



İçme Suyu Şebekelerinde Fiziki Kayıpların Sürdürülebilir Ekonomik Seviyesinin Belirlenmesi: Merzifon Örneği

*

Mustafa Tombul¹
ORCID: 0000-0002-1875-8042

Mustafa Tuna²
ORCID: 0000-0002-9614-6076

Selim Armut³
ORCID: 0000-0001-6506-8960

Öz

Bu çalışmada içme suyu şebekelerinde meydana gelen fiziki kayıplarının azaltılmasında sürdürülebilir ekonomik seviye araştırılmıştır. İçme suyu şebekelerinde fiziki kayıpları azaltmak için olası tüm stratejiler azalan verim prensibini takip etmektedir. Azalan verim prensibinde, fiziki kaybının azaltılmasına yapılan harcama ne kadar yüksekse, tasarruf edilen su açısından kademeli getiri o kadar düşük olur. Su idarelerinin fiziki kayıplarını, azaltma maliyetini tasarruf edilen suyun değerine eşit olduğu seviyeye indirebilmeleri için, fiziki kayıplarının ekonomik seviyesini tahmin etmeleri gerekmektedir. Merzifon örneğinde 2020 yılına ait fiziki kayıp miktarı esas alınarak su şebekesinde fiziki kayıpların önlenmesi durumunda sürdürülebilir fiziki kayıp seviyesinin %4,5 olduğu tespit edilmiştir. Bir su hizmeti sağlama bölgesinde suyun maliyetinin belirlenmesi sürdürülebilir ekonomik fiziki kayıp seviyesinin belirlenmesinde önemlidir. Suyun maliyetinin tespitinde suyun kaynağından yenilenme oranı üzerinde su çekilmesi durumu ve havza bazında su kaynaklarının korunması için yapılan faaliyetlerle oluşan kaynak maliyetinin göz önünde bulundurulması önem arz etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilir ekonomik fiziki kayıp seviyesi, suyun değeri, altyapı sızma indeksi, fiziki kayıp kontrol maliyeti.

¹ Prof. Dr., Ankara Üniversitesi, E-mail: mtombul@ankara.edu.tr

² Doç. Dr., Ankara Üniversitesi, E-mail: mtuna57@gmail.com

³ Ankara Üniversitesi, E-mail: selimarmut05@gmail.com



Determining The Sustainable Economic Level of Physical Losses in Drinking Water Networks: Case of Merzifon

*

Mustafa Tombul⁴
ORCID: 0000-0002-1875-8042

Mustafa Tuna⁵
ORCID: 0000-0002-9614-6076

Selim Armut⁶
ORCID: 0000-0001-6506-8960

Abstract

The sustainable economic level was investigated in reducing physical water losses in drinking water networks in this study. All possible strategies follow the principle of diminishing efficiency to reduce physical water losses in drinking water networks. The incremental return decreases in terms of water saved as the expenditure increases on water loss reduction in the principle of diminishing efficiency. Water utilities need to estimate the economic level of water losses so that they can reduce water losses to the level where the cost of reducing water losses equals the value of water saved. In the case of Merzifon, it has been determined that the sustainable level of leakage is 4,5 % in the case of taking the loss and leakage measures based on the physical water loss and leakage amount of 2020 in the water network. Determining the cost of water is important in determining the level of sustainable economic loss and leakage in a water service supply region. It is important to consider the situation of water withdrawal above the regeneration rate of the water from the source and the resource cost incurred by the activities carried out for the protection of water resources on a basin basis in determining the value of water.

Keywords: Sustainable economic level of leakage, value of water, infrastructure leakage index, cost of leakage control.

⁴ Prof. Dr., Ankara University, E-mail: mtombul@ankara.edu.tr

⁵ Assoc. Prof., Ankara University, E-mail: mtuna57@gmail.com

⁶ Ankara University, E-mail: selimarmut05@gmail.com

Giriş

Yerleşim alanlarında nüfusun artmasıyla birlikte, içme suyu talebi her geçen gün artmakta, içilebilir su varlığı azalmakta ve içme suyu şebekeleri ile sağlanan suyun etkin kullanımı önem kazanmaktadır. İçme suyu şebekelerindeki fiziki kayıpların su sistemi yöneticileri tarafından ekonomik açıdan değerlendirilmesi, kaynakların verimli bir şekilde kullanılması bakımından önem verilmesi gereken konudur. Sürekli artan talebin karşılanması, sistem geliştirme maliyetlerinin gereksiz yere yapılmaması, suyun pompalanmasında ek enerji kullanımının önlenmesi, suyun artırılmasında gereksiz kapasite geliştirme, kimyasal kullanımı ve enerji kullanımının olmaması için zorunluluktur. Su şebekelerinin ekonomik fiziki kayıp seviyesine ulaşabilmeleri için fiziki kayıp tespit faaliyetlerine kaynak tahsis edilmesinde, kaybedilen suyun maliyetinin belirlenerek, fiziki kayıpların azaltılmasına ilişkin maliyetlerin göz önünde bulundurulması optimum bir fiziki kayıp seviyesinin tespit edilmesi gerekmektedir.

Lambert ve Fantozzi (2005) düzenli araştırmaya dayanan aktif sızıntı kontrol politikası için ekonomik müdahale sıklığını değerlendirmiştir. Hesaplamaları bildirilmeyen sızıntının doğal artış hızı, suyun marjinal maliyeti ve müdahale maliyetini göz önüne alarak yapmıştır. Aktif sızıntı kontrolü yapmayan su ve kanalizasyon hizmet birimlerinin sürekli olarak temel aktif sızıntı kontrol politikasını benimsemelelerini teşvik etmeyi amaçlamıştır.

Hardeman (2008) Yeni Meksika'daki 30 su sistemi için Altyapı Sızıntı Endeksi (ILL)'nin su sistemi verimliliğini değerlendirmedeki yararlılığını analiz etmiştir. Yeni Meksika'da dört su sisteminde Las Vegas, Gallup, Rio Rancho ve Ruidoso'de ekonomik fiziki kayıp seviyelerini (ELL) değerlendirmiştir. ELL değerini belirli bir fiziki kayıp tespit yöntemi ve mevcut ücret yapısına dayalı olarak suyun değeri ile araştırma başına maliyetin toplamı olarak ELL eğrisinden elde etmiştir.

Kanakoudis ve Muhammetoglu (2014) bir su şebekesinde fiziksel kayıpların genellikle yüksek sızıntı nedeniyle en büyük su kullanımını temsil ettiği, bunu ele almanın en etkili yolunun basınç yönetimi olduğu ifade etmiştir. Yunanistan'da Kos ve Türkiye'de Antalya şehirlerine ait iki örnek uygulamada hidrolik simülasyon modelinin uygulaması yapılmıştır. Basınç kırıcı vanaların yerleri hidrolik simülasyon modeli uygulanarak belirlenmiştir.

Alkassah vd. (2015) Malezya Kinta bölgesinde su temin sistemindeki sızıntıyı en aza indirmek için gelir dışı su işletme kontrolünün ekonomik düzeyini tahmin edilmesi amaçlamıştır. Bildirilmeyen fiziki kayıpları ve bildirilmeyen fiziki kayıpların ortalama artış oranını tahmin etmek için ekonomik müdahale teorisi ve regresyon analizini kullanmıştır.

Kanakoudis ve Gnelas (2015) gelir getirmeyen suyun birçok ülkede su dağıtım sistemindeki sistem giriş hacminin yüzdesi olarak yüksek değerlere ulaştığını yerel su işletmelerinin bu sorunu çözerek, fizik kayıp seviyelerini azaltmak için strateji geliştirmesi gerektiğini belirtmiştir.

Aboelnga vd. (2018) Ürdün Madaba'nın su dağıtım ağındaki fiziki kaybı ve bileşenlerini belirlemeyi amaçlamıştır. Fiziki kayıp bileşenleri arıza ve arka plan tahminleri (BABE), ağıdaki arızaların alan kayıtları kullanılarak analiz edilmiştir. Müdahalelerin fiziki kayıpları azaltmaya yönelik potansiyel etkisi, basınç yönetimi, fiziki kayıp tespit araştırmaları ve yanıt süresi minimizasyonu analiz edilerek verimlilik/etkinlik açısından ölçülmüştür. Su dağıtım ağının alt kısımlarında standart altı kurulum ve onarımların kalifiye personel eksikliği, yazılı standartların bulunmaması, kötü denetim ve onarım malzemeleri eksikliği gibi faktörlerle ilişkili olduğu belirtilmiştir.

Malm vd. (2020) fiziki kayıplara odaklanmanın nedenleri olarak suyun değeri, yüksek su kayıpları, ara sıra yaşanan su kıtlıkları ve yeni arıtma gereksinimlerinden kaynaklanan maliyetler olarak sıralamış; su kaybının yönetimi için sürdürülebilir ekonomik fiziki kayıp seviyesinin (SELL- sustainable economic level of leakage) kullanılabilirliğini belirtmiştir.

