varsayımı ile sabit maliyetler hariç tutularak, değişkenliği oluşturan pozlara göre hesaplanan birim maliyetler göz önünde bulundurulmak suretiyle karşılaştırılmalı analiz yapılmıştır [26].

Çizelge 4.10. Polietilen, çelik ve düktil boru ile ilgili hesap edilen değişken maliyetler

Boru tipi	Maliyetler		
	Ø125 mm	Ø200 mm	Ø400 mm
PE boru	25,86 TL/m	38,62 TL/m	129,03 TL/m
Çelik boru	44,31 TL/m	78,55 TL/m	156,99 TL/m
Düktil boru	41,10 TL/adet	71,60 TL/adet	164,91 TL/m

Hesaplanan maliyetler karşılaştırmalı olarak hazırlanan grafik üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.1).

Şekil 4.1. Boru maliyetlerinin karşılaştırılması



SONUÇ VE ÖNERİLER

Kanalizasyon şebeke ve kolektör hattı inşaatları, günümüzde farklı boru tipi tercihlerine mahal verilmediği bir boyut kazanmıştır. Kanalizasyon inşaatlarında kullanılan beton veya koruge esaslı borular, ağırlıklı olarak zemin özellikleri ve kazı derinliklerine bakılarak tercih edilmektedir. Zemin ve kazı özelliklerinin her iki boru tipi için de elverişli olması halinde; boru tipine göre değişkenlik gösterecek maliyet analizi unsurları dikkate alınarak yapılan araştırmada; beton boru döşenmesi birim maliyetlerinin (TL/m) koruge boru döşenmesi birim maliyetlerinin yaklaşık %50'si kadar fazla olduğu sonucuna varılmıştır.

Proje parametrelerinin elverişli olması durumunda, ekonomik açıdan bakıldığında elde edilen sonuçlara göre şebeke ve kolektör hatlarında koruge esaslı boruların tercih edilmesi önerilmektedir. Zeminin olumsuz özelliklerinden olan sülfata karşı dayanımı, proje ömrünün uzun olması, tamir-bakım kolaylığı ve yer hareketlerine karşı toleransının iyi olması göz önüne alındığında da koruge boru kullanım tercihinin mantıklı olacağı görülmektedir.

Ancak, beton boruların tepe yükü dayanımlarının koruge borulara göre çok üstün olması nedeniyle derin hendek kazılarında oluşan dolgu yükünü karşılamakta ve dinamik yüklere karşı mukavemet göstermekte koruge borular (SN 8) yetersiz kalabilmektedir. Yataklama ve gömlekleme tabakalarının uygun olarak teşkil edilmesinde dahi, koruge boruların zaman içerisinde kesit özelliklerinden taviz vermesi, deformasyon göstererek ('yumurta' kesit haline gelmesi) hatta sızdırma, tıkanma ve kopmalara neden olduğu görülebilmektedir.

Bu nedenle, derin hendek kazılarının yer almadığı veya sülfat içeren zemin özelliklerinin bulunduğu projelerinin çözümü ve uygulamasında koruge esaslı boruların kullanılmasının uygun olacağı kanaatine varılmıştır. Ayrıca, koruge esaslı boruların döşeme kolaylığı nedeniyle inşaat sürelerini de kısaltabilmesi, işletme safhasındaki bakım-onarım çalışmalarına uyum sağlayabilecek ergonomiye sahip olması, makine işçiliğini en az gerektirmesi nedeniyle hendek kazısı sonrası minimum işçilik ile müdahale edilebilmesi nedeniyle de kanalizasyon inşaatlarında koruge esaslı boruların kullanımının uygun olacağı düşünülmektedir.

İçme suyu şebeke ve isale hattı inşaatları, kanalizasyon hattı inşaatı uygulamalarındaki hendek kazılarına göre daha sığ olan (özellikle şebeke hatlarında) kazılar yapılmak suretiyle tesis edilmektedir. Bu nedenle içme suyu inşaatlarına ait proje çözümlerinde suyun temin edilmesini ve depolanmasını sağlayacak yapıların teşkil edilmesi akabinde, hat üzerinde oluşacak olan hidrostatik basınca uygun dayanımda boru tipinin seçilmesi ve ilgili boru tipinin birleşim yerlerinde olan sızdırmazlık özelliklerini sağlayabilmesi ön plana çıkmaktadır.

İçme suyu şebeke hatlarında, geçmişten bugüne çeşitli boru tipleri kullanılmış olmakla beraber, LDPE (low density polietilen) boruların geliştirilerek HDPE boruların ortaya çıkmasıyla, sıklıkla kullanılmış olan pvc borular da yerini PE 100 borulara bırakmıştır.

