İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YEŞİLIRMAK HAVZASI'NDAKİ DURGUN SU KÜTLELERİNİN ÖZÜMLEME KAPASİTELERİNİN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ruken Zilan ARSLAN

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Bilimleri, Mühendisliği ve Yönetimi Programı

Aralık 2018

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YEŞİLIRMAK HAVZASI'NDAKİ DURGUN SU KÜTLELERİNİN ÖZÜMLEME KAPASİTELERİNİN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ruken Zilan ARSLAN
(501161717)

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Bilimleri, Mühendisliği ve Yönetimi Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Melike GÜREL

Aralık 2018

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501161717 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Ruken Zilan ARSLAN, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "YEŞİLIRMAK HAVZASI'NDAKİ DURGUN SU KÜTLELERİNİN ÖZÜMLEME KAPASİTELERİNİN BELİRLENMESİ" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı :	**Prof. Dr. Melike GÜREL** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
Jüri Üyeleri :	**Doç. Dr. Alpaslan EKDAL** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
	Doç. Dr. Ali ERTÜRK İstanbul Üniversitesi	.....

Teslim Tarihi : 14.11.2018
Savunma Tarihi : 19.12.2018

Aileme,

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez çalışmam boyunca bilgi ve desteği ile yanımda olan, bu süreç içerisinde anlayış ile sıkıntılarıma çözüm bulan ve yeri geldiğinde anne şefkatiyle yol gösteren değerli tez danışmanım Prof. Dr. Melike GÜREL'e,

Tez sürecinde değerli katkılarından dolayı jüri üyelerim Doç. Dr. Ali ERTÜRK ve Doç. Dr. Alpaslan EKDAL'a, yardımlarından kaynaklı Ar. Gör. Gökhan CÜCELOĞLU'na,

Proje boyunca ve tez çalışmamın her aşamasında bilgi, yardım ve destekleri ile Mehmet KALFAZADE, Burak KAYNAROĞLU'na ve her konuda bulunmuş olduğu desteğinden dolayı Bengisu ÇİFTÇİOĞLU'na,

Durgun Sularda Özümleme Kapasitesinin Belirlenmesi ve Su Kalitesinin İyileştirilmesi Projesi kapsamında çalışmayı destekleyen Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü çalışanlarına,

İstanbul'daki yeni hayatım süresince yanımda olan ve desteklerini her zaman hissettiğim Esra Gülvin GÜZELSOY ve Suat GÜZEL'e,

Yaşamım boyunca her zaman yanımda olan ve yaptıkları tüm fedakarlıklardan dolayı sevgili annem Münasip ARSLAN, babam Mücahit ARSLAN ve kardeşlerim Harun Fesih ARSLAN, Mahsun Baki ARSLAN'a en derin duygularım ile teşekkür ediyorum.

.

Aralık 2018

Ruken Zilan ARSLAN

(Çevre Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **vii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
KISALTMALAR ..... **xi**
SEMBOLLER ..... **xiii**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xv**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xvii**
ÖZET ..... **xix**
SUMMARY ..... **xxi**
1. GİRİŞ **1**
1.1. Çalışmanın Anlam ve Önemi 2
1.2. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı 3
2. ÖZÜMLEME KAPASİTESİ **5**
3. ÇALIŞMA ALANI **15**
3.1. Genel Bilgiler ve Coğrafi Durum 15
3.2. Sosyo – Demografik Yapı 17
3.3. Arazi Kullanımı 18
3.4. Su Kaynakları 21
4. MATERYAL VE METOT **25**
4.1. Modelleme Çalışmaları 25
4.1.1. Su bütçesinin belirlenmesi 25
4.1.2. Özümleme kapasitesinin belirlenmesi 29
4.2. Noktasal Kirletici Kaynakların Yüklerinin Hesaplanması 40
4.2.1. Atıksu arıtma tesislerinden gelen yükler 40
4.2.2. Kentsel doğrudan deşarjlardan gelen yükler 41
4.2.3. Endüstriyel deşarjlardan gelen yükler 41
4.3. Yayılı Kirletici Kaynakların Yüklerinin Hesaplanması 41
4.3.1. Orman alanlarından gelen yükler 42
4.3.2. Mera alanlarından gelen yükler 42
4.3.3. Kentsel yerleşim bölgelerinden gelen yükler 43
4.3.4. Kırsal yerleşim bölgelerinden gelen yükler 43
4.3.5. Gübreden kaynaklı gelen yükler 43
4.3.6. Hayvancılık kaynaklı oluşan yükler 45
4.3.7. Katı atık düzensiz depolama sahalarından gelen yükler 46
4.3.8. Fosseptik kaynaklı oluşan yükler 46
4.3.9. Su ürünlerinden gelen yükler 46
5. SONUÇLAR **47**
5.1. Aşağıtepecik (Gölova) Gölü 50
5.2. Gölova-I Barajı 50
5.3. Şerefiye Göleti 51
5.4. Zinav Gölü 51

5.5. Artova Barajı 52
5.6. Dutluca Göleti 53
5.7. Uyuz Gölü 53
5.8. Alaca Barajı 54
5.9. Akören Gölü 54
5.10. Boztepe Barajı 55
5.11. Kaz Gölü 55
5.12. Gediksaray Göleti 55
5.13. Doğantepe Göleti 56
5.14. Merzifon Alişar Göleti 56
5.15. Sarıbuğday Göleti 57
5.16. Çitli Göleti 58
5.17. Hacıdede Göleti 58
5.18. Ziyaret Göleti 58
5.19. Yedikır Barajı 59
5.20. Perşembe Yaylası Göleti 59
5.21. Hasan Uğurlu Barajı 60
5.22. Suat Uğurlu Barajı 61
5.23. Çakmak Barajı 61
5.24. 19 Mayıs Göleti 62
5.25. Simenlik Gölü 62
6. DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER 63
KAYNAKLAR 65
EKLER 69
ÖZGEÇMİŞ 121

KISALTMALAR

CORINE **:** Coordination of Information on the Environment

TN **:** Toplam Azot

TP **:** Toplam Fosfor

YSKY **:** Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği

WEAP **:** Water Evaluation and Planning

SÇD **:** Su Çerçeve Direktifi

OECD **:** The Organisation for Economic Co-operation and Development

SEMBOLLER

L(P) : Deşarj edilen fosfor yükü (mg P/m^2/yıl)

Tw : hidrolik bekletme süresi (yıl)

[P] : Göldeki ortalama fosfor konsantrasyonu (mg /m3)

$[P]_i$: Girişteki ortalama fosfor konsantrasyonu (mg /m3)

L_P : Alansal TP yükleme oranı (mg TP m2/yıl)

L_N : Alansal TN yükleme oranı (mg TN m2/yıl)

z : Ortalama göl derinliği (m)

α : Gölde birinci derece TN kayıp katsayısı (1/yıl)

p : Gölün yenilenme hızı (yıl)

TP : Göldeki TP konsantrasyonu (mg/m3)

W' : Toplam fosfor girişi (kg/yıl) (Q x TPin)

Q : Çıkış debisi (m3/yıl)

A_L : Gölün yüzel alanı (m2)

v : TP içeren partiküllerin çökelme hızı (m/yıl)

P : Göldeki ortalama fosfor konsantrasyonu (g/m3)

L : Alansal fosfor yükleme oranı (g/m2/yıl)

σ : Gölde birinci derece fosfor kayıp katsayısı (1/yıl)

R_P : Gölün P tutma oranı, katsayısı (birimsiz)

qs : Alansal hidrolik yükleme oranı (Q/AL)(m/yıl)

V_{akarsu} : Akarsu hacmi

L_{akarsu} : Akarsu uzunluğu

B_{akarsu} : Akarsu genişliği

D_{akarsu} : Akarsu derinliğidir.

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Trofik seviye indikatörleri **5**
Çizelge 2.2 : Carlson (1977) trofik durum indeksi (TSI) tablosu **6**
Çizelge 2.3 : Çeşitli arazi kullanım faaliyetlerinin literatürdeki birim kirlilik yükleri **8**
Çizelge 2.4 : Hayvancılık kaynaklı birim kirlilik yükleri **9**
Çizelge 2.5 : Göl, gölet ve baraj gölleri ötrofikasyon kriterleri (YSKY, 2016) **9**
Çizelge 2.6 : Yük – konsantrasyon ilişkisi modelleri **12**
Çizelge 3.1 : İllerin havza nüfusuna bağlı dağılımı **17**
Çizelge 3.2 : Yeşilırmak Havzası'nda bulunan illerin havza içerisindeki alansal dağılımları **18**
Çizelge 3.3 : Yeşilırmak Havzası'nın arazi kullanım alanları **21**
Çizelge 3.4 : Yeşilırmak Nehri ve ana kollarına ait bilgiler **22**
Çizelge 4.1 : Hesap Tablosu'nda yer alan yayılı ve noktasal kaynaklar **33**
Çizelge 4.2 : Orman alanları için alınan birim yükleri **42**
Çizelge 4.3 : Mera alanları için alınan birim yükler **43**
Çizelge 4.4 : Kentsel yerleşim bölgeleri için alınan birim yükler **43**
Çizelge 4.5 : Kırsal yerleşim bölgeleri için alınan birim yükler **43**
Çizelge 4.6 : Hayvancılık yayılı yükünde alınan birim yükler **46**
Çizelge 4.7 : Düzensiz depolama sahalarında alınan kirlilik yükleri **46**
Çizelge 5.1 : Özümleme kapasitesi aşılmış durgun su kütleleri **49**
Çizelge 5.2 : Aşağıtepecik (Gölova) Gölü özümleme kapasitesi özet hesabı **50**
Çizelge 5.3 : Gölova-I Barajı özümleme kapasitesi özet hesabı **51**
Çizelge 5.4 : Şerefiye Göleti özümleme kapasitesi özet hesabı **51**
Çizelge 5.5 : Zinav Gölü özümleme kapasitesi özet hesabı **52**
Çizelge 5.6 : Artova Barajı özümleme kapasitesi özet hesabı **52**
Çizelge 5.7 : Dutluca Göleti özümleme kapasitesi özet hesabı **53**
Çizelge 5.8 : Uyuz Gölü özümleme kapasitesi özet hesabı **53**
Çizelge 5.9 : Alaca Barajı özümleme kapasitesi özet hesabı **54**
Çizelge 5.10 : Akören Gölü özümleme kapasitesi özet hesabı **54**
Çizelge 5.11 : Boztepe Barajı özümleme kapasitesi özet hesabı **55**
Çizelge 5.12 : Kaz Gölü özümleme kapasitesi özet hesabı **55**
Çizelge 5.13 : Gediksaray Göleti özümleme kapasitesi özet hesabı **56**
Çizelge 5.14 : Doğantepe Göleti özümleme kapasitesi özet hesabı **56**
Çizelge 5.15 : Merzifon Alişar Göleti özümleme kapasitesi özet hesabı **57**
Çizelge 5.16 : Sarıbuğday Göleti özümleme kapasitesi özet hesabı **57**
Çizelge 5.17 : Çitli Göleti özümleme kapasitesi özet hesabı **58**
Çizelge 5.18 : Hacıdede Göleti özümleme kapasitesi özet hesabı **58**
Çizelge 5.19 : Ziyaret Göleti özümleme kapasitesi özet hesabı **59**
Çizelge 5.20 : Yedikır Barajı özümleme kapasitesi özet hesabı **59**
Çizelge 5.21 : Perşembe Yaylası Göleti özümleme kapasitesi özet hesabı **60**
Çizelge 5.22 : Hasan Uğurlu Barajı özümleme kapasitesi özet hesabı **60**

Çizelge 5.23 : Suat Uğurlu Barajı özümleme kapasitesi özet hesabı..... **61**
Çizelge 5.24 : Çakmak Barajı özümleme kapasitesi özet hesabı..... **61**
Çizelge 5.25 : 19 Mayıs Göleti özümleme kapasitesi özet hesabı..... **62**
Çizelge 5.26 : Simenlik Gölü özümleme kapasitesi özet hesabı **62**

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Yayılı ve noktasal kirletici kaynaklar **7**
Şekil 3.1 : Yeşilırmak Havzası idari yapısı, il, ilçe ve havza sınırları **15**
Şekil 3.2 : Yeşilırmak Havzası yükseklik haritası **16**
Şekil 3.3 : CORINE 2012 verisine göre Yeşilırmak Havzası'nın Arazi Örtüsü haritası **20**
Şekil 3.4 : Yeşilırmak Havzası arazi kullanım dağılımı **21**
Şekil 3.5 : Yeşilırmak Nehri ve kolları haritası **23**
Şekil 3.6 : Yeşilırmak Havzası'nda bulunan durgun su kütleleri **24**
Şekil 4.1 : Köse Barajı'na ait örnek modüller **27**
Şekil 4.2 : Yeşilırmak Havzası'na ait WEAP modelinin gösterimi **28**
Şekil 4.3 : Gözlenen ve modellenen akım değerlerinin karşılaştırılması **29**
Şekil 4.4 : Model tarafından hesaplanan ve gözlenen yıllık ortalama akım **29**
Şekil 4.5 : Özümleme kapasitesi model akış şeması **30**
Şekil 4.6 : Tepki matrisinin hesap tablosunda gösterimi **34**
Şekil 4.7 : Memba yükleri matrisinin hesap tablosunda gösterimi **36**
Şekil 4.8 : Su kütlesine membasından gelen yük hesabı **37**
Şekil 4.9 : Akarsu su kütlelerine ait girilen veriler **37**
Şekil 4.10 : Hesap tablosu tarafından hesaplanan toplam azot ve toplam fosfor konsantrasyonlarının Excel'de gösterimi **39**
Şekil 4.11 : Yeşilırmak Havzası'nda bulunan atıksu arıtma tesisleri **40**
Şekil 4.12 : Yeşilırmak Havzası'nda bulunan endüstriyel deşarj noktaları **41**
Şekil 4.13 : Yeşilırmak Havzası gübre kullanımdan kaynaklanan yayılı TN yükü **44**
Şekil 4.14 : Yeşilırmak Havzası gübre kullanımdan kaynaklanan yayılı TP yükü **45**
Şekil 5.1 : Toplam azot yükü için elde edilen kalibrasyon grafiği **48**
Şekil 5.2 : Toplam fosfor yükü için elde edilen kalibrasyon grafiği **48**

YEŞİLIRMAK HAVZASI'NDAKİ DURGUN SU KÜTLELERİNİN ÖZÜMLEME KAPASİTELERİNİN BELİRLENMESİ

ÖZET

Kentsel ve endüstriyel atıksular, tarım, orman alanları ve hayvancılık faaliyetlerinden gelen yüzeysel akış suları, su kütlelerini fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak doğrudan veya dolaylı bir şekilde etkileyerek mevcut su kalitesini değiştirmektedir. Noktasal ve yayılı kirletici yükleri drenaj alanı içerisinde mansaba doğru taşınmakta ve havza büyüklüğüne bağlı olarak, drenaj alanında birden fazla su kütlesi olabilmektedir. Su kütlesinin kendi drenaj alanı içerisinde de kirletici yükleri membadan mansaba doğru aktarılmaktadır. Böylece durgun su kütlelerine gelen yükler; noktasal yükler, yayılı yükler ve membadan kaynaklı gelen yükler olmak üzere üçe ayrılmaktadır.