Yılmaz vd. (2021) fiziki kayıp yönetiminde optimizasyon algoritması ile sistem bileşenlerini, gereksinimleri ve yöntemlerin maliyetlerini göz önünde bulundurarak ekonomik fiziki kayıp seviyesini belirlemiştir. Basınç seviyesi ve takım sayısının en uygun değerlerini belirlemek için ayrık stokastik optimizasyona dayalı yeni bir model geliştirilmiştir.

Literatürden farklı olarak bu çalışmada suyun maliyetinin hesaplanmasında suyun işletmeden kaynaklanan maliyetleri yanında su kaynağının korunmasını amaçlayan suyun kaynak maliyeti de göz önüne alınmıştır. İçme suyu şebekesinin yenilenmesinin amortisman tutarı da suyun maliyetine eklenmiştir. Buna karşılık sızıntı tespiti ve onarımı maliyetleri belirlenerek optimum fiziki kayıp düzeyi belirlenmiştir.

Bu çalışmanın amacı Merzifon ilçesi içme suyu şebekesinde sürdürülebilir ekonomik fiziki kayıp seviyesinin tespit edilmesidir. İçme suyu şebekesinin yenilenmesi, aktif sızıntı kontrol maliyetleri ve öngörülen fiziki kayıp miktarları değerlendirilerek sürdürülebilir ekonomik fiziki kayıp miktarı tespit edilmiştir. Bu amaçla, Merzifon örneğinde içme suyu şebekesindeki 2020 yılına ait fiziki kayıplar temel alınmıştır. Mevcut durumda içme suyunun maliyetinin tespiti ile içme suyu şebekesindeki yenileme, basınç yönetimi, aktif sızıntı kontrolü uygulanması durumunda içme suyu maliyeti ve sürdürülebilir ekonomik fiziki kayıp seviyesi tespiti yapılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Çalışma alanı olan Merzifon Orta Karadeniz Bölümünde yer almakta olup, Amasya iline bağlı bir ilçedir. Konum olarak İran-Erzurum-İstanbul yolu güzergâhında ve Ankara yolu kavşağında yer almaktadır. Gelişme gösteren Organize Sanayi Bölgesi şehre sanayi kenti görünümünü kazandırmaktadır. Şehrin nüfusu 61.376 kişidir.

Merzifon ilçe merkezinin eğimi kuzeyden güneye doğrudur. İlçe merkezinin rakımı 700 metre, en yüksek noktası 1900 metredir. Kuzeyinde yüksekliği 1800 metreye ulaşan Taşan Dağı, güneyinde Eğerli ve Çakır Dağları bulunmaktadır. Yüzölçümü 984 km² dir. Arazinin %57'si tarım arazisidir. Tarım arazisinin %22'si sulu tarım arazisidir. Karadeniz İklimi ve İç Anadolu İklimi arasında geçiş özelliği görülmektedir. İlçede yıllık ortalama yağış miktarı 948 mm civarında olup, en fazla yağışın görüldüğü ay Aralık ayıdır. Şekil 1'de ilçenin yerini gösteren harita görülmektedir.



Şekil 1. Merzifon ilçesinin yerini gösterir harita

Materyal

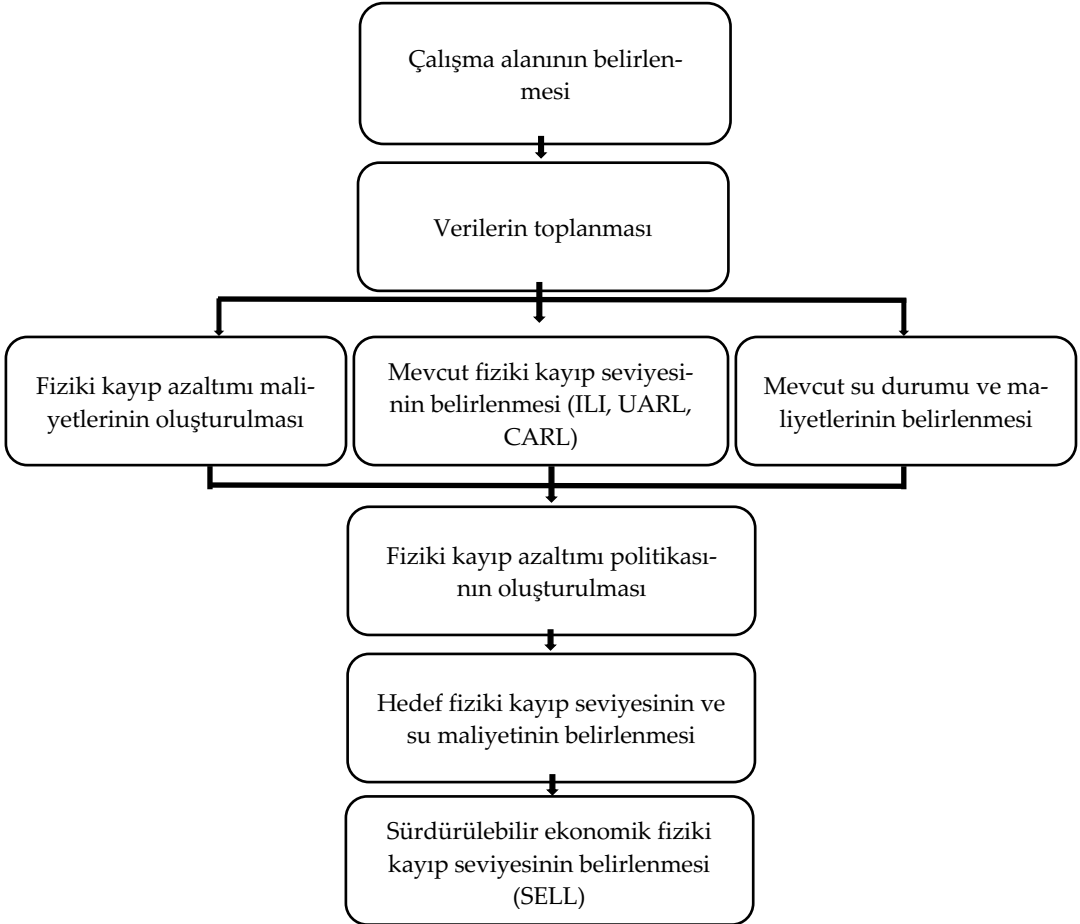
Çalışmada Merzifon ilçesine ait içme suyu şebekesinin sürdürülebilir ekonomik fiziki kayıp seviyesinin belirlenmesi için 2020 yılına ait veriler toplanmıştır. Bu kapsamda 2020 yılına ait su dengesi, suyun maliyeti, kayıp suyun kontrol maliyetinin belirlenmesi için belediye, DSİ, İller Bankası verileri değerlendirilmiştir.

Suyun maliyetinin hesaplanması için belediyeden su hizmetlerinin işletme, yönetim, enerji maliyetleri; suyun kaynak maliyetinin belirlenmesi için DSİ 2020

yılı işletme bütçesi ve bölgenin yeraltı suyu potansiyeline ait veriler DSİ yeraltı suyu etüt raporundan, mevcut şebekenin amortisman miktarının belirlenmesi için İller Bankası 2020 yılı birim fiyatları temin edilmiştir. Su kayıp maliyetinin hesaplanması amacıyla belediye Su ve Kanalizasyon Müdürlüğü ve Fen İşleri Müdürlüğü bütçe, faaliyet raporları ve bakım onarım maliyetlerine ilişkin veriler toplanmıştır. İçme suyu şebekesinin yenilenmesi maliyetleri İçme Suyu Yenileme Projesinden alınmıştır.

Yöntem

İçme suyu şebekesinde sürdürülebilir fiziki kayıp seviyesinin belirlenmesi için Şekil 2’de gösterilen akış diyagramı uygulanmıştır.



Şekil 2. Çalışmaya ait akış diyagramı

Bu çalışmada izlenen metodoloji kentsel su teminin sürdürülebilir şekilde sağlanması için suyun maliyetinin belirlenmesinde kaynağın maliyetini göz önüne alarak su kaynağının korunmasını amaçlamaktadır. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü'nün Nehir Havzaları Yönetim Planının alt havza bazında su kullanımlarının ekonomik analizi açısından bir parçasını oluşturabilir. Nehir Havzaları Yönetim Planları havza bazında su kalite sorunları, izleme programı, su kaynaklarının sınıflandırılması, su kütleleri için hedefler, tedbirler programı ve uygulanması, tedbirlerin izlenmesi ile ilgili plan ve programları kapsamaktayken, bu çalışmanın metodolojisi kentsel su temininin sürdürülebilirliğine odaklanmaktadır.

