



**2020 YILI BİRİM FİYATLARIYLA
KANALİZASYON VE İÇME SUYU ŞEBEKE
BORULARININ KARŞILAŞTIRMALI MALİYET
ANALİZİ**

Kemal AYDEMİR

**2021
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Fatih SAKA**

**2020 YILI BİRİM FİYATLARIYLA KANALİZASYON VE İÇME SUYU
ŞEBEKE BORULARININ KARŞILAŞTIRMALI MALİYET ANALİZİ**

Kemal AYDEMİR

**T.C.
Karabük Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Fatih SAKA**

**KARABÜK
Haziran 2021**

Kemal AYDEMİR tarafından hazırlanan “2020 YILI BİRİM FİYATLARIYLA KANALİZASYON VE İÇME SUYU ŞEBEKE BORULARININ KARŞILAŞTIRMALI MALİYET ANALİZİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi Fatih SAKA

.....

Tez Danışmanı, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 25/06/2021

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. İlker TEKİN (KBÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Fatih SAKA (KBÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Rahim ŞİBİL (GÜ)

.....

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Hasan SOLMAZ

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Kemal AYDEMİR

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

2020 YILI BİRİM FİYATLARIYLA KANALİZASYON VE İÇME SUYU ŞEBEKE BORULARININ KARŞILAŞTIRMALI MALİYET ANALİZİ

Kemal AYDEMİR

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Dr. Öğr. Üyesi Fatih SAKA

Haziran 2021, 57 sayfa

Bu çalışmada öncelikle kanalizasyon ve içme suyu inşaatlarında kullanımı en çok tercih edilen boru türleri kısaca tanımlanmış ve bu boru türlerinin avantajları ile dezavantajlarına değinilmiştir. Ardından İller Bankası A. Ş. 2020 Yılı Birim Fiyatları ile 2020 yılı için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İnşaat Birim Fiyatlarına Esas İşçilik-Araç ve Gereç Rayiç Listeleri'nden ilgili imalatların birim fiyatları alınmıştır. Birim fiyat tariflerinin yeterli gelmediği alanlarda İller Bankası A. Ş.'ye 2020 yılı için sunulan piyasa birim fiyat tekliflerinden istifade edilmiştir. Ayrıca boru imalatları için bazı boru üreticilerinden görüş alınmıştır. Kanalizasyon ve İçme Suyu İnşaatlarında kullanılan her bir boru türünün imalatı için ayrı ayrı olmak üzere bir birim fiyat internet adresinden de yararlanılarak birim fiyat analizi yapılmıştır.

Kanalizasyon sistemlerinde Ø200, 300 ve 400 mm çapları; içme suyu sistemlerinde Ø125, 200 ve 400 mm çapları göz önüne alınarak maliyet analizi yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda hem kanalizasyon hem de içme suyu inşaatlarında kullanılan borular için proje gereksinimlerine ve inşaatın şartlarına göre ekonomik boru türünün seçimi açısından optimum boru türünün tayin edilebilmesi amacıyla maliyetler birbiriyle karşılaştırılmıştır. Beton veya koruge borular için zemin ve kazı özelliklerinin uygun olması halinde, boru türüne göre değişkenlik gösterecek maliyet analizi unsurları dikkate alınarak yapılan araştırmada, Ø200 mm çapları için koruge boru döşenmesi birim maliyetinin (TL/m) beton boru döşenmesi birim maliyetinden yaklaşık %28 oranında daha ucuz olduğu; Ø300 mm çapları için koruge boru döşenmesi birim maliyetinin (TL/m) beton boru döşenmesi birim maliyetinden yaklaşık %12 oranında daha ucuz olduğu; Ø400 mm çapları için koruge boru döşenmesi birim maliyetinin (TL/m) beton boru döşenmesi birim maliyetinden yaklaşık %9 oranında daha ucuz olduğu sonuçlarına varılmıştır. Ø200 ve 400 mm çaplı borular, genellikle içme suyu isale hatlarının yapımında kullanılmakta olup bu hatların inşasına ait İller Bankası A.Ş. projelerinde polietilen (PE) boru, çelik boru ve duktıl boru tipleri sıklıkla kullanılmakta olan borulardır. Bu boru tiplerinin döşenmesine ait yapılan birim maliyet araştırmasında, Ø125 mm çapları için polietilen boru kullanımının çelik borudan yaklaşık olarak %62 oranında, duktıl borudan yaklaşık olarak %67 oranında daha ekonomik olduğu; Ø200 mm çapları için polietilen boru kullanımının çelik borudan yaklaşık olarak %48 oranında, duktıl borudan yaklaşık olarak %50 oranında daha ekonomik olduğu; Ø400 mm çapları için çelik boru kullanımının polietilen borudan yaklaşık olarak %6 oranında, duktıl borudan yaklaşık olarak %26 oranında daha ekonomik olduğu sonuçlarına varılmıştır. Böylece hem uygulayıcı olan alt yapı idarelerine ve yüklenici firmalara hem de araştırmacılara gerekli şartlara uygun en ekonomik boru türünün seçimi konusu irdelenmiştir. Bu yönden bu yüksek lisans tezi hem alt yapı idarelerine ve yüklenicilere hem de araştırmacılara ekonomik açıdan bir rehber niteliği taşıyacaktır.

Anahtar Sözcükler : Kanalizasyon borularının maliyeti, içme suyu borularının maliyeti, beton boru, koruge boru, PE100 boru, duktıl boru, çelik boru.

Bilim Kodu : 91122

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

COMPARATIVE COST ANALYSIS OF SEWERAGE AND DRINKING WATER MAINS PIPES WITH UNIT PRICES IN 2020

Kemal AYDEMİR

**Karabük University
Institute of Graduate Programs
Department of Civil Engineering**

Thesis Advisor:

Assist. Prof. Dr. Fatih SAKA

June 2021, 57 pages

First of all, in this study, the most preferred pipe types to be used in constructions of sewerage and drinking water are defined briefly and the advantages and disadvantages of these pipe types are mentioned. Then, the unit prices of related productions have been taken from İller Bank Unit Prices for 2020 and the Labor-Tool and Equipment Market Lists based on the Ministry of Environment and Urbanization Construction Unit Prices for 2020. In fields where unit price descriptions were not sufficient, the market unit price offers submitted to İller Bank for 2020 have been benefited. In addition, some manufacturers who have been producing pipes have been consulted for pipe productions. Unit price analysis is made using a unit price internet address separately for the manufacturing of each type of pipe used in Constructions of Sewerage and Drinking Water.

In sewerage systems, cost analysis was carried out with Ø200, 300 and 400 mm diameters, and Ø125, 200 and 400 mm diameters in drinking water systems. As a result of the analysis, the costs were compared in order to define the optimum pipe type for the pipes used in construction both sewerage and drinking water in terms of the selection of the economic pipe type according to the project requirements and the conditions. If the ground and excavation characteristics are favorable for concrete or shielding-based pipes, the cost of piping protective pipes (TL/m) for Ø200 mm diameters is approximately 28% cheaper than the unit cost for concrete piping; For Ø300 mm diameters, it was estimated that the unit cost (TL/m) for shielding piping is about 12% cheaper than the unit cost for concrete piping; for Ø400 mm diameters, the shielding piping unit cost (TL/m) is about 9% cheaper than the unit cost. Pipes with diameters of Ø200 and 400 mm are usually part of the construction of drinking water supply lines, and polyethylene (PE) pipes, steel pipes and duktil pipes are made by the Iller Bank Inc. pipes that are often used in their projects. In the unit cost study of laying these pipe types, the use of polyethylene piping for Ø125 mm diameters is approximately 62% more economical than the steel pipe, approximately 67% more economical than the vertical pipe; The use of polyethylene piping for Ø200 mm diameters is approximately 48% more economical than the steel pipe, approximately 50% more economical than the dowel pipe; the use of steel piping for Ø400 mm diameters is approximately 6% more economical than the polyethylene pipe, approximately 26% more economical than the dowel pipe. In this way, the selection of the most economical type of piping that is suitable for both application-based infrastructure management and contractors and researchers. In this respect, this master's thesis will be an economic guide to both infrastructure and contractors and researchers.

Key Word : The cost of sewer pipes, the cost of drinking water pipes, concrete pipe, corrugated pipe, PE100 pipe, ductile pipe, steel pipe

Science Code : 91122

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Dr. Fatih SAKA'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Boru tiplerinin maliyetlerinin belirlenmesi hususunda İller Bankası. A. Ş. 2020 Yılı Birim Fiyatları ve piyasa tekliflerini (özel pozlar) paylaştığı için İlbank A. Ş. Genel Müdürlüğü Yatırım Koordinasyon Dairesi Başkanlığı Birim Fiyat ve Mevzuat Müdürlüğü uzmanı Sayın Veli ZENGİN'e teşekkür ederim.

Boru tiplerinin maliyetlerinin belirlenmesi hususunda kaynak paylaşımında bulunduğu için İlbank A. Ş. Genel Müdürlüğü Altyapı Uygulama Dairesi Başkanlığı Teknik Uzmanı İnşaat Mühendisi Sayın Ahmet KASAP'a teşekkür ederim.

Düktül borular hakkında engin bilgi ve deneyimleri ile sahip olduğu kaynakları paylaştığı için Samsun Makina Sanayi Anonim Şirketi Satış ve İhale Birimi'nde görevli olan İnşaat Mühendisi Sayın Osman SEVER'e teşekkür ederim.

Plastik esaslı borular hakkında engin bilgi ve deneyimleri ile sahip olduğu kaynakları paylaştığı için Fırat Plastik Kauçuk Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi Altyapı Kalite ve PE Boru Birimi'nde makine mühendisi olarak görev yapan Sayın Eyüp İLHAN'a teşekkür ederim.

Sevgili eşim Ayşe AYDEMİR'e ve annem Şennur AYDEMİR'e manevi hiçbir yardımı esirgemediğim yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xv
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	4
KANALİZASYON İNŞAATLARINDA KULLANILAN BORU TÜRLERİ VE MALİYETLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI	4
2.1. KANALİZASYON İNŞAATLARINDA KULLANILAN BORULAR	4
2.1.1. Beton/Betonarme Borular	5
2.1.2. Koruge Borular	6
2.1.3. Spiral Sarımlı Koruge Borular	8
2.2. BORU TÜRLERİNE GÖRE BİRİM MALİYETLER.....	10
2.2.1. Beton Boru Döşenmesinin Birim Maliyet Hesapları	10
2.2.1.1. Ø200 mm Çaplı Muflu Beton Boru İçin Bir Metre Maliyet Hesabı	10
2.2.1.2. Ø300 mm Çaplı Muflu Beton Boru İçin Bir Metre Maliyet Hesabı	12
2.2.1.3. Ø400 mm Çaplı Muflu Beton Boru İçin Bir Metre Maliyet Hesabı	14
2.2.2. Koruge Boru Döşenmesinin Birim Maliyet Hesapları.....	16
2.2.2.1. Ø200 mm Çaplı Poli Etilen (PE) 100 (HDPE) SN 8 Koruge Boru İçin Bir Metre Maliyet Hesabı	16
2.2.2.2. Ø300 mm Çaplı Poli Etilen (PE) 100 (HDPE) SN 8 Koruge Boru İçin Bir Metre Maliyet Hesabı	19

2.2.2.3. Ø400 mm Çaplı Poli Etilen (PE) 100 (HDPE) SN 8 Koruge Boru İçin Bir Metre Maliyet Hesabı	22
2.3. BORU MALİYETLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ	25
BÖLÜM 3	30
İÇME SUYU İNŞAATLARINDA KULLANILAN BORU TÜRLERİ VE MALİYETLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI	30
3.1. İÇME SUYU İNŞAATLARINDA KULLANILAN BORULAR	30
3.1.1. Çelik Borular.....	30
3.1.2. Düktil Borular	31
3.1.3. PVC Borular	32
3.1.4. Poli Etilen (PE) Borular	34
3.1.5. Poli Propilen Random Co-Polimer (PPRC) Borular	36
3.1.6. Cam Elyaf Takviyeli Plastik (CTP) Borular.....	37
3.1.7. Asbestli Çimento Borular (AÇB).....	39
3.2. BORU TÜRLERİNE GÖRE BİRİM MALİYETLER.....	39
3.2.1. PE 100 Boru Döşenmesinin Birim Maliyet Hesapları	41
3.2.1.1. Ø125 mm Çapında PE 100 (PN10) Boru İçin Birim Maliyet Hesabı	41
3.2.1.2. Ø200 mm Çapında PE 100 (PN10) Boru İçin Birim Maliyet Hesabı	42
3.2.1.3. Ø400 mm Çapında PE 100 (PN10) Boru İçin Birim Maliyet Hesabı	43
3.2.2. Çelik Boru Döşenmesinin Birim Maliyet Hesapları	44
3.2.2.1. Ø125 mm Çapında (5‘‘) Çelik Boru (3,6 mm Et Kalınlığında) (St 37) İçin Birim Maliyet Hesabı	44
3.2.2.2. Ø200 mm Çapında (8‘‘) Çelik Boru (4 mm Et Kalınlığında) (St 37) İçin Birim Maliyet Hesabı	45
3.2.2.3. Ø400 mm Çapında (16‘‘) Çelik Boru (5 mm Et Kalınlığında) (St 37) İçin Birim Maliyet Hesabı	45
3.2.3. Düktil Boru Döşenmesinin Birim Maliyet Hesapları.....	46
3.2.3.1. Ø125 mm Çapında Muflu Düktil Boru (K9 Sınıfı) İçin Birim Maliyet Hesabı	46
3.2.3.2. Ø200 mm Çapında Muflu Düktil Boru (K9 Sınıfı) İçin Birim Maliyet Hesabı	47

	<u>Sayfa</u>
3.2.2.3. Ø400 mm Çapında Muflu Düktil Boru (K9 Sınıfı) İçin Birim Maliyet Hesabı	48
3.3. BORU MALİYETLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ	49
BÖLÜM 4	51
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	51
KAYNAKLAR.....	54
ÖZGEÇMİŞ.....	57

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Entegre contalı beton ve betonarme kanalizasyon boruları.....	5
Şekil 2.2. Koruge boru	7
Şekil 2.3. Koruge boru (mufsuz; manşon bağlantılı).....	8
Şekil 2.4. Spiral sarımlı koruge boru	9
Şekil 2.5. Spiral sarımlı koruge borunun hendeğe yerleştirilmesi ve döşenmesi	9
Şekil 2.6. Beton ve koruge boru maliyetlerinin karşılaştırmalı grafiği	29
Şekil 3.1. Çelik boru	30
Şekil 3.2. Düktil boru.....	32
Şekil 3.3. Entegre contalı beton ve betonarme kanalizasyon boruları.....	33
Şekil 3.4. PE boru	35
Şekil 3.5. PPRC boru	37
Şekil 3.6. CTP boru.....	38
Şekil 3.7. AÇB.....	39
Şekil 3.8. PE 100, çelik ve duktil boru maliyetlerinin karşılaştırmalı grafiği.....	50

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Boru pürüzlülük katsayıları.....	4
Çizelge 2.2. Ø200 mm çapında 1 m muflu beton boru döşenmesi maliyet analizi	11
Çizelge 2.3. 200/150 mm çaplı beton boru 'C' parçasının döşenmesi maliyet analizi	12
Çizelge 2.4. Ø300 mm çapında 1 m muflu beton boru döşenmesi maliyet analizi	13
Çizelge 2.5. 300/150 mm çaplı beton boru 'C' parçasının döşenmesi maliyet analizi	14
Çizelge 2.6. Ø400 mm çapında 1 m muflu beton boru döşenmesi maliyet analizi	15
Çizelge 2.7. 400/150 mm çaplı beton boru 'C' parçasının döşenmesi maliyet analizi	16
Çizelge 2.8. Ø200 mm çapında 1 m HDPE koruge boru döşenmesi maliyet analizi .	17
Çizelge 2.9. Ø200 mm çaplı HDPE koruge boru manşonu döşenmesi maliyet analizi	18
Çizelge 2.10. Çapı 200/150 mm HDPE koruge boru 'C' parçasının döşenmesi maliyet analizi	19
Çizelge 2.11. Ø300 mm çapında 1 m HDPE koruge boru döşenmesi maliyet analizi	20
Çizelge 2.12. Ø300 mm çaplı HDPE koruge boru manşonu döşenmesi maliyet analizi	21
Çizelge 2.13. Çapı 300/150 mm HDPE koruge boru 'C' parçasının döşenmesi maliyet analizi	22
Çizelge 2.14. Ø400 mm çapında 1 m HDPE koruge boru döşenmesi maliyet analizi	23
Çizelge 2.15. Ø400 mm çaplı HDPE koruge boru manşonu döşenmesi maliyet analizi	24
Çizelge 2.16. Çapı 400/150 mm HDPE koruge boru 'C' parçasının döşenmesi maliyet analizi	25
Çizelge 2.17. Beton ve koruge boru ile ilgili hesaplanan değişken maliyetler	26
Çizelge 2.18. Beton boru maliyeti	27
Çizelge 2.19. Koruge boru maliyeti.....	28
Çizelge 3.1. Ø125 mm çapında PE 100 (PN 10) polietilen boru döşenme maliyeti ..	41
Çizelge 3.2. Ø200 mm çapında PE 100 (PN 10) polietilen boru döşenme maliyeti ..	42
Çizelge 3.3. Ø400 mm çapında PE 100 (PN 10) polietilen boru döşenme maliyeti ..	43

