

## İçme Suyu İletim Hatlarında Kullanılan Boru Tiplerinin Ekonomik Analizi

Reşit Gerger, Mehmet Murat Toplamacı

Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa  
e-posta: rgerger@harran.edu.tr, m.toplamaci@harran.edu.tr

Geliş Tarihi: 12.05.2017

Kabul Tarihi: 29.06.2017

### Özet

İçme suyu iletim hatlarında basınçlı boruların kullanılmasıyla, iletim hatlarının boyu kısalmış olmakla birlikte, su kayıpları azaldığından su tasarrufu da sağlanmaktadır. İletim hatları, büyük maliyetli yatırımlar olduğu için, bu tesisler projelendirilirken, kullanılacak malzemenin ekonomik, işletme masraflarının düşük, bakım, onarım ve montajının kolay ve ekonomik olması dikkat edilmelidir. Basınçlı iletim hatlarında maliyet, inşaa maliyeti ve işletme (enerji, bakım-onarım vb.) maliyetinden oluşmaktadır. Bu çalışmada, içme suyu iletim hatlarında kullanılan boruların maliyete etkisi incelenmiştir. İletim hatlarında çoğunlukla çelik, yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) ve cam elyaf takviyeli polyster (CTP) borular kullanılmaktadır. Bu boruların farklı çapları için maliyet hesapları yapılmıştır. Yapılan hesaplamalarda maliyeti en düşük boru türü CTP boru olarak belirlenmiştir. CTP boruyu sırasıyla çelik ve HDPE boru takip etmektedir. Ancak boru tercihi yapılırken borunun ekonomik olmasının yanında uzun ömürlü kullanım, dayanıklılık, bakım, onarım ve montaj kolaylığı gibi özelliklerinde dikkate alınması gerekmektedir. Bu özelliklerde dikkate alındığında en ekonomik çözümün çelik boru olduğu görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** İçme suyu iletim hatları; Basınçlı borular; Cam elyaf takviyeli polyster boru; Çelik boru

## Economic Analysis of Pipe Types Used in Drinking Water Transmission Lines

### Abstract

The use of pressurized pipes in drinking water transmission lines is utilized to save water while the transmission lines are shortened in size so water losses are reduced. Because of the transmission lines are high cost investments, care should be taken while these facilities are being projected. That the materials to be used are economic, low in operating costs, easy to maintenance and repair and install. In the case of pressure transmission lines, costs consist of construction and operating (energy, operation-maintenance etc.) costs. The financial impact of the pipes used in drinking water transmission lines was analyzed in this study. Steel, high density polyethylene (HDPE) and glass fiber reinforced polyester (GRP) pipes are mostly used in transmission lines. Cost calculations were made for different diameters of these pipes. The lowest cost pipe type was determined as GRP pipes according to the calculations made in this study. GRP pipes are followed by steel and HDPE pipes respectively. However, when the pipe type is selected, it is necessary to take into consideration the long life usage, durability, easiness of maintenance, repair and installation as well as the economic cost of the pipe. Considering of these characteristics, it is seen that steel pipe is the most economical solution.

**Keywords:** Drinking water transmission lines; Pressurized pipes; Glass fiber reinforced polyester pipe; Steel pipe

### 1. Giriş

Dünya nüfusu bugüne göre az iken, insanlar su ihtiyaçlarını temin etmek için su kaynaklarına kolay ulaşılacak yerlere yerleşmişlerdir. Ancak zamanla nüfus artmış ve insanlar var olan su kaynaklarının bulunduğu bölgelere göçerek yerleşmeleri, bu kaynaklar ihtiyacı karşılamada yetersiz kalınca da yerleşim yerlerini terk ederek, başka kaynakların bulunduğu bölgelere göç etmeleri imkânsız hale gelmiştir. Bu kapsamda, insanların su kaynaklarının bulunduğu bölgelere gitmektense, bu kaynakların

insanların yaşadığı yerlere getirilmesi düşünülmüştür [1].

