

Su ve Kanalizasyon İdareleri için Mevcut Durum Analizi ile Uygun Performans Göstergelerinin Web Tabanlı Hesaplama Aracı ile Değerlendirilmesi

Cansu Bozkurt^{1,*}, Mahmut Fırat², Abdullah Ateş³

¹Ardahan Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, 75002, Ardahan.

²İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 44210, Malatya.

³İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 44210, Malatya.

Özet

Su idareleri, su kayıplarını yönetmek ve su hizmetlerini kesintisiz bir şekilde sürdürebilmek için gelir getirmeyen su performansını düzenli izlemeli ve kontrol altına almalıdır. Etkin ve sürdürülebilir su kayıp yönetimi, içme suyu dağıtım sistemlerinde su, enerji ve finansal verimliliğin sağlanması açısından oldukça önemlidir. Bu çalışmada geliştirilen web tabanlı yazılım aracılığıyla su kayıp yönetimi bileşenlerinin değerlendirilmesi, gerçekçi bir yaklaşım ile mevcut durum analiz edilmesi ve idarelerin zayıf ve güçlü yönleri ile karşılaşılabilecekleri potansiyel riskler tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda çalışmada öncelikle idarenin personel, teknik, ekipman ve finansal açıdan yeterliliğini ifade eden mevcut durum bileşenleri çalışma kapsamında 0'dan 5'e kadar geliştirilen 6 kademeli özgün puanlandırma matrisi ile analiz edilmekte, güvenilir ve kaliteli olan veriler elde edilmekte ve sonrasında ölçülebilir, uygulanabilir ve karşılaştırılabilir olan performans göstergelerinin analizi sistematik bir biçimde yapılacak şekilde üç modül birbiri ile entegre bir biçimde dinamik olarak çalışmaktadır. Böylece iyileştirilmesi gereken öncelikli alanlar tespit edilerek kısa-orta ve uzun vadeli gerçekçi ve ulaşılabilir hedefler tanımlanmakta, geliştirilen modüller ile idarelerin boşluk analizine fırsat tanınmaktadır. Su kayıp oranının azaltılması ve kontrol altına alınması ve sistem performansının iyileştirilmesi için, idarelerin mevcut durumu ve hedefleri göz önüne alınarak en uygun göstergeler ve süreç belirlenmektedir. Geliştirilen su kayıp yönetimi aracı sahayı temsil etmekte ve ekonomik bileşenleri de göz önünde bulundurarak bütüncül bir yaklaşım sunmaktadır. Aynı zamanda bu araç işlemlerin hızlı ve sistematik bir şekilde yapılmasına olanak tanımakta ve su kaybı azaltma faaliyetlerinde verimli analizler yapılmasını sağlamaktadır.

Anahtar Sözcükler

Su Kayıp Yönetimi, Mevcut Durum Analizi, Performans Değerlendirme, Hesaplama Aracı

Current Situation Analysis and Evaluation of Appropriate Performance Indicators with Web Based Calculation Tool for Water and Sewerage Administrations

Abstract

Water utilities should regularly monitor and control non-revenue water performance to manage water losses and maintain uninterrupted water services. Effective and sustainable water loss management is crucial for ensuring water, energy and financial efficiency in drinking water distribution systems. In this study, it is aimed to evaluate the water loss management components, analyze the current situation with a realistic approach, and identify the weaknesses and strengths of the administrations and the potential risks they may encounter through the web-based software developed in this study. In this context, in the study, firstly, the current situation components, which express the competence of the administration in terms of personnel, technique, equipment and financials, are analyzed with the 6-stage original scoring matrix developed from 0 to 5 within the scope of the study, reliable and quality data are obtained, and then the three modules work dynamically in an integrated way with each other so that the analysis of measurable, applicable and comparable performance indicators is done systematically. Thus, priority areas that need improvement are identified, short-medium and long-term realistic and achievable targets are defined, and the gap analysis of the administrations is provided with the developed modules. In order to reduce and control the water loss rate and to improve the system performance, the most appropriate indicators and processes are determined by considering the current situation and targets of the administrations. The developed water loss management tool represents the field and provides a holistic approach, taking into account the economic components. At the same time, this tool allows for processes to be carried out quickly and systematically, and provides efficient analysis in water loss reduction activities.

Keywords

Water Loss Management, Current Condition Assessment, Performance Evaluation, Calculation Tool

* Sorumlu Yazar: Tel: +90 (478) 2117575 Faks: +90 (478) 2117509

E-posta: cansubozkurt@ardahan.edu.tr (Bozkurt C), mahmut.firat@inonu.edu.tr (Fırat M),
abdullah.ates@inonu.edu.tr (Ateş A)

Gönderim Tarihi / Received : 03/06/2023

Kabul Tarihi / Accepted : 15/09/2023

1. Giriş

Artan nüfus, hızlı kentleşme sebebiyle su talebinin artması ve azalan su kaynakları nedeniyle mevcut kaynaklarının optimum kullanımını sağlamak için kaçınılmaz hale gelmiştir (De Paola vd., 2014). Su dağıtım şebekeleri hidrolik ve çevresel yüklerin etkisiyle çeşitli streslere maruz kalmakta ve kayıplar oluşmaktadır. Bu kayıplar borular, servis bağlantıları ve depolarda oluşan sızıntıları içeren fiziki kayıplar ve abone ölçüm hataları ve kaçak kullanımdan kaynaklanan idari kayıplardan oluşmaktadır (Lambert A.O., 2002; Pearson, 2019; Tsitsifli vd., 2017). Gelir getirmeyen su (GGS), dağıtım sistemine verilen fakat şebeke içinde kaybolan ve ücreti alınamayan su olarak tanımlanmaktadır (Al-omari, 2013; Mukherjee vd., 2015; Zaini vd., 2017). GGS; idareler için ticari kayıp, su temini kapasitesinin artırılmasında yıllık maliyet ve üretim kapasitesinin talebi karşılayamaması gibi sorunları oluşturmaktadır (Arregui vd., 2018; Wyatt, 2010). Su kayıpları su temin sisteminin teknik durumunu, işletme maliyetlerini, şebeke ömrünü, su kalitesini ve su hizmetlerini doğrudan etkilemektedir (Dighade vd., 2014; Okeola & Sule, 2012; Wyatt, 2010). Ayrıca sızıntıların su kaynaklarını kirletmesi ve su güvenliği tehlikesine neden olması da muhtemeldir (Hu vd., 2021). Su idarelerinin su kayıp yönetimi kapsamında temel amacı yeterli miktarda ve uygun kalitedeki suyu, uygun basınçla zamanında tüketicilere ulaştırmaktır. Su idarelerinin kayıpları kabul edilebilir ekonomik düzeye indirerek dağıtım sisteminin performansını artırmak ve sürdürülebilirliği sağlamak amacıyla hedefleri doğrultusunda stratejilere ihtiyaç duymaktadır (Chimene, 2013; Gunawan vd., 2017).