Sayfa

Çizelge 3.4. Ø125 mm çapında (5‘‘) çelik boru (3,6 mm et kalınlığında) (St 37) döşenme maliyeti.....	44
Çizelge 3.5. Ø200 mm çapında (8‘‘) çelik boru (4 mm et kalınlığında) (St 37) döşenme maliyeti.....	45
Çizelge 3.6. Ø400 mm çapında (16‘‘) çelik boru (5 mm et kalınlığında) (St 37) döşenme maliyeti.....	46
Çizelge 3.7. Ø125 mm çapında muflu düktül boru (K9 sınıfı) döşenme maliyeti	47
Çizelge 3.8. Ø200 mm çapında muflu düktül boru (K9 sınıfı) döşenme maliyeti	48
Çizelge 3.9. Ø400 mm çapında muflu düktül boru (K9 sınıfı) döşenme maliyeti	49
Çizelge 3.10. PE 100, çelik ve düktül boru ile ilgili hesaplanan değişken maliyetler	49

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

- Ø : çap değeri
hp : horse power (beygir gücü)
m : metre
mm : milimetre
kg : kilogram
Re : reynold sayısı
Atm : atmosfer basıncı (atü)
pH : power of hydrogen
“ : inç

KISALTMALAR

SUKAP	:	Su ve Kanalizasyon Altyapı Projeleri
YSA	:	Yapay Sinir Ağları
DSİ	:	Devlet Su İşleri
İSKİ	:	İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
TS	:	Türk Standardı
EN	:	European Norm (Avrupa Normu)
DN	:	Diameter Nominal (Nominal Çap)
ÇŞB	:	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
PVC	:	Polivinil Clorür (Polivinil Klorür)
PE	:	Polietilen
PPRC	:	Polipropilen Random Co-Polimer
CTP	:	Cam Takviyeli Plastik
AÇB	:	Asbestli Çimento Boru
HDPE	:	High Density Polyethylene (Yüksek Yoğunluklu Polietilen)
SN	:	Stiffness Number (Rijitlik Değeri)
PN	:	Pressure Number (Basınç Değeri)
TL	:	Türk Lirası
UV	:	Ultraviyole

BÖLÜM 1

GİRİŞ

İnsanlar geçmişten günümüze çevre ve doğal kaynaklardan doğrudan ya da dolaylı olarak faydalanmaktadır. Bu doğal kaynakların başında su gelmektedir. Sudan faydalanmanın çok fazla yolu olsa da medeniyetimizin başlıca su kullanım alanları içme veya kullanma suyu, enerji üretimi ve tarımsal sulama alanlarıdır. Ülkemizde suyun şehir içi kullanımı olan içme veya kullanma suyu ve bu suların uzaklaştırılması sorumluluğu yerel idarelerdedir. Bu bakımdan bir taraftan suyun derlenmesi için Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından barajlar inşa edilmekte diğer taraftan su alma yapıları vasıtasıyla şehir içi şebekelerine varana kadar isale hatları döşenmekte daha sonra içme veya kullanma suyu şebekeleri ile su kullanımımıza sunulmaktadır. Bu kullanımın ardından atık sular oluşmaktadır.

Altyapı kapsamında yürütülen başlıca çalışmalar, içme veya kullanma suyu şebekelerinin inşası, içme suyu kalitesinin iyileştirilmesi, su kaynaklarının korunması, atık su ve yağmur suyu sistemlerinin inşası, atık su arıtma tesislerinin inşası, katı atık depolama ve bertarafı yöntemlerinin geliştirilmesi olarak sıralanabilir. Bu faaliyetlerin yürütülmesini hızlandırmak adına Su ve Kanalizasyon Altyapı Projeleri (SUKAP) kapsamında yerel yönetimlere yarı yarıya hibe ile devlet desteği verilmektedir [2].

Yağmur suyu, kanalizasyon, içme veya kullanma suyu tesislerine ait ihtiyaçlar saptanarak yapılması öngörülen sistem elemanlarına ait projeler İller Bankası A. Ş., tarafından hizmet alım işi olarak 4734 sayılı Kamu İhale Kanununa göre ihaleye çıkılarak hazırlanmakta, proje ömrü genellikle 35 yıl olarak belirlenerek yapım önceliği olan hatlar 1. kademe, gelişme ve imar durumuna göre değerlendirilerek daha sonra yapılacak hatlar ise 2. kademe olarak projelendirilmektedir. Projeler baz alınarak, maliyeti belirlenecek olan kalemlerin birim fiyatları tespit edilerek tesisin yaklaşık maliyeti belirlenmekte ve birim fiyat teklif usulüne göre yapım işi ihalesi

gerçekleştirilmektedir. Yapım ve uygulama aşamasında ise yerel yönetimlerin istekleri doğrultusunda, bölge müdürlükleri aracılığıyla yapı denetim hizmeti verilerek tesisin inşaatı gerçekleştirilmektedir. Yapımın tamamlanmasından itibaren sistemin bir yıl test ve gözleminin olumlu olması halinde yerel yönetimlere işletmesi için teslim edilmektedir [3].

Sözü edilen tesislerin yapım maliyetini oluşturan kalemler, projelendirme aşamasında belirlenmektedir. Yapım önceliği olan içme veya kullanma suyu ve kanalizasyon inşaatlarının en önemli maliyet kalemini oluşturan unsur boru maliyetleridir.

Kanalizasyon inşaatlarında topoğrafya, zemin nitelikleri ve nüfusa göre hendek kazı derinlikleri ve bu kazıların uygulama şekli özenle değerlendirilmelidir. Bu değerlendirme sonucunda boru türü ve çaplarının belirlenmesi, alternatif boru türlerinin olumlu ve olumsuz özellikleri ele alınarak proje ömrü süresince oluşabilecek bakım-işletme maliyetlerinin yapım ihalelerine çıkılmadan evvel ele alınması hem proje uygulama-işletme maliyetleri hem de ülke ekonomisi bakımından önemlidir.

İçme suyu inşaatlarında kullanılan borular kanalizasyon sistemlerinde kullanılan borularla kıyaslandığında daha çok ithal hammadde kaynaklı olduğu ayrıca düktil boru gibi yeni teknoloji ürünü borularda iç piyasada rekabet ortamının oluşmadığı görülmektedir. Bu yüzden içme suyu boruları, kanalizasyon borularından daha yüksek maliyetli olmaktadır. Bu sebeplerle içme suyu sistemleri projelendirilirken tüm bu özelliklerin ele alınarak projelendirilmesi ülke ekonomisinin yararına olmaktadır.

Altyapı alanındaki içme suyu ve kanalizasyon inşaatı yapım maliyetlerinin araştırılması hakkında bazı çalışmalar yapılmıştır. İnşaat mühendisliği bilim dalında, içme suyu ve kanalizasyon inşaatlarında; İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ) Asya Yakası'nda su ve atıksu şebekelerinde maliyet analizi hakkında [4], kanalizasyon ve içme suyu inşaatlarında kullanılan boru türlerine göre maliyet analizi hakkında [3], Yapay Sinir Ağları (YSA) modeli ile kanalizasyon şebeke maliyetlerinin belirlenmesi hakkında [5], YSA modeli ile içme suyu şebeke maliyetlerinin belirlenmesi hakkında [6], Siirt Üniversitesi kampüs alanı kanalizasyon inşaatında kullanılan boruların toplam maliyet üzerindeki etkisinin araştırılması hakkında [7], İldem-Kayseri bölgesi

toplu yerleşim alanı içme suyu inşaatında kullanılan boruların toplam maliyet üzerindeki etkisinin araştırılması hakkında [8] çalışmalar yapılmıştır.

Gerek içme veya kullanma suyu temini gerekse kullanılan suyun çevreye zarar vermeden uzaklaştırılması için proje gereksinimlerine, inşaat şartlarına, topoğrafyaya ve ülke kaynaklarına ekonomik olarak en uygun boru türünün seçimi büyük önem arz etmektedir. Bu boru türü seçimi birden çok etkene bağlı olup boru maliyetleri dönem dönem değiştiğinden belli aralıklarla boru birim maliyet hesaplarının güncellenmesinde fayda vardır. Nitekim bu güncellemeler boru türü seçimlerini hem altyapı idareleri hem de yüklenici firmalar bakımından kolaylaştırmaktadır.

Tüm bu araştırma ve çalışmalardan hareketle hazırlanan bu çalışma, İller Bankası A. Ş. içme suyu ve kanalizasyon yatırımlarına ait güncel projelerde sıklıkla kullanılan boru çaplarının ve türlerinin araştırılmasını, kanalizasyon inşaatları için Ø200, Ø300 ve Ø400 mm çapındaki beton ve koruge boru türlerinin; içme suyu şebeke borularının inşaatları için Ø125, Ø200 ve Ø400 mm çapındaki polietilen, çelik ve düktil boru türlerinin fiyat analizlerinin birim fiyat internet adresinden [1] yararlanılarak yapılmasını kapsamaktadır. Boru çapı ile türlerine göre sonuçların birbiriyle karşılaştırılmak suretiyle, uygulamada karşılaşılan sorunlar da göz önünde bulundurularak, boru tercihinde fiyat/performans bakımından tavsiyeler ortaya konulması amaçlanmıştır.

BÖLÜM 2

KANALİZASYON İNŞAATLARINDA KULLANILAN BORU TÜRLERİ VE MALİYETLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

2.1. KANALİZASYON İNŞAATLARINDA KULLANILAN BORULAR

Boru tiplerine giriş yapmadan önce boruların pürüzlülük değerleri hakkında fikir sahibi olmak açısından geçiş ve türbülanslı akımlar yani Reynold sayısının 2300'den büyük olduğu değerler için ($Re > 2300$) doğrudan alınabilecek boru iç yüzeyleri pürüzlülük katsayı değerleri Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Boru pürüzlülük katsayıları [9].

Boru Cinsi	Boru Çapları									
	DN6- DN10	DN15- DN20	DN25- DN32	DN40- DN50	DN65- DN80	DN100- DN150	DN200- DN250	DN300- DN400	DN450- DN600	DN650- DN800
Çelik boru (İç yüzeyi düzgün)	0,027	0,023	0,020	0,018	0,016	0,015	0,013	0,012	0,011	0,010
Çelik boru (İç yüzeyi paslı)	0,080	0,060	0,050	0,040	0,035	0,030	0,025	0,023	0,020	0,018
Çelik boru (İç yüzeyi çok paslı)		0,080	0,065	0,055	0,045	0,040	0,030	0,025	0,023	0,020
Paslanmaz çelik boru	0,034	0,020	0,023	0,020	0,018	0,016	0,015	0,013	0,012	0,011
Galvanizli boru	0,050	0,040	0,035	0,030	0,025	0,023	0,018	0,017	0,015	0,013
İçi bitümlü boru	0,045	0,035	0,030	0,025	0,023	0,020	0,017	0,015	0,014	0,013
Plastik Alüminyum Bakır	0,015	0,013	0,012	0,011	0,010	0,010	0,009	0,008	0,007	0,007
Beton boru		0,100	0,080	0,065	0,055	0,045	0,035	0,030	0,028	0,024

Kanalizasyon inşaatlarında kullanılan borular; inşaa edilecek zeminin özelliklerine, doğal zemin yüklerine, hesap gereksinimlerine ve proje ömrüne göre seçilmektedir. Ülkemizde en çok tercih edilen kanalizasyon boruları; beton/betonarme borular,

koruge borular, spiral sarımlı koruge borular ve Cam elyaf Takviyeli Plastik (CTP) borular'dır.

2.1.1. Beton/Betonarme Borular

Bilindiği üzere beton; çimento, agrega ve suyun belli oranlarla karıştırılması ile elde edilir. Betonarme de betonun donatı ilave edilmiş halidir. Genellikle Ø150 mm ile Ø600 mm arasında yer alan çaplar beton, Ø700 mm ile Ø1600 mm arasında yer alan çaplar ise betonarme boru olarak imal edilir (Şekil 2.1). Birleşim yerlerinde entegre conta bulunduğu için sızdırmazlığın sağlanmasını kolaylaştırmaktadır [10].

Ø1200 mm'den daha büyük çaplarda her ne olursa olsun çap büyüdüğü için donatı iki sıra halinde hasır çelik konularak oluşturulur. Muflu betonarme boru ve lamba zıvanalı betonarme boru olarak iki farklı kesitte üretim yapılmaktadır. Cidar kalınlığının birleşim yerindeki azalmasının mukavemeti etkilemeyeceği çaplarda betonarme borular lamba zıvanalı birleşimli olarak imal edilir. Bu sayede gereksiz kazı, dolgu, beton, donatı vs. maliyetlerden kaçınılmış olur. Lamba zıvanalı borular Ø1600 mm ve üstü çaplar için uygulanan üretim yöntemidir. Birim fiyatlarda Ø1600 mm iç çaplı betonarme borular hem muflu hem de lamba zıvanalı olmak üzere iki farklı imalat için de tarif edilmiştir. Hammaddesi ülkemizde bolca bulunduğu için tamamı yerli sermaye olarak üretilmektedir [11].



a) Beton boru

b) Betonarme boru

Şekil 2.1. Entegre contalı beton ve betonarme kanalizasyon boruları [12,13].

Beton /betonarme boru kullanımının avantajları aşağıdaki şekildedir [3].

- Doğal zemin yüklerine karşı hayli dayanıklıdır.
- Rijitliğini yıllar boyunca muhafaza edebilir.
- Yerel kaynaklarla üretilebildiği için ülke ekonomisine katkı sağlar.

Dezavantajları ise aşağıdaki gibi ifade edilebilir [3];

- Sülfat vb. asitli zeminlerde önlem alınmadan kullanılmamalıdır.
- Döşenmesi koruge boruya nazaran daha uzun süre alır.
- Nakliye ve stoklama sırasında fazla fire verebilir.

2.1.2. Koruge Borular

Genellikle kanalizasyon sistemlerinde tercih edilen koruge borular, hammaddesi petrol olan yüksek yoğunluklu polietilenden ve genellikle Ø150-700 mm çap aralığında üretilirler. Yüksek yoğunluklu polietilen endüstriyel olarak Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE) şeklinde adlandırılmaktadır. Koruge boruların kullanımı, genellikle zemin suyunun yüzey seviyesine yakın olduğu bölgelerde, sızdırmazlığın sağlanabilmesi ya da zeminin asidik özellikler içermesi sebebiyle borularda korozyonu engellemek amacıyla tercih edilir. 1 kg HDPE boru elde edebilmek için yaklaşık olarak 2 kg petrole ihtiyaç duyulması ayrıca hammaddesinin ithal olarak temini sebebiyle üretim bandındaki fiyat değişimleri dalgalı olabilmektedir [3].



Şekil 2.2. Koruge boru [14].

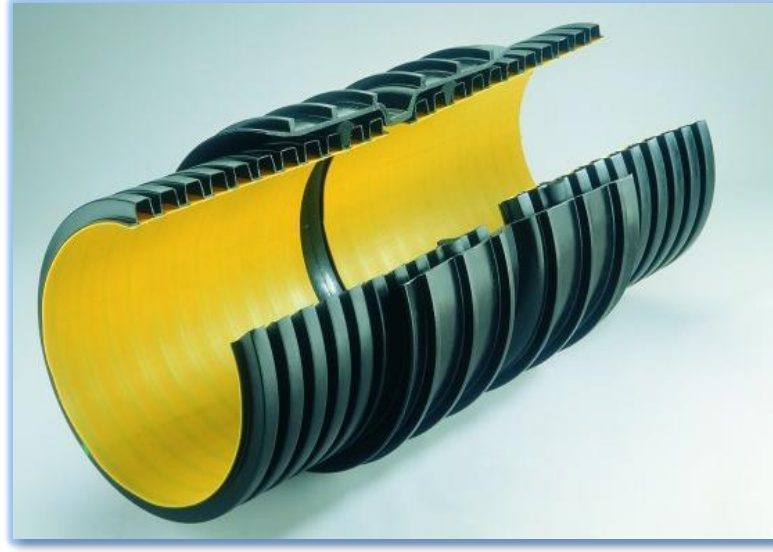
Koruge boru kullanımının da avantajları ve dezavantajları vardır. Bunlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir [3].

Avantajları;

- 50 yıla kadar kullanım ömrüne sahiptir.
- Hattın inşasını kolaylaştırır; işçilik ile iş makinesi maliyetleri düşüktür.
- Stoklaması (teleskobik-iç içe stoklama sayesinde) ve nakliyesi kolaydır.
- Esnek yapısı sebebiyle depreme karşı yüksek mukavemet gösterebilmektedir.
- Pürüzlülük katsayısı düşük olduğu için doluluk oranının düşürülmesi ile düşük çapların seçilebilmesine imkân tanır.

