

T.C.
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

İÇMESUYU DAĞITIM SİSTEMLERİNDE FARKLI SU KAYIP YÖNETİMİ
UYGULAMALARININ ETKİSİNİN İNCELENMESİ: BURSA İLİ MUDANYA
İLÇESİ ÖRNEĞİ

Selvihan Ahsen KURNUÇ

Danışman: Doç. Dr. Hüseyin Yıldırım DALKILIÇ

TEZ JÜRİ ÜYELERİ
Prof. Dr. Mahmut FIRAT
Prof. Dr. Neşe ERTUGAY
Doç. Dr. Hüseyin Yıldırım DALKILIÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ERZİNCAN, 2026

© 2026 [Selvihan Ahsen KURNUÇ]. Tüm hakları saklıdır.

ÖZET

İÇMESUYU DAĞITIM SİSTEMLERİNDE FARKLI SU KAYIP YÖNETİMİ UYGULAMALARININ ETKİSİNİN İNCELENMESİ: BURSA İLİ MUDANYA İLÇESİ ÖRNEĞİ

Selvihan Ahsen KURNUÇ

Yüksek Lisans Tezi, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Hüseyin Yıldırım DALKILIÇ

2026, 103 sayfa

Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki baskıyı artırması, suyu stratejik bir unsur hâline getirmiş; bu durum, su idarelerinin sürdürülebilirlik kapsamında kaynakları koruma ve özellikle şebeke suyu kayıplarını azaltmaya yönelik acil önlemler almasını zorunlu kılmıştır. Bu çalışmada, içme suyu dağıtım sistemlerinde farklı su kayıp yönetimi uygulamalarının etkisi incelenmiştir. Bu kapsamda Bursa Su ve Kanalizasyon İdaresi hizmet alanında yer alan Mudanya İlçesi uygulama alanı olarak seçilmiştir. BUSKİ Abone Bilgi Yönetim Sistemi, BUSKİ Coğrafi Bilgi Sistemler ve BUSKİ SCADA verileri kullanılarak, Bursa İli Mudanya İlçesi Güzelyalı Siteler Mahallesi, Yalı Mahallesi ve Yeni Mahalle sınırları içerisinde oluşturulan üç alt bölgenin mevcut şebeke hattının çalışma şekli, SCADA verileri ve abone bilgileri incelenmiş ve su kayıp hesaplamaları yapılarak ilgili yönetmeliklerdeki eşik değerler ile kıyaslanmıştır. Bunun için standart su dengesi, debi ve basınç izleme, gece debisi izleme ve analizi gibi yaklaşımlar dikkate alınmıştır. Çalışmada Güzelyalı Siteler Mahallesi ve Yalı Mahallesi'nin zayıf su kayıpları yönetimi sınıfında, Yeni Mahalle'sinin ise güçlü su kayıpları yönetimi sınıfında yer aldığı sonucuna ulaşılmış olup fiziki ve idari kayıpların azaltılması için somut bir yol haritası sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Su kayıpları, standart su dengesi, gece debisi, hidrolik modelleme

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF DIFFERENT WATER LOSS MANAGEMENT PRACTICES IN DRINKING WATER DISTRIBUTION SYSTEMS: THE CASE OF MUDANYA DISTRICT, BURSA PROVINCE

Selvihan Ahsen KURNUÇ

**Master's Thesis, Erzincan Binali Yıldırım University, Institute of Science and
Technology,
Department of Civil Engineering**

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Hüseyin Yıldırım DALKILIÇ

2026, 103 pages

The increasing pressure on water resources due to global warming and climate change has made water a strategic element; this situation has necessitated water management authorities to take urgent measures to protect resources within the scope of sustainability and, in particular, to reduce network water losses. This study examines the impact of different water loss management practices in drinking water distribution systems. In this context, Mudanya District, within the service area of Bursa Water and Sewerage Administration (BUSKİ), was selected as the application area. Using BUSKİ Subscriber Information Management System, BUSKİ Geographic Information Systems, and BUSKİ SCADA data, the operation of the existing network line in three sub-regions created within the boundaries of Güzelyalı Siteler Neighborhood, Yalı Neighborhood, and Yeni Neighborhood in Mudanya District of Bursa Province was examined using SCADA data and subscriber information. Water loss calculations were made and compared with the threshold values in the relevant regulations. For this purpose, approaches such as standard water balance, flow rate and pressure monitoring, and night flow rate monitoring and analysis were considered. The study concluded that Güzelyalı Siteler and Yalı neighborhoods fall into the category of poor water loss management, while Yeni neighborhood falls into the category of strong water loss management. A concrete roadmap is presented to reduce physical and administrative losses.

Keywords: Water losses, standard water balance, night flow, hydraulic modeling

TEŞEKKÜR

Bu tez için birlikte çalıştığımız danışmanım Sayın Doç. Dr. Hüseyin Yıldırım DALKILIÇ 'a, bu araştırma sürecinde değerli bilgi ve tecrübeleriyle desteğini esirgemeyen Prof. Dr. Mahmut FIRAT 'a, yüksek lisans sürecimin her anında yanımda olan ve desteğini hiçbir zaman eksik etmeyen ablam Doç. Dr. Aslıhan KURNUÇ SEYHAN 'a ve veri temini hususundaki destekleri için BUSKİ Genel Müdürlüğü Yönetimine sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı arz ederim.

Selvihan Ahsen KURNUÇ

01, 2026



İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
TABLolar DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ ÇALIŞMALAR.....	3
2.1. Su Kayıp Yönetimi.....	3
2.2 Çalışma Alanı ve Veriler.....	5
2.2.1 Coğrafya.....	8
2.2.2. İklim.....	9
2.2.3. Nüfus.....	10
2.2.4. Turizm.....	11
2.3. Kaynak Özetleri.....	12
2.3.1 Dünya genelindeki çalışmalar.....	12
2.3.2. Türkiye genelindeki çalışmalar.....	15
3.YÖNTEM.....	18
3.1. Su Dengesi.....	18
3.2. Standart Su Dengesi Tablosunun Oluşturulması.....	23
3.3. Sızıntı Yönetimi.....	28
3.3.1. Basınç yönetimi.....	29
3.3.2. Gece debisi analizi.....	30
4.BULGULAR.....	38
4.1.İzole Ölçüm Bölgelerinde Su Dengesi Formları.....	38
4.1.1. Güzelyalı siteler mahallesi (1.Bölge) su dengesi formları.....	38
4.1.2. Yeni mahallesi (2.Bölge) su dengesi formları.....	47
4.1.3. Yalı mahallesi (3.Bölge) su dengesi formları.....	56
4.2. İzole Ölçüm Bölgelerinde Su Dengesi Analizi.....	65
4.2.1. Güzelyalı Siteler Mahallesi (1.Bölge) su dengesi analizi.....	65
4.2.2. Yeni mahallesi (2.Bölge) su dengesi analizi.....	65
4.2.3. Yalı mahallesi (3.Bölge) su dengesi analizi.....	66

4.3. İzole Ölçüm Bölgelerinde Gece Debisi Analizi.....	67
4.3.1. Güzelyalı Siteler Mahallesi (1.Bölge) Gece Debisi	69
4.3.2. Yeni Mahallesi (2.Bölge) Gece Debisi	76
4.3.3. Yalı Mahallesi (3.Bölge) Gece Debisi	83
4.4. İzole Alt Bölgelerin Yıllık Analizleri ve ILI Hesaplamaları.....	90
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	96
KAYNAKÇA	99



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Belediyelerce içme suyu temin ve dağıtım sistemlerinde su kayıplarının azaltılmasına yönelik alınacak yapısal ve idari tedbirler	5
Tablo 2. Bursa ili genel iklim istatistiği	9
Tablo 3. Milliyetlerine göre turist verileri	12
Tablo 4. Su kayıpları ve yasal tüketime ilişkin bileşenler	20
Tablo 5. Su dengesi tablosunun bileşenlerini tespit etmek için gerekli aşamalar	24
Tablo 6. 2024 yılına ait Bursa merkez su dengesi formu (BUSKİ 2025)	26
Tablo 7. Bağlantı başına fiziksel kayıp göstergeleri	37
Tablo 8. GSS ve bileşen kayıplar için kabul edilebilir eşik değerler	38
Tablo 9. 1. Bölge Şubat 2024 su dengesi formu.....	39
Tablo 10. 1. Bölge Mart 2024 su dengesi formu	39
Tablo 11. 1. Bölge Nisan 2024 su dengesi formu	40
Tablo 12. 1. Bölge Mayıs 2024 su dengesi formu.....	40
Tablo 13. 1. Bölge Haziran 2024 su dengesi formu	41
Tablo 14. 1. Bölge Temmuz 2024 su dengesi formu.....	41
Tablo 15. 1. Bölge Ağustos 2024 su dengesi formu.....	42
Tablo 16. 1. Bölge Eylül 2024 su dengesi formu	42
Tablo 17. 1. Bölge Ekim 2024 su dengesi formu	43
Tablo 18. 1. Bölge Kasım 2024 su dengesi formu	43
Tablo 19. 1. Bölge Aralık 2024 su dengesi formu	44
Tablo 20. 1. Bölge Ocak 2025 su dengesi formu	44
Tablo 21. 1. Bölge Şubat 2025 su dengesi formu.....	45
Tablo 22. 1. Bölge Mart 2025 su dengesi formu	45
Tablo 23. 1. Bölge Nisan 2025 su dengesi formu	46
Tablo 24. 1. Bölge Mayıs 2025 su dengesi formu.....	46
Tablo 25. 2. Bölge Şubat 2024 su dengesi formu.....	47
Tablo 26. 2. Bölge Mart 2024 su dengesi formu	48
Tablo 27. 2. Bölge Nisan 2024 su dengesi formu	48
Tablo 28. 2. Bölge Mayıs 2024 su dengesi formu.....	49
Tablo 29. 2. Bölge Haziran 2024 su dengesi formu	49
Tablo 30. 2. Bölge Temmuz 2024 su dengesi formu.....	50
Tablo 31. 2. Bölge Ağustos 2024 su dengesi formu.....	50

Tablo 32. 2. Bölge Eylül 2024 su dengesi formu	51
Tablo 33. 2. Bölge Ekim 2024 su dengesi formu	51
Tablo 34. 2. Bölge Kasım 2024 su dengesi formu	52
Tablo 35. 2. Bölge Aralık 2024 su dengesi formu	52
Tablo 36. 2. Bölge Ocak 2025 su dengesi formu	53
Tablo 37. 2. Bölge Şubat 2025 su dengesi formu.....	53
Tablo 38. 2. Bölge Mart 2025 su dengesi formu	54
Tablo 39. 2. Bölge Nisan 2025 su dengesi formu	54
Tablo 40. 2. Bölge Mayıs 2025 su dengesi formu.....	55
Tablo 41. 3. Bölge Şubat 2024 su dengesi formu.....	56
Tablo 42. 3. Bölge Mart 2024 su dengesi formu	56
Tablo 43. 3. Bölge Nisan 2024 su dengesi formu	57
Tablo 44. 3. Bölge Mayıs 2024 su dengesi formu.....	57
Tablo 45. 3. Bölge Haziran 2024 su dengesi formu	58
Tablo 46. 3. Bölge Temmuz 2024 su dengesi formu.....	58
Tablo 47. 3. Bölge Ağustos 2024 su dengesi formu.....	59
Tablo 48. 3. Bölge Eylül 2024 su dengesi formu	59
Tablo 49. 3. Bölge Ekim 2024 su dengesi formu	60
Tablo 50. 3. Bölge Kasım 2024 su dengesi formu	60
Tablo 51. 3. Bölge Aralık 2024 su dengesi formu	61
Tablo 52. 3. Bölge Ocak 2025 su dengesi formu	61
Tablo 53. 3. Bölge Şubat 2025 su dengesi formu.....	62
Tablo 54. 3. Bölge Mart 2025 su dengesi formu	62
Tablo 55. 3. Bölge Nisan 2025 su dengesi formu	63
Tablo 56. 3. Bölge Mayıs 2025 su dengesi formu.....	63
Tablo 57. 1. Bölge MNF verileri	67
Tablo 58. 2. Bölge MNF verileri	68
Tablo 59. 3. Bölge MNF verileri	68
Tablo 60. 1. Bölge su dengesi formu (1 Şubat 2024 – 1 Şubat 2025).....	91
Tablo 61. 2. Bölge su dengesi formu (1 Şubat 2024 – 1 Şubat 2025).....	92
Tablo 62. 3. Bölge su dengesi formu (1 Şubat 2024 – 1 Şubat 2025).....	94

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Türkiye mülki idare bölümleri haritası.....	6
Şekil 2. Bursa il haritası.....	6
Şekil 3. Mudanya ilçe haritası	7
Şekil 4. Bursa fiziki haritası	8
Şekil 5. Bursa merkez ve uludağ yıllara göre yağış senaryosu	9
Şekil 6. Bursa ili yıllara göre nüfus projeksiyonu	10
Şekil 7. Tipik bir su dağıtım şebekesi için fiziki su kayıplarının oluşumu	21
Şekil 8. Gelir getirmeyen suyun bileşenleri.....	22
Şekil 9. BUSKİ’ nin su kayıplarındaki mücadelesi (BUSKİ 2024)	28
Şekil 10. Sızıntı türleri (Sınmaz, 2019)	29
Şekil 11. Fiziksel kayıpların operasyonel yönetimi için PI belirleme süreci	35
Şekil 12. ILI kavramı.....	36
Şekil 13. 1. Bölge Su kayıpları grafiği	65
Şekil 14. 2. Bölge Su kayıpları grafiği	66
Şekil 15. 3. Bölge Su kayıpları grafiği	67
Şekil 16. 1. Bölge 2024 yılı Şubat- Nisan ayları arası gece debisi grafiği	69
Şekil 17. 1. Bölge 2024 yılı Mayıs - Temmuz ayları arası gece debisi grafiği	70
Şekil 18. 1. Bölge 2024 yılı Ağustos - Ekim ayları arası gece debisi grafiği.....	70
Şekil 19. 1.Bölge 2024 Yılı Kasım ayı – 2025 Yılı Ocak ayı arası gece debisi grafiği	71
Şekil 20. 1. Bölge 2025 yılı Şubat - Nisan ayları arası gece debisi grafiği	71
Şekil 21. 1. Bölge 2025 yılı Mayıs - Temmuz ayları arası gece debisi grafiği	72
Şekil 22. 1. Bölge 2025 yılı Ağustos - Ekim ayları arası gece debisi grafiği.....	72
Şekil 23. 1. Bölge 2024 yılı Şubat Ayı – 2025 yılı Ekim ayı arası gece debisi grafiği.....	73
Şekil 24. 1. Bölge 06.04.2024 – 16.04.2024 tarihleri arası gece debisi/basınç grafiği	73
Şekil 25. 1. Bölge 28.12.2024 – 04.01.2025 tarihleri arası gece debisi/basınç grafiği	74
Şekil 26. 1. Bölge 27.03.2025 – 02.04.2025 tarihleri arası gece debisi/basınç grafiği	74
Şekil 27. 1. Bölge 01.10.2025 – 15.10.2025 tarihleri arası gece debisi/basınç grafiği	75
Şekil 28. 2. Bölge 2024 yılı Şubat- Nisan ayları arası gece debisi grafiği	76
Şekil 29. 2. Bölge 2024 yılı Mayıs - Temmuz ayları arası gece debisi grafiği	76
Şekil 30. 2. Bölge 2024 yılı Ağustos - Ekim ayları arası gece debisi grafiği.....	77
Şekil 31. 2. Bölge 2024 Yılı Kasım ayı – 2025 Yılı Ocak ayı arası gece debisi grafiği	77
Şekil 32. 2. Bölge 2025 yılı Şubat - Nisan ayları arası gece debisi grafiği	78
Şekil 33. 2. Bölge 2025 yılı Mayıs - Temmuz ayları arası gece debisi grafiği	78

Şekil 34. 2. Bölge 2025 yılı Ağustos- Ekim ayları arası gece debisi grafiği.....	79
Şekil 35. 2. Bölge 2024 yılı Şubat Ayı – 2025 Yılı Ekim ayı arası gece debisi grafiği.....	79
Şekil 36. 2. Bölge 08.03.2024 – 15.03.2024 tarihleri arası gece debisi/basınç grafiği	80
Şekil 37. 2. Bölge 21.09.2024 – 03.10.2024 tarihleri arası gece debisi/basınç grafiği	80
Şekil 38. 2. Bölge 27.03.2025 – 04.04.2025 tarihleri arası gece debisi/basınç grafiği	81
Şekil 39. 2. Bölge 10.05.2025 – 17.05.2025 tarihleri arası gece debisi/basınç grafiği	81
Şekil 40. 2. Bölge 25.09.2025 – 15.10.2025 tarihleri arası gece debisi/basınç grafiği	82
Şekil 41. 3. Bölge 2024 yılı Şubat- Nisan ayları arası gece debisi grafiği	83
Şekil 42. 3. Bölge 2024 yılı Mayıs - Temmuz ayları arası gece debisi grafiği	83
Şekil 43. 3. Bölge 2024 yılı Ağustos – Ekim ayları arası gece debisi grafiği	84
Şekil 44. 3. Bölge 2024 yılı Kasım Ayı – 2025 yılı Ocak ayı arası gece debisi grafiği.....	84
Şekil 45. 3. Bölge 2025 yılı Şubat - Nisan ayları arası gece debisi grafiği	85
Şekil 46. 3. Bölge 2025 yılı Mayıs - Temmuz ayları arası gece debisi grafiği	85
Şekil 47. 3. Bölge 2025 yılı Ağustos - Ekim ayları arası gece debisi grafiği.....	86
Şekil 48. 3. Bölge 2024 yılı Şubat Ayı – 2025 yılı Ekim ayı arası gece debisi grafiği.....	86
Şekil 49. 3. Bölge 08.03.2024 – 14.03.2024 tarihleri arası gece debisi/basınç grafiği	87
Şekil 50. 3. Bölge 07.04.2024 – 14.04.2024 tarihleri arası gece debisi/basınç grafiği	87
Şekil 51. 3. Bölge 28.11.2024 – 05.12.2024 tarihleri arası gece debisi/basınç grafiği	88
Şekil 52. 3. Bölge 19.02.2025 – 28.02.2025 tarihleri arası gece debisi/basınç grafiği	88
Şekil 53. 3. Bölge 06.04.2025 – 16.04.2025 tarihleri arası gece debisi/basınç grafiği	89
Şekil 54. 3. Bölge 26.09.2025 – 15.10.2025 tarihleri arası gece debisi/basınç grafiği	89

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ABYS	Abone Bilgi Yönetim Sistemi
AWWA	American Water Works Association
BUSKİ	Bursa Su ve Kanalizasyon İdaresi
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
DMA	District Meter Area
GGs	Gelir Getirmeyen Su
ILI	International Liquid Indexs
IWA	İnternational Water Association
KYFK	Kaçınılmaz Yıllık Gerçek Kayıp
L_m	Anaboru Uzunluğu
MNF	Türkiye İstatistik Kurumu
MYFK	Mevcut Yıllık Fiziksel Kayıp
N_c	Toplam Servis Bağlantı Sayısı
N_{konut}	Konut Abone Sayısı
N_{tic}	Ticari Abone Sayısı
P	Ortalama Basınç
PI	Performans İndikatörleri
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisiton
SGH	Sistem Giriş Hacmi
YKFK	Yıllık Kaçınılmaz fiziksel Kayıp

1. GİRİŞ

Suyun önemi, sadece biyolojik ve fizyolojik gerekliliklerle sınırlı değildir; aynı zamanda güçlü sosyal ve ekonomik bir role sahiptir. Temizlikten mutfak işlerine, atık suların hijyenik biçimde uzaklaştırılmasından tarımsal sulamaya kadar, su hayatımızın her alanında temel bir ihtiyaçtır. Aslında, tüm üretim ve hizmet kollarının (sanayi, turizm, ulaşım, spor ve peyzaj) vazgeçilmez bir girdisi ve olanak sağlayıcısıdır. İnsanın sağlıklı bir yaşam sürmesi için su olmazsa olmazdır. Bununla birlikte, su kullanımı toplumsal ölçekte de anlam taşır: Bir bireyin tükettiği su miktarı, zaman zaman toplumsal gelişmişlik düzeyini ölçmekte bir gösterge olarak kabul edilmektedir. Su; yangın söndürme gibi güvenlik hizmetlerinden, ekonomik çarkları döndüren sanayi ve tarıma kadar, modern uygarlığın ayakta kalmasını sağlayan yaşamsal bir kaynaktır. Kişilerin hijyen alışkanlıkları, sosyal ve ekonomik durumları vb. değişkenler su kullanımını etkilemektedir. Su ihtiyacı küresel boyutta çeşitlenerek artmakta ve kişi başına düşen su miktarının günden güne azalmasına neden olmaktadır. Bu nedenle mevcut su potansiyelini korumak ve en iyi şekilde değerlendirmek için su hizmetleri, suyun temini ve dağıtımını süresince verimli halde olmalıdır.

Gelecekte, giderek artan küresel tehditler sebebiyle içilebilir su, kritik bir stratejik kaynak konumuna yükselecektir. Suyun kontrolsüz ve aşırı kullanımı, buna ek olarak dağıtım şebekelerindeki yüksek kayıp oranları, sadece çevresel değil, aynı zamanda ciddi sosyal, ekonomik, kültürel ve politik sonuçları beraberinde getirecektir. Bu bağlamda, suyun kaynağından musluğa ulaşana kadar kat ettiği sürecin maliyeti ve bu maliyetin yönetimi, gelecekte çok daha büyük bir öneme sahip olacaktır. Su tedarik zincirinin her aşamasında verimliliğin artırılması ve kayıpların önlenmesi, toplumsal istikrar ve ekonomik sürdürülebilirlik için hayati hale gelecektir. (Cabrera ve diğ, 2010). İçme suyu temin ve dağıtım sistemlerinin amacı, bir nüfusa kaliteli ve yeterli miktarda sürekli su sağlamaktır. (Swamee ve Sharma, 2008)

Su dağıtım şebekelerinde, ne kadar çaba gösterilirse gösterilsin, belli bir oranda su kaybı kaçınılmazdır. Uluslararası literatürdeki veriler incelendiğinde, özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde bu kayıpların oldukça yüksek olduğu ve yaklaşık %50 seviyelerinde seyrettiği görülmektedir. Tüm ülkeler, şebeke verimliliğini artırmak amacıyla su kayıplarını %10 ila %15 aralığına çekmeyi hedeflemektedirler. Ancak, kayıp oranlarını bu hedeflenen seviyenin altına indirmek, çoğu zaman ekonomik açıdan makul ve uygulanabilir

olmaktan çıkmaktadır. Bu büyük kaybı azaltmak ve verimliliği sağlamak için, dünya çapında su idareleri tarafından sürekli olarak çeşitli stratejiler ve yenilikçi uygulamalar hayata geçirilmektedir.

Bu çalışmadaki amaç BUSKİ ABYS, BUSKİ CBS ve BUSKİ SCADA verileri kullanılarak, Bursa İli Mudanya İlçesi Güzelyalı Siteler Mahallesi, Yalı Mahallesi ve Yeni Mahalle sınırları içerisinde oluşturulan üç alt bölgenin mevcut şebeke hattının çalışma şekli, SCADA verileri ve abone bilgileri incelenerek su kayıplarının azaltılması amacıyla 3 izole alt ölçüm bölgesinde su kayıplarının belirlenmesi ve çözüm önerisi ve gelecekte yapılacak araştırmalar için öneriler geliştirmektir.

Bu akademik çalışma, içeriği ve bulguları sistematik bir şekilde sunmak üzere beş ana bölümden oluşturulmuştur:

1. Giriş ve Amaç: Tezin ilk bölümü, araştırma konusunun genel çerçevesini çizmekte ve bu çalışmanın temel amacını açıkça ortaya koymaktadır.
2. Kuramsal Temeller ve Literatür: İkinci kısım, konunun kavramsal çerçevesini detaylandırmakta, çalışma alanına ilişkin genel bilgileri sunmakta ve benzer örnek çalışmaları içeren kapsamlı bir literatür taramasını içermektedir.
3. Metodoloji: Üçüncü bölümde, çalışma alanındaki su kayıplarını doğru bir şekilde tespit etmek ve analiz etmek için kullanılan yöntem ve teknikler ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.
4. Bulgular ve Tartışma: Çalışmanın dördüncü ve en önemli bölümü, uygulanan metodolojiden elde edilen bulguları sunmakta ve bu sonuçların ne anlama geldiği üzerine eleştirel bir tartışma yürütmektedir.
5. Sonuç ve Öneriler: Tezin son bölümü, ulaşılan temel sonuçları özetlemekte ve bu sonuçlara dayanarak gelecekteki araştırmalar veya saha uygulamaları için pratik öneriler sunmaktadır.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ ÇALIŞMALAR

2.1. Su Kayıp Yönetimi

Nüfus artışı, iklim değişikliği, enerji, tarım vb. alanlarda ilerleyen teknoloji günden güne su ihtiyacını artırmakta ve kişi başına düşen su miktarının azalmasına sebep olmaktadır. Bu yüzden mevcut su potansiyelini korumak ve iyi değerlendirmek gerekir. Günümüzde içme suyu kaynaklarının giderek azaldığı bilinmektedir.

Su yönetiminden sorumlu kuruluşlar artık sadece yeni kaynak arayışıyla yetinmiyor. Bunun yerine su kayıplarının önlenmesi, dağıtım şebekelerinin dijital kontrolü ve tüketimde sürekliliği hedefleyen sistemlerin kurulmasına çok daha fazla öncelik veriyorlar (Araujo vd., 2006).

Su kaynaklarının işletilmesinde yüksek verimlilik elde etmek büyük bir önem taşımaktadır. Su dağıtım şebekelerini yöneten ilgili işletmeciler, temel olarak iki kritik görevi üstlenirler:

1. Temin: Nihai tüketicilere temiz suyun sorunsuz bir şekilde ulaştırılması.
2. Faturalandırma: Tüketicilere sağlanan su miktarını sayaçlar üzerinden doğru bir şekilde ölçerek kayıt altına almak.

Ancak, şebekeye verilen temiz suyun önemli bir kısmı, ne yazık ki son kullanıcılara ulaşmadan dağıtım ağı içinde kaybolmaktadır. Bu durum, suyun üretiminden dağıtımına kadarki süreçte verimlilik ve maliyet açısından ciddi sorunlar yaratmaktadır. İçme suyu şebekesi dağıtım hatlarındaki su kayıplarının gerçekçi bir şekilde tespiti zor ve önemlidir.

Su kayıplarını kontrol altına almak amacıyla, Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından 8 Mayıs 2014 tarihinde “İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü” Yönetmeliği yürürlüğe konulmuştur. Bu yönetmelik, su idarelerine kademeli hedeflerle su kayıp oranlarını ilk hedefte %30’a, ikinci hedefte % 25’e düşürme yükümlülüğü getirmiştir. Bu kapsamda, idarelerin Yönetmelik hükümlerine uygun olarak, yayımlanacak Teknik Usuller Tebliğinde belirtilen yöntemler çerçevesinde tüm gerekli faaliyetleri yerine getirmeleri zorunludur. Yönetmelik, su kayıplarının azaltılması için uygulanacak metodolojiyi ve teknik çerçeveyi de belirlemektedir.

IWA (Uluslararası Su Birliği) Su Kaybı Görev Grubu tarafından yürütülen on yıllık çalışmalar, dünya genelinde performans göstergesi olarak genellikle sistem giriş hacmine oranlanan Gelir

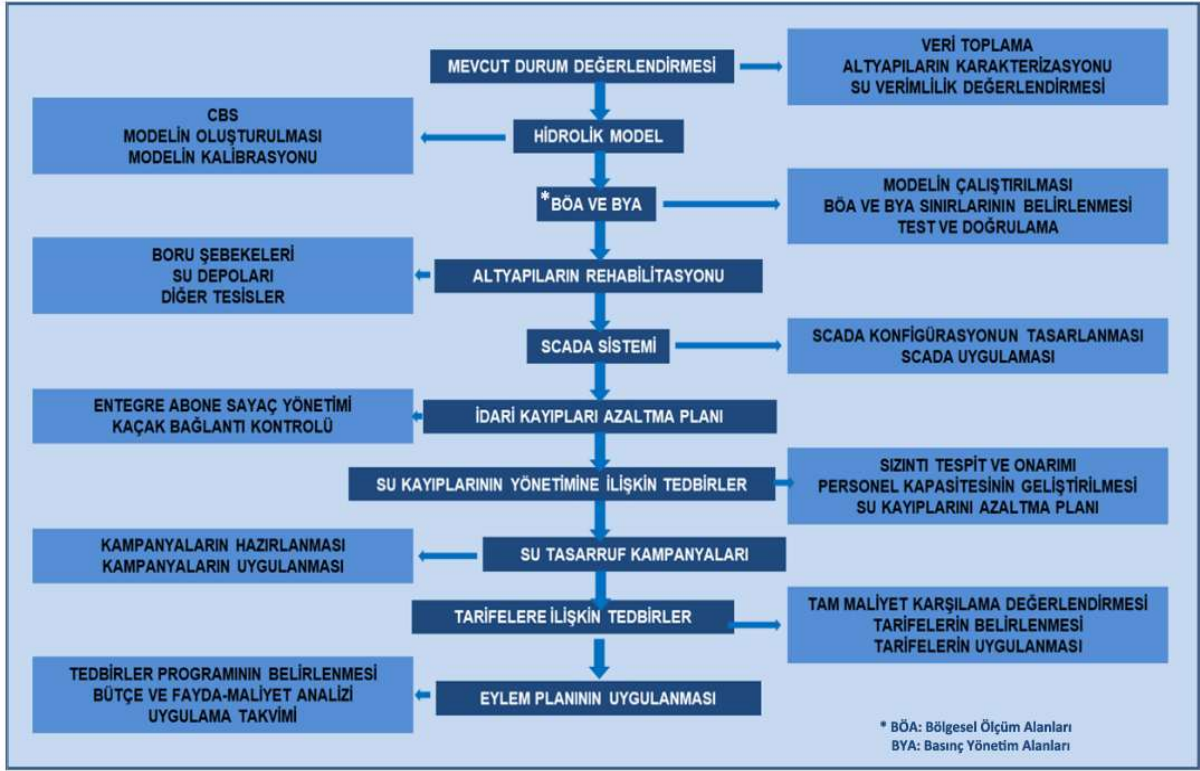
Getirmeyen Su (GGS) verilerinin baz alındığını ortaya koymuştur. 1990 öncesinde daha çok tecrübeye dayalı yürütülen su kaybı çalışmaları, konunun kritik öneminin kavranmasıyla yerini bilimsel temelli tespit ve iyileştirme metodolojilerine bırakmıştır.

Dünya Bankası tarafından yürütülen bir araştırmanın sonuçları, fiziksel su kayıplarının küresel düzeydeki tahmini miktarını her yıl 32 milyar metreküp olarak ortaya koymaktadır. Bu devasa kaybın yaklaşık yarısı, ne yazık ki gelişmekte olan ülkelerde meydana gelmektedir. Dünyanın pek çok bölgesinde, su varlıklarının yetersiz ve hatalı yönetimi bu büyük su kaybının temel nedenini oluşturmaktadır. Eğer bu küresel su kayıpları yarı yarıya azaltılabilseydi, elde edilecek su miktarı tahminen 90 milyon insanın yıllık ihtiyacını karşılamaya yetecek kapasitede olacaktı. Bu veri, kayıpların azaltılmasının sadece ekonomik değil, aynı zamanda büyük bir sosyal fayda sağlayacağını açıkça göstermektedir.

İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği 5.Maddesinde “İdareler içme-kullanma suyu temin ve dağıtım sistemlerindeki idari ve fiziki su kayıplarının önlenmesi için; idari ve fiziki su kayıplarının ölçüme dayalı olarak belirlenmesini, şebekenin ve sistemin şartnamelere ve uygulama projelerine uygun yapılmasını, kullanılan malzemelerin standartlara uygun olarak temin edilmesini, sistemde ana basınç bölgesi ve alt bölgelerin oluşturulmasını, şebekede etkili bir basınç ve debi yönetimi ile optimum işletme şartlarının sağlanmasını, sistemin izlenmesi ve kayıt altına alınmasını ve etkili bir su yönetim sistemini sağlamakla yükümlüdür” ifadeleri yer almaktadır.

Belediyelerce içme suyu temin ve dağıtım sistemlerinde su kayıplarının azaltılmasına yönelik alınacak yapısal ve idari tedbirler Tablo 1’de sunulmuştur. Su kayıpları sorunu, sadece gelişmekte olan ülkelerin gündeminde yer almakla kalmayıp, tüm dünyada kritik önemini korumaktadır. Bu zorlukların üstesinden gelebilmek için, kanıtlanmış ve verimli su yönetimi teknikleri hakkındaki farkındalığı hızla yükseltmeliyiz. Çözüm, bilgi paylaşımını temel alan, bütünsel bir bakış açısı gerektirir. Bu yaklaşım, suyun kaynaktan musluğa, oradan da güvenli bir şekilde tekrar doğaya geri dönüşünü kapsayan tüm yolculuğunu toplumun tamamına anlatmakla ilgilidir. Sadece teknik çözümler değil, toplumsal bilinç de bu bütünsel yönetim stratejisinin anahtar parçasıdır.

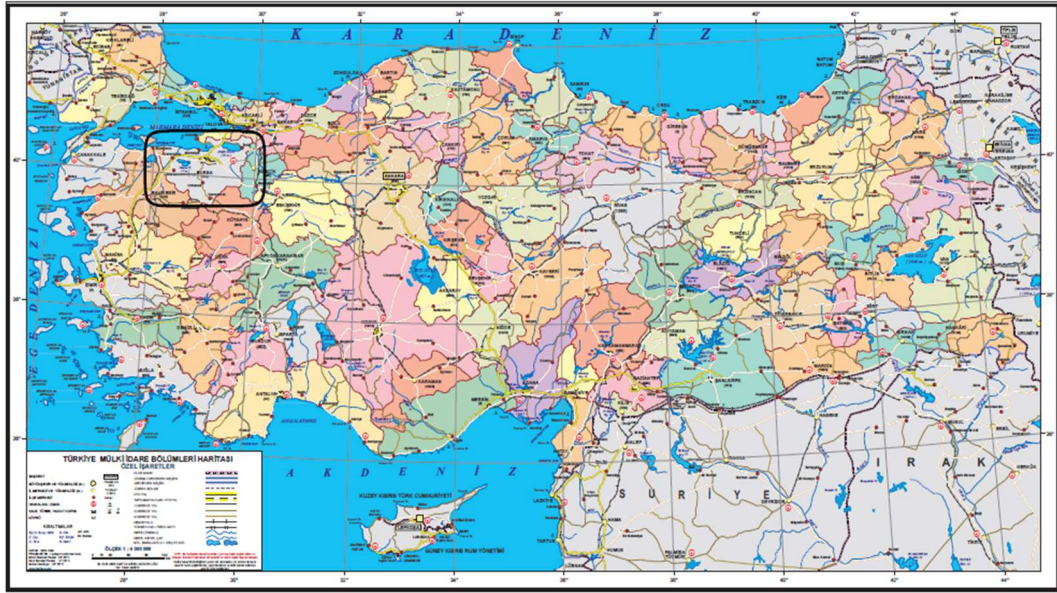
Tablo 1. Belediyelerde içme suyu temin ve dağıtım sistemlerinde su kayıplarının azaltılmasına yönelik alınacak yapısal ve idari tedbirler



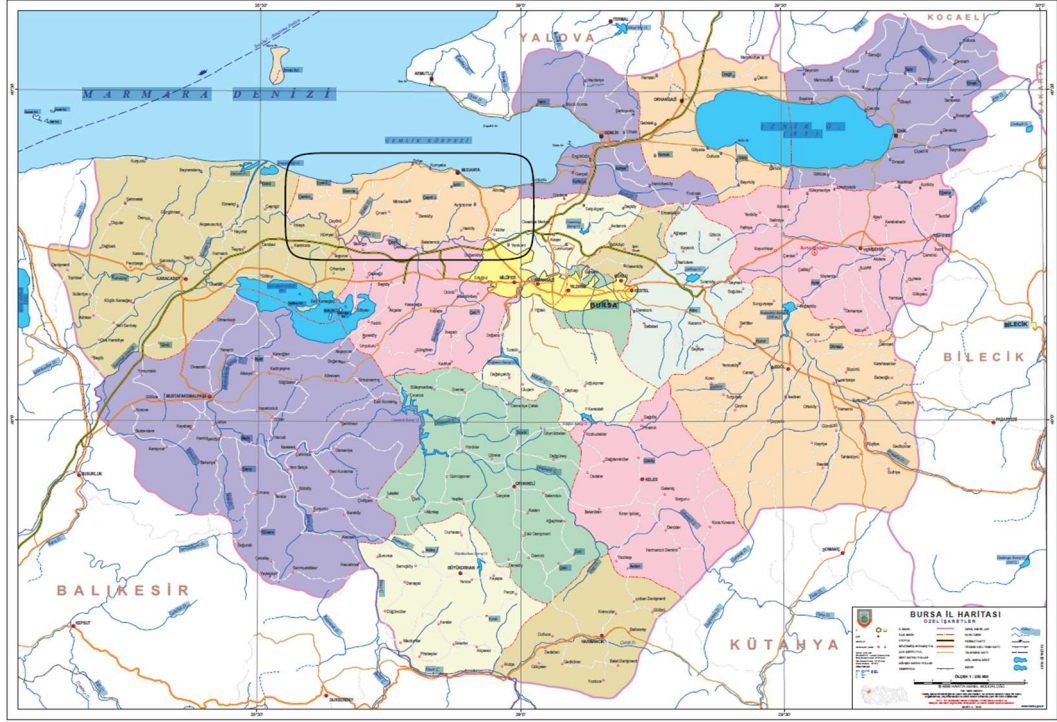
Kaynak: İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerinde Su Kayıplarının Azaltılmasına Yönelik Belediyelerde Alınacak Yapısal ve İdari Tedbirler-2020

2.2 Çalışma Alanı ve Veriler

Türkiye Cumhuriyeti Milli Savunma Bakanlığı Harita Genel Müdürlüğü web sayfasından alınan Türkiye mülki idare bölümleri haritası Şekil 1’de, Bursa il haritası Şekil 2’de, Mudanya ilçe haritası Şekil 3’de yer almaktadır (HGM, 2025).



Şekil 1. Türkiye mülki idare bölümleri haritası



Şekil 2. Bursa il haritası



Şekil 3. Mudanya ilçe haritası

Çalışma alanımızın yer aldığı Bursa'nın merkez ilçelerinden biri olan Mudanya, 28° - 29° doğu boylamları ile 40° - 41° kuzey enlemleri arasında konumlanmıştır.