İlk zamanlar su ihtiyacını karşılamak için su kaynakları etrafına göç eden insanlar, daha sonraları kanal, tünel, su kemeri gibi çeşitli su iletim tesisleri inşa ederek suyu, buldukları yerlere iletimini sağlamışlardır. Günümüzde ise teknolojinin ilerlemesiyle, bu su iletim tesislerine ilave olarak basınçlı borular su temini sistemlerinde kullanılmaya başlanmıştır. Böylelikle yapımı uzun süren yöntemler terkedilmiş, bunun yerini modern su

temini sistemleri almıştır [2]. Kaynaktan alınan suların kullanılacak bölgeye iletilmesini sağlayan iletim (isale) hatlarında suyun taşınmasında akedük, açık kanal, tünel, galeri yerine uygun olması durumunda boruların kullanılmasıyla, iletim hattının boyu kısalmakta, su tasarrufu sağlanmakta ve kirlenme tehlikesi büyük ölçüde azalmaktadır. İçme suyu iletim hatlarında çoğunlukla; çelik boru, yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) boru ve cam elyaf takviyeli polyster (CTP) boru kullanılmaktadır.

Çelik borular su iletim hatlarında 19. yüzyılın ikinci yarısından itibaren kullanılmaya başlanmıştır. Çelik borular, yüksek işletme basınçlarında çalışması gereken durumlarda, diğer boru türlerine kıyasla daha çok tercih edilirler [3]. Çelik boruların yüksek basınca mukavemet göstermesi, taşıma kapasitesinin yüksek olması ve uzun ömürlü olması tercih edilme nedenlerindedir. Çelik boru kullanımında karşılaşılan en önemli sorun ise, korozyon tehlikesidir. Bunun önlemek için, özel koruyucu kaplamalar kullanılması gerekir.

Plastik boruların polietilen (PE) sınıfı içerisinde yer alan HDPE borular, yüksek ısı ile eritilebilen kimyasal ve çatlak ilerleme direnci yüksek olan HDPE hammaddesi ile üretilmektedir. HDPE boruların çok yüksek ve çok düşük sıcaklıklarda güvenle çalışabilmesi, çatlamaya ve kimyasal maddelere karşı dayanımının yüksek olması, kullanım ömrünün en az 50 yıl olması önemli avantajları arasındadır. Çelik borular gibi metal malzemeli borularda görülen korozyon tehlikesi, HDPE borularda görülmez. Elastik yapısı sayesinde depremden ve toprak hareketlerinden etkilenmez. Hafif olduklarından döşemesi ve taşınmaları kolaydır. Ancak, darbe dayanımının düşük olması ve büyük çaplarda maliyetinin yüksek olması bu boruları, alternatif boru türleri karşısında dezavantajlı duruma düşürür.

CTP (Cam elyaf Takviyeli Polyester) borular, polyester reçine, cam elyaf ve silika kum hammaddeleri kullanılarak üretilmektedir. CTP borular, beton ve çelik borulara kıyasla çok daha hafiftir. Bu nedenle stoklanması, yüklenmesi, nakliyesi ve montajı daha kolay ve ekonomiktir. Kimyasallara karşı dayanımının yüksek olması, katodik koruma ve ek yalıtım malzemesine ihtiyaç duymaması avantajlarındandır. CTP borularda

karşılaşılan en önemli sorun, boruların döşenmesinin kalifiye işçilik gerektirmesidir. Boru montajına, hendek kazısına ve dolgu malzemesinin sıkıştırılması işlerine gerekli özen gösterilmemesi halinde, boru hattında patlamalar yaşanır. Bu durum, diğer boru türlerine kıyasla, CTP borularda daha sık yaşanmaktadır.

Kullanılması tasarlanan boruların avantaj ve dezavantajlarının iyi bilinmesi gerekir. Kullanılacak boruların seçiminde, maliyetin düşük olmasının yanında borunun teknik ve işletme yönlerinin de yeterli olması gerekir. Borular maruz kalacakları su basıncına, iletilecek suyun ve boruların döşeneceği zeminin özelliklerine uygun olmalıdır [4].