Merzifon örneğinde fiziki kayıp yönetim bileşenleri olan boru hattı ve varlık yönetimi, basınç yönetimi, onarım hızı ve kalitesi ve aktif sızıntı kontrolü önlemlerinin alınması durumunda sürdürülebilir ekonomik fiziki kayıp seviyesi tespit edilmiştir. 2020 yılına ait mevcut fiziki kayıp miktarı ve kaçınılmaz fiziki kayıp miktarları alınarak, geri kazanılabilir fiziki kayıp miktarı bulunmuştur. Mevcut durumda su hizmetlerine ilişkin maliyetler ve kaynak maliyetleri bulunarak suyun maliyetine ulaşılmıştır. Su şebekesindeki fiziki kayıp azaltılması için maliyetler göz önüne alınarak öngörülen birim su maliyeti tespit edilmiştir. Fiziki kayıp önleme çalışmalarına ilişkin araştırma maliyetleri ve kayıp su maliyetleri hesaplanarak her bir araştırma sayısına göre toplam maliyetlere ulaşılmıştır. Toplam maliyet eğrisi çizilerek eğrinin minimum olduğu noktada sürdürülebilir ekonomik kayıp kaçak seviyesi belirlenmiştir.

Altyapı Sızıntı İndeksi (ILI)

İçme suyu şebekelerinde su kayıpları fiziki ve görünür kayıplardan oluşmaktadır. Altyapı sızıntı indeksi (ILI) fiziki kayıpları belirlemek için bir göstergedir. Mevcut işletme basıncında fiziki kayıpların kontrolü için bir dağıtım ağının ne kadar iyi yönetildiğinin (bakımının yapılması, onarılması ve iyileştirilmesi) ölçülmesidir. ILI, mevcut yıllık fiziki kayıpların (CARL), kaçınılmaz yıllık fiziki kayıplarına (UARL) oranıdır. Oran olarak, ILI birim içermez ve bu nedenle farklı ölçüm birimlerini kullanan ülkeler arasındaki karşılaştırmaları kolaylaştırır. ILI aşağıdaki eşitlikle bulunmaktadır (Liemberger ve McKenzie, 2005) :

$$ILI = CARL / UARL$$

ILI: Altyapı sızıntı indeksi

CARL: Mevcut yıllık fiziki kayıplar (m³)

UARL: Kaçınılmaz yıllık fiziki kayıplar (m³)

UURL sistemin ortalama çalışma basıncında dağıtım sisteminde oluşan kaçınılmaz fiziki kayıplardan oluşmaktadır. Ana boru hattı ve servis bağlantı uzunluğu, servis bağlantı sayısı ve ortalama çalışma basıncı kullanılarak hesaplanmaktadır. UURL aşağıdaki eşitlikle bulunmaktadır (Liemberger ve McKenzie, 2005):

$$UURL \text{ (litre/gün)} = (18 * L_m + 0,80 * N_c + 25 * L_p) * P$$

L_m : Ana boru hattı uzunluğu (km)

N_c : Servis bağlantı sayısı

L_p : Servis bağlantılarının toplam uzunluğu (km)

P : Ortalama basınç yüksekliği (m)

Geri kazanılabilir fiziki kayıp miktarı (RCALL-recoverable current annual real losses) mevcut yıllık fiziki kayıplar (CARL) ve kaçınılmaz yıllık fiziki kayıplar (UURL) arasındaki farka eşittir. RCALL sızıntı tespiti yoluyla geri kazanılabilecek su hacmidir. Bu su miktarının alt sınırı UURL ve üst sınırı CARL olmaktadır.

Su şebekesi yaşlandıkça, bir kısmı işleme rapor edilmeyecek olan yeni sızıntı ve patlamalardan kaynaklanan kayıpların doğal olarak artma eğilimi vardır. ILI sızıntı yönetimi dört ana bileşenin kombinasyonu ile kontrol edilmektedir. Bu bileşenler: (i) boru hattı ve varlık yönetimi, (ii) basınç yönetimi (basıncı artıran veya azaltan), (iii) onarımların hızı ve kalitesi, (iv) Bildirilmemiş fiziki kayıpları bulmak için aktif sızıntı kontrolüdür. (Lambert, 2001). İyi yönetilen bir sistem için $ILI = 1.0$ 'dir. Gelişmekte olan ülkelerde ILI değerinin 1-4 arasında olması su sisteminin iyi olduğunu, daha fazla su kaybının azaltılmasının ekonomik olmayabileceğini ifade etmektedir (Hardeman, 2008).

Sürdürülebilir Ekonomik Fiziki Kayıp Seviyesi (SELL)

Bir su şebekesindeki mevcut fiziki kayıplar ile kaçınılmaz fiziki kayıplar arasındaki farkın azaltılması bir noktada ekonomik açıdan en uygun olmaktadır. Bu nokta sızıntıyı azaltmanın maliyetinin ilave sızıntı azaltılmasından elde edilen faydaya eşit olduğu noktadır (Ofwat 2002).

Fiziki kayıplardaki azalmanın artmasıyla birlikte maliyette artmaktadır. Mevcut fiziki kayıplar, arka plandaki sızıntı seviyesine düşürülürse, sızıntı azaltma maliyetleri katlanarak artar. Ekonomik fiziki kayıp seviyesi, yıllık fiziki kayıp azaltma maliyeti ile kaybedilen suyun yıllık maliyetinin toplamı ile hesaplanmaktadır. Toplam maliyet eğrisinin minimum noktası ekonomik fiziki kayıp seviyesidir (Fanner vd 2007).

Bu analiz, su sistemlerinin fiziki kayıp azaltma potansiyelini ve fiziki kayıp tespit maliyetinin belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Her bir analiz su şebekesine ve kaçak tespit stratejisine özeldir. İşçilik maliyeti, ekipman maliyeti, suyun değeri dahil edilmektedir. Sürdürülebilir ekonomik fiziki kayıp seviyesi bir su

sisteminin fiziki kayıplarının yüzde yüzünü geri kazanmanın gerçekçi olmadığını ve maliyet engelleyici olduğunu ifade etmektedir. Sızıntıyı azaltmaya yönelik her faaliyet azalan getiriler yasasına dayanmaktadır (Pearson ve Trow, 2005).

Suyun üretimi, dağıtım ve kaynak maliyeti göz önüne alınarak fiziki kayıp miktarının değeri bulunmuştur. Su Çerçeve Direktifi maliyet geri kazanımı, kirlenen öder ilkesi ve teşvik fiyatlandırması kavramlarını ortaya koymuştur. Maliyet geri dönüşümü, su hizmetleri için ödenen para miktarı ile ilişkilidir. Sadece su hizmetlerinin sağlanmasının maliyetlerine değil, aynı zamanda, alternatif su kullanımları (kaynak maliyetleri) fırsatlarının da beraberinde getirdiği olumsuz çevresel etkilerin (çevresel maliyetler) maliyetlerine de dayanmaktadır. Avrupa Toplulukları Komisyonu, su fiyatlandırmasının farklı maliyet türlerini yansıtması gerektiğini önermiştir (Commission of the European Communities, 2000):

(1) Bu hizmetleri sağlama ve yönetme maliyetlerini içeren su hizmetlerinin veya tedarik maliyetinin finansal maliyetlerini, tüm işletme ve bakım maliyetlerini ve sermaye maliyetlerini;

(2) Diğer kullanımların, kaynağın doğal şarj veya geri kazanım oranının ötesinde tükenmesinden dolayı maruz kaldığı, unutulmuş fırsatların maliyetini temsil eden kaynak maliyetlerini veya fırsat maliyetini;

(3) Su temini ve kullanımının çevre ve ekosisteme getirdiği zararın maliyetini temsil eden çevresel maliyetleri veya dışsallıkları dikkate almak gerekmektedir.

Çalışmada içme suyu maliyetinin belirlenmesinde işletme ve bakım maliyetleri, sermaye maliyetleri, su kaynağının doğal şarj veya geri kazanım oranının ötesinde maruz kaldığı kaynak maliyetlerini ve havza bazında su kaynaklarının korunması için yapılan faaliyetlerle oluşan kaynak maliyeti dikkate alınmıştır.

İşletme maliyetleri; enerji, malzeme giderleri ve su hizmetlerinin gerçekleştirilmesi için yapılan çeşitli masraflardan oluşmaktadır. Bakım maliyetleri, mevcut ve yeni varlıkların faydalı ömürleri sonuna kadar iyi ve çalışır durumda tutulması için yapılan masraflardır. Sermaye maliyetleri yeni yatırımlar ve amortisman giderlerinden oluşmaktadır.