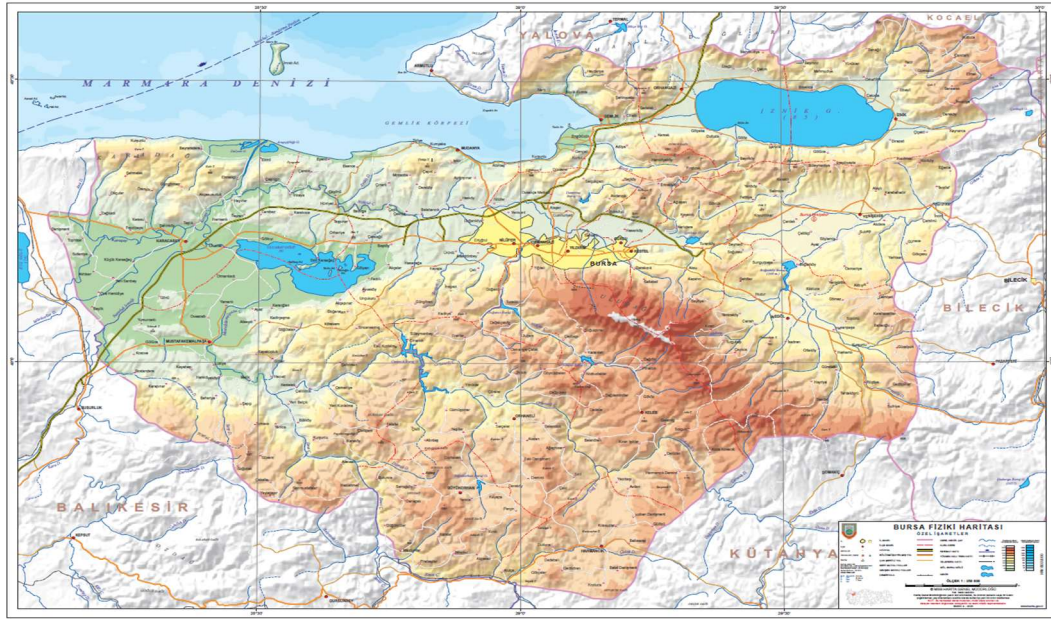
İlçe, batıda Karacabey, güneyde Osmangazi ve Nilüfer, doğuda ise Gemlik ile komşudur; kuzey sınırını ise Gemlik Körfezi'nin güney kıyıları boyunca uzatır. Mudanya, engebeli bir arazi yapısına sahiptir ve Gemlik Körfezi'nin güney yüzünü kaplayarak Bursa Ovası'nı denizden ayıran Mudanya Dağları doğu-batı yönünde uzanır. Batıdan, Susurluk Çayı'nın denize döküldüğü yere kadar devam eden bu arazinin en yüksek noktası, 600 metre yüksekliğe sahip Karatepe'dir. Mudanya'da ılıman Marmara iklimi hakimdir; yazlar kurak olmakla birlikte aşırı sıcaklıklar nadirdir, kışlar ise nispeten ılık ve yağışlıdır. En soğuk ay Şubat, en sıcak ay ise Ağustos olarak kaydedilir. Bölge, ağırlıklı olarak poyraz ve yıldız yönünden esen rüzgârları alır ve elverişli iklim koşulları ve hava kalitesi sayesinde yoğun bir dış göç almıştır.

30 Mart 2014'te yürürlüğe giren Bütünşehir yasası ile Mudanya'nın idari yapısı önemli ölçüde değişmiştir. Bu yasa ile ilçeye bağlı 1 belde (Trilye) ve 36 köy, mahalle statüsü kazanarak Mudanya merkezine bağlanmıştır. Buna ilçe merkezindeki mevcut 8 mahalle de eklendiğinde, Mudanya'nın toplam mahalle sayısı 47'ye yükselmiştir.

Bu mahallelerden Güzelyalı Siteler Mahallesi (1.Bölge), Yeni Mahallesi (2.Bölge) ve Yalı Mahallesi (3.Bölge) çalışma DMA larımız arasındadır.

2.2.1 Coğrafya

Bursa'nın coğrafi yapısı (Şekil 4), birbirlerinden eşiklerle ayrılan göller, ovalar ve dağlardan oluşan karmaşık bir mozaik sunmaktadır (HGM,2025). Bu eşiklerle ayrılmış başlıca coğrafi alanları; İznik ve Ulubat Gölleri ile birlikte Bursa, Yenişehir, Orhangazi, İznik, Karacabey, Mustafakemalpaşa ve İnegöl Ovaları meydana getirir. İl topraklarının yaklaşık yüzde 35'ini kaplayan dağlar, genellikle doğu-batı yönünde uzanan sıradağlar şeklindedir. Bu dağ silsileleri arasında; Orhangazi'nin batısından Bozburun'a uzanan Samanlı Dağları, Gemlik Körfezi'nin güney yüzünü çevreleyip Bursa Ovası'nı denizden ayıran Mudanya Dağları, İznik Gölü güneyi ile Bursa Ovası kuzeyi arasında yer alan Katırlı Dağları ve Mudanya Dağları'nın uzantısı olan Karadağ bulunur. Bölgenin en yüksek dağı olan Uludağ ise 2543 metreye ulaşan zirvesiyle Marmara Bölgesi'nin en dikkat çekici kütlesidir. Son olarak, Bursa topraklarının yalnızca yüzde 8'i ekime elverişli değildir; geri kalan alanın %43'ü ormanlarla, %44'ü tarlalarla ve %5'i çayır ve meralarla kaplıdır.



Şekil 4. Bursa fiziki haritası

Çalışma alanımızın yer aldığı Mudanya'da ılıman Marmara iklimi hakimdir. Yaz mevsimi kurak geçmekle birlikte aşırı sıcaklıklar nadirdir. Kışlar ise nispeten ılık ve yağışlıdır. İlçenin en soğuk ayı Şubat, en sıcak ayı ise Ağustos'tur. Bölge genellikle poyraz ve yıldız yönünden esen rüzgârları alır. Bu elverişli iklim koşulları ve hava kalitesi sayesinde, ilçe yoğun bir dış göç almıştır.

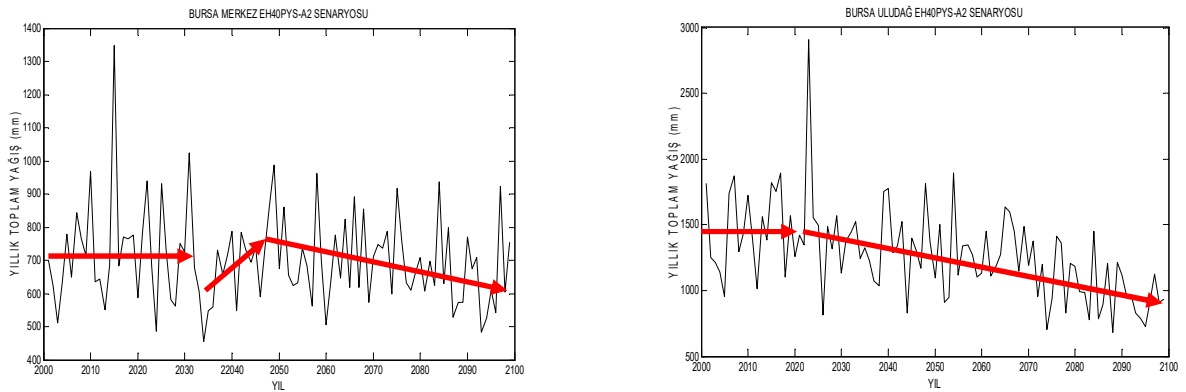
2.2.2. İklim

Bursa'da tarihsel olarak Akdeniz ikliminin etkileri görülmesine rağmen, son yıllarda yaşanan küresel iklim değişikliği sebebiyle bölgede Karadeniz iklimine özgü etkiler de hissedilmeye başlanmıştır. Bu durum, il içinde belirgin bir iklimsel çeşitlilik yaratır: Kuzey kesimlerde, Marmara Denizi'nin etkisiyle yumuşak ve ılıman bir hava hüküm sürerken; güneyde yer alan Uludağ gibi yüksek rakımlı bölgelerde ise bunun aksine sert ve zorlu kış şartları görülmektedir. Bursa ili genel iklim istatistiği Tablo 2’de sunulmuştur (MGM, 2025)

Tablo 2. Bursa ili genel iklim istatistiği

BURSA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ölçüm Periyodu (1928 - 2023)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	5,4	6,2	8,4	12,9	17,7	22,0	24,5	24,4	20,3	15,6	11,1	7,4	14,7
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	9,6	10,9	13,8	19,0	23,9	28,3	30,9	31,1	27,2	22,0	16,6	11,7	20,4
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	1,7	2,2	3,6	7,2	11,4	15,0	17,3	17,3	13,8	10,2	6,4	3,6	9,1
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2,8	3,4	4,2	5,8	7,8	9,7	10,7	10,0	7,9	5,5	4,0	2,9	6,2
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	14,77	13,43	12,63	11,27	9,02	6,16	3,06	2,91	5,09	8,95	11,11	14,15	112,5
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	88,5	76,0	70,3	62,2	50,5	35,5	21,9	18,2	43,2	65,8	77,8	98,9	708,8
Ölçüm Periyodu (1928 - 2023)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	25,2	26,9	32,5	36,2	37,0	41,3	43,8	42,6	40,3	37,3	32,1	27,3	43,8
En Düşük Sıcaklık (°C)	-20,5	-19,6	-10,5	-4,2	0,8	4,0	8,3	7,6	3,3	-1,0	-8,4	-17,9	-20,5

Bursa Merkez ve Uludağ Yıllara Göre Yağış Senaryosu Şekil 5.’te gösterilmiştir(2010-2050 Yılları Arası İklim Değişikliğinin Bursa Su Kaynaklarına Etkisi Proje Raporu).



Şekil 5. Bursa merkez ve uludağ yıllara göre yağış senaryosu

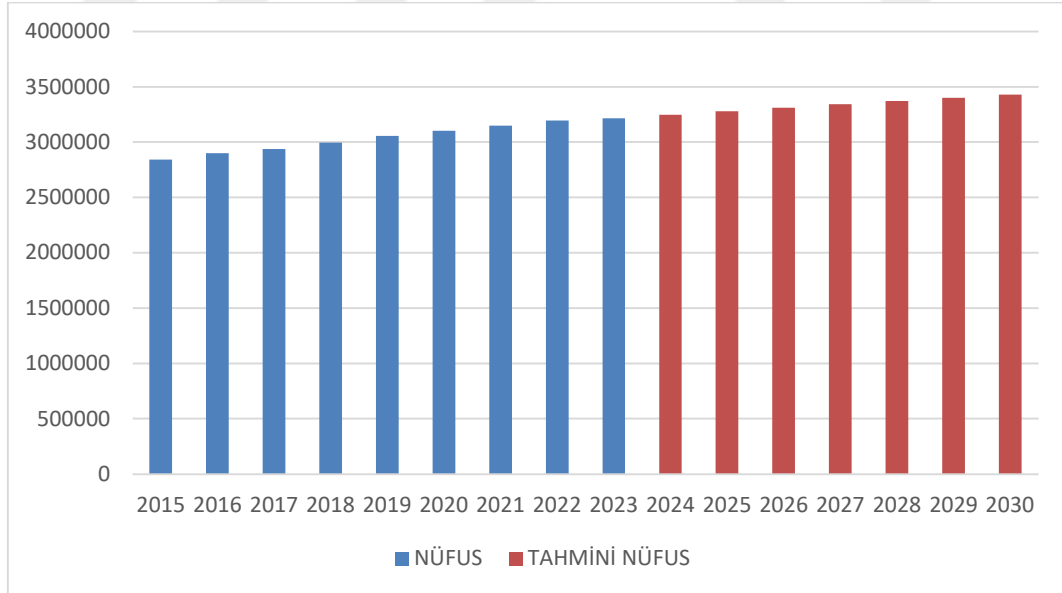
Bursa'da gelecekte önemli bir yağış düşüşü beklenmektedir. Yapılan projeksiyonlara göre, Uludağ yöresinde bu azalma 2020 yılından itibaren sürekli hale gelmiş durumdadır. Bursa

Merkez için ise, sürekli yağış azalmalarının başlangıcı yaklaşık 2050 yılı olarak öngörülmektedir. Özellikle Uludağ'da durum daha çarpıcıdır; 2100 yılına gelindiğinde buradaki yağışların %50 oranında azalması beklenirken, Bursa Merkez'deki beklenen azalma oranı %16 civarında kalacaktır.

Çalışma alanımızın yer aldığı Mudanya'da ılıman Marmara iklimi hakimdir. Yaz mevsimi kurak geçmekle birlikte aşırı sıcaklıklar nadirdir. Kışlar ise nispeten ılık ve yağışlıdır. İlçenin en soğuk ayı Şubat, en sıcak ayı ise Ağustos'tur. Bölge genellikle poyraz ve yıldız yönünden esen rüzgârları alır. Bu elverişli iklim koşulları ve hava kalitesi sayesinde, ilçe yoğun bir dış göç almıştır.

2.2.3. Nüfus

Marmara Bölgesi'nin güneydoğusunda yer alan Bursa nüfusu 2023 yılında 3.214.571'dir. Bursa Türkiye'nin dördüncü büyük kenti ve Marmara bölgesinin en kalabalık ikinci kenti olma özelliğini taşımaktadır. Bursa ili yıllara göre nüfus projeksiyonu Şekil 6.'da yer almaktadır (TÜİK).



Şekil 6. Bursa ili yıllara göre nüfus projeksiyonu

Hazırlanmakta olan Bursa İli 1/100 000 Çevre Düzeni Planına göre 2040 yılı için öngörülen nüfus 4.250.000 kişidir. Çalışma alanlarımızın yer aldığı Mudanya İlçesinin TÜİK 2024 yılı sonu Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi verilerine göre, nüfusu 110,797' dir.

2.2.4. Turizm

Anadolu'nun kadim yerleşimlerinden biri olan Bursa, sahip olduğu heterojen kültürel mirası farklı imparatorlukların yönetim süreçlerine borçludur. Osmanlı döneminde başkentlik ve ipek ticaret merkezi rolleriyle ön plana çıkan şehir, coğrafi konumu ve jeotermal kaynakları sayesinde 'erken dönem turizm destinasyonu' karakteri kazanmıştır. 19. yüzyıl seyahat literatürü incelendiğinde, Bursa'nın İstanbul ile olan organik bağı dikkat çekmektedir; seyyahlar tarafından başkentin tamamlayıcısı bir 'dinlenme ve şifa merkezi' olarak tasvir edilen şehir, seyahatnamelerde geniş yer bulmuştur (Songur, 2017).

Bursa İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü'nün yayınladığı yerli ve yabancı gelen turistlerin verileri Tablo 3.'te görülmektedir (BİKTM, 2025). Bursa, yalnızca ekonomik ve sosyal uyumuyla öne çıkan bir şehir olmakla kalmaz; aynı zamanda doğal güzellikleri, şifalı suları ile termal olanakları, yaz ve kış turizmi imkânları gibi çeşitli zenginlikleri bünyesinde barındırır. Bu çok yönlü yapısıyla, Bursa, Bizans, Osmanlı ve Cumhuriyet dönemlerine ait eşsiz mekânsal ve mimari özelliklerin izlerini taşıyan, Türkiye'nin görülmeye değer, nadide kültür ve tarih miraslarından birine sahiptir.

Mudanya, uluslararası dış turizmin yanı sıra, özellikle başta Bursa olmak üzere çevre il ve ilçelerden gelenlerin yarattığı yoğun gününbirlik yerli turizm faaliyetleriyle canlılık kazanır. Ayrıca, kendi yazlık konutlarında ikamet edenlerin sayısı da oldukça fazladır.

Tablo 3. Milliyetlerine göre turist verileri (BİKTİM, 2025)

	Tesise Sayısı	Geliş	Geceleme Sayısı	Ortalama Kalış Süresi
Yerli Toplam	1.048.148		1.816.781	1,73
Yabancı Toplam	320.015		657.005	2,05
Genel Toplam	1.368.163		2.473.786	1,81

Doğal güzelliklerinin yanı sıra, Mudanya, yüzyıllar boyunca farklı kültürlerden aldığı göçler sayesinde zenginleşmiş ve tarihi ihtişamını yansıtan uygarlıkların izlerini günümüze taşımıştır. Bugüne kadar varlığını sürdüren mimarisiyle asırlar deviren bu yapılar, günümüzde ilçenin tarih ve turizm kimliğini şekillendiren temel unsurlardır. Mudanya'nın her bir mahallesinde sayısız anı barındıran bu tarihi yapılar, ziyaretçilerini adeta bir zaman tüneline yolculuğa çıkarır.

Tarih boyunca farklı din ve kültürlere mensup insanlara ev sahipliği yapmış olan Mudanya, aynı zamanda Türkiye Cumhuriyeti'nin kuruluş temelini atan anlaşmaya (Mudanya Mütarekesi) ev sahipliği yaparak ulusal tarihimizde de özel bir konuma sahiptir.

2.3. Kaynak Özetleri

2.3.1 Dünya genelindeki çalışmalar

Rossman (2000) eserinde içme suyu iletim ve dağıtım sisteminin hidrolik modellemesinin yapıldığı EPANET programını anlatmaktadır. EPANET Hidrolik Model Yazılımının ve Rehber Dokümanlarının Yerelleştirilmesi işi kapsamında açık kaynaklı kodlu hidrolik model, ilgili idarelerin istifadelerine sunulmak üzere 2019 yılında Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından dilimize tercüme edilmiştir

Farley & Liemberger (2005) İçme suyu şebekelerinin etkin bir şekilde yönetilmesi ve kontrol altında tutulması için dağıtım sistemlerinin İzole Ölçüm Bölgelerine (DMA) ayrılması, yayınlanan bu çalışmanın temel tezini oluşturmaktadır. Çalışma kapsamında; şebeke rehabilitasyon stratejileri, veri kayıt sistemleri ve aktif kaçak kontrolü gibi temel unsurların yanı sıra; sızıntıların anlık izlenmesi, nokta tespiti ve basınç yönetimi gibi operasyonel uygulamalar detaylıca ele alınmaktadır.

Liemberger (2010) çalışmasında ülkelerin gelişmişliğini, servis bağlantısı başına kayıp hacim parametrelerini, günlük ortalama basıncı göz önünde bulundurarak orta ve düşük gelirli ülkelerde kullanılmak üzere su kayıplarının değerlendirilmesi için yöntem sunmuştur.

Datwyler (2012) çalışmasında Utah şehri, içme suyu sisteminin karşılaması gereken en düşük basınç ve akış gerekliliklerini belirleyerek su sistemine yapılacak eklemelerin modellemesini ve ek bağlantıların mevcut sistemi nasıl etkileyeceğini araştırıp uygulanıp uygulanmama durumunlarını belirlemiştir.

Alkaseh vd. (2013) tarafından yapılan modelleme ile Malezyanın Perak eyaletinde ortalama %29,4 olan kayıp su oranının kaybın minimuma indirilmesi amaçlanmaktadır.

Babic vd. (2014), Sırbistan'ın Požarevac şehrinin içmesuyu dağıtım şebekesi su kayıplarındaki belirsizlikleri azaltmak için bileşenlerin incelendiği çalışmada en büyük belirsizliğin sayaç ölçüm hatalarından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

Kanakoudis vd. (2014) araştırmalarında Watergems V8i kullanılarak sistemin hidrolik simülasyon modelinin geliştirilmesini ticari yazılım ile başarmışlardır. Tasarım aşaması, Bölgesel Ölçüm Alanlarının (DMA) oluşturulmasını ve Basınç Düşürücü Vanaların (PRV) kurulumunu içermiştir. Bu, eldeki yazılıma yerleştirilen basınca bağlı talep fonksiyonu aracılığıyla ayrıntılı olarak inceleme sonucu değişik senaryolarla simülasyon yapılmış ve SIV'yi %24'e kadar azalttığı görülmüştür.

Nardo vd. (2017), çalışmasında, su kayıp yönetiminde hem geometrik hem de hidrolik özellikleri dikkate alarak, seçilen bir izole alt bölgedeki şebeke hattında çeşitli matrisler aracılığıyla en uygun yerleşimi belirlemiş ve çeşitli senaryo çözümleri arasında, en uygun DMA prosedürünü belirlemek amacıyla, sistemlerde debimetrelerin ve ayırım vanalarının esas

planlanması gereken hususlar olduğunu belirtmiştir.

Fontana vd. (2017) tarafından “Laboratuvar Ortamında Su Dağıtım Şebekelerinde Basınç Kontrolü” çalışması yapılmıştır. Şebeke hattı üzerinde vanaların yerleştirilmesinin faydalarını analiz etmek için dikkate alınacak kriterleri göz önünde bulundurarak farklı izole alt bölge alternatiflerinin farklı bakış açılarına sahip olabilecek birden fazla karar verici ile belirlenmesi gerekliliği sonucuna ulaşılmıştır

Samir vd. (2017) tarafından yapılan bu çalışmada Mısır'ın İskenderiye kentinde seçilen bir izole alt bölgede PRV'ler kullanarak sızıntıyı en aza indirmek için WaterCAD senaryoları geliştirilmesi amaçlanmıştır. Yapılan çalışmalarda sızıntının %37 oranında azaldığı görülmüştür.

Silva vd. (2018), yaptığı çalışmada su dengesi hesaplamalarındaki belirsizliklerin analizi için Delta yöntemi, Monte Carlo simülasyonu ve yüksek yoğunluklu bölgelere dayalı yaklaşımlar gibi gelişmiş matematiksel modeller tercih edilmiştir. Mevcut literatürdeki veriler ve iki adet gerçek su dağıtım sisteminden elde edilen çıktılarla test edilen bu metodolojiler arasından; 'belirsizlik bantlarına sahip yüksek yoğunluklu bölgeler' yaklaşımı, toplam belirsizliğin saptanmasında en yüksek hassasiyeti ve en tutarlı sonuçları sergilemiştir.

Mahfouz vd. (2019) bu çalışmada, bir arka plan sızıntısı tespit algoritması önerilmiş ve kısa vadeli bir su talebi tahmini oluşturulmuş, sonraki saatlik talep ve belirsizliği tahmin edilmiştir.

Rajakumar vd. (2020), şebeke bölümlendirme ve Basınç Kırıcı Vana (BKV) kontrolü süreçlerini kapsayan matematiksel bir simülasyon modeli geliştirmiştir. Bu modelde mevcut İzole Ölçüm Bölgeleri (DMA), her bir vananın konumuna ve etki alanına göre daha küçük Basınç Yönetim Alanlarına (PMA) ayrıştırılmıştır. 'Uzak düğüm modülasyonu' stratejisiyle her BKV için optimize edilen kontrol mekanizması sonucunda; tekli vana kullanımı yerine çoklu BKV konfigürasyonunun basınç yönetiminde daha etkin olduğu kanıtlanmış ve su kayıplarında %6'lık net bir iyileşme (%24'ten %18'e düşüş) kaydedilmiştir.

Sangroula vd. (2022),genetik algoritmayı uygulayarak su dağıtım şebekelerinin en düşük maliyetli tasarımı problemi için Akıllı Optimizasyon Programı algoritması geliştirmiştir.

Tian vd. (2023) şebekedeki fazla basıncı minimize etmek hedefiyle, Basıncı Kırıcı Vanaların (BKV) kontrol sekansını yinelemeli (iteratif) bir algoritma aracılığıyla optimize etmiştir. Araştırma kapsamında önerilen basınç yönetimi stratejilerinin etkinliğini ölçmek amacıyla; günlük debi, günlük sızıntı miktarı, basınç dengesizlik indeksi, düğüm noktalarındaki ortalama günlük basınç ve su yaşı parametrelerinden oluşan beş temel performans göstergesi literatüre sunulmuştur.

2.3.2. Türkiye genelindeki çalışmalar

Karadirek vd. (2012) bu çalışmada Antalya şehrinin Konyaaltı İlçesi içme suyu şebeke hattının 18 izole alt bölgeye ayrılarak yapılan ölçümlerle su kaybının yüksek olduğu ve hidrolik modelleme yapılması gerektiği sonucuna ulaşmıştır.

Muhammetoğlu vd. (2017), bu çalışma su kaybı bileşenlerinin ayrıntılı tasnifini, bu kayıpların oluşum mekanizmalarını, analiz ve izleme süreçlerinde kullanılan metodolojileri kapsamaktadır. Ayrıca, kurumsal ve saha uygulamalarını somutlaştırmak adına hem Türkiye'den hem de uluslararası literatürden çeşitli vaka analizlerine (örnek uygulamalara) yer verilmiştir.

Kıran (2018) yüksek lisans çalışması kapsamında İstanbul'un Sultanbeyli ilçesinde yer alan bir İzole Ölçüm Bölgesi (DMA) için hidrolik modelleme gerçekleştirmiştir. Basıncı Kırıcı Vana (BKV) konumlarının optimizasyonuna odaklanan bu araştırma sonucunda, uygulanan stratejik basınç yönetimiyle şebekedeki su kayıpları minimize edilmiş ve ilgili su idaresinin operasyonel karlılığında artış sağlanmıştır.

Durmuşçelebi (2018), içme suyu dağıtım şebekelerinde sızıntı yönetimini optimize etmek amacıyla üç farklı senaryo üzerinde durmuştur: eski hatların iptali, boruların tamamen yenilenmesi ve mevcut boru yapısının korunması. İzole ölçüm bölgelerinin (DMA) tasarımı ve saha uygulamalarına odaklanan araştırma; altyapı değişikliğine gidilmeden kurgulanan DMA sistemlerinin dahi su kayıplarının kontrol altına alınmasında kayda değer operasyonel faydalar sunduğunu kanıtlamıştır.

Önen vd. (2018) Bu çalışmada, Diyarbakır İlının 2005–2014 yılları arasındaki su kayıpları, tahakkuk, nüfus, Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla ve içme suyu abone sayısı gibi veriler kullanılarak

gelecekteki içme suyu ihtiyacı tahmini için Genetik İfadeli Programlamaya dayalı modeller bir yapay zekâ tekniği ile oluşturulmuştur.

Yüksel vd. (2018), Diyarbakır'ın merkez ilçelerindeki içme suyu şebekesi için SCADA, CBS ve ABS veri setlerini entegre eden hibrit bir metodoloji geliştirmiştir. Operasyonel verilerin (SCADA), mekânsal bilgilerin (CBS) ve kullanıcı verilerinin (ABS) eş zamanlı analiziyle su kayıplarının tespiti ve minimize edilmesi sağlanmıştır. Bu çalışma, söz konusu entegre modelin farklı içme suyu sistemlerine de başarıyla adapte edilebileceğini kanıtlayan bir örnek teşkil etmektedir.

Akdeniz vd. (2019) Bu çalışmada, Antalya Termessos Yeşilbayır şebekesi için hidrolik modelleme çalışmaları yapılmış ve elde edilen basınç yüksekliği seviyeleri İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliğine göre yorumlanmıştır.

Savaş (2019), Denizli merkez içme suyu şebekesi üzerine kurguladığı araştırmasında, basınç yönetimi öncesinde depo besleme bölgelerini sistematik olarak tasnif etmiş ve seçilen pilot İzole Ölçüm Bölgelerinde (DMA) uygulamalar gerçekleştirmiştir. Mevcut durum, sabit çıkışlı ve dinamik çıkışlı basınç senaryoları üzerinden analiz edilerek; müdahale öncesi ve sonrası su kaybı verileri ile ILI (Altyapı Sızıntı Endeksi) katsayıları hesaplanmıştır. Ampirik bulgular, basınç yönetiminin sisteme giriş yapan toplam su hacmini %8, fiziksel (gerçek) kayıpları ise %25 oranında azalttığını ortaya koymuştur.

Fırat vd. (2021) Bu çalışmada, su kayıp yönetimi için hesaplama araçları geliştirilmiş ve 5 farklı bölge için sonuçlar değerlendirilmiştir.

Olmuştur (2021), Sakarya ili Erenler ilçesi Yeşiltepe Mahallesi örnekleminde yürüttüğü araştırmada, basınç yönetimi stratejilerinin etkinliğini üç aylık debi ölçümleriyle analiz etmiştir. Uygulama neticesinde, başlangıçta %48 olan su kaybı oranı %37'ye geriletilmiştir. Sistemin sızıntı karakteristiğini belirleyen en kritik parametrelerden biri olan minimum gece debisi (MGD) ise 4,4 l/s değerinden 2,63 l/s seviyesine düşürülerek şebeke verimliliğinde anlamlı bir iyileşme kaydedilmiştir.

Koşucu (2022), doktora tezinde içme suyu şebekeleri için en uygun basınç yönetimi stratejisini belirlemek amacıyla EPANET 3 hidrolik modelleme yazılımından yararlanmıştır. Toplam 18

farklı su dağıtım sistemini kapsayan analizlerde, çeşitli basınç yönetimi senaryoları çok boyutlu olarak mukayese edilmiştir. Simülasyon çıktıları; birim maliyetlerin yüksek seyrettiği operasyonel koşullarda 'Kritik Nokta Ayarlı' metodun en yüksek verimi sunduğunu, maliyetlerin daha düşük olduğu senaryolarda ise 'İleri Basınç Yönetimi' tekniklerinin ekonomik açıdan daha rasyonel olduğunu ortaya koymuştur.

Hülagühanoglu (2023), Bingöl kent merkezi içme suyu şebekesindeki sızıntıların mahalle bazlı tespiti için ZFT algoritmasını kullanmıştır. Kent merkezine bağlı 15 mahalleyi kapsayan araştırmada; fiziki, idari ve toplam kayıp miktarları ayrı ayrı analiz edilmiştir. Üretim ve tüketim verileri arasındaki fark üzerinden yapılan hesaplamalar, sadece Ocak ayı için 186.540,01 m³'lük bir kayba işaret etmektedir. Belirlenen %28,54'lük kayıp oranının, ilgili bakanlığın belirlediği %25'lik üst sınırı aştığı vurgulanmıştır.

Karaş (2023), Bolu ili Gerede ilçesinin içme suyu şebekesindeki fiziksel kayıpları incelediği tez çalışmasında, başlangıçtaki su kayıp oranını %55 olarak saptamıştır. Yürütülen sistematik kayıp analizleri ve gerçekleştirilen şebeke rehabilitasyon çalışmaları neticesinde saniyede 15 litrelik (15 l/s) bir geri kazanım sağlanmıştır. Bu müdahalelerle Gelir Getirmeyen Su (GGS) debisi 67 l/s'den 52 l/s seviyesine düşürülmüş, toplam su kayıp oranı ise %42'ye geriletilmiştir.

3.YÖNTEM

3.1. Su Dengesi

İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği'ne göre, Su Dengesi kavramı, içme suyu sistemindeki toplam su kaybı miktarını tespit etme amacını taşır. Bu tanıma göre, şebekeye sağlanan su miktarının, sistem içinde tüketilen ve çeşitli nedenlerle kaybolan su miktarlarının toplamına eşit olması gerektiği prensibini temel alan tüm ölçme ve hesaplama işlemleri bu kapsamda değerlendirilmektedir.

Su dengesi, su kayıplarının içeriklerini anlamak ve su kaybını azaltma yönteminin belirlenmesine yardımcı olur.

Standart su dengesi tablosunun hazırlanması, su kayıplarının doğru tespiti ve etkin yönetimi açısından temel bir adımdır. Ülkemizde yürürlükte olan İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği, tüm içme suyu şebekelerinin yıllık su dengesi tablosunu oluşturmasını zorunlu kılmaktadır. Bu tablolar, her yıl Şubat ayı sonuna kadar Tarım ve Orman Bakanlığı'na sunulmalıdır. Ayrıca, su kayıplarını azaltma planının başarılı ve etkin bir şekilde yürütülebilmesi için, her bir Bölgesel Basınç Yönetimi (DMA) alanı için de standart su dengesi tablosunun oluşturulması gereklidir. Söz konusu Yönetmelik, standart su dengesini oluşturan tüm bileşenleri, Türkiye'deki tüm su idarelerinin mevcut koşullarını ve durumlarını yansıtacak şekilde seçip tanımlamıştır. (Muhammetoğlu ve Muhammetoğlu 2017).

Standart su dengesi tablosu, bir yıllık zaman dilimi içerisindeki hacimsel değerler üzerinden oluşturulur ve su kayıplarının yönetimi için temel teşkil eden şu kritik bilgileri kapsamaktadır:

- Toplam Su Kaybı Miktarı: Şebekedeki fiziksel (gerçek) ve idari (görünür) kayıpların hacimsel toplamını gösterir.
- Gelir Getiren Su Hacmi: Sistemin faturalandırılmış su hacmini ifade eder ve şebekenin ticari performansını yansıtır.

- Yasal Tüketim Bileşenleri: Faturalandırma durumlarına göre (ölçülmüş/ölçülmemiş) dört ayrı alt başlık altında incelenen, suyun yasal kullanım hacimlerini detaylandırır (Faturalandırılmış Ölçülmüş, Faturalandırılmış Ölçülmemiş, Faturalandırılmamış Ölçülmüş, Faturalandırılmamış Ölçülmemiş).
- Kayıp Bileşenlerinin Hacmi: Toplam kaybı oluşturan alt unsurların ayrı ayrı hacimlerini belirtir:
 - Fiziksel Kayıplar: Depo kaçakları ve taşmaları, temin/dağıtım hatlarındaki kayıplar ile servis bağlantısı kaçakları.
 - İdari Kayıplar: İzinsiz tüketimler (kaçak su) ve su sayaçlarındaki ölçüm hataları.

Bu tablo, su idarelerine şebeke performansını hem teknik hem de ticari açıdan kapsamlı bir şekilde analiz etme olanağı sağlar.

Su dengesiyle ilgili verilerin dünya genelinde farklı şekillerde yorumlanması, ortak bir dil ihtiyacını doğurmuştur. Birçok ülkedeki yerel uygulamaları inceleyen IWA, su kaybı hesaplamalarında kafa karışıklığını gidermek adına standart bir yaklaşım belirlemiştir. Bu sayede, su yönetiminde küresel ölçekte kabul gören ortak tanımlar ve hesaplama şablonları oluşturulmuştur (AWWA 2011). IWA tarafından geliştirilen standart su dengesi Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4. Su kayıpları ve yasal tüketime ilişkin bileşenler

Sisteme Giren Su	İzinli Tüketim	Faturalandırılmış İzinli Tüketim	Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım	Gelir Getiren Su
		Faturalandırılmamış İzinli Tüketim	Faturalandırılmış Ölçülmemiş Kullanım	
			Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım	Gelir Getirmeyen Su
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım	
	Su Kayıpları	İdari Kayıplar	İzinsiz Kullanım	
			Sayaçlardaki Ölçüm Hataları	
		Fiziki Kayıplar	İletim- Dağıtım Hattındaki Kaçaklar ve Servis bağlantılarından müşteri sayacına kadar olan kaçaklar	
			Depolarda Meydana Gelen Kaçak ve Taşmalar	

Türkiye'de uygulanan standart su dengesi matrisi, IWA (Uluslararası Su Birliği) tarafından literatüre kazandırılan tablo ile büyük ölçüde örtüşmektedir. Bu iki format arasındaki temel fark, fiziksel kayıp bileşenlerinin sınıflandırılmasında ortaya çıkmaktadır: IWA tablosunda 'ana boru hatlarındaki sızıntılar' ile 'servis bağlantılarındaki kaçaklar' ayrı kategorilerde analiz edilirken; Türkiye'deki uygulamada bu iki kalem birleştirilerek tek bir başlık altında hesaplanmaktadır.

IWA (Uluslararası Su Birliği) tarafından geliştirilen standart su dengesi tablosu, bir su idaresinin şebekeye verdiği suyun nereye gittiğini anlamasını sağlayan evrensel bir şablondur. Bu bileşenleri daha profesyonel ve yapılandırılmış bir şekilde aşağıda bulabilirsiniz.

1. Sistem Giriş Hacmi

Su dağıtım sistemine (şebekeye) giren toplam yıllık su hacmidir. İdarenin kendi kaynaklarından ürettiği su ile başka kurumlardan satın aldığı suyun toplamını ifade eder.

2. İzinli Tüketim

Su idaresi tarafından yasal olarak kullanılmasına izin verilen su miktarıdır. İki alt başlığa ayrılır:

- **Faturalandırılmış İzinli Tüketim:** Abone sayaçlarından geçen ve bedeli tahsil edilen sudur (Gelir Getiren Su).

- **Faturalandırılmamış İzinli Tüketim:** İtfaiye kullanımı, park-bahçe sulama veya şebeke yıkama gibi izinli olan ancak fatura kesilmeyen kullanımlardır.

3. Su Kayıpları

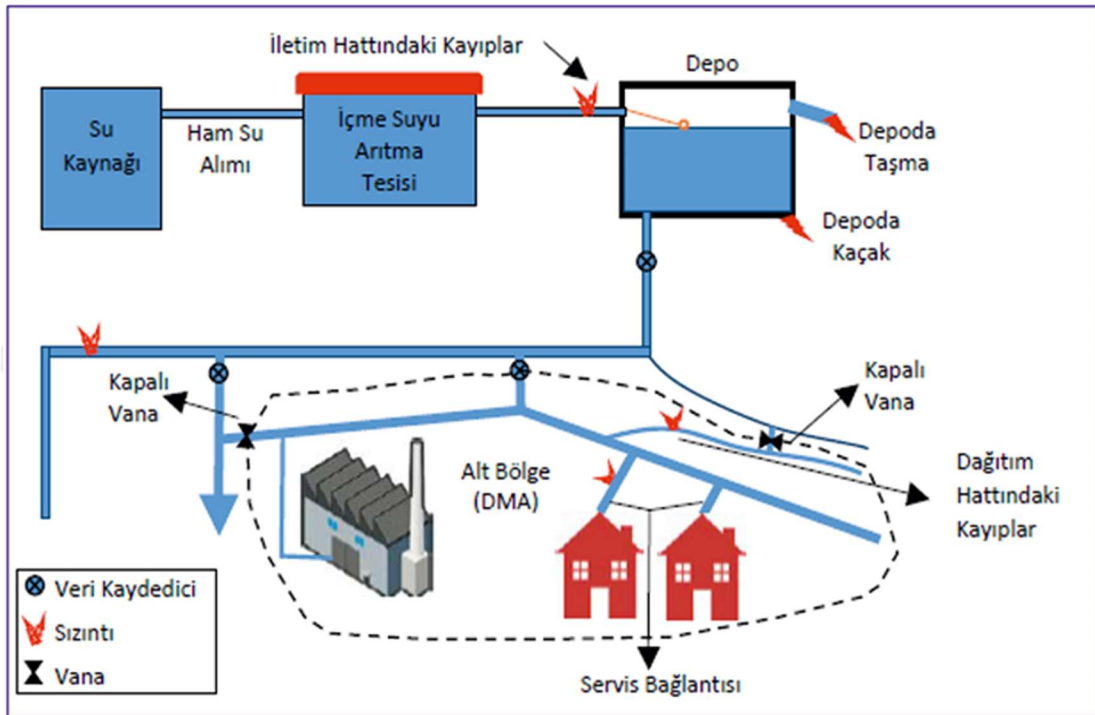
Sistem giriş hacmi ile izinli tüketim arasındaki farktır. İki temel kategoride incelenir:

- **Görünür (İdari) Kayıplar:** Suyun fiziksel olarak kaybolmadığı ancak ölçülemediği durumlardır. Kaçak kullanım (hırsızlık), veri giriş hataları ve sayaçların yanlış ölçmesi (hassasiyet kaybı) bu gruptadır.
- **Gerçek (Fiziki) Kayıplar:** Suyun şebekeden fiziksel olarak sızmasıdır. İletim/dağıtım hatlarındaki boru patlakları, servis bağlantılarındaki sızıntılar ve depo taşmalarını kapsar.