Dezavantajları;

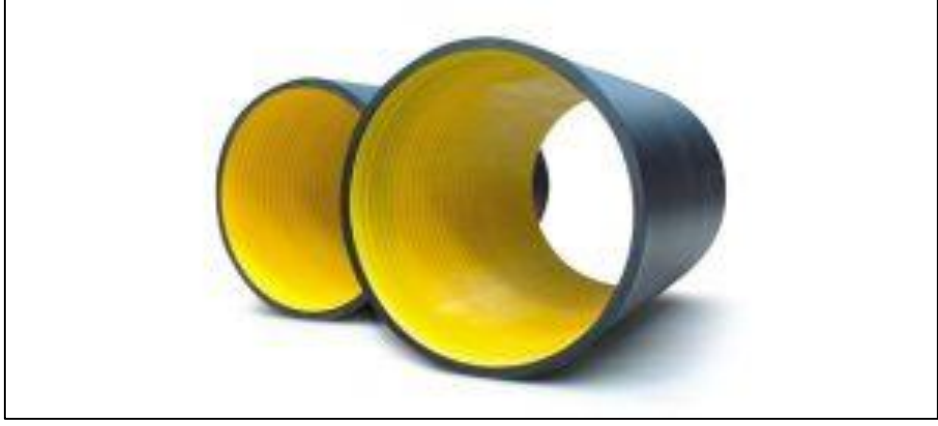
- Halka rijitlik değerleri (SN- kN/m^2); SN 4-8-10-12 halinde opsiyonel olarak sunulmakta olsa da, derin kazı gerektiren kanalizasyon hatlarında üzerindeki dolgu ve tabii zemin yüklerine bağlı olarak kolayca deforme olabilmektedir.
- Hammaddesi olan petrol dış kaynaklı olduğu için ülke ekonomisine pek katkısı yoktur. Ayrıca fiyat özellikleri değişkenlik göstermektedir.



Şekil 2.3. Koruge boru (mufsuz; manşon bağlantılı) [3].

2.1.3. Spiral Sarımlı Koruge Borular

Koruge boruların elastikiyetinin veya mukavemetinin yeterli gelmemesi durumunda genellikle $\text{Ø}800\text{-}2600$ mm çap aralığında spiral sarımlı koruge borular alternatif olarak üretilen borulardır. Kullanım alanına göre de istenilen çaplarda üretimi yapılabilmektedir. Standart koruge borudaki radyal ya da trapez dişli gövdenin yerine spiral sarımlı HDPE koruge borularda, çelik takviyeli ya da takviyesiz olacak şekilde üretilen HDPE şeritler, spiral ve sürekli şekilde boruyu sararak bütün halinde üretilmektedir. Elektrofüzyon kaynaklı, muflu birleşim yerinden dolayı sızdırmazlığın sağlanmasına da katkıda bulunur.



Şekil 2.4. Spiral sarımlı koruge boru [15].

Spiral sarımlı koruge boru kullanımının avantajı koruge boru avantajlarına ek olarak, koruge borulara göre dış yüklere karşı daha dayanıklı olmasıdır. Bunun yanı sıra dezavantajları da vardır ve aşağıdaki şekilde sıralanabilir [3].

- Boru, hatta göre kesilip kullanıldığında kalan parça tekrar kullanılmadığı için uygulama sırasında zayıf vermektedir.
- Birleşim yerlerindeki kaynak uygulaması standartlara uygun şekilde yapılmazsa sızdırmazlık sorunları yaşanabilmektedir.
- Nadir üretilen bir boru türü olmasından dolayı temini oldukça zordur. Bunun yanı sıra muayene bacası ve diğer hat bağlantı elemanlarında uyumsuzluklarla karşılaşılabilir.



Şekil 2.5. Spiral sarımlı koruge borunun hendeğe yerleştirilmesi ve döşenmesi [3].

2.2. BORU TÜRLERİNE GÖRE BİRİM MALİYETLER

Günümüz kanalizasyon sistemlerinde kullanımı en çok tercih edilen borular beton ya da koruge borulardır.

Kanalizasyon inşaatlarında genellikle kullanılan beton boru ve koruge boru (HDPE esaslı-PE 100/SN8) birim maliyetlerini (TL/m) teşkil eden pozlar İller Bankası A. Ş. 2020 Yılı Birim Fiyatları Kitabı'nın Altyapı Tesisleri Birim Fiyatları bölümünde var olup bu pozları teşkil eden alt pozlar (rayiçler) ise Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB) 2020 Yılı Birim Fiyatları Kitabı'nın İnşaat Birim Fiyatlarına Esas İşçilik-Araç ve Gereç Rayiç Listeleri bölümünden alınmıştır [16,17].

Her iki tip boru hattının yapımında en çok kullanılan Ø200, 300 ve 400 mm'lik anma çaplı hatların tesisi için birim maliyeti oluşturan kalemlerin içerisinde; eğer varsa yola ait kaplamaların sökülmesi, hendek kazısının yapılması, eğer varsa kazıyı destekleyici sistemlerin inşası (iksa, pano vb.), kum-çakıl malzeme ile yataklama ve gömlekleme yapılması, borunun döşenmesi, parsel bağlantıları için hattın üzerine 'C' parçalarının yerleştirilmesi, hendeğin dolgusunun stabilize veya kazıdan çıkan malzemeye yapılması gibi pozlar yer almaktadır.

2.2.1. Beton Boru Döşenmesinin Birim Maliyet Hesapları

2.2.1.1. Ø200 mm Çaplı Muflu Beton Boru İçin Bir Metre Maliyet Hesabı

Ø200 mm çaplı, 500 dozlu ve muflu beton boru ile kanalizasyon hattı yapımına ait analizde boru türüne göre değişkenlik gösterecek unsurlar, borunun döşenmesi alt pozunun oluşturulmasında ve abone (parsel) bağlantılarının yapılmasını sağlayan 'C' parçalarının teşkil edilmesinde görülmektedir. Bu yüzden bahsi geçen borunun 1 metresinin döşenmesine ait analiz, kanalizasyon inşaatı dahilinde kazılarak yataklaması tamamlanmış olan hendeğe borunun yerleştirilmesi, bağlantı ve diğer test işlemlerinin yapılmasını içerip (yüklenici kârı dahil) Çizelge 2.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.2. Ø200 mm çapında 1 m muflu beton boru döşenmesi maliyet analizi.

Ø200 mm Muflu Beton Kanalizasyon Borularının Döşenmesi (500 Dozlu, Buhar Kürlü, Entegre Contalı, Baş Bağlama ve Sızdırmazlık Bedeli Dâhil)				
POZ NO	İŞİN TANIMI	MİKTARI	BİRİM FİYATI	FİYATI
401.261.102	Çapı 200 mm muflu beton boru	1.03 m	28.30 ₺/m	29.15 ₺
101.001.050	Borucu ustası	0.383 sa	18.45 ₺/sa	7.07 ₺
101.001.062	Düz işçi (inşaat işçisi)	0.65 sa	13.50 ₺/sa	8.78 ₺
101.001.062	Düz işçi (inşaat işçisi)	0.047 sa	13.50 ₺/sa	0.63 ₺
Toplam=				45.63 ₺
Boru bağlantılarında sızdırmazlığın sağlanması bedeli 1 m için (%5)=				2.28 ₺
Toplam=				47.91 ₺
Yüklenici kârı ile genel giderler (%25) =				11.98 ₺
1 m boru döşeme bedeli =				59.89 ₺

Ø200 mm çaplı, 500 dozlu ve muflu beton boru üzerine abone bağlantısını sağlamak için yerleştirilmesi gereken buhar kürlü beton boru 'C' parçalarının teşkiline esas birim fiyat analizi Çizelge 2.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 2.3. 200/150 mm çaplı beton boru ‘C’ parçasının döşenmesi maliyet analizi.

Çapı 200/150 mm, Beton Boru C Parçasının Döşenmesi (500 Dozlu, Muflu, Buhar Kürlü, Entegre Contalı; Boru, Baş Bağlama ve Sızdırmazlık Testi Bedeli Dâhil)				
POZ NO	İŞİN TANIMI	MİKTARI	BİRİM FİYATI	FİYATI
401.261.302	200/150 mm çaplı beton boru C parçası	1 ad	41.30 ₺/ad	41.30 ₺
104.504.201	Ø150 mm lastik contalar (TS EN 681-1'E uygun 50 sertlik Sınıfı) yuvarlak contalar	1 ad	1.93 ₺/ad	1.93 ₺
101.001.050	Borucu Ustası	0.07 sa	18.45 ₺/sa	1.29 ₺
101.001.062	Düz İşçi (İnşaat İşçisi)	0.06 sa	13.50 ₺/sa	0.81 ₺
101.001.062	Düz İşçi (İnşaat İşçisi)	0.09 sa	13.50 ₺/sa	1.22 ₺
Toplam=				46.55 ₺
Boru bağlantılarında sızdırmazlığın sağlanması bedeli 1 adet için (%5)=				2.33 ₺
Toplam=				48.88 ₺
Yüklenici kârı ile genel giderler (%25) =				12.22 ₺
1 adet 'C' parçası döşeme bedeli =				61.10 ₺

2.2.1.2. Ø300 mm Çaplı Muflu Beton Boru İçin Bir Metre Maliyet Hesabı

Ø300 mm çaplı, 500 dozlu ve muflu beton boru ile kanalizasyon hattı yapımına ait analizde boru türüne göre değişkenlik gösterecek unsurlar, borunun döşenmesi alt pozunun oluşturulmasında ve abone (parsel) bağlantılarının yapılmasını sağlayan ‘C’ parçalarının teşkil edilmesinde görülmektedir. Bu yüzden bahsi geçen borunun 1 metresinin döşenmesine ait analiz, kanalizasyon inşaatı dahilinde kazılarak yataklaması tamamlanmış olan hendeğe borunun yerleştirilmesi, bağlantı ve diğer test işlemlerinin yapılmasını içerip (yüklenici kârı dahil) Çizelge 2.4’te gösterilmiştir.

Çizelge 2.4. Ø300 mm çapında 1 m muflu beton boru döşenmesi maliyet analizi.

Ø300 mm Muflu Beton Kanalizasyon Borularının Döşenmesi (500 Dozlu, Buhar Kürlü, Entegre Contalı, Baş Bağlama ve Sızdırmazlık Bedeli Dâhil)				
POZ NO	İŞİN TANIMI	MİKTARI	BİRİM FİYATI	FİYATI
401.261.103	Çapı 300 mm muflu beton boru	1.03 m	45.00 ₺/m	46.35 ₺
191.001.002	Ekskavatör-beko (125 hp) (borunun hendeğe indirilmesi ve konulması için)	0.07 sa	211.18 ₺/sa	14.78 ₺
191.001.002	Ekskavatör-beko (125 hp) (borunun hendeğe indirilmesi ve konulması için)	0.007 sa	211.18 ₺/sa	1.48 ₺
101.001.049	Borucu usta yardımcısı	0.07 sa	13.75 ₺/sa	0.96 ₺
101.001.050	Borucu ustası	0.07 sa	18.45 ₺/sa	1.29 ₺
101.001.057	Operatör yardımcısı	0.07 sa	17.75 ₺/sa	1.24 ₺
101.001.060	Formen	0.07 sa	27.10 ₺/sa	1.90 ₺
101.001.062	Düz işçi (inşaat işçisi)	0.48 sa	13.50 ₺/sa	6.48 ₺
Toplam=				74.48 ₺
Boru bağlantılarında sızdırmazlığın sağlanması bedeli 1 m için (%5)=				3.72 ₺
Toplam=				78.20 ₺
Yüklenici kârı ile genel giderler (%25) =				19.55 ₺
1 m boru döşeme bedeli =				97.75 ₺

Ø300 mm çaplı, 500 dozlu ve muflu beton boru üzerine abone bağlantısını sağlamak için yerleştirilmesi gereken buhar kürlü beton boru 'C' parçalarının teşkiline esas birim fiyat analizi Çizelge 2.5'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.5. 300/150 mm çaplı beton boru ‘C’ parçasının döşenmesi maliyet analizi.

Çapı 300/150 mm, Beton Boru C Parçasının Döşenmesi (500 Dozlu, Muflu, Buhar Kürlü, Entegre Contalı; Boru, Baş Bağlama ve Sızdırmazlık Testi Bedeli Dâhil)				
POZ NO	İŞİN TANIMI	MİKTARI	BİRİM FİYATI	FİYATI
401.261.303	300/150 mm çaplı beton boru C parçası	1 ad	45.00 ₺/ad	45.00 ₺
104.504.201	Ø150 mm lastik contalar (TS EN 681-1'E uygun 50 sertlik sınıfı) yuvarlak contalar	1 ad	1.93 ₺/ad	1.93 ₺
101.001.050	Borucu ustası	0.07 sa	18.45 ₺/sa	1.29 ₺
101.001.062	Düz işçi (inşaat işçisi)	0.06 sa	13.50 ₺/sa	0.81 ₺
101.001.062	Düz işçi (inşaat işçisi)	0.09 sa	13.50 ₺/sa	1.22 ₺
Toplam=				50.25 ₺
Boru bağlantılarında sızdırmazlığın sağlanması bedeli 1 adet için (%5)=				2.51 ₺
Toplam=				52.76 ₺
Yüklenici kârı ile genel giderler (%25) =				13.19 ₺
1 adet 'C' parçası döşeme bedeli =				65.95 ₺

2.2.1.3. Ø400 mm Çaplı Muflu Beton Boru İçin Bir Metre Maliyet Hesabı

Ø400 mm çaplı, 500 dozlu ve muflu beton boru ile kanalizasyon hattı yapımına ait analizde boru türüne göre değişkenlik gösterecek unsurlar, borunun döşenmesi alt pozunun oluşturulmasında ve abone (parsel) bağlantılarının yapılmasını sağlayan ‘C’ parçalarının teşkil edilmesinde görülmektedir. Bu yüzden bahsi geçen borunun 1 metresinin döşenmesine ait analiz, kanalizasyon inşaatı dahilinde kazılarak yataklaması tamamlanmış olan hendeğe borunun yerleştirilmesi, bağlantı ve diğer test işlemlerinin yapılmasını içerip (yüklenici kârı dahil) Çizelge 2.6’da gösterilmiştir.

Çizelge 2.6. Ø400 mm çapında 1 m muflu beton boru döşenmesi maliyet analizi.

Ø400 mm Muflu Beton Kanalizasyon Borularının Döşenmesi (500 Dozlu, Buhar Kürlü, Entegre Contalı, Baş Bağlama ve Sızdırmazlık Bedeli Dâhil)				
POZ NO	İŞİN TANIMI	MİKTARI	BİRİM FİYATI	FİYATI
401.261.104	Çapı 400 mm muflu beton boru	1.03 m	69.00 ₺/m	71.07 ₺
191.001.002	Ekskavatör-beko (125 hp) (borunun hendeğe indirilmesi ve konulması için)	0.11 sa	211.18 ₺/sa	23.23 ₺
191.001.002	Ekskavatör-beko (125 hp) (borunun hendeğe indirilmesi ve konulması için)	0.011 sa	211.18 ₺/sa	2.32 ₺
101.001.049	Borucu usta yardımcısı	0.11 sa	13.75 ₺/sa	1.51 ₺
101.001.050	Borucu ustası	0.11 sa	18.45 ₺/sa	2.03 ₺
101.001.057	Operatör yardımcısı	0.11 sa	17.75 ₺/sa	1.95 ₺
101.001.060	Formen	0.11 sa	27.10 ₺/sa	2.98 ₺
101.001.062	Düz işçi (inşaat işçisi)	0.56 sa	13.50 ₺/sa	7.56 ₺
Toplam=				112.65 ₺
Boru bağlantılarında sızdırmazlığın sağlanması bedeli 1 m için (%5)=				5.63 ₺
Toplam=				118.28 ₺
Yüklenici kârı ile genel giderler (%25) =				29.57 ₺
1 m boru döşeme bedeli =				147.85 ₺

Ø400 mm çaplı, 500 dozlu ve muflu beton boru üzerine abone bağlantısını sağlamak için yerleştirilmesi gereken buhar kürlü beton boru 'C' parçalarının teşkiline esas birim fiyat analizi Çizelge 2.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.7. 400/150 mm çaplı beton boru ‘C’ parçasının döşenmesi maliyet analizi.