Amortismanlar mevcut varlıkların ömürleri sonunda yenilenmesi için konan karşılıklardır. İçme suyu temin ve dağıtım sistemindeki varlıkların ekonomik ömürleri dikkate alınarak İlbank İçme Suyu Tesisleri Etüt, Fizibilite ve Projelerinin Hazırlanmasına ait Teknik Şartnamesine göre yıllık amortisman değeri bulunmuştur. Normal (doğrusal) amortisman yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde amortisman miktarı varlığın maliyetinin ekonomik ömrüne bölünmesiyle elde edilmektedir.

Suyun kaynak maliyetinin belirlenmesinde yeraltı su kaynağının çekilmesiyle kaynağın doğal geri kazanım miktarını aşan ihtiyaç debisinin en yakın su

kaynağından temin edilmesi halinde ortaya çıkacak olan yıllık maliyet tespit edilmiştir. Ayrıca DSI tarafından su kaynağının korunması için yapılan harcamaları ifade eden işletme bütçesi Yeşilirmak havzasında ilçe içme suyu şebekesi hizmet alanı bazında birim maliyet hesaplanarak suyun kaynak maliyetine eklenmiştir. Kaynak maliyetinin de göz önüne alınarak tespit edilen su birim maliyeti kayıp suyun maliyetinin belirlenmesinde kullanılmıştır.

RCALL'a bağlı olarak gerçek su kaybının azaltılmasının tahmininde AwwaRF Raporu 91163'e göre yapılan aktif sızıntı kontrolü başına geri kazanılabilir fiziki kaybında %50 oranında azalmanın olacağı öngörülmektedir. Böylece yapılacak her fiziki kayıp kontrolünde su kaybı yarı yarıya azalacaktır. Geri kazanılabilir fiziki kayıp miktarının belirlenmesinde aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$R(t) = R_0 (1 - k)^t + UARL$$

R(t): Aktif sızıntı kontrolü çalışmasına bağlı geri kazanılabilir fiziki kayıp miktarı (m^3)

R_0 : Geri kazanılabilir mevcut yıllık fiziki kaybın ilk değeri (RCARL) (m^3)

k: 0,5, kontrol başına % 50 azalma

t: Bir yılda yapılan aktif sızıntı kontrol sayısı

UARL: Kaçınılmaz yıllık fiziki kayıp miktarı (m^3)

Eşitliğe göre ilk RCARL değerine bağlı olarak kontrol başına yıllık kalan RCARL azaltılması hesaplanmaktadır. Fiziki kaybın hacmine ve arıza sayısına dayanmaktadır (AwwaRF 2007). Borunun yaşı, işletme basıncı ve mevsimsel değişim nedeniyle bir su şebekesinde yılda belli sayıda arıza yaşanacağı varsayılmaktadır. Şebekedeki bir arızanın yüzeye çıkmadan veya onarılmadan önce belli bir süre devam edeceği varsayılmaktadır (AwwaRF 2007, Chung ve ark. 2005, Moyer ve ark. 1983). Hesaplanan RCARL değerleri grafiğin çizilmesi için UARL'ye eklenmektedir.

Aktif fiziki kayıp tespitinin maliyetinin belirlenmesinde işgücü maliyeti, ekipman maliyeti toplanarak yıllık maliyet üzerinden günlük maliyet tespit edilmiştir. Fiziki kayıp onarım maliyeti su şebekesinin onarımı için yıllık harcamaları göstermekte ve 365'e bölünerek günlük maliyet hesaplanmaktadır. Aktif fiziki kayıp tespit maliyeti su şebekesinde yıllık olarak gerçekleştirilen çalışma sayısına göre gerçek kayıp su azaltılması ile orantılı olmaktadır. Fiziki kayıp kontrol ve onarım maliyeti aşağıdaki gösterilen formülle bulunmuştur:

$$C(t) = At + L$$

C(t) = Fiziki kayıp kontrol ve onarım maliyeti (TL/gün)

A = Aktif sızıntı kontrol maliyeti (TL/gün)

t = Kontrol sayısı

L= Günlük fiziki kayıp onarım maliyeti (TL/gün)

Geri kazanılabilir fiziki kayıp ile çalışma başına fiziki kayıp maliyeti ilişkilendirilmiştir. Fiziki kayıp miktarının azalmasıyla fiziki kayıp maliyeti azalan getiri yasasına bağlı olarak asimptotik bir eğri olmaktadır. Fiziki kayıp kontrol ve onarım maliyeti arttıkça toplam geri kazanılabilir su hacmi azalacaktır.

Sürdürülebilir ekonomik fiziki kayıp eğrisi kayıp suyun maliyetine fiziki kayıp kontrol ve onarım maliyeti eklenerek bulunmuştur. SELL eğrisi su şebekesinde fiziki kayıpların tamamının sistemden kaldırılmasının ekonomik olmadığını ve geri kazanılan her 1 m³ su için fiziki kayıpları azaltım maliyetinin arttığını göstermektedir. SELL fiziki kayıp kontrol ve onarım maliyeti ile fiziki kayıplarla kaybedilen suyun değerinin minimum olduğu noktadır (AwwaRF, 2007).

Bulgular

Mevcut durumda altyapı sızıntı indeksinin tespit edilmesi

2020 yılı su dengesine göre toplam fiziki kayıp miktarı 2.890.337 m³tür. Ana boru uzunluğu 274.962 m, servis bağlantısı uzunluğu 65.139 m. ve servis bağlantısı sayısı 9.950 adettir. Mevcut durumda içme suyu şebekesine ait altyapı sızıntı indeksi ve kaçınılmaz yıllık gerçek kayıp miktarı ve geri kazanılabilir yıllık gerçek kayıp miktarı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$U\text{ARL} = ((18 * 274,962 \text{ km}) + (0,8 * 9.950 \text{ adet}) + (25 * 65,139 \text{ km})) * 40 \text{ m}$$

$$U\text{ARL} = 581.512 \text{ litre/gün} = 212.251,88 \text{ m}^3/\text{yıl}$$

$$I\text{LI} = \text{CARL}/U\text{ARL} = 2.890.337/212.251,88 = 13,6$$

Mevcut fiziki kayıp miktarından (CARL), kaçınılmaz fiziki kayıp miktarı (UARL) değeri çıkarıldığında 2.890.337 – 212.251,88 = 2.678.085,12 m³ olarak geri kazanılabilir yıllık fiziki kayıp miktarına (RCARL) ulaşılmaktadır. Bu değer 7.337,22 m³/gün'dür. UARL ise günlük olarak 581,51 m³tür. Bu fiziki kayıp miktarı sızıntı tespiti, altyapı yenileme, basınç yönetimi gibi faaliyetlerle potansiyel olarak geri kazanılabilecek kayıp su miktarıdır. Elde edilebilecek en düşük fiziki kayıp seviyesi UARL değeridir. CARL ise bu değer üst sınırıdır. Fiziki kayıpların ekonomik seviyesinin belirlenmesinde sızıntı tespitine ek olarak şebeke yenilenmesi ile basınç yönetimi dikkate alınmıştır.

Mevcut durumda suyun değerinin tespit edilmesi

Su birim maliyetinin hesaplanmasında 2020 yılına ait amortismanlar, yönetim ve işletme giderleri, aktifleştirilmeyen yenileme, ıslah ve tevsi masrafları, kaynak maliyetleri ve karlılık oranı dikkate alınmıştır. Tablo 1'de su hizmetleri giderleri, Tablo 2'de su birim maliyeti görülmektedir.

Tablo 1. Su hizmetleri giderleri

Su hizmetlerine ilişkin giderler	2020
Elektrik enerjisi giderleri	4.420.213,88
Personel Giderleri	2.491.200,00
Amortismanlar (Kuyu, depolar ve borular)	685.216,54
Su malzemesi, kartlı sayaç arızaları, pompa arızaları, klor alımları, su analizleri, giyecek alımları, yolluklar, kuyu yenileme giderleri	852.353,19
İş makinesi kiralalamaları	426.193,50
Akaryakıt giderleri	93.104,99
Arıza yol tamirat giderleri	124.672,00
TOPLAM	9.092.954,10
KARLILIK ORANI (%10)	909.295,41
GENEL TOPLAM	10.002.249,51

Tablo 2. Suyun maliyetinin hesaplanması

Suyun maliyeti	2020
Su yönetim ve işletme giderleri (TL)	10.002.249,51
Satılan su miktarı (m ³)	3.190.396
Satılan suya bağlı birim maliyeti (TL/m ³)	3,14

Kaynak maliyetinin hesaplanması: Merzifon ilçesinin içme ve kullanma suyunu temin ettiği yeraltı su rezervi Yeşilirmak Havzası, Merzifon – Gümüşhacıköy Alt Havzası, Merzifon Konisinden sağlanmaktadır. Merzifon Konisinin alanı $94 \cdot 10^6$ m²'dir. DSİ tarafından yapılan hesaplamalarda bu alana düşen yağışın %12'sinin yeraltına süzülerek yeraltı suyunu besleyeceği kabul edilmiştir. Buna göre beslenme miktarı, $94 \cdot 10^6 \cdot 0,439 \cdot 0,12 = 5 \cdot 10^6$ m³/yıl = 5 hm³/yıl olmaktadır.