4. Gelir Getirmeyen Su

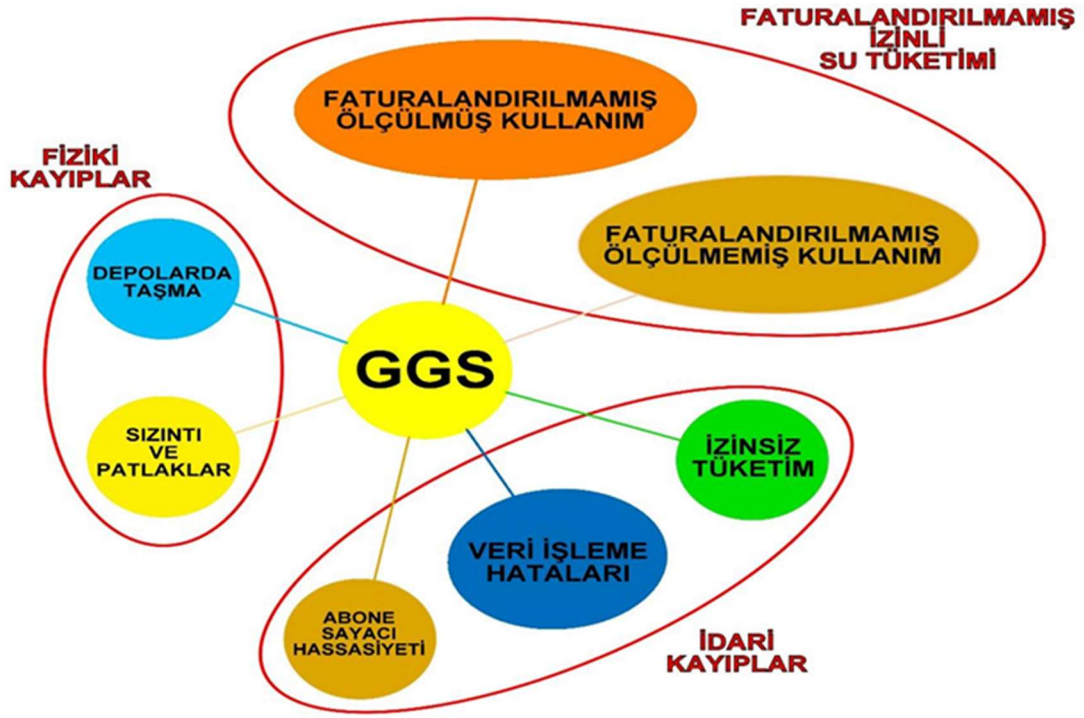
Su idaresinin kasasına para girmeyen tüm su hacmidir. Faturalandırılmamış İzinli Tüketim, Görünür Kayıplar ve Gerçek Kayıplar toplamından oluşur.

Fiziki su kayıplarının oluşumu Şekil 7.'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Tipik bir su dağıtım şebekesi için fiziki su kayıplarının oluşumu

Gelir Getirmeyen Su (GGS) bileşenleri, Şekil 8.'de detaylı bir şekilde gösterilmiştir.



Şekil 8. Gelir getirmeyen suyun bileşenleri

Su idarelerinin operasyonel maliyetlerini karşılayabilmesi ve yatırım bütçesi oluşturabilmesi için temel kaynak **Gelir Getiren Su** hacmidir. Bu kategori, bedeli tahsil edilen tüm su kullanımlarını kapsamakta olup; hem faturalandırılmış ölçülü (sayaçlı) hem de faturalandırılmış ölçülmemiş (tahakkuk bazlı) tüketimlerden meydana gelir. Su kayıplarını minimize ederek bu hacmi maksimize etmek, modern su yönetimlerinin stratejik önceliği olmalıdır.

Su kayıplarını en aza indirme hedefiyle, aşağıdaki sistematik çalışmalar yürütülmektedir:

a) Yıllık Su Dengesinin Tespit Edilmesi

Bu süreçte, dağıtım şebekesinin genel performansı netleştirilir. Öncelikle su üretimi miktarı, izinli tüketim hacmi ve tüm fiziki/idari su kayıpları ayrı ayrı hesaplanır. Bu hesaplamalar sonucunda, şebekedeki gelir getirmeyen su miktarı (Non-Revenue Water - NRW) kesin olarak belirlenir.

b) Su Dengesi ve İşletme Maliyeti Raporlarının Hazırlanması

Sistem yönetimi, yalnızca su dengesinin kurulup kurulmadığına değil, aynı zamanda en ekonomik şekilde işletilip işletilemediğine dair analitik sonuçlar gerektirir. Bu amaçla,

belirlenen zaman dilimlerinde ve yıl sonunda, ihtiyaç ile arz dengesi durumunu, birim işletme maliyetlerini ve genel faaliyetleri özetleyen detaylı raporlar hazırlanır.

c) Su Dengesi Hesap Tablosunun Otomatikleştirilmesi

Yönetmelik ve ilgili Tebliğ eklerinde talep edilen bilgi ve tabloların hazırlanma süreci kolaylaştırılmıştır. Bu zorunlu belgeler, üst yazılımlar (yazılım çözümleri) kullanılarak otomatik olarak hazırlanır ve Yönetmelik'te belirtilen yasal süreler içinde Bakanlığa düzenli olarak gönderilir.

3.2. Standart Su Dengesi Tablosunun Oluşturulması

Standart bir su dengesi tablosunun oluşturulması, IWA (Uluslararası Su Birliği) tarafından belirlenen metodolojiye dayanır. Bu süreç, sisteme giren suyun hiyerarşik bir şekilde sınıflandırılmasıyla başlar ve kurumun finansal ve teknik kaybını net bir şekilde ortaya koyar.

Tabloyu oluşturmak için öncelikle şu üç ana veri setine ihtiyaç duyulur:

- **Sistem Giriş Hacmi:** Kaynaklardan üretilen ve dışarıdan satın alınan toplam su.
- **İzinli Tüketim:** Faturalı ve faturasız tüm yasal kullanımlar.
- **Su Kayıpları:** İzinli tüketim dışında kalan, şebekeden sızan veya çalınan sular.

Tabloyu Oluştururken Dikkat Edilmesi Gerekenler:

- **Ölçüm Doğruluğu:** Sistem girişindeki ana sayaçların ve abone sayaçlarının hata payları mutlaka dikkate alınmalıdır.
- **Zaman Aralığı:** Standart su dengesi genellikle **yıllık** bazda hazırlanır (aylık dalgalanmalar yanıltıcı olabilir).
- **Birim Birliği:** Tüm veriler aynı birim üzerinden (genellikle $m^3/yıl$) işlenmelidir.
- **Faturasız İzinli Tüketim:** Park sulama, itfaiye kullanımı gibi hacimler ölçülemiyorsa, gerçekçi bir tahmin methodologyyla tabloya eklenmelidir

Türkiye'deki su idareleri tarafından kullanılan standart su dengesi matrisinin oluşturulma süreci, Muhammetoğlu & Muhammetoğlu (2017) tarafından geliştirilen sistematik bir rehberle, şebeke verilerinden hareketle su dengesi bileşenlerinin adım adım nasıl saptanacağı numerik bir hiyerarşi ile tanımlanmış olup Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5. Su dengesi tablosunun bileşenlerini tespit etmek için gerekli aşamalar

(1) Sisteme Giren Su Miktarı ... m ³ /yıl (%100)	(10) İzinli Tüketim ... m ³ /yıl (...%)	(4) Faturalandırılmış İzinli Su Tüketimi ... m ³ /yıl (...%)	(2) Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım ... m ³ /Yıl (...%)	(5) Gelir Getiren Su Miktarı... m ³ /yıl (...%)
			(3) Faturalandırılmış Ölçülmemiş Kullanım... m ³ /yıl (...%)	
		(9) Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi ... m ³ /yıl (...%)	(7) Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım ... m ³ /yıl (...%)	(6) Gelir Getirmeyen Su Miktarı... m ³ /yıl (...%)
			(8) Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım ... m ³ /yıl (...%)	
	(11) Su Kayıpları ... m ³ /yıl (...%)	(14) İdari Kayıplar ... m ³ /yıl (...%)	(12) İzinsiz Tüketim ... m ³ /yıl (...%)	
			(13) Sayaçlardaki Ölçüm Hataları ... m ³ /yıl (...%)	
		(15) Fiziki Kayıplar ... m ³ /yıl (...%)	(17) Temin Ve Dağıtım Hatları İle Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıp- Kaçaklar... m ³ /yıl (...%)	
			(16) Depolarda Meydana Gelen Kaçak Ve Taşmalar... m ³ /yıl (...%)	

- (1) **Sistem Giriş Hacmi:** Şebekeye verilen toplam yıllık su hacmi (Üretim + Satın alınan).
- (2) **Faturalandırılmış Ölçülü Tüketim:** Abone sayaçlarından geçen faturalı su.
- (3) **Faturalandırılmış Ölçülmemiş Tüketim:** Maktu ücretle veya sözleşmeyle faturalanan su.
- (4) **Faturalandırılmış İzinli Tüketim:** Tahakkuk edilen ve gelir sağlayan su hacmi (2+3).
- (5) **Gelir Getiren Su Tüketimi:** Faturalandırılmış su hacmi.
- (6) **Gelir Getirmeyen Su Tüketimi:** Faturalandırılmamış su hacmi.

- (7) **Faturalandırılmamış Ölçülü Tüketim:** Ölçülen ancak bedelsiz verilen su (İdare binaları vb.).
- (8) **Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Tüketim:** Yangın söndürme, park sulama gibi ölçülemeyen yasal su.
- (9) **Faturalandırılmamış İzinli Tüketim:** Yasal olan ancak bedel alınmayan su (7+8).
- (10) **İzinli Tüketim:** İdare tarafından onaylanmış tüm yasal kullanımlar (4+9)
- (11) **Su Kayıpları:** Sistem girişi ile izinli tüketim arasındaki fark (1-10 veya 14+15).
- (12) **İzinsiz Tüketim:** Kaçak hatlar ve su hırsızlığı gibi yasal olmayan ve bedel alınmayan su.
- (13) **Sayaçlardaki Ölçüm Hatları:** Sayaçların hassasiyetini yitirmesi sonucu az ölçmesi, okuma, faturalama ve kayıt sistemindeki yanlışlıklar ile veri işleme hataları.
- (14) **Görünür (İdari) Kayıplar:** Ölçüm ve kayıt hataları ile kaçak kullanımlar (12+13).
- (15) **Gerçek (Fiziki) Kayıplar:** Şebekedeki sızıntı ve patlaklar (15+16+17).
- (16) **Depo Sızıntıları ve Taşmalar:** Servis depolarındaki gövde çatlakları veya taşmalar.
- (17) **İletim ve Dağıtım Hattı Sızıntıları ile Servis Bağlantı Sızıntıları:** Ana borularda yüzeye çıkan veya çıkmayan kaçaklar ve ana borudan abone sayacına kadar olan hatlardaki sızıntılar.

Örnek olarak 2025 yılı şubat ayında yayınlanan ve Bursa Su ve Kanalizasyon İdaresi (BUSKİ) tarafından hazırlanan Bursa Büyükşehir Belediyesi'nin 2024 yılına ait Bursa Merkez Su Dengesi Formu aşağıdaki Tablo 6.'de yer almaktadır.

Tablo 6.'da, sistem giriş hacminin gelir getiren ve getirmeyen su toplamıyla matematiksel olarak dengelendiği görülmektedir. Ancak bu dengenin sağlanmış olması, ölçümlerin mutlak doğruluğunu garanti etmez; aksine her veri kaleminde belirli bir belirsizlik payı mevcuttur. Örneğin, raporda 'faturalandırılmış ölçülmemiş tüketim' kaleminin boş bırakılması, idarenin tüm tüketimleri eksiksiz ölçtüğü varsayımını doğursa da, bu durum günümüz saha gerçeklikleriyle (kamu alanları, camiler vb. gibi ölçülemeyen noktalar) uyuşmamaktadır. Ayrıca belediyeler, bu su dengesi verilerinin yanı sıra; abone sayıları, şebeke uzunlukları, SCADA ve CBS varlığı gibi envanter bilgilerini de eş zamanlı olarak beyan etmekle yükümlüdür.

Tablo 6. 2024 yılına ait Bursa merkez su dengesi formu (BUSKİ 2025)

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 149.740.860 m3 %100	Yasal Tüketim 120.609.083 m3 %80.5	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 115.596.194 m3 %77.2	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 115.596.194 m3 %77.2	Gelir Getiren Su 115.596.194 m3 %77.2
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 0 m3 %0	
	Su Kayıpları 29.131.777 m3 %19.5	Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 5.012.889 m3 %3.3	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 516.662 m3 %0.3	Gelir Getirmeyen Su 34.144.666 m3 %22.8
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 4.496.227 m3 %3.0	
		İdari Kayıplar 2.039.224 m3 %1.4	Kaçak Kullanım 582.636 m3 %0.4	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 1.456.589 m3 %1.0	
		Fiziki Kayıplar 27.092.553 m3 %18.1	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 26.946.553 m3 %18.0	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 146.000 m3 %0.1	

Su dengesi hesaplamaları, fiziksel kayıpların saptanmasında temel bir araç olsa da güvenilirlik ve operasyonel hız açısından çeşitli kısıtlamalara sahiptir. Genellikle yıllık (12 aylık) verileri kapsaması nedeniyle, yeni oluşan sızıntı ve patlakların anlık tespitinde bir 'erken uyarı sistemi' işlevi görememektedir. Ayrıca bu yöntem, gerçek kayıp bileşenlerinin işletme politikalarından nasıl etkilendiğine dair spesifik veriler sunmaz. Bu metodolojik boşlukların doldurulması adına, gerçek kayıpların; Minimum Gece Debisi (MNF) analizi ve sızıntı bileşen analizi gibi daha dinamik ve hassas metotlarla desteklenmesi elzemdir. (Farley vd. 2010).

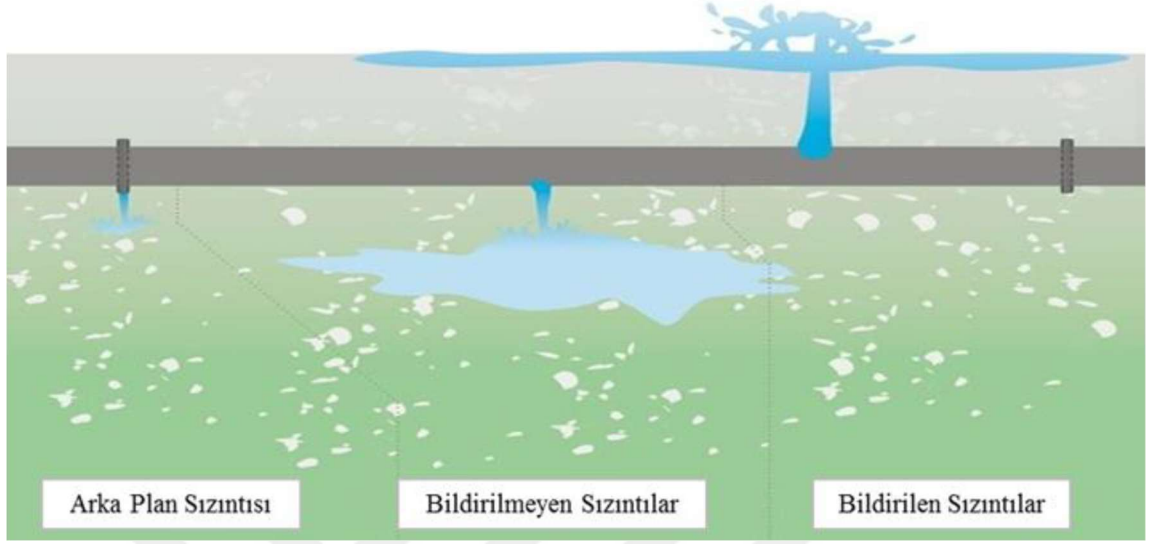
Su dağıtım şebekelerinde su basıncının etkili bir şekilde düzenlenmesi, genellikle karmaşık ağların izole alt bölgelere (District Metered Area - DMA) ayrılmasıyla sağlanır (Farley, 2003). Şebekeyi yönetilebilir parçalara ayırmak için bu izole bölgeler oluşturulurken, çeşitli kritik kriterler dikkate alınır. Bu kriterler arasında, belirlenen bölge içerisindeki abone sayısı, şebekenin toplam uzunluğu ve o bölgenin topografik yapısı gibi değerler yer alır. İzole alt bölgeler belirlenip kurulduktan sonra, her bölgenin giriş noktasında kontrol odaları yer alır. Bu odalar, hem su akışının ve basıncının ölçülmesi hem de kontrol elemanlarının (vanalar, sensörler) montajı ve yönetimi için merkezi bir işlev görür (Karathanasi vd. 2016).

Bursa İli Özelinde içme suyu temin ve dağıtım sistemlerindeki su kayıplarının kontrolüne ilişkin BUSKİ Genel Müdürlüğü'nden alınan bilgilerde;

- Merkez ilçelerde, şebeke yönetimi için 8 ana bölge ve bu bölgelere bağlı 257 adet izole alt bölge (DMA) ayrımı yapılmıştır.
- Tüm alt bölgelere su girişinin tek bir noktadan sağlanması amacıyla içme suyu şebeke hatlarının fiziksel ayrımı tamamlanmıştır.
- Kurulan her alt bölgeye debimetre monte edilmiş, bu sayede alt bölgeye geçen su miktarı SCADA sistemi üzerinden anlık olarak okunabilmektedir.
- İçme suyu hatları, yardımcı tesisler ve abone sayaçları gibi temel altyapı bileşenleri tamamen yenilenmiştir.
- Yaklaşık 10.300 km uzunluğundaki içme suyu hattı bilgisi, doğru yönetim ve analiz için BUSKİ CBS'ye aktarılmıştır.
- BUSKİ ACBS projesi kapsamında, 1.173.000 abone ile 372.000 bina arasında konumsal ilişki kurulmuştur. Özellikle merkez ilçelerdeki abonelerin %95'inin konumsal bina bilgisi tespit edilmiştir.
- Alt bölge bazında detaylı abone listeleri ve su tüketimleri belirlenmiştir. Alt bölgeye giren suyun debimetre ile ölçümü ile abone sarfiyatları eş zamanlı olarak karşılaştırılarak, su kayıp oranları alt bölge bazında tespit edilmiştir. Tespit edilen bu kayıpları azaltmak amacıyla (arıza giderimi ve abone olmayan kullanıcıların sisteme dahil edilmesi gibi) anında müdahale çalışmaları başlatılmıştır.

BUSKİ 'nin su kayıplarındaki mücadelesi detaylı olarak Şekil 9'da gösterilmiştir. (BUSKİ 2024)

Şekil 10'da sunulmuştur. Bu kategorilerden arka plan sızıntısı, yüzeye çıkma özelliği göstermeyen ve standart akustik dinleme yöntemleri kullanılarak dahi tespit edilemeyen, sürekli devam eden kaçaklar olarak tanımlanır (Sınmaz, 2019).



Şekil 10. Sızıntı türleri (Sınmaz, 2019)

Su kaybının temel nedenlerinden biri, borularda ve ekipmanlarda patlamalar veya çatlaklar nedeniyle oluşan kaçaklardır. Büyük bir dağıtım şebekesinde bu tür sızıntıların fark edilmesi uzun süreli olabilir, bu nedenle önleyici faaliyetler ve verimli kaçak yönetimi hayati önem taşımaktadır.

Tüm dağıtım ağındaki su kayıplarını aynı anda çözmek pratik olarak mümkün değildir. Bu sebeple, şebekenin izole bölgelere ayrılması, daha verimli ve odaklanmış hareket etmeyi sağlar. Su kaybı tespit sistemlerine yeterli bütçe ayrıldığında, dağıtım sistemindeki genel kaçak oranını birçok yerde %40 ila %50 oranında azaltmak mümkündür.

Kaçaklar, zemin seviyesine yerleştirilen gürültü kaydedicileri aracılığıyla tespit edilebilir. Bu kaydediciler, sızıntı yapan suyun çıkardığı sese tepki vererek operatörlerin hemen müdahale etmesini sağlar. Ayrıca, şebekenin farklı alanlarındaki su basıncını izole bölge (DMA) tekniği kullanılarak etkin bir şekilde ölçmek ve yönetmek de mümkündür.

3.3.1. Basınç yönetimi

Basınç yönetimi, su kayıp yönetimi aktiviteleri arasında hem önemli hem de uygun maliyetli bir yöntem olarak kabul edilmektedir. Su dağıtım sistemleri, genellikle en yüksek su talebini karşılarken en düşük basıncı sağlayacak şekilde tasarlanır. Ancak, sistemde gün boyunca yaşanan değişken debi talepleri nedeniyle, sistem basıncı da bu taleplere paralel olarak sürekli değişir. Özellikle talebin azaldığı belirli saatlerde, yani genellikle geceleri, sistem basıncının yükseldiği gözlemlenir (Choi vd. 2014).

Talebin düştüğü ve dolayısıyla basıncın yükseldiği anlarda, sistemdeki su kaybı oranı da bu basınç artışına doğrudan paralel olarak yükselmektedir. Bu nedenle, basıncın normal işletme şartlarında ve özellikle talebin düşük olduğu dönemlerde yüksek seyrettiği noktalarda, basıncın ihtiyaç duyulan sabit minimum değere indirilmesi zorunludur. Boru patlamalarının büyük bir çoğunluğu, boruların sürekli genişleyip daralmasına yol açan sürekli basınç dalgalanmaları yüzünden meydana gelmekte ve bu durum yorulma kırıklarına sebep olmaktadır. Dağıtım şebekesindeki basınç ne kadar yüksek olursa, patlamalar veya sızıntılar yoluyla o kadar fazla su kaybı yaşanır.

Kontrol vanaları, besleme hattındaki değişikliklerden bağımsız olarak belirli bir basınç, debi veya seviyeyi sürdürme yeteneğine sahiptir. Bu vanalar, şebeke ekipmanları için en uygun koşulları korurken aynı zamanda su kayıplarını azaltmaya yardımcı oldukları için basınç yönetiminde kritik bir rol üstlenirler.

Basınç yönetimi, aynı zamanda gereksiz enerji tüketimini azaltmanın da oldukça etkili bir yoldur. Özellikle yoğun olmayan saatlerde, şebeke genelinde daha düşük bir basınca izin verilmesi sayesinde, pompalama için harcanan enerji tüketimi önemli ölçüde düşürülebilir.

3.3.2. Gece debisi analizi

Minimum gece debisi, içme suyu şebekesi üzerinde oluşturmuş izole ölçüm bölgelerinde gece su tüketiminin az olduğu saatlerdeki debi hareketleridir. Bu debi hareketleri, gündüz debisine oranla farklılıkların belirlenmesi ve bu farklılıklara göre kayıp oranlarının belirlenmesinde çok önemli yere sahiptir. Yapılan analizler sonucu hesaplanan minimum gece debisi ile gündüz debisinin farklılıklarına göre hesaplanan kayıp oranlarına göre plan ve strateji belirlenerek kayıp oranlarının minimuma indirilmesi hedeflenir. Kayıp oranlarının belirlenmesi sonucu sorunlu bölgeler belirlenerek müdahale edilir ve su kaybını önlemek için kayıp oranları azaltılır.

Minimum Gece Debisi (MNF), rapor edilmeyen ve gizli kalan sızıntıların belirlenmesinde günlük olarak uygulanan en temel ve yaygın yaklaşımdır (Lambert vd., 1999; Liemberger ve Farley, 2004; Wu vd., 2018).

Bu yöntemin ana prensibi, su talebinin en düşük seviyeye indiği gece 02:00 ile 04:00 saatleri arasındaki aralıkta sistem giriş debisinin izlenmesine dayanır. Bu gözlemden sonra, aşağıdaki bileşenler hesaplanarak "akustik yöntemlerle tespit edilen potansiyel önlenebilir sızıntı" miktarı belirlenir:

1. Gece Yasal Tüketimlerin Tahmin Edilmesi
2. Sistemdeki Belirsiz Sızıntıların Hesaplanması

Giriş debisinden yukarıdaki bu iki bileşen çıkarıldığında, üzerinde çalışma yapılması gereken sızıntı miktarına ulaşılır (Lambert vd., 1999; Liemberger ve Farley 2004).

MNF analizini doğru bir şekilde gerçekleştirebilmek için, öncelikle şebekede izole bir bölgenin tanımlanmış olması ve bu bölgenin girişinde debi ve basıncın sürekli olarak izlenmesi zorunludur.

Gece yasal tüketimlerin ve belirsiz sızıntıların tahmin edilmesi için ise Breaks and Background Estimate (BABE) denklemine (Lambert, 1994) başvurulur. Lambert (1994) tarafından geliştirilen bu denklem, MNF analizinde söz konusu iki bileşenin tahmin edilmesinde kullanılan en temel ve güvenilir yöntem olarak kabul edilir. Abone türü ve sayısı (konut, ticari) ile bölgede yaşayan kişi sayısı gibi demografik veriler bu hesaplama için kritik öneme sahiptir. Ayrıca bu bileşenlerin doğru tahmin edilebilmesi için; şebeke uzunluğu (km), servis bağlantı sayısı (ana hattan parsel kadar olan kısım), özel mülkteki servis bağlantı uzunluğu (parselden binaya kadar olan kısım), işletme basıncı ve sistemin genel fiziksel durumu gibi detaylı verilere ihtiyaç duyulmaktadır (Lambert, 1994; Lambert vd., 1999; Lambert 2002).

Bu analizlerin düzenli yapılması, doğru verilerin girilmesi, doğru katsayıların belirlenmesi ve sistem karakteristiğine uygun bileşenlerin seçilmesi önemlidir. (Fırat Vd., 2021). Su dengesi hesaplamaları, fiziksel kayıpların saptanmasında temel bir araç olsa da güvenilirlik ve operasyonel hız açısından çeşitli kısıtlamalara sahiptir. Genellikle yıllık (12 aylık) verileri kapsaması nedeniyle, yeni oluşan sızıntı ve patlakların anlık tespitinde bir 'erken uyarı sistemi'

işlevi görememektedir. Ayrıca bu yöntem, gerçek kayıp bileşenlerinin işletme politikalarından nasıl etkilendiğine dair spesifik veriler sunmaz. Bu metodolojik boşlukların doldurulması adına, gerçek kayıpların; Minimum Gece Debisi (MNF) analizi ve sızıntı bileşen analizi gibi daha dinamik ve hassas metotlarla desteklenmesi elzemdir (Farley vd. 2010). Ayrıca AWWA kurucuları tarafından su kayıplarını değerlendirmek için bir dizi performans göstergeleri 2000 yılında geliştirilmiştir (Şen, 2020)

Su temini hizmetlerinde performansın standardize edilmesi amacıyla literatürde 170 adet performans göstergesi (PI) tanımlanmış olsa da, bu göstergelerin verimliliği kullanım amacına ve şebeke karakteristiğine göre değişkenlik göstermektedir (Farley vd. 2003; Mckenzie vd. 2006; Alegre vd. 2016). Su endüstrisinin temel sorunlarını çözmede stratejik bir araç olan bu göstergeler, kuruluşlara mevcut durumlarını seviye bazında analiz etme imkânı tanır. PI hesaplamaları sayesinde su idareleri, şebekedeki kayıpların boyutunu doğru yorumlayabilmekte ve uzun vadeli iyileştirme stratejilerini bilimsel bir temele oturtabilmektedir. (Simbeye 2010)

Performans Göstergelerinin (PI) Hiyerarşik Yapısı

Su kuruluşlarının strateji belirlerken kullandığı göstergeler genellikle IWA (Uluslararası Su Birliği) tarafından belirlenen şu düzeylerde incelenir

- Düzey 1 (L1-Temel Göstergeler): Şebeke Performansına dair genel ve hızlı bakış sunan ve kullanılan PI çeşitlerini içerir.
- Düzey 2 (L2- Verimlilik Göstergeleri): Temel göstergelerden daha iyi bir fikir veren ek göstergeler sağlar. Kaynakların kullanımı ve operasyonel verimliliği ölçmek için uygundur.
- Düzey 3 (L3- Detaylı Göstergeler): Sorunların kök nedenlerini belirlemek için derinlemesine analiz sağlar.

Su dağıtım şebekelerinde kayıpların nicelendirilmesi amacıyla literatürde yaygın kabul görmüş çeşitli performans göstergeleri (PI) kullanılmaktadır. Ancak her göstergenin hassasiyeti ve kapsayıcılığı, şebekenin yapısal özelliklerine göre değişkenlik gösterir. Bu bağlamda, bütüncül bir değerlendirme yapabilmek adına, fiziki (gerçek) kayıplar ile ticari (idari) kayıplar için şebeke karakteristiğine uygun farklı performans indikatörlerinin seçilmesi metodolojik bir zorunluluktur. (Farley vd. 2003).

Dünya genelinde fiziki (gerçek) su kayıplarının hacmini analiz etmek ve farklı şebekeleri birbirleriyle adil bir şekilde kıyaslamak için kullanılan temel performans göstergeleri şunlardır:

1. Sistem Giriş Hacminin Yüzdesi (% SIV)

Geleneksel olarak en yaygın kullanılan yöntemdir. Toplam su kaybının, sisteme verilen toplam su miktarına oranlanmasıyla hesaplanır.

- **Kullanım Amacı:** Kurumun genel kayıp durumunu hızlıca görmek.
- **Dezavantajı:** Şebeke uzunluğu, abone yoğunluğu ve basınç gibi teknik değişkenleri dikkate almadığı için farklı şehirleri kıyaslarken yanıltıcı olabilir.

2. Bağlantı Başına Günlük Kayıp (L/bağlantı/gün)

Toplam fiziki kaybın, şebekedeki toplam abone/servis bağlantısı sayısına bölünmesiyle elde edilir.

- **Kullanım Amacı:** Abone yoğunluğunun yüksek olduğu (kentsel) bölgelerde performans ölçümü yapmak.
- **Önemi:** Sızıntıların büyük çoğunluğunun servis bağlantı noktalarında meydana geldiği gerçeğini temel alır.

3. Şebeke Uzunluğu Başına Günlük Kayıp (L/km/gün)

Toplam sızıntı miktarının, ana boru ve dağıtım hattı uzunluğuna oranlanmasıdır.

- **Kullanım Amacı:** Abone yoğunluğunun düşük, boru hattının çok uzun olduğu (kırsal) bölgelerde daha sağlıklı sonuç verir.

4. Altyapı Sızıntı Endeksi (ILI - Infrastructure Leakage Index)

Uluslararası Su Birliği (IWA) tarafından geliştirilen ve dünyadaki **en güvenilir** performans göstergesi kabul edilen indikatördür.

- **Hesaplama:** Mevcut Gerçek Fiziksel Kayıpların (MYFK), Yıllık Kaçınılamaz Fiziksel Kayıplara (YKFK) oranıdır.
- **Avantajı:** Şebeke uzunluğu, bağlantı sayısı ve en önemlisi **işletme basıncı** gibi faktörleri denkleme katarak şebekenin teknik olarak ne kadar iyi yönetildiğini hatasız bir şekilde gösterir.

Sistem Giriş Hacmi (SGH) yüzdesi, su kayıplarının analizinde kullanılan en köklü ve hesaplama kolaylığı nedeniyle dünya genelinde kabul görmüş temel düzey bir performans göstergesidir (Farley vd. 2003; Simbeye 2010; Muhammetoğlu 2017). Türkiye'deki mevcut yasal çerçeve olan 'İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği' ve ilgili Teknik Usuller Tebliği, su idarelerinin performans değerlendirme süreçlerinde öncelikli olarak bu metriği esas almaktadır. Bu yaklaşımla, Gelir Getirmeyen Su

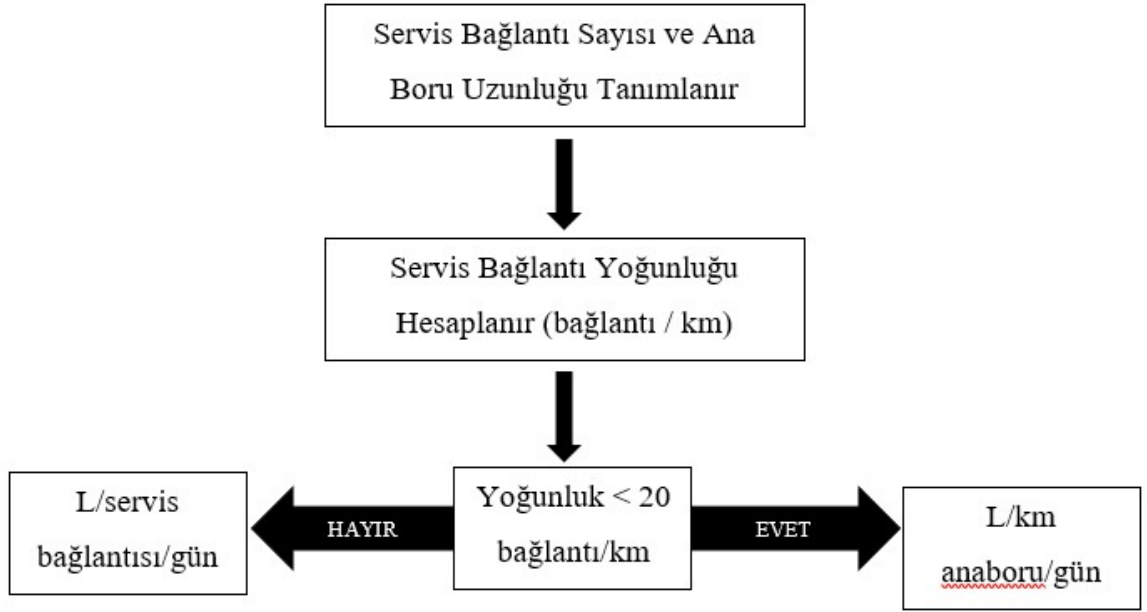
(GGS) ve toplam su kayıpları gibi kritik bileşenler, aşağıda sunulan matematiksel eşitlikler aracılığıyla oransal olarak ifade edilebilmektedir.

$$GGS(\%) = \frac{\text{Sistem Giriş Hacmi (m}^3\text{)} - \text{Faturalandırılmış Tüketim (m}^3\text{)}}{\text{Sistem Giriş Hacmi (m}^3\text{)}} \times 100$$

$$\text{Su Kayıpları (\%)} = \frac{\text{Sistem Giriş Hacmi (m}^3\text{)} - \text{Toplam Tüketim (m}^3\text{)}}{\text{Sistem Giriş Hacmi (m}^3\text{)}} \times 100$$

Fiziki kayıpların servis bağlantısı başına (L/bağlantı/gün) normalize edilmesi, şebeke performansının değerlendirilmesinde giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Dağıtım ağlarının yapısal olarak en savunmasız noktalarını teşkil eden servis bağlantıları, sızıntıların birincil kaynağı olarak kabul edilir. Günümüz modern şebekelerinin büyük bir kısmında kilometre başına düşen bağlantı yoğunluğunun 20'yi aşması, bu göstergesi hat uzunluğuna dayalı ölçümlerden daha hassas kılmaktadır. Bu bağlamda, 'servis bağlantısı başına su kaybı' metriğinin, gelecekte fiziki kayıpların izlenmesinde temel performans göstergesi (PI) haline gelmesi öngörülmektedir (Simbeye vd. 2010).

Su idarelerinin şebeke performansını küresel standartlarda değerlendirebilmesi, doğru Performans Göstergesi (PI) seçiminden geçmektedir. Hatalı gösterge seçimi, şebeke iyileştirme yatırımlarının yanlış yönlendirilmesine neden olabilir. Bu karmaşıklığı gidermek amacıyla, IWA tarafından geliştirilen ve şebeke parametrelerini (bağlantı yoğunluğu gibi) temel alan karar ağaçları, en uygun analitik aracın belirlenmesinde kritik rol oynamaktadır (Farley vd. 2008). Şekil 11'de sunulan bu karar ağacı, kuruluşların kendi şebeke yapılarına en uygun PI'yi seçmeleri için sistematik bir rehber sunmaktadır.



Şekil 11. Fiziksel kayıpların operasyonel yönetimi için PI belirleme süreci

Literatürde en güvenilir performans göstergelerinden biri olarak kabul edilen ILI, küresel ölçekte su kayıplarının kıyaslanmasında yaygın bir kullanım alanına sahiptir (Liemberger vd. 2007). Geleneksel olarak, bu endeksin 3.000'den fazla servis bağlantısı olan ve işletme basıncı 2,5 barın üzerinde seyreden şebekelerde uygulanması önerilmektedir (McKenzie vd. 2007). Bununla birlikte, Liemberger vd. (2007) tarafından yürütülen çalışmalar, ILI'nin 3.000'den az bağlantıya sahip daha küçük ölçekli sistemlerde de yüksek doğrulukta sonuçlar verdiğini ve şebeke performansını etkin bir şekilde yansıttığını ortaya koymuştur.

ILI, Mevcut Yıllık Fiziksel Kayıp Hacmi' nin (MYFK) Yıllık Kaçınılmaz Fiziksel Kayıplara (YKFK) oranıdır.

$$ILI = \frac{MYFK}{YKFK}$$

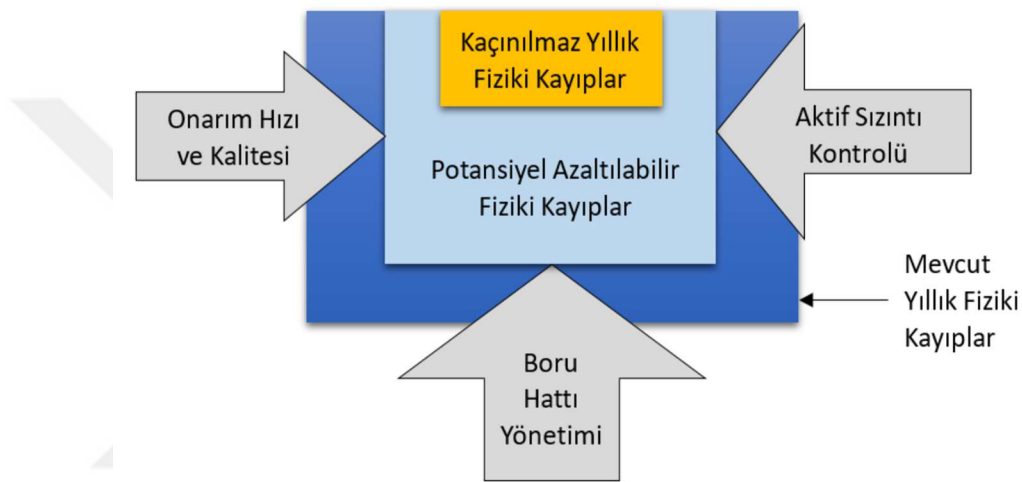
ILI, bir oran olması sayesinde farklı ülkelerin su idarelerini birim karmaşası yaşamadan karşılaştırma imkânı sunar. Hesaplama sürecinde, şebekedeki mevcut sızıntı miktarı (MYFK), o şebekenin sahip olduğu boru uzunluğu, bağlantı sayısı ve ortalama basınç gibi özelliklere göre ulaşabileceği 'en iyi durum' (YKFK) ile kıyaslanır. YKFK' nın hesaplanmasında kullanılan

ampirik formül, pratik kullanımı kolaylaştırmak adına karmaşık mühendislik parametrelerini standart bir yapıya indirger (Farley vd. 2008);

$$YKFK (L/Gün) = (18 \times L_m + 0,80 \times N_c + 25 \times L_p) \times P$$

Denklemden ana boru uzunluğunu (km) **L_m**, servis bağlantılarının sayısını **N_c**, servis borularının uzunluklarını (km) **L_p**, ortalama basıncı (m) **P** ifade etmektedir.

ILI kavramı Sızıntı yönetimini etkileyen faktörlerle birlikte Şekil 12.'de görülmektedir (Muhammetoğlu ve Muhammetoğlu, 2017).



Şekil 12. ILI kavramı

Mevcut Yıllık Fiziki Kayıplar (MYFK), şebeke ölçeği genişledikçe artış eğilimi gösteren bir hacmi temsil etse de, etkin sızıntı kontrol politikalarıyla bu büyüme kontrol altına alınabilir (Simbeye vd. 2010). Teknik olarak ulaşılabilecek en alt seviye olan Kaçınılmaz Yıllık Gerçek Kayıplar (KYFK), mevcut işletme basıncı altında sistemden sızması engellenemeyen minimum hacmi ifade etmektedir. Literatürde, dağıtım sistemlerindeki fiziksel kayıpların tamamen ortadan kaldırılamayacağı evrensel bir gerçek olarak kabul edilir; zira ekonomik ve finansal sınırlardan bağımsız olarak, belirli bir düzeyde sızıntı (KYFK) her zaman mevcuttur (Hamilton vd. 2006). KYFK hiçbir zaman 'sıfır' olamayacaktır.