Çapı 400/150 mm, Beton Boru C Parçasının Döşenmesi (500 Dozlu, Muflu, Buhar Kürülü, Entegre Contalı; Boru, Baş Bağlama ve Sızdırmazlık Testi Bedeli Dâhil)				
POZ NO	İŞİN TANIMI	MİKTARI	BİRİM FİYATI	FİYATI
401.261.304	400/150 mm çaplı beton boru C parçası	1 ad	50.00 ₺/ad	50.00 ₺
104.504.201	Ø150 mm lastik contalar (TS EN 681-1'E uygun 50 sertlik Sınıfı) yuvarlak contalar	1 ad	1.93 ₺/ad	1.93 ₺
101.001.050	Borucu ustası	0.07 sa	18.45 ₺/sa	1.29 ₺
101.001.062	Düz işçi (inşaat işçisi)	0.06 sa	13.50 ₺/sa	0.81 ₺
101.001.062	Düz işçi (inşaat işçisi)	0.09 sa	13.50 ₺/sa	1.22 ₺
Toplam=				55.25 ₺
Boru bağlantılarında sızdırmazlığın sağlanması bedeli 1 adet için (%5)=				2.76 ₺
Toplam=				58.01 ₺
Yüklenici kârı ile genel giderler (%25) =				14.50 ₺
1 adet 'C' parçası döşeme bedeli =				72.51 ₺

2.2.2. Koruge Boru Döşenmesinin Birim Maliyet Hesapları

2.2.2.1. Ø200 mm Çaplı Poli Etilen (PE) 100 (HDPE) SN 8 Koruge Boru İçin Bir Metre Maliyet Hesabı

Çapı Ø200 mm HDPE SN8 koruge boru ile kanalizasyon hattı yapımına ait analizde boru tipine göre değişkenlik gösterecek unsurlar, borunun döşenmesi alt pozunun oluşturulmasında, manşon kullanılarak boruların birbiriyle bağlantının yapılmasında ve abone (parsel) bağlantılarının yapılmasını sağlayan ‘C’ parçalarının teşkil edilmesinde görülmektedir. Bu yüzden bahsi geçen borunun 1 metresinin döşenmesine ait analiz, kanalizasyon inşaatı dahilinde kazılarak yataklaması tamamlanmış olan hendeğe borunun yerleştirilmesi ve döşenmesini içermekte olup (yüklenici kârı dahil) Çizelge 2.8’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.8. Ø200 mm çapında 1 m HDPE koruge boru döşenmesi maliyet analizi.

Çapı 200 mm HDPE Koruge Boru Döşenmesi (SN 8, Lastik Conta ve Boru Bedeli Dâhil)				
POZ NO	İŞİN TANIMI	MİKTARI	BİRİM FİYATI	FİYATI
104.501.204	Ø200 mm anma çaplı HDPE ve PP esaslı koruge kanalizasyon borusu (TS EN 13476-1) (SN8) (%5 zayıat dâhil)	1.02 m	17.00 ₺/m	17.34 ₺
104.501.204	Ø200 mm anma çaplı HDPE ve PP esaslı koruge kanalizasyon borusu (TS EN 13476-1) (SN8) (manşon)	0.015 m	17.00 ₺/m	0.26 ₺
104.504.202	Ø200 mm lastik contalar (TS EN 681-1'E uygun 50 sertlik sınıfı yuvarlak contalar)	0.75 ad	4.03 ₺/ad	3.02 ₺
101.001.062	Düz işçi (inşaat işçisi) (borunun hendeğe indirilmesi)	0.13 sa	13.50 ₺/sa	1.76 ₺
101.001.050	Borucu ustası	0.18 sa	18.45 ₺/sa	3.32 ₺
101.001.062	Düz işçi (İnşaat işçisi) (inşaat yerindeki yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma dâhil)	0.36 sa	13.50 ₺/sa	4.86 ₺
Toplam=				30.56 ₺
Yüklenici kârı ile genel giderler (%25) =				7.64 ₺
1 m boru döşenmesi bedeli=				38.20 ₺

Ø200 mm çapındaki PE 100 (HDPE) SN 8 koruge boruların birbiriyle bağlantılarının manşon kullanılarak yapılması ve sızdırmazlığının test edilmesine ait birim fiyat analizi (yüklenici kârı dahil) Çizelge 2.9'da gösterilmiştir.

Çizelge 2.9. Ø200 mm çaplı HDPE koruge boru manşonu döşenmesi maliyet analizi.

200 mm çapında HDPE Koruge Boru Manşonu Döşenmesi (SN 8, Boru Bağlantı Elemanı, Baş Bağlama ve Sızdırmazlık Testi Bedeli Dâhil)				
POZ NO	İŞİN TANIMI	MİKTARI	BİRİM FİYATI	FİYATI
401.271.102	200 mm çaplı koruge manşon (HDPE, SN 8)	1 ad	16.70 ₺/ad	16.70 ₺
101.001.050	Borucu ustası	0.13 sa	18.45 ₺/sa	2.40 ₺
101.001.062	Düz işçi (inşaat işçisi)	0.06 sa	13.50 ₺/sa	0.81 ₺
101.001.062	Düz işçi (inşaat işçisi)	0.18 sa	13.50 ₺/sa	2.43 ₺
Toplam=				22.34 ₺
Boru bağlantılarında sızdırmazlığın sağlanması bedeli 1 m için (%5)=				1.12 ₺
Toplam=				23.46 ₺
Yüklenici kârı ile genel giderler (%25) =				5.87 ₺
1 adet manşon konulması bedeli =				29.33 ₺

Ø200 mm çapındaki PE 100 (HDPE) SN 8 koruge boru üzerine Ø150 mm çapındaki abone bağlantısını sağlamak için yerleştirilmesi gereken koruge 'C' parçalarının teşkiline esas birim fiyat analizi Çizelge 2.10'da gösterilmiştir.

Çizelge 2.10. Çapı 200/150 mm HDPE koruge boru ‘C’ parçasının döşenmesi maliyet analizi.

200 / 150 mm çapında HDPE Koruge Boru C Parçası Döşenmesi (SN 8, Boru Bağlantı Elemanı, Baş Bağlama ve Sızdırmazlık Testi Bedeli Dâhil)				
POZ NO	İŞİN TANIMI	MİKTARI	BİRİM FİYATI	FİYATI
401.271.122	200 / 150 mm çaplı koruge C parçası (HDPE, SN 8)	1 ad	40.00 ₺/ad	40.00 ₺
101.001.050	Borucu ustası	0.13 sa	18.45 ₺/sa	2.40 ₺
101.001.062	Düz işçi (inşaat işçisi)	0.06 sa	13.50 ₺/sa	0.81 ₺
101.001.062	Düz işçi (inşaat işçisi)	0.18 sa	13.50 ₺/sa	2.43 ₺
Toplam=				45.64 ₺
Boru bağlantılarında sızdırmazlığın sağlanması bedeli 1 m için (%5)=				2.28 ₺
Toplam=				47.92 ₺
Yüklenici kârı ile genel giderler (%25) =				11.98 ₺
1 adet ‘C’ parçası döşenmesi bedeli =				59.90 ₺

2.2.2.2. Ø300 mm Çaplı Poli Etilen (PE) 100 (HDPE) SN 8 Koruge Boru İçin Bir Metre Maliyet Hesabı

Çapı Ø300 mm HDPE SN8 koruge boru ile kanalizasyon hattı yapımına ait analizde boru tipine göre değişkenlik gösterecek unsurlar, borunun döşenmesi alt pozunun oluşturulmasında, manşon kullanılarak boruların birbiriyle bağlantının yapılmasında ve abone (parsel) bağlantılarının yapılmasını sağlayan ‘C’ parçalarının teşkil edilmesinde görülmektedir. Bu yüzden bahsi geçen borunun 1 metresinin döşenmesine ait analiz, kanalizasyon inşaatı dahilinde kazılarak yataklaması tamamlanmış olan hendeğe borunun yerleştirilmesi ve döşenmesini içermekte olup (yüklenici kârı dahil) Çizelge 2.11’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.11. Ø300 mm çapında 1 m HDPE koruge boru döşenmesi maliyet analizi.

Çapı 300 mm HDPE Koruge Boru Döşenmesi (SN 8, Lastik Conta ve Boru Bedeli Dâhil)				
POZ NO	İŞİN TANIMI	MİKTARI	BİRİM FİYATI	FİYATI
104.501.206	Ø300 mm anma çaplı HDPE ve PP esaslı koruge kanalizasyon borusu (TS EN 13476-1) (SN8) (%5 zayıt dâhil)	1.02 m	42.00 ₺/m	42.84 ₺
104.501.206	Ø300 mm anma çaplı HDPE ve PP esaslı koruge kanalizasyon borusu (TS EN 13476-1) (SN8) (manşon)	0.015 m	42.00 ₺/m	0.63 ₺
104.504.203	Ø300 mm lastik contalar (TS EN 681-1'E uygun 50 sertlik sınıfı yuvarlak contalar)	0.5 ad	7.02 ₺/ad	3.51 ₺
101.001.062	Düz işçi (inşaat işçisi) (borunun hendeğe indirilmesi)	0.16 sa	13.50 ₺/sa	2.16 ₺
101.001.050	Borucu ustası	0.25 sa	18.45 ₺/sa	4.61 ₺
101.001.062	Düz işçi (İnşaat işçisi) (inşaat yerindeki yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma dâhil)	0.5 sa	13.50 ₺/sa	6.75 ₺
Toplam=				60.50 ₺
Yüklenici kârı ile genel giderler (%25) =				15.13 ₺
1 m boru döşenmesi bedeli=				75.63 ₺

Ø300 mm çapındaki PE 100 (HDPE) SN 8 koruge boruların birbiriyle bağlantılarının manşon kullanılarak yapılması ve sızdırmazlığının test edilmesine ait birim fiyat analizi (yüklenici kârı dahil) Çizelge 2.12'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.12. Ø300 mm çaplı HDPE koruge boru manşonu döşenmesi maliyet analizi.

300 mm çapında HDPE Koruge Boru Manşonu Döşenmesi (SN 8, Boru Bağlantı Elemanı, Baş Bağlama ve Sızdırmazlık Testi Bedeli Dâhil)				
POZ NO	İŞİN TANIMI	MİKTARI	BİRİM FİYATI	FİYATI
401.271.103	300 mm çaplı koruge manşon (HDPE, SN 8)	1 ad	38.30 ₺/ad	38.30 ₺
101.001.050	Borucu ustası	0.14 sa	18.45 ₺/sa	2.58 ₺
101.001.062	Düz işçi (inşaat işçisi)	0.07 sa	13.50 ₺/sa	0.95 ₺
101.001.062	Düz işçi (inşaat işçisi)	0.2 sa	13.50 ₺/sa	2.70 ₺
Toplam=				44.53 ₺
Boru bağlantılarında sızdırmazlığın sağlanması bedeli 1 m için (%5)=				2.23 ₺
Toplam=				46.76 ₺
Yüklenici kârı ile genel giderler (%25) =				11.69 ₺
1 adet manşon konulması bedeli =				58.45 ₺

Ø300 mm çaplı PE 100 (HDPE) SN 8 koruge boru üzerine Ø150 mm çapındaki abone bağlantısını sağlamak için yerleştirilmesi gereken koruge 'C' parçalarının teşkiline esas birim fiyat analizi Çizelge 2.13'te gösterilmiştir.

Çizelge 2.13. Çapı 300/150 mm HDPE koruge boru ‘C’ parçasının döşenmesi maliyet analizi.

300 / 150 mm çapında HDPE Koruge Boru C Parçası Döşenmesi (SN 8, Boru Bağlantı Elemanı, Baş Bağlama ve Sızdırmazlık Testi Bedeli Dâhil)				
POZ NO	İŞİN TANIMI	MİKTARI	BİRİM FİYATI	FİYATI
401.271.123	300 / 150 mm çaplı koruge C parçası (HDPE, SN 8)	1 ad	70.00 ₺/ad	70.00 ₺
101.001.050	Borucu ustası	0.14 sa	18.45 ₺/sa	2.58 ₺
101.001.062	Düz işçi (inşaat işçisi)	0.07 sa	13.50 ₺/sa	0.95 ₺
101.001.062	Düz işçi (inşaat işçisi)	0.2 sa	13.50 ₺/sa	2.70 ₺
Toplam=				76.23 ₺
Boru bağlantılarında sızdırmazlığın sağlanması bedeli 1 m için (%5)=				3.81 ₺
Toplam=				80.04 ₺
Yüklenici kârı ile genel giderler (%25) =				20.01 ₺
1 adet ‘C’ parçası döşenmesi bedeli =				100.05 ₺

2.2.2.3. Ø400 mm Çaplı Poli Etilen (PE) 100 (HDPE) SN 8 Koruge Boru İçin Bir Metre Maliyet Hesabı

Çapı Ø400 mm HDPE SN8 koruge boru ile kanalizasyon hattı yapımına ait analizde boru tipine göre değişkenlik gösterecek unsurlar, borunun döşenmesi alt pozunun oluşturulmasında, manşon kullanılarak boruların birbiriyle bağlantının yapılmasında ve abone (parsel) bağlantılarının yapılmasını sağlayan ‘C’ parçalarının teşkil edilmesinde görülmektedir. Bu yüzden bahsi geçen borunun 1 metresinin döşenmesine ait analiz, kanalizasyon inşaatı dahilinde kazılarak yataklaması tamamlanmış olan hendeğe borunun yerleştirilmesi ve döşenmesini içermekte olup (yüklenici kârı dahil) Çizelge 2.14’te gösterilmiştir.

Çizelge 2.14. Ø400 mm çapında 1 m HDPE koruge boru döşenmesi maliyet analizi.

Çapı 400 mm HDPE Koruge Boru Döşenmesi (SN 8, Lastik Conta ve Boru Bedeli Dâhil)				
POZ NO	İŞİN TANIMI	MİKTARI	BİRİM FİYATI	FİYATI
104.501.207	Ø400 mm anma çaplı HDPE ve PP esaslı koruge kanalizasyon borusu (TS EN 13476-1) (SN8) (%5 zayıt dâhil)	1.02 m	68.00 ₺/m	69.36 ₺
104.501.207	Ø400 mm anma çaplı HDPE ve PP esaslı koruge kanalizasyon borusu (TS EN 13476-1) (SN8) (manşon)	0.015 m	68.00 ₺/m	1.02 ₺
104.504.204	Ø400 mm lastik contalar (TS EN 681-1'E uygun 50 sertlik sınıfı yuvarlak contalar)	0.4 ad	8.28 ₺/ad	3.31 ₺
101.001.062	Düz işçi (inşaat işçisi) (borunun hendeğe indirilmesi)	0.2 sa	13.50 ₺/sa	2.70 ₺
101.001.050	Borucu ustası	0.3 sa	18.45 ₺/sa	5.54 ₺
101.001.062	Düz işçi (İnşaat işçisi) (inşaat yerindeki yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma dâhil)	0.6 sa	13.50 ₺/sa	8.10 ₺
Toplam=				90.03 ₺
Yüklenici kârı ile genel giderler (%25) =				22.51 ₺
1 m boru döşenmesi bedeli=				112.54 ₺

Ø400 mm çapındaki PE 100 (HDPE) SN 8 koruge boruların birbiriyle bağlantılarının manşon kullanılarak yapılması ve sızdırmazlığının test edilmesine ait birim fiyat analizi (yüklenici kârı dahil) Çizelge 2.15'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.15. Ø400 mm çaplı HDPE koruge boru manşonu döşenmesi maliyet analizi.

400 mm çapında HDPE Koruge Boru Manşonu Döşenmesi (SN 8, Boru Bağlantı Elemanı, Baş Bağlama ve Sızdırmazlık Testi Bedeli Dâhil)				
POZ NO	İŞİN TANIMI	MİKTARI	BİRİM FİYATI	FİYATI
401.271.104	400 mm çaplı koruge manşon (HDPE, SN 8)	1 ad	84.00 ₺/ad	84.00 ₺
101.001.050	Borucu ustası	0.15 sa	18.45 ₺/sa	2.77 ₺
101.001.062	Düz işçi (inşaat işçisi)	0.08 sa	13.50 ₺/sa	1.08 ₺
101.001.062	Düz işçi (inşaat işçisi)	0.22 sa	13.50 ₺/sa	2.97 ₺
Toplam=				90.82 ₺
Boru bağlantılarında sızdırmazlığın sağlanması bedeli 1 m için (%5)=				4.54 ₺
Toplam=				95.36 ₺
Yüklenici kârı ile genel giderler (%25) =				23.84 ₺
1 adet manşon konulması bedeli =				119.20 ₺

Ø400 mm çaplı PE 100 (HDPE) SN 8 koruge boru üzerine Ø150 mm çapındaki abone bağlantısını sağlamak için yerleştirilmesi gereken koruge ‘C’ parçalarının teşkiline esas birim fiyat analizi Çizelge 2.16’da gösterilmiştir.

Çizelge 2.16. Çapı 400/150 mm HDPE koruge boru ‘C’ parçasının döşenmesi maliyet analizi.