Bostancı [5], boru seçiminde boru teknik özelliklerinin belirleyici olduğunu ifade etmiştir. Projede aranan kriterlere cevap veren borular arasındaki seçimde de belirleyici ana unsurun yapılacak ekonomik analize göre ucuz olanın tercih edilmesi gerektiğini, ancak ucuz olanın her zaman uygun boru olmayabileceğini belirtmiştir. Boru seçiminde borunun döşendiği yerdeki işletme koşullarının, zemin şartlarının da dikkate alınmasının gerekli olduğunu ifade etmiştir. Buna örnek olarak da ekonomik olarak çelik boru kullanımının uygun olduğu ancak zemin korozyon özelliğinin yüksek olmasından dolayı çelik borunun kullanılmadığı Kıbrıs İçme Suyu Projesi'ni göstermiştir.

Cumalı [6] yapmış olduğu çalışmada, bir isale hattının hesap metodundan farklı olarak, daha ekonomik bir çözüm önermiştir. Boru cinslerinin seçiminde, statik basınçlar yerine, isale hattının çalışır durumdaki gerçek işletme basınçlarının dikkate alınması gerektiğini ortaya koymuştur.

Hooda ve diğerleri [7] yaptıkları çalışmada, isale hatlarında mikrobiyolojik kirlenmenin yanlış boru türünün kullanılmasından ve isale hattının bakım ve onarımının düzenli şekilde yapılamamasından kaynaklandığını ortaya çıkarmışlardır.

Karadoğan [8], boru seçiminde maliyetin, iletilecek akışkanın özelliklerinin, iletim hattı güzergâhının vb. birçok faktörün etkili olduğunu ifade etmiştir.



denklemler ile hesaplanır. Burada;  $u$  kinematik viskoziteyi,  $k$  pürüzlülük katsayısını,  $D$  boru çapını,  $J$  hidrolik eğimi,  $g$  yerçekimi ivmesini göstermektedir.

### 2.3. İletim Hatlarında Ekonomik Boru Çapı Hesabı

Terfili iletim hatlarında, toplam maliyeti minimum yapan boru çapına ekonomik boru çapı denir. Terfili iletim hatlarında toplam maliyet, tesis (inşa) ve işletme (enerji, bakım, onarım vb.) maliyetlerinden oluşmaktadır. İşletme maliyetinde bakım, onarım vb. masraflar tüm borularda birbirine yakın olduğundan, işletme maliyeti enerji maliyeti olarak kabul edilebilir [4]. Bu şartlar göz önüne alındığında, ekonomik boru çapı seçilirken, inşa maliyeti ile enerji maliyeti toplamının minimum olduğu boru çapı belirlenmelidir.

İletim hatlarında inşa maliyeti genel olarak, kazı-dolgu maliyeti, boru imalatı (borunun döşenmesi, boru başlarının bağlanması, boru basınç testleri vb.) maliyeti ve nakliye maliyetlerinden oluşmaktadır. Bu maliyetlere bağlı olarak iletim hattının inşa maliyeti hesaplanır.

Enerji maliyeti ise;

$$F_e = N \times 365 \times t \times f = \frac{Q \times H}{102 \times \eta_p \times \eta_m} \times 365 \times t \times f \quad (5)$$

İfadesi ile hesaplanır. Burada  $N$  terfili isale hatlarında suyun hazneye iletimini sağlayan pompanın gücünü (kW),  $t$  terfi süresini,  $f$  enerji bedelini göstermektedir. Pompa gücü  $N$ ; isale edilecek debi ( $Q$ ), pompa basma yüksekliği ( $H$ ), pompa verimi ( $\eta_p$ ) ve motor verimine ( $\eta_m$ ) bağlı olarak  $N = \frac{Q \times H}{102 \times \eta_p \times \eta_m}$  şeklinde hesaplanır. Pompa basma yüksekliği ( $H$ ), pompa istasyonu-depo arasındaki statik kot farkı ile isale hattındaki yük kayıplarının toplamı şeklinde hesaplanır.