Su dağıtım sistemlerinde ILI (Altyapı Sızıntı Endeksi) hesaplamalarını standardize etmek amacıyla günümüzde AWWA, EasyCalc ve BENCHLEAK gibi açık erişimli yazılım modelleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu araçlar, özellikle veri eksikliği yaşanan durumlarda, tahmin edilen değerlere belirli oranlarda 'belirsizlik payı' ekleyerek analizin sürdürülmesine olanak tanır. Sektörde en çok tercih edilen araçlardan biri olan AWWA yazılımı, kullanıcı tarafından girilen sistem verilerini

otomatik olarak işleyerek hem performans indekslerini hem de veri güvenilirliği skorlarını eş zamanlı olarak hesaplayabilmektedir.

Avrupa Birliği'nde ve sektör uzmanları tarafından kullanılan bağlantı başına ve şebeke uzunluğu başına fiziksel su kayıpları Tablo 7'de görülmektedir (Liemberger vd. 2005, Muhammetoğlu 2017).

Tablo 7. Bağlantı başına fiziksel kayıp göstergeleri

Teknik Performans Kategorisi		ILI	Fiziki Kayıplar [litre/bağlantı/gün]				
			Şebekedeki ortalama basınç seviyesi				
			10 m	20 m	30 m	40 m	50 m
Gelişmiş Ülkeler	A	1 - 2		< 50	< 75	< 100	< 125
	B	2 - 4		50 - 100	75 - 150	100 - 200	125 - 250
	C	4 - 8		100 - 200	150 - 300	200 - 400	250 - 500
	D	> 8		> 200	> 300	> 400	> 500
Gelişmekte Olan Ülkeler	A	1 - 4	< 50	< 100	< 100	< 200	< 250
	B	4 - 8	50 - 100	100 - 200	150 - 300	200 - 400	250 - 500
	C	8 - 16	100 - 200	200 - 400	300 - 600	400 - 800	500 - 1000
	D	> 16	> 200	> 400	> 600	> 800	> 1000

Bu varsayımlardan önemli ölçüde farklı olan sayaç konumları ve bağlantı yoğunlukları için, kullanıcılar ILI' yi hesaplamak ve değerlendirilen sisteme uygun bandı belirlemek için yararlanabilmektedir. Tabloda yer alan teknik performans kategorilerinin tanımları aşağıda yer almaktadır.

A - Yüksek Performans / Ekonomik Sınır: Ciddi bir su kıtlığı yaşanmadığı sürece, mevcut kayıpları daha fazla azaltmak için yapılacak yatırımlar ekonomik verimlilik sınırını aşabilir. Bu seviyede olan idareler için ana odak noktası, mevcut durumu korumak ve ancak maliyet-fayda analiziyle desteklenen çok spesifik iyileştirmelere yönelmektir.

B - Potansiyel Gelişim Alanı: Şebeke üzerinde iyileştirme yapılması teknik ve ekonomik olarak mümkündür. Daha disiplinli bir bakım programı ve aktif sızıntı kontrolü uygulamalarıyla kayıplar daha aşağı çekilebilir. Bu kategori, orta vadeli yatırım planlarıyla performansın A seviyesine çıkarılabileceğini gösterir.

C - Zayıf Performans / Tolere Edilebilir Kayıp: Su kayıpları yönetiminin zayıf olduğu bu seviye, genellikle su kaynaklarının bol ve maliyetinin düşük olduğu bölgelerde görülür. Ancak sürdürülebilir yönetim için Gelir Getirmeyen Su (GGS) miktarını azaltmaya yönelik projelere hızla odaklanması gereken kritik bir eşiktir.

D - Verimsiz Kullanım / Zorunlu Müdahale: Kaynakların son derece verimsiz kullanıldığı ve altyapının kötü durumda olduğu seviyedir. Bu kategorideki su idareleri için GGS miktarını azaltma programlarının uygulanması sadece bir seçenek değil, operasyonel ve yasal bir zorunluluktur.

AWWA tarafından yapılan çalışmalar ile GGS ve GGS' nin alt bileşenlerini oluşturan diğer kayıplar için ortalama ve kabul edilebilir aralık değerleri Tablo 8.'de özetlenmiştir (AWWA 2011).

Tablo 8. GGS ve bileşen kayıplar için kabul edilebilir eşik değerler

Anahtar Performans Göstergesi	Birim	Ortalama	Aralık
Ticari Kayıplar	lt/bağlantı/gün	39,34	8,94 – 78,23
Fiziksel Kayıplar	lt/bağlantı/gün	222,51	98,84 – 567,40
Fiziksel Kayıplar	m ³ /km hat/gün	4,29	1,52 – 8,23
Altyapı Kayıt Endeksi		3,51	1,24 – 12,68

4.BULGULAR

4.1.İzole Ölçüm Bölgelerinde Su Dengesi Formları

4.1.1. Güzelyalı siteler mahallesi (1.Bölge) su dengesi formları

Çalışma alanımızdan 1.Bölge olarak seçilen Mudanya İlçesi Güzelyalı Siteler Mahallesi su dengesi formları BUSKİ Genel Müdürlüğü'nden temin edilerek süzülen veriler doğrultusunda hazırlanmış olup aşağıda yer almaktadır.

Tablo 9. 1. Bölge Şubat 2024 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 75214 m3 %100	Yasal Tüketim 44815.85 m3 %59.58	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 41729.85 m3 %55.48	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 41705.85 m3 %55.45	Gelir Getiren Su 41729.85 m3 %55.48
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 24 m3 %0.03	
	Su Kayıpları 30398.15 m3 %40.42	Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 3086 m3 %4.1	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 2136 m3 %2.84	Gelir Getirmeyen Su 33484.15 m3 %44.52
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 950 m3 %1.26	
		İdari Kayıplar 1315.26 m3 %1.75	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 1315.26 m3 %1.75	
		Fiziki Kayıplar 29082.89 m3 %38.67	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 26826.47 m3 %35.67	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 2256.42 m3 %3	

Tablo 10. 1. Bölge Mart 2024 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 76854 m3 %100	Yasal Tüketim 43506.5 m3 %56.61	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 40815.5 m3 %53.11	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 40792.5 m3 %53.08	Gelir Getiren Su 40815.5 m3 %53.11
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 23 m3 %0.03	
	Su Kayıpları 33347.5 m3 %43.39	Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 2691 m3 %3.5	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 1741 m3 %2.27	Gelir Getirmeyen Su 36038.5 m3 %46.89
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 950 m3 %1.24	
		İdari Kayıplar 1276.01 m3 %1.66	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 1276.01 m3 %1.66	
		Fiziki Kayıplar 32071.5 m3 %41.73	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 29765.88 m3 %38.73	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 2305.62 m3 %3	

Tablo 11. 1. Bölge Nisan 2024 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 82156 m3 %100	Yasal Tüketim 45089.44 m3 %54.88	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 42407.44 m3 %51.62	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 42386.22 m3 %51.59	Gelir Getiren Su 42407.44 m3 %51.62
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 21.22 m3 %0.03	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 2682 m3 %3.26	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 1732 m3 %2.11	Gelir Getirmeyen Su 39748.56 m3 %48.38
	Su Kayıpları 37066.56 m3 %45.12		Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 950 m3 %1.16	
		İdari Kayıplar 1323.55 m3 %1.61	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 1323.55 m3 %1.61	
		Fiziki Kayıplar 35743.01 m3 %43.51	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 33278.33 m3 %40.51	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 2464.68 m3 %3	

Tablo 12. 1. Bölge Mayıs 2024 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 83775 m3 %100	Yasal Tüketim 47453.78 m3 %56.64	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 44608.78 m3 %53.25	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 44553.49 m3 %53.18	Gelir Getiren Su 44608.78 m3 %53.25
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 55.29 m3 %0.07	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 2845 m3 %3.4	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 1895 m3 %2.26	Gelir Getirmeyen Su 39166.22 m3 %46.75
	Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 950 m3 %1.13			
	Su Kayıpları 36321.22 m3 %43.36	İdari Kayıplar 1393.45 m3 %1.66	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 1393.45 m3 %1.66	
		Fiziki Kayıplar 34927.77 m3 %41.69	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 32414.52 m3 %38.69	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 2513.25 m3 %3	

Tablo 13. 1. Bölge Haziran 2024 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 93241 m3 %100	Yasal Tüketim 50430.91 m3 %54.09	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 47921.91 m3 %51.4	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 47853.43 m3 %51.32	Gelir Getiren Su 47921.91 m3 %51.4
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 68.48 m3 %0.07	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 2509 m3 %2.69	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 1559 m3 %1.67	Gelir Getirmeyen Su 45319.09 m3 %48.6
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 950 m3 %1.02	
	Su Kayıpları 42810.09 m3 %45.91	İdari Kayıplar 1482.37 m3 %1.59	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 1482.37 m3 %1.59	
		Fiziki Kayıplar 41327.72 m3 %44.32	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 38530.49 m3 %41.32	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 2797.23 m3 %3	

Tablo 14. 1. Bölge Temmuz 2024 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 98138 m3 %100	Yasal Tüketim 57159.84 m3 %58.24	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 54483.84 m3 %55.52	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 54351.84 m3 %55.38	Gelir Getiren Su 54483.84 m3 %55.52
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 132 m3 %0.13	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 2676 m3 %2.73	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 1726 m3 %1.76	Gelir Getirmeyen Su 43654.16 m3 %44.48
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 950 m3 %0.97	
	Su Kayıpları 40978.16 m3 %41.76	İdari Kayıplar 1682.34 m3 %1.71	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 1682.34 m3 %1.71	
		Fiziki Kayıplar 39295.82 m3 %40.04	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 36351.68 m3 %37.04	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 2944.14 m3 %3	

Tablo 15. 1. Bölge Ağustos 2024 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 87614 m3 %100	Yasal Tüketim 55203.21 m3 %63.01	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 52958.21 m3 %60.44	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 52910.97 m3 %60.39	Gelir Getiren Su 52958.21 m3 %60.44
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 47.24 m3 %0.05	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 2245 m3 %2.56	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 1295 m3 %1.48	Gelir Getirmeyen Su 34655.79 m3 %39.56
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 950 m3 %1.08	
	Su Kayıpları 32410.79 m3 %36.99	İdari Kayıplar 1626.18 m3 %1.86	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 1626.18 m3 %1.86	
		Fiziki Kayıplar 30784.61 m3 %35.14	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 28156.19 m3 %32.14	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 2628.42 m3 %3	

Tablo 16. 1. Bölge Eylül 2024 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 76521 m3 %100	Yasal Tüketim 43009 m3 %56.21	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 42001 m3 %54.89	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 41941 m3 %54.81	Gelir Getiren Su 42001 m3 %54.89
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 60 m3 %0.08	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 1008 m3 %1.32	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 58 m3 %0.08	Gelir Getirmeyen Su 34520 m3 %45.11
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 950 m3 %1.24	
	Su Kayıpları 33512 m3 %43.79	İdari Kayıplar 1259.97 m3 %1.65	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 1259.97 m3 %1.65	
		Fiziki Kayıplar 32252.03 m3 %42.15	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 29956.4 m3 %39.15	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 2295.63 m3 %3	

Tablo 17. 1. Bölge Ekim 2024 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 71262 m3 %100	Yasal Tüketim 44830 m3 %62.91	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 43523 m3 %61.07	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 43423 m3 %60.93	Gelir Getiren Su 43523 m3 %61.07
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 100 m3 %0.14	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 1307 m3 %1.83	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 357 m3 %0.5	Gelir Getirmeyen Su 27739 m3 %38.93
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 950 m3 %1.33	
	Su Kayıpları 26432 m3 %37.09	İdari Kayıplar 1313.4 m3 %1.84	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 1313.4 m3 %1.84	
		Fiziki Kayıplar 25118.6 m3 %35.25	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 22980.74 m3 %32.25	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 2137.86 m3 %3	

Tablo 18. 1. Bölge Kasım 2024 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 72652 m3 %100	Yasal Tüketim 40827 m3 %56.2	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 39621 m3 %54.54	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 39521 m3 %54.4	Gelir Getiren Su 39621 m3 %54.54
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 100 m3 %0.14	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 1206 m3 %1.66	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 256 m3 %0.35	Gelir Getirmeyen Su 33031 m3 %45.46
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 950 m3 %1.31	
	Su Kayıpları 31825 m3 %43.8	İdari Kayıplar 1193.31 m3 %1.64	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 1193.31 m3 %1.64	
		Fiziki Kayıplar 30631.69 m3 %42.16	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 28452.13 m3 %39.16	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 2179.56 m3 %3	

Tablo 19. 1. Bölge Aralık 2024 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 73262 m3 %100	Yasal Tüketim 45457 m3 %62.05	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 44189 m3 %60.32	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 44052 m3 %60.13	Gelir Getiren Su 44189 m3 %60.32
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 137 m3 %0.19	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 1268 m3 %1.73	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 318 m3 %0.43	Gelir Getirmeyen Su 29073 m3 %39.68
	Su Kayıpları 27805 m3 %37.95		Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 950 m3 %1.3	
		İdari Kayıplar 1331.1 m3 %1.82	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 1331.1 m3 %1.82	
		Fiziki Kayıplar 26473.9 m3 %36.14	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 24276.04 m3 %33.14	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 2197.86 m3 %3	

Tablo 20. 1. Bölge Ocak 2025 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 72854 m3 %100	Yasal Tüketim 40448 m3 %55.52	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 39292 m3 %53.93	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 39012 m3 %53.55	Gelir Getiren Su 39292 m3 %53.93
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 280 m3 %0.38	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 1156 m3 %1.59	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 206 m3 %0.28	Gelir Getirmeyen Su 33562 m3 %46.07
	Su Kayıpları 32406 m3 %44.48		Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 950 m3 %1.3	
		İdari Kayıplar 1176.54 m3 %1.61	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 1176.54 m3 %1.61	
		Fiziki Kayıplar 31229.46 m3 %42.87	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 29043.84 m3 %39.87	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 2185.62 m3 %3	

Tablo 21. 1. Bölge Şubat 2025 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 75198 m3 %100	Yasal Tüketim 55249 m3 %73.47	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 47861 m3 %63.65	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 47682 m3 %63.41	Gelir Getiren Su 47861 m3 %63.65
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 179 m3 %0.24	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 7388 m3 %9.82	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 6438 m3 %8.56	Gelir Getirmeyen Su 27337 m3 %36.35
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 950 m3 %1.26	
	Su Kayıpları 19949 m3 %26.53	İdari Kayıplar 1623.6 m3 %2.16	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 1623.6 m3 %2.16	
		Fiziki Kayıplar 18325.4 m3 %24.37	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 16069.46 m3 %21.37	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 2255.94 m3 %3	

Tablo 22. 1. Bölge Mart 2025 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 77251 m3 %100	Yasal Tüketim 48087 m3 %62.25	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 44602 m3 %57.74	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 44439 m3 %57.53	Gelir Getiren Su 44602 m3 %57.74
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 163 m3 %0.21	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 3485 m3 %4.51	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 2535 m3 %3.28	Gelir Getirmeyen Su 32649 m3 %42.26
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 950 m3 %1.23	
	Su Kayıpları 29164 m3 %37.75	İdari Kayıplar 1409.22 m3 %1.82	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 1409.22 m3 %1.82	
		Fiziki Kayıplar 27754.78 m3 %35.93	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 25437.25 m3 %32.93	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 2317.53 m3 %3	

Tablo 23. 1. Bölge Nisan 2025 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 80564 m3 %100	Yasal Tüketim 50784 m3 %63.04	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 49059 m3 %60.89	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 48989 m3 %60.81	Gelir Getiren Su 49059 m3 %60.89
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 70 m3 %0.09	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 1725 m3 %2.14	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 775 m3 %0.96	Gelir Getirmeyen Su 31505 m3 %39.11
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 950 m3 %1.18	
	Su Kayıpları 29780 m3 %36.96	İdari Kayıplar 1492.92 m3 %1.85	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 1492.92 m3 %1.85	
		Fiziki Kayıplar 28287.08 m3 %35.11	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 25870.16 m3 %32.11	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 2416.92 m3 %3	

Tablo 24. 1. Bölge Mayıs 2025 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 83987 m3 %100	Yasal Tüketim 52461 m3 %62.46	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 51330 m3 %61.12	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 51167 m3 %60.92	Gelir Getiren Su 51330 m3 %61.12
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 163 m3 %0.19	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 1131 m3 %1.35	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 181 m3 %0.22	Gelir Getirmeyen Su 32657 m3 %38.88
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 950 m3 %1.13	
	Su Kayıpları 31526 m3 %37.54	İdari Kayıplar 1540.44 m3 %1.83	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 1540.44 m3 %1.83	
		Fiziki Kayıplar 29985.56 m3 %35.7	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 27465.95 m3 %32.7	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 2519.61 m3 %3	

Elde edilen bulgular, bölgedeki su kayıplarının karakteristiği hakkında şu kritik sonuçları ortaya koymaktadır:

- **Fiziki Kayıpların Dominanlığı:** Şebekedeki toplam su kayıplarının çok büyük bir kısmını **fiziki kayıplar (sızıntılar)** oluşturmaktadır. Örneğin, Haziran 2024'te toplam su kaybı **%45,91** iken, bunun **%44,32'si** doğrudan fiziki sızıntılardan kaynaklanmıştır. Şubat

2025'te fiziksel kayıp oranı **%24,37** seviyesine kadar gerilemiş olsada, genel ortalamanın yüksek seyrettiği görülmektedir.

- **Mevsimsel Dalgalanmalar:** Fiziki kayıp oranlarının Haziran 2024'te **%44,32** ile zirve yaptığı, Şubat 2025'te ise en düşük seviyeye indiği tespit edilmiştir. Bu durum, şebeke üzerindeki basınç rejiminin ve mevsimsel tüketim farklarının kayıplar üzerindeki etkisini doğrulamaktadır.
- **İdari Kayıp Kararlılığı:** İdari kayıplar %1,59 ile %2,16 arasında dar bir bantta seyretmektedir. Bu, idari süreçlerin (sayaç okuma vb.) fiziksel sızıntılara kıyasla daha kontrollü olduğunu, su idaresinin abone ve sayaç yönetimi konusundaki başarısını, ancak toplam **Gelir Getirmeyen Su (GGS)** oranını düşürmek için fiziksel müdahalelerin (basınç yönetimi, boru yenileme) öncelikli olduğunu göstermektedir.

4.1.2. Yeni mahallesi (2.Bölge) su dengesi formları

Çalışma alanımızdan 2.Bölge olarak seçilen Mudanya İlçesi Yeni Mahallesi su dengesi formları BUSKİ Genel Müdürlüğü'nden temin edilerek süzülen veriler doğrultusunda hazırlanmış olup aşağıda yer almaktadır.

Tablo 25. 2. Bölge Şubat 2024 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 20659 m3 %100	Yasal Tüketim 17551 m3 %84.96	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 16678 m3 %80.73	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 16678 m3 %80.73	Gelir Getiren Su 16678 m3 %80.73
		Faturalandırılmış Yasal Tüketim 16678 m3 %80.73	Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 0 m3 %0	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 873 m3 %4.23	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 223 m3 %1.08	Gelir Getirmeyen Su 3981 m3 %19.27
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 650 m3 %3.15	
	Su Kayıpları 3108 m3 %15.04	İdari Kayıplar 152.11 m3 %0.74	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 152.11 m3 %0.74	
		Fiziki Kayıplar 2955.89 m3 %14.31	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 2336.12 m3 %11.31	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 619.77 m3 %3	

Tablo 26. 2. Bölge Mart 2024 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 22810 m3 %100	Yasal Tüketim 21418 m3 %93.9	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 18387 m3 %80.61	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 18387 m3 %80.61	Gelir Getiren Su 18387 m3 %80.61
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 0 m3 %0	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 3031 m3 %13.29	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 2381 m3 %10.44	Gelir Getirmeyen Su 4423 m3 %19.39
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 650 m3 %2.85	
	Su Kayıpları 1392 m3 %6.1	İdari Kayıplar 186.91 m3 %0.82	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 186.91 m3 %0.82	
		Fiziki Kayıplar 1205.09 m3 %5.28	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 520.79 m3 %2.28	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 684.3 m3 %3	

Tablo 27. 2. Bölge Nisan 2024 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 20620 m3 %100	Yasal Tüketim 18499 m3 %89.71	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 17611 m3 %85.41	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 17611 m3 %85.41	Gelir Getiren Su 17611 m3 %85.41
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 0 m3 %0	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 888 m3 %4.31	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 238 m3 %1.15	Gelir Getirmeyen Su 3009 m3 %14.59
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 650 m3 %3.15	
	Su Kayıpları 2121 m3 %10.29	İdari Kayıplar 160.64 m3 %0.78	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 160.64 m3 %0.78	
		Fiziki Kayıplar 1960.36 m3 %9.51	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 1341.76 m3 %6.51	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 618.6 m3 %3	

Tablo 28. 2. Bölge Mayıs 2024 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 20126 m3 %100	Yasal Tüketim 18071 m3 %89.79	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 17216 m3 %85.54	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 17216 m3 %85.54	Gelir Getiren Su 17216 m3 %85.54
		Faturalandırılmış Yasal Tüketim 17216 m3 %85.54	Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 0 m3 %0	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 855 m3 %4.25	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 205 m3 %1.02	
	Su Kayıpları 2055 m3 %10.21	İdari Kayıplar 156.79 m3 %0.78	Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 650 m3 %3.23	Gelir Getirmeyen Su 2910 m3 %14.46
			Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
		Fiziki Kayıplar 1898.21 m3 %9.43	Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 156.79 m3 %0.78	
			İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 1294.43 m3 %6.43	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 603.78 m3 %3	

Tablo 29. 2. Bölge Haziran 2024 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 24265 m3 %100	Yasal Tüketim 20960 m3 %86.38	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 19874 m3 %81.9	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 19874 m3 %81.9	Gelir Getiren Su 19874 m3 %81.9
		Faturalandırılmış Yasal Tüketim 19874 m3 %81.9	Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 0 m3 %0	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 1086 m3 %4.48	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 436 m3 %1.8	
	Su Kayıpları 3305 m3 %13.62	İdari Kayıplar 182.79 m3 %0.75	Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 650 m3 %2.68	Gelir Getirmeyen Su 4391 m3 %18.1
			Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
		Fiziki Kayıplar 3122.21 m3 %12.87	Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 182.79 m3 %0.75	
			İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 2394.26 m3 %9.87	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 727.95 m3 %3	

Tablo 30. 2. Bölge Temmuz 2024 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 24872 m3 %100	Yasal Tüketim 23720 m3 %95.37	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 22675 m3 %91.17	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 22675 m3 %91.17	Gelir Getiren Su 22675 m3 %91.17
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 0 m3 %0	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 1045 m3 %4.2	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 395 m3 %1.59	Gelir Getirmeyen Su 2197 m3 %8.83
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 650 m3 %2.61	
	Su Kayıpları 1152 m3 %4.63	İdari Kayıplar 207.63 m3 %0.83	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 207.63 m3 %0.83	
		Fiziki Kayıplar 944.37 m3 %3.8	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 198.21 m3 %0.8	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 746.16 m3 %3	

Tablo 31. 2. Bölge Ağustos 2024 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 24302 m3 %100	Yasal Tüketim 20030 m3 %82.42	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 18920 m3 %77.85	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 18920 m3 %77.85	Gelir Getiren Su 18920 m3 %77.85
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 0 m3 %0	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 1110 m3 %4.57	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 460 m3 %1.89	Gelir Getirmeyen Su 5382 m3 %22.15
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 650 m3 %2.67	
	Su Kayıpları 4272 m3 %17.58	İdari Kayıplar 174.42 m3 %0.72	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 174.42 m3 %0.72	
		Fiziki Kayıplar 4097.58 m3 %16.86	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 3368.52 m3 %13.86	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 729.06 m3 %3	

Tablo 32. 2. Bölge Eylül 2024 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 45611 m3 %100	Yasal Tüketim 34549.52 m3 %75.75	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 33481 m3 %73.41	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 33481 m3 %73.41	Gelir Getiren Su 33481 m3 %73.41
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 0 m3 %0	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 1068.52 m3 %2.34	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 923.52 m3 %2.02	Gelir Getirmeyen Su 12130 m3 %26.59
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 145 m3 %0.32	
	Su Kayıpları 11061.48 m3 %24.25	İdari Kayıplar 309.64 m3 %0.68	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 309.64 m3 %0.68	
		Fiziki Kayıplar 10751.84 m3 %23.57	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 9383.51 m3 %20.57	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 1368.33 m3 %3	

Tablo 33. 2. Bölge Ekim 2024 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 45621 m3 %100	Yasal Tüketim 33814 m3 %74.12	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 33353 m3 %73.11	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 33353 m3 %73.11	Gelir Getiren Su 33353 m3 %73.11
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 0 m3 %0	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 461 m3 %1.01	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 400 m3 %0.88	Gelir Getirmeyen Su 12268 m3 %26.89
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 61 m3 %0.13	
	Su Kayıpları 11807 m3 %25.88	İdari Kayıplar 303.78 m3 %0.67	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 303.78 m3 %0.67	
		Fiziki Kayıplar 11503.22 m3 %25.21	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 10134.59 m3 %22.21	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 1368.63 m3 %3	

Tablo 34. 2. Bölge Kasım 2024 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 45621 m3 %100	Yasal Tüketim 31391.28 m3 %68.81	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 29772.4 m3 %65.26	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 29772.4 m3 %65.26	Gelir Getiren Su 29772.4 m3 %65.26
		Faturalandırılmış Yasal Tüketim 29772.4 m3 %65.26	Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 0 m3 %0	
	Su Kayıpları 14229.72 m3 %31.19	Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 1618.88 m3 %3.55	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 603.74 m3 %1.32	Gelir Getirmeyen Su 15848.6 m3 %34.74
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 1015.14 m3 %2.23	
		İdari Kayıplar 273.39 m3 %0.6	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 273.39 m3 %0.6	
		Fiziki Kayıplar 13956.33 m3 %30.59	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 12587.7 m3 %27.59	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 1368.63 m3 %3	

Tablo 35. 2. Bölge Aralık 2024 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 46852 m3 %100	Yasal Tüketim 36521.64 m3 %77.95	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 35666.32 m3 %76.13	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 35666.32 m3 %76.13	Gelir Getiren Su 35666.32 m3 %76.13
		Faturalandırılmış Yasal Tüketim 35666.32 m3 %76.13	Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 0 m3 %0	
	Su Kayıpları 10330.36 m3 %22.05	Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 855.32 m3 %1.83	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 28 m3 %0.06	Gelir Getirmeyen Su 11185.68 m3 %23.87
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 827.32 m3 %1.77	
		İdari Kayıplar 321.25 m3 %0.69	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 321.25 m3 %0.69	
		Fiziki Kayıplar 10009.11 m3 %21.36	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 8603.55 m3 %18.36	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 1405.56 m3 %3	

Tablo 36. 2. Bölge Ocak 2025 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 45952 m3 %100	Yasal Tüketim 29411.5 m3 %64	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 29153.25 m3 %63.44	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 29153.25 m3 %63.44	Gelir Getiren Su 29153.25 m3 %63.44
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 0 m3 %0	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 258.25 m3 %0.56	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 49 m3 %0.11	
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 209.25 m3 %0.46	
	Su Kayıpları 16540.5 m3 %36	İdari Kayıplar 262.82 m3 %0.57	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	Gelir Getirmeyen Su 16798.75 m3 %36.56
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 262.82 m3 %0.57	
		Fiziki Kayıplar 16277.68 m3 %35.42	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 14899.12 m3 %32.42	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 1378.56 m3 %3	

Tablo 37. 2. Bölge Şubat 2025 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 47569 m3 %100	Yasal Tüketim 39287.16 m3 %82.59	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 35507.46 m3 %74.64	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 35507.46 m3 %74.64	Gelir Getiren Su 35507.46 m3 %74.64
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 0 m3 %0	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 3779.7 m3 %7.95	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 65.12 m3 %0.14	
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 3714.58 m3 %7.81	
	Su Kayıpları 8281.84 m3 %17.41	İdari Kayıplar 320.15 m3 %0.67	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	Gelir Getirmeyen Su 12061.54 m3 %25.36
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 320.15 m3 %0.67	
		Fiziki Kayıplar 7961.69 m3 %16.74	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 6534.62 m3 %13.74	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 1427.07 m3 %3	

Tablo 38. 2. Bölge Mart 2025 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 46925 m3 %100	Yasal Tüketim 33358.95 m3 %71.09	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 32945.48 m3 %70.21	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 32945.48 m3 %70.21	Gelir Getiren Su 32945.48 m3 %70.21
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 0 m3 %0	
	Su Kayıpları 13566.05 m3 %28.91	Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 413.47 m3 %0.88	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 84 m3 %0.18	Gelir Getirmeyen Su 13979.52 m3 %29.79
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 329.47 m3 %0.7	
		İdari Kayıplar 297.27 m3 %0.63	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 297.27 m3 %0.63	
		Fiziki Kayıplar 13268.78 m3 %28.28	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 11861.03 m3 %25.28	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 1407.75 m3 %3	

Tablo 39. 2. Bölge Nisan 2025 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 47320 m3 %100	Yasal Tüketim 37049.52 m3 %78.3	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 36174 m3 %76.45	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 36174 m3 %76.45	Gelir Getiren Su 36174 m3 %76.45
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 0 m3 %0	
	Su Kayıpları 10270.48 m3 %21.7	Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 875.52 m3 %1.85	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 72.26 m3 %0.15	Gelir Getirmeyen Su 11146 m3 %23.55
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 803.26 m3 %1.7	
		İdari Kayıplar 326.22 m3 %0.69	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 326.22 m3 %0.69	
		Fiziki Kayıplar 9944.26 m3 %21.01	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 8524.66 m3 %18.01	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 1419.6 m3 %3	

Tablo 40. 2. Bölge Mayıs 2025 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 49694 m3 %100	Yasal Tüketim 39854 m3 %80.2	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 39364 m3 %79.21	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 39364 m3 %79.21	Gelir Getiren Su 39364 m3 %79.21
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 490 m3 %0.99	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 53 m3 %0.11	
	Su Kayıpları 9840 m3 %19.8	İdari Kayıplar 354.75 m3 %0.71	Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 437 m3 %0.88	Gelir Getirmeyen Su 10330 m3 %20.79
			Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
		Fiziki Kayıplar 9485.25 m3 %19.09	Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 354.75 m3 %0.71	
			İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 7994.43 m3 %16.09	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 1490.82 m3 %3	

Elde edilen bulgular, bölgedeki su kayıplarının karakteristiği hakkında şu kritik sonuçları ortaya koymaktadır:

- **Genel Performans Seviyesi:** Bu bölge, dönem genelinde düşük seyreden su kaybı oranlarıyla dikkat çekmektedir. Özellikle Temmuz 2024'te fiziki kayıpların **%3,8'e**, Mart 2024'te ise **%5,28'e** kadar düşmesi, bölgenin Dünya Bankası matrisine göre "A" bandında (güçlü yönetim) yer aldığını kanıtlamaktadır.
- **Fiziki Kayıplardaki Operasyonel Değişim:** Bölgedeki fiziki kayıplar stabil değildir; Temmuz 2024'te **%3,8** iken Ocak 2025'te **%35,42'ye** fırlamıştır. Bu durum, şebekenin genel olarak iyi durumda olduğunu ancak dönem dönem büyük çaplı boru patlamaları veya basınç dalgalanmaları gibi müdahale gerektiren fiziksel arızaların meydana geldiğini göstermektedir.
- **İdari Kayıpların Başarılı Yönetimi:** İdari kayıplar incelenen 16 ay boyunca **%1'in** altında (ortalama %0,6 - %0,8 arası) kalmıştır. Bu veriler, bölgedeki sayaç okuma hatalarının, kaçak kullanımın ve idari belirsizliklerin minimum düzeyde olduğunu ve idari kayıp yönetiminin oldukça başarılı bir şekilde yürütüldüğünü ortaya koymaktadır.
- **Yeni Yerleşim Etkisi:** Tablodaki düşük kayıp eğilimi, metinde bahsedilen Yeni Mahalle gibi alanlardaki yeni altyapı, az abone sayısı ve parsel bazlı site sayaçlarının kullanımının su kaybını kontrol altında tutmadaki etkisini sayısal olarak yansıtmaktadır.

4.1.3. Yalı mahallesi (3.Bölge) su dengesi formları

Çalışma alanımızdan 3.Bölge olarak seçilen Mudanya İlçesi Yalı Mahallesi su dengesi formları BUSKİ Genel Müdürlüğü’nden temin edilerek süzülen veriler doğrultusunda hazırlanmış olup aşağıda yer almaktadır.

Tablo 41. 3. Bölge Şubat 2024 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 53860 m3 %100	Yasal Tüketim 31776.73 m3 %59	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 29869.73 m3 %55.46	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 29863.37 m3 %55.45	Gelir Getiren Su 29869.73 m3 %55.46
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 6.36 m3 %0.01	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 1907 m3 %3.54	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 1057 m3 %1.96	Gelir Getirmeyen Su 23990.27 m3 %44.54
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 850 m3 %1.58	
	Su Kayıpları 22083.27 m3 %41	İdari Kayıplar 927.61 m3 %1.72	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 927.61 m3 %1.72	
		Fiziki Kayıplar 21155.66 m3 %39.28	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 19539.86 m3 %36.28	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 1615.8 m3 %3	

Tablo 42. 3. Bölge Mart 2024 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 48655 m3 %100	Yasal Tüketim 29867.09 m3 %61.39	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 28016.05 m3 %57.58	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 28014.05 m3 %57.58	Gelir Getiren Su 28016.05 m3 %57.58
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 2 m3 %0	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 1851.04 m3 %3.8	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 1001.04 m3 %2.06	Gelir Getirmeyen Su 20638.95 m3 %42.42
	Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 850 m3 %1.75			
	Su Kayıpları 18787.91 m3 %38.61	İdari Kayıplar 870.45 m3 %1.79	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 870.45 m3 %1.79	
		Fiziki Kayıplar 17917.46 m3 %36.83	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 16457.81 m3 %33.83	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 1459.65 m3 %3	

Tablo 43. 3. Bölge Nisan 2024 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 54232 m3 %100	Yasal Tüketim 35074.3 m3 %64.67	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 32468 m3 %59.87	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 32462 m3 %59.86	Gelir Getiren Su 32468 m3 %59.87
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 6 m3 %0.01	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 2606.3 m3 %4.81	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 1756.3 m3 %3.24	
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 850 m3 %1.57	
	Su Kayıpları 19157.7 m3 %35.33	İdari Kayıplar 1026.55 m3 %1.89	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	Gelir Getirmeyen Su 21764 m3 %40.13
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 1026.55 m3 %1.89	
		Fiziki Kayıplar 18131.15 m3 %33.43	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 16504.19 m3 %30.43	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 1626.96 m3 %3	

Tablo 44. 3. Bölge Mayıs 2024 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 53919 m3 %100	Yasal Tüketim 36898.62 m3 %68.43	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 34901.62 m3 %64.73	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 34897.62 m3 %64.72	Gelir Getiren Su 34901.62 m3 %64.73
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 4 m3 %0.01	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 1997 m3 %3.7	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 1147 m3 %2.13	
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 850 m3 %1.58	
	Su Kayıpları 17020.38 m3 %31.57	İdari Kayıplar 1081.34 m3 %2.01	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	Gelir Getirmeyen Su 19017.38 m3 %35.27
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 1081.34 m3 %2.01	
		Fiziki Kayıplar 15939.04 m3 %29.56	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 14321.47 m3 %26.56	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 1617.57 m3 %3	

Tablo 45. 3. Bölge Haziran 2024 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 72503 m3 %100	Yasal Tüketim 49825.14 m3 %68.72	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 47130 m3 %65	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 47119 m3 %64.99	Gelir Getiren Su 47130 m3 %65
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 11 m3 %0.02	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 2695.14 m3 %3.72	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 1845.14 m3 %2.54	
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 850 m3 %1.17	
	Su Kayıpları 22677.86 m3 %31.28	İdari Kayıplar 1468.92 m3 %2.03	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	Gelir Getirmeyen Su 25373 m3 %35
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 1468.92 m3 %2.03	
		Fiziki Kayıplar 21208.94 m3 %29.25	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 19033.85 m3 %26.25	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 2175.09 m3 %3	

Tablo 46. 3. Bölge Temmuz 2024 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 87142 m3 %100	Yasal Tüketim 63655.08 m3 %73.05	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 60270.08 m3 %69.16	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 60236.08 m3 %69.12	Gelir Getiren Su 60270.08 m3 %69.16
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 34 m3 %0.04	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 3385 m3 %3.88	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 2535 m3 %2.91	
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 850 m3 %0.98	
	Su Kayıpları 23486.92 m3 %26.95	İdari Kayıplar 1883.13 m3 %2.16	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	Gelir Getirmeyen Su 26871.92 m3 %30.84
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 1883.13 m3 %2.16	
		Fiziki Kayıplar 21603.79 m3 %24.79	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 18989.53 m3 %21.79	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 2614.26 m3 %3	

Tablo 47. 3. Bölge Ağustos 2024 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 88510 m3 %100	Yasal Tüketim 66304.15 m3 %74.91	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 63567.15 m3 %71.82	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 63552.15 m3 %71.8	Gelir Getiren Su 63567.15 m3 %71.82
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 15 m3 %0.02	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 2737 m3 %3.09	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 1887 m3 %2.13	Gelir Getirmeyen Su 24942.85 m3 %28.18
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 850 m3 %0.96	
	Su Kayıpları 22205.85 m3 %25.09	İdari Kayıplar 1963.17 m3 %2.22	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 1963.17 m3 %2.22	
		Fiziki Kayıplar 20242.68 m3 %22.87	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 17587.38 m3 %19.87	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 2655.3 m3 %3	

Tablo 48. 3. Bölge Eylül 2024 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 88510 m3 %100	Yasal Tüketim 47063.5 m3 %53.17	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 46623.01 m3 %52.68	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 46596 m3 %52.64	Gelir Getiren Su 46623.01 m3 %52.68
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 27.01 m3 %0.03	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 440.49 m3 %0.5	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 186.49 m3 %0.21	Gelir Getirmeyen Su 41886.99 m3 %47.32
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 254 m3 %0.29	
	Su Kayıpları 41446.5 m3 %46.83	İdari Kayıplar 1403.47 m3 %1.59	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 1403.47 m3 %1.59	
		Fiziki Kayıplar 40043.03 m3 %45.24	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 37387.73 m3 %42.24	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 2655.3 m3 %3	

Tablo 49. 3. Bölge Ekim 2024 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 88510 m3 %100	Yasal Tüketim 42171.73 m3 %47.65	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 41906.7 m3 %47.35	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 41897.7 m3 %47.34	Gelir Getiren Su 41906.7 m3 %47.35
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 9 m3 %0.01	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 265.03 m3 %0.3	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 84.66 m3 %0.1	Gelir Getirmeyen Su 46603.3 m3 %52.65
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 180.37 m3 %0.2	
	Su Kayıpları 46338.27 m3 %52.35	İdari Kayıplar 1259.47 m3 %1.42	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 1259.47 m3 %1.42	
		Fiziki Kayıplar 45078.8 m3 %50.93	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 42423.5 m3 %47.93	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 2655.3 m3 %3	

Tablo 50. 3. Bölge Kasım 2024 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 88510 m3 %100	Yasal Tüketim 35578.86 m3 %40.2	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 35139 m3 %39.7	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 35130 m3 %39.69	Gelir Getiren Su 35139 m3 %39.7
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 9 m3 %0.01	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 439.86 m3 %0.5	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 23.43 m3 %0.03	Gelir Getirmeyen Su 53371 m3 %60.3
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 416.43 m3 %0.47	
	Su Kayıpları 52931.14 m3 %59.8	İdari Kayıplar 1054.6 m3 %1.19	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 1054.6 m3 %1.19	
		Fiziki Kayıplar 51876.54 m3 %58.61	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 49221.24 m3 %55.61	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 2655.3 m3 %3	