Belediyenin içme ve kullanma amaçlı su şebekesine verdiği su miktarı 6.550.634 m³/yıl (6,6 hm³/yıl)'dır. Bu suyun 5.568.320 m³'ü yeraltından çekilmiştir. Su kullanımında içme suyunun birinci öncelikli olduğu düşünüldüğünde mevcut suyun tamamının içme kullanma amaçlı belediyeye tahsis edildiği düşünüldüğünde çekilen 568.320 m³ (18 l/s) suyun 2020 yılı için yeraltı suyu işletme rezerv miktarını aştığı görülmektedir. İçme suyu şebekesinden kaynaklı suyun kaynak maliyetinin hesaplanmasında en yakın noktadan bu suyun getirilmesinin maliyetleri bulunarak kaynak maliyeti hesaplanmıştır. Bu nokta DSİ tarafından Merzifon Konisi sınırları dışındaki Karatepe köyünde belirlenmiştir. Bu noktadan belediye sondaj kuyusu açarak 20 l/s su çıkararak içme suyu temini planlamaktadır. DSİ tarafından açılan kuyunun tahsisi 20 l/s olarak verilmiştir. Bu noktadan kuyunun açılmasına ve boru hattının yapımı ve işletilmesine ilişkin maliyetler hesaplanmıştır. Tablo 3' de boru hattı ve su kuyusuna ait maliyetler görülmektedir.

Tablo 3. Boru hattı ve su kuyusuna ait maliyetler

Boru hattı ve su kuyusu inşaat iş kalemi analizi	Birimi	Miktarı	Birim fiyatı	Fiyatı
150 m derinliğinde kuyu açılması	m	150	688,33	103.249,50
Sondaj kuyusu elektrik pompa işleri	adet	1	163.658,93	168.658,93
SONDAJ KUYUSU				271.908,43
MALİYETLERİ TOPLAMI				
15.120.1101- Makine ile her derinlik ve her genişlikte yumuşak ve sert toprak kazılması (Derin kazı)	m ³	8.628,66	6,29	54.274,27
43.610.1024- Tuvenan kum çakıldan konkasörle kırılmış ve elenmiş 0-30 mm çapında kırma taş ile sıkıştırılarak hendek ve temel taban ıslahı boru taban yataklanması ve boru gömleklemesinin yapılması	m ³	2.067,47	42,51	87.888,15
43.610.1021- Stabilize malzeme ile hendek dolgusu	m ³	5.950,80	31,76	188.997,41
43.503.1415- Dış çapı 280 mm, 20 - 25 atü, PE100 boru ve bağlantı elemanı başlarının elektrofüzyon kaynağı ile eklenmesi (Boru ve bağlantı elemanı bedeli hariç)	adet	556	137,13	76.244,28
43.523.1015- Dış çapı 280 mm, PE100 boru döşenmesi (Boru, bağlantı elemanı ve baş bağlama bedeli hariç)	m	9918	13,45	133.397,10
43.503.1365- Dış çapı 280 mm, 12,5-16 atü, PE100 boru ve bağlantı elemanı başlarının elektrofüzyon kaynağı ile eklenmesi (Boru ve bağlantı elemanı bedeli hariç)	adet	180	128,29	23.092,20
PN16 Q280 boru maliyeti	m	493,60	2.418	1.193.524,80
PN20 Q280 boru maliyeti	m	592,99	7.500	4.447.425,00
BORU HATTI GİRDİ TUTARLARI				6.204.843,21
Nakiye giderleri (Girdi tutarının % 12)				744.581,19
BORU HATTI MALİYETİ				6.949.424,40
TOPLAM MALİYET				7.221.332,83

Kaynak maliyetinin yıllık gidere dönüştürülmesi amacıyla açılan kuyu ve boru hattı yıllık amortisman giderleri, elektrik tüketim gideri, işletme ve bakım gideri Tablo 4’de görülmektedir.

Tablo 4. İçme suyu şebekesi kaynak maliyeti

Kaynak maliyeti bileşenleri	Tutar (TL)
Boru hattı amortismanı (Basma hattı kullanım ömrü 25 yıl)	277.976,98
Sondaj kuyusu amortismanı (Kullanım ömrü 25 yıl)	10.876,33
Elektrik gideri (0,89 * 631.643,56)	562.162,77
İşletme ve bakım gideri (Tesis maliyetinin %2’si)	144.426,66
TOPLAM	995.442,74
Faturalandırılan birim m ³ başına kaynak maliyeti (TL/m ³)	0,31

Havza bazında su kaynaklarının çekimden önce yönetimi, idaresi, korunması ve sürdürülebilir kalkınması için marjinal su maliyeti (Marginal Cost of Integrated Water River Basin Management) 2020 yılı bütçesi ile DSİ’nin gerçekleştirmiş olduğu harcamalar dikkate alınarak hesaplanmış ve kaynak maliyeti olarak değerlendirilmiştir. DSİ bütçesinden su yönetimi işletme faaliyetlerini gerçekleştirmek için kullanılan tutar Yeşilirmak havzasına oranlanarak havza bazında kişi başına yıllık maliyet bulunmuştur. Kişi başına yıllık maliyetten su şebekesinin hizmet verdiği nüfus dikkate alınarak hizmet alanında birim m³ başına maliyet bulunmuştur. Tablo 5’de entegre nehir havzası yönetimi göz önüne alınarak marjinal su maliyeti görülmektedir.

Tablo 5. Suyun kaynak maliyeti için DSİ bütçesi dökümü

Bütçe kalemi	Hesaplama
DSİ’nin 2020 yılı işletme bütçesi	3.086.933.907 TL
Yeşilirmak Havzası için bütçe (alanla orantılı)	151.259.761 TL
Yeşilirmak havzası alanı: 37.823 km ²	
Türkiye’nin toplam alanı: 780.550 km ² =	
Türkiye alanının % 4,9’u	
Yeşilirmak havzasındaki kişi başına bütçe (Yeşilirmak Havzasının toplam nüfusu: 2.752.803)	16,48 TL/kişi/yıl
İlçeye düşen maliyet	73.849 kişi *16,48=1.217.031,52 TL
Faturalandırılan birim m ³ başına maliyet	1.217.031,52 TL/3.190.396 m ³ = 0,38 TL/m ³

Faturalanan su miktarı göz önüne alındığında yeraltı suyu çekimi nedeniyle oluşan kaynak maliyeti 0,31 TL, su çekiminden önce su kaynakları yönetimi nedeniyle oluşan kaynak maliyeti 0,38 TL olmak üzere toplam 0,69 TL/m³tür. Bu maliyetlerin de suyun maliyetinin belirlenmesinde dikkate alınması gerekmektedir.

Şebeke yenilenmesiyle suyun maliyeti ve fiziki kayıpların sürdürülebilir ekonomik seviyesinin analizi

Sürdürülebilir ekonomik fiziki kayıp seviyesinin (SELL) hesaplanmasında su hizmetlerinin sağlanması ve yönetim maliyetleri yanında kaynak maliyeti de hesaba katılmıştır. Sızıntı seviyesinin belirlenmesinde ALC (aktif sızıntı kontrol) faaliyeti yanı sıra su şebekesi ekonomik ömrünü tamamladığından ve artan nüfus ihtiyacını karşılayamadığından basınç yönetimi (PM), varlık yenileme (AR) önlemlerinin de dahil olduğu içme suyu şebekesi yenilenmesine ait amortisman tutarı, işletme bakım masrafları dikkate alınarak sürdürülebilir ekonomik sızıntı seviyesi bulunmuştur. Çalışmaların 2026 yılında bitmiş olacağı varsayılmış, su tüketim miktarının yıllık yaklaşık %5 artacağı düşünülmektedir.

Su kayıplarının İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliğinde 30874 sayılı, 31 Ağustos 2019 tarihli yapılan değişiklikle belirtilen ilçe belediyelerde su kayıplarını 2023 yılına kadar en fazla %35, 2028 yılına kadar en fazla %30, 2033 yılına kadar ise en fazla %25 düzeyine indirmekle yükümlüdür. Şebeke yenilenmesine bağlı olarak fiziki kayıp miktarının sisteme verilen su miktarının Yönetmelik hedefinin üst sınırı olan %25 seviyesine gerileyeceği, elektrik tüketim giderinin su talebindeki yıllık %5 artış dışında kayıpların azalmasıyla düşeceği öngörülmüştür. Bu seviye üzerinden aktif sızıntı kontrolü yapılması ile birlikte ekonomik seviye belirlenmiştir. 2026 yılına ait öngörülen su dengesi Tablo 6'da görülmektedir.