### 2.4. Yöntemin Uygulanması

Su temini tesisleri, geleceğe dönük su ihtiyacını karşılayacak şekilde tasarlanırlar. Bu kapsamdaki tesisler, tesis inşaatının tamamlandığı tarihten 30 yıl sonraki ihtiyacı karşılayacak şekilde boyutlandırılır. Ayrıca tesisin projelendirme ve inşaat aşamaları süresi 5 yıl olarak kabul edilirse, bu tesisler 35 yıl

sonraki su ihtiyacını karşılayacak şekilde boyutlandırılır [11]. Bundan dolayı öncelikle, yerleşim alanının 35 yıl sonraki nüfusunun ve bu nüfusun su ihtiyacının doğru tahmin edilmesi gerekir.

Hilvan ilçe merkezi ile iletim hattı güzergâhında bulunan civar yerleşim yerlerinin 1990-2010 yılları arası geçmiş nüfus verileri kullanılarak, çalışma alanının 2050 yılı için nüfusu 55950 kişi olarak tahmin edilmiştir. Çalışma alanının 2050 yılı için toplam su ihtiyacı 176 l/s olarak hesaplanmıştır. İsale edilecek su miktarı (debi) belirlendikten sonra tavsiye edilen hız limitleri de dikkate alınarak farklı boru türleri için boru çapları hesaplanmıştır.

İnşa maliyeti hesaplarında boruların döşeneceği hendeklerin kazı-dolgu hesabı yapılırken DSİ teknik şartnamelerinde farklı boru türleri için verilen esaslar dikkate alınarak kazı-dolgu maliyetleri belirlenmiştir.

İşletme maliyetinin hesaplanmasında, pompanın gücünü bulmak için yapılan yük kaybı hesaplarında Hazen-Williams formülü kullanılmıştır. Formüldeki boru cinsine bağlı pürüzlülük katsayısı  $C$ , çelik borular için 130, HDPE ve CTP borular için 150 olarak alınmıştır.

Hesaplarda boru çapı olarak, piyasada üretilen çaplar kullanılmıştır. Çelik borular için anma çapı 400 mm, 450 mm, 500 mm, 550 mm, 600mm, 700 mm olan borular, HDPE borular için anma çapı 400 mm, 450 mm, 500 mm, 560 mm, 630 mm, 700 mm olan borular ve CTP borular için de anma çapı 400 mm, 450 mm, 500 mm, 600 mm, 700 mm olan borular karşılaştırılmıştır.