Tablo 51. 3. Bölge Aralık 2024 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 88510 m3 %100	Yasal Tüketim 40641.14 m3 %45.92	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 40302 m3 %45.53	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 40293 m3 %45.52	Gelir Getiren Su 40302 m3 %45.53
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 9 m3 %0.01	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 339.14 m3 %0.38	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 21.07 m3 %0.02	Gelir Getirmeyen Su 48208 m3 %54.47
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 318.07 m3 %0.36	
	Su Kayıpları 47868.86 m3 %54.08	İdari Kayıplar 1209.42 m3 %1.37	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 1209.42 m3 %1.37	
		Fiziki Kayıplar 46659.44 m3 %52.72	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 44004.14 m3 %49.72	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 2655.3 m3 %3	

Tablo 52. 3. Bölge Ocak 2025 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 88510 m3 %100	Yasal Tüketim 33162.51 m3 %37.47	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 32797.2 m3 %37.05	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 32797.2 m3 %37.05	Gelir Getiren Su 32797.2 m3 %37.05
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 0 m3 %0	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 365.31 m3 %0.41	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 78.05 m3 %0.09	Gelir Getirmeyen Su 55712.8 m3 %62.95
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 287.26 m3 %0.32	
	Su Kayıpları 55347.49 m3 %62.53	İdari Kayıplar 986.26 m3 %1.11	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 986.26 m3 %1.11	
		Fiziki Kayıplar 54361.23 m3 %61.42	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 51705.93 m3 %58.42	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 2655.3 m3 %3	

Tablo 53. 3. Bölge Şubat 2025 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 88510 m3 %100	Yasal Tüketim 37018.56 m3 %41.82	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 36692.3 m3 %41.46	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 36692.3 m3 %41.46	Gelir Getiren Su 36692.3 m3 %41.46
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 0 m3 %0	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 326.26 m3 %0.37	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 34 m3 %0.04	Gelir Getirmeyen Su 51817.7 m3 %58.54
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 292.26 m3 %0.33	
	Su Kayıpları 51491.44 m3 %58.18	İdari Kayıplar 1101.79 m3 %1.24	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 1101.79 m3 %1.24	
		Fiziki Kayıplar 50389.65 m3 %56.93	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 47734.35 m3 %53.93	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 2655.3 m3 %3	

Tablo 54. 3. Bölge Mart 2025 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 88510 m3 %100	Yasal Tüketim 51068.26 m3 %57.7	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 50742.3 m3 %57.33	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 50742.3 m3 %57.33	Gelir Getiren Su 50742.3 m3 %57.33
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 0 m3 %0	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 325.96 m3 %0.37	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 31.32 m3 %0.04	Gelir Getirmeyen Su 37767.7 m3 %42.67
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 294.64 m3 %0.33	
	Su Kayıpları 37441.74 m3 %42.3	İdari Kayıplar 1523.21 m3 %1.72	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 1523.21 m3 %1.72	
		Fiziki Kayıplar 35918.53 m3 %40.58	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 33263.23 m3 %37.58	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 2655.3 m3 %3	

Tablo 55. 3. Bölge Nisan 2025 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 88510 m3 %100	Yasal Tüketim 47043.54 m3 %53.15	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 46417 m3 %52.44	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 46417 m3 %52.44	Gelir Getiren Su 46417 m3 %52.44
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 0 m3 %0	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 626.54 m3 %0.71	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 37.27 m3 %0.04	Gelir Getirmeyen Su 42093 m3 %47.56
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 589.27 m3 %0.67	
	Su Kayıpları 41466.46 m3 %46.85	İdari Kayıplar 1393.63 m3 %1.57	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 1393.63 m3 %1.57	
		Fiziki Kayıplar 40072.83 m3 %45.27	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 37417.53 m3 %42.27	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 2655.3 m3 %3	

Tablo 56. 3. Bölge Mayıs 2025 su dengesi formu

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 88510 m3 %100	Yasal Tüketim 55566.19 m3 %62.78	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 55343.6 m3 %62.53	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 55343.6 m3 %62.53	Gelir Getiren Su 55343.6 m3 %62.53
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 0 m3 %0	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 222.59 m3 %0.25	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 37 m3 %0.04	Gelir Getirmeyen Su 33166.4 m3 %37.47
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 185.59 m3 %0.21	
	Su Kayıpları 32943.81 m3 %37.22	İdari Kayıplar 1661.42 m3 %1.88	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 1661.42 m3 %1.88	
		Fiziki Kayıplar 31282.39 m3 %35.34	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 28627.09 m3 %32.34	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 2655.3 m3 %3	

Elde edilen bulgular, bölgedeki su kayıplarının karakteristiği hakkında şu kritik sonuçları ortaya koymaktadır:

- **Kritik Su Kaybı Seviyeleri:** Bu bölgedeki toplam su kayıpları ve "Gelir Getirmeyen Su" (GGS) oranları oldukça yüksek bir seviyededir. Özellikle Ocak 2025'te toplam su kaybı %62,53'e, GGS oranı ise %62,95'e ulaşmıştır. Bu veriler, Dünya Bankası matrisine

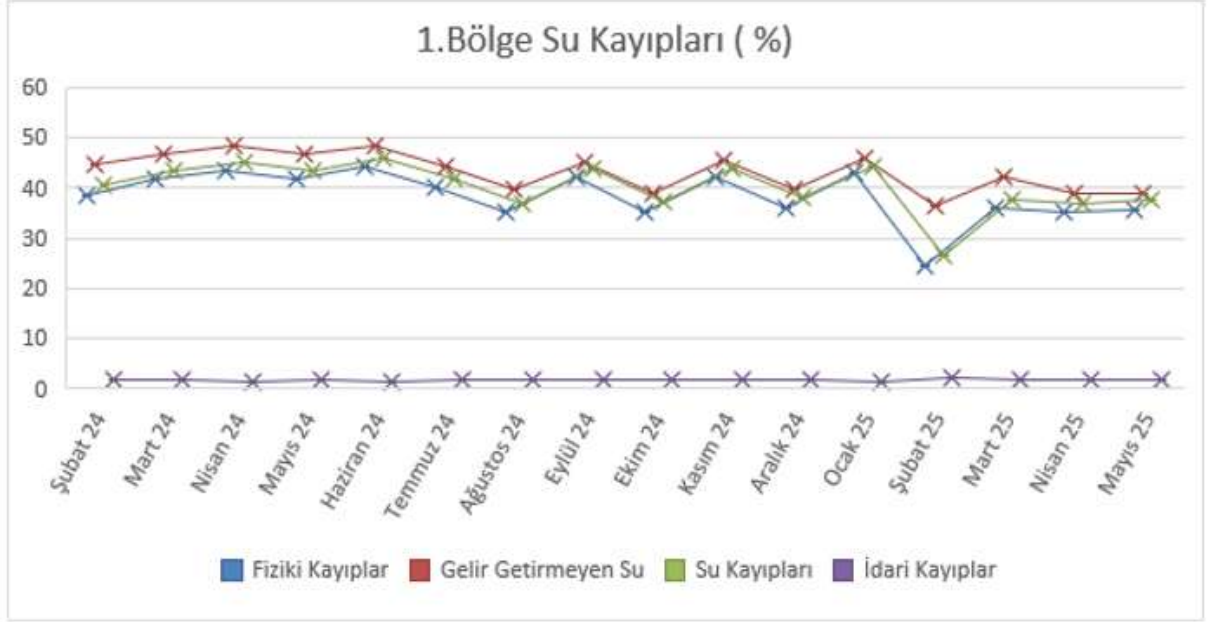
göre bölgenin en zayıf su kaybı yönetimi sınıfı olan **"D" bandına** çok yakın olduğunu veya **"C" bandının** en alt sınırlarında yer aldığını göstermektedir.

- **Fiziki Kayıpların Baskınlığı:** Toplam kaybın neredeyse tamamı fiziki kayıplardan oluşmaktadır. Örneğin, Kasım 2024'te toplam su kaybı **%59,8** iken, fiziki sızıntıların oranı **%58,61** olarak kaydedilmiştir. Bu durum, şebeke altyapısının ciddi şekilde yıpranmış olduğunu veya bölgede çok yüksek bir işletme basıncı bulunduğunu kanıtlamaktadır.
- **İdari Kayıplardaki Ters Korelasyon:** Dikkat çekici bir bulgu olarak, fiziki kayıpların zirve yaptığı dönemlerde (Kasım 2024 - Şubat 2025 arası), idari kayıpların **%1,11** gibi en düşük seviyelerine gerilediği görülmektedir. Bu, sistemdeki toplam kaybın o kadar büyük bir kısmının sızıntı kaynaklı olduğunu göstermektedir ki, idari hatalar (sayaç hataları vb.) istatistiksel olarak çok küçük bir paya dönüşmüştür.
- **Dönemsel Dalgalanmalar ve Artış Trendi:** Eylül 2024 itibarıyla kayıp oranlarında çok keskin bir artış (%22,87'den %45,24'e geçiş) gözlemlenmiş ve bu yüksek seyir Mayıs 2025'e kadar devam etmiştir. Bu sürekli yüksek trend, bölgede noktasal bir arızadan ziyade, şebeke genelinde sistemik bir basınç yönetimi problemi veya yaygın bir sızıntı durumu olduğuna işaret eder.

4.2. İzole Ölçüm Bölgelerinde Su Dengesi Analizi

4.2.1. Güzelyalı Siteler Mahallesi (1.Bölge) su dengesi analizi

Bursa İli Mudanya İlçesi Güzelyalı Siteler Mahallesi'nin su kayıp oranları Şekil 13.'te gösterilmiştir.

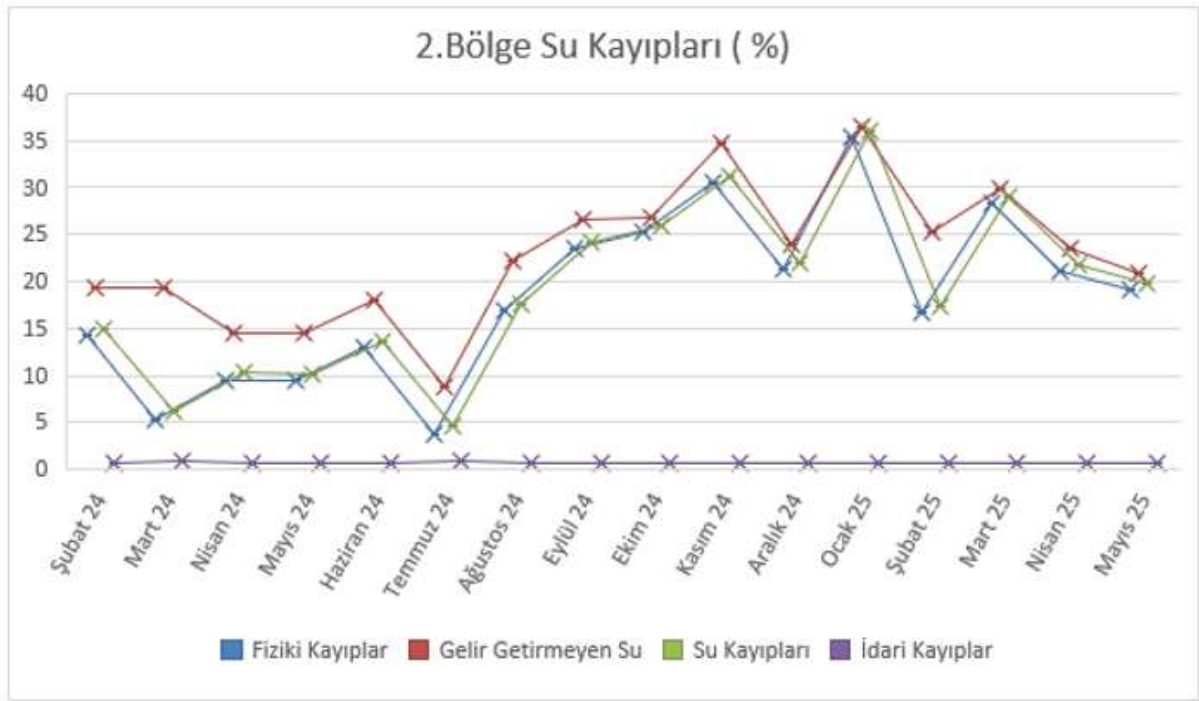


Şekil 13. 1. Bölge Su kayıpları grafiği

Şekil 13'teki grafiğe göre idari kayıpların stabil olduğu ancak gelir getirmeyen su, fiziki kayıplar ve su kayıplarının özellikle 2024 yılının Haziran ayı ile 2025 yılının Mart ayı arasında artış ve azalışlarının fazla olduğu görülmektedir. 2025 yılının Şubat ve Mart ayları arasındaki su kayıplarının ani değişiminin araştırılması gerekmektedir.

4.2.2. Yeni mahallesi (2.Bölge) su dengesi analizi

Bursa İli Mudanya İlçesi Yeni Mahallesi'nin su kayıp oranları Şekil 14.'te gösterilmiştir.

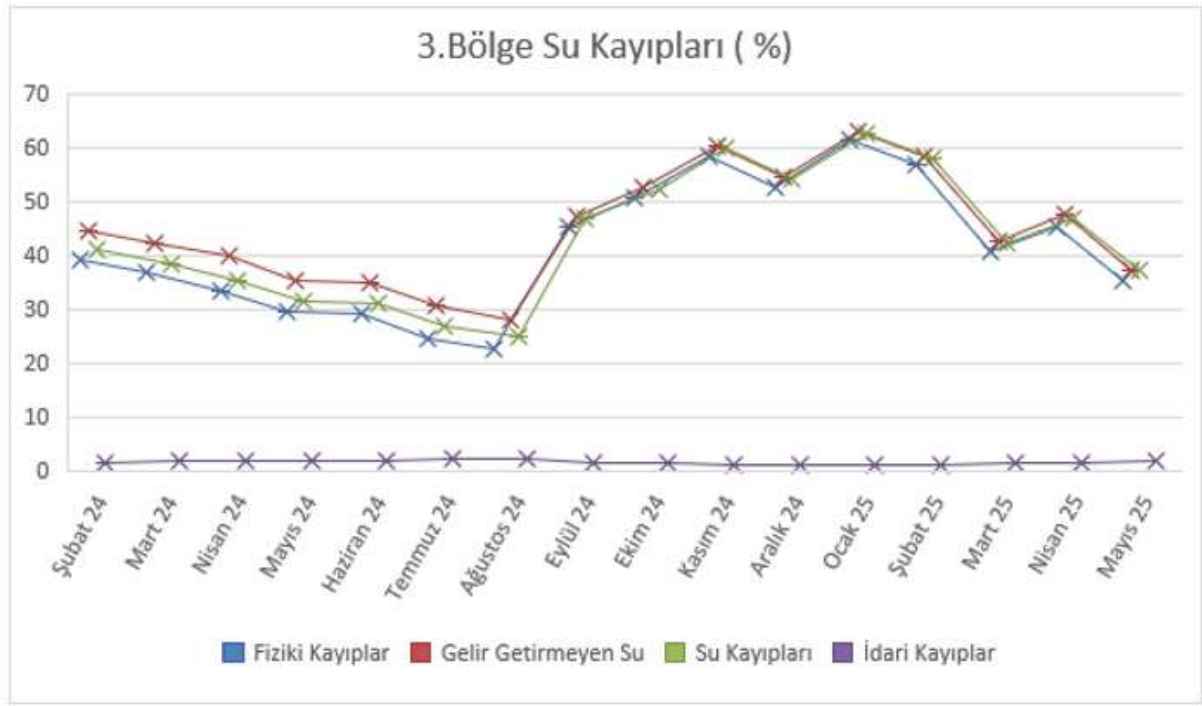


Şekil 14. 2. Bölge Su kayıpları grafiği

Şekil 14'teki grafik incelendiğinde idari kayıpların stabil olduğu görülmüştür. 2024 yılı mart ayında su kayıpları ve fiziki kayıplar azalmasına rağmen gelir getirmeyen su oranının stabil kalması dikkat çekmektedir. Bu durum faturalandırılmamış izinli tüketimin bu ay arttığını göstermektedir.

4.2.3. Yalı mahallesi (3.Bölge) su dengesi analizi

Bursa İli Mudanya İlçesi Yalı Mahallesi'nin su kayıp oranları Şekil 15'te gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde 2024 yılının Ağustos ayında kayıp oranlarının hızla arttığı 2025 yılının şubat ayı itibari ile tekrar düşüşe geçtiği gözlemlenmektedir. Bu zaman zarfındaki bilgi doğruluğu, ABYS sistemlerindeki faturalandırma işlemleri ve şebeke hattı arızaları incelenmelidir.



Şekil 15. 3. Bölge Su kayıpları grafiği

4.3. İzole Ölçüm Bölgelerinde Gece Debisi Analizi

Çalışmanın yürütüldüğü izole ölçüm bölgelerine ait gece debisi analiz verileri aşağıda yer almaktadır.

Tablo 57. 1. Bölge MNF verileri

Veri Girişi				
Bileşenler	Sembol	Değer	Birim	Açıklama
Olağandışı Tüketici (büyük otel, hastane vb.) sayısı		1	adet	
Ticari Abone Sayısı	Ntic	212	adet	
Konut Abone Sayısı	Nkonut	6908	adet	
Şebeke Anahat Uzunluğu (Lm)	Lm	19.76	km	
Toplam Servis Bağlantı Sayısı (Nc)	Nc	362	adet	
Özel Mülkteki Toplam Servis Bağlantı Uzunluğu	Lp	1.27	km	
Ortalama Sistem Basıncı (P)	P	60.9	m	
Altyapı Fiziksel Durumu (iyi, orta, kötü)		orta	---	
Bölgede sayaç konumu (binada, parsel sınırında)		50%		

Tablo 58. 2. Bölge MNF verileri

Veri Girişi				
Bileşenler	Sembol	Değer	Birim	Açıklama
Olağandışı Tüketici (büyük otel, hastane vb.) sayısı		0	adet	
Ticari Abone Sayısı	N _{tic}	125	adet	
Konut Abone Sayısı	N _{konut}	2245	adet	
Şebeke Anahat Uzunluğu (L _m)	L _m	7.27	km	
Toplam Servis Bağlantı Sayısı (N _c)	N _c	223	adet	
Özel Mülkteki Toplam Servis Bağlantı Uzunluğu	L _p	0.78	km	
Ortalama Sistem Basıncı (P)	P	53.6	m	
Altyapı Fiziksel Durumu (iyi, orta, kötü)		orta	---	
Bölgede sayaç konumu (binada, parsel sınırında)		50%		

Tablo 59. 3. Bölge MNF verileri

Veri Girişi				
Bileşenler	Sembol	Değer	Birim	Açıklama
Olağandışı Tüketici (büyük otel, hastane vb.) sayısı		5	adet	
Ticari Abone Sayısı	N _{tic}	336	adet	
Konut Abone Sayısı	N _{konut}	8392	adet	
Şebeke Anahat Uzunluğu (L _m)	L _m	19.69	km	
Toplam Servis Bağlantı Sayısı (N _c)	N _c	542	adet	
Özel Mülkteki Toplam Servis Bağlantı Uzunluğu	L _p	2.71	km	
Ortalama Sistem Basıncı (P)	P	71.7	m	
Altyapı Fiziksel Durumu (iyi, orta, kötü)		orta	---	
Bölgede sayaç konumu (binada, parsel sınırında)		50%		

Minimum gece debisi (MNF) analizinde önemli olan hususlardan biri, gece tüketimlerinin en doğru şekilde tespit edilebilmesidir. Bir dağıtım sisteminde su tüketimi gece saatlerinde (özellikle 02:00-04:00 arası) minimum seviyeye inmekte ve bu saatlerde sisteme fazla su girişi gözlenirse sızıntı veya kaçak kullanım ihtimali göz önüne alınmalıdır. Bu kapsamda öncelikle aşağıdaki denklem kullanılarak belirsiz sızıntılar hesaplanmaktadır.

$$Q_{sızıntı} = (C_1 \times L_m + C_2 \times N_c) \times (0.028 \times P - 0.347)$$

Daha sonra gece saatlerinde abone profiline bağlı olarak,

$$Q_{tüketim} = 500 + N_{konut} \times 1.7 + N_{tic} \times 1.7$$

denklemini kullanılarak gece yasal tüketimler hesaplanmaktadır (Lambert vd. 1999).

MNF analizinde kullanılan temel denklemlerdeki değişkenler şu anlamlara gelmektedir:

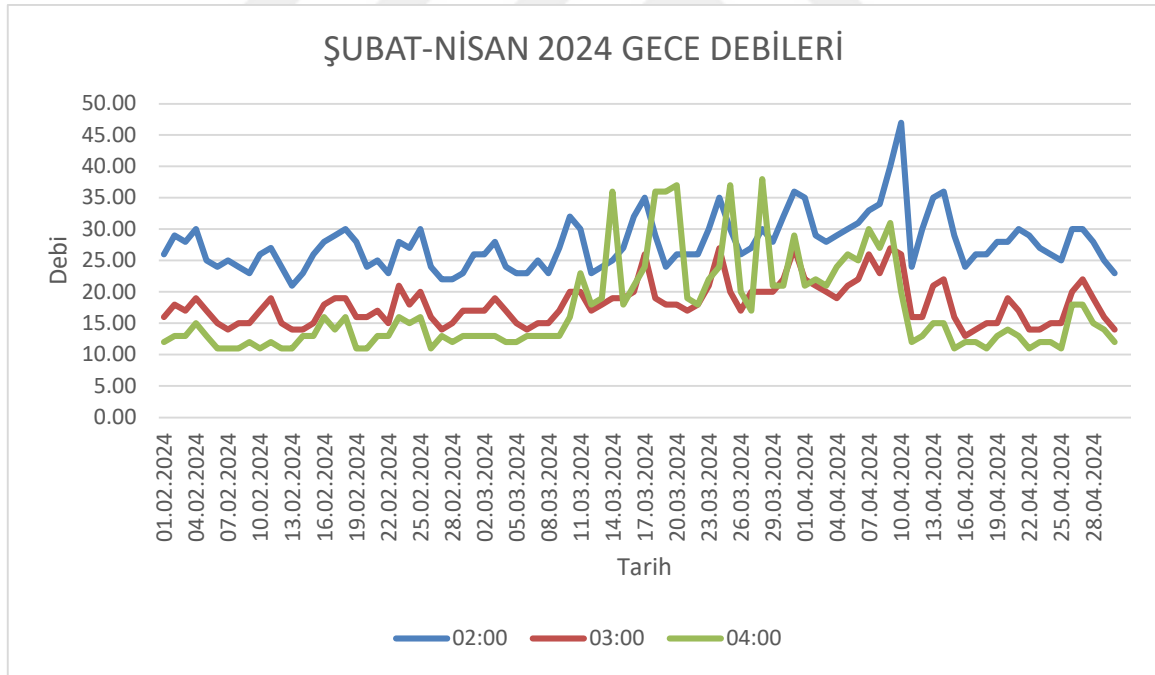
- L_m: Şebekenin toplam uzunluğunu (kilometre cinsinden) ifade eder.

- N_c : Servis bağlantılarının sayısını gösterir.
- P : Gece debisinin ölçüldüğü saatlerdeki ortalama basıncı (metre cinsinden) temsil eder.
- $C1$ ve $C2$: Sırasıyla boru hatlarından ve özel mülk bağlantılarından kaynaklanan sızıntıların katsayısıdır.
- N_{konut} ve N_{tic} Bölgedeki konut ve ticari abone sayılarını ifade eder.

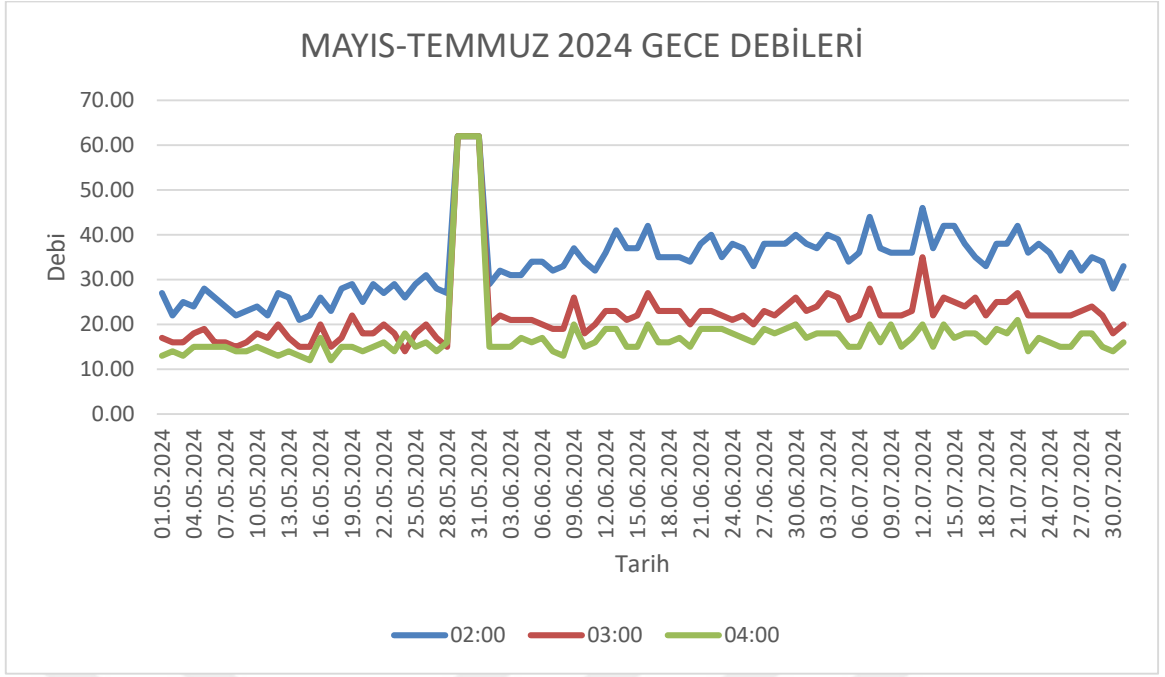
Bölgeye ait bu bileşenler BABE denklemi kullanılarak hesaplandıktan sonra, potansiyel önlenebilir sızıntı miktarına ulaşılır. Bu miktar, Minimum Gece Debisi (MNF) anındaki toplam giriş debisinden, daha önce hesaplanmış olan gece yasal tüketimlerin ve belirsiz sızıntıların çıkarılmasıyla bulunur.

4.3.1. Güzelyalı Siteler Mahallesi (1.Bölge) Gece Debisi

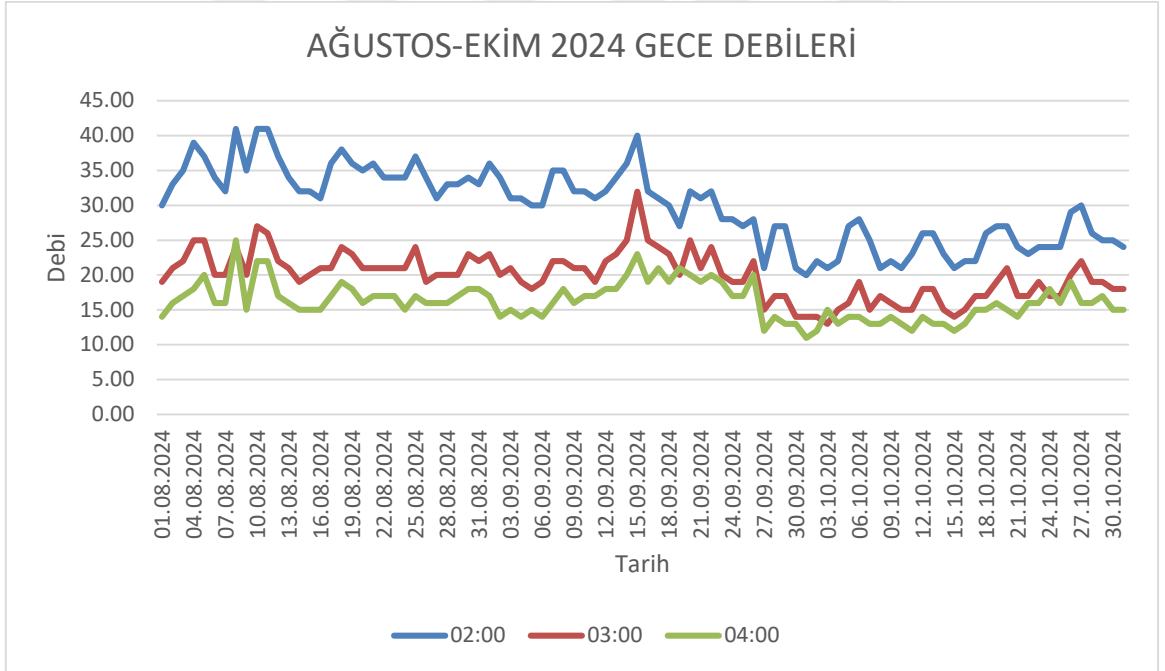
Bursa İli Mudanya İlçesi Güzelyalı Siteler Mahallesi'nin gece debisi grafikleri aşağıda verilmiştir.



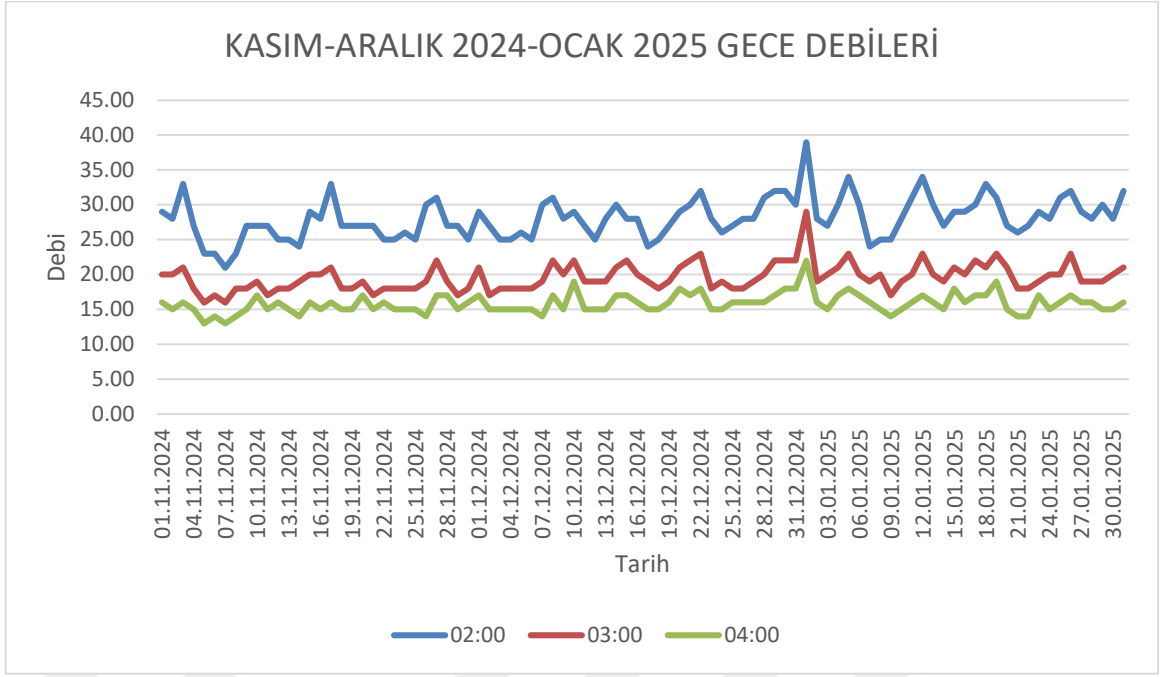
Şekil 16. 1. Bölge 2024 yılı Şubat- Nisan ayları arası gece debisi grafiği



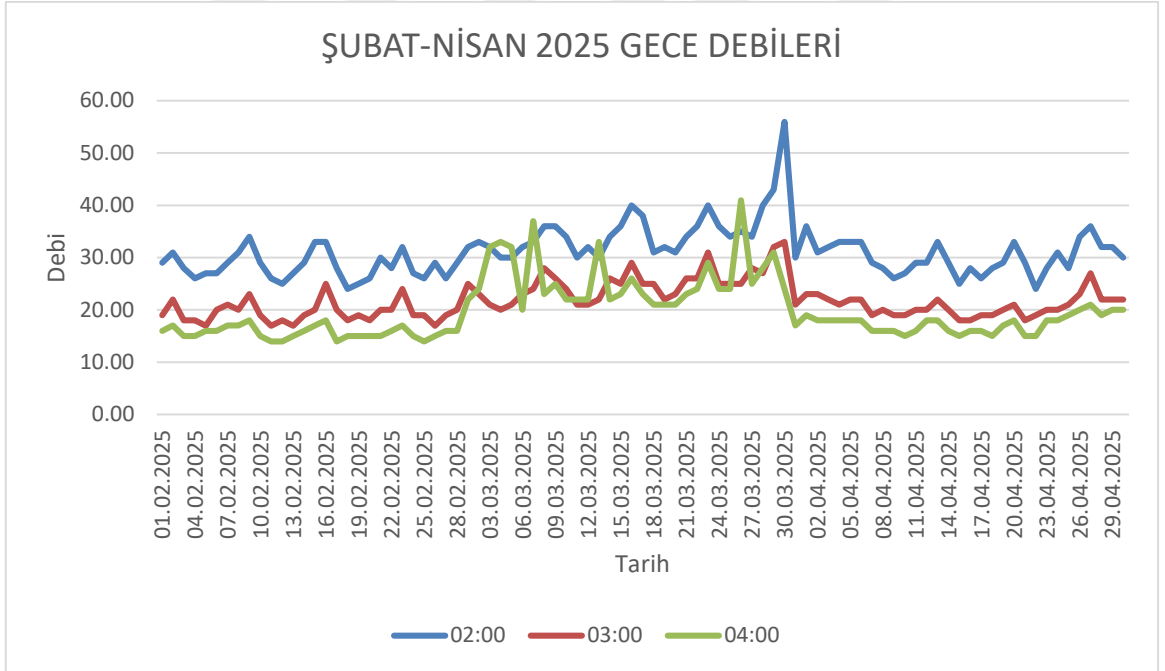
Şekil 17. 1. Bölge 2024 yılı Mayıs - Temmuz ayları arası gece debisi grafiği



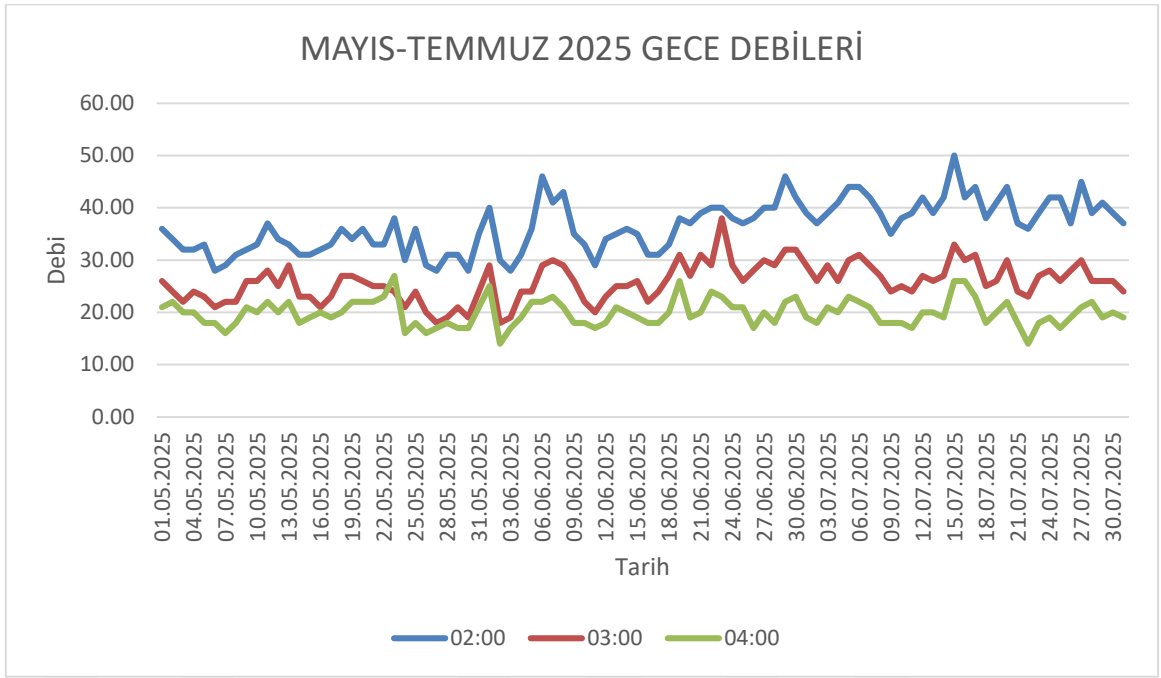
Şekil 18. 1. Bölge 2024 yılı Ağustos - Ekim ayları arası gece debisi grafiği



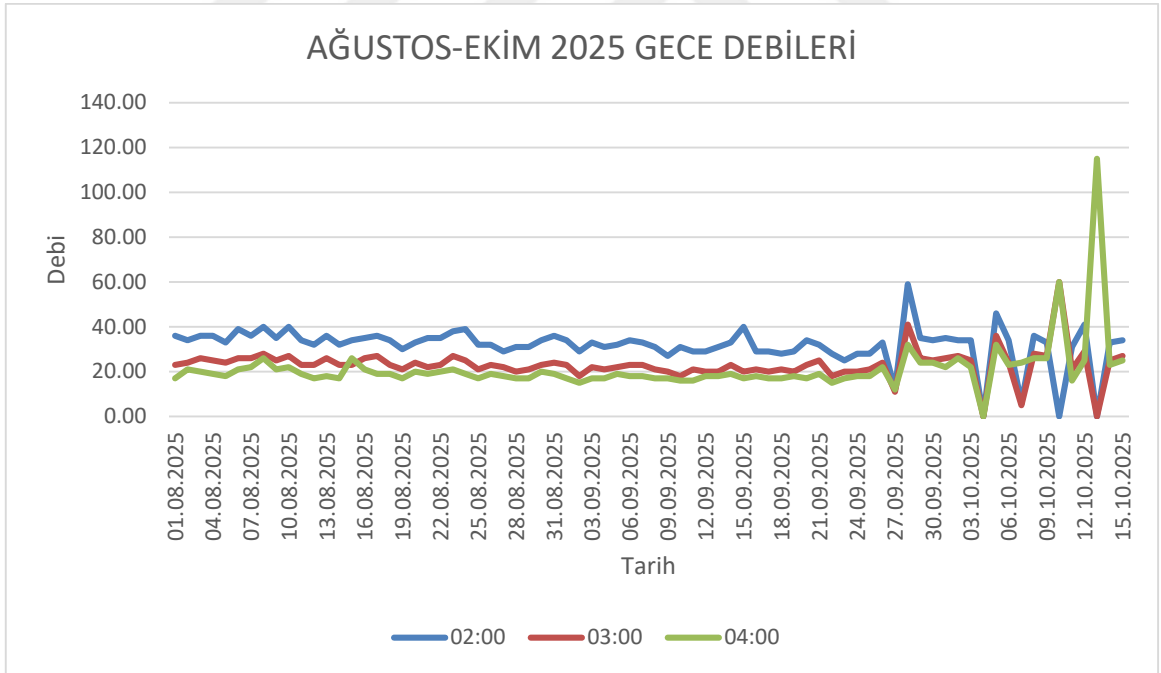
Şekil 19. 1.Bölge 2024 Yılı Kasım ayı – 2025 Yılı Ocak ayı arası gece debisi grafiği