Sürdürülebilir su temini için sistem performansının verimlilik ve üretkenlik açısından değerlendirilmesi, sistemlerin kıyaslanması ve ekonomik etkileri ile ilgili sektördeki araştırmalar önem kazanmıştır (Cetrulo vd., 2019). Maziotis vd. (2023), su idarelerinde kayıplar için sağlam çözümler geliştirebilmenin idarelerin dinamik performanslarının kıyaslanması ve güvenilir yöntemler uygulayabilmenin veri kalitesine bağlı olduğunu vurgulamışlardır. Çalışmada Şili'deki bir su idaresinin eko-verimlilik değişimini değerlendirebilmek için stokastik sınır analizi ve veri zarflama yöntemi uygulanmış ve idarenin hizmet kalitesi ve değişkenlerin su idaresinin dinamik eko-verimliliği üzerindeki etkilerinin analizi yapılmıştır. Tourinho vd. (2022), suyun kullanılabilirliği ve sürdürülebilir yönetimi için çalışmalarında Brezilya'daki su temini ve sanitasyonu hizmetlerinin performansını verimlilik ve ulaşılabilirlik açısından değerlendirebilmek için kıyaslamalı bir yaklaşım geliştirmiştir. Bu amaçla yerel, bölgesel ve özel olmak üzere tüm su hizmetleri kuruluşlarının yönetim modellerinin verimlilik düzeyleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada geliştirilen kıyaslama aracı su temini ve sanitasyon hizmetlerinin performansını entegre bir maliyet verimliliği ve ulaşılabilirlik açısından değerlendirme özellikleri bakımından su hizmetleri uygulayıcıları, denetleyicileri ve araştırmacılar için fayda sağlayacağı düşünülmektedir. Sala-Garrido vd. (2023), abonelere uygun ücretlendirme yapılabilmesi, su ve sanitasyon hizmet kalitesinin iyileştirilmesi, su hizmetleri arasında adil rekabetlerin oluşturulmasının sağlanması gibi sebeplerle su hizmetlerinin performanslarını kıyaslayabilmek için çeşitli yaklaşımlar uygulamışlardır. Bu çalışmada su denetleyicileri için en uygun karşılaştırma tekniğinin seçilmesi için literatürde yaygın olarak kullanılan veri zarflama yöntemi ile ortak ağırlık seti yöntemleri entegre 23 su idaresine uygulanmış ve kıyaslanma yapılmıştır. Mbuvi vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada, Afrika'da bulunan kentsel su idaresinin performansını değerlendirmek için iki aşamadan oluşan bir yaklaşım sunulmuştur. Çalışmanın ilk aşamasında su idarelerinin teknik verimliliği tahmin edilmekte ve ikinci aşamasında idarelerin içme suyu hizmetleri kapsamında mevcut abone taleplerini karşılamadaki etkinliği incelenmektedir. Çalışma su idarelerinde uygulanan yöntemlerin verimliliğinin artırılması ile idarenin etkinliğinin de artacağını ve bunu yapmak için de en iyi uygulamaların tespit edilmesinin gerektiğini göstermiştir. Loureiro vd. (2023), yaşlanan altyapı, sistemde meydana gelen su kayıpları, pompalama enerji verimsizlikleri gibi birçok etkenin sulama sistemlerinin hizmet kalitesini düşürdüğünü dile getirmiştir. Sistemde su ve enerji verimliliğini ve sistem performansını değerlendirebilmek amacıyla su kayıpları, enerji verimliliği, altyapı durumu, hizmet kalitesi, ekonomik ve yapısal boyutlar arasında karşılaştırmalara olanak tanıyan kapsamlı bir çerçeve önerilmiştir. Bu çerçeve sistemleri tanıma ve analiz etme, karar verme ve farklı boyutlar doğrultusunda sistemleri kıyaslayabilme modüllerini içermektedir. Berg (2020) tarafından yapılan çalışmada, gelişmekte olan ülkelerdeki su idarelerinin uygulamalarını performans göstergeleri ile değerlendirmek, mevcut performansı geliştirmek ve idari eğilimleri artırmak hedeflenmiştir. Bu amaçla idarelerde mevcut performansın ve gerçekçi hedeflerin belirlenmesinde veri analizinin önemi vurgulanmış. Doğru, güvenilir ve performansla ilgili olan verileri sağlayan bilgi sistemleri geliştirilmiştir. Çalışmada su idarelerinin bütçelerini kontrol altına alma, hizmet kalitesini iyileştirme ve uzun vadede su temini çalışmalarını teşvik etmeye yönelik uygulamaların önemi vurgulanmıştır. Su dağıtım şebekelerinin performansının değerlendirilmesi abone talebini karşılamak ve su temininin sürdürülebilirliğini sağlamak için oldukça önemlidir. Literatürde performans ölçümü ve verimlilik analizi için yaygın olarak veri zarflama yönteminin uygulandığı görülmektedir. Parametrik olmayan bu yöntemin karar noktalarının performansının ölçülmesinde başarı sağlamanın yanı sıra ölçüm hataları ve değişken seçiminde çok duyarlı olması, karar biriminin girdi ve çıktılarının farklı boyutlarda olması gibi durumlarda etkinlik puanları gerçeği yansıtmadan uzaklaşmaktadır (Sala-Garrido vd., 2023; Sari, 2015).

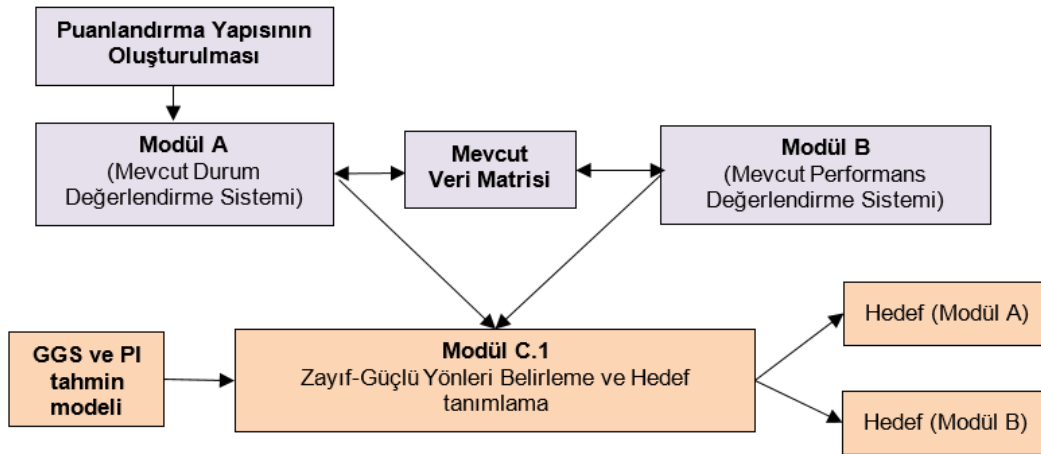
Su dağıtım sistemlerini korumak ve performans düzeylerini anlamak amacıyla çeşitli göstergelerin ölçülmesi gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında su idarelerinde "idare yönetim, temel veri ölçüm, bilgi yönetim sistemleri veri tabanları, su dengesi yönetimi, idari kayıp yönetimi, fiziki kayıp yönetimi, su kayıp süreç ve performans izleme ve ekonomik analiz" bileşenlerinin uygulama düzeylerinin belirlenmesi amacıyla bir puanlandırma modülü oluşturulmuştur.

Bu modül aracılığıyla elde edilen puanlar doğrultusunda sistemde ölçülebilir, ulaşılabilir ve güvenilir veriler elde edilmiş ve sonrasında bu veriler kullanılarak uygulanabilir ve karşılaştırılabilir olan performans göstergelerinin sistematik biçimde hesaplanmasına olanak tanıyan web tabanlı hesaplama aracı geliştirilmiştir. Geliştirilen hesaplama aracının her idare için mevcut durum analizi yaparak o idarenin karşılaştığı zorluk ve kısıtlarını göz önünde bulundurup, idarenin zayıf ve güçlü yönleri doğrultusunda karşılaşılabileceği potansiyel riskleri önceden tespit etmesi ve zayıf yönlerin iyileştirilmesine yönelik performans göstergelerinin sistematik bir biçimde hesaplanmasına olanak tanınması nedeniyle su idareleri, belediyeler ve araştırmacılar için katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

2. Su Kayıp Yönetimi Modelinin Oluşturulması ve Web Tabanlı Hesaplama Aracının Geliştirilmesi

Ülkemizde 2014 yılında İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliğinin yayınlanması ve su kayıp oranları ile ilgili hedeflerin belirlenmesi, 2021 yılında İçme Suyu Sistemlerinde Su Kayıplarının Azaltılmasına Yönelik İş Termin Planı Genelgesinin yayınlanması ve yine aynı yılda 1. Su Şurası Çalışmaları ve Sonuç Bildirgesi'nin yayınlanması ile su kayıpları ile mücadele ön plana çıkmıştır. Böylece Su ve Kanalizasyon İdareleri için etkinlik, verimlilik ve üretkenlik çalışmaları hız kazanmış ve su kayıpları ile mücadelede bir strateji modelinin varlığı önemli rol oynamaktadır. Bu kapsamında öncelikle bir idarenin mevcut koşullarını analiz ederek idare için ölçülebilir, uygulanabilir, ulaşılabilir ve gerçekçi hedeflerin belirlenmesi amacıyla her idarenin mevcut durumuna yönelik çözüm stratejileri üreten bir model geliştirilmiştir (Bozkurt, 2022). Bu model Mevcut Durum Değerlendirme Matrisi (Modül A), Veri Matrisi ve Mevcut Performans Değerlendirme Sistemi (Modül B)'nin dinamik bir şekilde çalışması mantığı ile kurulmuştur.