PE 100 borular, optimum özelliklere sahip olması, fittings elemanları (dirsek, manşon, redüksiyon, vana, tapa vb.) ile uyumunun tam olması, basınç ve sızdırmazlık özellikleri nedeniyle üstün nitelik taşımaktadır. Yapılan PE boru döşenmesi birim maliyet araştırmasında farklı çapları da göz önüne alınarak elde edilen sonuçlara göre, ekonomik açıdan bakıldığında günümüzde kullanılmakta olan diğer boru türlerine göre daha avantajlı olması nedeniyle içme suyu şebeke inşaatlarında tercih edilmesinin uygun olacağı kanaatine varılmıştır.

Kıyas yapılan çaplar arasında olan Ø200 ve 400 mm çaplı borular, genellikle içme suyu isale hatlarının yapımında yer almakta olup, PE boru, çelik boru ve düktil boru tipleri bu hatların yapımında İller Bankası A.Ş. projelerinde sıklıkla kullanılmakta olan borulardır. Bu boru tiplerinin döşenmesine ait yapılan birim maliyet araştırmasında; düşük çaplarda polietilen boru kullanımının yaklaşık olarak %40 daha ekonomik olduğu görülürken, daha büyük çaplara gidildikçe bu oranın %20'lere kadar azaldığı görülmektedir. Bunun nedeni, daha büyük çaplarda basınç dayanımı gereksinimlerinin de karşılanabilmesi açısından PE borularının cidar kalınlığının artmakta olmasıdır. İçme suyu şebeke inşaatlarında PE boru tercihinde bulunulmasının sebebi de bundan dolayı olmakta olup, büyük çapların kullanıldığı projelerde çelik veya düktil boru kullanımının tercih edilmesinin daha ekonomik olacağı, araştırma sonuçlarına paralel olarak da ortaya çıkmıştır.

Çelik boru tercihinde zemin özelliklerine bağlı olarak katodik koruma gerekebilmesi, düktil boru tercihinde de yurt içi üretim bandında rekabet olmaması nedeniyle fiyatların yüksek olması göz önüne alındığında her iki boru tipinin tercih edilmesinde de olumsuz nedenler bulunmaktadır.

Boruların döşenmesine ait birim maliyet araştırmasına göre de çelik ve düktil boru döşenmesi maliyetleri arasında büyük farklılıklar söz konusu değildir. Muflu birleşim özelliği nedeniyle uygulama kolaylığı sağlaması, çinko ve bitüm dış kaplaması nedeniyle korozyona karşı dirençli olması; ayrıca katodik koruma gerektirmemesi nedeniyle çelik boruya karşılık düktil borunun tercih edilmesinin uygun olacağı kanaatine varılmıştır.

Ancak, ihtiyacın fazla olduğu ve ithal yollarla (Hindistan, Çin vb. ülkelerden) temin edildiği durumlarda bile yurt içi temininden daha uygun fiyatlarla elde edilebildiği dikkate alındığında, ülkemiz üreticisinin yüksek kâr payı elde ettiği ortadadır. Bu nedenle bu boru tipi üretiminin yaygınlaştırılarak yurt içi rekabetin sağlandığı durumda ülke ekonomisi açısından da fayda sağlanabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] *Çevre Kanunu*, (1983). T.C. Resmi Gazete, 2872.
- [2] Karpuzcu, M. (2014). *Çevre Kirlenmesi Kontrolü*, (14 b.). İstanbul: KUBBEALTI Neşriyatı, 31-45.
- [3] Ayberk, S. (2004). *Çevre Kirliliği ve Kontrol Yöntemleri*, Kocaeli Üniveristesi Mühendislik Fakültesi, Yayın No: 26. 109-115.
- [4] *Çölleşme/Arazi Tahribatı ve Kuraklıkla Mücadele Raporu* (2014), Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, 1-21.
- [5] *Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği*, (2004). T.C Resmi Gazete, 25687.
- [6] *Kentsel Atık Su Arıtımı Yönetmeliği* (2006). T.C Resmi Gazete, 26047.
- [7] İnternet: Özcan, E. *Türkiye’de Atıksu Yönetimi*, URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.csb.gov.tr%2Fdb%2Ftay%2Fwebmenu%2Fwebmenu13378.pdf&date=2015-12-21>, Son Erişim Tarihi: 21.12.2015.
- [8] Orhon, D., Sözen, S., Üstün, B., Görgün, E. ve Karahan-Gül, Ö. (2002). *Su Yönetimi ve Sürdürülebilir Kalkınma Ön Raporu*, İstanbul, 1-15.
- [9] Çiftçi, N. (2003). *Türkiye’de ve Dünya’da İçme Suyu Kullanımı ve Arıtma Teknolojisi*, Devlet Su İşleri Su Dünyası Dergisi, 38, 1-20.
- [10] Şen, Z. (2004). Ortadoğu Su Sorunları ve Türkiye, 22 Mart Dünya Su Günü Ortadoğu’da Su Meselesi ve Türkiye Paneli Bildirgesi, İstanbul, 1-25.
- [11] Schmitt, A., Schöpfer C. Ve Björnsen, G. (2005). *Su Yönetiminde Sürdürülebilirlik*, İstanbul, 210-231.
- [12] *Türkiye’de Su Yönetimi: Sorunlar ve Öneriler*, (2008). TÜSİAD Yayın No: T2008-09/469. 69-70.
- [13] *İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik*, (2005). T.C Resmi Gazete, 25730.
- [14] *Kanalizasyon İşlerinin Planlanması ve Projelerinin Hazırlanmasına Ait Talimatname*, İller Bankası A.Ş., Ankara, 1-35.
- [15] Samsunlu, A. (2012). *Su Getirme ve Kanalizasyon Yapılarının Projelendirilmesi*, İstanbul Birsen Yayınevi, 6-90.
- [16] Bayraktar, M. (1998). *Kanal Altyapı Projelerinin Bilgisayar Ortamında Hazırlanması ve Maliyet Hesabı*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 47-63.
- [17] Tulpar, H. (2010). *Kanalizasyon Şebekelerinde Kullanılan Boruların Hidrolik ve Maliyet Açısından Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa Harran Üniversitesi, 22-30.