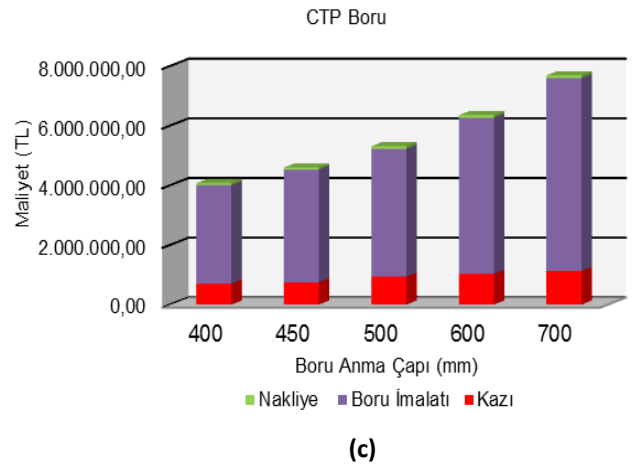
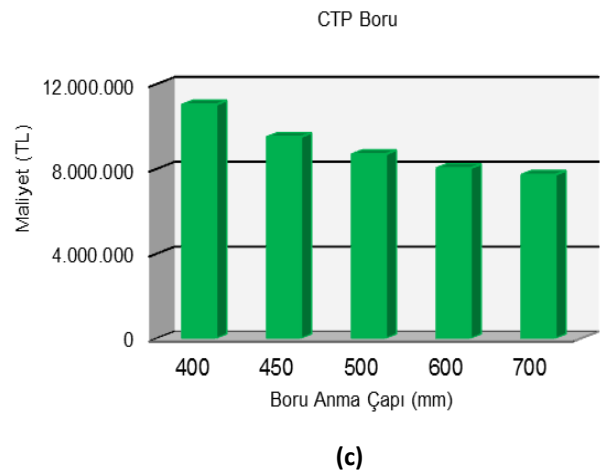
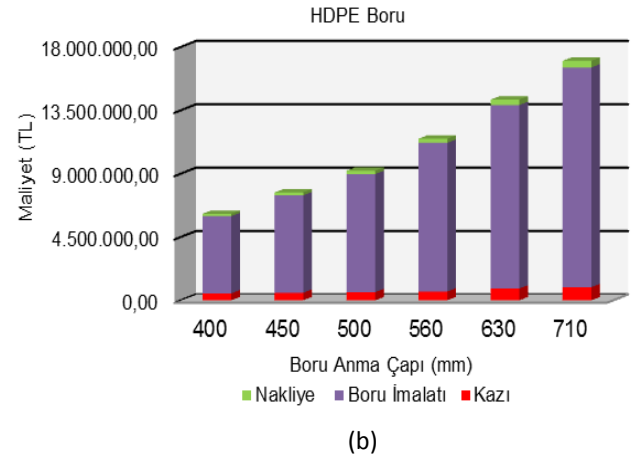
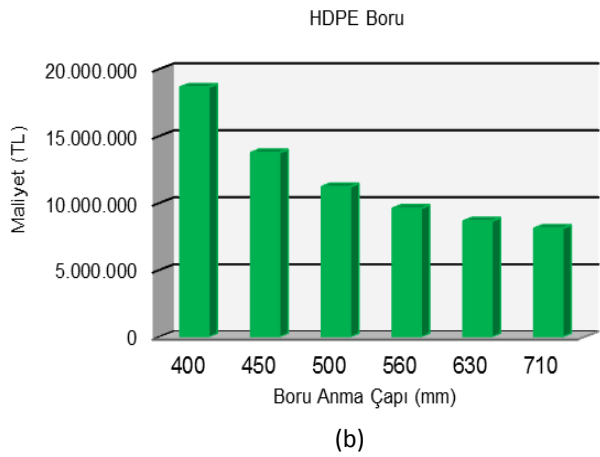
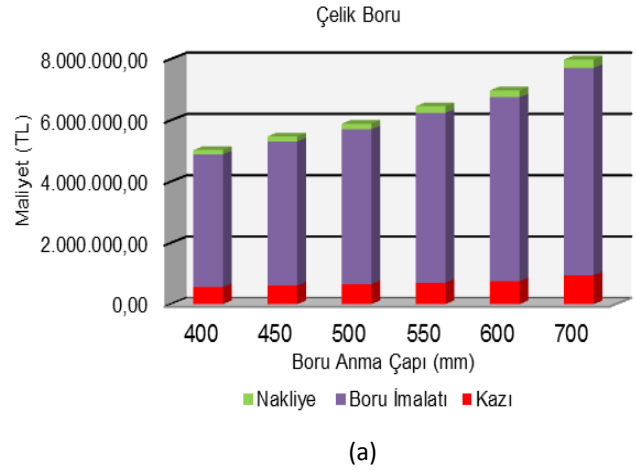
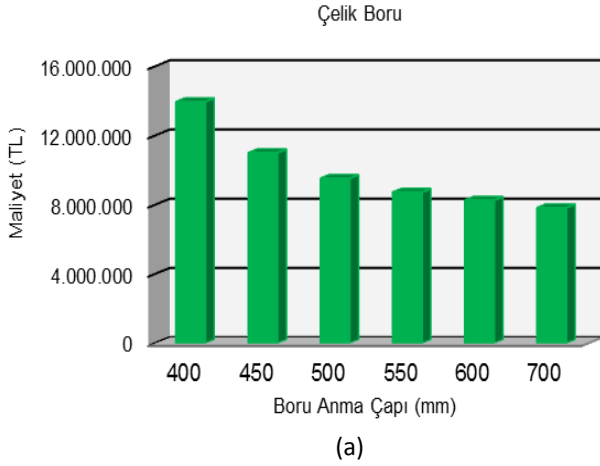
### 4. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada çelik, CTP ve HDPE boruların çeşitli çapları için maliyetler hesaplanmıştır. Bu maliyetler işletme (enerji) ve inşa (tesis) maliyeti olarak ele alınmıştır. İşletme maliyetine bakım-onarım maliyeti de eklenmelidir. Ancak İller Bankası Teknik Şartnamesine göre, tüm boru türleri için bakım onarım maliyeti inşa maliyetinin %10'u kadar alındığından, hepsinde de aynı durum söz konusu olduğundan ayrıca ilave edilmeye gerek duyulmamıştır.