Modül A, bir su ve kanalizasyon idaresinde mevcutta uygulanabilen yöntem ve süreçlerin analiz edilebilmesi ve idarenin mevcut durumunun iyileştirilebilmesi amacıyla eksik ve zayıf olduğu uygulamaların ortaya konulduğu modüldür. Bir idarenin mevcut durumunun tam anlamıyla değerlendirilebilmesi için bu sistem idare yönetim, veri ölçüm, bilgi yönetim sistemleri veri tabanları, su dengesi yönetimi, idari kayıp yönetimi, fiziki kayıp yönetimi, su kayıp süreç ve performans izleme ve ekonomik analiz ana başlıklarını içermektedir (Bozkurt, 2022; Bozkurt vd., 2022b). Modül A, veri matrisi ve Modül B yapısı 8 ana başlık ve her ana başlık idarenin mevcut koşullarını, dinamik yapısını esas alan 18 alt bileşenlerden oluşmaktadır. Buna göre sistemde idarenin mevcut durumunu ifade eden 144 bileşen, idarelerde ölçülebilir, ulaşılabilir 144 veri ve bu verilerin sayısal değerlerinin kullanılması ile hesaplanan 144 performans göstergesi bulunmaktadır. Tüm bu bileşenler İdarelerde uygulanabilme durumuna göre temel, orta ve ileri seviye GGS uygulamalarından oluşmaktadır. Modül A, veri matrisi ve performans matrisi ile entegredir (Şekil 1).



Şekil 1: Performans değerlendirme modeli bileşenleri (Bozkurt, 2022)

Web tabanlı hesaplama aracı mimarisinde karmaşık uygulamaların yönetimini kolaylaştıran bir mimari yaklaşım olan NET Core tabanlı Etki alanı güdümlü tasarım (Domain Driven Design-DDD) katmanlı mimari ile tasarlanmıştır. Aynı zamanda kodun esnek, kolay ve uzun ömürlü olmasının sağlanması amacıyla tek sorumluluk ilkesi, açık-kapalı prensibi, Liskov yer değiştirme ilkesi, arayüz ayırma ilkesi ve bağımlılığı ters çevirme ilkelerini oluşturan iyi kod (Single-responsibility principle, Open-closed principle, Liskov substitution principle, Interface segregation principle, Dependency Inversion Principle-SOLID) prensiplerine uygunluğa dikkat edilmiştir. Servisler arası geçişte uygulamanın test edilebilir ve esnek olmasına imkan tanıyan Bağımlılık Enjeksiyonu (Dependency Injection-DI) kullanılmıştır.

Veri tabanı entegrasyonunda işlemleri kolaylaştıran bir Nesne ile İlişkisel Eşleşme (Object Relational Mapping-ORM) aracı olan Varlık Çerçevesi (Entity Framework) ve veri tabanı şemasını kodla tanımlayarak geliştirme sürecini hızlandıran ve bakımı kolaylaştıran Öncelikle Kod (Code First) kullanılmıştır. Bilindiği gibi Varlık Çerçevesi mimarisindeki yaklaşımlardan biri olan Öncelikle Kod yaklaşımı bulunmaktadır.

Veri tabanı şemasını kodla tanımlayarak geliştirme sürecini hızlandıran ve bakımı kolaylaştıran Öncelikle Kod kullanılmıştır. Öncelikle Kod veri tabanı ile programlama dilleri arasında bağ kuran bir tekniktir. Veri tabanı arayüzü ile yazılımcı arasındaki ilişki en aza indirgenmektedir. Öncelikle Kod veri tabanı ile Programlama dili arasında bağ kuran bir tekniktir. Bu yaklaşım sayesinde veri tabanı arayüzü ile yazılımcı arasında ilişki minimize edilmektedir. Öncelikle Kod yapısında programlama dili ile veri tabanı arasında bir benzerlik ve ilişki bulunmaktadır. Programlama dillerindeki sınıf “(class)” yapıları veri tabanındaki “tablo” yapılarına, özellik “(property)” yapıları ise veri tabanındaki “kolon” yapılarına karşılık gelmektedir.

Önyüz (Frontend) tarafında modern ve hızlı bir Javascript çerçevesi olan Vue.js kullanılmıştır. Vue.js kullanıcı arayüzü ve uygulamalar oluşturmayı sağlayan yani önyüz tasarımında kullanılan bir javascript kütüphanesidir. Bu kütüphane ile küçük, orta ve büyük ölçekli uygulamalar yapmak mümkündür. Bu kütüphane web uygulamalarını hızlı geliştirmek amacıyla tasarlanmıştır. Bu kütüphanenin kolay dokümantasyonu ve kolay bir söz diziminin olması en önemli avantajıdır. Bundan dolayı ciddi bir popülerliğe sahiptir.

Veri tabanı tasarımında ilişkisel veri tabanı olarak MySQL kullanılmış ve verilerin düzenlenmesi, tekrar eden bilgilerin minimuma indirilmesi amacıyla normalizasyon teknikleri uygulanmıştır. Böylece veri bütünlüğünün korunması ve veri tabanının etkin çalışması sağlanmış, tabloların performanslı çalışması için indeksler kullanılmıştır.

Çalışmada, veri tabanı entegrasyonu için kullanılan Varlık Çerçevesi, Önyüz ve Backend (Arkayüz) katmanlarında .NET Core MVC (Model-View-Controller) yapısı kullanılarak geliştirilmiştir. Aynı zamanda .NET Core'un kullanılması, uygulamanın çoklu platform (cross-platform) olarak çalışmasını hedeflemektedir. Yani, bu uygulama farklı işletim sistemlerinde (Windows, Linux) sorunsuz bir şekilde çalışabilmektedir.

İdarelerde mevcut durumun daha sistematik ve hızlı bir şekilde analiz edilmesi ve zaman içinde performans değişiminin izlenmesi amacıyla geliştirilen web tabanlı uygulamada Şekil 1’de gösterilen her bir modül tanımlanmaktadır. Tanımlanan bu modüller arasındaki ilişki yazılıma eklenmiştir. Böylece Modül A’da bir değişkenin alacağı puana göre diğer modüllerdeki ilişkili olduğu bileşenler bu puan esas alınarak değerlendirilmektedir. Böylece oldukça fazla sayıda olan Modül A bileşenlerinin dinamik puan yapısına göre diğer modüllerdeki bileşenlerin süreci dinamik olarak yürütülmektedir. Geliştirilen uygulama “https://sukayipyonetimi.com” adresinde tanımlanmıştır.

Şekil 2’de “sukayipyonetimi.com” hesaplama aracında Modül A modülünde yer alan ana başlıklarının tanımlanması için oluşturulan ekran yer almaktadır.



Şekil 2: Modül A ana başlıklarının yazılıma tanımlanması (Bozkurt, 2022)

Çalışmada bahsedilen su kayıp yönetim modeli (Bozkurt, 2022) tarafından yapılan doktora tezi kapsamında özgün olarak geliştirilmiştir. Bu modeldeki ana bileşen sayısı 8 ve her bir ana başlık altında 18 olmak üzere toplam 144 bileşen yer almaktadır. Ancak bilindiği üzere kentsel su yönetimi ve su kayıp yönetimi dinamik bir süreçtir. Zaman içinde su kayıp yönetimi parametreleri, etkili faktörler veya değişkenler azalabilir ya da artabilir. Bu nedenle web tabanlı yazılımda bu dinamik yapı göz önünde bulundurularak ana başlık sayısı ve ana bileşenler altında yer alacak bileşen sayısı kullanıcı tarafından değiştirilebilir ve yeni koşullara göre güncellenebilir şekilde tasarlanmıştır. Şekil 2’den de görüldüğü gibi mevcut durumda 8 ana başlık web tabanlı yazılıma tanımlanmış ve bu başlıklar için süreç yönetilmektedir.