Taşınan besi maddesi yükleri taşınım ve dönüşüm süreçlerinden geçerek, su kütlesinin özümleme kapasitesinin aşılmasına bağlı olarak ötrofikasyona sebep olabilmektedir. Ötrofikasyonun doğal süreci jeolojik zamanda yavaş gerçekleşmektedir; fakat antropojenik faaliyetler ile bu süreç hızlanabilmektedir. Durgun su kütlelerinde toplam azot ve toplam fosfor özümleme kapasitelerinin belirlenmesi, ötrofikasyonun önlenmesi ve sucul yaşamın korunması bakımından önemlidir. Bu sebeple ötrofikasyonun akarsu, göl, gölet ve baraj ekosistemeleri üzerindeki etkilerini tahmin edebilmek için modellere ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun yanı sıra özümleme kapasitesi ile durgun su kütlelerindeki besi maddelerinin konsantrasyonları, mevcut durum ve baskılara karşı alınacak tedbirler ile ilgili senaryo analizleri de yapılmaktadır.

Yeşilırmak Havzası, Karadeniz'e Yeşilırmak Nehri ile drene olan Türkiye'deki 26 havzadan biridir. Havza, Türkiye'nin yaklaşık %5'ini ve yaklaşık olarak 40.000 m^2'lik bir alanı kaplamaktadır. Havzanın ana nehri olan Yeşilırmak; Kelkit Çayı, Çekerek Çayı ve Çorum Çayı gibi yan kollar ile havza 5,80 milyar m^3 su potansiyeline sahiptir. 2017 nüfus sayımı verilerine göre, havza nüfusu 2.728.147'dir. CORINE 2012 verilerine göre Yeşilırmak Havzası'nın %44'ü tarım arazisi, %37 orman alanı ve yaklaşık %19 mera ve çayır alanından oluşmaktadır.

Bu çalışmada Yeşilırmak Havzası'nda bulunan durgun su kütlelerinin, Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde yer alan Tablo 9'daki su kalitesi ölçütlerine karşılık gelen mezotrofik duruma ulaşmasını sağlamak amacıyla özümleme kapasiteleri belirlenmiştir. Bu su kütlelerinin mevcut besi maddesi yükleri (Toplam Azot ve Toplam Fosfor) altında özümleme kapasitesinin aşılıp aşılmadığı, aşılmışsa ne kadar yük azaltımının gerekli olduğu hesaplanmıştır.

Özümleme kapasitesi hesabının yapılabilmesi için çalışma kapsamında Yeşilırmak Havzası'nda bulunan akarsu ve durgun su kütlelerindeki su bütçesi hesaplarını ve durum değişkenleri olarak toplam azot ve toplam fosfor bileşenlerini içeren bir model Excel'de hesap tablosu formatında oluşturulmuştur. Yeşilırmak Havzası su bütçesinin belirlenmesi amacıyla WEAP modeli kullanılarak hidrolojik analizi yapılmıştır.

Bunun yanı sıra Yeşilırmak Havzası'nda bulunan noktasal ve yayılı kirleticilerin birim yükleri hesaplanarak, hesap tablosuna girilmiştir. Kentsel ve endüstriyel atıksu deşarjları noktasal kirlilik; tarım, hayvancılık faaliyetleri, orman ve mera gibi arazi kullanımından kaynaklı yükler ise yayılı kirlilik şeklinde ayrılmıştır. Geliştirilen bu model ile taşınım-dönüşüm süreçleri ve su kalitesi kinetiğini içeren matrisler kullanılarak su kütlelerinin özümleme kapasiteleri hesaplanmıştır.

Yeşilırmak Havzası'nda 134 adet su kütlesi belirlenmiş olup, bunlardan 53 adedi durgun su kütlesi, 81 adedi ise akarsu su kütlesidir. Yapılan çalışma sonucunda 25 durgun su kütlesinin özümleme kapasitelerini aştığı tespit edilmiştir. Kapasiteleri aşılmış bu durgun su kütlelerine gelen yayılı, noktasal ve memba yükü yüzdeleri belirlenmiştir. Alınacak tedbirler ile özümleme kapasitesi aşılmış durgun su kütlelerini ötrofik durumdan mezotrofik duruma doğru iyileştirmek amacıyla ne kadar yük azaltımı gerektiği hesaplanmıştır. Gelecekte model su kütlelerindeki tabakalaşmayı da dikkate alabilecek şekilde geliştirilebilinir.

DETERMINATION OF ASSIMILATIVE CAPACITIES OF STAGNANT WATER BODIES OF YESILIRMAK BASIN

SUMMARY

The runoff from urban and industrial wastewater, agriculture, forest areas and livestock activities change the existing water quality by directly or indirectly effect to body of water physically, chemically and biologically. Point and nonpoint pollutant loads are transported to the downstream and depending on width of the basin, there may be more than one water body in the drainage area of the stagnant water body. For this reason, the pollutant loads of water body within its own drainage area are transferred from upstream to downstream. Thus, the loads that come to the stagnant water bodies are divided into three, such as point loads, nonpoint loads and upstream.

The transported nutrient loads cause eutrophication, depending on the capacity of the water body to exceed the assimilation capacity. Excessive increase in total nitrogen and total phosphorus pollution parameters in water bodies causes water quality deterioration in connection with eutrophication. Eutrophication causes problems such as algae bloom, deterioration of aquatic life, decreasing dissolved oxygen and decreasing light transmission. The natural process of eutrophication is slow in geological time but this process can be accelerated through anthropogenic activities.

Assimilation capacity; in the Regulation on Surface Water Quality Management, it is expressed as "the capacity of the water body to take all pollutans without damaging the aquatic organisms or the people consuming water to return to the unpolluted state. Determining the assimilation capacity of total nitrogen and total phosphorus in stagnant water bodies is important for preventing eutrophication and protecting aqutaic life. With the calculated assimilation capacity, identified the water body has a tolerance to total nitrogen and total phosphorus pollutant. For this reason, models are needed to predict the effects of eutrophication on river, lake, pond and dam ecosystems. In addition to this, scenario analysis related to assimilation capacity and current situation and measures to be taken against pressures are also made.

Yesilirmak Basin is one of the 26 basins in Turkey, which discharges into the Black Sea with the Yesilirmak River. The basin covers a portion of 5% of Turkey with approximately 40,000 km^2. Yesilirmak, the main river of the basin; the branch river with Kelkit River, Cekerek Stream and Corum Stream has 5.80 billion m^3 of water potential. According to 2017 census data, the basin population is 2,728,147. According to CORINE 2012 data, 44% of Yesilirmak Basin is composed of agricultural land, 37% forest area and approximately 19% of pasture and meadow area.

In order to determine the assimilation capacity of stagnant water bodies in Yesilirmak Basin, it was ensured to reach the mesotrophic state corresponding to the water quality criteria in Table 9 of the Regulation on Surface Water Quality. It is assumed that the water bodies in the basin are completely mixed and steady state conditions. It has been assumed that the pollutants are reduced with first degree degradation kinetics in the

model of assimilation capacity. It is calculated how much deviation of these water bodies from the assimilation capacity in the case of the current nutrient loading or what should be the nutrient loading to reach assimilation capacity of these water bodies. To measure the accuracy of the model, comparisons were made with the measured data in the field. The assimilation capacities of the modeled water bodies were calibrated with the total nitrogen and total phosphorus concentrations measured in the field.

Hydrological analysis was determined by using WEAP model in order to calculatethe water budget of Yesilirmak Basin. In the basin, between the years 2000-2017, the data of the water budget components were obtained by taking the average of the hydrological model data of the water bodies. The WEAP model was set up by taking into account water bodies in the basin, dam characteristics (elevation – volume curves, dam operating data, evaporation data), water transfers, drinking water requirements, agricultural irrigation and point discharges.

The pollutant loads from the water body/bodies at the upstream of the water body, point and nonpoint constitute the total load. Point sources are urban direct, industrial and wastewater treatment plants discharges. Nonpoint sources are fertilizer, livestock activities, forest land, pasture land, urban settlement drainage, rural settlement drainage, septic tanks, solid waste areas and seafood. Topographic and geological conditions, environmental impacts and the size of the drainage area are the main factors of the nonpoint pollution level.

To calculate the assimilation capacity, a spreadsheet format has been created in Excel, which includes water budget of rivers and stagnant water bodies in Yesilirmak Basin and total nitrogen and total phosphorus components as state variables. In addition, the unit loads of point and nonpoint pollutants in Yesilirmak Basin were calculated and entered into the spreadsheet. With this spreadsheet model, the assimilation capacity of the stagnant water bodies' are calculated by using the matrices, including convection–transformation processes and water quality kinetics. One of these matrices is response matrix and the other is the matrix of upstream loads. The response matrix is the algebraic state of the internal interactions within the system and describes the response of the water body to external influences.

In the Yesilirmak Basin, 134 water bodies were determined, of which 53 were stagnant and 81 were river water bodies. As a result of the study, it was observed that 25 stagnant water bodies exceeded their assimilation capacities. In terms of total nitrogen, the extraction capacity of 5 lakes, 7 ponds and 4 dams was exceeded. On the other hand, in terms of total phosphorus, the extraction capacity of 6 lakes, 8 ponds and 6 dams was exceeded. It has been determined that the dominantly pollutant load transported to these stagnant water bodies whose capacities are exceeded is nonpoint, point or upstream loading. With these determined loads, the source of total nitrogen or total phosphorus pollutant load and the load reduction required to reach assimilation capacity was detected.

By determining the source of the total nitrogen or total phosphorus pollutant load and determining the load reduction required to exceed the assimilation capacity, the water bodies are expected to recover from the eutrophic situation to the mesotrophic state. Thus, it will be possible to determine the measures to be taken in order to reduce the total incoming loads and to improve the water quality of stagnant water which is not exceeded but at risk. In the future, the model can be developed to take account of the stratification of water bodies. In this study, it has been studied in a single basis and it

can be developed in the future in order to take into account the stratification in water bodies.

1. GİRİŞ

Plansız endüstrileşme ve kentleşme, bilinçsiz bir şekilde tarımda kullanılan ilaçlar ve gübreler, kentsel ve endüstriyel atıksuların uygun kriterler sağlanmadan alıcı ortama verilmesi sonucu su kütlelerinin kirlenmesine yol açmakta. Fakat bazı kıyı bölgelerinde ise alanın jeomorfolojisi, gel-git dalgalarının şekli, sistemin ortalama su derinliği gibi doğal olaylar sonucunda organik maddenin mineralizasyonun artışı ve oksijen konsantrasyonun azalışı ile de ötrofikasyon oluşmaktadır (Ekdal, 2008).

Kentsel ve endüstriyel atıksu deşarjları noktasal kirliliğe; tarım, hayvancılık faaliyetleri, orman ve mera gibi arazi kullanımından kaynaklı yükler ise yayılı kirliliğe sebep olmaktadır. Dolayısıyla su kalitesini etkileyen noktasal ve yayılı kirletici kaynaklar havza ölçeğinde belirlenip gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir. Noktasal kaynaklar arıtılarak havza içerisinde önlemi alınabilinmektedir. Fakat yayılı kirleticilerin oluşumundan sonra kontrolü zor olduğundan, kaynağında tedbirlerin alınması gerekmektedir.

Avrupa Birliği noktasal ve yayılı kirletici kaynakların akarsu ve durgun su kütlelerine olan etkisinin kontrolü için uygulamalar tanımlamaktadır. Su kaynaklarının kirliliğinin önlenmesi ve tedbirlerinin alınması amacıyla çıkarılan en önemli direktiflerden olan Su Çerçeve Direktifi (SÇD) 23 Ekim 2000 tarihinde yürürlüğe girmiştir. SÇD'nin en önemli tanımlarından biri olan "Nehir Havza Yönetimi" kavramını ve uygulama yöntemlerini açıklamış olmasıdır. En önemli hedef olarak ise Avrupa'da bulunan su kütlelerinin, ekolojik ve kimyasal bakımdan iyi duruma getirilmesi için nehir havza planlarının ve tedbirlerinin nehir havza ölçeğinde karakterizasyonun belirlenmesidir (Abay, 2008).

Su kalitesi yönetiminin başlıca iki önlemi; mevcut kirliliğin azaltılması ve oluşabilecek yeni kirliliğe engel olunmasıdır. Birinci önlem, hiçbir şekilde kullanılmayacak derecede kirlenmiş su kütlelerinde düzenlemeler yapılması ve ikinci önlem olarak ise kirlilik düzeyi su kalitesi standartlarına uygun olan (özümleme kapasitesi aşılmamış) su kütlelerinin kullanılmayacak halde kirlenmesinin önlenmesidir (Karpuzcu, 2011).