Enerji maliyeti hesaplarında, isale edilecek debi, boru iç çapı ve boru cinsine bağlı pürüzlülük katsayısı hesaba katılarak boru hidrolik eğimi (J) ve buna bağlı olarak da yük kayıpları hesaplanmıştır. Pompa enerjisi hesaplanıp, enerji maliyetleri bulunmuştur.

Tüm borularda çap büyüdükçe enerji maliyetinin azaldığı görülmüştür. Boru çapı büyüdükçe yük kaybı ve buna bağlı terfi yüksekliği azaldığı için enerji maliyeti dolayısıyla da işletme maliyeti azalmıştır.

Kazı-dolgu, boru imalat ve nakliye giderlerinden oluşan isale hattının tesis (inşa) maliyetleri farklı boru tiplerinin çeşitli çapları için hesaplanmıştır.



**Şekil 2.** Enerji maliyetleri **a)** Çelik boru enerji maliyetleri, **b)** HDPE boru enerji maliyetleri, **c)** CTP boru enerji maliyetleri

**Şekil 3.** İnşa maliyetleri **a)** Çelik boru inşa maliyetleri, **b)** HDPE boru inşa maliyetleri, **c)** CTP boru inşa maliyetleri

Şekil 3'den görüldüğü üzere tüm boru türlerinde boru çapı büyüdükçe inşa maliyeti de artmıştır. Boru çapı arttıkça, hem boru bedeli hem de borunun döşeneceği hendeklerin kazı-dolgu hacimleri artacağından inşa maliyeti de artmıştır.

Tüm boru tiplerinde kazı-dolgu ve nakliye maliyetleri inşa maliyetinin küçük bir kısmını oluştururken, boru imalat maliyetleri inşa maliyetinin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Çelik borularda toplam inşa maliyetinin yaklaşık %11'ini kazı giderleri, %86'sını boru imalat giderleri ve %3'ünü de nakliye giderlerin oluşturduğu gözlenmiştir. HDPE borularda toplam inşa maliyetinin yaklaşık %6'sını kazı giderleri, %91'ini boru imalat giderleri ve %3'ünü nakliye giderlerin oluşturduğu, CTP borularda ise; toplam inşa maliyetinin yaklaşık %16.5'ini kazı giderleri, %82'sini boru imalat giderleri ve %1.5'ini de nakliye giderlerin oluşturduğu gözlenmiştir. Boru çapı arttıkça HDPE borularda inşa maliyeti diğer boru tiplerine göre daha fazla artmıştır.