Su ve Kanal İdarelerinin mevcut durumunun belirlenmesi, zayıf ve güçlü yönlerinin tespit edilmesi ve potansiyel riskler ile mücadelesinin sağlanabilmesi için öncelikli olarak Modül A'da bulunan ve bir idarenin tüm özelliklerini kapsayabilecek nitelikte olan bileşenlerin puanlandırılması gerekmektedir. Bu çalışmada her bir bileşen 0 ile 100 puan arasında puanlandırılmakta, 0 puan çok kötü, 20 puan kötü, 40 yetersiz, 60 puan başlangıç düzey, 80 puan iyi ve 100 puan çok iyi koşulu ifade edecek şekilde derecelendirilmiştir (Bozkurt, 2022). Tablo 1'de puanların idareler için temsil ettiği koşullar ve modelleme sürecinde sistem için bileşenin aldığı puan sonucu aktif ve pasif olma durumları ifade edilmiştir. Değerlendirmelerin objektif ve gerçekçi bir biçimde yapılabilmesi için puanlandırmalar kurum dışından uzman bir ekip tarafından yapılmaktadır. Böylece İdareler gerçek durumu yansıtan ölçülebilir ve doğru bileşenlerle analiz edilmektedir.

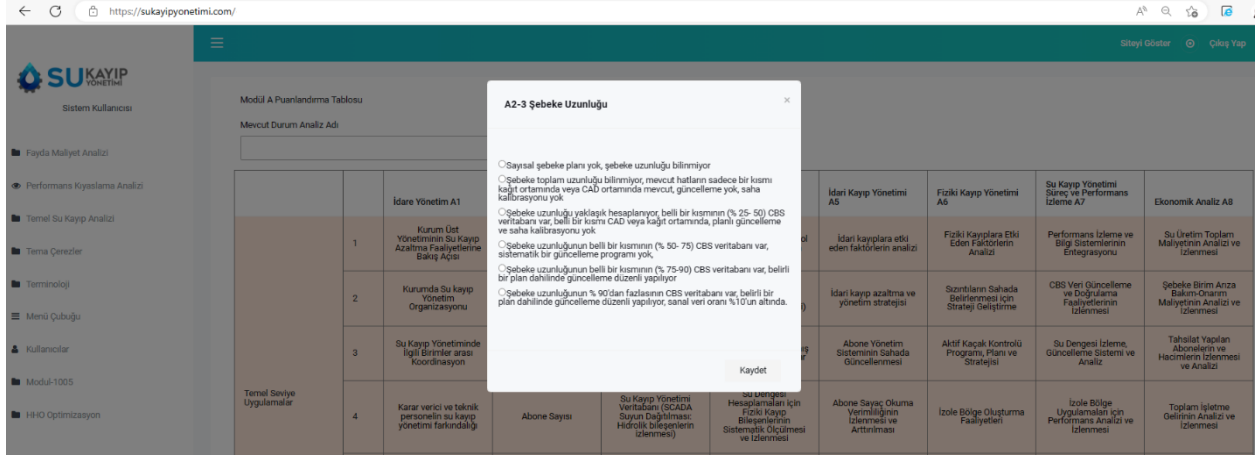
Tablo 1: Puanların temsil ettiği koşullar

0 puan	İdarede bileşene ait planlama, analiz ve veri toplama gibi faaliyetler için herhangi bir çalışma olmadığını ifade eder.	Bu bileşen idarenin zayıf yönünü oluşturmaktadır. Bu bileşenin bağlantılı olduğu veri matrisindeki değişkenler için “veri kalitesi kötü, öncelikli iyileştirilmesi gereken bileşen” şeklinde ifade edilmekte ve herhangi bir analizde kullanılmamaktadır. Böylece “sadece kalitesi iyi olan veya düzenli ölçülen veriler” su kayıp yönetimi analizlerinde kullanılır.
20 puan	İdarede faaliyetler ve analizler için alt yapı, veri, bilgi ve tecrübe eksikliği var, iyileştirme için farkındalık var ve planlama yapılıyor.	
40 puan	İdarede bileşene ait, planlama, analizler çok sınırlı, veri toplama ve izleme faaliyetleri yetersiz ancak iyileştirme için çalışma yapılıyor.	Bu bileşenin idarenin zayıf yönü olduğu ifade edilir. Bu bileşenin bağlantılı olduğu veri matrisindeki değişkenler için “veri kalitesi şüpheli, iyileştirilmesi gereken veri” şeklinde tanımlanmakta ve analizde kullanılmaktadır.
60 puan	İdarede bileşenlere ait planlama, analiz ve uygulamalar Başlangıç düzeyinde veya pilot bölgelerde yapılıyor, veri ölçüm ve izleme en temel seviye için uygun ancak iyileştirme için çalışmalar yapılıyor.	
80 puan	İdarede bileşenlere ait planlama, analiz ve uygulamalar sistem genelinde veya birçok bölgede yapılıyor, veri ölçüm ve izleme faaliyetleri için alt yapı iyi durumda, daha sistematik bir sistem oluşturmak için çalışmalar yapılıyor.	Böylece bu bileşenin idarenin güçlü yönü olduğu ifade edilir. Bu bileşenin bağlantılı olduğu veri matrisindeki değişkenler için “veri kalitesi iyi, iyileştirme için ekonomik ve teknik ölçütler göz önünde bulundurulmalıdır” şeklinde ifade edilmekte ve analizde kullanılmaktadır.
100 puan	İdarede bileşenlere ait planlama, analiz ve uygulamalar sistem genelinde veya alt bölgede yapılıyor, veri ölçüm ve izleme faaliyetleri için alt yapı iyi durumda, faaliyetler bilgi sistemlerin entegrasyonu ile sistematik yapılıyor.	Böylece bu bileşenin idarenin güçlü yönü olduğu ifade edilir. Bu bileşenin bağlantılı olduğu veri matrisindeki değişkenler için “veri kalitesi çok iyi, mevcut durum korunmalıdır” şeklinde tanımlanmakta ve analizde kullanılmaktadır.

Su kayıp yönetimi modeli için önerilen özgün puanlandırmaların sistematik bir şekilde yapılması için web tabanlı yazılıma kullanışlı ve uygulanabilir bir puanlandırma yapısı tanımlanmıştır. Bu puanlandırma sayfası Modül A'daki 144 bileşen için idaredaki mevcut durumu temsil edecek şekilde puanlandırma imkanı sunmaktadır. Web tabanlı yazılımda oluşturulan puanlandırma sayfasının genel görünümü Şekil 3'te verilmektedir. Buna göre şebeke uzunluğu değişkeni için idarede sayısal şebeke planı yok ve şebeke uzunluğu bilinmiyor ise 0 puan, şebeke uzunluğunun %90'dan fazlasının CBS veri tabanı var, belirli bir plan dahilinde güncelleme düzenli olarak yapılıyor, sanal veri oranı %10'un altında ise 5 puan alacak şekilde derecelendirilmiş ve Modül A'da bulunan 144 bileşenin tamamı için 0'dan 5'e kadar 6 kademeli, her bileşenin idarelerde uygulanma düzeyini ifade eden puanlama tabloları hazırlanmıştır (Şekil 4).

Modül A'da bulunan tüm bileşenlerin idarelerde uygulama düzeyi puanlandırma tabloları kullanılarak belirlenmektedir. Buna göre idarede örneğin Modül A'da şebeke uzunluğu bileşeni hakkında sayısal şebeke planı yoksa veya toplam uzunluklar bilinmiyor, verilerin sadece bir kısmı kağıt üzerinde tutulmuş ve saha kalibrasyonu da yapılmıyorsa bu durumda şebeke uzunluğu bileşeni için doğru ve güvenilir bilgiler idarede bulunmadığından mevcut durum matrisinde 0 veya 1 puan alacaktır. Şebeke uzunluğu bileşeni ile veri matrisinde doğrudan veya dolaylı yoldan ilişkisi bulunan “izole bölge yapılan şebeke uzunluğu(km), verisi doğrulanmış CBS veri tabanı olan şebeke uzunluğu (km), minimum gece debisi izlenen şebeke uzunluğu (km), yenilenen şebeke uzunluğu (km), akustik yöntemlerle denetim yapılan şebeke uzunluğu (km)” gibi bileşenler için de yeterli ve güvenilir veri bulunmayacağı için pasif hale getirilirler. Performans göstergesi formüllerinde yer alan verilerin sayısal değerleri veri matrisinden elde edilemediği için veri matrisinde pasif durumda kalan bileşenler için de Modül B'de hesaplama yapılamaz. Dolayısı ile Modül A'da pasif durumda bulunan bileşenlerin bağlantılı olduğu bileşenler veri matrisi ve Modül B'de de pasif durumda bırakılmaktadır.