Tablo 6. 2026 yılı için öngörülen su şebekesine ait su dengesi

Hedef su dengesi unsurları	Hesaplama	Miktarlar (m ³ /yıl)	Sisteme girenin %'si
Sisteme verilecek su (m ³ /yıl)	Faturalandırılan tüketim, idari ve fiziki kayıplara göre belirlenmiştir.	6.710.640	100
Faturalandırılmamış ölçülmüş (m ³ /yıl)	2020'de pandemi etkisiyle 104.579 m ³ olarak gerçekleşmiş, sosyal faaliyetlerin genişlemesiyle ve faturalandırılmamış ölçülmemiş tüketim olan 2020 yılına ait 32.339 m ³ suyun da ölçüleceği ve toplamda 300.000 m ³ olarak öngörülmektedir.	300.000	4,47
Gerçek (fiziki) kayıp miktarı (m ³ /yıl)	Gerçek (fiziki) kayıpların sisteme giren suyun % 25'i olduğu öngörülmektedir.	1.677.660	25,00

İdari (görünür) kayıp miktarı	Ölçülmüş tüketim miktarının % 10'u (4.275.436+300.000)*%10	457.544	6,82
Faturalandırılmış ölçülmüş tüketim miktarı (m ³ /yıl)	Abone artış miktarı yıllık yaklaşık % 5 alınrsa, faturalandırılan su miktarı: 3.190.396 * (1 + 0,05) ⁶ = 4.275.436	4.275.436	63,71
Gelir getirmeyen su miktarı (m ³ /yıl)	Gerçek kayıplar+ İdari kayıplar + Faturalandırılmamış ölçülmüş tüketim	2.435.204	36,29
Gelir getiren su miktarı (m ³ /yıl)	Faturalandırılmış ölçülmüş tüketim	4.275.436	63,71

Sisteme 2020 yılı sonu itibariyle 6.550.634 m³ su verilmiştir. Su şebekesinin yenilenmesiyle birlikte 2020 yılı sonu değerlerine göre azalan kayıplar ve artan nüfus göz önüne alınarak sistemde 2026 yılı sonu itibariyle 160.006 m³ su ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Fiziki kayıplardaki azalma tüketim artışını dengelemeye yarayacaktır. Bu su miktarı yaklaşık 5 l/s etmektedir. Mevcut yeraltı su kaynaklarının korunması amacıyla havza alanı dışından getirilecek Karatepe kuyusu ile 20 l/s su şebekeye katılacaktır. Suyun kaynak maliyeti içselleştirilmiş olacaktır. Ancak havza bazında suyun kaynak maliyeti 0,38 TL olacaktır. Öngörülen 1.677.660 m³ fiziki kayıp miktarı günlük 4.596,33 m³ suya denk gelmektedir. Kaçınılmaz yıllık fiziki kayıp miktarı yıllık 212.251,88 m³ olup, günlük 581,51 m³ olmaktadır. Bu durumda şebeke yenilenmesiyle birlikte geri kazanılabilir yıllık fiziki kayıp miktarı 1.465.408,12 m³ olmakta ve günlük 4.014,82 m³ olmaktadır. Tablo 7'de 2026 yılı için öngörülen birim su maliyetinin bugünkü (2020 yılı sonu itibarıyla) değeri görülmektedir.

Tablo 7. Su şebekesinin yenilenmesiyle birim su maliyeti

Su hizmetlerine ilişkin giderler	Açıklama	Tutar
Elektrik enerjisi giderleri	Mevcutta harcanan 4.420.213,88 TL enerjinin %25'i düşürülerek Karatepe kuyusunun 562.162,77 TL enerji bedeli eklenmiştir	3.877.323,18
Personel Giderleri	Personel gideri mevcut ekipler fiziki ve idari kayıplara yoğunlaşacağından mevcut durumla aynı alınmıştır.	2.491.200,00

Amortismanlar (Kuyu, depolar ve borular)	Tedbirler maliyeti bozulan yolların tamirati ile birlikte toplam 2020 yılı sonu değeri 119.008.475 TL olup amortisman süresi 50 yıl alınmıştır.	2.380.169,50
Su malzemesi, kartlı sayaç arızaları, pompa arızaları, klor alımları, su analizleri, giyecek alımları, yolluklar, kuyu yenileme giderleri	Bu giderler devam edeceğinden aynı alınmıştır	852.353,19
İş makinesi kiralalamaları	Kayıp kaçak oranı düştüğünden ve abone bağlantısı işleri olmayacağından mevcut rakamın %10'si alınmıştır.	42.619,35
Akaryakıt giderleri	Arıza, abone bağlantısı işleri düşeceğinden, sızıntı kontrolü ve idari kayıp kontrolü olacağından mevcudun % 20'si alınmıştır.	18.620,99
Arıza yol tamirat giderleri	Arıza sayısı azalacağından mevcudun % 5'i alınmıştır.	6.233,60
TOPLAM		9.668.519,81
KARLILIK ORANI (%10)	9.668.519,81 * % 10	966.851,98
GENEL TOPLAM		10.635.371,79
Sisteme verilen su miktarı (m ³)		6.710.640
Satılan su miktarı (m ³)		4.275.436
Satılan suya bağlı birim maliyeti (TL/m ³)		2,49
Suyun kaynak maliyeti dikkate alınarak birim maliyeti	2,49+0,38	2,87

Kayıp suyun maliyeti su şebekesinin yenilenmesiyle suyun birim maliyeti 2,49 TL ve havza bazında kaynak maliyeti 0,38 TL toplamı olan 2,87 TL dikkate alınarak bulunmuştur.

Araştırma maliyeti ve günlük sızıntı onarım maliyetinin belirlenmesi için işçilik, araç, ekipman, akaryakıt maliyeti hesaplanmıştır. Bu değerler Tablo 8'de görüldüğü gibi belediyeye ait sızıntı tespit ekibi ve sızıntı onarım ekibi için 2020 yılı sonuna ait maliyetler göz önüne alınarak bulunmuştur.

Tablo 8. Sızıntı tespiti araştırma ve onarım maliyetlerinin hesaplanması

Maliyet kalemi	Tutarı (TL)
İşgücü maliyeti	115.200,00
Araç ve ekipman amortisman	96.942,00
Yakıt ve sigorta masrafları	24.495,14
TOPLAM	236.637,14
GÜNLÜK ARAŞTIRMA MALİYETİ	648,32
Sızıntı onarım maliyeti	826.969,00
TOPLAM	826.969,00
GÜNLÜK SIZINTI ONARIM MALİYET	2.265,67

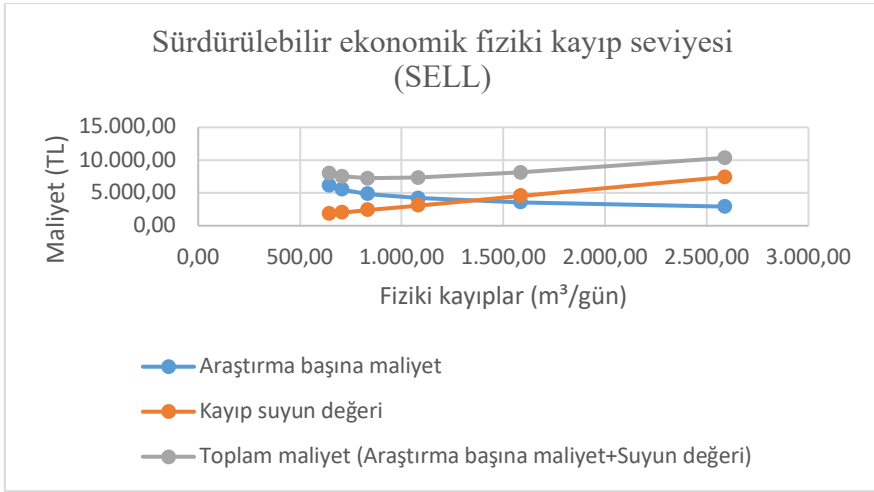
Tablo 9 ve Tablo 10'da içme suyu şebekesinin yenilenmesinin ardından fiziki kayıp ve araştırma maliyet ilişkisi ile sürdürülebilir sızıntı seviyesinin hesaplanması görülmektedir.