#### 4.1. Ekonomik Karşılaştırma

Çelik, HDPE ve CTP borular verilmiş olan çaplarda değerlendirilerek, işletme ve inşa maliyetleri belirlenmiştir. Bu boruların kullanılması durumunda en ekonomik olan boru çapları, kendi içerisinde değişmektedir. Bu borular arasında bir karşılaştırma yapabilmek için, boruların iç çapları dikkate alınmıştır. Bu boru çapları incelendiğinde CTP borularda anma çapı 500 mm (iç çapı 513,8 mm), HDPE borularda anma çapı 630 mm (iç çapı 515,6 mm) ve çelik borularda anma çapı 500 mm (iç çapı 488 mm) olan borular arasında bir karşılaştırma yapılabileceği tespit edilmiştir. Çelik boruların iç çapı diğer iki boruya göre biraz daha az olmakla birlikte, bu farklılık nedeniyle iletilecek debiler eşit olduğundan, akım hızı bir miktar fazla olarak bulunmaktadır. Dolayısıyla buna bağlı olarak, yük kaybı artmaktadır. Bu kayıp da hesaplarda göz önüne alınmıştır. Bu borular bu aşamadan sonra anma çapıyla değil, boru ismiyle ifade edilmiştir.

Boru cinslerine göre 1 m isale hattı döşemesinin kazı-dolgu, boru imalatı ve nakliye maliyetlerinden oluşan inşa(tesis) maliyeti Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Boruların inşa maliyeti (TL/m)

Boru Tipi	Kazı-Dolgu Maliyeti	Boru İmalatı Maliyeti	Nakliye Maliyeti	Toplam
Çelik	35,45	275,96	10,04	321,45
HDPE	45,88	711,67	21,06	778,61
CTP	51,12	234,12	4,69	289,93

Kazı-dolgu maliyeti CTP boruda diğer iki boru türüne göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Kazı-dolgu maliyetinin borular arasında değişmesine neden olan en önemli faktör, boru bağlantı şekillerine göre hendek genişliğinin değişmesidir. CTP boruda hendek genişliği diğer borulara göre nispeten daha geniş olduğundan, kazı-dolgu maliyetini artırmıştır.

Boru imalatı maliyeti; borunun döşenmesi, boru başlarının bağlanması, boru basınç testleri ile boru bedelinden oluşmaktadır. Burada bu maliyeti etkileyen en önemli faktör boru bedelidir. HDPE boru bedelinin, çelik ve CTP boru bedellerinin çok üstünde olduğu görülmüştür. Bunun nedeni HDPE borunun büyük çaplarda boru bedelinin yüksek olmasıdır. Boru imalat bedeli olarak, en uygun boru cinsinin CTP boru olduğu görülmüştür.

Nakliye maliyetinde, HDPE borunun maliyeti, boru imalatı maliyetinde olduğu gibi diğer borulara göre çok yüksektir. Nakliye bedeli olarak en ekonomik borunun CTP boru olduğu görülmüştür.

Tablo 2'de Şanlıurfa Hilvan İlçe Merkezi İçme Suyu Temini Projesinin farklı boru tiplerine göre işletme (enerji) ve inşa (tesis) maliyetinden oluşan toplam maliyeti verilmiştir.

Tablo 2. Boruların toplam maliyetleri

Boru Tipi	İşletme Maliyeti (TL)	İnşa Maliyeti (TL)	Toplam Maliyet (TL)
Çelik	9.530.279,56	5.884.889,46	15.415.169,02
HDPE	8.666.144,29	14.254.079,39	22.920.223,68
CTP	8.687.248,04	5.307.766,52	13.995.014,56

#### 5. Sonuçlar

Bu çalışmada içme suyu iletim hatlarında kullanılan boru türünün maliyete etkisi incelenmiştir. İsale hatlarında kullanılan boru türlerinden, çelik, HDPE

ve CTP borular için işletme (enerji) ve inşa (tesis) maliyeleri hesapları yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre inşa maliyeti en düşük olan boru, CTP boru olarak tespit edilmiştir. CTP boruyu sırasıyla çelik ve HDPE boru takip etmektedir. CTP borunun toplam inşa maliyeti, HDPE boru toplam inşa maliyetinden yaklaşık %63, çelik boru toplam inşa maliyetinden ise yaklaşık %9.8 daha düşük olduğu görülmüştür.

Enerji maliyetleri en düşük olan boru HDPE boru olarak tespit edilmiştir. HDPE boruyu sırasıyla CTP ve çelik boru takip etmektedir. HDPE ve CTP boruların enerji maliyetlerinin birbirine çok yakın olduğu, çelik borunun ise nispeten daha fazla olduğu gözlenmiştir.