Bu mantıkla Modül A, Veri ve Modül B'nin birbiri ile entegre bir şekilde çalışması sağlanmıştır. Böylece verisi güvenilir olan değişkenler için performans analizi yapılmakta ve sistem için çözümlerin uygulanabilirliği ve güvenirliliği artmaktadır.



Şekil 3: Modül A puanlandırma yapısı örneği (Bozkurt, 2022)

		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Temel Seviye Uygulamalar	1	100	60	40	60	40	40	40	80
	2	80	60	100	60	60	80	60	40
	3	80	80	60	60	40	60	40	60
	4	100	60	60	60	40	80	40	60
	5	80	60	80	60	60	80	40	60
	6	60	80	80	60	40	80	40	60
Orta Seviye Uygulamalar	7	40	40	80	40	60	80	60	40
	8	80	40	40	40	80	60	60	40
	9	100	20	80	40	100	60	60	40
	10	80	80	80	80	100	100	60	60
	11	60	80	60	80	20	100	40	60
	12	60	80	80	80	20	60	60	60
İleri Seviye Uygulamalar	13	60	60	60	40	20	40	60	60
	14	80	80	60	60	20	100	40	60
	15	40	60	80	60	60	80	80	60
	16	60	20	40	60	60	60	60	60
	17	60	80	40	60	20	40	20	60
	18	60	20	80	60	40	80	20	60

Şekil 4: Puanlandırma tablosu örneği (Bozkurt, 2022)

3. Ağırlık Katsayılarının Belirlenmesi ve Tanımlanması

Mevcut durum değerlendirme sisteminde bulunan değişkenlerin ağırlık katsayılarının belirlenmesinde etki düzeyi hesabı yapılmıştır. Bu amaçla Modül A'da bulunan bir değişkenin öncelikle doğrudan Modül A'da kaç değişkeni etkilediği belirlenmiş daha sonra veri matrisi ile dolaylı yoldan etki düzeyi ilişkisi tanımlanmış ve değişkenlerin ağırlıklı katsayıları hesaplanmıştır. Bu ağırlık katsayıları matrisi web tabanlı uygulamaya tanımlanarak idarelerin ağırlıklı ortalama puanlarının hesaplanması sağlanmaktadır (Şekil 5). Su kayıp yönetimi modeli kapsamında yapılan etki katsayıları çalışması sonucuna göre (Bozkurt, 2022);

A1 İdare Yönetim ana başlığı altında ağırlık katsayısı en yüksek olan değişkenler A1-1 “Kurum üst yönetiminin Su Kayıp azaltma faaliyetlerine bakış açısı”, A1-2 “Kurumda Su kayıp yönetim organizasyonu” ve A1-4 “Karar verici ve teknik personelin su kayıp yönetimi farkındalığı” olarak belirlenmiştir.

A2 Temel Veri Ölçüm ana başlığında A2-3 “Şebeke Uzunluğu”, A2-7 “Ortalama Basınç” ve A2-6 “Bilinen/kontrol edilen vana sayısı” ve

A3 Bilgi Yönetim Sistemleri Veri Tabanları ana başlığında A3-1 “Bilgi Yönetim Sistemlerinin Planlanması”, A3-3 “Abone Yönetim ve Faturalama Sistemi”, A3-13 “Veri tabanlarının Birbiri ile Entegrasyonu (CBS-SCADA-ABYS-Arıza)”, A3-5 “CBS Tabanlı Dağıtım Sistemi” değişkenleri yüksek katsayıdır.

A4 Su Dengesi Yönetimi başlığında, A4-3 “Yasal Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanımlar”, A4-1 “Su Dengesinin Uygulanabilirliği ve yol haritası (yukarıdan aşağı)”,

A5 İdari Kayıp Yönetimi başlığında, A5-2 “İdari kayıp azaltma-yönetim stratejisi”, A5-1 “İdari kayıplara etki eden faktör analizi” ve A6 Fiziki Kayıp Yönetimi başlığında A6-2 “Sızıntıların sahada belirlenmesi için strateji geliştirme”,

A6-3 “Aktif Kaçak Kontrolü programı-planı-stratejisi”, A6-4 “İzole Bölge Oluşturma Faaliyetleri” değişkenlerinin yüksek katsayı aldıkları görülmektedir.

A7 Su Kayıp Süreç ve Performans İzleme başlığında A7-1 “Performans izleme ve Bilgi Sistemlerinin Entegrasyonu”, A7-4 “İzole Bölge Uygulamaları için performans analizi ve izlenmesi”, A7-14 “Su Kayıpları Önleme-Kontrol-İzleme-Analiz Faaliyetlerinin Verimlilik -Ekonomik Açından analizi ve izlenmesi” ve

A8 Ekonomik Analiz ana başlığında ise A8-3 “Tahsilat Yapılan Abonelerin ve hacimlerin izlenmesi ve analizi”, A8-1 “Su üretim toplam maliyetinin analizi ve izlenmesi”, A8-7 “Sayaç hatalarından kaynaklı idari kayıp maliyetinin analizi ve izlenmesi” değişkenleri yüksek katsayılara sahiptir.

Sistem için etki düzeyi en yüksek olan değişkenler ise 124 katsayı ile A6-2 “Sızıntıların sahada belirlenmesi için strateji geliştirme”, 113 katsayı ile A6-3 “Aktif Kaçak Kontrolü programı-planı-stratejisi”, 107 katsayı ile A3-1 “Bilgi Yönetim Sistemlerinin Planlanması” ve 93 katsayı ile A6-4 “İzole Bölge Oluşturma Faaliyetleri” olarak belirlenmiştir.

		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Temel Seviye Uygulamalar	1	165	15	214	93	54	38	98	28
	2	120	83	95	21	135	496	12	6
	3	104	300	237	135	34	339	6	27
	4	140	27	72	27	8	372	98	6
	5	96	96	252	10	6	136	10	6
	6	60	144	156	75	24	4	42	3
Orta Seviye Uygulamalar	7	28	74	208	30	15	116	30	12
	8	52	34	8	62	4	27	18	10
	9	65	4	24	16	75	36	45	6
	10	64	40	172	8	65	10	27	9
	11	16	8	18	40	2	60	36	3
	12	27	12	4	42	1	27	33	3
İleri Seviye Uygulamalar	13	24	9	198	26	1	40	18	6
	14	28	20	42	9	1	15	96	3
	15	10	39	16	6	27	12	8	3
	16	9	3	40	9	15	9	9	3
	17	6	20	10	3	2	4	1	3
	18	3	13	136	3	2	36	1	3

Şekil 5: Ağırlıklı puanlar tablosu örneği (Bozkurt, 2022)

4. Mevcut Duruma Yönelik Ölçülebilir, İzlenebilir Verilerin Sisteme Girilmesi

Modül A’da bulunan her bileşen problemin yapısı gereği Veri matrisi ile ilişkilendirilmiştir. Burada mevcut durum analizi sonucunda bir bileşen 0 (çok kötü) veya 20 (kötü) puan almışsa bu bileşenle ilişkili olan verilerin kalitesi kötüdür ve iyileştirilmesi gerekmektedir. Benzer şekilde 40 (yetersiz) veya 60 (orta) puan alan bir bileşenin veri matrisinde ilişkili olduğu veriler de kalitesi şüpheli ve iyileştirilmeli şeklinde değerlendirilmektedir. Bileşen 80 (iyi) veya 100 (çok iyi) puan almışsa bu bileşenin veri matrisinde ilişkili olduğu veriler veri kalitesi iyi veya çok iyi şeklinde değerlendirilmekte ve bu verilerin kalitesinin de korunması gerektiği vurgulanmaktadır (Tablo 1). Böylece Modül A matrisindeki bileşenler puanlandırıldığında bileşenlerin İdaredeki mevcut seviyeleri görülmekte ve veri kaliteleri dinamik bir şekilde tanımlanmaktadır (Bozkurt, 2022; Bozkurt vd., 2022a, 2022c). Dolayısıyla Modül A’daki bileşenlerin puanları veri matrisini üzerinde oldukça etkilidir. Tablo 1’de açıklandığı gibi bir değişken 0 ve 20 puan almışsa Modül A’da pasif durumda kalacak ve veri matrisinde bu değişkenle ilişkili olan tüm veriler veri kalitesinin kötü olması nedeniyle pasif hale gelecektir (Şekil 6) (Bozkurt, 2022).