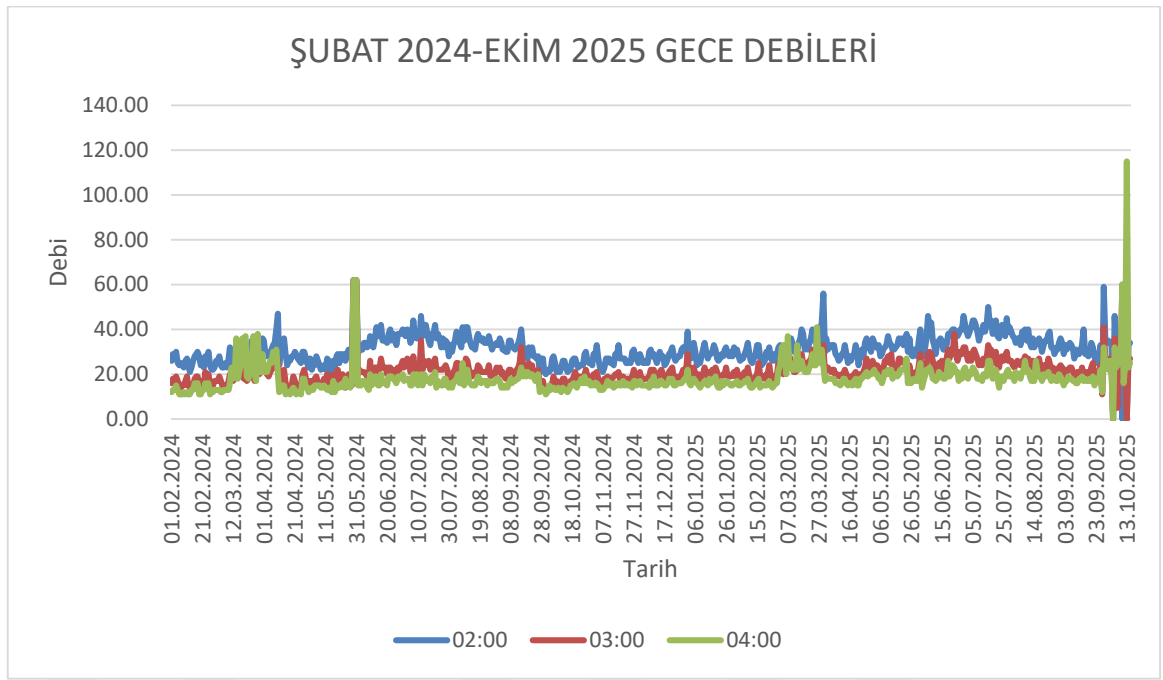
Şekil 20. 1. Bölge 2025 yılı Şubat - Nisan ayları arası gece debisi grafiği



Şekil 21. 1. Bölge 2025 yılı Mayıs - Temmuz ayları arası gece debisi grafiği



Şekil 22. 1. Bölge 2025 yılı Ağustos - Ekim ayları arası gece debisi grafiği

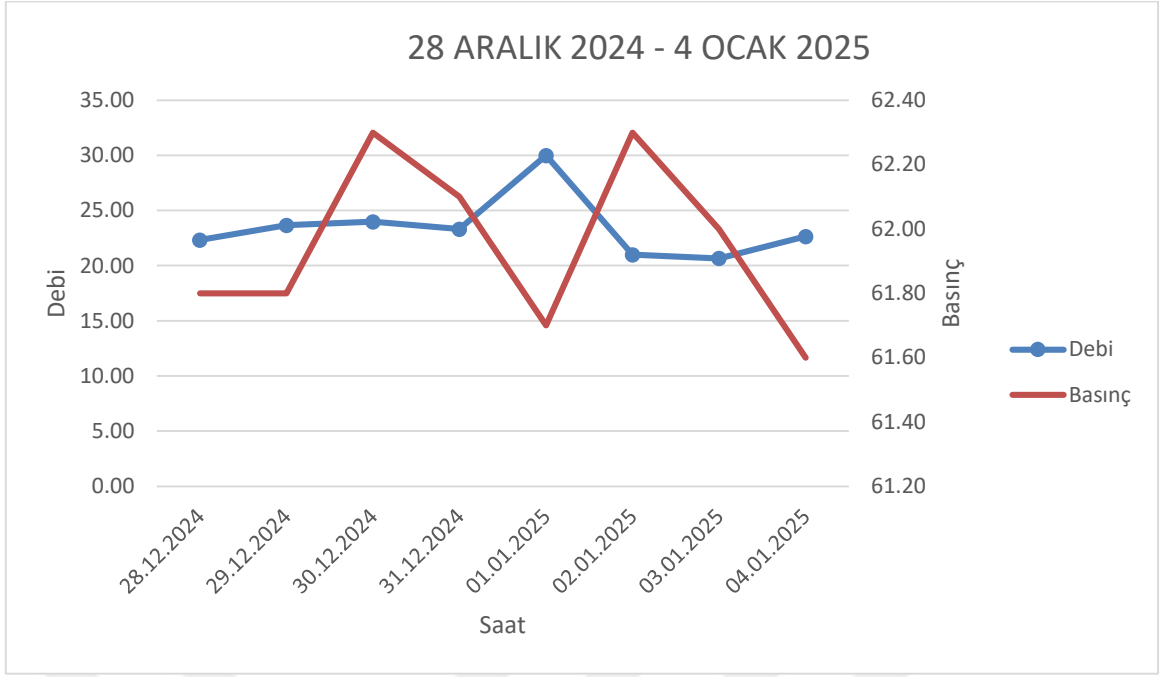


Şekil 23. 1. Bölge 2024 yılı Şubat Ayı – 2025 yılı Ekim ayı arası gece debisi grafiği

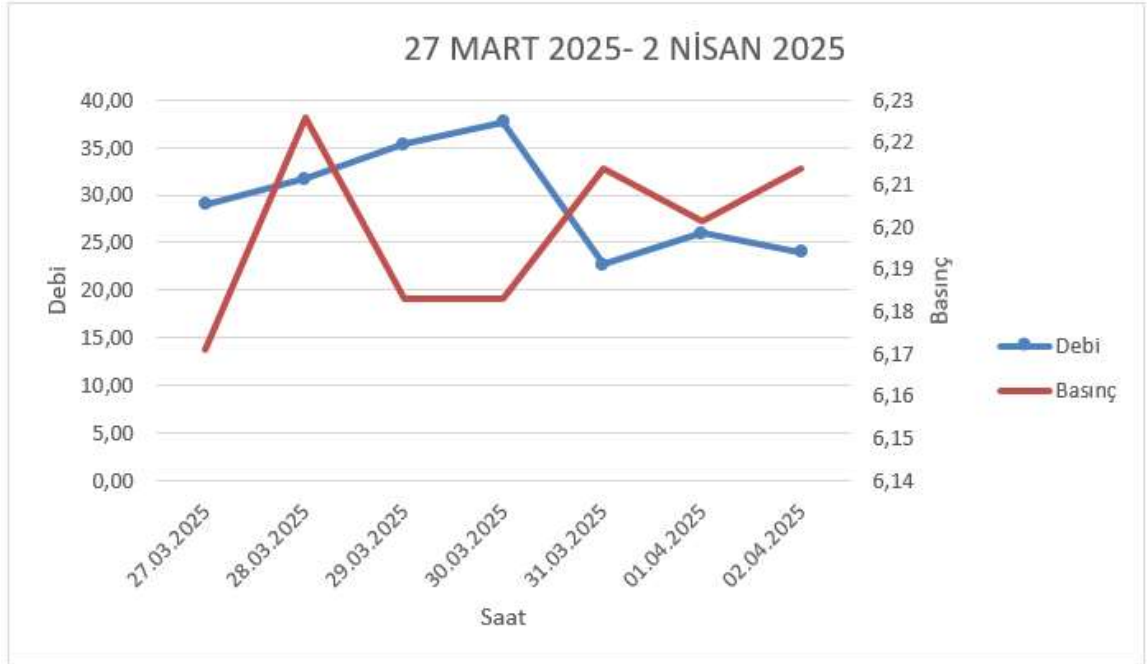
Yukarıda grafikleri oluşturulan 1.Bölge gece debileri incelemeleri sonucunda ani artış ve düşüşlerin olduğu tarihler belirlenmiştir. 1.Bölgede gece debisi değişimlerinin fazla olduğu günler için BUSKİ SCADA biriminden basınç değerleri temin edilmiştir. Gece debisi ve basınç karşılaştırmaları aşağıda yer almaktadır.



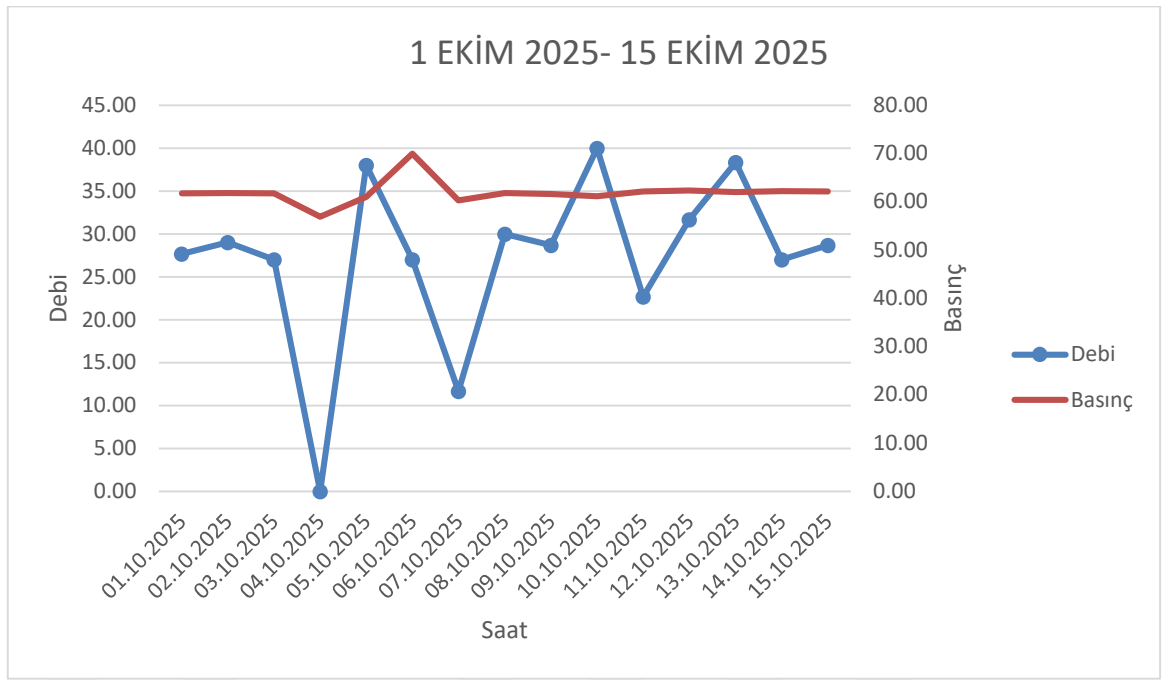
Şekil 24. 1. Bölge 06.04.2024 – 16.04.2024 tarihleri arası gece debisi/basınç grafiği



Şekil 25. 1. Bölge 28.12.2024 – 04.01.2025 tarihleri arası gece debisi/basınç grafiği



Şekil 26. 1. Bölge 27.03.2025 – 02.04.2025 tarihleri arası gece debisi/basınç grafiği



Şekil 27. 1. Bölge 01.10.2025 – 15.10.2025 tarihleri arası gece debisi/basınç grafiği

Yukarıdaki 1. Bölge ye ait gece debisi ve gece debisi/basınç grafikleri incelendiğinde genel olarak bölgede nüfus yoğunluğunun fazla olduğu yaz aylarında yüksek olan gece debisi nüfus yoğunluğunun azalması ile birlikte sonbahar aylarında düşmektedir.

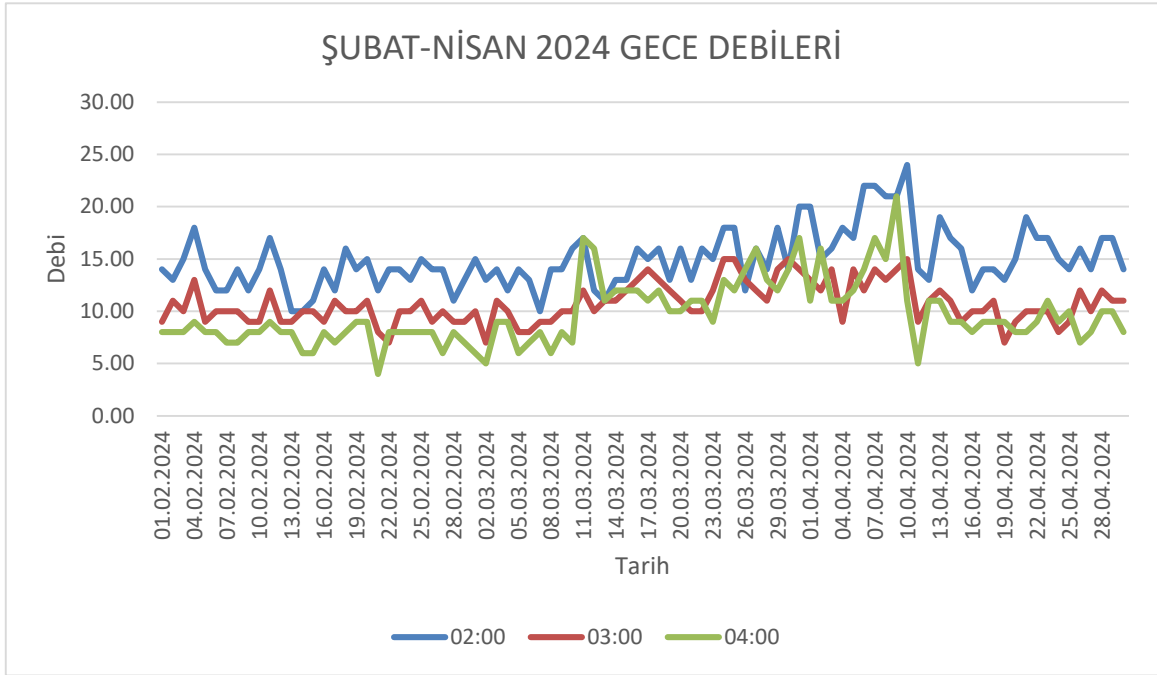
11 Mart 2024 ve 10 Nisan 2024 tarihleri arasındaki gece debisi artışlarının aynı tarihlere denk gelen ramazan ayından dolayı tüketim artışından kaynaklandığı düşünülmektedir. Benzer şekilde 2025 yılı ramazan ayına denk gelen tarihlerde de gece debisi artmıştır.

29 Mayıs 2024 ve 01 Haziran 2024 tarihleri arasındaki ani artışın nedeni araştırıldığında şebeke hattında su patlağı olduğu, arızanın yüzeye çıkmadan önce fark edilmediği, anayolda orta refüjde olduğundan arızaya müdahale süresinin uzun sürdüğü tespit edilmiştir.

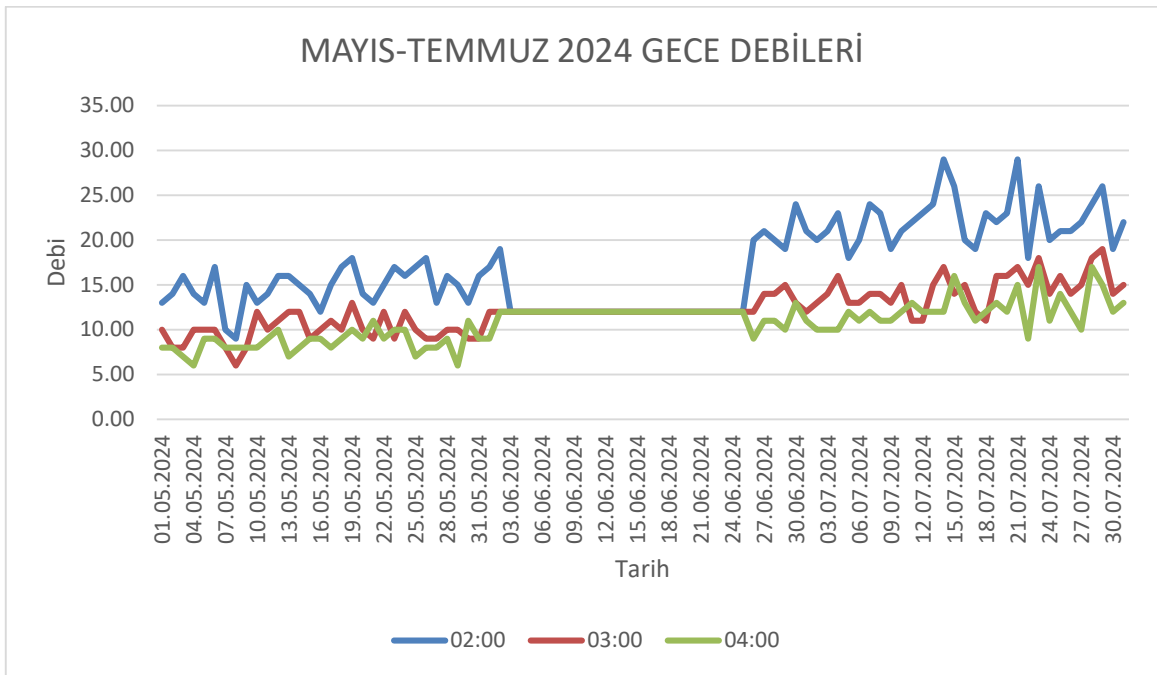
2025 yılı Ekim ayı verilerine baktığımızda üç günde bir gece debisinin 0 (sıfır) olduğu görülmüştür. Yapılan araştırma sonucunda BUSKİ Genel Müdürlüğü'nün yaptığı açıklamaya göre, son yıllarda yaşanan küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliği ve bunun sonucunda ortaya çıkan kuraklık, su kaynaklarında ciddi bir azalmaya yol açmıştır. Barajlardaki doluluk oranlarının kritik seviyelere düşmesi sebebiyle, şehirde planlı su kesintisi yapma zorunluluğu gereği, merkez ilçelere bağlı mahallelerde, günlük 12 saati geçmeyecek şekilde dönüşümlü olarak planlı su kesintileri uygulamaya konulmuştur.

4.3.2. Yeni Mahallesi (2.Bölge) Gece Debisi

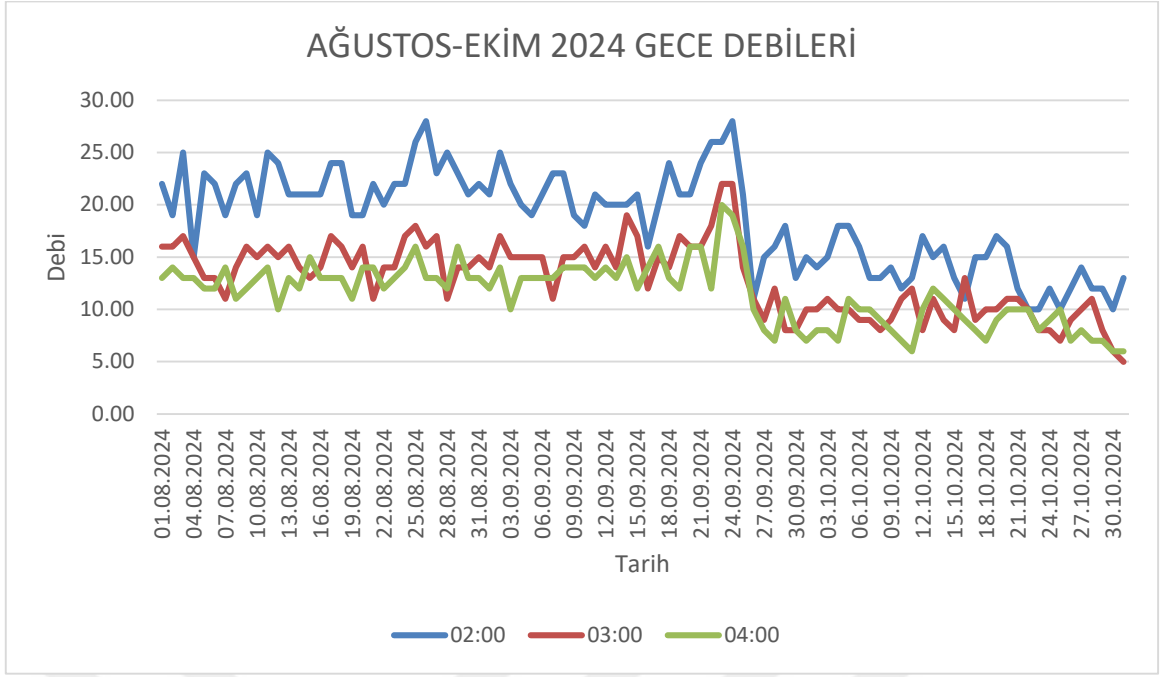
Bursa İli Mudanya İlçesi Yeni Mahallesi'nin gece debisi ve basınç grafikleri aşağıda verilmiştir.



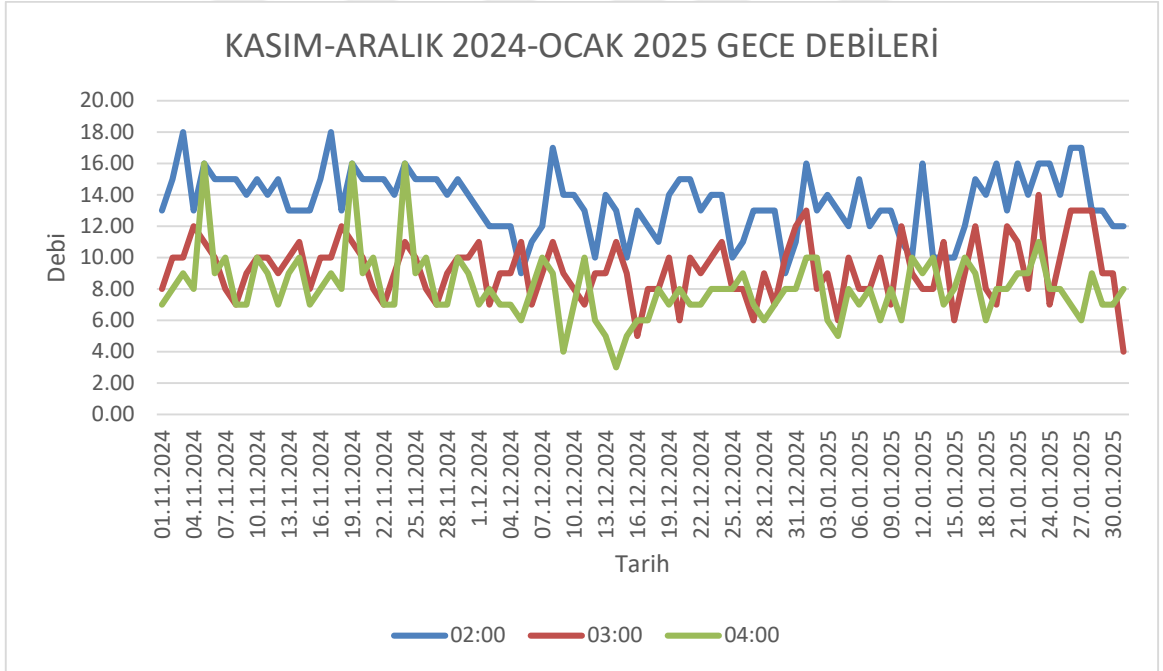
Şekil 28. 2. Bölge 2024 yılı Şubat- Nisan ayları arası gece debisi grafiği



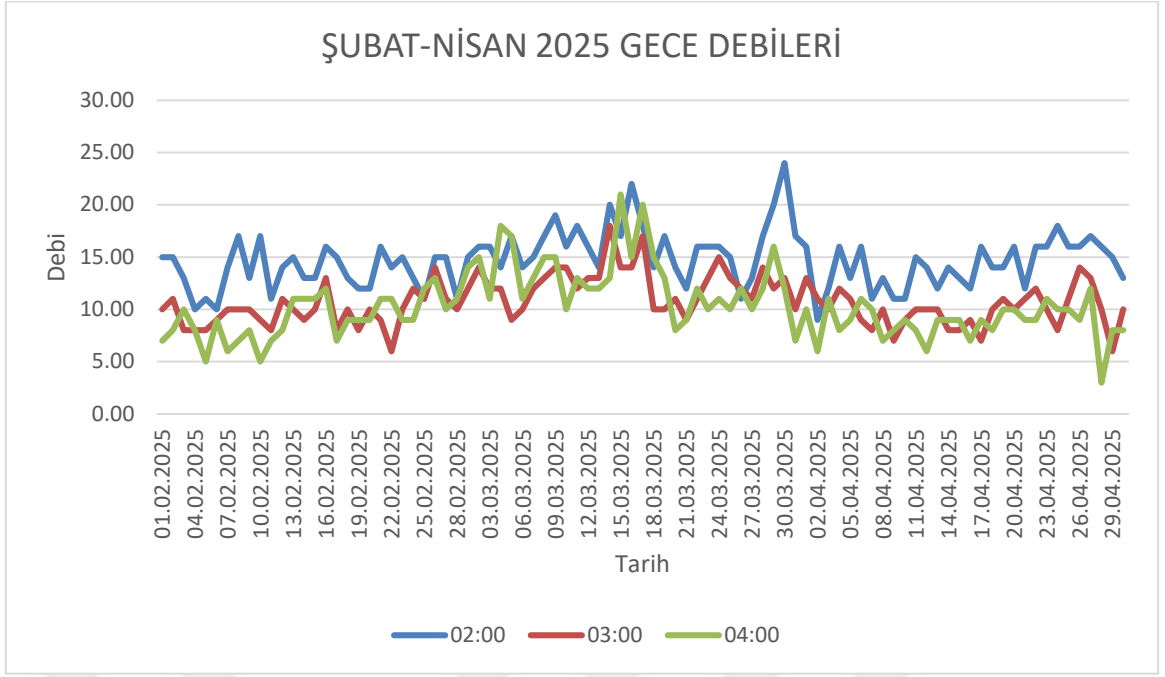
Şekil 29. 2. Bölge 2024 yılı Mayıs - Temmuz ayları arası gece debisi grafiği



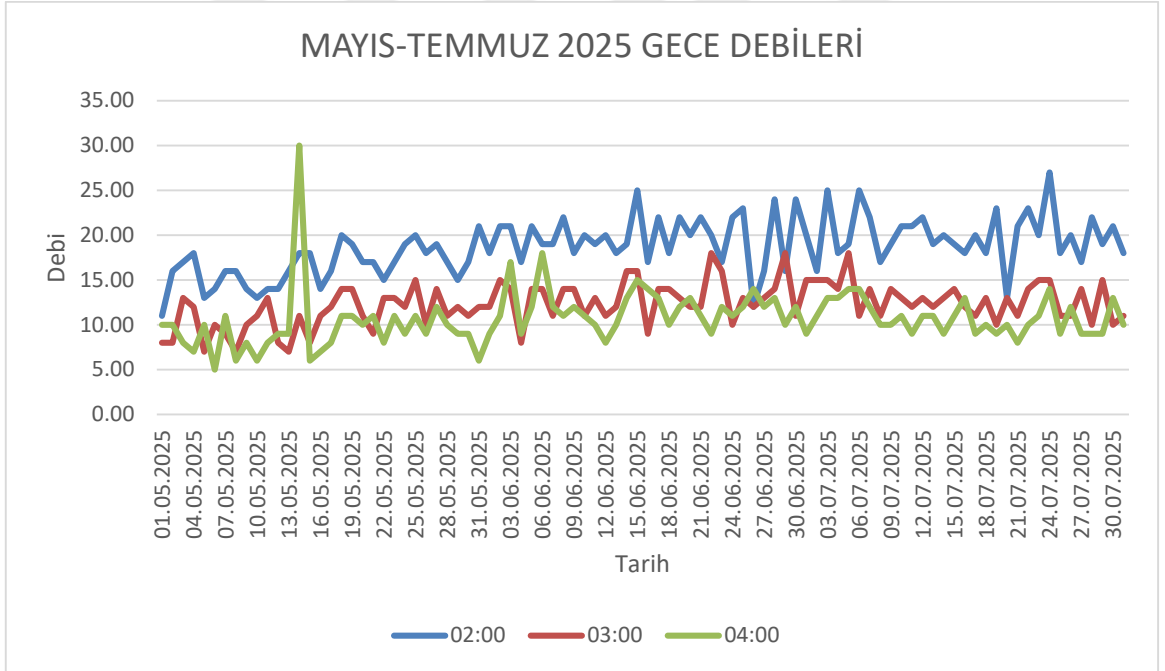
Şekil 30. 2. Bölge 2024 yılı Ağustos - Ekim ayları arası gece debisi grafiği



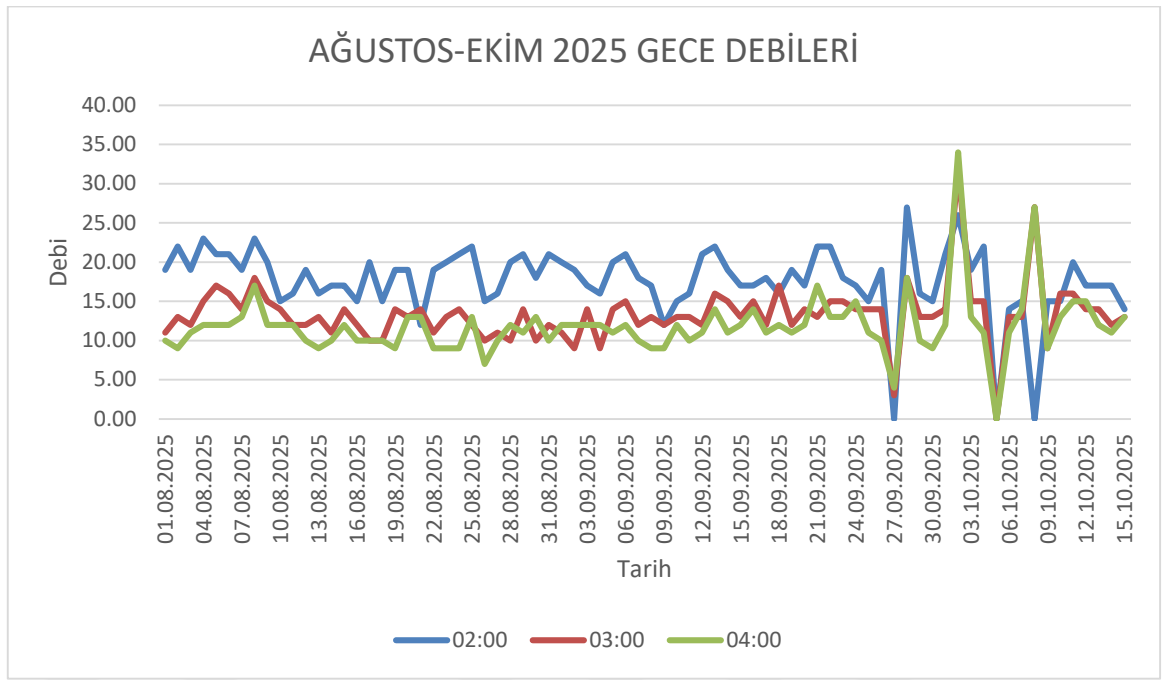
Şekil 31. 2. Bölge 2024 Yılı Kasım ayı – 2025 Yılı Ocak ayı arası gece debisi grafiği



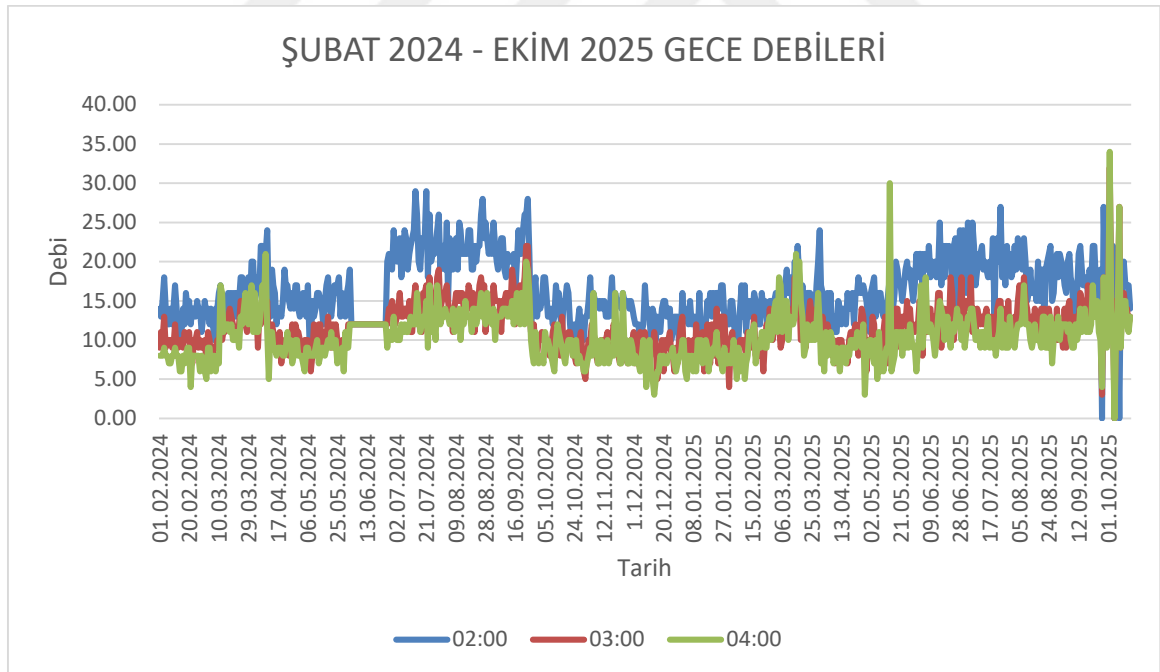
Şekil 32. 2. Bölge 2025 yılı Şubat - Nisan ayları arası gece debisi grafiği



Şekil 33. 2. Bölge 2025 yılı Mayıs - Temmuz ayları arası gece debisi grafiği



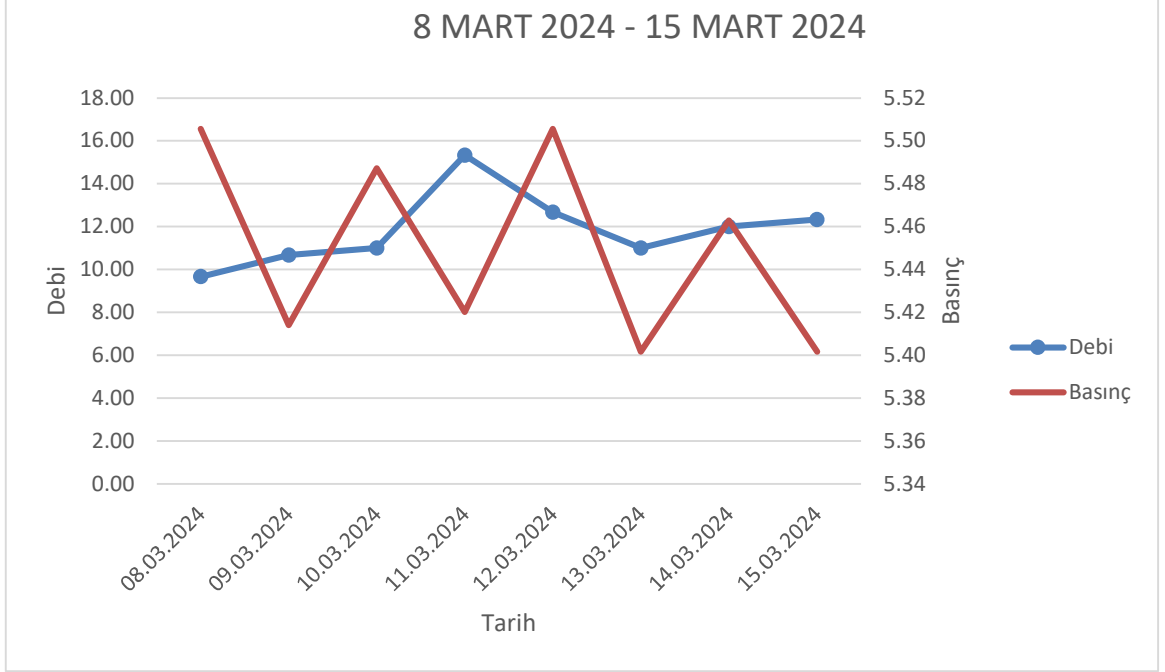
Şekil 34. 2. Bölge 2025 yılı Ağustos- Ekim ayları arası gece debisi grafiği



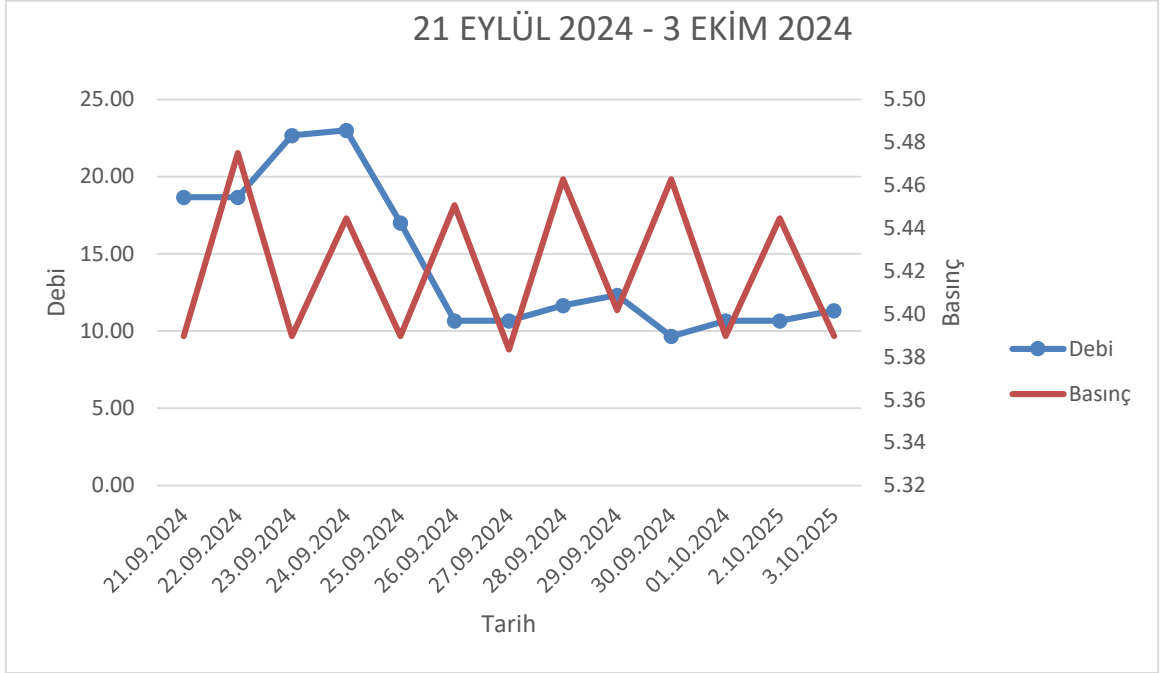
Şekil 35. 2. Bölge 2024 yılı Şubat Ayı – 2025 Yılı Ekim ayı arası gece debisi grafiği

Yukarıda grafikleri oluşturulan 2.Bölge gece debileri incelemeleri sonucunda ani artış ve düşüşlerin olduğu tarihler belirlenmiştir. 2. Bölgede gece debisi değişimlerinin fazla olduğu

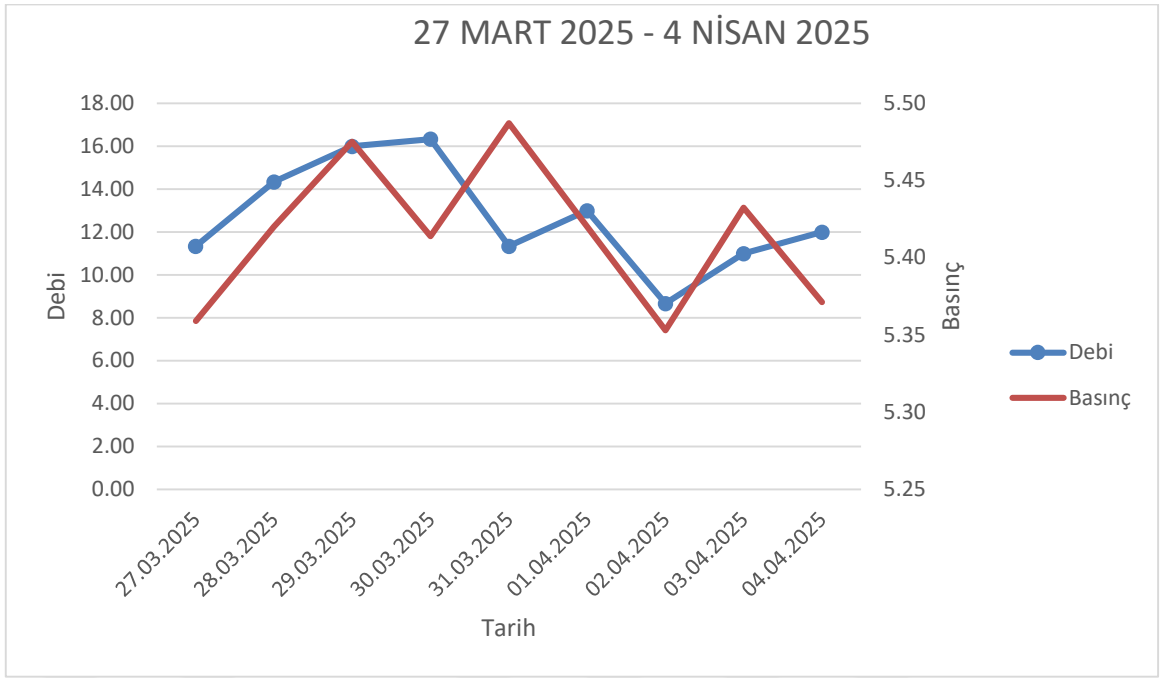
günler için BUSKİ SCADA biriminden basınç değerleri temin edilmiştir. Gece debisi ve basınç karşılaştırmaları aşağıda yer almaktadır.