Su kütlelerinin besi maddeleri açısından zenginleşmesi sonucu ötrofikasyon problemi ortaya çıkmakta olup bu problem bütün dünyada önemli bir su kalitesi problemidir. Yapılan çalışmalarda Asya'daki göllerin %54'ünün; Avrupa'daki göllerin% 53'ünün, Kuzey Amerika'dak göllerin % 48'inin; Güney Amerika'daki göllerin %41'inin ve Afrika'daki göllerin %28'inin ötrofik olduğu belirtilmiştir (Nyenje ve diğ, 2010). Su kütlelerinin doğal proseslerle daha uzun bir sürede ötrofikasyonu mümkündür (Ekdal, 2008) ancak çoğunlukla insan faaliyetleri sonucu yüzeysel sulara ulaşan toplam azot ve toplam fosfor özümleme kapasitesinin aşılmasına bağlı olarak su kütlelerinin ötrofikasyonunu hızlandırmaktadır (UNEP, 1990). Ötrofikasyon su kalitesinin bozulmasına, sudaki besin ağının modifikasyonuna ve sucul ekosisteme yönelik tehditlere sebep olmaktadır (Yu ve diğ., 2018).

Ötrofikasyonun akarsu, göl, gölet ve baraj ekosistemeleri üzerindeki etkilerini tahmin edebilmek için su kalitesi modelleri kullanılmaktadır. Durgun sularda görülen ötrofikasyonun önlenmesi amacıyla besi yükleri açısından özümleme kapasitelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Özümleme kapasitesi; su kütlesinin, gelen yayılı ve noktasal besi yükleri ne kadar tolere edebileceğini göstermektedir. Bu sebeple durgun suların özümleme kapasitelerinin belirlenmesi ile su kaynaklarının sürdürülebilir bir halde kullanımı amaçlanmaktadır. Toplam azot ve toplam fosfor özümleme kapasiteleri aşmış durgun suların iyileştirilmesi amacıyla gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir.

1.1. Çalışmanın Anlam ve Önemi

Hızlı nüfus arışı ile artan ihtiyaçlar sonucunda çevrede oluşan kirletici miktarları artmaktadır. Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi (SÇD) ile, su kaynaklarının havza bazlı bütünleşik yönetimi amaçlanmakta, bu yaklaşım ile su kütlelerinde istenilen su kalitesi hedefine ulaşılmasına çalışılmaktadır. Su kütlelerinde toplam azot ve toplam fosfor parametrelerinin aşırı miktarda artması ötrofikasyon ile bağlantılı olarak su kalitesinin bozulmasına sebep olmaktadır. Ötrofikasyon; aşırı alg çoğalması, sucul yaşamın olumsuz etkilenmesi, çözünmüş oksijenin azalması ve ışık geçirgenliğinin azalması gibi problemlere neden olmaktadır. Özellikle baraj, gölet ve göller gibi durgun sularda gözlemlenen ötrofikasyonun önlenmesi amacıyla özümleme kapasitelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Hesaplanan özümleme kapasitesi ile, su kütlelerinin tolere edebileceği toplam azot ve toplam fosfor yükleri bulunmaktadır.

Özellikle özümleme kapasitesinin aşılmış olduğu göllerde yük azaltımı ile ilgili tedbirlerin alınması gerekmektedir.

1.2.Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

Yapılan çalışmada, Yeşilırmak Havzası'nda bulunan su kütlelerinde kirletici kontrolü ve ötrofikasyonun önlenmesi amacıyla geliştirilen ve özümleme kapasitesi hesabı yapan model kullanılmış, durgun su kütlelerinde mevcut besi maddesi yükleri altında özümleme kapasitesinin aşılıp, aşılmadığı ve teorik olarak özümleme kapasitesinin aşılmaması için yüklerin ne kadar azaltılması gerektiği hesaplanmıştır. Ötrofik veya ötrofikasyon riski taşıyan durgun sularda alınacak olunan tedbirler ile mezotrofik duruma gelmesi, oligotrofik durumdaki durgun suların ise korunması amaçlanmaktadır.

Türkiye'de bulunan 26 havzadan biri olan Yeşilırmak Havzası, sularını Yeşilırmak Nehri ile Karadeniz'e boşaltmaktadır ve Türkiye'nin %5'lik kısmını kapsamaktadır. Havza içerisinde 4 il merkezi (Tokat, Amasya, Çorum, Samsun) ile, 194 belediye/belde bulunmaktadır (HKEP, 2010). 2017 nüfus sayımına göre ise havza nüfusu 2.728.147 kişidir (TÜİK, 2017). CORINE 2012 verisine göre Yeşilırmak Havzası'nın %44'ü tarımsal, %37'si orman alanı ve yaklaşık %19'luk kısım ise mera ve çayır alanı oluşturmaktadır. Çalışma kapsamında;

Yeşilırmak Havzası içerisinde kalan yerleşim yerleri, endüstriyel sanayi, atıksu arıtma tesisleri, tarım alanı, hayvancılık faaliyetleri drenaj alanlarına göre ayrılarak, toplam azot ve toplam fosfor yüklerinin hesabı yapılmıştır. Gelen noktasal ve yayılı yükler, ilgili drenaj alanı içerisinde kalan su kütlesinin özümleme kapasitesi hesaplanmak üzere bu çalışma kapsamında geliştirilen hesap tablosuna girilmiştir.

Çalışmanın birinci bölümü giriş bölümüdür. Tez çalışmasının anlam ve önemine, amaç ve kapsamına yer verilmiştir.

İkinci bölümde; durgun su kütlelerinin trofik durumu tanımlanarak, karşılaştırma yapmak amacıyla sınıflandırmaları açıklanmıştır. Noktasal ve yayılı kirletici kaynakların önemi vurgulanarak, birim yük hesapları için literatürde bulunan değerlere yer verilmiştir. Bunun yanı sıra geliştirilen hesap tablosu için yapılan çalışmalardan bahsedilmiştir.

Üçüncü bölümde; Yeşilırmak Havzası hakkında genel bilgiler ve coğrafi konumu hakkında bilgi verilmiş, sosyo-demografik yapı, arazi kullanımı ve su kaynakları gibi çalışma alanının özelliklerinden bahsedilmiştir.

Dördüncü bölümde; su bütçesinin belirlenmesi için kullanılan hidrolojik modelleme ve özümleme kapasitesinin hesaplanması için geliştirilen hesap tablosu hakkında bilgiye yer verilmiştir. Bunun yanı sıra noktasal ve yayılı kirletici yüklerin hesabı gösterilmiştir.

2. ÖZÜMLEME KAPASİTESİ

Ötrofikasyon, sucul ortama deşarj edilen kirlilik yükünün, alıcı ortamın özümleme kapasitesini aşması ile yüzeysel sularda fotosentez kaynaklı aşırı organik madde birikmesi ve su kalitesinin değişimi ile ortaya çıkmaktadır. Su değişiminin az ve su kütlesinin sığ olması, mevsimsel tabakalaşma ötrofikasyona olan duyarlılığın artmasındaki temel faktörlerdendir. Ötrofikasyon öncelikle tarımsal faaliyetlerin ve kentleşmenin yoğunlaştığı sucul alanlarda gözlemlenmektedir (Tuğrul, 2011). Durgun su kütlelerinde ötrofikasyon doğal ve antropojenik olmak üzere iki kategoriye ayrılmaktadır. Doğal ötrofikasyon süreci jeolojik zamanda oldukça yavaş gerçekleşmektedir; fakat antropojenik faaliyetler ile bu süreç hızlanabilmektedir. Durgun su kütlelerinde besi maddelerinin aşırı yüklenmesi sonucu oluşan ötrofikasyonun kontrol altına alınması ve bu su kütlelerinin kalite yönetimi açısından gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir. Su kütlesinde besi maddesinin artması fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler ile kontrol edilmektedir. Çizelge 2.1'de bu indikatör parametreleri gösterilmiştir (Brezonik, 1969). Su kütlelerinin trofik koşullarını tanımlamak ve karşılaştırmak amacıyla farklı trofik sınıflandırmalar yapılmış olup, sınıflandırma için farklı parametreler kullanılmıştır. Örneğin:

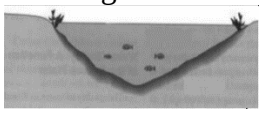
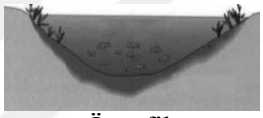
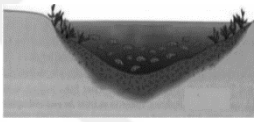
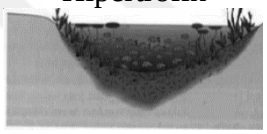
- Uhlmann (1968) /Verduin (1964) – karbon, azot, fosfor
- Carlson (1977) – klorofil, toplam fosfor, secchi disk derinliği
- OECD (Vollenweider ve Kerekis, 1982) - toplam fosfor, ortalama klorofil, pik klorofil, secchi disk derinliği.

Çizelge 2.1 : Trofik seviye indikatörleri.

Fiziksel	Kimyasal	Biyolojik
Işık geçirgenliği (Secchi disk)	Sediment cinsi	Alg patlama sıklığı
Morfoloji (ort. derinlik)	Epilimnion tabakasındaki oksijen doygunluğu	Alg türü
	Klorofil seviyesi	Balık çeşitliliği ve biyokütle
	Besi maddelerinin konsantrasyonu	

Göller, Carlson (1977) tarafından trofik seviyelerine göre; oligotrofik, mezotrofik, ötrofik ve hipertrofik olmak üzere dört grup halinde incelemiştir. Su kütlesinde biyolojik materyalin toplam konsantrasyonu logaritmik tabanlı hesaplamalar ile 0-100 aralığında değer alan bir indekse çevirilmiştir. Çizelge 2.2'de Carlson'un trofik durum indeksi tablosu gösterilmiştir.

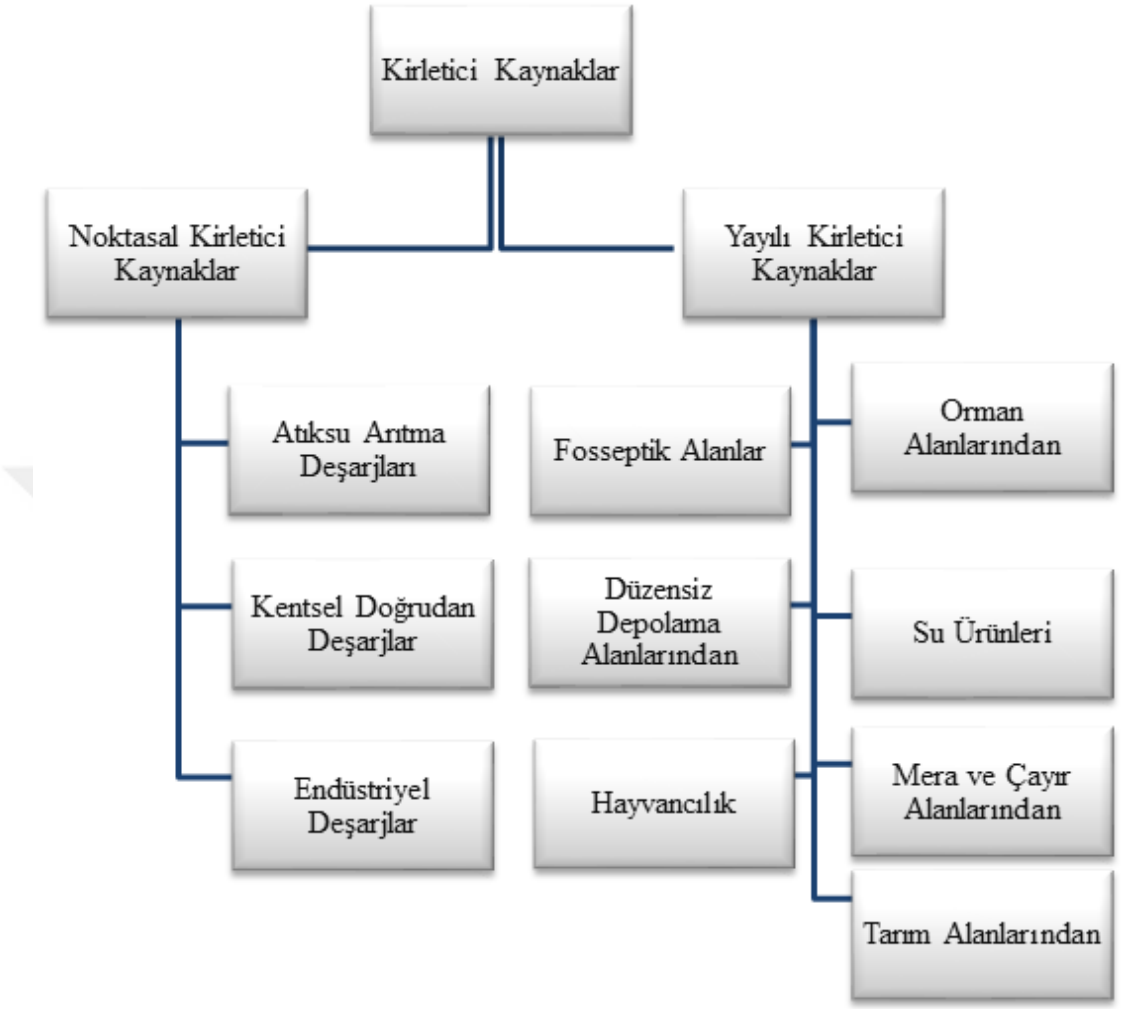
Çizelge 2.2 : Carlson (1977) trofik durum indeksi (TSI) tablosu.