ID	Ölçüm Adı	Değer
V2.1	Üretilen su hacmi (m ³ /yıl) 0 0 0	100000000
V2.2	Giriş debisi (m ³ /s) 0 0 0	2.5
V2.3	Şebeke Uzunluğu (km) 0 0 0	4000
V2.4	Abone Sayısı (adet) 0 0 0	350000
V2.5	Servis Bağlantı Sayısı (adet) 0 0 0	200000
V2.6	CBS veritabanı olan ve yeri bilinen vana Sayısı (adet) 0 0 0	2000
V2.7	Ortalama Basınç (m) 0 0 0	55
V2.8	toplam sayaç sayısı (adet) 0 0 0	350000
V2.9	Yasal faturalandırılmamış kullanıcı sayısı (adet) 0 0 0	1000
V2.10	10 Yaş Üzeri sayaç sayısı (adet) 0 0 0	18000
V2.11	5-10 yıl arası sayaç sayısı (adet) 0 0 0	55000
V2.12	5 Yaşından küçük sayaç sayısı (adet) 0 0 0	75000
V2.13	Yenilenen (yeni yapılan) servis bağlantı sayısı (adet) 0 0 0	18000
V2.14	toplam vana sayısı (adet) 0 0 0	2500
V2.15	Yasal ölçülmüş ticari abone kullanım hacmi (m ³ /yıl) 0 0 0	100000000
V2.16	Büyük ve özel tüketimli toplam abone sayısı (adet) 0 0 0	1000
V2.17	Toplam Servis Bağlantı Uzunluğu (km) 0 0 0	1000
V2.18	Kaynaklı potansiyel olarak alınabilecek su hacmi (m ³ /yıl) 0 0 0	100000000

Şekil 6: Temel veri ölçüm ana başlığı için veri seti örneği (sukayipyonetimi.com)

Veri matrisinde tanımlanan 144 bileşene ait verilerin sisteme girilmesi gerekir. Ancak burada en önemli husus bu verilerin idarede hangi sıklıkta ve doğrulukta ölçüldüğünün kontrol edilmesidir. Ayrıca sisteme girilen bu verilerin su kayıp yönetimi analizlerinde kullanılabilir nitelikte olup olmadığının sorgulanması gerekir. Ancak 144 bileşenin bu kapsamda sürekli kontrolünün yapılması oldukça zor ve zaman alıcıdır. Bu nedenle web tabanlı uygulamada Modül A ile Veri matrisleri arasında tanımlanan ilişki esas alınarak Modül A'daki dinamik puan yapısına göre yeterli puana sahip bileşenlerin Veri Matrisinde verilerinin girilmesine izin verilmektedir. Böylece mevcut durumda düşük puana sahip bileşenler için sisteme veri girişi mümkün değildir. Bu şekilde hem iyi kalitede verilerin dikkate alınması hem de idarede veri ölçümünde sorun belirlenen bileşenlerin iyileştirilmesi mümkün olmaktadır.

5. Performans Değerlendirme

Performans göstergeleri bir kurumun performansının veya hizmet seviyesinin belirli kriterlerle nicel bir ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Su ve Kanalizasyon İdareleri için performans değerlendirmesinin uygulanan yöntemlerin etkinliğini ölçme, bütçe harcamalarının doğru planlanması, karar vermeyi destekleme, gelişme için stratejik planlamayı sağlama, kurumun hizmet kalitesinin değerlendirilmesi, abone memnuniyetinin sağlanması, kurumda motivasyonu ve performansı artırma, öncelik planlarını belirleyebilme ve kıyaslanabilirliği sağlama gibi büyük katkıları bulunmaktadır (Fırat vd., 2021; Franceschini vd., 2006; Vilanova & Balestieri, 2015).

Ölçülebilir ve güvenilir veriler kullanılarak performans göstergesi analizleri yapılmakta ve bulunan değerler uluslararası kabul gören değerler ile kıyaslanarak öncelikli olarak iyileştirilmesi gereken göstergeler her idare için Modül B aracılığı ile belirlenebilmektedir (Şekil 7).

Modül B'de İdarelerin su kayıp yönetiminde uygulayabildiği faaliyetleri ve bu faaliyetlerin uygulanma düzeyini kapsayan ve kıyaslanabilir olan 8 ana başlık ve her ana başlık altında 18 bileşen bulunmaktadır. Bu bileşenler;

B1: GGS yönetimi ve şebeke işletme ana başlığı altında “Su üretimi=Üretilen su hacmi/kişi/gün”, “Su talep verimliliği=Giriş hacmi/kişi/gün”, “GGS oranı= (GGS hacmi/Giriş hacmi) *100” gibi idarenin su kayıp yönetimi hakkında kıyaslanabilir durumunu ifade eden 18 gösterge bulunmaktadır.

B2: Arıza onarımı ve bakım yönetimi başlığı altında “Toplam rapor edilen arıza sayısı / şebeke uzunluğu 100 km / yıl”, “Rapor edilen arızalara müdahale verimliliği (%) = (Tamiri yapılan rapor edilen arıza sayısı / Toplam rapor edilen arıza sayısı) *100” gibi idarenin arıza onarımı ve bakımı sürecindeki durumu, müdahale verimliliği gibi 18 alt bileşen bulunmaktadır.

B3: Abone yönetimi başlığında “Yasal tüketim= yasal faturalandırılmış tüketim hacmi / kişi / gün”, “Op 36= Abone okuma verimliliği: (Tahakkuk yapılan abone sayısı / Abone sayısı) *100 ya da (Okunmayan abone sayısı/Abone sayısı) *100” gibi idari su kayıplarını azaltmaya yönelik 18 alt bileşen bulunmaktadır.

B4: İdari kayıp ve bileşenlerinde “Op26: İdari kayıp oranı (%) = (İdari kayıp hacmi / Giriş hacmi) *100/yıl”, “(Sayaç hatalarından kaynaklanan kayıp hacmi / Yasal faturalandırılmış tüketim hacmi) *100/yıl”, “(Kaçak kullanım (yasal olmayan) hacmi / Yasal faturalandırılmış tüketim hacmi) *100 / yıl” gibi idari kayıpları oluşturan bileşenlerin idarelerde yönetim sürecini ve durumunu kapsayan 18 alt bileşen bulunmaktadır.

B5: Fiziki kayıp ve bileşenlerinde “WR1 Su kaynağı verimliliği= (Fiziki kayıp hacmi / Giriş hacmi) *100/yıl”, “Fiziki kayıp oranı (%) = (Fiziki kayıp hacmi / Üretilen su hacmi) *100/yıl”, “Op28: Fiziki kayıp hacmi / Şebeke uzunluğu (km) /gün ya da Op27: Fiziki kayıp hacmi / Servis bağlantı sayısı /gün” gibi fiziki kayıpları oluşturan bileşenlerin performans göstergeleri bulunmaktadır.

B6: Fiziki kayıp önleme ve izleme faaliyetleri başlığında “Op 4: Akustik yöntemler ile yapılan toplam denetim sayısı / Şebeke uzunluğu 100 km / yıl”, “İzole bölge yoğunluğu=(İzole bölge yapılan şebeke uzunluğu (km) / şebeke uzunluğu (km))*100/yıl”, “Minimum gece debisi izleme oranı= (Minimum gece debisi izlenen şebeke uzunluğu (km) / şebeke uzunluğu (km))*100/yıl” gibi fiziki kayıp yönetiminde uygulanacak faaliyetlerin uygulanma düzeylerini ifade eden kıyaslanabilir 18 gösterge bulunmaktadır.