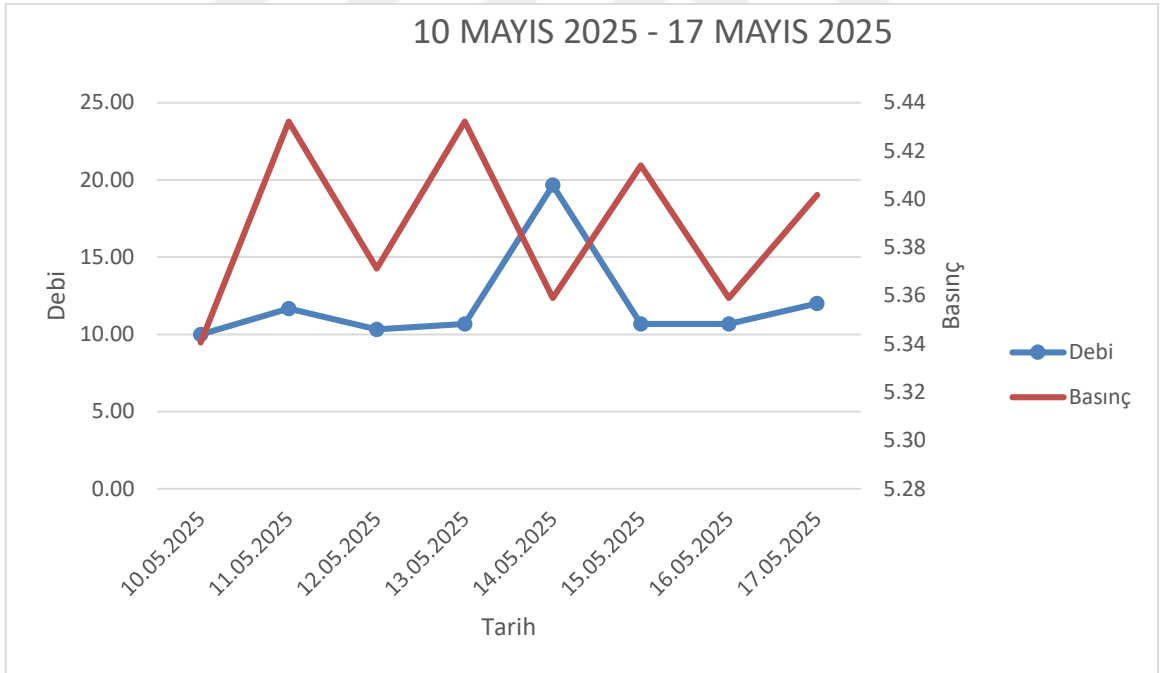
Şekil 36. 2. Bölge 08.03.2024 – 15.03.2024 tarihleri arası gece debisi/basınç grafiği



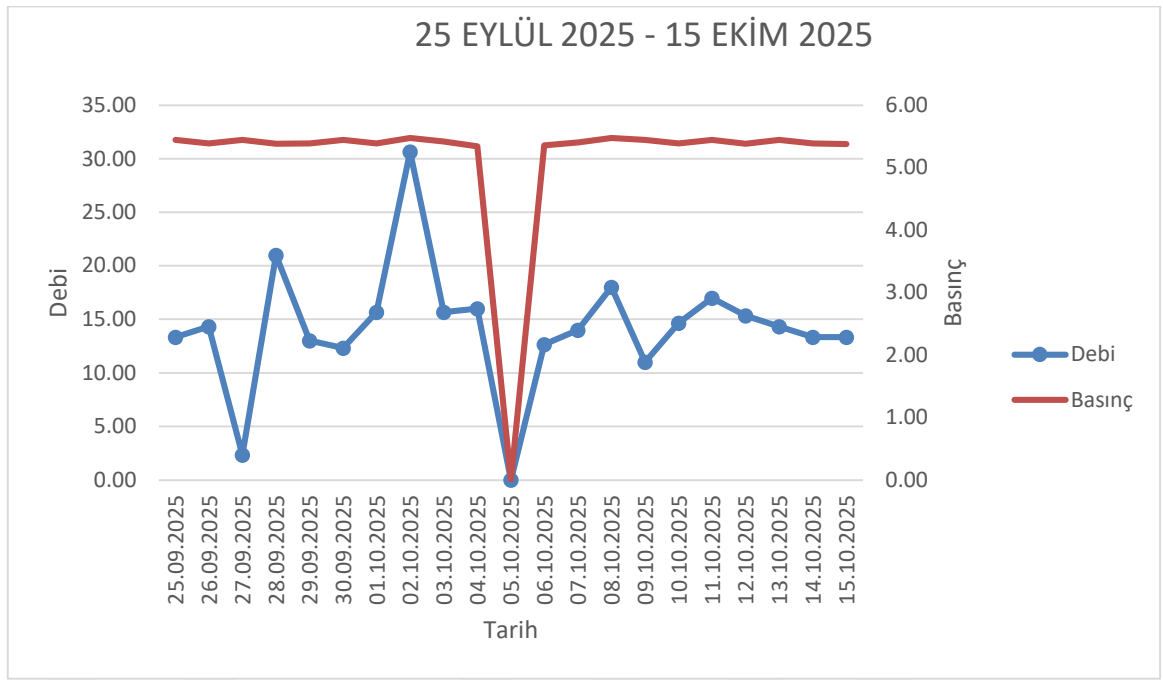
Şekil 37. 2. Bölge 21.09.2024 – 03.10.2024 tarihleri arası gece debisi/basınç grafiği



Şekil 38. 2. Bölge 27.03.2025 – 04.04.2025 tarihleri arası gece debisi/basınç grafiği



Şekil 39. 2. Bölge 10.05.2025 – 17.05.2025 tarihleri arası gece debisi/basınç grafiği



Şekil 40. 2. Bölge 25.09.2025 – 15.10.2025 tarihleri arası gece debisi/basınç grafiği

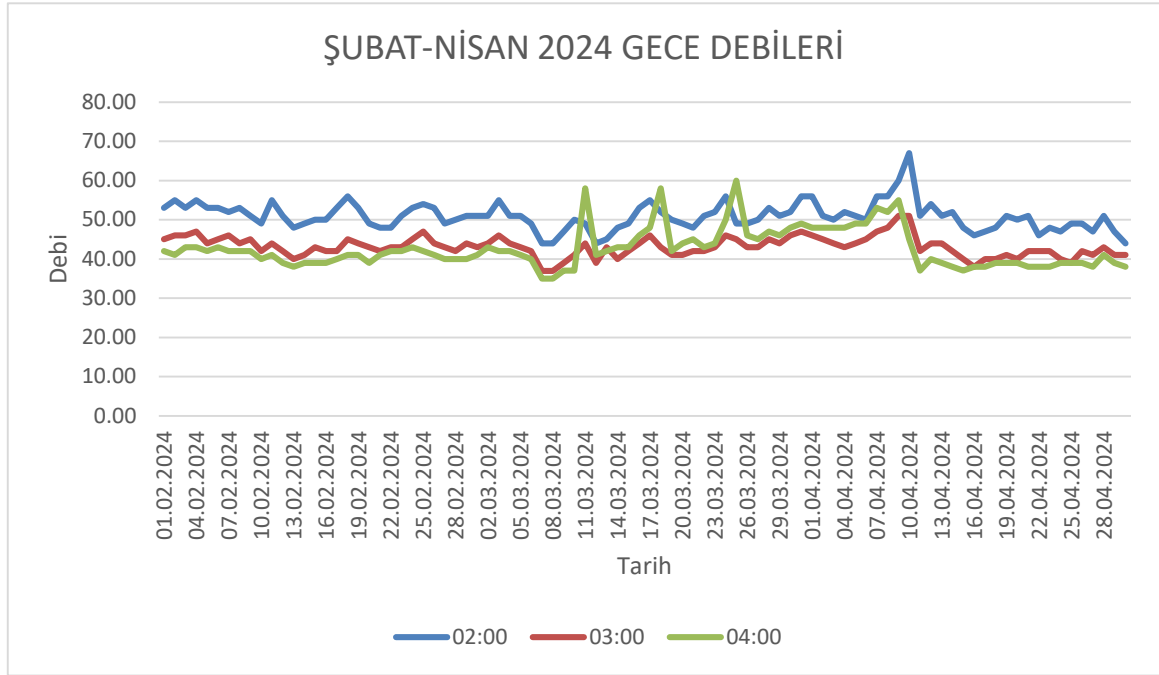
Yukarıdaki 2.Bölge ye ait gece debisi ve gece debisi/basınç grafikleri incelendiğinde genel olarak bölgede nüfus yoğunluğunun fazla olduğu yaz aylarında yüksek olan gece debisi nüfus yoğunluğunun azalmasıyla birlikte sonbahar aylarında düşmektedir. 11 Mart 2024 ve 10 Nisan 2024 tarihleri arasındaki gece debisi artışlarının aynı tarihlere denk gelen ramazan ayından dolayı tüketim artışından kaynaklandığı düşünülmektedir. Benzer şekilde 2025 yılı ramazan ayına denk gelen tarihlerde de gece debisi artmıştır.

03 Haziran 2024 ve 24 Haziran 2024 tarihleri arasındaki sabit debinin nedeni araştırıldığında debimetre odasının su ile dolduğu ve haberleşme sisteminde arızaya neden olduğu bilgisine ulaşılmıştır. 12 Mayıs 2025 tarihinde gece debisi artışlarının nedeni araştırıldığında Ø200 fdk hat üzerinde patlak olduğu bilgisine ulaşılmıştır.

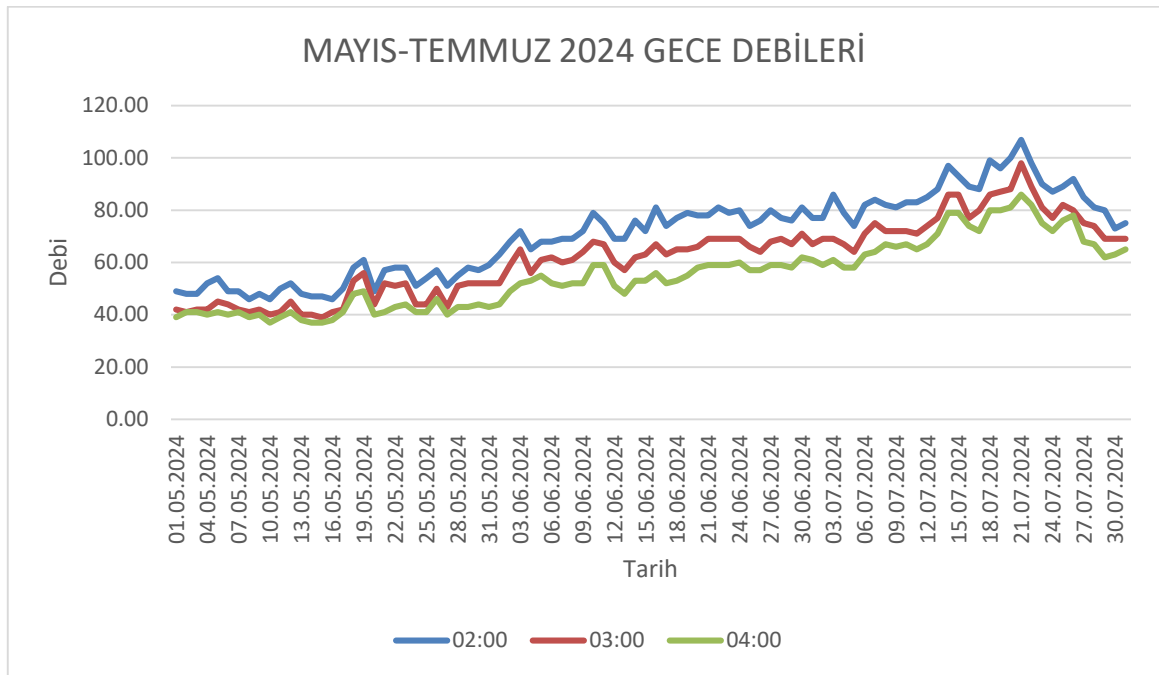
2025 yılı Ekim ayı verilerine baktığımızda üç günde bir gece debisinin 0 (sıfır) olduğu görülmüştür. Yapılan araştırma sonucunda BUSKİ Genel Müdürlüğü'nün yaptığı açıklamaya göre, son yıllarda yaşanan küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliği ve bunun sonucunda ortaya çıkan kuraklık, su kaynaklarında ciddi bir azalmaya yol açmıştır. Barajlardaki doluluk oranlarının kritik seviyelere düşmesi sebebiyle, şehirde planlı su kesintisi yapma zorunluluğu gereği, merkez ilçelere bağlı mahallelerde, günlük 12 saati geçmeyecek şekilde dönüşümlü olarak planlı su kesintileri uygulamaya konulmuştur.

4.3.3. Yalı Mahallesi (3.Bölge) Gece Debisi

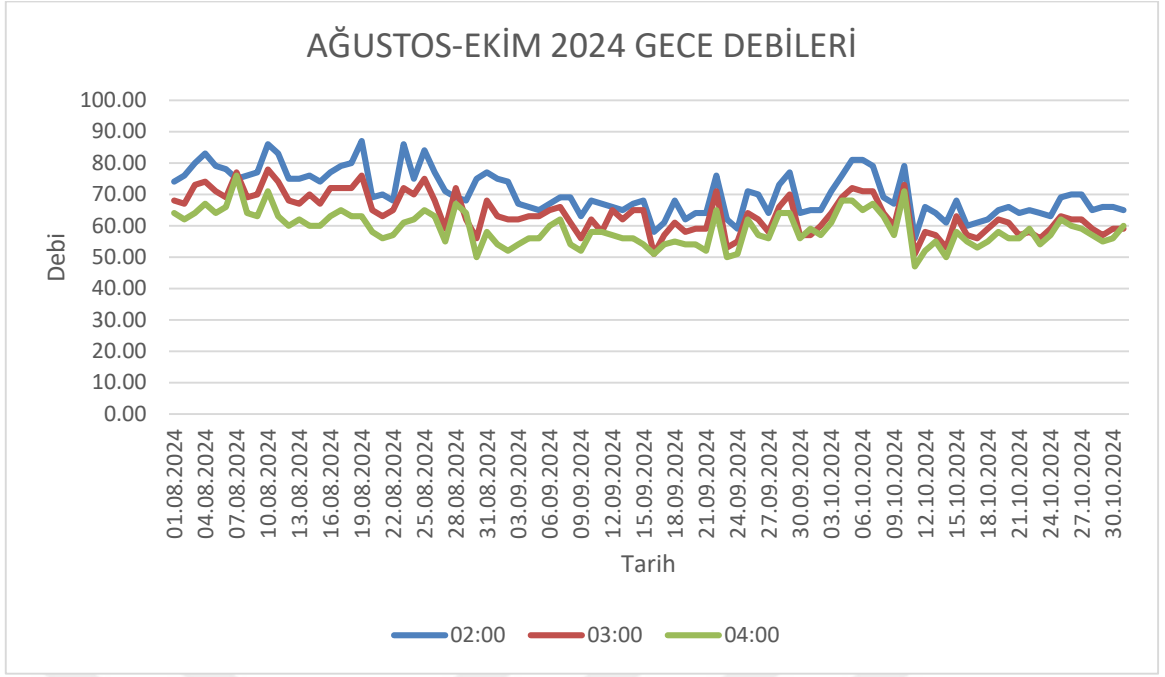
Bursa İli Mudanya İlçesi Yalı Mahallesi'nin gece debisi ve basınç grafikleri aşağıda verilmiştir.



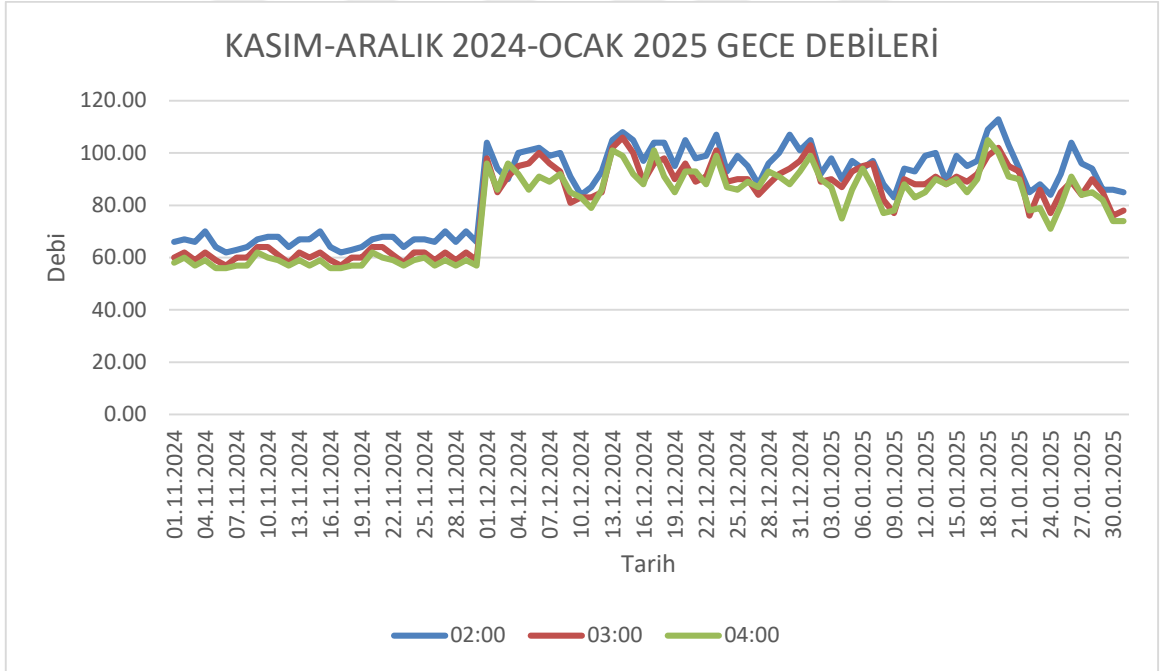
Şekil 41. 3. Bölge 2024 yılı Şubat- Nisan ayları arası gece debisi grafiği



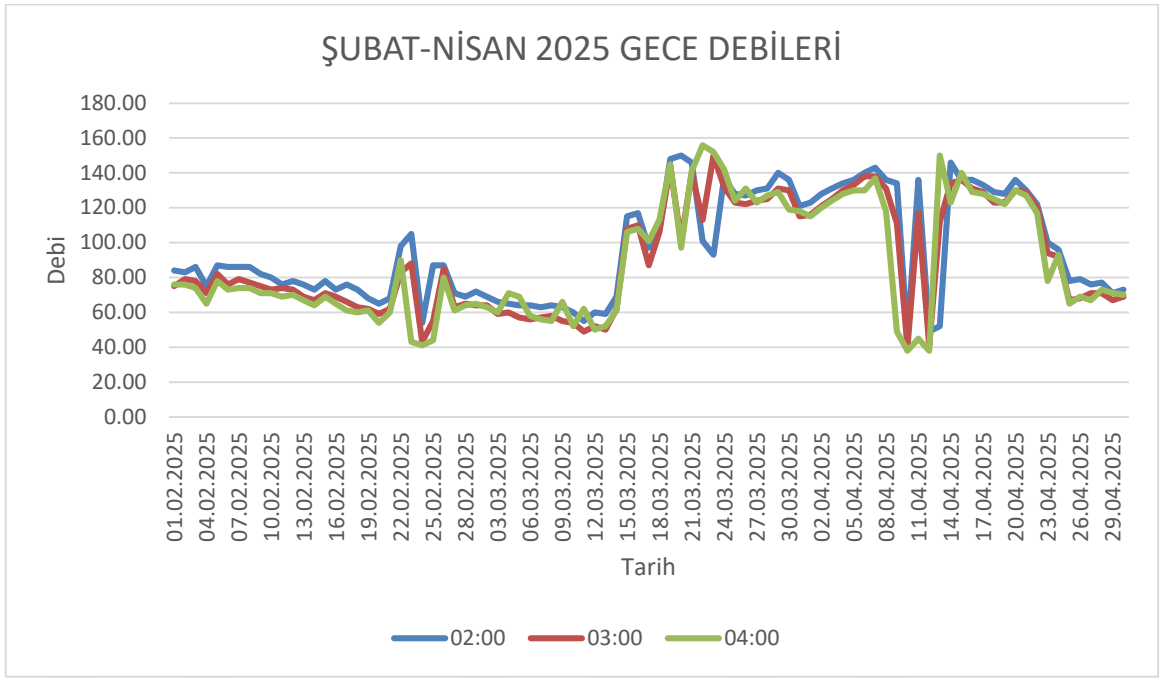
Şekil 42. 3. Bölge 2024 yılı Mayıs - Temmuz ayları arası gece debisi grafiği



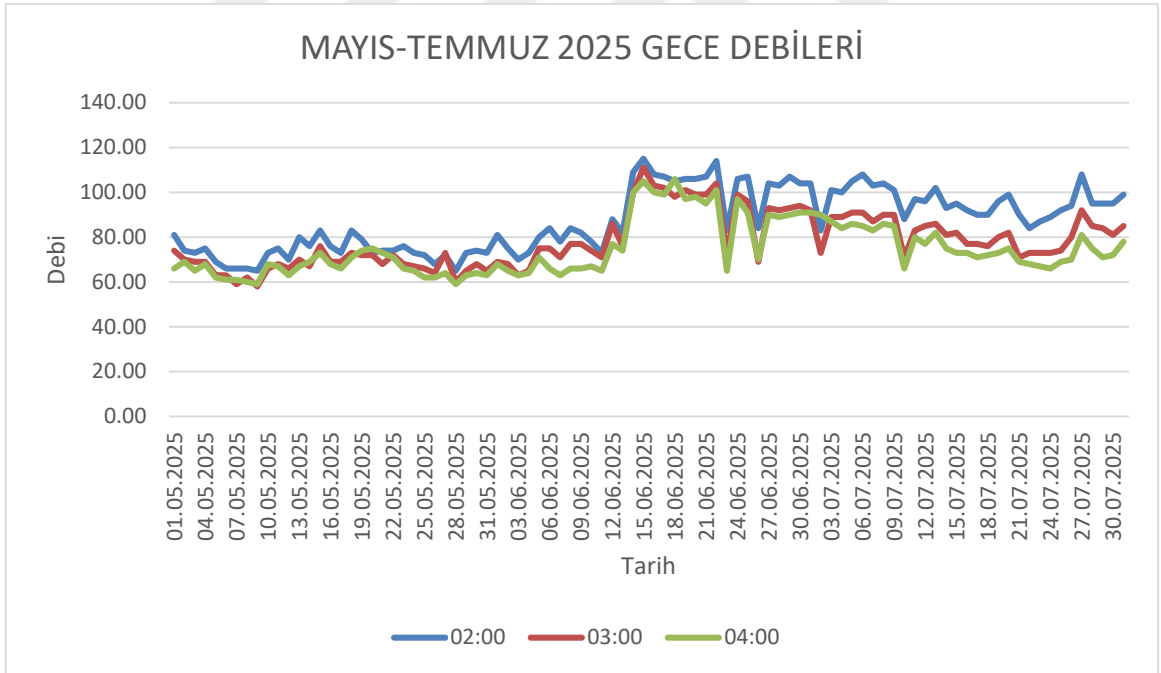
Şekil 43. 3. Bölge 2024 yılı Ağustos – Ekim ayları arası gece debisi grafiği



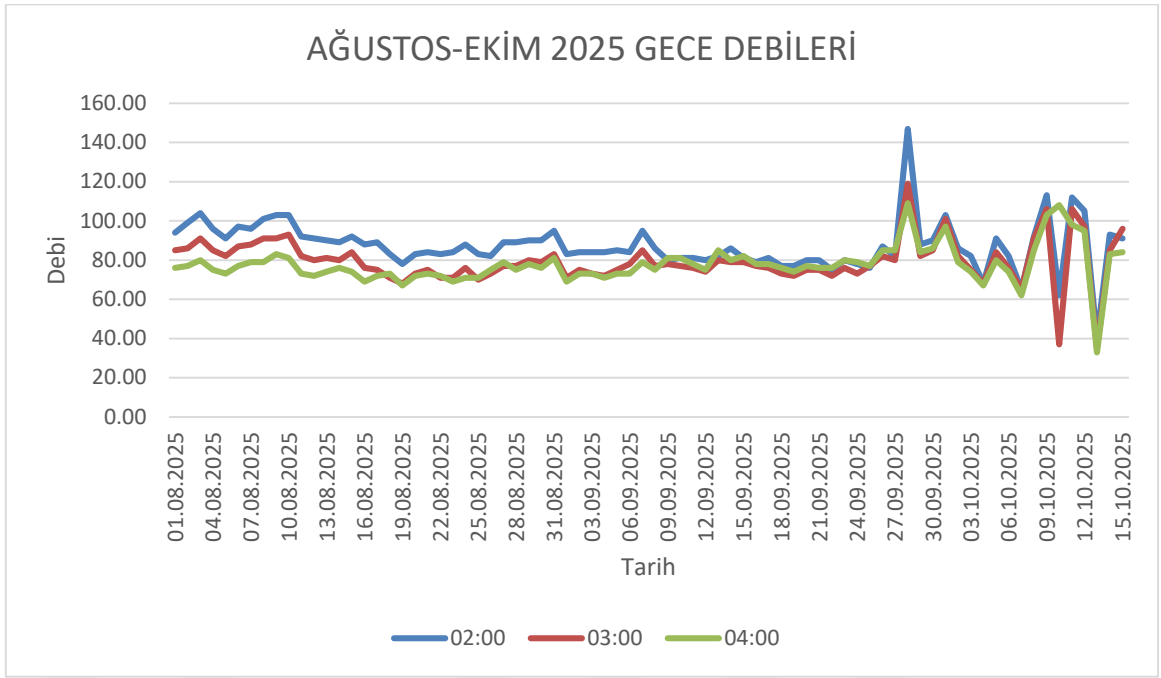
Şekil 44. 3. Bölge 2024 yılı Kasım Ayı – 2025 yılı Ocak ayı arası gece debisi grafiği



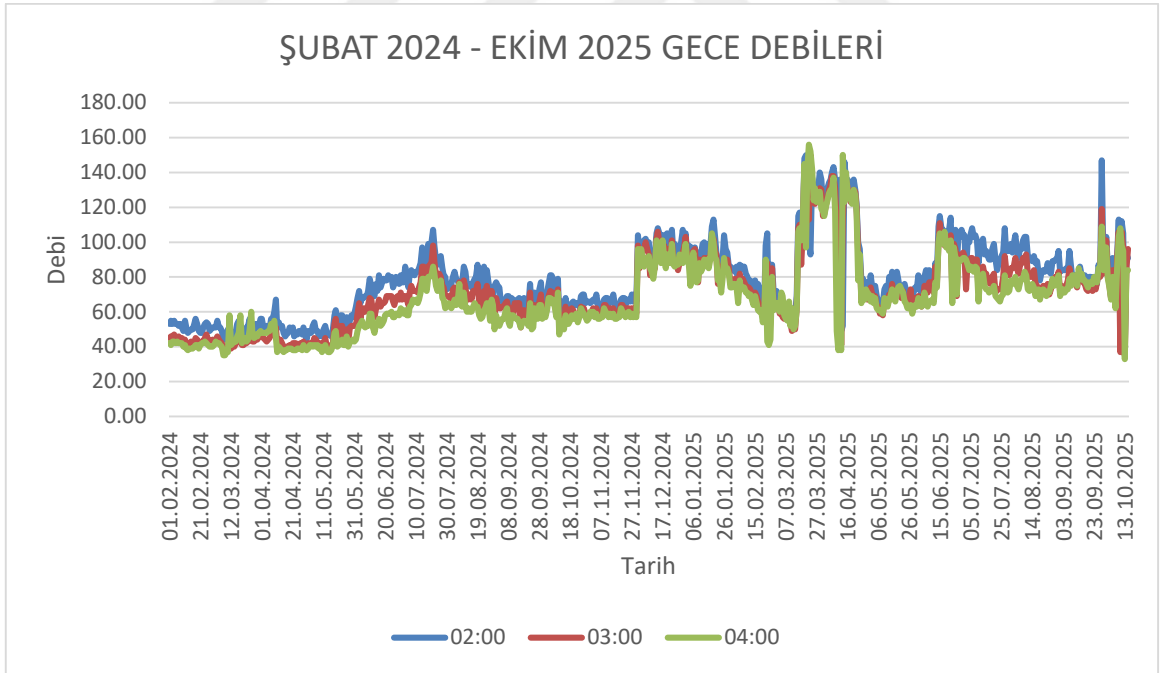
Şekil 45. 3. Bölge 2025 yılı Şubat - Nisan ayları arası gece debisi grafiği



Şekil 46. 3. Bölge 2025 yılı Mayıs - Temmuz ayları arası gece debisi grafiği



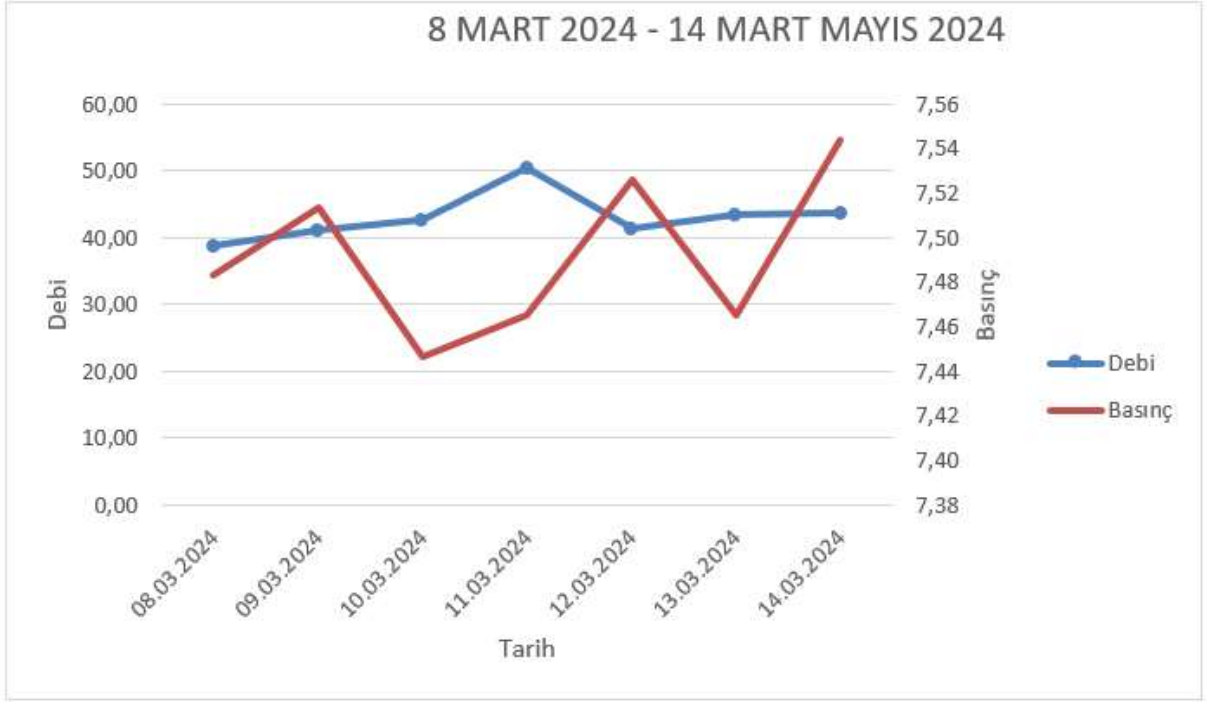
Şekil 47. 3. Bölge 2025 yılı Ağustos - Ekim ayları arası gece debisi grafiği



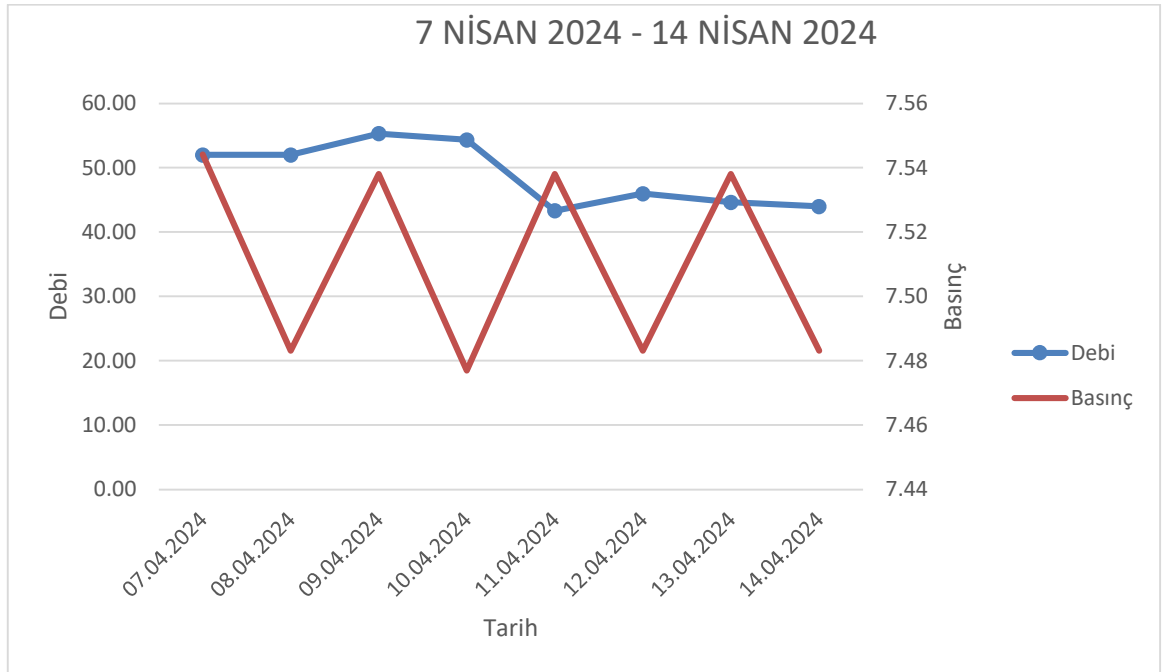
Şekil 48. 3. Bölge 2024 yılı Şubat Ayı – 2025 yılı Ekim ayı arası gece debisi grafiği

Yukarıda grafikleri oluşturulan 3.Bölge gece debileri incelemeleri sonucunda ani artış ve düşüşlerin olduğu tarihler belirlenmiştir. 3.Bölgede gece debisi değişimlerinin fazla olduğu

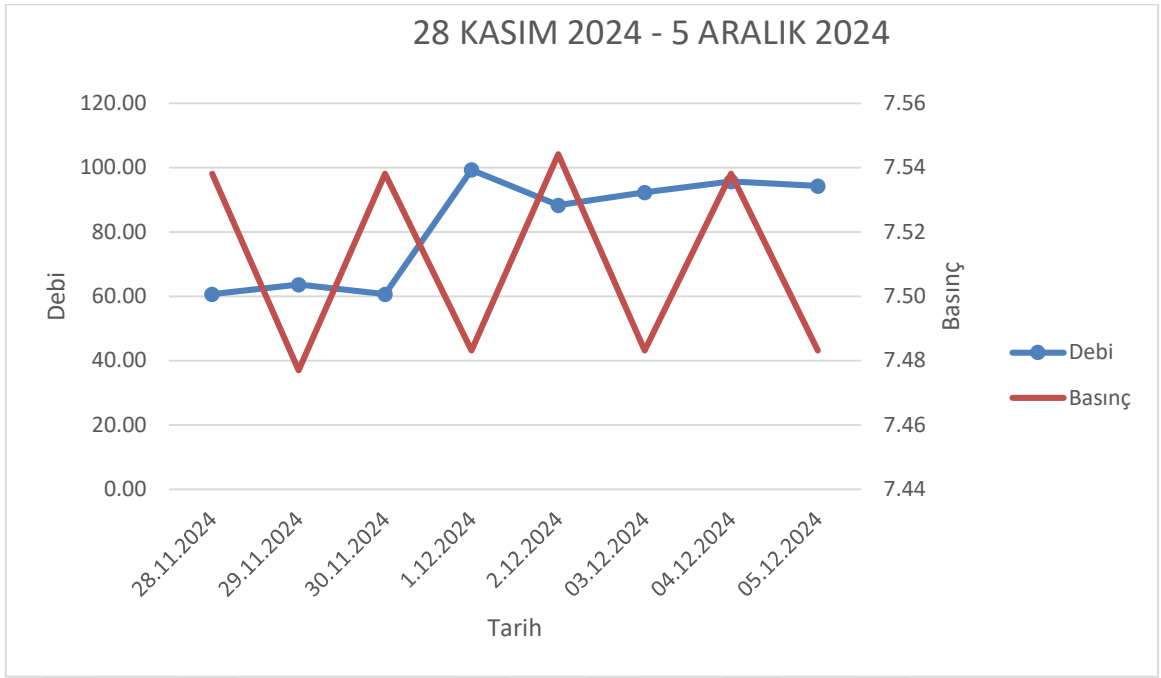
günler için BUSKİ SCADA biriminden basınç değerleri temin edilmiştir. Gece debisi ve basınç karşılaştırmaları aşağıda yer almaktadır.