TSI	Chl-a (µg/L)	Secchi diski derinliği (m)	TP (µg/L)	Trofik Durum
<30	<0,95	>8	<6	Oligotrofik 
40-50	2,6-7,3	4-2	12-24	Mezotrofik 
50-60	7,3-20	2-1	24-48	Ötrofik 
70-80	56-155	0,25-0,5	96-192	Hipertrofik 

Oligotrofik göller, besi maddesi bakımında fakir, su soğuk ve berraktır. Pınarlar ile beslenen kırsal göller bu kategoriye girmektedir. Mezotrofik durumda besi maddesi yükünde oligotrofik seviyeye göre artış görülmektedir. Mezotrofik göller orta derecede beslenen göllerdir. Ötrofik göller ise besi maddesi bakımından zengin, yüksek biyolojik üretkenliğe sahiptir. Bu göllerde organik madde birikmekte ve fitoplankton büyümesinden kaynaklı suda bulanıklık artmaktadır. Gölün dip kısımlarında çözünmüş oksijen konsantrasyonları düşüktür. Hipertrofik göllerde suyun berraklığı oldukça düşüktür ve sucul yaşam yok denecek kadar azdır (Carlson, 1977; Yetgin, 2009).

Su kaynaklarına besi maddesi yükleri noktasal ve noktasal olmayan (yayılı) kirletici kaynaklardan ulaşmaktadır. Dolasıyla su kalitesinin iyileştirilmesi ve korunmasında noktasal kirleticilerin yanı sıra, yayılı kirleticilerin de belirlenmesi ve önlenmesi gerekmektedir. Şekil 2.1'de noktasal ve yayılı kirletici kaynaklar gösterilmiştir. Azot ve fosfor su kalitesi ve ötrofikasyon açısından kullanılan temel parametrelerdir. Su

kütlesine havzasından gelen besi maddesi yükleri kullanılarak su kütlesinin özümleme kapasiteleri belirlenebilmektedir (Karaaslan, 2009).



Şekil 2.1 : Yayılı ve noktasal kirletici kaynaklar.

Yayılı kirletici kaynaklardan gelen yüklerin hesaplanmasında farklı yöntemler kullanılmaktadır. Toplam fosfor ve toplam azot yüklerini belirlemek amacıyla besi maddesi birim yükleri, arazi kullanım türleri (tarım, kentsel, orman, mera vb.) ve yağış rejimi verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Birim yüklerin taşınımı havza içerisindeki yağıştan kaynaklanan yüzeysel akış ile bağlantılı olup bölgesel olarak tanımlanmaktadır. Birim yükler her bir arazi kullanım sınıfına bağlı olarak, birim alan başına kirlilik yükü olarak alınmaktadır. Bunun yanı sıra, birim yükler oldukça spesifik olmak ile birlikte demografik, coğrafik ve hidrolojik faktörlere bağlı olarak değişmektedir (Rast ve Lee, 2003). Literatürde toplam azot ve toplam fosfor için farklı aralıklarda verilen birim yük değerleri Çizelge 2.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.3 : Çeşitli arazi kullanım faaliyetlerinin literatürdeki birim kirlilik yükleri.

	Toplam Azot (kg/ha/yıl)	Toplam Fosfor (kg/ha/yıl)
Orman Alanı		
Rast ve Lee (1983)	3,2	0,11
Dahl ve Kurtar (1993)	2	0,05
Lin (2004)	1,38 – 6,26	0,02 – 0,83
US EPA (1999)	1,1 – 2,3	0,10 – 0,13
Novotny (2003)	1 - 8	0,03 – 0,8
Mera Alanı		
US EPA (1999)	1,2 – 7,1	0,01 – 0,25
Dahl ve Kurtar (1993)	5	0,10
Young ve diğ. (1997)	0,1 - 10	0,03 – 0,3
Diogo ve diğ. (2008)	1,50	0,90
Lin (2004)	1,48 – 30,85	0,14 – 4,90
Kentsel Yerleşim		
Rast ve Lee (1983)	6	0,95
Young ve diğ. (1997)	3 - 20	0,40 - 5
Lin (2004)	1,48 – 38,47	0,19 – 6,23
Kırsal Yerleşim		
Loehr ve diğ. (1989)	2,10 – 79,6	0,06 – 2,9
Orhon ve diğ. (2002)	10	0,30

Tarım alanlarında gübre kullanım miktarı; gübre türüne ve ekilen ürüne, iklim koşullarına, toprak özelliklerine göre değişmektedir. Ülkemizde mevcut verilere dayanarak tarımda kullanılan gübreden kaynaklı yayılı yük hesabında, illere bağlı olarak yıllık gübre tüketim miktarları kullanılmaktadır.

Hayvancılıktan gelen yayılı yük hesabında ise; büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanları olmak üzere ilçelere göre hayvan sayıları ve birim hayvan kirlilik yükleri kullanılmaktadır (HKEP, 2010). Çizelge 2.4'te hayvancılık kaynaklı literatürde bulunan birim yükler gösterilmiştir.

Çizelge 2.4 : Hayvancılık kaynaklı birim kirlilik yükleri.

Hayvancılık	Saatçi ve diğ. (2003)	Biçer (2011)	Geng ve diğ. (2013)
Büyükbaş	3,80 TN	45 TN	0,31 TN
(kg/hayvan/yıl)	2,50 TP	25 TP	
Küçükbaş	1,10 TN	11 TN	0,05 TN
(kg/hayvan/yıl)	0,20 TP	2 TP	
Kümes	0,05 TN	0,50 TN	
(kg/hayvan/yıl)	0,02 TP	0,20 TP	

Yerüstü sularında besi maddeleri farklı formlarda bulunmaktadır ve her form fitoplanktonlar tarafından kullanabilecek halde değildir. Fosfor formu olarak ortofosfat, azot formları olarak amonyum ve nitrat fitoplanktonlar tarafından kullanılabilmektedir. Fosfor sucul ortama; havza alanı içerisindeki minarellerin ayrışmasından, tarım alanlarında kullanılan gübreden, kentsel ve kırsal alanlardan ve hayvancılık faaliyetlerinden yüzeysel akış ile gelebilmektedir. Azot türleri ise yerüstü sularına tarım alanlarında kullanılan gübreden, kentsel ve alanlardan ve hayvancılık faaliyetlerinden yüzeysel akış ile, atmosferik taşınım ile ve yeraltı suları ile gelebilmektedir.

Özümleme kapasitesi; Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde (YSKY, 2016) su kütlesinin kirlenmemiş durumuna dönmesi için tüm kirleticileri, sucul yaşama ve suyu tüketen insanlara tehlike oluşturmayacak şekilde alma kapasitesi olarak ifade edilmiştir. Yapılan tanım doğrultusunda Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde, Tablo 9'da yer alan göl, gölet ve baraj gölleri için verilen ötrofikasyon sınır değerleri Çizelge 2.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 2.5 : Göl, gölet ve baraj gölleri ötrofikasyon kriterleri (YSKY, 2016).

Su Kalitesi Sınıfı	TP (µg/L)	TN (µg/L)	Klorofil-a (µg/L)	Secchi Disk Derinliği (m)	Çözünmüş Oksijen (mg/L)
Oligotrofik	< 10	< 350	< 3,5	> 4	> 7
Mezotrofik	30	650	9	2	6
	50*	1000*	15*	1,5*	4*
Ötrofik	100	1500	25	1	3
Hipertrofik	> 100	> 1500	> 25	< 1	< 3

* Gölet veya baraj göllerinde geçerlidir.

Özümleme kapasitesi; belirlenen su kalitesi kriterlerini aşmadan bir su kütlesine deşarj edebilecek maksimum izin verilebilir besi maddesi yükü olarak tanımlanmaktadır. Toplam maksimum günlük yük (TMDL) programı kirletici emisyon kontrolünde yönlendirilmesinde kullanılmaktadır. Göllerde toplam azot ve toplam fosfor özümleme kapasitelerinin belirlenmesi, ötrofikasyonun önlenmesi ve sucul ortamın korunması bakımından önemlidir. Besi maddelerinin özümleme kapasitelerinin belirlenmesi için kütle dengesi, istatistiksel yöntemler ve kompleks su kalitesi modelleri kullanılmaktadır. Karmaşık su kalitesi modelleri, göllerde hidrolojik ve besin döngülerini aynı anda simüle etmektedir. Fakat bu modellerin kurulum süreçleri ve veri girdileri oldukça karışıktır. İstatistiksel modeller ise istatistiksel yöntemler ile yönetim ölçütleri ve su kalitesi arasındaki ampirik ilişkileri elde etmektedir. Doğruluk ve basitlik arasındaki bağlantıdan kaynaklı, genellikle kütle dengesi modelleri kullanılmaktadır. Bu modelde besi maddelerinin taşınım ve dönüşüm süreçlerinin hesabına odaklanılmaktadır (Xu, 2016).

- *Su kütlelerinde besi maddesi yükü kirliliğine yönelik çalışmalar*

Xu ve diğ. (2003) Çin'de, ötrofik seviyede olan Chao Gölü'nde sedimandaki besi yükünün, gölün besi yüküne etkisi konumsal ve mevsimsel olarak gözlemlenmiştir. Göldeki toplam fosfor ve toplam azot konsantrasyonun yaz ve bahar aylarında artmasının nedenini, göle yüzeysel akışlar ile gelen silt ve besi yükü maddesi yükleri olarak belirtilmişlerdir.

Karaaslan (2009) Mogan Gölü'nde yaptığı çalışmada kimyasal ve fiziksel parametrelerin etkisini inceleyerek, özümleme kapasitesini belirlemiştir. Çalışmada Aquatox, WASP ve Pamolare modellerinin simülasyon sonuçları karşılaştırılmıştır. Askıda katı madde, çözünmüş oskijen, klorofil a, TN ve TP parametreleri modellenmiştir. Mogan Gölü'nde Aquatox modeli ile mevcut durum devam ettiği takdirde alınması gereken önlemler tahmin edilmiştir. Sonuç olarak ise Mogan Gölü'nün hipertrofik durumdan ötrofik duruma doğru iyileştiği, önlemler alınması durumunda ise mezotrofik duruma geçilebileceği öngörülmüştür.

Smith (1982) yaptığı çalışmada 228 gölden elde edilen ortalama klorofil, toplam azot ve toplam fosfor analizleri ile klorofilin TN:TP oranına bağlı olan ilişkisini araştırmıştır. Azot ve fosfor üzerinden geliştirilen ve bu iki parametreye bağlı

oluşturulan klorofil modeli, çoklu regresyon modelidir. Sonuç olarak TN:TP oranlarının etkilerini açıklayan bir teorik çerçeve sunulmuştur.

Holdren (1982) yaptığı çalışmada hipertrofik seviyede olan McNeely Gölü'ndeki besi maddesi yükü ampirik modeller aracılığıyla tahmin edilmiştir. Havza içerisinde bulunan dört atıksu arıtma tesisi ve yüzeysel akış gölün başlıca kirletici kaynaklarıdır. Sonuç olarak ise; toplam fosfor önerilen sınır değerinden 60 kat daha fazla, inorganik azot yükü ise 7 kat daha fazladır. Göle ulaşan kirletici yüklerden toplam fosforun %95'i ve inorganik azotun %66'sı atıksu arıtma tesislerinden kaynaklanmaktadır. Havza içindeki tüm atıksu arıtma tesisleri, havza dışına çıkarılsa bile gölün ötrofik halde olacağı ancak su kalitesinde önemli ölçüde iyileşme olacağı belirtilmiştir.

Jensen ve diğ. (2006) Danimarka'da bulunan tabakasız veya yalnızca geçici olarak tabakalaşan 16 sığ gölde (ortalama derinlik 1-10 m) aylık kütle dengelerine dayanarak, toplam fosfor konsantrasyonunun mevsimsel değişimine ilişkin ampirik bir model geliştirilmiştir. Yapılan çalışmanın amacı ise, göldeki iç fosfor yükünün yüksek olduğu zamanları ve mevsimsel dinamikleri tanımlamaktır. Tahmini yıllık ortalama TP'nin, 16 gölde gözlemlenen değerlerden ortalama %12 saptığı gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, Arreskov Gölü'nde modelin hesapladığı TP konsantrasyonunun gözlemlenen değerlerden fazla olduğu görülmüştür. Buradan modelin bulanık bir sudan, kirlenmemiş suya geçiş sırasında mevsimsel dinamikleri tanımlamak açısından yetersiz kaldığı anlaşılmaktadır. Diğer yandan basit olmasına rağmen ampirik modelin farklı sığ ve bulanık göllere ulaşan fosfor yükünün azalmasının ardından, TP'nin mevsimsel dinamiklerini iyi tahmin ettiği görülmüştür.

- *Hesap tablosu formatında yapılan modelleme çalışmaları*

Walker ve diğ. (1989) Wisconsin'de bulunan, hiperötrofik olan Delavan Gölü'nün su kalitesini iyileştirmek amacıyla elektronik tablolar kullanarak bir model geliştirmişlerdir. Model bir dizi çalışma sayfasından oluşmaktadır ve ilk çalışma sayfasında havza adı, alan, konum yer alırken; diğer çalışma sayfalarında ise kentsel ve kırsal doğrudan deşarjlar, orman ve tarım yükleri yer almaktadır. Model birim - alan yükleri ile yayılı kirletici kaynakların yük tahmininde kullanılmaktadır. Yaptıkları çalışma sonucunda; tarımsal yüzey akış suyunun fosforun önemli kaynaklarından biri olduğu ve bunun yanında alınan yayılı kirletici kaynakların önlenmesi ile su kalitesinde yüksek oranda iyileşme olacağı tahmin edilmiştir. Bazı yayılı yüklerin

kontrolü ile maliyet kazancı olurken, fosfordaki toplam azalmanın su kalitesinde herhangi bir değişime yol açmadığı sonucuna varılmıştır.