B7: Aktif kaçak kontrolü ve performans izleme başlığı altında “(Akustik yöntemler ile tespit edilen-onarılan toplam sızıntı sayısı / Akustik yöntemler ile tespit edilen potansiyel sızıntı sayısı)*100/ Yıl”, “(CBS tabanlı su dengesi doldurulan-izlenen izole bölge sayısı/ Toplam izole bölge sayısı)*100/yıl”, “Basınç yönetimi uygulanan bölgede arıza sayısı / Basınç yönetimi uygulanan şebeke uzunluğu/yıl”, “Hidrolik model ile tespit edilen sızıntı hacmi / şebeke uzunluğu (km)/yıl” gibi su kayıp yönetiminde uygulanan aktif kaçak kontrolü ile ilişkili 18 gösterge bulunmaktadır.

B8: Su kayıp ekonomik performans ana başlığı altında “Su üretim toplam maliyeti / üretilen su hacmi/yıl veya Su üretim maliyeti / Yasal faturalandırılmış tüketim hacmi/yıl”, “Toplam işletme geliri / üretilen su hacmi/yıl veya Toplam işletme geliri / Yasal faturalandırılmış tüketim hacmi/yıl”, “Tahsilat/tahakkuk oranı: (Tahsilat yapılan hacim / Yasal faturalandırılmış tüketim hacmi)*100/yıl, (Tahsilat yapılan abone sayısı / Tahakkuk yapılan abone sayısı)*100/yıl”, “İşletme verimliliği (%): (Toplam işletme geliri /(Su üretim toplam maliyeti+(Şebeke birim arıza- bakım-onarım maliyeti* Toplam rapor edilen arıza sayısı))) *100/yıl” gibi ekonomik performans göstergeleri bulunmaktadır.

Şekil 7’de Modül B’de bulunan 144 performans göstergesi için formülasyonlar, birimler sırası ile modele tanımlanmıştır. Şekil 8’de Modül A puanlandırması sonucu sistemde aktif durumda kalan veriler aracılığı ile hesaplanabilecek performans göstergeleri belirlenmiş ve analizler yapılmıştır.

ID	Adı	Formülü	Birimi
1	Su Üretimi : üretilen su hacmi / kişi / gün		
2	Su talep verimliliği : giriş hacmi / kişi / gün		
3	Gelir Getirmeyen Su Oranı (%): (Gelir Getirmeyen Su (GGS) hacmi / Giriş Hacmi)*100		%
4	Su kayıp Oranı (%): (Su Kayıp hacmi / Giriş Hacmi)*100		%
5	Op24: Gelir Getirmeyen Su (GGS) hacmi / Şebeke Uzunluğu (100)km / Gün		%
6	Su Kayıp Hacmi / Şebeke Uzunluğu (100km) / Gün		%

Şekil 7: Modül B formülasyon giriş ekranı (sukayipyoneti.com)

Gösterge Kodu	Performans Göstergesi	Birim	Değer	Değerlendirme	Düşük Puanlı ModülA Bileşeni
B1.1	Su Üretimi : Üretilen su hacmi / kişi / gün	litre/kişi/gün	273,97	🟢	
B1.2	Su talep verimliliği : giriş hacmi / kişi / gün	litre/kişi/gün	273,97	🟢	
B1.3	Gelir Getirmeyen Su Oranı (%): (Gelir Getirmeyen Su (GGS) hacmi / Giriş Hacmi)*100	%	20	🟢	
B1.4	Su kayıp Oranı (%): (Su Kayıp hacmi / Giriş Hacmi)*100	%	15	🟢	
B1.5	0g24: Gelir Getirmeyen Su (GGS) hacmi / Şebeke Uzunluğu (100)km / Gün	m3/şebeke uzunluğu (100km)/gün	1369,86	🟢	
B1.6	Su Kayıp Hacmi / Şebeke Uzunluğu (100km) / Gün	m3/şebeke uzunluğu (100km)/gün	1027,40	🟢	
B1.7	((Yasal-Faturalandırılmamış ölçümlü hacmi-yasal faturalandırılmamış ölçümlü hacmi) / Yasal Faturalandırılmamış Ölçümlü Hacmi)*100/yıl	%	5,62	🟢	
B1.8	(Yasal Faturalandırılmamış Ölçümlü kullanım hacmi / giriş hacmi)*100/yıl	%	2,5	🟢	
B1.9	(Yasal Faturalandırılmamış Ölçümlü hacmi / giriş hacmi)*100/yıl	%	2	🟢	
B1.10	Yasal-Faturalandırılmamış (%): ((Yasal-Faturalandırılmamış ölçümlü hacmi-yasal faturalandırılmamış ölçümlü hacmi) / giriş hacmi)*100/yıl	%	4,5	🟢	
B1.11	QS27: Düşük basınç şikayet sayısı / abone sayısı(1000) / yıl	şikayet/1000abone/yıl	0,29	🔴	A5-13
B1.12	QS28: (Düşük basınç şikayet sayısı / toplam şikayet sayısı)*100	%	0,83	🔴	A5-13

Şekil 8: Modül B performans değerlendirme örneği (sukayipyonetimi.com)

Su kayıp yönetimi modelinde yer alan Modül B’de toplam 144 performans göstergesi tanımlanmıştır. Bu performans göstergelerinin hesaplanması için Veri matrisinde yine 144 bileşen yer almaktadır. Bu kadar fazla sayıda verilerin ve performans göstergelerinin doğru verilerle analiz edilip edilmediğinin kontrolü oldukça zor olmaktadır. Ancak web tabanlı uygulamaya tanımlanan kontrol mekanizması ile Modül A’daki bileşenlerin aldığı puana göre Veri matrisindeki bileşenlerin veri kalitesi otomatik olarak yazılım tarafından belirlenmektedir. Böylece Modül B’deki performans göstergelerinin hesabında kullanılan verilerin kalitesi yazılım tarafından kontrol edilmektedir. Bu şekilde sadece idarede veri kalitesi iyi olan verilerin dikkate alınması ve buna göre en uygun performans göstergelerinin hesaplanması sağlanmaktadır.

Sonuç olarak bu çalışmada geliştirilen web tabanlı uygulama ile su kayıp yönetimi çalışmalarının daha doğru ve sistematik bir şekilde ölçülen veriler dikkate alınarak gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca idarenin mevcut durumunun 144 bileşene göre sistematik olarak ortaya konulması da sağlanmaktadır. İdarelerin dinamik yapısına göre oluşturulan puanlandırma yapısı ile en uygun performans göstergelerinin hesaplanması ve izlenmesi de mümkün olmaktadır. Bu çalışmada önerilen su kayıp yönetimi için web tabanlı uygulamanın idarelerde teknik personeller ve karar vericiler için önemli katkılar sunacağı düşünülmektedir.

6. Sonuçlar

Bu çalışmada Su ve Kanalizasyon İdarelerinin suyun toplanması, arıtılması, depolanması, dağıtılması ve yeterli suyu uygun basınçla kaliteli bir biçimde iletmesi gibi zor ve karmaşık olan işlevlerin yürütülmesi, sistemin arızalanması durumunda su güvenliğinin sağlanması, sürdürülebilirlik, halk sağlığı ve toplum refahı üzerinde oluşabilecek olumsuz etkilerin önlenmesi amacıyla uygulanabilecek tüm performans göstergeleri belirlenmiştir. İdarelerin bulunduğu bölgenin coğrafi ve fiziki yapısı, nüfus hareketliliği, personel ve teknik altyapısı, ekonomik ve finansal yapısı farklılık gösterdiği için su kayıp yönetimi süreçlerinin planlanmasında bu faktörler de dikkate alınarak en uygun göstergelerin belirlenmesi amacıyla web tabanlı hesaplama aracı geliştirilmiştir. Su temin ve dağıtım sistemlerinin performanslarının iyileştirilmesi; ulaşılabilir fiyatlarla güvenilir şekilde içme suyunun sağlanması ve sürdürülebilirliği açısından önemlidir.

Performans göstergelerinin düzenli aralıklarla uygulanması, verimliliğin izlenmesi ve kurumların etkinlik düzeyinin analiz edilmesinin yanı sıra, gelişim ve ilerlemelerini de yansıttığı için aynı zamanda motivasyon artırıcı özellik de taşımaktadır. Su ve Kanalizasyon idareleri performans iyileştirme aşamalarında yönetimsel, ekonomik ve teknik yeterlilik gibi çeşitli zorluklarla karşılaşmaktadır. Aynı zamanda performans göstergeleri analizinin uygulanması güçlü bir veri tabanı ve bilgi yönetim sistemi gerekmektedir.