400 / 150 mm çapında HDPE Koruge Boru C Parçası Döşenmesi (SN 8, Boru Bağlantı Elemanı, Baş Bağlama ve Sızdırmazlık Testi Bedeli Dâhil)				
POZ NO	İŞİN TANIMI	MİKTARI	BİRİM FİYATI	FİYATI
401.271.124	400 / 150 mm çaplı koruge C parçası (HDPE, SN 8)	1 ad	175.00 ₺/ad	175.00 ₺
101.001.050	Borucu ustası	0.15 sa	18.45 ₺/sa	2.77 ₺
101.001.062	Düz işçi (inşaat işçisi)	0.08 sa	13.50 ₺/sa	1.08 ₺
101.001.062	Düz işçi (inşaat işçisi)	0.22 sa	13.50 ₺/sa	2.97 ₺
Toplam=				181.82 ₺
Boru bağlantılarında sızdırmazlığın sağlanması bedeli 1 m için (%5)=				9.09 ₺
Toplam=				190.91 ₺
Yüklenici kârı ile genel giderler (%25) =				47.73 ₺
1 adet ‘C’ parçası döşenmesi bedeli =				238.64 ₺

2.3. BORU MALİYETLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

Boru türlerine göre beton ve koruge borudan inşaa edilen hatların döşeme maliyetlerini karşılaştırmak için; proje gereksinimlerinin, zeminin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin, dolgu, trafik, harici diğer yüklerin, eşdeğer çaplara göre hat uzunlukları ve abone bağlantı adetlerinin eşit olduğunun kabul edilmesi ile değişmeyen maliyetler hesap dışı tutularak, değişkenliğe neden olan pozlara göre hesaplanan birim maliyetler dikkate alınarak maliyet karşılaştırması yapılmıştır [18].

İlbank A.Ş.’nin uyguladığı kanalizasyon inşaatlarında, uygulama yerine göre hat miktarları değişkenlik gösterse de, karşılaştırma yapabilmek için ortalama bir miktar kabulü yapılmak suretiyle; çapı Ø200 mm’den ve üzerinde 750 abone bağlantısından oluşan hattın 25000 m, çapı Ø300 mm’den ve üzerinde 40 abone bağlantısından oluşan hattın 3500 m, çapı Ø400 mm’den ve üzerinde 10 abone bağlantısından oluşan hattın 1500 m yapılacağı kabul edilmiştir [3]. Beton ve koruge boru için hesaplanan değişken maliyetler Çizelge 2.17’de derlenmiştir.

Çizelge 2.17. Beton ve koruge boru ile ilgili hesaplanan değişken maliyetler.

Beton ve Koruge Boru İle İlgili Hesaplanan Değişken Maliyetler				
BORU TÜRÜ	İŞİN TANIMI	MALİYETLER		
		Ø200 mm	Ø300 mm	Ø400 mm
Beton boru (muflu)	Boru imalatı (borunun hendeğe yerleştirilmesi, döşenmesi, test edilmesi)	59.89 ₺/m	97.75 ₺/m	147.85 ₺/m
	'C' parçası konulması	61.10 ₺/ad	65.95 ₺/ad	72.51 ₺/ad
Koruge boru	Boru imalatı (borunun hendeğe yerleştirilmesi ve döşenmesi)	38.20 ₺/m	75.63 ₺/m	112.54 ₺/m
	1 adet manşon konulması (boru bağlantısının yapılması ve test edilmesi)	29.33 ₺/ad	58.45 ₺/ad	119.20 ₺/ad
	'C' parçası konulması	59.90 ₺/ad	100.05 ₺/ad	238.64 ₺/ad

İlgili enstrüman birim maliyetleri ele alınarak, daha önce kabul edilen hat miktarlarına göre ağırlıkları nispetinde yapılacak olan toplam imalatlar bu birim maliyetler ile çarpılarak genel bir tutar elde edilmiş, bu tutar da toplam imalata bölünmek suretiyle hat imalatı birim maliyeti olup tek kalem altında toplanarak (Çizelge 2.18 ve Çizelge 2.19) bu maliyetler üzerinden boru türüne göre kıyaslama yapılmıştır (Şekil 2.6).

25000 m'lik, çapı Ø200 mm'den ve üzerinde 750 abone bağlantısından oluşan hattın, 3500 m'lik, çapı Ø300 mm'den ve üzerinde 40 abone bağlantısından oluşan hattın, 1500 m'lik, çapı Ø400 mm'den ve üzerinde 10 abone bağlantısından oluşan hattın beton boru kullanılarak yapılması sonucu ortaya çıkan boru maliyeti (TL/m) Çizelge 2.18'de hesaplanmıştır [3].

Çizelge 2.18. Beton boru maliyeti.

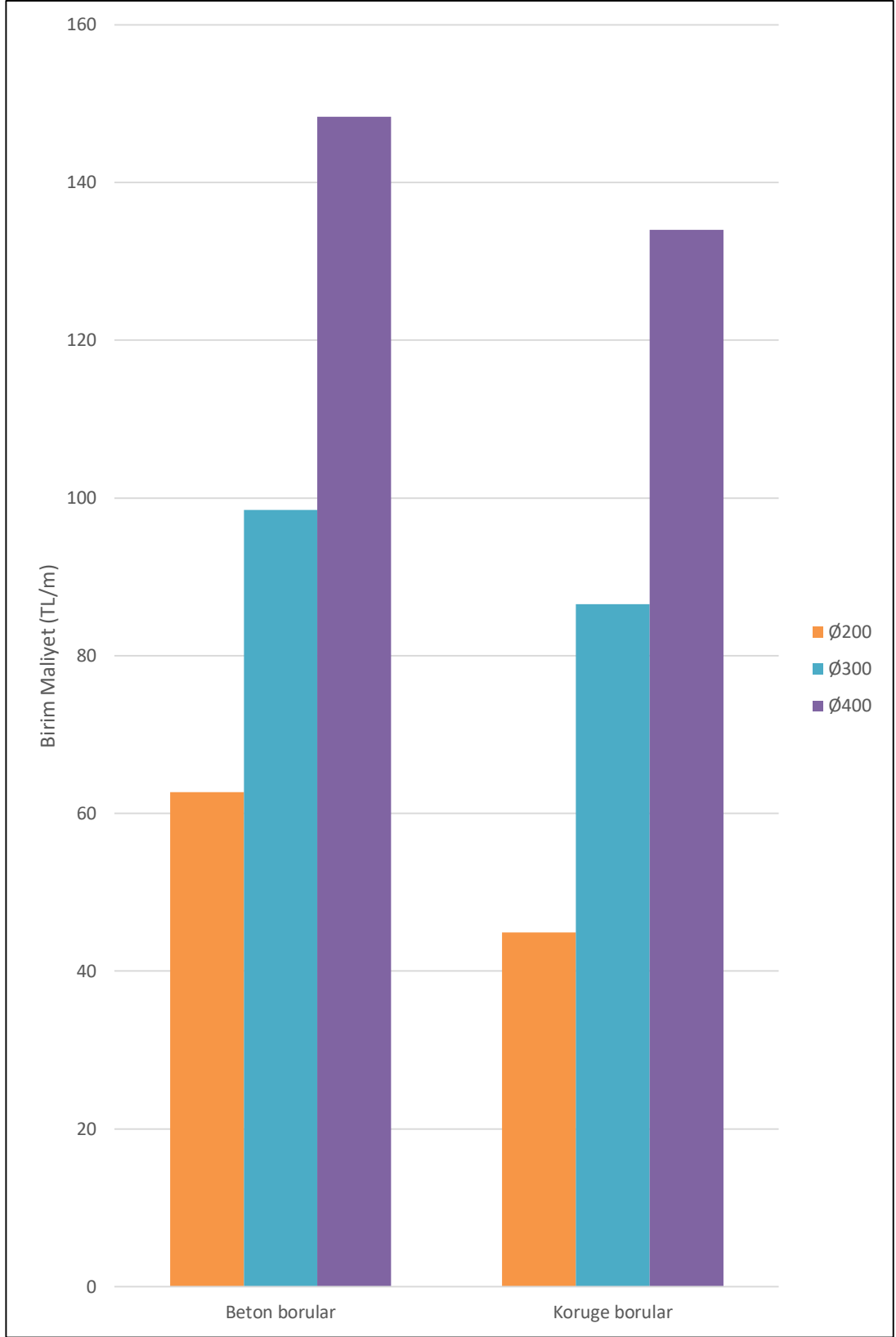
	İLGİLİ ENSTRÜMAN	MİKTARI	BİRİM FİYATI	FİYATI
Ø200 mm	Boru imalatı (borunun hendeğe yerleştirilmesi, döşenmesi, test edilmesi)	25000 m	59.89 ₺	1,497,250.00 ₺
	'C' parçası konulması	750 ad	61.10 ₺	45,825.00 ₺
Toplam=				1,543,075.00 ₺
Eklenik metraj=				25000 m
Ø200 mm çaplı beton boru maliyeti=				61.72 ₺/m
	İLGİLİ ENSTRÜMAN	MİKTARI	BİRİM FİYATI	FİYATI
Ø300 mm	Boru imalatı (borunun hendeğe yerleştirilmesi, döşenmesi, test edilmesi)	3500 m	97.75 ₺	342,125.00 ₺
	'C' parçası konulması	40 ad	65.95 ₺	2,638.00 ₺
Toplam=				344,763.00 ₺
Eklenik metraj=				3500 m
Ø300 mm çaplı beton boru maliyeti=				98.50 ₺/m
	İLGİLİ ENSTRÜMAN	MİKTARI	BİRİM FİYATI	FİYATI
Ø400 mm	Boru imalatı (borunun hendeğe yerleştirilmesi, döşenmesi, test edilmesi)	1500 m	147.85 ₺	221,775.00 ₺
	'C' parçası konulması	10 ad	72.51 ₺	725.10 ₺
Toplam=				222,500.10 ₺
Eklenik metraj=				1500 m
Ø400 mm çaplı beton boru maliyeti=				148.33 ₺/m

25000 m'lik, çapı Ø200 mm'den ve üzerinde 750 abone bağlantısından oluşan hattın, 3500 m'lik, çapı Ø300 mm'den ve üzerinde 40 abone bağlantısından oluşan hattın, 1500 m'lik, çapı Ø400 mm'den ve üzerinde 10 abone bağlantısından oluşan hattın koruge boru kullanılarak yapılması sonucu ortaya çıkan boru maliyeti (TL/m) Çizelge 2.19'da hesaplanmıştır [3].

Çizelge 2.19. Koruge boru maliyeti.

Ø200 mm	İLGİLİ ENSTRÜMAN	MİKTARI	BİRİM FİYATI	FİYATI
		Boru imalatı (borunun hendeğe yerleştirilmesi ve döşenmesi)	25000 m	38.20 ₺
	Manşon konulması (boru bağlantısının yapılması ve test edilmesi) (boru boyu 6m)	4167 ad	29.33 ₺	122,218.11 ₺
	'C' parçası konulması	750 ad	59.90 ₺	44,925.00 ₺
Toplam=				1,122,143.11 ₺
Eklenik metraj=				25000 m
Ø200 mm çaplı koruge boru maliyeti=				44.89 ₺/m
Ø300 mm	İLGİLİ ENSTRÜMAN	MİKTARI	BİRİM FİYATI	FİYATI
		Boru imalatı (borunun hendeğe yerleştirilmesi ve döşenmesi)	3500 m	75.63 ₺
	Manşon konulması (boru bağlantısının yapılması ve test edilmesi) (boru boyu 6m)	584 ad	58.45 ₺	34,134.80 ₺
	'C' parçası konulması	40 ad	100.05 ₺	4,002.00 ₺
Toplam=				302,841.80 ₺
Eklenik metraj=				3500 m
Ø300 mm çaplı koruge boru maliyeti=				86.53 ₺/m
Ø400 mm	İLGİLİ ENSTRÜMAN	MİKTARI	BİRİM FİYATI	FİYATI
		Boru imalatı (borunun hendeğe yerleştirilmesi ve döşenmesi)	1500 m	112.54 ₺
	Manşon konulması (boru bağlantısının yapılması ve test edilmesi) (boru boyu 6m)	250 ad	119.20 ₺	29,800.00 ₺
	'C' parçası konulması	10 ad	238.64 ₺	2,386.40 ₺
Toplam=				200,996.40 ₺
Eklenik metraj=				1500 m
Ø400 mm çaplı koruge boru maliyeti=				134.00 ₺/m

Hesaplanan maliyetler karşılaştırmalı olarak hazırlanan grafik üzerinde gösterilmiştir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Beton ve koruge boru maliyetlerinin karşılaştırmalı grafiği.

BÖLÜM 3

İÇME SUYU İNŞAATLARINDA KULLANILAN BORU TÜRLERİ VE MALİYETLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

3.1. İÇME SUYU İNŞAATLARINDA KULLANILAN BORULAR

İçme suyu inşaatlarında kullanılan borular; harici zemin yüklerine, proje ömrüne, işletme basıncı, su temin noktasına bağlı düşü yüksekliği ve diğer hesap gereksinimlerine göre belirlenmektedir. Ülkemizde kullanımı en yaygın olan içme suyu boruları; çelik borular, düktil borular, Politetilen (PE) borular, Poli Vinil Clorur (PVC) borular, Polipropilen Random Co-polimer (PPRC) borular, font borular ve Asbestli Çimento Borular (AÇB)'dir.

3.1.1. Çelik Borular

Hammaddesi demirdir. Demirin yüksek sıcaklıklarda haddelenerek sac haline getirilmesi ve bu şekilde dikişli (kaynaklı) ya da dikişsiz olarak birleştirilmesi ile çelik çekme borular elde edilmektedir.



Şekil 3.1. Çelik boru [4].

Çelik boru kullanımının avantajları aşağıdaki şekildedir [3].

- Basınç ve çekme dayanımı son derece yüksektir.
- Su darbelerine (water hammer) karşı yüksek dayanıma sahiptir.

Dezavantajları ise aşağıdaki gibi ifade edilebilir [3].

- Korozyon dayanıklılığı düşüktür. Katodik koruma veya epoksili iç ya da dış kaplama yapılmasına ihtiyaç duyabilmektedir.
- Boruların birbiriyle kaynaklı birleşim yerlerinde sürekliliğin sağlanamaması veya bunun röntgen çekimi esnasında farkedilememesi halinde sızdırmazlık bakımından sorunlarla karşılaşılabilir.

3.1.2. Düktil Borular

Demirin eritilmek suretiyle sıvı haldeyken içerisine zirkonyum, kalsiyum, seryum, baryum gibi elementlerin katılması ile silisyum, fosfor, manganez, kükürt, karbon gibi elementlerin seyreltilmesi yoluyla; dökme demirin kırılma dayanımının azaltılarak, özelliklerinin optimum düzeye getirildikten sonra santrifüj döküm metoduyla elde edilen boru türleri düktil borular olarak tanımlanmaktadır. [3].

Çelik borulardan ayrımı; döküm metoduyla üretilmesi ve bu esnada içeriğindeki kırılma özelliğe haiz elementlerden yeteri kadar ayrıştırılmış olmasıdır. Ayrıca, içi çimento kaplı olduğu için sağlık açısından çelik borulardan daha uygun olup, döküm haricindeki dış kısmı sırasıyla çinko ve bitüm kaplı olduğu için asidik ve katodik koruma niteliğini barındıran bir boru tipidir. Ülkemizde sadece bir firma tarafından üretiminin olması ve yüksek miktarlardaki siparişler dışında ithal olarak (Hindistan, Çin gibi ülkelerden) tedarikinin ekonomik olmaması, kullanımının yaygınlaşmamasındaki en büyük faktördür.

Düktil boru kullanımının avantajları aşağıdaki şekildedir [3].

- Hem basınç hem de çekme dayanımı yüksek olup, sünek davranabilmektedir.
- Korozyona oldukça dayanıklıdır.
- Deprem etkilerine karşı yüksek dayanım gösterir.
- Su darbelerine karşı dayanımı yüksektir.
- Suyun veya zeminin sebep olduğu asidik özelliklere dayanıklıdır.

Dezavantajları ise aşağıdaki gibi ifade edilebilir [3].

- İthal olarak temin edilmesi halinde nakliye mesafelerinden dolayı pek ekonomik olmayıp, ülke içi piyasasında da rekabet ortamının oluşmaması sebebiyle stok durumu yetersiz ve birim fiyatı yüksektir.
- Santrifüj döküm metodu ile üretilmesi, ayrıca çinko, çimento ve bitüm kaplama içeriği ile özel üretim gerektirmesinden dolayı maliyeti yüksektir.



Şekil 3.2. Düktil boru [3].

3.1.3. PVC Borular

Hammaddesi petrol veya doğalgazın türevi olan polivinil klorür olup bu maddenin kısaltılmış ismi olan PVC adı ile anılan boru türüdür. PVC hammaddesi ile tuz kullanılarak üretilir. Yaygın kullanım alanlarını irdelersek, diğer içme suyu şebeke borularına kıyasla basınç dayanımı daha az olduğundan bina içi tesisatlarında ya da basıncın sifıra yaklaştığı içme suyu şebeke uç noktalarında kullanılır. Ayrıca tarımsal sulama şebekelerinde, pis su şebekelerinde, kanalizasyon ve atık su şebekelerinde,

sınai ve kimyasal tesislerde, hidrant şebekelerinde, havuz uygulamalarında, tahliye hatlarında, kablo koruma ve izolasyon amaçlı olarak, kültür balıkçılığı sanayisinde ve yangın şebekelerinde de kullanım alanları vardır [3,19].