Hancock ve diğ. (1987) elektronik hesap tabloları kullanarak su kaynakları problemlerini çözmeyi denemişlerdir. Lotus 1-2-3 yazılım programı ve elektronik hesap tablo modelleri yüzeysel akış simülasyonu, sel yönlendirme simülasyonu ve yüzeysel – yeraltı su modellemesi amaçlı kullanılmıştır.

- *Yük – Konsantrasyon ilişkisi modelleri*

Brett ve Benjamin (2008) göllerdeki fosfor konsantrasyonu ve bekletme süresinin, gölün hangi karakteristik özellikleri ile ilişkili olduğunu belirlemek amacıyla istatistiksel değerlendirme yapmışlardır. Vollenweider'ın 1969, 1975, 1976 yıllarında TP konsantrasyonu ve bekletme süresini, gölün morfometrik ve hidrolik verilere dayanarak, yaptığı kütle dengesi modeli ve bunun yanı sıra literatürde bulunan fosfor bakımından giriş-çıkış yükü modeli ilişkileri Çizelge 2.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 2.6 : Yük – konsantrasyon ilişkisi modelleri.

Yazar	**Formülasyon**	**Öngürülen Parametre**
Vollenweider (1969)	L, σ, z, q_s	Sed_{net}
Imboden (1974)	L, z, v, q_s	R_P
Dillon & Kirchner (1975)	R_p, σ, p	R_P
Larsen & Mercier (1976)	TP_{in}, R_P	R_P
Ostrofsky (1978)	L_{QC}, Q, R_P	TP_{Lake}
Schindler et al. (1978)	L, z, Q, v, T_w	TP_{Lake}
Yeasted & Morel (1978)	L, Tw, z, σ, v, R_P	Trofik durum
Chapra & Reckhow (1979)	TP_{in}, T_w	TP_{Lake}
Reckhow (1979)	Lz, T_w, q_s, v	TP_{Lake}
Canfield & Bachmann (1981)	L, R_P, z, p	TP_{Lake}
Higgins & Kim (1981)	TP_{in}, σ, Tw	TP_{Lake}
Nurnberg (1998)	L, R_P, qs	TP_{Lake}

Vollenweider (1976) besi maddesi doygunluğu ve ötrofikasyon arasında yaklaşık 5 yıl boyunca, 22 ülkede yaklaşık 200 göl ve barajda çalışmalar yapmıştır. Su kütlelerinin tam karışımlı olduğu kabulü yapılmış ve göl içerisindeki konsantrasyon ile çıkış konsantrasyonu eşit olarak alınmıştır. Bu çalışmalar sonucunda fosfor yükü ve

ekosistemin buna verdiği tepki arasında bir bağıntı geliştirmiştir. Su kütlesinin yıllık alansal fosfor yükü (L_P), ortalama derinlik (Z) ve hidrolik bekleme süresi (T_W) arasında istatistiksel bir ilişki kurulmuştur. Elde edilen bu ilişki denklem 2.1'de gösterilmiştir.

$$TP\ \left(mg\frac{P}{m^3}\right) = \frac{(L(P)/q_S)}{(1+\sqrt{T_W})} \quad (2.1)$$

Vollenweider ve Kerekes (1982) Avrupa'da ve Kuzey Amerika'da bulunan 87 adet göl üzerinde çalışma yapmışlardır. OECD'nin Kıtaiçi Sularının İzlenmesi Ortak Programında (Ötrofikasyon Kontrolü için) elde edilen verilerden, ortalama yıllık toplam fosfor konsantrasyonunu hesaplamak amacıyla, giriş ortalama yıllık toplam fosfor konsantrasyonu ve hidrolik bekletme süresi ile ampirik bir ilişki geliştirilmiştir. Geliştirilen ilişki denklem 2.2'de gösterilmiştir. Bu ilişki ile hem göllerde hem de barajlarda tahmin edilen giriş ve çıkış fosfor konsantrasyonları yaklaşık olarak birbirine eşittir.

$$[\,\bar{P}\,] = 1{,}55\left[\frac{[\,\bar{P}\,]_i}{1+T(w)}\right]^{0{,}82} \quad (2.2)$$

Jones ve Bachmann (1976) 143 farklı gölde toplam fosfor ve klorofil-a seviyelerini belirleyerek, alg konsantrasyonunu azaltmayı amaçlamışlardır. Yaptıkları çalışmada klorofil-a ve toplam fosfor konsantrasyonu arasında güçlü bir korelasyon (r = 0,95) olduğunu bulmuşlardır. Fosfor–klorofil a ilişkisi ile göllerdeki alg konsantrasyonunu belirleyerek, fosfor konsantrasyonunun alg biyokütlesine etkisi incelenmiştir. Toplam fosfor konsantrasyonu en iyi tahmin eden ampirik denklem 2.3'te gösterilmiştir.

$$TP = \frac{0{,}84\,.\,L}{Z\,.\,(0{,}65+p)} \quad (2.3)$$

Bachmann (1980) yaptığı çalışmada Vollenweider'ın fosfor yükü için yaptığı modeli, durgun sularda toplam azot konsantrasyonunu tahmin etmek amaçlı uyarlamıştır. Model için katsayıların geliştirilmesinde rastgele olarak seçilen göllerden elde edilen veriler kullanılmıştır. Toplam azot konsantrasyonunu hesaplayan denklem 2.4'te verilmiştir.

$$TN = \frac{L}{Z\,(\alpha+p)} \quad (2.4)$$

Kerekes (1982) yaptığı çalışmada karmaşık morfometri veya hidrolojisi olan su kütlelerinin, fosfor yükü – trofik seviye ilişkilerinin bir segment dizisi halinde değerlendirilmesi gerektiğini savunmuştur. OECD'nin Kıtaiçi Sularının İzlenmesi Ortak Programında, birkaç rezervuardan gözlemlenen verilerin analizi sonucunda Vollenweider'ın besi maddesi yükü - konsantrasyon modeline uymadığını ortaya koymuştur. Bunun sebebi ise; uzun veya geniş olmayan rezervuarlarda, girişteki toplam fosforun konsantrasyonunun çıkış konsantrasyonuna oldukça yakın ölçümlere dayanarak tahmin edilmesinden kaynaklanmıştır. Rezervuarın her bir segmentin, ampirik fosfor yükleme ilişkilerine uyduğu ve ayrı su kütlelerini birbirine bağlayan bir dizi segment şeklinde değiştirilmesi halinde hatanın düzeleceğini savunmuştur.

Chapra (1977) çalışmasında Kuzey Amerika'da yer alan Büyük Göller'in fosfor bütçelerini simüle eden ampirik bir model sunmuştur. Büyük Göller üç alt havzaya bölünerek, Erie Gölü dışında, tam karışımlı göller olarak değerlendirilmiştir. Bütçe modeli ile göller arasındaki taşınım ve zamanın bir fonksiyonu olarak toplam fosforun göl içi konsantrasyonu hesaplanmıştır. Kararlı halde (dp/dt= 0) toplam fosfor konsantrasyonu denklem 2.5'te gösterilmiştir.

$$TP = \frac{W'}{Q + (v + A_L)} \tag{2.5}$$

Dillon ve Digler (1974) Kanada'da bulunan 18 göl için bir çalışma yapmışlardır. Göllerin morfometrisi ve su bütçeleri ile birleştirilen toplam fosfor ölçümleri, göllerdeki toplam fosfor konsantrasyonunu tahmin etmeyi amaçlayan Vollenweider (1969) modeline benzer basit bir besi maddesi bütçe modeli ile test edilmiştir. Literatürden elde edilen ek veriler ile bu modelin oligotrofik ve mezotrofik göller için kullanılabileceği görülmüştür. Kararlı halde toplam fosfor konsantrasyonunu tahmin eden denklem 2.6'da gösterilmiştir.

$$P = \frac{L \,.\, (1-R)}{Z \,.\, \sigma} \tag{2.6}$$

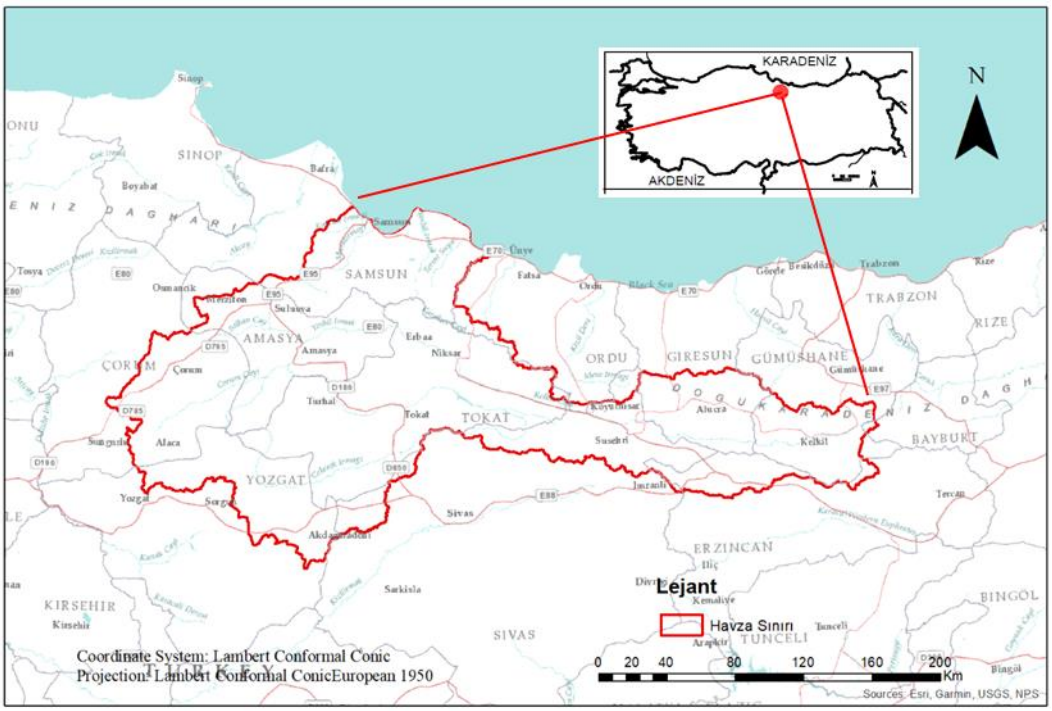
Reckow ve Simpson (1980) çalışmalarında fosfor konsantrasyonunu tahmin etmek amacıyla parametrik olmayan bir hata analizi yapılmıştır. Kullandıkları model ile kuzey ılıman göllerine uygulanabilmesi için örnek bir çalışma sunulmuştur. Yaptıkları çalışma sonucu edinilen denklem 2.7 ile gösterilmiştir.

$$TP = \frac{L}{11{,}6 + 1{,}2\, q_s} \tag{2.7}$$

3. ÇALIŞMA ALANI

3.1. Genel Bilgiler ve Coğrafi Durum

Yeşilırmak Havzası, Anadolu'nun kuzey kesiminde, sularını Yeşilırmak Nehri ile Karadeniz'e boşaltan ve yaklaşık 40.000 km^2 alan ile Türkiye'nin %5'lik bir kısmını kapsamaktadır. Havzanın ana nehri olan Yeşilırmak; Kelkit Çayı, Çekerek Çayı ve Çorum Çayı gibi yan kollar ile havza 5,80 milyar m^3 su potansiyeline sahiptir. Havzanın il, ilçe ve havza sınırları aşağıdaki Şekil 3.1'de gösterilmektedir.

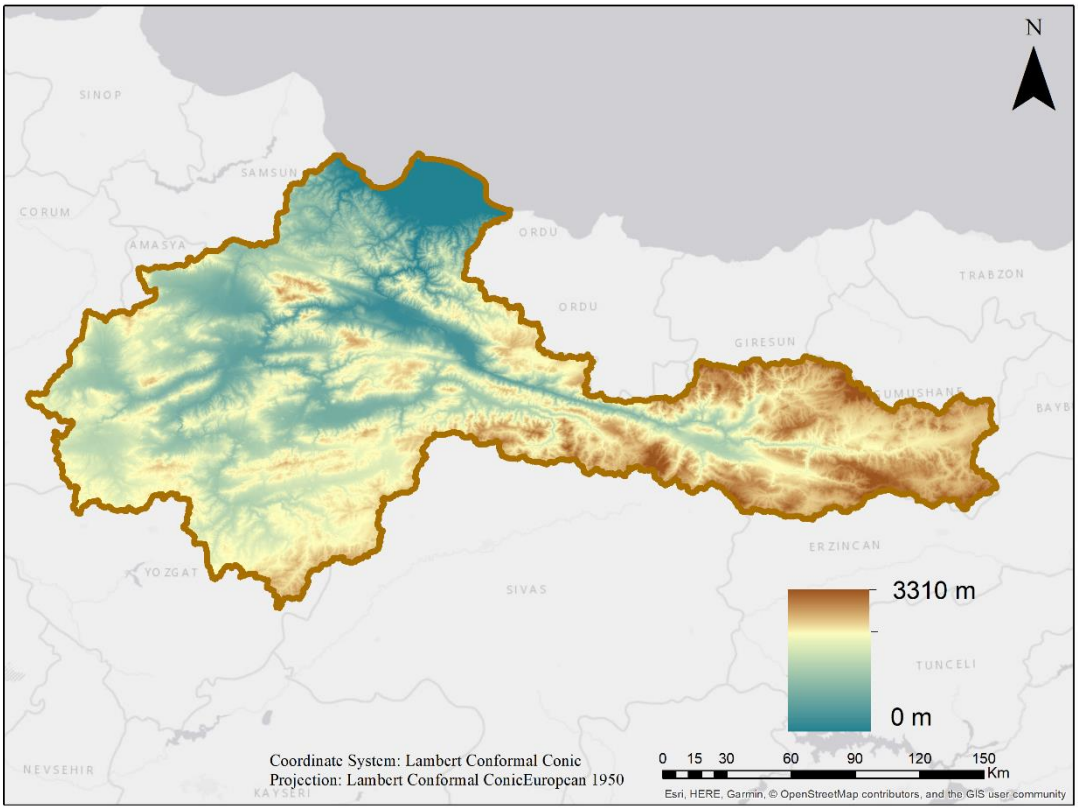


Şekil 3.1 : Yeşilırmak Havzası idari yapısı, il, ilçe ve havza sınırları.