- [18] *İçme Suyu Tesisleri Etüt, Fizibilite ve Projelerinin Hazırlanmasına Ait Teknik Şartname*, İller Bankası A.Ş. Yönetim Kurulu 25.04.2013 Tarih ve 13/341 Sayılı Kararı, Ankara, 2-42.
- [19] Sağlamer, A. ve Balkaya, M. *Gömülü Boru Hatların Statik ve Dinamik Yükler Altındaki Davranışı*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geoteknik Anabilim Dalı, 5-6.
- [20] Erdemgil, M. (1995). *Su Getirme*, Bilim Yayınları, 90-115.
- [21] Sevük, S., Altınbilek, D., (1977). *Su Dağıtım Şebekeleri Projelendirme ve Bilgisayarla Çözüm Esasları*, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Matbaası, 61-82.
- [22] Kasaplı, K. (2014). *İçmesuyu Şebekelerinde Maliyet Tahmini Amacıyla Yapay Sinir Ağları Kullanımı*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 23-34.
- [23] *TS 821*, (2005). Beton Borular ve Bağlantı Parçaları – Donatısız, Çelik Lifli ve Donatılı Beton Borular, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [24] *Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2015 Yılı Birim Fiyat Kitabı*, (2015).
- [25] *2015 Yılı Boru Donanımı Birim Fiyat Cetveli*, İller Bankası A.Ş., Ankara-2015, 1-47.
- [26] Akbıyıklı, R. (2008). *İnşaat Yönetimi, Metraj ve Maliyet Hesapları*. İstanbul: Birsen Yayınevi, 55-73.
- [27] *TS EN 13476-1*, (2009). Plastik Boru Sistemleri - Basınçsız, Yer Altı Drenaj ve Pis Su İçin - Plastikleştirici Katılmamış Polivinilklorür (PVC-U), Polipropilen (PP) ve Polietilenden (PE) Cidarları Profilli Boru Sistemleri – Bölüm 1: Genel Özellikler ve Performans Karakteristikleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : KASAP, Ahmet
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Sivas - 31.10.1987
Medeni Hali : Bekar
Telefon : 0 507 386 92 87
Faks : -
e-mail : akasap@ilbank.gov.tr

Eğitim

Derece	Birimi	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Gazi Üniversitesi	2011-
Lisans	Gazi Üniversitesi	2011
Lise	Ankara Anadolu Lisesi	2005

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görevi
2008	Kazan (Ankara) İçme Suyu Arıtma Tesisi İnşaatı	Saha Mühendisi
2009	Kazan (Ankara) TOKİ 500 Konut, Okul, Cami, İş Merkezi İnşaatı	Saha Mühendisi
2009	Kazan (Ankara) Atık Su Arıtma Tesisi İnşaatı	Saha Mühendisi
2011	Ankara Büyükşehir Belediyesi EGO Genel Müdürlüğü	İnşaat Mühendisi
2013 – Halen	İller Bankası A.Ş. Kayseri Bölge Müdürlüğü	Teknik Uzman Yardımcısı

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

-

Hobiler

Arıcılık, bisiklet sürmek, kayak yapmak