Bu nedenle bu çalışmada öncelikle İdarelerin mevcut koşullarının analiz edilmesi ve böylece her idare için güçlü ve zayıf yönlerinin tespiti ve karşılaşılabilecek potansiyel risklerin önceden tahmin edilmesi ile sistemin mevcut sorunlarına yönelik en uygun stratejik yaklaşımların sunulmasını sağlayan bir model geliştirilmiştir. Çalışmada sunulan web tabanlı hesaplama aracı İdarelerin zayıf yönleri ve potansiyel riskleri doğrultusunda hedef atamaları yapan, mevcut durum, veri kalitesi ve performans değerlendirme sistemlerinin dinamik bir şekilde çalışmasını sağlayan, hızlı ve sistematik bir araçtır.

Web tabanlı performans göstergeleri analizi aracı İdarelerin su kayıpları ile mücadelede stratejik hedefler ile güçlü adımlarla yol alabilmesi, birbirleri ile kıyaslanabilmesi, ekonomik performans göstergeleri ile yatırımlarını planlayabilmesi, su kayıp oranlarını belirlenen hedeflere ulaştırabilmesi gibi büyük katkılar sunmaktadır.

Teşekkür

Bu çalışma İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (İÜBAP-FBA-2021-2457) ve TÜBİTAK (Proje No: 220M091) tarafından desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Al-Omari, A. (2013). A methodology for the breakdown of NRW into real and administrative losses. *Water Resources Management*, 27, 1913–1930. <https://doi.org/10.1007/s11269-013-0262-y>
- Arregui, F. J., Cobacho, R., Soriano, J., & Jimenez-Redal, R. (2018). Calculation proposal for the economic level of apparent losses (ELAL) in a water supply system. *Water*, 10(12), Article 1809. <https://doi.org/10.3390/w10121809>
- Berg, S. V. (2020). Performance assessment using key performance indicators (KPIs) for water utilities: a primer. *Water Economics and Policy*, 6(02), Article 2050001. <https://doi.org/10.1142/S2382624X20500010>
- Bozkurt, C. (2022). *Su kayıp yönetimi ve kontrolü için optimizasyon tabanlı en uygun strateji modelinin geliştirilmesi* [Doktora tezi, Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>
- Bozkurt, C., Fırat, M., & Ates, A. (2022a). Development of a new comprehensive framework for the evaluation of leak management components and practices. *AQUA-Water Infrastructure, Ecosystems and Society*, 71(5), 642–663. <https://doi.org/10.2166/aqua.2022.031>
- Bozkurt, C., Fırat, M., Ateş, A., Yılmaz, S., & Özdemir, Ö. (2022b). Strategic water loss management: Current status and new model for future perspectives. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 40(2), 310–322. <https://doi.org/10.14744/sigma.2022.00035>
- Bozkurt, C., Fırat, M., Yılmaz, S., & Ates, A. (2022c). Development of current condition assessment and target definition model for water balance practices in sustainable water loss management. *Water Supply*, 22(5), 5028–5043. <https://doi.org/10.2166/ws.2022.176>
- Cetrulo, T. B., Marques, R. C., & Malheiros, T. F. (2019). An analytical review of the efficiency of water and sanitation utilities in developing countries. *Water Research*, 161, 372–380. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.05.044>
- Chimene, C. (2013). *Strategies and methods for apparent water loss management in developing countries a case study of Mozambique Catine António Chimene* [MSc dissertation, UNESCO-IHE Institute for Water Education]. Repository IHE Delft Institute for Water Education. <https://ihedelftrepository.contentdm.oclc.org/digital/collection/masters1/id/42757/>
- De Paola, F., Fontana, N., Galdiero, E., Giugni, M., Degli Uberti, G.S., & Vitaletti, M. (2014). Optimal design of district metered areas in water distribution networks. *Procedia Engineering*, 70, 449–457. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.02.050>
- Dighade, R. R., Kadu, M. S., & Pande, A. M. (2014). Challenges in Water Loss Management of Water Distribution Systems in Developing Countries. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 3(6), 13838–13846.
- Fırat, M., Orhan, C., Yılmaz, S., & Özdemir, Ö. (2021). Su idarelerinin su kayıp yönetim performansının analizi ve temel performans gösterge hesaplama aracının geliştirilmesi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 7(1), 75–88. <https://doi.org/10.21324/dacd.784488>
- Franceschini, F., Galetto, M., Maisano, D., & Viticchi, L. (2006). The Condition of Uniqueness in Manufacturing Process Representation by Performance/Quality Indicators. *Quality and Reliability Engineering International*, 22(5), 567–580. <https://doi.org/10.1002/qre.762>
- Gunawan, I., Schultmann, F., & Zarghami, S.A. (2017). The four Rs performance indicators of water distribution networks: A review of research literature. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 34, 720–732. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-11-2016-0203>
- Hu, Z., Tan, D., Chen, B., Chen, W., & Shen, D. (2021). Review of model-based and data-driven approaches for leak detection and location in water distribution systems. *Water Supply*, 21, 3282–3306. <https://doi.org/10.2166/ws.2021.101>
- Lambert A. O. (2002). International Report: Water losses management and techniques. *Water Science and Technology: Water Supply*, 2(4), 1–20.
- Loureiro, D., Beceiro, P., Moreira, M., Arranja, C., Cordeiro, D., & Alegre, H. (2023). A comprehensive performance assessment system for diagnosis and decision-support to improve water and energy efficiency and its demonstration in Portuguese collective irrigation systems. *Agricultural Water Management*, 275, Article 107998. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107998>
- Maziotis, A., Molinos-Senante, M., Sala-Garrido, R., & Mocholí-Arce, M. (2023). Evaluation of dynamic eco-efficiency of water companies: the influence of non-revenue water and water supply interruptions. *npj Clean Water*, 6, Article 20. <https://doi.org/10.1038/s41545-023-00233-1>
- Mbuvu, D., De Witte, K., & Perelman, S. (2012). Urban water sector performance in Africa: A step-wise bias-corrected efficiency and effectiveness analysis. *Utilities Policy*, 22, 31–40. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2012.02.004>
- Mukherjee, M., Chindarkar, N., & Grönwall, J. (2015). Non-revenue water and cost recovery in urban India: The case of Bangalore. *Water Policy*, 17, 484–501. <https://doi.org/10.2166/wp.2014.304>
- Okeola, O. G., & Sule, B. F. (2012). Evaluation of management alternatives for urban water supply system using Multicriteria Decision Analysis. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, 24(1), 19–24. <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2011.07.004>
- Pearson, D. (2019). *Standard Definitions for Water Losses, Standard Definitions for Water Losses*. IWA Publishing. <https://doi.org/10.2166/9781789060881>
- Sala-Garrido, R., Mocholí-Arce, M., Maziotis, A., & Molinos-Senante, M. (2023). Benchmarking the performance of water companies for regulatory purposes to improve its sustainability. *npj Clean Water*, 6, Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41545-022-00218-6>

- Sarı, Z. (2015). *Veri zarflama analizi ve bir uygulama*, [Yüksek lisans tezi, Hacettepe Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>
- Tourinho, M., Santos, P. R., Pinto, F. T., & Camanho, A. S. (2022). Performance assessment of water services in Brazilian municipalities: An integrated view of efficiency and access. *Socio-Economic Planning Sciences*, 79, Article 101139. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2021.101139>
- Tsitsifli, S., Kanakoudis, V., Kouziakis, C., Demetriou, G., & Lappos, S. (2017). Reducing non-revenue water in urban water distribution networks using DSS tools. *Water Utility Journal*, 16, 25-37.
- Vilanova, M. R. N., & Balestieri, J. A. P. (2015). Modeling of hydraulic and energy efficiency indicators for water supply systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 48, 540–557. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.024>
- Wyatt, A. S. (2010). *Non-revenue water: financial model for optimal management in developing countries*. RTI Press. <https://doi.org/10.3768/rtipress.2010.mr.0018.1006>
- Yazid, N.A.M., Zaini, N., Chelliapan, S., Othman, N.R.M., Albat, S., & Nasri, N.S. (2017). Economic and efficiency indicators in non-revenue water performance. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, 8(10), 1419–1431.