PVC boru kullanımının avantajları aşağıdaki şekildedir [3,19].

- Düşük maliyetlidir.
- Hafiftir.
- İşçiliği kolaydır.
- Suyu tat veya koku vermez.
- Su ile tepkimeye girmez.
- PVC'nin pürüzsüz iç duvar yüzeyi biyofilm oluşmasını engelleyerek su kirliliğini önler.
- Boru içi ve dışı korozyona ve kimyasallara karşı dayanıklıdır.
- Erozyona ve aşınmaya karşı oldukça dirençlidir.
- Su geçirmez eklemler, arıtma tesislerinde sızıntıyı önemli ölçüde azaltır.
- Pürüzsüz cidarı ile viskoziteyi en aza indirir.

Dezavantajları ise aşağıdaki gibi ifade edilebilir [3].

- İçme suyu tesislerinde kullanım alanı kısıtlıdır.
- İç ve dış basınca karşı dayanıksızdır, esneme kabiliyeti yine başka bir petrol türevi olan PE borularla kıyaslanamayacak kadar düşüktür.



a) PVC boru (İçme suyu şebeke uç noktasında) b) PVC boru (Bina içi tesisat)

Şekil 3.3. Entegre contalı beton ve betonarme kanalizasyon boruları [3,20].

3.1.4. Poli Etilen (PE) Borular

Hammaddesi petrol olup etilen gazının polimerizasyonu ile elde edilir. Kısaca 'PE' olarak isimlendirilen bu boru tipinin ilk kullanılan çeşidi PE 32 olsa da boru teknolojisinde süregelen gelişmeler neticesinde günümüzde içme suyu tesislerinde en çok PE 100 olan çeşidi kullanılır. PE 32'den üretilen borular yüksek basınç gerektirmeyen sistemlerde kullanıldı. Uzun süren araştırmalar ve çalışmalar neticesinde geliştirilen PE 100, bugüne kadar geliştirilen yüksek basınca dayanıklı en güçlü plastik borudur. Aynı işletme basıncında ve çapta PE 100 boruları PE 32 ve PE 80 borulara göre daha ince et kalınlığına sahiptir. Bu bakımdan PE 100 borularda daha ince et kalınlığı daha büyük iç çap oluşturmakta aynı debi için bir boy küçük çap kullanım olanağı olduğundan, malzeme tasarrufu da sağlamaktadır. 4 atm iç basınca dayanıklı (PN 4) ile iç basıncı 32 atm'ye dayanan (PN 32) basınç sınıf aralığında üretilirler. HDPE borular da PE 100 boru tipinin özel bir imalatıdır [21].

PE 100 boruların kullanım alanı oldukça geniştir. Yer altı ve yer üstü içme ve kullanma suyu şebekelerinde, deniz deşarj sistemlerinde, kanalizasyon deşarj sistemlerinde, atık su sistemlerinde, katı atık (çöp) drenaj sistemlerinde, drenaj projelerinde, tarımsal sulama sistemlerinde, spor sahaları ve bahçelerin sulanmasında, jeotermal sistemler ve maden işletmelerinde, ilaç ve kimya sanayisinde, çimento sanayisinde, petrokimya sanayinde, gıda sektöründe, denizcilik ve balıkçılık ile marinalarda, binalarda ve birçok endüstriyel sistemlerde, yangın suyu ve soğutma suyu sistemlerinde, telekomünikasyon kablolama sistemlerinde ve birçok alanda kullanım alanı yaygındır [22].

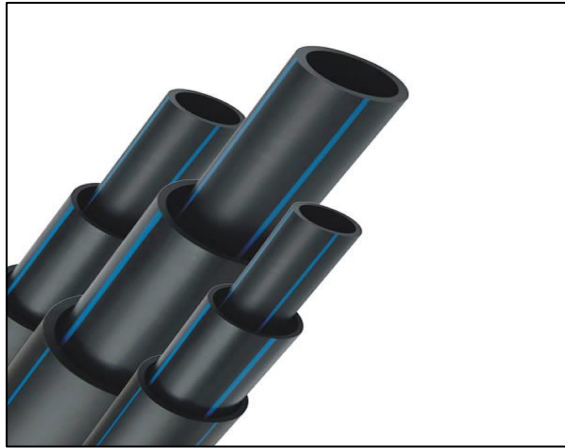
PE boru kullanımının avantajları aşağıdaki şekildedir [3,23].

- Sağlamdır; çevre şartlarına dayanıklıdır, aşınma dayanımı yüksektir, delinmez. Ayrıca akışkana molekül geçişi söz konusu olmadığından kanserojen etkisi yoktur.
- Ø125 mm çapına kadar olanlar sarılarak kangal haline getirilebildiği için nakliye ve imalat açısından kolaylık sağlar.

- Asit, baz ve çözücülere karşı dayanıklıdır.
- Yüksek elastiklik özelliğinden dolayı %600 kopma uzamasına sahiptir. -40°C'ye kadar elastiklik kabiliyetini korur.
- Dielektrik özellikleri üstündür.
- Birleşimlerinde kullanılan elektrofüzyon kaynağı ile sızdırmazlığın sağlanması kolaydır.
- Kolay işlenebilir, birleştirme işlemi kanal dışında yapıp daha sonra kanal içine yerleştirilebilir.
- Yoğunluğu düşük olduğundan dolayı çelikten 8 kat hafiftir.
- Su/koç darbelerine (water hammer) dayanıklıdır.
- PE borular, en az 50 yıl boyunca nominal işletme basıncında sorunsuz çalışırlar.
- PE borular, birleştirme yöntemlerinden dolayı % 100 sızdırmazlık sağlar. Montaj fitesi oluşmaz. Su kayıp ve kaçaklarının önlenmesine katkı sağlarlar.
- Ultraviyole (UV) ışınlarına karşı dirençlidirler.
- Katodik korumaya ihtiyaç duymazlar.

Dezavantajları ise aşağıdaki gibi ifade edilebilir [3].

- Hammaddesi ithal olarak temin edildiği için fiyatı değişkenlik göstermektedir.
- Her boru birleşim kaynak bölgesinde teker teker test edilmediği takdirde üretim hataları erken farkedilememekte ve işletme aşamasında sorunlarla karşılaşılabilir.



Şekil 3.4. PE boru [24].

3.1.5. Poli Propilen Random Co-Polimer (PPRC) Borular

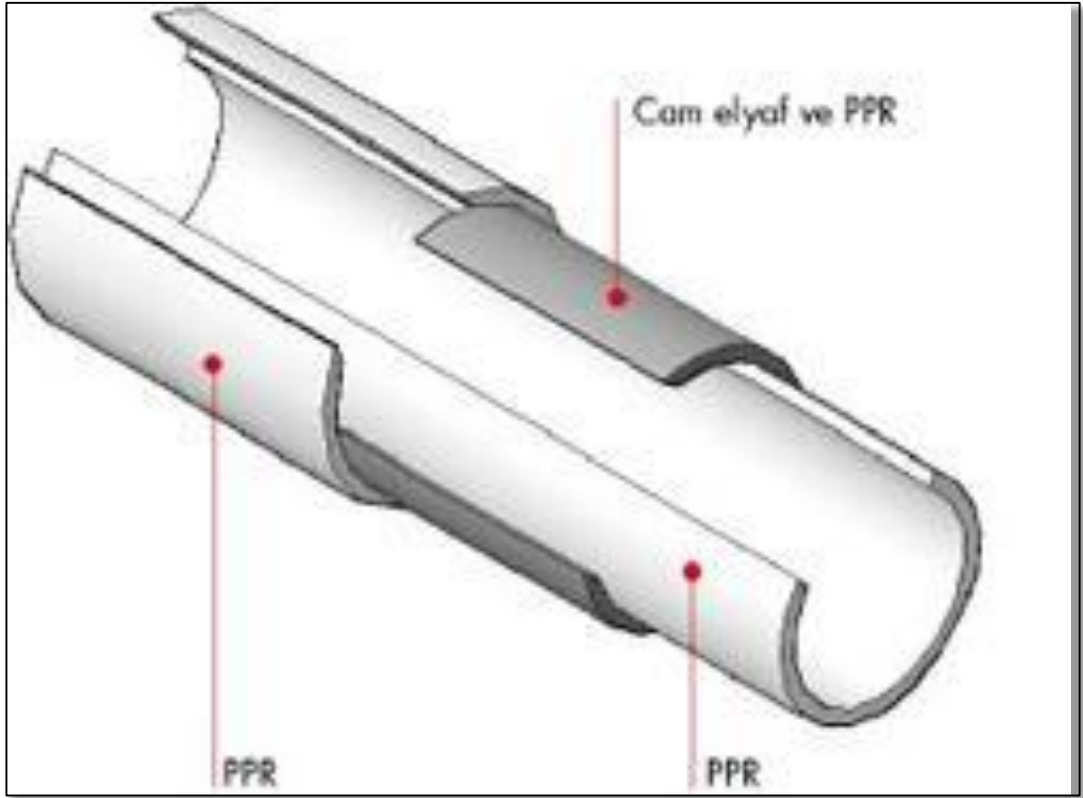
Petrolden elde edilen propilenin polimerizasyonu ile üretilmektedir. PE 100 ile büyük oranda benzerlik gösterir ancak daha düşük elastisiteye sahiptir. PE 100 boruların kullanımı yaygınlaşmadan önce PVC gibi Poli Propilen Random Co-polimer (PPRC) borular da yaygın olarak kullanılmaktaydı. Sıcaklık farklarına ve basınca dayanımı iyi olduğu için, cam elyaf takviyesi ile çekme mukavemeti artırılır böylece içme suyu tesislerinde kullanılır.

PPRC boru kullanımının avantajları aşağıdaki şekildedir [3,25].

- Kimyasallara karşı dayanıklıdır, kireçlenme ve paslanma yapmaz.
- Darbe ve basınç dayanımı iyidir. 20 °C'de ve 25 atmosfer basıncında (atü) çalışma ömrü 50 yıldır.
- -20 °C ile +95 °C aralığında kullanıma uygundur. (Boru içerisindeki akışkanın donma noktası düşünülerek izolasyon uygulanmalıdır.)
- Kolay monte edilebilir.
- Kaynak yerlerinde çap daralması oluşmaz. Yüksek kaynak performansına sahiptir.
- İç yüzeyi kaygan ve pürüzsüzdür, sürtünme katsayısı düşüktür.
- Hijyeniktir; suyun rengini, kokusunu ve tadını değiştirmez.
- Isı ve ses yalıtımı sağlar.
- Güçlkle alev alır.
- Çevre dostudur.

Dezavantajları ise aşağıdaki gibi ifade edilebilir [3].

- Yaygın bir üretim ağı olmadığından temin edilmesi güçleşebilmektedir.
- Ultraviyole ışınlarına dayanımı PE borulara kıyasla zayıftır.



Şekil 3.5. PPRC boru [3].

3.1.6. Cam Elyaf Takviyeli Plastik (CTP) Borular

Cam elyaf Takviyeli Plastik boru (CTP), esnek davranabilen cam elyaf takviyeli termoset reçine (en az 2 mm kalınlığında) ve silika kumdan oluşan plastik esaslı kompozit bir boru türüdür. Çoğunlukla içme suyu hatlarında kullanılır ancak deprem faktörü ile trafik yükünün en yüksek olduğu alanlarda, atık su kollektör hatlarında ve yüksek pH içeren zeminlerde de kullanılabilir. Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından çok büyük çaplar gerektiren isale hatlarında tercih edilir. Standart boylar 6 ve 12 m olarak üretilmekle birlikte sipariş ve nakliye şartlarına göre istenen boylarda da üretilmektedir. Genellikle 200-4000 mm anma çaplarında üretilirler. SN 500-10000 N/m² ve PN 1-40 atm aralığındadır [3,26].

CTP boru kullanımının avantajları aşağıdaki şekildedir [3].

- Hafiftir.

- Dayanıklı, sağlam ve ucuzdur.
- Boru iç cidar sürtünmesi minimumdur.

Dezavantajları ise aşağıdaki gibi ifade edilebilir [3].

- Hatlar üzerinde yer alan 'S' lere uyumu düşüktür, çok sayıda ve küçük açılı dirsek gerektirmektedir.
- Bakım ve onarımı oldukça zordur.



a) CTP boru üretimi



b) CTP boru döşenmesi

Şekil 3.6. CTP boru [7].

3.1.7. Asbestli Çimento Borular (AÇB)

Asbest; doğada var olan lifli yapıya sahip bir mineral türüdür. Keşfinden itibaren endüstride yaygın bir şekilde (fren balatalarında, tekstilde, çatı malzemelerinde vb.) kullanılmıştır ancak solunum yoluyla akciğer kanserine (asbestos ve mezotelyoma) yol açtığı kesinleşmiştir. Asbestli Çimento Borular (AÇB), esnekliği ve çekme mukavemeti sebebiyle asbest ile çimentonun karıştırılması ile üretilir. Bu boru türü 1975'te içme suyu tesislerinde ve kanalizasyon hatlarında kullanılmaya başlanmıştır ancak suya geçerek sindirim yoluyla kansere sebep olabileceğine dair tıbbi veriler elde edildiği için 2000 yılından itibaren kullanımı terkedilmiştir. 1975'ten 2000 yılına kadar olan süreçte Türkiye geneli toplam 1053 adet yerel yönetimde kullanılmıştır [3,27].



Şekil 3.7. AÇB [8].

3.2. BORU TÜRLERİNE GÖRE BİRİM MALİYETLER

İçme suyu isale ve şebeke hatlarında çeşitli borular kullanılmaktadır. Zaman içerisinde teknolojik ve ekonomik gelişmelere bağlı olarak boru tipi tercihi değişim göstermiştir. Geçmişte isale hatlarında CTP ve AÇB borular tercih edilirken günümüz projelerinde

PE 100, çelik ve düktil borular en çok tercih edilen borular haline gelmiştir. Şebeke hatlarındaki boru tipi tercihlerinde de benzer durum söz konusudur. Endüstriyel gelişmelerle beraber geçmişte rağbet gören PVC ve PPRC boruların yerine; uzun ömürlülüğü, çekme ve basınç dayanımının yüksek olması sebebiyle günümüzde içme suyu şebeke hatlarında genellikle PE 100 borular kullanılmaktadır [3].

Boru tipi tercih edilirken proje gereksinimleri, işletme performansı, uygulama ile bakım-onarım kolaylığı ve ekonomik fayda göz önüne alınmaktadır [3].

İçme suyu isale ve şebeke hatlarında; CTP, asbest, PVC, PPRC, PE 100, düktil ve çelik borular kullanılmış ya da kullanılmakta olup CTP boruların genellikle DSİ tarafından çok büyük çaplar gerektiren merkezi isale hatlarında kullanılması, asbest boruların ise isale hatlarında kullanılmasının terkedilmiş olması, şebeke hatlarında ise PVC ve PPRC boruların da yerini PE borulara bırakmış olması sebebiyle çeşitli nedenlerle tercih edilen PE100, düktil ve çelik borularda en çok kullanılan eşdeğer çaplar için maliyet analizi yapılmıştır.

İçme suyu inşaatlarında kullanılan boruların birim maliyetlerini (TL/m) teşkil eden pozlar İller Bankası A. Ş. 2020 Yılı Birim Fiyatları Kitabı'nın Altyapı Tesisleri Birim Fiyatları bölümünde var olup bu pozları teşkil eden alt pozlar (rayiçler) ise Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB) 2020 Yılı Birim Fiyatları Kitabı'nın İnşaat Birim Fiyatlarına Esas İşçilik-Araç ve Gereç Rayiç Listeleri bölümünden, bunların yeterli gelmediği durumlarda ise piyasa birim fiyat tekliflerinden (özel poz) alınmıştır [16,17].

Her üç tip borunun inşasında en çok kullanılan Ø125, 200 ve 400 mm'lik anma çaplı hatların tesisi için birim maliyeti oluşturan kalemler; eğer varsa yola ait kaplamaların sökülmesi, hendek kazısının yapılması, kum-çakıl malzemeye yataklama ve gömlekleme yapılması, boru bedeli, borunun kesilmesi ve tıraşlanması, döşenerek bağlantısının yapılması gibi pozlar bulunmaktadır.

Üç farklı boru tipi için de boru türüne göre değişen pozlar ele alınarak eşdeğer 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.

3.2.1. PE 100 Boru Döşenmesinin Birim Maliyet Hesapları

İlbank A.Ş.’nin uyguladığı içme suyu inşaatlarında, uygulama yerine göre hat miktarları değişkenlik gösterse de kıyas bakımından ortalama bir miktar kabulü yapılmak suretiyle; Ø125 mm çapında 2000 m’lik hat, Ø200 mm çapında 1500 m’lik hat, Ø400 mm çapında 1000 m’lik hat yapılacağı kabulünde bulunulmuştur [3].