Tablo 9. Fiziki su kaybı ve araştırma başına maliyet ilişkisi

Araştırma sayısı (t)	Fiziki su kaybı azaltım miktarı (m ³) $R(t)=Ro(1 - k)^t+UARL$	Araştırma başına maliyet (TL) $C(t)=At+L$
1	$4.014,82 (1 - 0,5)^1 + 581,51 = 2.588,92$	$648,32*1+2.265,67=2.913,99$
2	$4.014,82 (1 - 0,5)^2 + 581,51 = 1.585,22$	$648,32*2+2.265,67=3.562,31$
3	$4.014,82 (1 - 0,5)^3 + 581,51 = 1.083,36$	$648,32*3+2.265,67=4.210,63$
4	$4.014,82 (1 - 0,5)^4 + 581,51 = 832,44$	$648,32*4+2.265,67=4.858,95$
5	$4.014,82 (1 - 0,5)^5 + 581,51 = 706,97$	$648,32*5+2.265,67=5.507,27$
6	$4.014,82 (1 - 0,5)^6 + 581,51 = 644,24$	$648,32*6+2.265,67=6.155,59$

Tablo 10. Sürdürülebilir ekonomik fiziki kayıp seviyesinin hesaplanması

Araştırma sayısı (t)	Fiziki kayıp azaltılma miktarı (m ³)	ALC'nin Araştırma başına maliyeti (TL) $C(t)=At+L$	Kayıp suyun maliyeti	Toplam maliyet (Araştırma başına maliyet+ Suyun maliyeti)
1	2.588,92	2.913,99	7.430,20	10.344,19
2	1.585,22	3.562,31	4.549,58	8.111,89
3	1083,36	4.210,63	3.109,24	7.319,87
4	832,44	4.858,95	2.389,10	7.248,05
5	706,97	5.507,27	2.029,00	7.536,27
6	644,24	6.155,59	1.848,97	8.004,56



Şekil 3. SELL değerinin tespit edilmesi

Şekil 3'de görüldüğü gibi toplam maliyet eğrisinin minimum olduğu nokta sürdürülebilir ekonomik fiziki kayıp düzeyidir. Bu noktadan aktif sızıntı kontrol maliyeti eğrisine kadar inildiğinde bu noktada araştırma maliyeti 4.858,95 TL/gün yani 1.773.516,75 TL/yıl olmakta bu da 4 araştırma sayısına denk gelmektedir. Fiziki kayıplar değerinin de 832,44 m³/gün olduğu, bunun da toplam sisteme verilen su miktarının da % 4,5 'u olduğu görülmektedir. Yıllık ekonomik sızıntı seviyesi 303.840,60 m³, iken yeni ILI değeri ise $303.840,60 / 212.251,88 = 1,4$

olacaktır. Bu değer su sisteminin iyi olduğunu daha fazla fiziki kayıp azaltılmasının ekonomik olmayacağını ifade etmektedir. Su şebekesinin ekonomik ömrünü doldurması ve yeterli gelmemesi nedeniyle değişiminin yapılması durumunda bile aktif sızıntı kontrolü araştırması devam etmelidir.

Su şebekesinin yenilenmesi halinde bile fiziki kayıpların olmaya devam edeceği, bunun kontrol altında tutulması için aktif sızıntı kontrolünün yapılması gerektiği açıkça görülmektedir. SELL değeri sızıntı tespit faaliyetleri ve su şebekesinin yenilenmesi durumunda % 4,5 olmuştur. Su sisteminin yenilenmesi ile su kaynağının korunması sağlanarak, gelecekte artan nüfusun ihtiyaçlarının karşılanmasının önü açılacaktır.

Tartışma ve Sonuç

İçme suyu şebekelerinde fiziki kayıplar suyun özellikle enerji ile temin edildiği ve suyun kıt bir kaynak olduğu bölgelerde önem arz etmektedir. Nüfus artışı ve iklim değişikliğinin neden olduğu yağış rejimlerindeki düzensizlikler su kaynakları üzerinde olumsuz etkiye neden olmaktadır. Buna su şebekelerindeki fiziki kayıplar eklendiğinde su talebinin karşılanmasında fiziki kayıp miktarının azaltılması zorunluluk olarak ortaya çıkmaktadır. Fiziki kayıpların azaltılabileceği sürdürülebilir ekonomik seviyenin belirlenmesi su idaresinin fiziki kayıp yönetimi maliyeti ile tasarruf edilen su arasındaki ekonomik dengenin belirlenmesini sağlamaktadır.

Merzifon ilçesi içme suyu şebekesinin mevcut durumda altyapı sızıntı indeksi 13,6 olarak tespit edilmiştir. İLİ'nin 13,6 olması fiziki kayıplar hedef matrisine göre şebekenin zayıf olduğunu su kaynaklarının cazibeli ve bol olması halinde tolere edilebileceğini, fiziki kayıp azaltım çalışmalarına yoğunlaşılması gerektiğini ifade etmektedir. Su şebekesinin yenilenmesi, basınç yönetimi önlemlerinin alınması ve fiziki kayıp araştırma ve onarım faaliyetlerinin gerçekleştirilmesiyle birlikte bu değer 1,4 olacağı bulunmuştur. Bu değer fiziki kayıpların, kaçınılmaz fiziki kayıpların 1,4 katı olduğu anlamına gelmektedir. Su şebekesinin fiziki kayıp seviyesi bakımından iyi durumda olduğunu daha fazla su kaybı azaltılmasının ekonomik olmayacağını göstermektedir. Bu durum suyun temini yeraltı su kaynağına bağımlı olan ve elektrik enerjisi ile bu suyun çıkartılarak şehrin üst kotlarına basılan Merzifon ilçesi için fiziki kayıpların azaltılmasının ne kadar önemli olduğunu göstermektedir.

Merzifon ilçesinde su şebekesinin yenilenmesi, basınç yönetimi, fiziki kayıp azaltılması çalışmalarıyla hesaplanan su maliyeti ve sızıntı miktarı göz önüne alındığında SELL değerinin 832,44 m³/gün olup bunun da toplam sisteme verilen

su miktarının da % 4,5'u olduğu belirlenmiştir. Bu değerden daha fazla su kaybının azaltılması ekonomik olmayacaktır. Görüldüğü üzere su şebekesinin yenilenmesi ve fiziki kayıp araştırmalarının devam etmesi halinde her iki yöntemde de (ILI ve SELL) şebekedeki kayıplar minimize edilmektedir.

Merzifon ilçesi içme suyu şebekesi ekonomik ömrünü tamamlamış olup, basınç yönetimi, şebeke yenileme ve aktif sızıntı kontrolü çalışmalarının birlikte yapılması gerekmektedir. İçme suyunun temin edildiği kaynaklardan beslenme miktarının üzerinde su çekilmesi suyun kaynak maliyetini artırmaktadır. Su kaynağının korunması için fiziki kayıpların azaltılması ve en yakın su kaynağından su getirme çalışmasının yapılarak bu kaynak maliyetinin içselleştirilmesi gerekmektedir. Böylece mevcut yeraltı su kaynağının beslenme miktarı ile su çekim miktarı arasında denge sağlanarak sürdürülebilirliği sağlanacaktır.

Sürdürülebilir ekonomik fiziki kayıp seviyesinin doğru olarak tespit edilmesinde suyun maliyetinin belirlenmesi önemlidir. Suyun maliyetinin tespitinde işletme, bakım, sermaye maliyetleri ve çeşitli giderlerin haricinde, mevcut su kaynağının doğal yenilenme miktarını aşan miktarının en yakın farklı bir su kaynağından temin edildiği takdirde ortaya çıkan kaynak maliyetinin eklenmesi gerekmektedir. Bu kaynak maliyetine havza bazında su kaynağının korunması amacıyla yapılan giderlerde dikkate alınarak eklenmelidir. Bu nedenle suyun değerinin doğru belirlenmesinde her bir su hizmet sağlama bölgesi bazında araştırma yapılması gereklidir.

Su maliyetini etkileyen personel, malzeme, hizmet alımları, enerji ve yatırımın finansman maliyetleri gibi faktörlerin takibinin yıllık olarak düzenli bir şekilde yapılması gerekmektedir. Suyun temindeki ve iletimindeki maliyetlerde farkındalığın artmasıyla suyun değerinde fiyatlandırmasının yolu açılarak kaynağın korunmasına katkı sağlayacaktır.

Ayrıca fiziki kayıpların tespitinin doğru şekilde belirlenmesi için şebekeye girilen ve dağıtım yapılan su miktarlarının ölçümleri önem arz etmektedir.

Su şebekelerinin verimliliğinin tanımlanmasında kullanılan ILI değeri, farklı su şebekelerinin performanslarının karşılaştırılmasında kullanılmalıdır. Su şebekelerinin performansını fiziki kayıpları belirli yasal düzenlemelerle kontrol etme çabaları yanında maliyet, fiyatlandırma, fiziki kayıp düzeyi ve ekonomik fiziki kayıp düzeyleri, su şebekesinin durumu hususlarında denetleyen bir yapının oluşturulması önem arz etmektedir. Böylece su sistemleri ile ilgili somut hedefler ortaya konarak su kaynağının korunması sağlanacaktır.