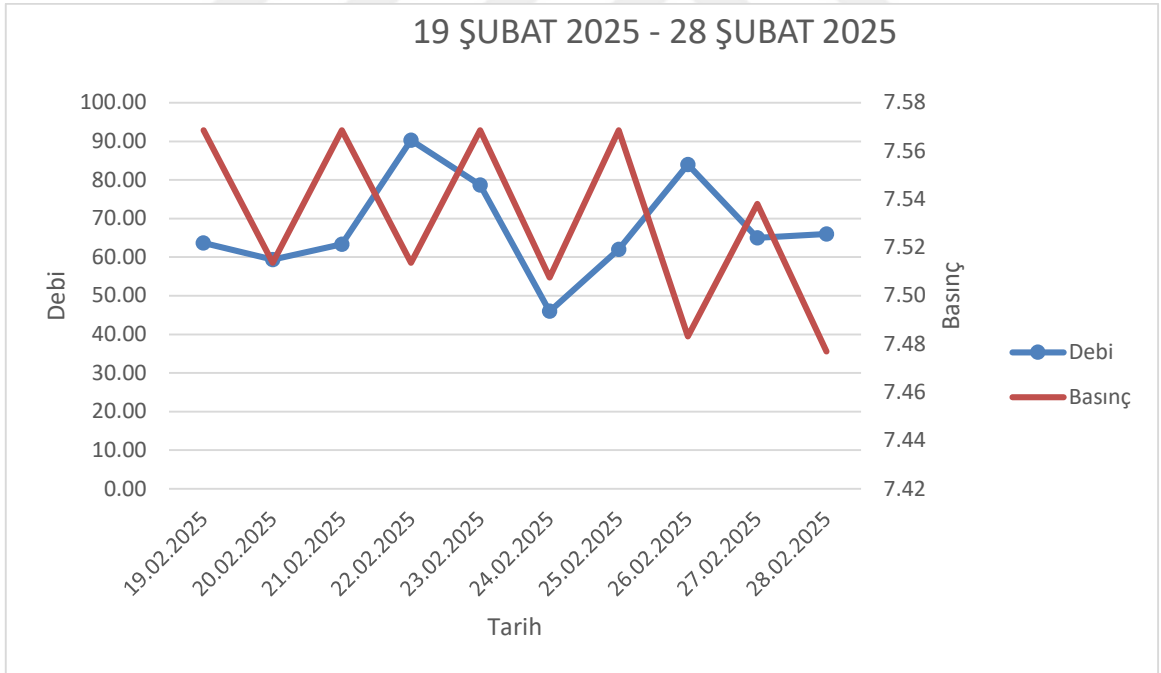
Şekil 49. 3. Bölge 08.03.2024 – 14.03.2024 tarihleri arası gece debisi/basınç grafiği



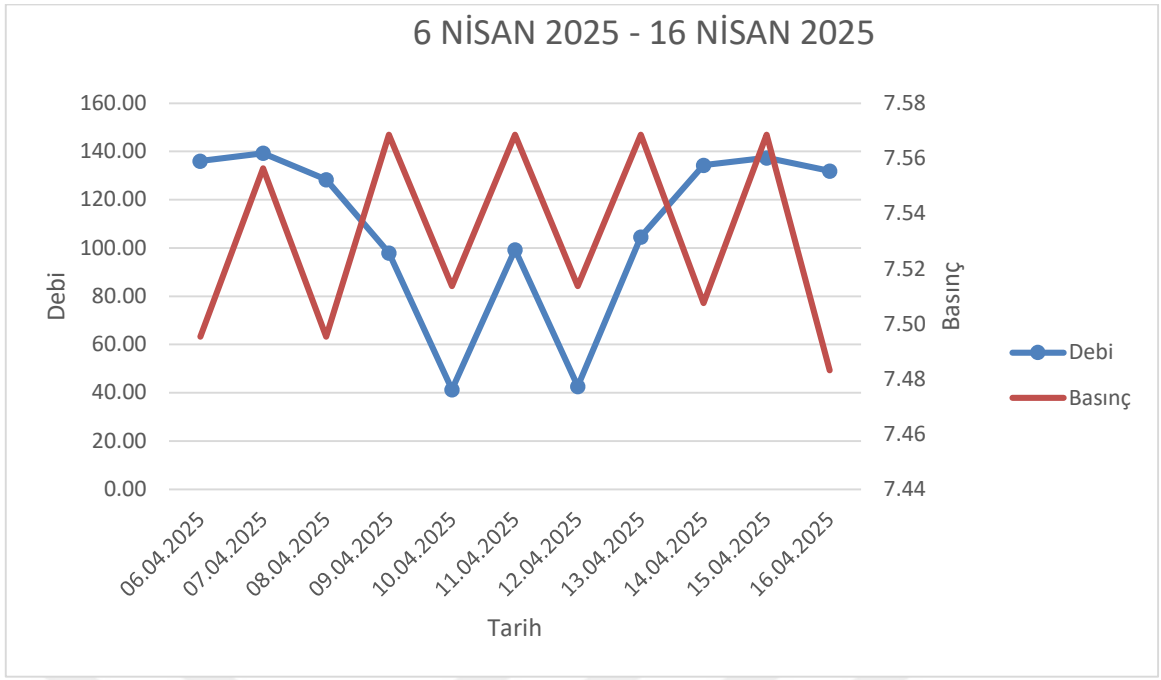
Şekil 50. 3. Bölge 07.04.2024 – 14.04.2024 tarihleri arası gece debisi/basınç grafiği



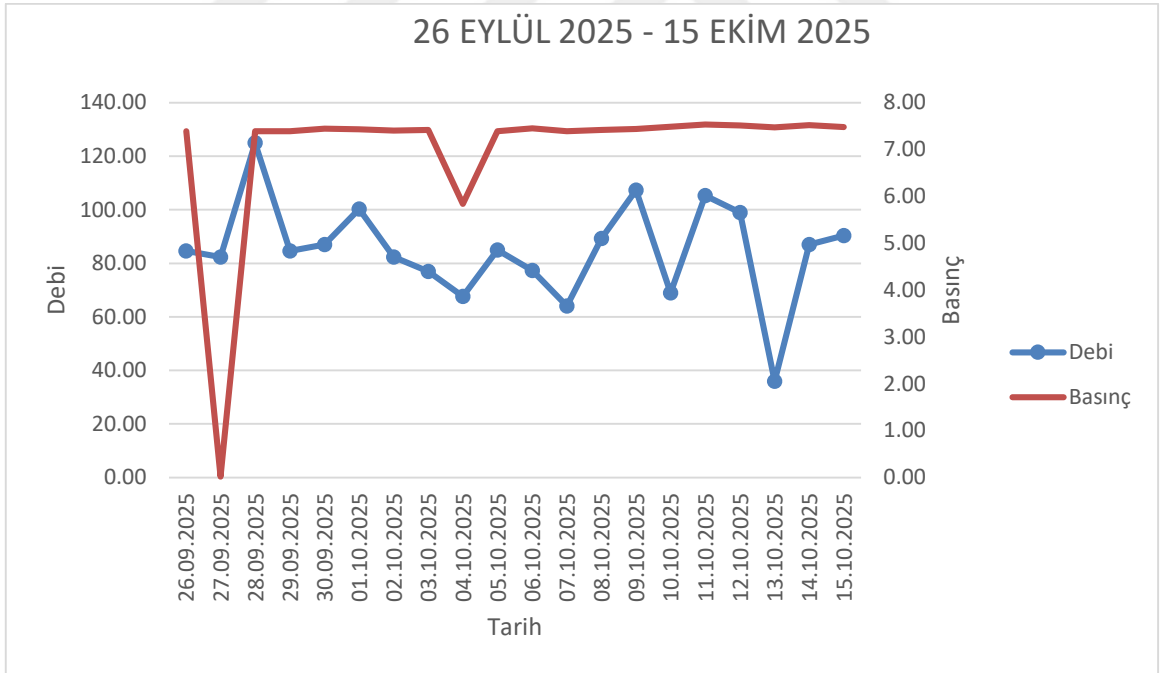
Şekil 51. 3. Bölge 28.11.2024 – 05.12.2024 tarihleri arası gece debisi/basınç grafiği



Şekil 52. 3. Bölge 19.02.2025 – 28.02.2025 tarihleri arası gece debisi/basınç grafiği



Şekil 53. 3. Bölge 06.04.2025 – 16.04.2025 tarihleri arası gece debisi/basınç grafiği



Şekil 54. 3. Bölge 26.09.2025 – 15.10.2025 tarihleri arası gece debisi/basınç grafiği

Yukarıdaki 3.Bölge ye ait gece debisi ve gece debisi/basınç grafikleri incelendiğinde genel olarak bölgede nüfus yoğunluğunun fazla olduğu yaz aylarında yüksek olan gece debisi nüfus yoğunluğunun azalması ile birlikte sonbahar aylarında düşmektedir.

11 Mart 2024 ve 10 Nisan 2024 tarihleri arasındaki gece debisi artışlarının aynı tarihlere denk gelen ramazan ayından dolayı tüketim artışından kaynaklandığı düşünülmektedir. Benzer şekilde 2025 yılı ramazan ayına denk gelen tarihlerde de gece debisi artmıştır.

01 Aralık 2024 ve 15 Mart 2025 tarihlerinde gece debisinin ani arttığı ve yüksek debili tüketimin devam ettiği görülmektedir. Bu artan debinin nedeni araştırıldığında şebeke hattında su patlağı olduğu, arızanın yüzeye çıkmadan önce farkedilmediği, anayolda orta refüjde olduğundan arızaya müdahale süresinin uzun sürdüğü tespit edilmiştir.

22 Şubat 2025 tarihinde gece debisi artışlarının nedeni araştırıldığında hattın bulunduğu yola cephe inşaat alanındaki kazı nedeni ile yolun kaydığı ve hattın koptuğu bilgisine ulaşılmıştır.

06-09 Nisan 2025 tarihlerinde 3 günlük gece debisi hareketlerinin ani dalgalanmalar gösterdiği fark edilmiş olup yapılan araştırma sonucunda bahsi geçen tarihlerde şebeke hatlarında bir su patlağı arıza kaydı tespit edilmiş olup diğer debi hareketliliğinin Ramazan Bayramı olması nedeniyle bölgedeki nüfus artışına bağlı tüketimden kaynaklandığı düşünülmektedir.

2025 yılı Ekim ayı verilerine baktığımızda üç günde bir gece debisinin 0 (sıfır) olduğu görülmüştür. Yapılan araştırma sonucunda BUSKİ Genel Müdürlüğü'nün yaptığı açıklamaya göre, son yıllarda yaşanan küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliği ve bunun sonucunda ortaya çıkan kuraklık, su kaynaklarında ciddi bir azalmaya yol açmıştır. Barajlardaki doluluk oranlarının kritik seviyelere düşmesi sebebiyle, şehirde planlı su kesintisi yapma zorunluluğu gereği, merkez ilçelere bağlı mahallelerde, günlük 12 saati geçmeyecek şekilde dönüşümlü olarak planlı su kesintileri uygulamaya konulmuştur.

4.4. İzole Alt Bölgelerin Yıllık Analizleri ve ILI Hesaplamaları

Bu bölümde 1 Şubat 2024 ile 1 Şubat 2025 tarihleri arasında çalışmayı yürüttüğümüz her bir izole ölçüm bölgesi için veriler girilerek analiz yapılmıştır.

4.4.1. Güzelyalı Siteler Mahallesi (1.Bölge)

Mudanya İlçesi Güzelyalı Siteler Mahallesi için 1 Şubat 2024 – 1 Şubat 2025 tarihleri arasında yapılan ölçüm ve tahmin sonuçlarına göre hazırlanan su dengesi formu Tablo 60’ da gösterilmektedir.

Tablo 60. 1. Bölge su dengesi formu (1 Şubat 2024 – 1 Şubat 2025)

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 963543 m3 %100	Yasal Tüketim 718169 m3 %74.53	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 622712 m3 %64.63	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 621531 m3 %64.5	Gelir Getiren Su 622712 m3 %64.63
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 95457 m3 %9.91	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 17457 m3 %1.81	
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 78000 m3 %8.1	Gelir Getirmeyen Su 340831 m3 %35.37
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 78000 m3 %8.1	
Su Kayıpları 245374 m3 %25.47		İdari Kayıplar 19169.64 m3 %1.99	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
		Fiziki Kayıplar 226204.36 m3 %23.48	Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 19169.64 m3 %1.99	
			İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 197298.07 m3 %20.48	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 28906.29 m3 %3	

Servis bağlantısı başına ticari-fiziksel su kayıpları ve ILI göstergesini el ile hesaplanmıştır.

Servis bağlantısı başına ticari su kaybı (litre/servis bağlantısı/gün):

$$19169,64 \frac{\text{m}^3}{\text{yıl}} \times \frac{1 \text{ yıl}}{365 \text{ gün}} \times \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1}{362 \text{ bağlantı}} = 145,08 \text{ l/bağlantı/gün}$$

Servis bağlantısı başına fiziki su kaybı (litre/servis bağlantısı/gün):

$$226204,36 \frac{\text{m}^3}{\text{yıl}} \times \frac{1 \text{ yıl}}{365 \text{ gün}} \times \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1}{362 \text{ bağlantı}} = 1712,99 \text{ l/bağlantı/gün}$$

Altyapı kaçak indeksi (ILI):

$$\text{KYFK (l/Gün)} = (18 \times 19,76 + 0,80 \times 362 + 25 \times 1,27) \times 60,9 = 41231,13 \text{ l/gün}$$

$$\text{KYFK} = 41231,13 \text{ l/gün} = 15049,36 \text{ m}^3/\text{yıl}$$

MYFK Tablo 60.'da gösterilen su dengesi formuna göre 226204,36 m³/yıl olarak hesaplanmıştır.

$$ILI_{1.BÖLGE} = \frac{MYFK}{KYFK} = \frac{226204,36m^3/yıl}{15049,36m^3/yıl} = 15,03$$

olarak hesaplanmıştır.

Bulduğumuz 15,03 ILI oranına baktığımızda üzerinde çalıştığımız Mudanya İlçesi Güzelyalı Siteler Mahallesi bölgesi, Tablo 7.'de tanımlanan hedef matrisine göre, ülkemiz gelişmekte olan ülkeler arasında olduğundan matriste "C" bandında yer almaktadır.

C - Zayıf su kayıpları yönetimi, kaynakların bol ve ucuz olması halinde tolere edilebilir. Gelir Getirmeyen Su miktarını azaltmaya yoğunlaşılmalıdır.

4.4.2. Yeni Mahallesi (2.Bölge)

Mudanya İlçesi Yeni Mahallesi için 1 Şubat 2024 – 1 Şubat 2025 tarihleri arasında yapılan ölçüm ve tahmin sonuçlarına göre hazırlanan su dengesi formu Tablo 61'de gösterilmektedir.

Tablo 61. 2. Bölge su dengesi formu (1 Şubat 2024 – 1 Şubat 2025)

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 387311 m3 %100	Yasal Tüketim 382287.94 m3 %98.7	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 297753.23 m3 %76.88	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 295748.97 m3 %76.36	Gelir Getiren Su 297753.23 m3 %76.88
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 84534.71 m3 %21.83	Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 2004.26 m3 %0.52	
			Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 6534.71 m3 %1.69	Gelir Getirmeyen Su 89557.77 m3 %23.12
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 78000 m3 %20.14	
Su Kayıpları 5023.06 m3 %1.3	Su Kayıpları 5023.06 m3 %1.3	İdari Kayıplar 2720.55 m3 %0.7	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 2720.55 m3 %0.7	
		Fiziki Kayıplar 2302.51 m3 %0.59	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar -9316.82 m3 %-2.41	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 11619.33 m3 %3	

Servis bağlantısı başına ticari-fiziksel su kayıpları ve ILI göstergesini el ile hesaplanmıştır.

Servis bağlantısı başına ticari su kaybı (litre/servis bağlantısı/gün):

$$2720,55 \frac{\text{m}^3}{\text{yıl}} \times \frac{1 \text{ yıl}}{365 \text{ gün}} \times \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1}{223 \text{ bağlantı}} = 33,42 \text{ l/bağlantı/gün}$$

Servis bağlantısı başına fiziki su kaybı (litre/servis bağlantısı/gün):

$$2302,51 \frac{\text{m}^3}{\text{yıl}} \times \frac{1 \text{ yıl}}{365 \text{ gün}} \times \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1}{223 \text{ bağlantı}} = 28,29 \text{ l/bağlantı/gün}$$

Altyapı kaçak indeksi (ILI) :

$$\text{KYFK (l/Gün)} = (18 \times 7,27 + 0,80 \times 223 + 25 \times 0,78) \times 53,6 = 17621,54 \text{ l/gün}$$

$$\text{KYFK} = 17621,54 \text{ l/gün} = 6431,86 \text{ m}^3/\text{yıl}$$

MYFK Tablo 61.'de gösterilen su dengesi formuna göre 2302,51 m³/yıl olarak hesaplanmıştır.

$$\text{ILI}_{1.BÖLGE} = \frac{\text{MYFK}}{\text{KYFK}} = \frac{2302,51 \text{ m}^3/\text{yıl}}{6431,86 \text{ m}^3/\text{yıl}} = 0,36$$

olarak hesaplanmıştır.

Bulduğumuz 0,36 ILI oranına baktığımızda üzerinde çalıştığımız Mudanya İlçesi Güzelyalı Siteler Mahallesi bölgesi, Tablo 7.'de tanımlanan hedef matrisine göre, ülkemiz geliştirmekte olan ülkeler arasında olduğundan matriste "A" bandında yer almaktadır.

A - Herhangi bir kıtlık olmadıkça kayıpların daha fazla kayıp azaltılması ekonomik olmayabilir. Maliyet açısından en uygun iyileştirmeleri belirlemek için ayrıntılı analiz gereklidir.

4.4.3. Yalı Mahallesi (3.Bölge)

Mudanya İlçesi Yalı Mahallesi için 1 Şubat 2024 – 1 Şubat 2025 tarihleri arasında yapılan ölçüm ve tahmin sonuçlarına göre hazırlanan su dengesi formu Tablo 62'de gösterilmektedir.

Tablo 62. 3. Bölge su dengesi formu (1 Şubat 2024 – 1 Şubat 2025)

Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 839940 m3 %100	Yasal Tüketim 583773.75 m3 %69.5	Faturalandırılmış Yasal Tüketim 516372.62 m3 %61.48	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim 515879.92 m3 %61.42	Gelir Getiren Su 516372.62 m3 %61.48
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 492.7 m3 %0.06	
	Su Kayıpları 256166.25 m3 %30.5	Faturalandırılmamış Yasal Tüketim 67401.13 m3 %8.02	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Tüketim 13401.13 m3 %1.6	Gelir Getirmeyen Su 323567.38 m3 %38.52
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Tüketim 54000 m3 %6.43	
		İdari Kayıplar 15878.43 m3 %1.89	Kaçak Kullanım 0 m3 %0	
			Sayaç Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 15878.43 m3 %1.89	
		Fiziki Kayıplar 240287.82 m3 %28.61	İletim/ Dağıtım Hatlarında ve Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıplar 215089.62 m3 %25.61	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıplar 25198.2 m3 %3	

Servis bağlantısı başına ticari-fiziksel su kayıpları ve ILI göstergesini el ile hesaplanmıştır.

Servis bağlantısı başına ticari su kaybı (litre/servis bağlantısı/gün):

$$15878,43 \frac{\text{m}^3}{\text{yıl}} \times \frac{1 \text{ yıl}}{365 \text{ gün}} \times \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1}{542 \text{ bağlantı}} = 80,26 \text{ l/bağlantı/gün}$$

Servis bağlantısı başına fiziki su kaybı (litre/servis bağlantısı/gün):

$$240287,82 \frac{\text{m}^3}{\text{yıl}} \times \frac{1 \text{ yıl}}{365 \text{ gün}} \times \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1}{542 \text{ bağlantı}} = 1214,62 \text{ l/bağlantı/gün}$$

kaçak indeksi (ILI) :

$$\text{KYFK (l/Gün)} = (18 \times 19,69 + 0,80 \times 542 + 25 \times 2,71) \times 71,7 = 61358,71 \text{ l/gün}$$

$$\text{KYFK} = 61358,71 \text{ l/gün} = 22395,93 \text{ m}^3/\text{yıl}$$

MYFK Tablo 62.'de gösterilen su dengesi formuna göre 2302,51 m³/yıl olarak hesaplanmıştır.

$$\text{ILI}_{1.BÖLGE} = \frac{\text{MYFK}}{\text{KYFK}} = \frac{\frac{240287,82 \text{ m}^3}{\text{yıl}}}{\frac{22395,93 \text{ m}^3}{\text{yıl}}} = 10,73$$

olarak hesaplanmıştır.

Bulduğumuz 10,73 ILI oranına baktığımızda üzerinde çalıştığımız Mudanya İlçesi Güzelyalı Siteler Mahallesi bölgesi, Tablo 7.'de tanımlanan hedef matrisine göre, ülkemiz gelişmekte olan ülkeler arasında olduğundan matriste “C” bandında yer almaktadır.

C - Zayıf su kayıpları yönetimi, kaynakların bol ve ucuz olması halinde tolere edilebilir. Gelir Getirmeyen Su miktarını azaltmaya yoğunlaşılmalıdır.



5. TARTIŞMA VE SONUÇ

İzole ölçüm bölgelerinde izinsiz ve amacı dışında kullanılan yangın hidrantları ve yasadışı bağlantılar tespit edilmelidir. Ayrıca belediyelerin cadde sokak temizliği ve yeşil alan sulaması için yangın hidrantlarından su alması engellenmelidir. Yangın hidrantları hesaplarda faturalandırılmamış ölçülmemiş tüketim değerinin gerçeği yansıtmamasına neden olmaktadır. Özellikle ülkemizde son yıllarda yaz aylarında artan ve geniş alanlarda vuku bulan yangınlara müdahale esnasında yangın hidrantlarından kullanılan su miktarı tahminlerin üzerindedir. Yangın hidrantlarına sayaç takılarak bu belirsizliğin önüne geçilebilir.

Yüksek basınca maruz kalan su dağıtım şebekesi ekonomik ömrünü azaltmakta ve en uygun şekilde düzenli basınçta çalışmaktadır. Şebeke yönetiminde operasyonel verimliliği sağlamak adına, çalışma bölgelerindeki kritik yüksek basınç noktalarında dinamik bir kontrol mekanizması kurulmalıdır. Hem pik talep saatlerinde hem de tüketimin minimal düzeye indiği dönemlerde, sistem basıncı; hidrolik gereksinimleri karşılayacak, önceden belirlenmiş sabit bir minimum değere (kritik nokta basıncı) düşürülmelidir. Bu yaklaşım, boru çeperindeki gerilmeyi standardize ederek sızıntı debilerinin kontrol dışı artışını engelleyecektir. Boru patlamalarının çoğu, boruların sürekli genişlemesine ve daralmasına neden olan basınç dalgalanmaları sonucu meydana gelir ve bu da stres kırıklarına neden olur. Dağıtım şebekesindeki basınç ne kadar yüksekse, şebekedeki patlamalar veya sızıntılar yüzünden o kadar çok su kaybolur. Şebekenin sabit ve optimize edilmiş bir basınç rejimi ile işletilmesi, boru hattı üzerindeki stresin minimize edilmesini sağlayarak günlük arıza frekansında belirgin bir düşüşe yol açacaktır. Arıza sayılarındaki bu azalma, işletme bütçesi üzerinde doğrudan etkili olan bakım-onarım ve tamir maliyetlerini aşağı çekecektir. Ayrıca, fiziki kayıpların şebeke basıncıyla olan regresyon ilişkisi nedeniyle, basıncın kontrol altına alınması sızıntı debilerinin ciddi oranda azalmasını ve su kayıplarının iyi yönetilmesini sağlayacaktır.

Kontrol vanaları, besleme hattında meydana gelen değişimlerden etkilenmeksizin, önceden belirlenmiş bir basınç, debi veya seviye değerini sistem içinde koruma görevini üstlenir. Bu vanalar, şebeke ekipmanlarının uzun ömürlü ve en iyi koşullarda çalışmasını sağlamanın yanı sıra, su kayıplarını azaltmaya doğrudan katkıda bulundukları için basınç yönetimi uygulamalarında hayati öneme sahiptirler.

Sayaç okuma verilerinin doğruluğu, bir su idaresinin gelir getiren su hacmini doğru hesaplaması için temeldir. Su idaresinin faturalandırma işlemlerinin doğruluğu, tahsilat performansını iyileştirir ve Su Dengesi tablosunun en kritik bileşenlerinden biri olan Tüketici Tarafındaki Kullanımın (tüketilen ve faturalandırılan su), gerçeğe en yakın şekilde hesaplanmasını sağlar. Çalışmanın yapıldığı bölgelerde sayaçların okunmadığına ve bir önceki ayın tüketim oranına göre gerçeği yansıtmayan bir şekilde belirtilen endekse binaen faturalandırma yapıldığına dair çok sayıda şikayet talebi olduğu bilgisi mahalle sakinlerinden edinilmiştir. Su idaresinin, manuel okuma hatalarını tamamen ortadan kaldırmak için Otomatik Sayaç Okuma sistemlerine geçiş yapması, sayaçların ömrü dolduğunda (genellikle 5-10 yıl) veya ölçüm hassasiyeti düştüğünde değiştirmesi, okuma yapan personelin sürekli eğitimi ve şüpheli okumaların otomatik sistemler aracılığıyla kontrolünü sağlaması, abone ve sayaç verilerinin CBS'ye entegre edilerek okuma yapılan yerin konumsal olarak doğrulanması sayaç okuma süreçlerinden kaynaklanan idari kayıpların en aza indirirken, fiziksel kayıpların (sızıntıların) tespiti ve yönetimi için daha doğru veriler elde edilmesini sağlayacaktır.

Tez çalışması kapsamında incelemesi yapılan Güzelyalı Siteler Mahallesi, Yeni Mahalle ve Yalı Mahallesi için geçmiş dönemde su kayıplarının tespiti ve azaltılması konularında çalışmalar gerçekleştirilmediği için sistem verileri Şubat 2024 itibari ile mevcuttur.

Güzelyalı Siteler Mahallesi, Yeni Mahalle ve Yalı Mahallesi için ILI değerleri sırasıyla 15,03, 0,36 ve 10,73 bulunmuş olup Dünya Bankasının yayınladığı fiziksel kayıplar hedef matrisine göre Güzelyalı Siteler Mahallesi ve Yalı Mahallesi, zayıf su kayıpları yönetim sınıfını ifade eden 'C' bandında yer almaktadır. Su kayıpları yönetiminin zayıf olduğu bu seviye, genellikle su kaynaklarının bol ve maliyetinin düşük olduğu bölgelerde görülür. Ancak sürdürülebilir yönetim için Gelir Getirmeyen Su (GGS) miktarını azaltmaya yönelik projelere hızla odaklanılması gereken kritik bir eşiktir. Yeni Mahallesi Dünya Bankasının yayınladığı fiziksel kayıplar hedef matrisine göre güçlü su kayıpları yönetim sınıfını ifade eden 'A' bandında yer almaktadır. Yeni Mahallede çarpık yapılaşma olmaması, yeni yerleşim alanlarına sahip olması nedeniyle bölgenin büyük bölümünün içme suyu şebeke hattının çok eski olmaması, alan olarak küçük olması ve abone sayısının az olmasının yanında genel olarak parsellerde site sayısının bulunması bu sonuca ulaşmamızdaki önemli etkenlerdendir.

Su idarelerinin teknik ve finansal kapasitelerindeki kısıtlar, sızıntı yönetiminde mutlak kesinliğe ulaşılmasını zorlaştırmaktadır. Bu durum, performans değerlendirme süreçlerinde kaçınılmaz bir 'belirsizlik payı' oluşturmaktadır. Stratejik hedef, bu belirsizlikleri tamamen yok

etmekten ziyade, iyileştirme maliyetinin elde edilecek su kazancıyla dengelendiği 'optimum ekonomik boyuta' kadar indirmek olmalıdır.

Noktasal bazlı olumsuzluk çözümünde büyük alanları yönetmek oldukça zordur. Bu sebeple gelecek yıllarda oluşturulacak yeni DMA ve PMA' lar planlanırken alan boyutu göz önünde bulundurulmalıdır.



KAYNAKÇA

- Abu-Mahfouz, A. M., Hamam, Y., Page, P. R., Adedeji, K. B., Anele, A. O., & Todini, E. (2019). Real-time dynamic hydraulic model of water distribution networks. *Water*, 11(3), 470.
- Akdeniz, T., & Muhammetoğlu, H. (2019). Antalya İçme Suyu Şebekesinin Bir Bölümünün Online İzleme (SCADA) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Araçları Kullanılarak Hidrolik Modellemesi. *Su Kaynakları*, 4(1), 12-22.
- Alkassseh, J. M., Adlan, M. N., Abustan, I., Aziz, H. A., & Hanif, A. B. M. (2013). Applying minimum night flow to estimate water loss using statistical modeling: a case study in Kinta Valley, Malaysia. *Water resources management*, 27(5), 1439-1455.
- Araujo, L. S., Ramos, H., & Coelho, S. T. (2006). Pressure control for leakage minimisation in water distribution systems management. *Water resources management*, 20(1), 133-149.
- AWWA Staff. (2011). *Internal corrosion control in water distribution systems*. American Water Works Association.
- Babić, B., Đukić, A., & Stanić, M. (2014). Managing water pressure for water savings in developing countries. *Water Sa*, 40(2), 221-232.
- Bal, U. (2023). *İçme suyu dağıtım sistemlerinde su kayıplarının azaltılması ve basınç yönetimi: Florya örneği*. (Yüksek lisans tezi) Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 501191533)
- BİKTİM, 2025. T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, Bursa İl Kültür Ve Turizm Müdürlüğü, 2023 Yıl sonu konaklama istatistikleri. <https://bursa.ktb.gov.tr/TR-358998/2023-konaklama-istatistikleri-yil-sonu.html> (Son Erişim tarihi: 17.12.2025)
- BUSKİ, 2024. Bursa su ve kanalizasyon idaresi genel müdürlüğü 2024-2025 performans ve faaliyet raporları.
- Cabrera, E., Pardo, M. A., Cobacho, R., & Cabrera Jr, E. (2010). Energy audit of water networks. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 136(6), 669-677.
- Choi, D. Y., Kim, J. H., Choi, M. A., & Kim, D. H. (2014). Impact assessment for water pressure and turbidity occurrence by changes in water flow rate of large consumer at water distribution networks. *Journal of Korean Society of Water and Wastewater*, 28(3), 277-286.
- Datwyler, T. T. (2012). Hydraulic modeling: pipe network analysis.

- Di Nardo, A., Di Natale, M., Giudicianni, C., Greco, R., & Santonastaso, G. F. (2017). Weighted spectral clustering for water distribution network partitioning. *Applied Network Science*, 2(1), 19.
- Durmuşçelebi, F. M. (2018). *Su Kayıplarının Azaltılması İçin İçmesuyu Dağıtım Sistemlerinin Rehabilitasyonu ve Fayda-Maliyet Analizi* (Yüksek lisans tezi) Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 513340)
- Farley, M., Wyeth, G., Ghazali, Z.B.M., Istandar, A., Singh, S. (2008). The Manager's Non-Revenue Water Handbook. A Guide to Understanding Water Losses. (Editors: van Dijk, N., Raksakulthai, V., Kirkwood, E.). 110
- Farley, M., & Liemberger, R. (2005). Developing a non-revenue water reduction strategy: planning and implementing the strategy. *Water Science and Technology: Water Supply*, 5(1), 41-50.
- Farley, M., & Trow, S. (2003). *Losses in water distribution networks*. IWA publishing.
- Farley, B., Mounce, S. R., & Boxall, J. B. (2010). Field testing of an optimal sensor placement methodology for event detection in an urban water distribution network. *Urban Water Journal*, 7(6), 345-356.
- Fırat, M., Yılmaz, S. & Bozkurt, C. (2021). Su kayıp yönetimi için temel hesaplama araçlarının geliştirilmesi ve temel su kayıp bileşenlerinin analizi. *GÜFBED/GUSTIJ* (2021) 11 (2): 405-416
- Fontana, M. E., & Morais, D. C. (2017). Water distribution network segmentation based on group multi-criteria decision approach. *Production*, 27(00), e20162083.
- Gülaydın, O. (2017). İçme suyu dağıtım şebekelerinde ekonomik su kayıpları seviyesinin belirlenmesi: Antalya Kaleiçi örneği. (Yüksek lisans tezi) Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 485006)
- Hamilton, S., Mckenzie, R., & Seago, C. 2006. A Review of Performance Indicators for Real Losses from Water Supply Systems. *Voda i Sanitarna Tehnika*, 36(6), 15–24.
- HGM, 2025. Harita Genel Müdürlüğü - Ulusal Haritacılık Kurumu, Atlas. <https://atlas.harita.gov.tr/#5/39/35> (Son Erişim tarihi: 17.12.2025)
- Hülagühanoglu, N. (2023). *İçme Suyu Şebekelerinde Kayıp Ve Kaçakların Zft Algoritması İle Belirlenmesi* (Yüksek lisans tezi) Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 795443)
- İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarını Kontrolü Yönetmeliği, 8 Mayıs 2014, Resmi Gazete No:28994.

- İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarını Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği, 16 Temmuz 2015, Resmi Gazete No:29418.
- Kanakoudis, V., Gonelas, K., & Makris, K. (2014). *Ex-ante evaluation of a pressure management pilot project in Kos Town water pipe network*.
- Karadirek, I. E., Kara, S. E. L. A. M. İ., Yilmaz, G. Ö. K. H. A. N., Muhammetoglu, A., & Muhammetoglu, H. (2012). Implementation of hydraulic modelling for water-loss reduction through pressure management. *Water Resources Management*, 26(9), 2555-2568.
- Karathanasi, I., & Papageorgakopoulos, C. (2016). Development of a leakage control system at the water supply network of the city of Patras. *Procedia engineering*, 162, 553-558.
- Kıran, S. (2018). Mevcut içme suyu dağıtım şebekesinin hidrolik model yardımıyla yönetimi (Yüksek lisans tezi) Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 507388)
- Klingel, P., & Knobloch, A. (2015). A review of water balance application in water supply. *Journal-American Water Works Association*, 107(7), E339-E350.
- Klingel, P., & Knobloch, A. (2015). Automated determination and evaluation of water losses in water distribution systems. *Water Science and Technology: Water Supply*, 15(6), 1414-1424.
- Koşucu, M. M., Albay, E., & Demirel, M. C. (2022). Extending EPANET Hydraulic Solver Capacity with Rigid Water Column Global Gradient Algorithm. *Journal of Hydro-Environment Research*, 42, 31–43. <https://doi.org/10.1016/j.jher.2022.04.002>
- Koşucu, M. M., & Demirel, M. C. (2022). Smart pressure management extension for EPANET: source code enhancement with a dynamic pressure reducing valve model. *Journal of Hydroinformatics*, 24(3), 642–658. <https://doi.org/10.2166/hydro.2022.172>
- Lambert, A. O., Brown, T. G., Takizawa, M. & Weimer, D., 1999. A Review of Performance Indicators for Real Losses from Water Supply Systems. AQUA, December.
- Lambert A.O. 2002. International Report: Water losses management and techniques. *Water Science and Technology: Water Supply*, 2(4), 1-20.
- Li, P., Qian, H., & Wu, J. (2018). Kuzeybatı Çin'deki Yinchuan Ovası'nda toprak tuzlanmasını azaltmak için yeraltı ve yüzey suyunun birleşik kullanımı. *Uluslararası Su Kaynakları Geliştirme Dergisi*, 34(3), 337-353.
- Liemberger, R., Brothers, K., Lambert, A., Mckenzie, R., Rizzo, A., & Waldron, T. 2007. Water Loss Performance Indicators. *Water* 21, September, 148–160.

- Liemberger, R., & Farley, M. (2004, September). Developing a nonrevenue water reduction strategy Part 1: Investigating and assessing water losses. In *Paper to IWA congress*.
- Liemberger, R. (2010). Recommendations for initial non-revenue water assessment. *IWA Water Loss, 1*, 1-13.
- Mckenzie, R. S., Wegelin, W., Mohajane, P., & Shabalala, S. (2007). Hidden benefits of public private partnerships: the case of water pressure management in Sebokeng. *TD: The Journal for Transdisciplinary Research in Southern Africa*, 3(2), 395-409.
- Muhammetoğlu, H., & Muhammetoğlu, A. (2017). İçme suyu temin ve dağıtım sistemlerindeki su kayıplarının kontrolü el kitabı. *TC Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü*.
- Olmuştür, M. M (2021). İçme Suyu Şebekelerinde Basınç Kırıcı Vananın Gerçek Zamanlı Kontrolünün Su Kayıpları Üzerine Etkisinin Model Analizi Ve Deneysel İncelenmesi (Yüksek lisans tezi) Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 690240)
- Önen, F., Aslan, B., & Hamidi, N. (2018). Diyarbakır Kenti içmesuyu ihtiyacının genetik ifadeli programlama ile modellenmesi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 9(2), 859-870.
- Rajakumar, A. G., Cornelio, A. A., & Mohan Kumar, M. S. (2020). Leak management in district metered areas with internal-pressure reducing valves. *Urban Water Journal*, 17(8), 714-722.
- Rossman, L.A. (2000). EPANET 2 User's Manual. United States Environmental Protection Agency, Water Supply and Water Resources Division, EPA/600/R-00/057.
- Samir, N., Kansoh, R., Elbarki, W., & Fleifle, A. (2017). Pressure control for minimizing leakage in water distribution systems. *Alexandria Engineering Journal*, 56(4), 601-612.
- Sangroula, U., Han, K. H., Koo, K. M., Gnawali, K., & Yum, K. T. (2022). Optimization of water distribution networks using genetic algorithm based SOP-WDN program. *Water*, 14(6), 851.
- Savaş, B. Ö. (2019). Denizli içme suyu dağıtım şebekesinin alt ölçüm bölgelerine ayrılıp basınç yönetiminin sağlanması ve su kayıplarının incelenmesi (Yüksek lisans tezi) Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 617310)
- Sınmaz, D. (2019). İçme Suyu Dağıtım Şebekelerinin Hidrolik Analizi Ve Su Kayıplarının Modellenmesi Üzerine Örnek Bir Çalışma (Yüksek lisans tezi) Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 557796)

- Silva, M. A., Amado, C., & Loureiro, D. (2018). Propagation of uncertainty in the water balance calculation in urban water supply systems—A new approach based on high-density regions. *Measurement*, 126, 356-368.
- Simbeye, I. 2010. Managing Non-Revenue Water. In in went: Capacity Building International (Vol. 7, Issue August).
- Songur, F. (2017). Şehir tarihi ve turizm: Bursa örneği. *International Journal of Social Inquiry*, 10(1).
- Swamee, P. K., & Sharma, A. K. (2008). *Design of water supply pipe networks*. John Wiley & Sons.
- Şen, E. (2020). Türkiye'deki içme suyu temin ve dağıtım sistemleri için hesaplanan standart su dengesi ve performans indikatörlerine yönelik belirsizlik incelemesi.
- Tian, Y., Gao, J., Chen, J., Xie, J., Que, Q., Munthali, R. M., & Zhang, T. (2023). Optimization of pressure management in water distribution systems based on pressure-reducing valve control: Evaluation and case study. *Sustainability*, 15(14), 11086.
- TÜİK, 2025. Türkiye istatistik Kurumu, İstatistik veri portalı. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Nufus-ve-Demografi-109> (Son Erişim tarihi: 17.12.2025)
- Yılmaz, G. 2011. Antalya-Konyaaltı Su Dağıtım Şebekesi Alt Bölgelerinde Toplam Su Kayıplarının Bileşenlerinin Değerlendirilmesi. (Yüksek lisans tezi) Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 316127)
- Yüksel, İ., Songur, M., & Demirel, İ. H. (2018). Diyarbakır içme suyu şebekesindeki su kayıplarını önlemek için hidrolik yöntem geliştirme. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 9(1), 535-542.