3.2.1.1. Ø125 mm Çapında PE 100 (PN10) Boru İçin Birim Maliyet Hesabı

Ø125 mm çaplı PE 100 (PN 10=10 atü) polietilen boru ile içme suyu hattı inşaa edilmesine ait analizde boru türüne göre değişkenlik gösteren unsurlar; borunun bedeli, borunun kesilerek tıraşlanması, döşenmesi ve birleşiminin yapılması olup bu pozların TL/m cinsinden boru bedeline yaptığı etki incelenmiştir. Bu yüzden bahsi geçen boru tipinin önce 2000 m döşenmesinin ardından 1 metresinin döşenmesine ait maliyet analizi; borunun bedeli, borunun kesilerek tıraşlanması, içme suyu inşaatı dahilinde kazılarak yataklaması tamamlanmış olan hendeğe borunun döşenmesi ve elektrofüzyon kaynağı ile birleşimin yapılmasını içermekte olup Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Ø125 mm çapında PE 100 (PN 10) polietilen boru döşeme maliyeti.

Ø125 mm çapında PE 100 (PN 10) Polietilen Boru Döşenmesi				
POZ NO	İŞİN TANIMI	MİKTARI	BİRİM FİYATI	FİYATI
Özel	Borunun bedeli	2000 m	32.70 ₺/m	65,400.00 ₺
435.111.108	Borunun kesilmesi ve tıraşlanması (Her 100 m’de, kangal boru)	20 ad	15.18 ₺/ad	303.60 ₺
435.231.008	Borunun döşenmesi	2000 m	5.88 ₺/m	11,760.00 ₺
435.031.308	Elektrofüzyon kaynağı ile boru birleşiminin yapılması	20 ad	72.43 ₺/ad	1,448.60 ₺
Toplam=				78,912.20 ₺
Eklenik metraj=				2000 m
1 m Ø125 mm çapında PE 100 (PN 10) boru döşeme maliyeti =				39.46 ₺/m

3.2.1.2. Ø200 mm Çapında PE 100 (PN10) Boru İçin Birim Maliyet Hesabı

Ø200 mm çaplı PE 100 (PN 10=10 atü) polietilen boru ile içme suyu hattı inşaa edilmesine ait analizde boru türüne göre değişkenlik gösteren unsurlar; borunun bedeli, borunun kesilerek tıraşlanması, döşenmesi ve birleşiminin yapılması olup bu pozların TL/m cinsinden boru bedeline yaptığı etki incelenmiştir. Bu yüzden bahsi geçen boru tipinin önce 1500 m döşenmesinin ardından 1 metresinin döşenmesine ait maliyet analizi; borunun bedeli, borunun kesilerek tıraşlanması, içme suyu inşaatı dahilinde kazılarak yataklaması tamamlanmış olan hendeğe borunun döşenmesi ve elektrofüzyon kaynağı ile birleşimin yapılmasını içermekte olup Çizelge 3.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Ø200 mm çapında PE 100 (PN 10) polietilen boru döşenme maliyeti.

Ø200 mm çapında PE 100 (PN 10) Polietilen Boru Döşenmesi				
POZ NO	İŞİN TANIMI	MİKTARI	BİRİM FİYATI	FİYATI
Özel	Borunun bedeli	1500 m	83.70 ₺/m	125,550.00 ₺
435.111.112	Borunun kesilmesi ve tıraşlanması (Bir boy boru 12 m)	125 ad	24.36 ₺/ad	3,045.00 ₺
435.231.012	Borunun döşenmesi	1500 m	9.63 ₺/m	14,445.00 ₺
435.031.312	Elektrofüzyon kaynağı ile boru birleşiminin yapılması	125 ad	86.91 ₺/ad	10,863.75 ₺
Toplam=				153,903.75 ₺
Eklenik metraj=				1500 m
1 m Ø200 mm çapında PE 100 (PN 10) boru döşeme maliyeti =				102.60 ₺/m

3.2.1.3. Ø400 mm Çapında PE 100 (PN10) Boru İçin Birim Maliyet Hesabı

Ø400 mm çaplı PE 100 (PN 10=10 atü) polietilen boru ile içme suyu hattı inşaa edilmesine ait analizde boru türüne göre değişkenlik gösteren unsurlar; borunun bedeli, borunun kesilerek tıraşlanması, döşenmesi ve birleşiminin yapılması olup bu pozların TL/m cinsinden boru bedeline yaptığı etki incelenmiştir. Bu yüzden bahsi geçen boru tipinin önce 1000 m döşenmesinin ardından 1 metresinin döşenmesine ait maliyet analizi; borunun bedeli, borunun kesilerek tıraşlanması, içme suyu inşaatı dahilinde kazılarak yataklaması tamamlanmış olan hendeğe borunun döşenmesi ve elektrofüzyon kaynağı ile birleşimin yapılmasını içermekte olup Çizelge 3.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. Ø400 mm çapında PE 100 (PN 10) polietilen boru döşenme maliyeti.

Ø400 mm çapında PE 100 (PN 10) Polietilen Boru Döşenmesi				
POZ NO	İŞİN TANIMI	MİKTARI	BİRİM FİYATI	FİYATI
Özel	Borunun bedeli	1000 m	334.70 ₺/m	334,700.00 ₺
435.111.118	Borunun kesilmesi ve tıraşlanması (Bir boy boru 12 m)	84 ad	49.13 ₺/ad	4,126.92 ₺
435.231.018	Borunun döşenmesi	1000 m	26.83 ₺/m	26,830.00 ₺
435.031.318	Elektrofüzyon kaynağı ile boru birleşiminin yapılması	84 ad	112.89 ₺/ad	9,482.76 ₺
Toplam=				375,139.68 ₺
Eklenik metraj=				1000 m
1 m Ø400 mm çapında PE 100 (PN 10) boru döşeme maliyeti =				375.14 ₺/m

3.2.2. Çelik Boru Döşenmesinin Birim Maliyet Hesapları

İlbank A.Ş.'nin uyguladığı içme suyu inşaatlarında, uygulama yerine göre hat miktarları değişkenlik gösterse de kıyas bakımından ortalama bir miktar kabulü yapılmak suretiyle; Ø125 mm çapında 2000 m'lik hat, Ø200 mm çapında 1500 m'lik hat, Ø400 mm çapında 1000 m'lik hat yapılacağı kabulünde bulunulmuştur [3].

3.2.2.1. Ø125 mm Çapında (5‘‘) Çelik Boru (3,6 mm Et Kalınlığında) (St 37) İçin Birim Maliyet Hesabı

Ø125 mm çaplı çelik boru ile içme suyu hattı yapılmasına ait analizde boru türüne göre değişkenlik gösteren unsurlar; borunun bedeli, borunun kesilerek tornalanması, döşenmesi ve birleşiminin yapılması olup bu pozların TL/m cinsinden boru bedeline yaptığı etki incelenmiştir. Bu yüzden bahsi geçen boru tipinin önce 2000 m döşenmesinin ardından 1 metresinin döşenmesine ait maliyet analizi; borunun bedeli, borunun kesilerek tornalanması, içme suyu inşaatı dahilinde kazılarak yataklaması tamamlanmış olan hendeğe borunun döşenmesi ve kaynak ile birleşimin yapılmasını içermekte olup Çizelge 3.4’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.4. Ø125 mm çapında (5‘‘) çelik boru (3,6 mm et kalınlığında) (St 37) döşenme maliyeti.

Ø125 mm Çapında (5‘‘) Çelik Boru (3,6 mm Et Kalınlığında) (St37) Döşenmesi				
POZ NO	İŞİN TANIMI	MİKTARI	BİRİM FİYATI	FİYATI
Özel	Borunun bedeli	2000 m	89.40 ₺/m	178,800.00 ₺
435.111.004	Borunun kesilmesi (boru boyu 12 m)	167 ad	19.60 ₺/ad	3,273.20 ₺
435.211.006	Borunun döşenmesi	2000 m	11.08 ₺/m	22,160.00 ₺
435.011.114	Kaynak ile boru birleşiminin yapılması	167 ad	27.18 ₺/ad	4,539.06 ₺
Toplam=				208,772.26 ₺
Eklenik metraj=				2000 m
1 m Ø125 mm çapında (5‘‘) çelik boru döşeme maliyeti =				104.39 ₺/m

3.2.2.2. Ø200 mm Çapında (8‘‘) Çelik Boru (4 mm Et Kalınlığında) (St 37) İçin Birim Maliyet Hesabı

Ø200 mm çaplı elik boru ile içme suyu hattı yapılmasına ait analizde boru türüne göre değişkenlik gösteren unsurlar; borunun bedeli, borunun kesilerek tornalanması, döşenmesi ve birleşiminin yapılması olup bu pozların TL/m cinsinden boru bedeline yaptığı etki incelenmiştir. Bu yüzden bahsi geçen boru tipinin önce 1500 m döşenmesinin ardından 1 metresinin döşenmesine ait maliyet analizi; borunun bedeli, borunun kesilerek tornalanması, içme suyu inşaatı dahilinde kazılarak yataklaması tamamlanmış olan hendeğe borunun döşenmesi ve kaynak ile birleşimin yapılmasını içermekte olup izelge 3.5’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.5. Ø200 mm çapında (8‘‘) elik boru (4 mm et kalınlığında) (St 37) döşenme maliyeti.

Ø200 mm çapında (8‘‘) elik Boru (4 mm Et Kalınlığında) (St37) Döşenmesi				
POZ NO	İşİN TANIMI	MİKTARI	BİRİM FİYATI	FİYATI
Özel	Borunun bedeli	1500 m	161.30 ₺/m	241,950.00 ₺
435.111.006	Borunun kesilmesi (boru boyu 12 m)	125 ad	35.75 ₺/ad	4,468.75 ₺
435.211.008	Borunun döşenmesi	1500 m	28.63 ₺/m	42,945.00 ₺
435.011.126	Kaynak ile boru birleşiminin yapılması	125 ad	66.71 ₺/ad	8,338.75 ₺
Toplam=				297,702.50 ₺
Eklenik metraj=				1500 m
1 m Ø200 mm çapında (8‘‘) elik boru döşeme maliyeti =				198.47 ₺/m

3.2.2.3. Ø400 mm Çapında (16‘‘) Çelik Boru (5 mm Et Kalınlığında) (St 37) İçin Birim Maliyet Hesabı

Ø400 mm çaplı elik boru ile içme suyu hattı yapılmasına ait analizde boru türüne göre değişkenlik gösteren unsurlar; borunun bedeli, borunun kesilerek tornalanması, döşenmesi ve birleşiminin yapılması olup bu pozların TL/m cinsinden boru bedeline yaptığı etki incelenmiştir. Bu yüzden bahsi geçen boru tipinin önce 1000 m döşenmesinin ardından 1 metresinin döşenmesine ait maliyet analizi; borunun bedeli, borunun kesilerek tornalanması, içme suyu inşaatı dahilinde kazılarak yataklaması

tamamlanmış olan hendeğe borunun döşenmesi ve kaynak ile birleşimin yapılmasını içermekte olup Çizelge 3.6’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.6. Ø400 mm çapında (16‘‘) çelik boru (5 mm et kalınlığında) (St 37) döşenme maliyeti.

Ø400 mm Çapında (16‘‘) Çelik Boru (5 mm Et Kalınlığında) (St37) Döşenmesi				
POZ NO	İŞİN TANIMI	MİKTARI	BİRİM FİYATI	FİYATI
Özel	Borunun bedeli	1000 m	293.50 ₺/m	293,500.00 ₺
435.111.010	Borunun kesilmesi (boru boyu 12 m)	84 ad	71.50 ₺/ad	6,006.00 ₺
435.211.012	Borunun döşenmesi	1000 m	41.54 ₺/m	41,540.00 ₺
435.011.156	Kaynak ile boru birleşiminin yapılması	84 ad	139.18 ₺/ad	11,691.12 ₺
Toplam=				352,737.12 ₺
Eklenik metraj=				1000 m
1 m Ø400 mm çapında (16‘‘) çelik boru döşeme maliyeti =				352.74 ₺/m

3.2.3. Düktil Boru Döşenmesinin Birim Maliyet Hesapları

İlbank A.Ş.’nin uyguladığı içme suyu inşaatlarında, uygulama yerine göre hat miktarları değişkenlik gösterse de kıyas bakımından ortalama bir miktar kabulü yapılmak suretiyle; Ø125 mm çapında 2000 m’lik hat, Ø200 mm çapında 1500 m’lik hat, Ø400 mm çapında 1000 m’lik hat yapılacağı kabulünde bulunulmuştur [3].

3.2.2.1. Ø125 mm Çapında Muflu Düktil Boru (K9 Sınıfı) İçin Birim Maliyet Hesabı

Ø125 mm çaplı muflu düktil boru ile içme suyu hattı yapılmasına ait analizde boru türüne göre değişkenlik gösteren unsurlar; borunun bedeli, borunun kesilerek tormalanması, döşenmesi ve birleşiminin yapılması olup bu pozların TL/m cinsinden boru bedeline yaptığı etki incelenmiştir. Bu yüzden bahsi geçen boru tipinin önce 2000 m döşenmesinin ardından 1 metresinin döşenmesine ait maliyet analizi; borunun bedeli, borunun kesilerek tormalanması, içme suyu inşaatı dahilinde kazılarak yataklaması tamamlanmış olan hendeğe borunun döşenmesi ve birleşimin yapılmasını içermekte olup Çizelge 3.7’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.7. Ø125 mm çapında muflu düktil boru (K9 sınıfı) döşenme maliyeti.

Ø125 mm Çapında Muflu Düktil Boru Döşenmesi (K9 Sınıfı)				
POZ NO	İŞİN TANIMI	MİKTARI	BİRİM FİYATI	FİYATI
Özel	Borunun bedeli	2000 m	109 ₺/m	218,000.00 ₺
435.111.153	Borunun kesilmesi (boru boyu 6 m)	334 ad	20.76 ₺/ad	6,933.84 ₺
435.241.003	Borunun döşenmesi	2000 m	8.08 ₺/m	16,160.00 ₺
435.051.003	Boru birleşiminin yapılması	334 ad	6.54 ₺/ad	2,184.36 ₺
Toplam=				243,278.20 ₺
Eklenik metraj=				2000 m
1 m Ø125 mm çapında muflu düktil boru döşeme maliyeti =				121.64 ₺/m

3.2.2.2. Ø200 mm Çapında Muflu Düktil Boru (K9 Sınıfı) İçin Birim Maliyet Hesabı

Ø200 mm çaplı muflu düktil boru ile içme suyu hattı yapılmasına ait analizde boru türüne göre değişkenlik gösteren unsurlar; borunun bedeli, borunun kesilerek tormalanması, döşenmesi ve birleşiminin yapılması olup bu pozların TL/m cinsinden boru bedeline yaptığı etki incelenmiştir. Bu yüzden bahsi geçen boru tipinin önce 1500 m döşenmesinin ardından 1 metresinin döşenmesine ait maliyet analizi; borunun bedeli, borunun kesilerek tormalanması, içme suyu inşaatı dahilinde kazılarak yataklaması tamamlanmış olan hendeğe borunun döşenmesi ve birleşimin yapılmasını içermekte olup Çizelge 3.8’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.8. Ø200 mm çapında muflu düktil boru (K9 sınıfı) döşenme maliyeti.

Ø200 mm Çapında Muflu Düktil Boru Döşenmesi (K9 Sınıfı)				
POZ NO	İŞİN TANIMI	MİKTARI	BİRİM FİYATI	FİYATI
Özel	Borunun bedeli	1500 m	175.80 ₺/m	263,700.00 ₺
435.111.155	Borunun kesilmesi (boru boyu 6 m)	250 ad	36.90 ₺/ad	9,225.00 ₺
435.241.005	Borunun döşenmesi	1500 m	21.80 ₺/m	32,700.00 ₺
435.051.005	Boru birleşiminin yapılması	250 ad	13.06 ₺/ad	3,265.00 ₺
Toplam=				308,890.00 ₺
Eklenik metraj=				1500 m
1 m Ø200 mm çapında muflu düktil boru döşeme maliyeti =				205.93 ₺/m

3.2.2.3. Ø400 mm Çapında Muflu Düktil Boru (K9 Sınıfı) İçin Birim Maliyet Hesabı

Ø400 mm çaplı muflu düktil boru ile içme suyu hattı yapılmasına ait analizde boru türüne göre değişkenlik gösteren unsurlar; borunun bedeli, borunun kesilerek tormalanması, döşenmesi ve birleşiminin yapılması olup bu pozların TL/m cinsinden boru bedeline yaptığı etki incelenmiştir. Bu yüzden bahsi geçen boru tipinin önce 1000 m döşenmesinin ardından 1 metresinin döşenmesine ait maliyet analizi; borunun bedeli, borunun kesilerek tormalanması, içme suyu inşaatı dahilinde kazılarak yataklaması tamamlanmış olan hendeğe borunun döşenmesi ve birleşimin yapılmasını içermekte olup Çizelge 3.9’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.9. Ø400 mm çapında muflu düktil boru (K9 sınıfı) döşenme maliyeti.