Toplam maliyeti en düşük olan boru CTP boru olarak hesaplanmıştır. CTP boruyu çelik boru izlemektedir. CTP borunun toplam maliyeti, çelik borunun maliyetinden yaklaşık %9.2, HDPE borunun toplam maliyetinden ise %39 daha düşük olduğu görülmüştür. Büyük çaplarda HDPE boruların inşa maliyeti çok yüksek olduğundan tercih edilmezler.

CTP boruların döşenmesi kalifiye işçilik gerektirmektedir. CTP boruların döşenmesine yeterli özen gösterilmediğinde, çeşitli sorunlar yaşanmaktadır. CTP boruların döşenmesinde kazı derinliğine dikkat edilmemesi, uygun dolgu malzemesinin kullanılmaması ve borunun dolgu malzemesiyle sıkıştırılması işlemlerine gerekli özenin gösterilmemesi boru hatlarında arızalara sebep olmaktadır. CTP borularda işçilikten kaynaklanan, standartlara uygun döşeme işlemi yapılmadığından, iletim hatlarında sık sık oluşan arızalar, bu boruları dezavantajlı duruma düşürmektedir. İletim hattında boru seçiminde maliyetin yanında bu gibi durumlar da göz önüne alındığında, en ekonomik çözümün çelik boru olduğu ortaya çıkmaktadır.

Boru seçimi yapılırken boruların ekonomik olmasının yanında borunun uzun ömürlü olması, çeşitli etkilere karşı dayanımın yüksek olması, bakım onarım ve montajının kolay ve ekonomik olması vb. özellikler de dikkate alınır. Yukarıda açıklanan parametrelerin de ekonomik analize dâhil edilmesi gerekmektedir. Ancak, daha önce açıklandığı üzere, İller Bankası Teknik Şartnamesinde, bakım onarımla ilgili

maliyetler tüm boru türleri için aynı oranda verildiğinden, yaklaşık olarak birbirine eşit kabul edilmektedir. Ayrıca boruların ekonomik ömürleri de değerlendirmeye dâhil edilmelidir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, boruların ekonomik ömürleri dikkate alınmadan, ilk tesis maliyeti ve işletme maliyetini kapsayan yaklaşık değerlerdir.

#### **Kaynaklar**

- [1] Öztürk, Y., Kahramanmaraş İlinde İçme ve Kullanma Suyu İhtiyacının Tespiti, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1996.
- [2] Çelik, M. A., İçme Suyu Şebekelerinin Optimum Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2004.
- [3] <http://allyguner.blogspot.com.tr>
- [4] Karpuzcu, M., Su Temini ve Çevre Sağlığı, Kubbealtı Neşriyat, İstanbul, 2005.
- [5] Bostancı, N., "İçmesuyu Temini Sistemlerinde Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri", II. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu, İzmir, 775-785, 21-24 Eylül 2005.
- [6] Cumalı, A., "Cazibe ile Gelmekte Olan İçmesuyu İsale Hatlarının İşletme Tazyiklerine Göre İktisadi Çözüm Tarzı", Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, No 98, 41-47, 1963.
- [7] Hooda, P. S., Edwards, A.C., Anderson, H.A., and Miller, A., "A Review of Water Quality Concerns in Livestock Farming Areas", Science of The Total Environment, 250(1), pp. 143-167, 2000.
- [8] Karadoğan, H., "Boru Hatları Tasarımı", Tesisat Mühendisliği Dergisi, No 119, 5-10, 2010.
- [9] Çağlısoy, T., İçme Suyu Şebekelerinde Boru Türünün Maliyete Etkisi ve İldem-Kayseri Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 2010.
- [10] Şekerdağ, N., Su Getirme ve Kanalizasyon Problemleri, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, 2014.
- [11] Anonim., İçmesuyu Tesisleri Etüt, Fizibilite ve Projelerinin Hazırlanmasına Ait Teknik Şartname, İller Bankası Anonim Şirketi, Ankara, 2013.