Yeşilırmak Havzası'nda Orta Karadeniz, Batı Karadeniz, Karadeniz Ardı ve İç Anadolu iklimi görülmektedir. Karadeniz iklimi kıyı şeridinde gözlemlenirken, iç kesimlerde yüksek dağlardan kaynaklı kışlar soğuk ve yağışlı, yazlar ise serin geçmektedir. Havzada yıllık ortalama sıcaklık 12 ˚C olup, denize yakın bölgelerde ise sıcaklık iç kesimlere göre yüksektir. Yeşilırmak Havzası'nda aylık ortalama yağış 50

mm civarında, kışın ise 60 – 65 mm'ye kadar çıktığı gözlemlenmektedir. Giresun havza içerisinde en fazla yağışı alan bölgedir.

Sivas'ın Suşehri ilçesinin güneybatısındaki Köse Dağları'ndan doğan Yeşilırmak, 519 km uzunluğundadır. Köse Dağları'ndan itibaren batıya doğru akan Yeşilırmak, Tokat ve Turhal ovalarından geçerek Amasya Ovası'ndan kuzeye yön alarak, Canik Dağları'ndan Topuzlu ve Eğrikiraz Dağları arasından Çarşamba Ovası'na açılmaktadır (HKEP, 2010). Geniş bir delta oluşturan Yeşilırmak, Çatlı burnundan Karadeniz'e dökülmektedir. Yeşilırmak Havzası'nın yükseklik haritası Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 : Yeşilırmak Havzası yükseklik haritası.

Havza alanında dağlar, ovalar ve platolar bulunmaktadır. Havza içerisinde 188 m ile 3.025 m (Sivas ilinin kuzeydoğusunda yer alan Kızıldağ) yükseltiler arasında değişen dağlar bulunmaktadır. Samsun ilinin doğusunda bulunan Çarşamba Ovası, Yeşilırmak'ın oluşturduğu delta ovasıdır. Çarşamba Ovası 0.00 – 50.00 kotları arasında, 103.766 ha'lık bir alanı kapsamaktdır. Amasya iline bağlı Merzifon ilçesinde bulunan Merzifon Ovası ise 31.100 ha alanı ile ilin en büyük 3. ovasıdır. Tokat ilinin kuzeyinde yer alan Canik Dağları'nın güneyinde, Kelkit ve Tozanlı Vadileri arasında bulunan dağların bir kısmında platolar yer almaktadır. İl sınırları içerisinde bulunan başlıca önemli platoları; Topçam, Çevreli, Dumanlı, Selamen, Kızılcaören, Batmantaş,

Bozmalı, Bugalı ve Çamiçi Yayları'dır. Yozgat ilinde, İç Anadolu Bölgesi'nin en geniş platolarından biri olan Bozok Platosu ise Yeşilırmak Havzası'nda yer almaktadır.

3.2. Sosyo – Demografik Yapı

Yeşilırmak Havzası sınırları içerisinde kalan Samsun, Çorum, Amasya ve Tokat merkezi illeri ile 194 belediye/belde (nüfusu 2000'nin üzerinde olan ve belediye teşkilatı olan yerleşim yerleri) bulundurmaktadır. 2017 nüfus sayımına göre havza nüfusu 2.728.147 kişi olduğu ve illerin Yeşilırmak Havzası'na giren nüfus dağılımı Çizelge 3.1'de gösterilmiştir (HKEP, 2010; TÜİK, 2017).

Çizelge 3.1 : İllerin havza nüfusuna bağlı dağılımı.

İl	Nüfus (kişi)	Havzanın Nüfusa Göre Dağılımı (%)
Yozgat	136.531	5,72
Çorum	82.784	3,47
Amasya	326.131	13,66
Samsun	1.016.763	42,58
Tokat	565.240	23,67
Ordu	22.479	0,94
Sivas	101.481	4,25
Giresun	39.930	1,67
Gümüşhane	85.929	3,60
Erzincan	10.625	0,44

İl alanının havzaya alındığı kısımları dikkate alındığında Tokat, Amasya ve Samsun'un %50'den fazla bir kısmı havza sınırları içerisinde yer almaktadır. Tokat ili genellikle dağlık olup, il alanının %45'ini kaplamaktadır. Kuzeyde bulunan Canik Dağları, ikinci dağ dizisi ise Kelkit ve Tozanlı Vadilerini ayıran yükseltilerdir. İlin birinci sıra dağıSamsun ilinin başlıca dağları Canik, Çangal, Sıralı Dağlarıdır. Sivas ili topografik yapısı sebebiyle engebeli ve kuzey kesiminde Kuzey Anadolu Dağları yer almaktadır. Yeşilırmak Havzası'nda bulunan illerin alansal dağılımı Çizelge 3.2 ile verilmektedir (HKEP, 2010).

Çizelge 3.2 : Yeşilırmak Havzası'nda bulunan illerin havza içerisindeki alansal dağılımları.

İller	Toplam Alanı (ha)	Havza İçindeki Alanı (ha)	Havzaya Giren Kısmı (%)	Havzanın İllere Göre Dağılımı (%)
Tokat	998.200	998.200	26	100
Amasya	570.100	488.455	12	86
Samsun	957.900	480.732	12	50
Yozgat	1.412.300	423.801	11	30
Çorum	1.282.000	422.152	11	33
Sivas	2.848.800	411.489	10	14
Gümüşhane	658.500	282.805	7	43
Giresun	693.400	267.032	7	39
Erzincan	1.190.300	110.991	3	9
Ordu	600.100	61.381	1,5	10
Bayburt	365.200	3.191	0,1	1

Tokat iline bağlı Tokat Merkez, Turhal, Niksar, Zile olmak üzere 5 adet Organize Sanayi Bölgesi (OSB) bulunmakta, bunlardan 4'ü Yeşilırmak Havzası'nda yer almaktadır. Samsun ilinde ise 4 adet OSB havza sınırları içerisindedir. Samsun Merkez OSB su teminini SASKİ'den, Samsun Kavak OSB ise isale hattından sağlamaktadır. Amasya ilinde bulunan Merzifon OSB ise, 112 ha genişliğinde, 40 işyerinden 25 adedi işletmeye açık olmak üzere 2250 kişi istihdam kapasitesilidir (HKEP, 2010).

3.3. Arazi Kullanımı

Avrupa Birliği üye ülkeler arasında 1991 yılı itibariyle arazi sınıflandırmada CORINE (Çevre Bilgi Düzeni) programı kullanılmaktadır. Doğal alanların bölgesel dağılımı ve durumu, su kaynaklarının kalitesi, arazi örtüsünün yapısı ve toprağın durumu gibi verilerin toplanması ve standart bir veri tabanın oluşturulması amacıyla başlatılmıştır. CORINE arazi kullanımının belirlenmesinde uzaktan algılama tekniklerini esas almaktadır (Gençer, 2011).

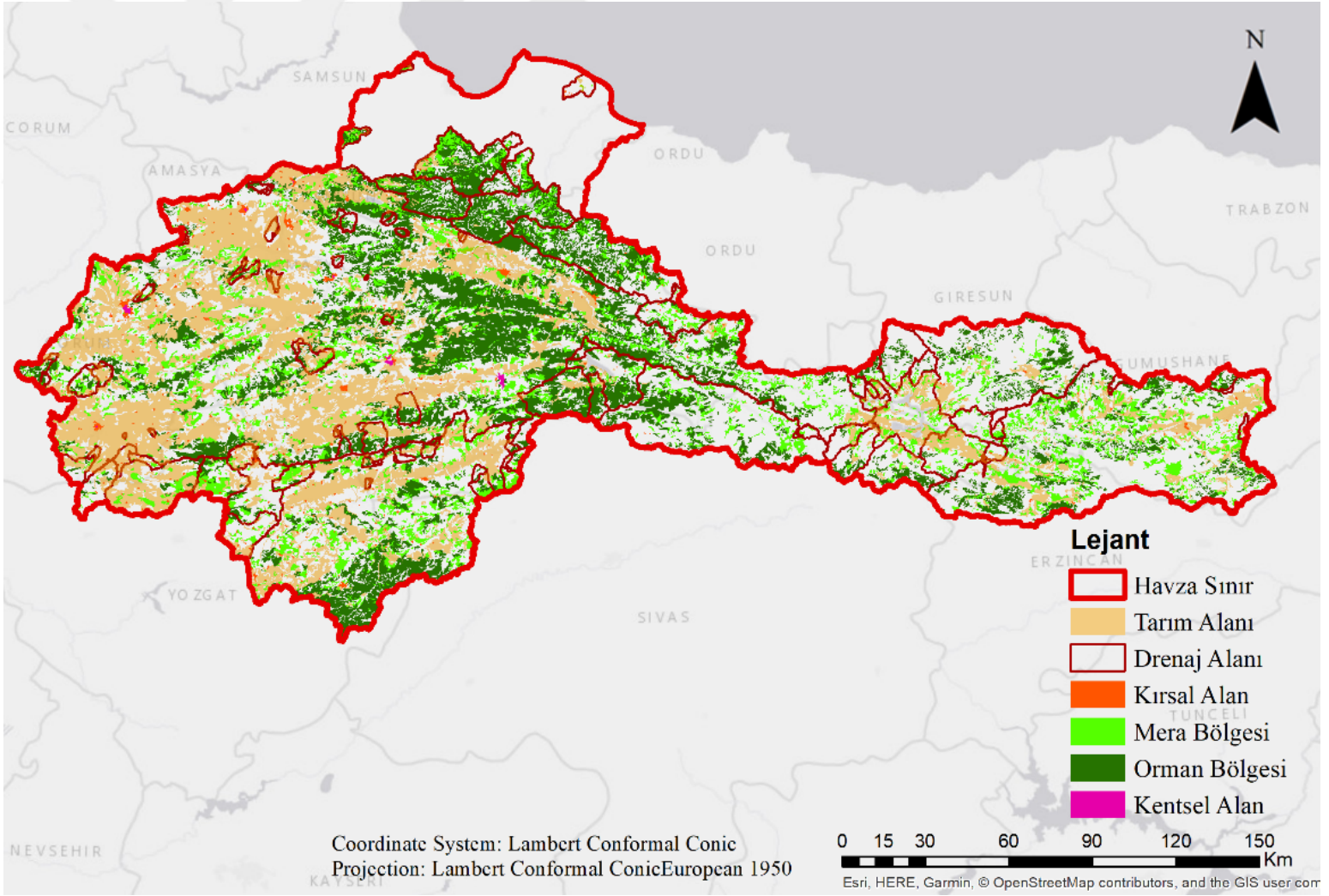
CORINE Arazi Örtüsü Sınıflandırma Sistemi, Avrupa Çevre Ajansı tarafından belirlenmiş olan üç hiyerarşik sınıftan oluşmaktadır.

Birinci seviyede;

- Tarım Alanları,
- Yapay Bölgeler,
- Sulak Alanlar,
- Orman ve Yarı Doğal Alanlar,
- Su Kütleleri

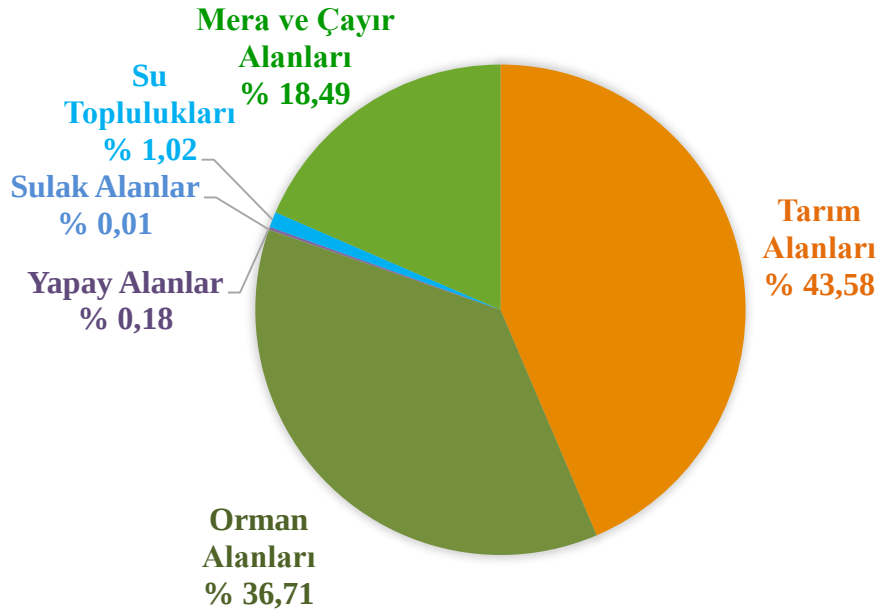
şeklinde 5 ana başlık altında toplanmaktadır. İkinci seviyede 15, üçüncü seviyede ise 44 alt sınıf bulunmaktadır (Cover, 1994).

Bu çalışmada drenaj alan sınırları ve CORINE 2012 arazi örtüsü haritaları ArcGIS 10.3 coğrafi bilgi sistemi programı aracılığı ile birleştirilmiştir. CORINE 2012 verisine göre Yeşilırmak Havzası'nın Arazi Örtüsü haritası Şekil 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.3 : CORINE 2012 verisine göre Yeşilırmak Havzası'nın Arazi Örtüsü haritası.

Yapılan analiz sonucunda; CORINE 2012 verisine göre Yeşilırmak Havzası'nın %44'ü tarımsal alanları , %37'si orman alanı ve yaklaşık %19'luk kısım ise mera ve çayır alanı oluşturmaktadır. Yeşilırmak Havzası'nın CORINE 2012 verisine göre hazırlanmış arazi kullanımı alan dağılımları Şekil 3.4'te gösterilmiştir.