Extended Abstract

Determining The Sustainable Economic Level of Physical Losses in Drinking Water Networks: Case of Merzifon

*

Mustafa Tombul
ORCID: 0000-0002-1875-8042

Mustafa Tuna
ORCID: 0000-0002-9614-6076

Selim Armut
ORCID: 0000-0001-6506-8960

The aim of this study is to determine the level of sustainable economic loss and leakage in the drinking water network. The economic evaluation of physical losses in drinking water networks by water system managers is an issue that should be given importance in terms of efficient use of resources. Consideration of physical losses; It is a must to meet the ever-increasing demand, avoid unnecessary system development costs, prevent additional energy use in pumping water, unnecessary capacity building in water purification, chemical use and energy use.

With the literature review, the methods for determining the sustainable economic level of water loss leaks were reviewed. In order to determine the level of sustainable economic loss and leakage, the focus is on the expenditures made for water services, the environmental costs of water, the costs of preventing loss and leakage and the amount of physical loss and leakage.

In order to determine the sustainable economic level of physical losses in the drinking water network, the cost of water is determined, including the resource cost. Loss and leakage prevention costs are determined and the total cost curve is drawn according to the amount of loss and leakage to be reduced in each loss and leak investigation. The total cost curve consists of the cost of lost water and the cost of lost and leak control. The point where the total cost curve is minimum is the economic loss and leakage level. It is not economical to reduce leakage and loss more than this level.

In the Merzifon example, the current physical loss amount and the inevitable physical loss amount for 2020 were taken and the recoverable physical

loss amount was found. Infrastructure leakage index of the drinking water network has been determined.

In the current situation, the costs of water services and resource costs have been found and the cost of water has been reached. In determining the resource cost of water, the annual cost that would arise if the need flow exceeding the natural recovery amount of the source is obtained from the nearest water source by the withdrawal of the underground water source has been determined. In addition, the operating budget, which expresses the expenditures made by DSI for the protection of the water resource, was added to the resource cost of water by calculating the unit cost on the basis of the district drinking water network service area in the Yeşilirmak basin.

In order to reduce the physical loss in the water network, the estimated unit water cost has been determined by considering the costs. Research costs and lost water costs related to physical loss prevention studies were calculated and the total costs were reached according to each research number. By drawing the total cost curve, the sustainable economic loss and leakage level is determined at the point where the curve is minimum.

Infrastructure leakage index of the drinking water network of Merzifon district has been determined as 13.6 in the current situation. The ILI being 13.6 indicates that the network is weak according to the physical losses target matrix, that it can be tolerated if the water resources are attractive and abundant, and that physical loss reduction studies should be focused on. It has been found that this value will be 1.4 with the renewal of the water network, pressure management measures and physical loss research and repair activities. This value means that physical losses are 1.4 times the inevitable physical losses. It shows that the water network is in good condition in terms of physical loss level, and it would not be economical to reduce further water loss.

Water leakages in drinking water networks are especially important in regions where water is supplied by energy and where water is a scarce resource. Determining the sustainable economic level at which water loss leaks can be reduced ensures the determination of the economic balance between the loss and leakage management cost of the water administration and the water saved. Considering the cost of water calculated by the renewal of the water network, pressure management, and the loss and leakage prevention measures in the Merzifon district, the SELL value was determined to be 832,44 m³/day, which is 4,5% of the total amount of water supplied to the system.

The drinking water network of the Merzifon district has completed its economic life, and pressure management, network renewal and active leakage control studies should be carried out together. Withdrawing water from the sources from which drinking water is supplied above the amount of feeding increases the resource cost of water.

It is important to determine the value of water in determining the sustainable economic loss and leakage level correctly. In determining the value of water, apart from operation, maintenance, capital costs and various expenses, if the amount of water exceeding the natural renewal amount of the water source is obtained from a different water source, it is necessary to add the resource cost that arises. This should be added to the cost of resources by taking into account the expenses made for the protection of the water resource on a basin basis. For this reason, it is necessary to conduct research on the basis of each water service region in order to determine the value of water correctly.

Determining the level of sustainable economic loss and leakage shows how much resources the enterprises will allocate to reduce the amount of loss and leakage. The more resources are allocated to the reduction of lost and illegal use, the advantage of return decreases significantly. If the optimum point is determined, the allocated resources will be used efficiently.

Kaynakça/References

- Aboelnga, H., Saidan, M., Al-Weshah, R., Sturm, M., Ribbe, L., and Frechen, F. B. (2018). Component analysis for optimal leakage management in Madaba, Jordan. *Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA*, 67(4), 384–396.
- AwwaRF (2007). American Water Works Association Research Foundation. Evaluating water loss and planning loss reduction strategies, report 91163.
- DSİ (2012). Devlet Su İşleri 7. Bölge müdürlüğü. Merzifon etüt raporu. Samsun.
- Commission of the European Communities. (2000). Towards a European research area: Communication from the commission to the Council, the European Parliament, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Office for Official Publications of the European Communities.
- Chung, S. H., Yu, M. J., Koo, J. Y., Lee, H. K., ve Koizumi, A. (2005). Applicability test of various performance indicators for water loss management in Korean Cities.
- European Commission. (2013). Resource and economic efficiency of water distribution networks in the EU.

- Fanner, P., Sturm, R., Thornton, J., Liemberger, R., Davis, S., ve Hoogerwerf, T. (2007). Leak management technologies. Awwa Research Foundation: Denver, CO, USA.
- Firat, M., Yılmaz, S., Ateş, A., & Özdemir, Ö. (2021). Determination of economic leakage level with optimization algorithm in water distribution systems. *Water Economics and Policy*, 7(03), 2150014.
- Hardeman, S. (2008). A cost-benefit analysis of leak detection and the potential of real water savings for New Mexico water systems.
- İLBANK (2013). İller Bankası Anonim Şirketi. İçme suyu tesisleri etüt, fizibilite ve projelerinin hazırlanmasına ait teknik şartname.
- İLBANK (2017). İller Bankası Anonim Şirketi. İller Bankası Anonim Şirketi Samsun Bölge Müdürlüğü. Ayancık (Sinop) içme suyu kesin projesi, Samsun.
- İLBANK (2022). İller Bankası Anonim Şirketi. Yatırım ve Koordinasyon Daire Başkanlığı. 2020 yılı altyapı tesisleri birim fiyat cetvelleri, Ankara.
- Kanakoudis, V. and Gonelas, K. 2014. Developing a methodology towards full cost recovery in urban water pipe networks, based on the “User Pays” principle. University of Thessaly, Civil Engineering Department, Pedion Areas, Volos, Greece.
- Kanakoudis, V. and Muhammetoglu, H. 2014. Urban pipe networks management towards on-revenue water reduction: Two case studies from Greece and Turkey. *CLEAN–Soil, Air, Water*, 42(7), 880-892.
- Lambert, A. (2001). What do we know about pressure: Leakage relationships in distribution systems. In IWA Conf. n Systems approach to leakage control and water distribution system management.
- Lenzi, C., Bragalli, C., Bolognesi, A., and Fortini, M. (2014). Infrastructure leakage index assessment in large water systems. *Procedia Engineering*, 70, 1017-1026.
- Lim, E. (2015). Development of a leakage target setting approach for South Korea based on economic level of leakage. University of Exeter College of Engineering, Mathematics and Physical Sciences Theses of Master of Philosophy in Engineering. United Kingdom.
- Liemberger, R., and McKenzie, R. (2005). Accuracy limitations of the ILI: is it an appropriate indicator for developing countries. In Conference Proceedings, IWA Leakage 2005 Conference in Halifax, Nova Scotia, Canada.
- Malm, A., Svensson, G., Røstum, J., and Axell, L. (2020). Sustainable economic level of leakage in Norway and Sweden—manual of practice. *Water Practice and Technology*.
- Merzifon Belediyesi (2020). Su ve Kanalizasyon Müdürlüğü. Faaliyet raporları. Merzifon.
- Moyer, E. E., Male, J. W., Moore, I. C., ve Hock, J. G. (1983). The economics off leak detection and repair—a case study. *Journal-American Water Works Association*, 75(1), 28-34.

- Ofwat, U. (2002). Leakage target, setting for water companies in England and Wales. Summary report, March.
- Pearson, D. ve Trow, S. W. (2005). Calculating economic levels of leakage. In leakage 2005 conference proceedings (pp. 1-16).
- Yılmaz, S., Fırat, M., Ateş, A., ve Özdemir, Ö. (2021). Aktif kaçak kontrolü uygulanarak ekonomik kaçak seviyesi ve altyapı kaçak indeks göstergesinin analizi. *Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice* , 12 (4), 04021046.
- Yılmaz, S., Fırat, M., ATEŞ, A., ve Ozdemir, O. (2021). Defining the optimum pressure for active leakage control efficiency by considering economic criteria. *Fresenius Environmental Bulletin*, 30(7A).