Ø400 mm Çapında Muflu Düktil Boru Döşenmesi (K9 Sınıfı)				
POZ NO	İŞİN TANIMI	MİKTARI	BİRİM FİYATI	FİYATI
Özel	Borunun bedeli	1000 m	430.20 ₺/m	430,200.00 ₺
435.111.159	Borunun kesilmesi (boru boyu 6 m)	167 ad	72.65 ₺/ad	12,132.55 ₺
435.241.009	Borunun döşenmesi	1000 m	31.60 ₺/m	31,600.00 ₺
435.051.009	Boru birleşiminin yapılması	167 ad	14.54 ₺/ad	2,428.18 ₺
Toplam=				476,360.73 ₺
Eklenik metraj=				1000 m
1 m Ø400 mm çapında muflu düktil boru döşeme maliyeti =				476.36 ₺/m

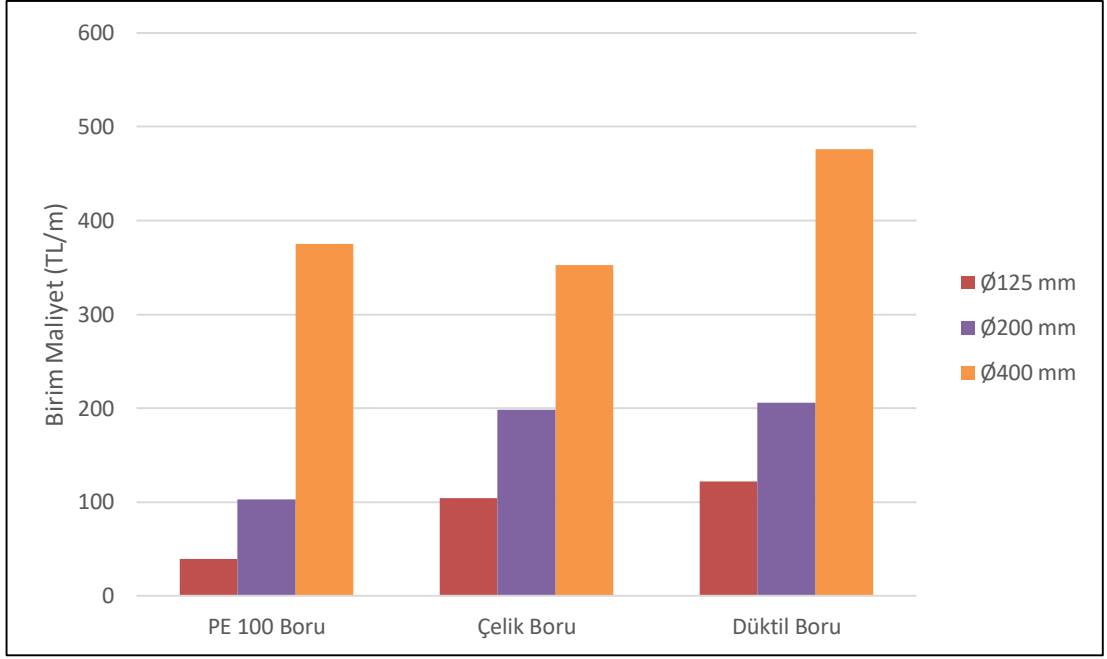
3.3. BORU MALİYETLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

Boru türlerine göre PE borudan, çelik borudan ve düktil borudan inşaa edilen hatların döşeme maliyetlerini karşılaştırmak için; proje gereksinimlerinin, zeminin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin, dolgu, trafik, harici diğer yüklerin, eşdeğer çaplara göre hat uzunlukları ve abone bağlantı adetlerinin eşit olduğunun kabul edilmesi ile değişmeyen maliyetler hesap dışı tutularak, değişkenliğe neden olan pozlara göre hesaplanan birim maliyetler dikkate alınarak maliyet karşılaştırması yapılmıştır [18].

Çizelge 3.10. PE 100, çelik ve düktil boru ile ilgili hesaplanan değişken maliyetler.

Boru Tipi	Maliyetler (TL/m)		
	Ø125 mm	Ø200 mm	Ø400 mm
PE Boru	39.46 ₺	102.61 ₺	375.14 ₺
Çelik Boru	104.39 ₺	198.47 ₺	352.74 ₺
Düktil Boru	121.64 ₺	205.93 ₺	476.37 ₺

Hesaplanan maliyetler karşılaştırmalı olarak hazırlanan grafik üzerinde gösterilmiştir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. PE 100, çelik ve düktil boru maliyetlerinin karşılaştırmalı grafiği.

BÖLÜM 4

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, içme suyu ve kanalizasyon inşaatlarında sıklıkla tercih edilen boru tipleri ele alınarak bu boru tipleri hakkında maliyet analizleri yapılmış ve bu analizler birbirleri ile karşılaştırılmıştır.

Kanalizasyon İnşaatlarında kullanılan boru tipleri için yapılan karşılaştırma sonucunda;

1. Beton ya da koruge esaslı borular için zemin ve kazı özelliklerinin uygun olması halinde, boru türüne göre değişkenlik gösterecek maliyet analizi unsurları dikkate alınarak yapılan araştırmada, Ø200 mm çapları için koruge boru döşenmesi birim maliyetinin (TL/m) beton boru döşenmesi birim maliyetinden yaklaşık %28 oranında daha ucuz olduğu; Ø300 mm çapları için koruge boru döşenmesi birim maliyetinin (TL/m) beton boru döşenmesi birim maliyetinden yaklaşık %12 oranında daha ucuz olduğu; Ø400 mm çapları için koruge boru döşenmesi birim maliyetinin (TL/m) beton boru döşenmesi birim maliyetinden yaklaşık %9 oranında daha ucuz olduğu sonuçlarına varılmıştır. Dikkat edilirse daha büyük çaplar için koruge borular, beton borulara göre ekonomik açıdan dezavantajlı bir konuma geçmektedir.
2. Derin hendek kazılarının bulunmadığı veya sülfat içeren zemin özelliklerinin bulunduğu projelerin çözümü ve uygulamasında koruge esaslı boruların kullanılmasının uygun olacağı sonucuna varılmıştır. Ek olarak, koruge esaslı boruların döşeme kolaylığı nedeniyle inşaat sürelerini de kısaltabilmesi, işletme safhasındaki bakım onarım çalışmalarına uyum sağlayabilecek ergonomiye sahip olması, en düşük makine işçiliği gerektirmesinden dolayı hendek kazısı sonrası minimum işçilik ile müdahale edilebilmesi sebebiyle de kanalizasyon

inşaatlarında koruge esaslı boruların kullanımının uygun olacağı düşünülmektedir.

3. Boru döşenmesi, C bağlantılarının yapılması ve manşon işçiliklerini bir arada düşünmek suretiyle, Bölüm 2’de bahsedilen hat uzunluğu, C bağlantıları ve manşon adetleri ele alınarak incelenen imalat süreleri kıyaslaması bize düşük çaplardaki beton boruların, koruge borulardan daha hızlı döşendiğini göstermiştir. Ancak burada kıyaslamasını yapmadığımız daha büyük çaplar için koruge boruların beton/betonarme borulardan daha hızlı döşenebileceği anlaşılmaktadır. Bu süreleri yüzdeye dökerek olursak, Ø200 mm çaplar için beton borular koruge borulardan yaklaşık %22; Ø300 mm çaplar için beton borular koruge borulardan yaklaşık %17; Ø400 mm çaplar için beton borular koruge borulardan yaklaşık %5 daha hızlı döşenebilmektedir.

İçme suyu İnşaatlarında kullanılan boru tipleri için yapılan karşılaştırma sonucunda;

1. Farklı çaplar ele alınarak varılan sonuçlara göre PE boru döşenmesi, günümüzde kullanılmakta olan diğer boru tiplerine göre daha avantajlı olması sebebiyle şebeke inşaatlarında tercih edilmesinin uygun olacağı sonucuna varılmıştır.
2. Ø200 ve 400 mm çaplı borular, genellikle içme suyu isale hatlarının yapımında kullanılmakta olup, PE boru, çelik boru ve düktil boru türleri bu hatların yapımında İller Bankası A.Ş. projelerinde çoğunlukla kullanılmakta olan borulardır. Bu boru türlerinin döşenmesine ait yapılan birim maliyet araştırmasında, Ø125 mm çapları için PE 100 boru kullanımının çelik borudan yaklaşık olarak %62 oranında, düktil borudan yaklaşık olarak %67 oranında daha ekonomik olduğu; Ø200 mm çapları için polietilen boru kullanımının çelik borudan yaklaşık olarak %48 oranında, düktil borudan yaklaşık olarak %50 oranında daha ekonomik olduğu; Ø400 mm çapları için çelik boru kullanımının polietilen borudan yaklaşık olarak %6 oranında, düktil borudan yaklaşık olarak %26 oranında daha ekonomik olduğu sonuçlarına varılmıştır. Boru çapı arttıkça polietilen boruların ekonomik olmaktan uzaklaşmasının sebebi, daha büyük çaplar için basınç dayanımı gereksinimlerinin de karşılanabilmesi bakımından

PE borularının cidar kalınlığının artmasıdır. Küçük çapların yeterli olduğu içme suyu şebeke inşaatlarında PE boru tercihi bulunulmasının nedeni de bu sebepten ötürü olmakta olup büyük çapların kullanıldığı projelerde çelik ya da düktil boru kullanımının tercih edilmesinin daha ekonomik olacağı, araştırma neticesinde ortaya çıkmıştır.

3. Çelik boru tercih edilmesi düşünüldüğünde zemin özelliklerine bağlı olarak katodik koruma gerekebilmesinden ötürü, düktil boru tercihi düşünülürse yurt içi üretim bazında rekabet ortamının olmamasından dolayı fiyatların yüksek olmasından ötürü her iki boru türünün tercih edilmesinde de olumsuz faktörler yer almaktadır. Düktil boruların ülkemizdeki üretimi sadece bir şirket tarafından yapılmakta olup bu üretimin yaygınlaşması ve yerli rekabet ortamının oluşturulması halinde düktil boru kullanımı şüphesiz daha ekonomik seviyelere inecektir.
4. Proje ve zemin gereksinimlerinin belli bir borunun kullanımını şart koşmaması halinde çelik boru kullanımı, düktil boru ile kıyaslandığında ortalama bazda %18 daha ekonomiktir. Bu fark Ø200 mm lik borularda önemsiz olsa da Ø400 mm lik borularda %35'e çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

1. İnternet: "Birim Fiyat - İnşaat, Tesisat ve Elektrik Birim Fiyat, Analiz ve Tarifleri", <https://www.birimfiyat.net/> (2021).
2. İnternet: İlbank A. Ş., "SUKAP", <https://www.ilbank.gov.tr/sayfa/sukap> (2021).
3. Kasap, A., "Kanalizasyon ve İçme Suyu İnşaatlarında Kullanılan Boru Tiplerine Göre Maliyet Analizi", Uzmanlık Tezi, *İlbank A. Ş. Altyapı Uygulama Dairesi Başkanlığı*, Ankara, 1-98 (2016).
4. Tıryak, İ., "Su ve Atıksu Şebekelerinde Maliyet Analizi: İski Asya Yakası Örneği", Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 19 (2019).
5. Şam, H., "Yapay Sinir Ağları Kanalizasyon Şebeke Maliyet Tahmini Mali Performanslarının Oranlar Yöntemiyle Değerlendirilmesi", Uzmanlık Tezi, *İlbank A. Ş. Altyapı Uygulama Dairesi Başkanlığı*, Ankara, 1-140 (2015).
6. Kasaplı, K., "İçmesuyu Şebekelerinde Maliyet Tahmini Amacıyla Yapay Sinir Ağları Kullanımı", Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-104 (2014).
7. Tulpar, H., "Kanalizasyon Şebekelerinde Kullanılan Boruların Hidrolik ve Maliyet Açısından Değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Şanlıurfa, 18-19 (2010).

8. Çağlısoy, T., "İçme Suyu Şebekelerinde Boru Türünün Maliyete Etkisi ve İldem-Kayseri Örneği", Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kayseri, 23 (2010).
9. İnternet: "Boru İç Cidarındaki Pürüzlülük Katsayıları", <http://www.muhendislikbilgileri.com/?Bid=1126905> (2021).
10. "TS 821 EN 1916", *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 1–70 (2005).
11. İnternet: Standart Beton Boru Beton Elm. San. Tic. Ltd. Şti., "Betonarme Boru", <http://www.standartboru.com.tr/urunler/betonarme-boru/4> (2021).
12. İnternet: Kırcalı Yapı Malzemeleri San. ve Tic. A. Ş., "400 Entegre Contalı Beton Boru", <https://kircali.com.tr/urun/400-ec-bb/> (2021).
13. İnternet: Kırcalı Yapı Malzemeleri San. ve Tic. A. Ş., "1000 Entegre Contalı Betonarme Boru", <https://kircali.com.tr/urun/1000-ec-bab/> (2021).
14. İnternet: Fırat Plastik Kauçuk San. ve Tic. A. Ş., "Koruge Triplex Boru", <https://www.firat.com/koruge-koruge-triplex-boru> (2021).
15. İnternet: Borunet Alt Yapı Sistemleri, "800mm Spiral Sarımlı Koruge Borular", <http://www.borunet.com/800mm-spiral-sarimli-koruge-boru/> (2021).
16. "2020 Yılı Altyapı Tesisleri Birim Fiyatları", İller Bankası A. Ş. 2020 Yılı Birim Fiyatları, *İbank A. Ş.*, Ankara, 1–100 (2020).
17. "İnşaat Birim Fiyatlarına Esas İşçilik-Araç ve Gereç Rayiç Listeleri", T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2020 Yılı Birim Fiyatları, *T. C. Çevre Ve Şehircilik Bakanlığı Yüksek Fen Kurulu Başkanlığı*, Ankara, 1–150 (2020).
18. Akbıyıklı, R., "İnşaat Yönetimi, Metraj ve Maliyet Hesapları", 55–73 (2008).
19. İnternet: Kuzeyboru A. Ş., "Kuzeyboru Pvc Basınçlı İçme Suyu", <https://www.kuzeyboru.com.tr/pvc-basincli-icme-suyu> (2021).
20. İnternet: Fırat Plastik Kauçuk San. ve Tic. A. Ş., "PVC Dublex Boru ve Ek Parçaları", <https://www.firat.com/pvc-boru-atik-su-sistemleri/pvc-dublex-boru-ve-ek-parcalari> (2021).
21. "TS EN 13476-1", *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 1–19 (2009).
22. "Pilsa Polietilen Borular (PE 32/ PE 100)", *Wavin*, Adana, (2020).
23. "NTG Plastik Teknik EL Kitabı PE Boru ve Ek Parçaları İçin", *NTG Plastik San. Ve Tic. A. Ş.*, İstanbul, (2020).
24. İnternet: Kuzeyboru A. Ş., "Kuzeyboru Hdpe Boruları", <https://www.kuzeyboru.com.tr/hdpe-boru> (2021).

25. İnternet: Fırat Plastik Kauçuk San. ve Tic. A. Ş., "PPRC Boru (PN20-PN25) PPRC Boru Nedir ve Nerelerde Kullanılmalıdır?", <https://www.firat.com/pprc-boru-nedir-nerelerde-kullanilmalidir> (2021).
26. İnternet: Karamancı Holding Superlit Boru San. A. Ş., "CTP Boru", <https://www.superlit.com/tr/urunler-hizmetler/ctp-boru/> (2021).
27. İnternet: Atabey, E., "Asbestli Çimento Su Boruları (AÇB), İçme Suyundaki Asbest Kanseri Yapar mı?", <https://www.bodrumguncelhaber.com/asbestli-cimento-su-borulari-acb-icme-suyundaki-asbest-kanser-yapar-mi/> (2021).

ÖZGEÇMİŞ

Kemal AYDEMİR; ilk ve orta öğrenimini Ankara’da tamamladı. Aydınlikevler İnönü Anadolu Lisesi’nden mezun oldu. 2004 yılında Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’nde öğrenime başlayıp 2010 yılında mezun oldu. 2011 yılında Van’da askerlik görevini tamamladı. 2011 yılında Ankara’da Zi Yapı Denetim Ltd. Şti.’de kontrol mühendisi olarak çalışmaya başladı, aynı yıl SAP2000 ve STA4CAD teknik kurslarına katıldı. 2012 yılında Cidde/Suudi Arabistan’da NEO Company’de taşkın koruma baraj inşaatlarında saha mühendisi olarak çalıştı. 2014 yılında Ankara’da Aydos Yapı Denetim Ltd. Şti.’de kontrol mühendisi olarak çalışmaya başladı; aynı yıl keşif, metraj ve hakediş kursuna katıldı. 2016 yılında Çankırı’da Novustan İnşaat A. Ş.’de 15 Temmuz Ilgaz İstiklal Tüneli’nin elektromekanik inşaat kalemleri bünyesinde şantiye şefi olarak çalıştı. 2017 yılında Ankara’da Eksen Onr. Rest. Yapı. İnş. Taah. Tur. San. Tic. Ltd. Şti. bünyesinde Kazan Soda ve Elektrik A. Ş. inşaatında şantiye şefi olarak çalıştı. 2019 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda başlamış olduğu yüksek lisans programını tamamladı.