Şekil 3.4 : Yeşilırmak Havzası arazi kullanım dağılımı.

Yeşilırmak Havzası'nda ait arazi kullanım haritası ise Çizelge 3.3'te gönderilmiştir. Tarım alanları havzada %44'lük, orman alanları ise %37'lik bir yer kaplamaktadır

Çizelge 3.3 : Yeşilırmak Havzası'nın arazi kullanım alanları.

Arazi Kullanım Sınıfı	Yüz Ölçümü (ha)	Yüzde Payı
Tarım Alanları	1.107.964	43,58
Orman Alanları	933.464	36,71
Sulak Alanlar	3.510	0,01
Yapay Alanlar	45.910	0,18
Su Toplulukları	26.033	1,02
Mera ve Çayır Alanları	470.198	18,49

3.4. Su Kaynakları

Yeşilırmak Nehri yaklaşık 519 km uzunluğunda olup, Koyulhisar ile Zara arasında bulunan Köse, Tekeli, Asma, Dumanlı Dağları'ndan inen dereler ile genişlemektedir.

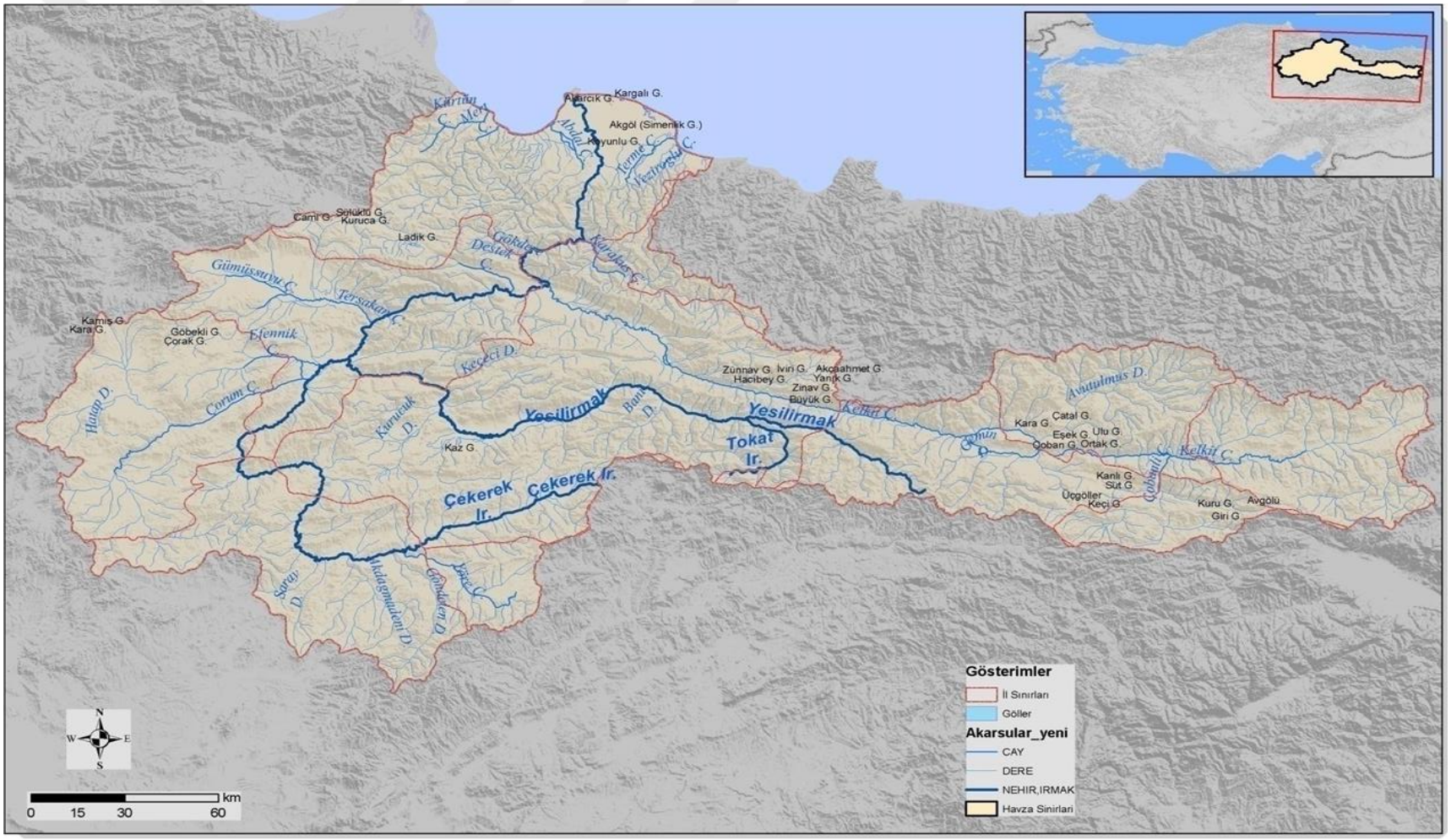
Nehrin deltasında Simenir, Dumanlı, Semenlik, Akarcık, Kocagöl gibi alüvyon set gölleri bulunmaktadır (Hezarani, 2018). Yeşilırmak Nehri'nin başlıca 3 önemli kolları; Tersakan Çayı, Kelkit Çayı ve Çekerek Çayı'dır. Yeşilırmak Nehri ve ana kollarına ait bilgiler Çizelge 3.4'te verilmiştir (HKEP, 2010).

Çizelge 3.4 : Yeşilırmak Nehri ve ana kollarına ait bilgiler.

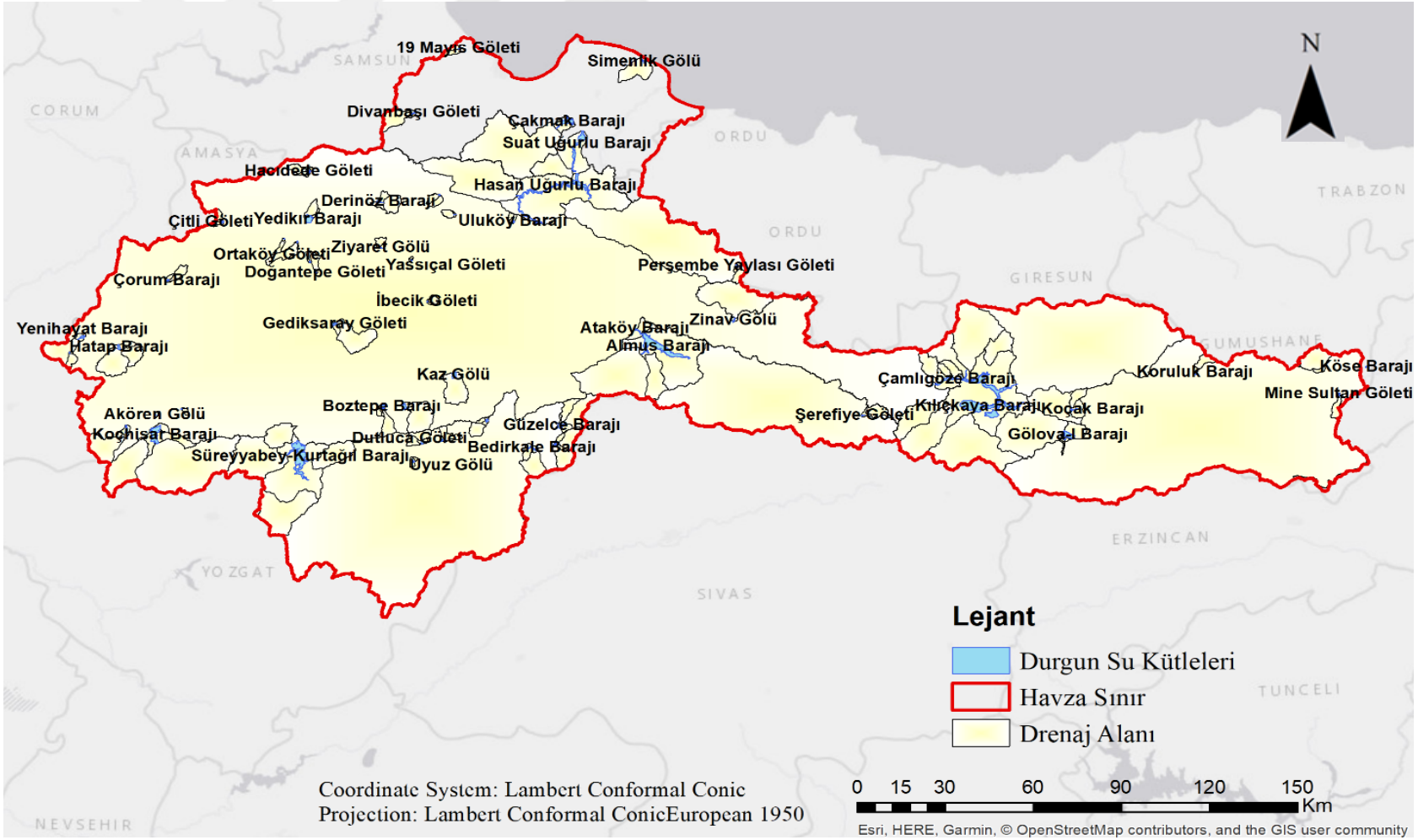
Akarsu	Uzunluğu (Km)	Maksimum Debi (m^3/s)	Minimum Debi (m^3/s)	Ortalama Debi (m^3/s)
Yeşilırmak Nehri	519	1914	1,83	121
Kelkit Çayı	400	905	47	70,5
Çekerek Çayı	200	362	0,09	20
Tersakan Çayı	100	317	0,021	3,96

Kelkit Çayı, Gümüşhane – Erzincan arasındaki dağlardan inen derelerin birleşmesi ile oluşmaktadır. Çayın üzerinde Kılıçkaya Barajı, Çamlıgöze Barajları, Koyulhisar Hidroelektrik Santral (HES), Reşadiye HES, Akıncı HES, Köklüce HES bulunmaktadır. Çekerek Çayı ise Çamlıbel Dağları'nda doğar. Mecitözü Deresi'ne eklenerek, Amasya'nın 15 km güneyinde Yeşilırmak'a karışmaktadır. Tersakan Çayı, Samsun ilinin Ladik ilçesininin doğusunda yer alan Akdağ'dan (1.925 m) doğmaktadır. Ladik Gölü çıkışında regülatör ve Suluova yakınlarında ise Yedikır Barajı yer almaktadır. Yeşilırmak Havzası'nda bulunan önemli akarsu ve yan kolları Şekil 3.5'te gösterilmiştir (HKEP, 2010). Bunun yanı sıra Yeşilırmak Havzası'nda durgun su kütlelerine drene olan akarsu su kütleleri EK D'de verilmiştir.

Samsun, Abdal Deresi üzerinde bulunan Çakmak Barajı içme suyu temini sebebiyle 1985-1988 yılları arasında yapılmıştır. Bunun yanı sıra Ayvacık ilçesinde, Yeşilırmak üzerinde, elektrik enerjisi üretimi amacıyla 1971-1981 yılları arasında inşa edilen Hasan Uğurlu Barajı 500 MW güç kapasitesine sahip HES ve yılda 1.217 GWh elektrik enerjisi üretmektedir. Tokat iline bağlı Zile'de ise bulunan Boztepe Barajı sulama amacıyla 1978-1983'te inşa edilmiştir ve 4.872 ha'lık bir alana sulama hizmeti vermektedir (HKEP, 2010). Yeşilırmak Havzası'nda bulunan durgun su kütleleri Şekil 3.6'da gösterilmektedir.



Şekil 3.5 : Yeşilırmak Nehri ve kolları haritası.



Şekil 3.6 : Yeşilırmak Havzası'nda bulunan durgun su kütleleri.

4. MATERYAL VE METOT

Entegre havza yönetimi kapsamında sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşabilmek amacıyla, su kaynakları miktar ve kalite bakımından oldukça önemlidir. Su kalitesini etkileyen kirletici kaynaklar noktasal ve yayılı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Noktasal kaynakların arıtımı yapılarak havza içerisinde önlem alınabilinmektedir. Buna karşın yayılı kaynakların noktasal kaynaklara göre kontrolü daha zor olmaktadır. Havza içerisinde su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı sebebiyle yayılı kaynaklar belirlenip, kirletici yüklerinin hesaplanması gerekmektedir. Özümleme kapasitesinin belirlenmesinde kullanılan modelde; drenaj alanlarında bulunan su kütlelerinin hem su bütçelerini hem de durum değişkenlerini içermektedir.

4.1. Modelleme Çalışmaları

4.1.1. Su bütçesinin belirlenmesi

Yeşilırmak Havzası su bütçesinin belirlenmesi amacıyla WEAP modeli kullanılarak hidrolojik analizi yapılmıştır. WEAP*;* entegre su kaynaklarının yönetimi amacıyla Stockholm Çevre Enstitüsü (SEI) tarafından geliştirilen havza modelleme programıdır. Sektörel talep analizleri, su kaynaklarının korunumu, yeraltı suyu ve akış simülasyonları, rezervuar işlemleri, kirlilik izlenimi, ekosistem gereksinim analizleri gibi çeşitli konuları kapsamaktadır. Model hidrolojik proses modeli olarak kullanılabileceğinin yanısıra, havza sınırları içerisinde oluşan su transferleri, tarımsal ve endüstriyel faaliyetler, atıksu arıtma tesisi deşarj faktörlerini de dikkate alarak entegre su kaynakları planlamasında da kullanılabilmektedir (SEI, 2015).

WEAP modelleme kurulumu sırasında izlenecek adımlar :

Çalışmanın belirlenmesi: Modellenecek havzanın çalışma periyodu, alanı ve sistem modülleri. Debi hesabı hidrolojik yıl başlangıcına ve zaman adımına göre yapılmaktadır.

Mevcut durum: Halihazırda bulunan mevcut su sisteminin kirlilik yüklerini, su kaynaklarını ve hidrolojik bileşenleri belirlemektedir. Ayrıca tüm senaryo analizlerinin temelini oluşturmaktadır.

Senaryolar: Senaryolar ile gelecekteki bir sistemin belirli bir sosyo ekonomik ortamda ve belirli bir politika ve teknoloji koşullarında zaman içerisinde nasıl değişebileceği belirlenmektedir.

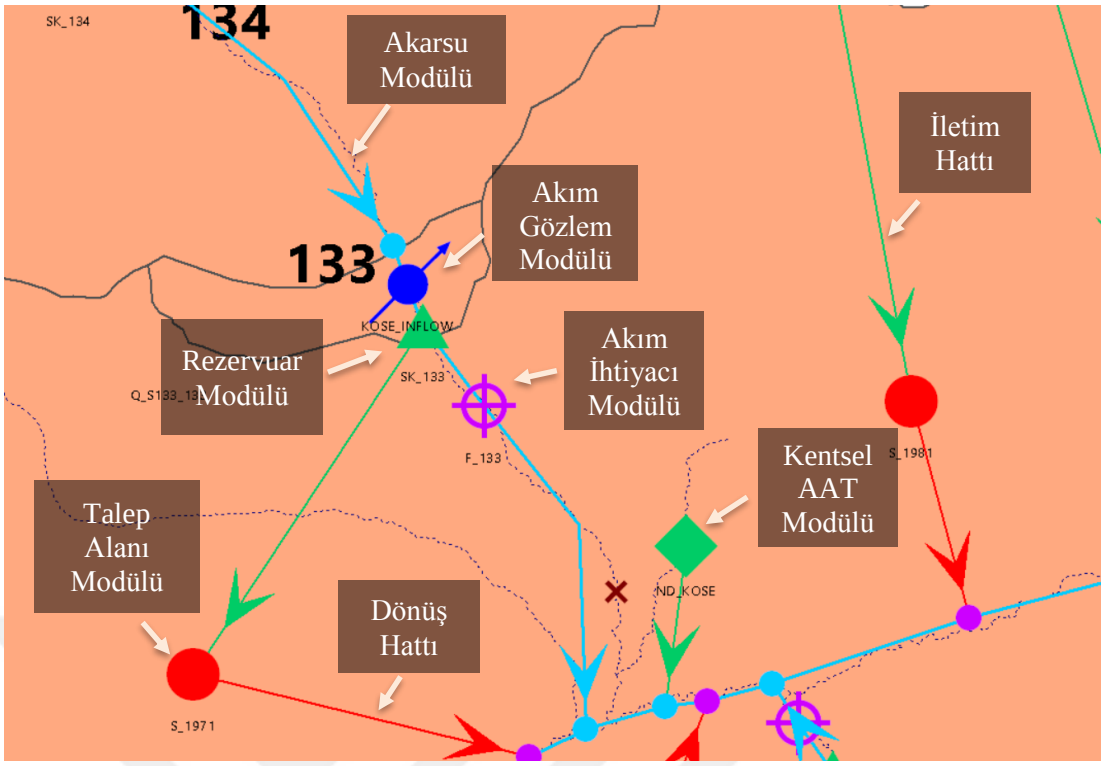
Değerlendirme: Senaryo sonuçlarına göre fayda/maliyet analizleri ve çevresel faaliyetler gibi etkenlerin değerlendirildiği kısımdır (Yaykıran, 2016).

Model aracılığıyla havzanın yüzeysel akış, memba-mansap arasındaki akış belirlenmiştir. İnşaat halinde olan veya yapılması planlanan gölet, rezervuar, baraj sisteme dahil edilmemiştir. Halihazırda sulanmayan fakat gelecekte sulanması planlanan veya kapasitesinin arttırılması gibi durumu olan tarım arazileri de hesaba katılmamıştır.

Yeşilırmak Havzası'nın hidrolojik verileri ile WEAP modeline atıksu arıtma tesisi, kentsel doğrudan deşarjlar, baraj, akarsu ve sulaması yapılan tarım arazileri girilmiştir. Yeşilırmak Havzası'na ait WEAP modeli Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Bunun yanı sıra havzaya ait memba-mansap ilişkilerini gösteren su şebekesi şematik gösterimi Ek A'da gösterilmiştir.

Öncelikli olarak hesaplamalar yapılırken havza içindeki mevcut 2000-2017 yılları arası su kütlelerinin hidrolojik model verilerinin ortalaması alınarak su bütçesi bileşenlerinin veri girişi sağlanmıştır. WEAP Modeli arayüzünde "Akarsu" modülü ile akarsular havzanın akış yönüne göre şematik halde çizilmiştir. Çizilen akarsu uzunlukları gerçek ölçek ile bir bağlantısı olamamakla birlikte, görsel amaçlı yer almaktadır. Yeşilırmak Havzası içinde kalan her bir su kütlesi için WEAP modelinde bir akarsu çizilmiş ve drenaj alanı ile aynı numara olacak şekilde tanımlanmıştır.

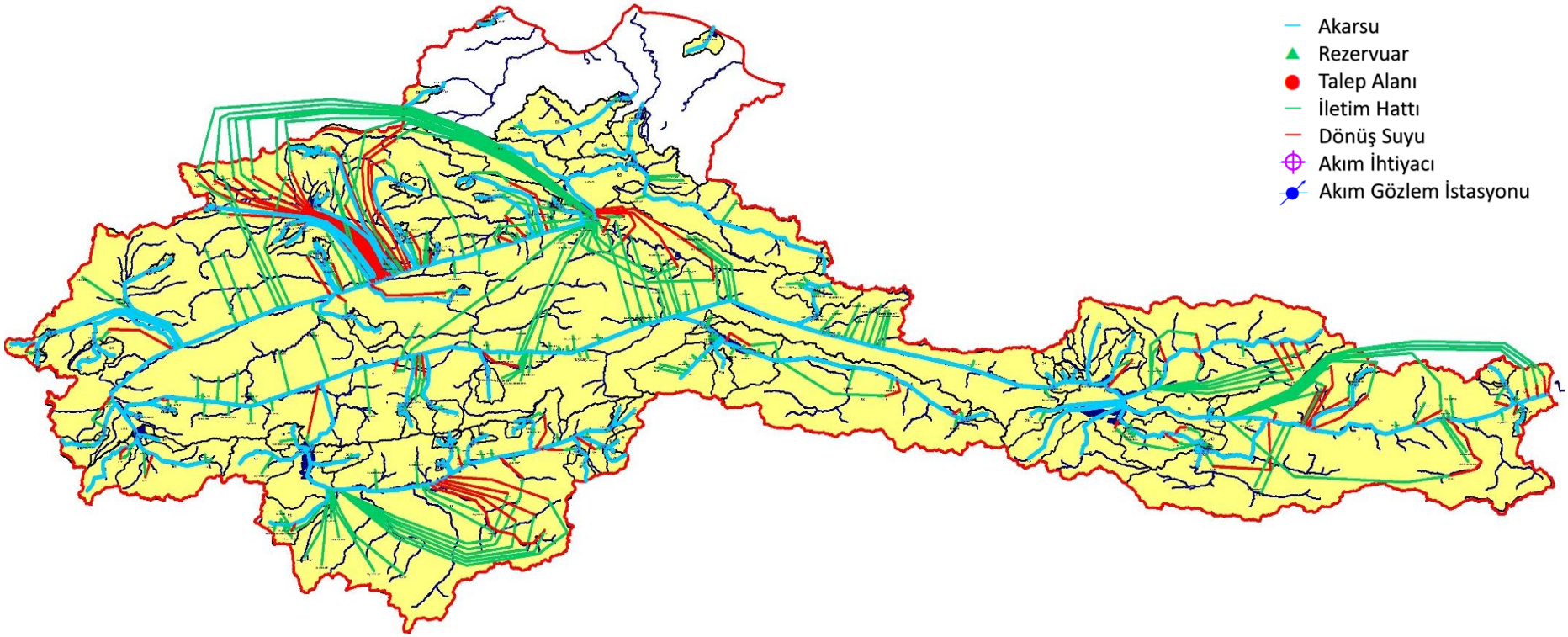
WEAP modelinde su biriktirme hazneleri "Rezervuar" modülü şeklinde gösterilmiştir. Havza içerisinde yer alan göl, gölet ve barajlar bulundukları drenaj alanında akarsu modülünün üzerinde su kütlesi ismi ile modele tanımlanmıştır. Baraj işletme verileri, kot-hacim eğrileri, buharlaşma, tarımsal sulama gibi verilerin tanımı yapılmıştır. Yeşilırmak Havzası'nda bulunan Köse Barajı'na ait örnek modüller Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1 : Köse Barajı'na ait örnek modüller.

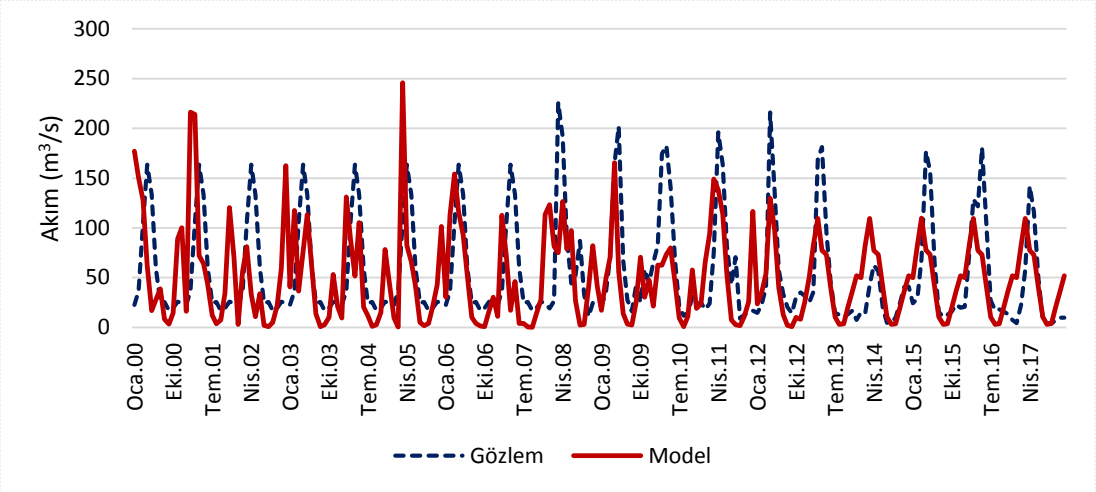
Yeşilırmak Havzası'nda 134 adet su kütlesi bulunmaktadır. Bunlardan 81 adedi akarsu, geri kalan 53 adet ise durgun su kütlesi olarak tanımlanmıştır. Bunun dışında modele atıksu arıtma tesisleri ve kentsel doğrudan deşarj noktaları tanımlanmıştır.

Kurulan model içerisine elde edilen veriler aracılığıyla su kütlelerine ait depolama kapasitesi (hacim), kot – hacim eğrisi ve işletmeye alınan tarih yıl olarak girilmiştir. Yeşilırmak Havzası için elde edilen model sonuçları ve izleme noktalarındaki sonuçlar doğruluğunu ve güvenirliğinin kontrol edebilmek amacıyla karşılaştırılmıştır. Yeşilırmak Havzası'nın 2000 - 2017 yılları arasındaki ortalama su bütçesi bileşenlerinin dağılımı Ek C'de gösterilmiştir.



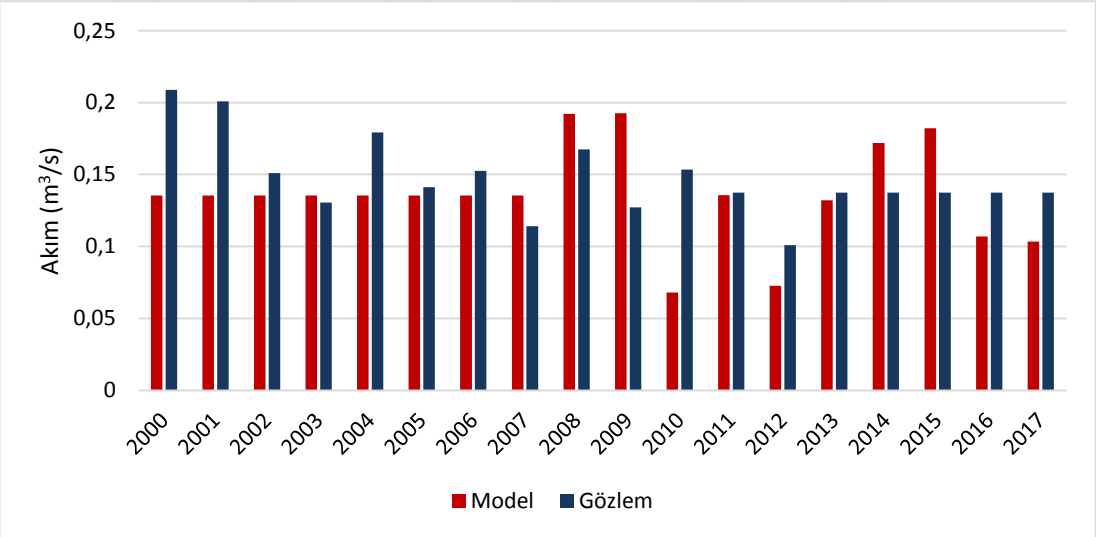
Şekil 4.2 : Yeşilırmak Havzası'na ait WEAP modelinin gösterimi.

2000 – 2017 yılları arasında WEAP modeli sonuçları ile bu yıllar arasında gözlemlenen akım değerlerinin karşılaştırılması Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



Şekil 4.3 : Gözlenen ve modellenen akım değerlerinin karşılaştırılması.

2000 – 2017 yılları arasında Amasya ilinde bulunan Uluköy Barajı'na ait yıllık ortalama akım verileri Şekil 4.4'te gösterilmiştir. WEAP model tarafından hesaplanan ve arazi ölçüm sonuçları karşılaştırılmıştır.

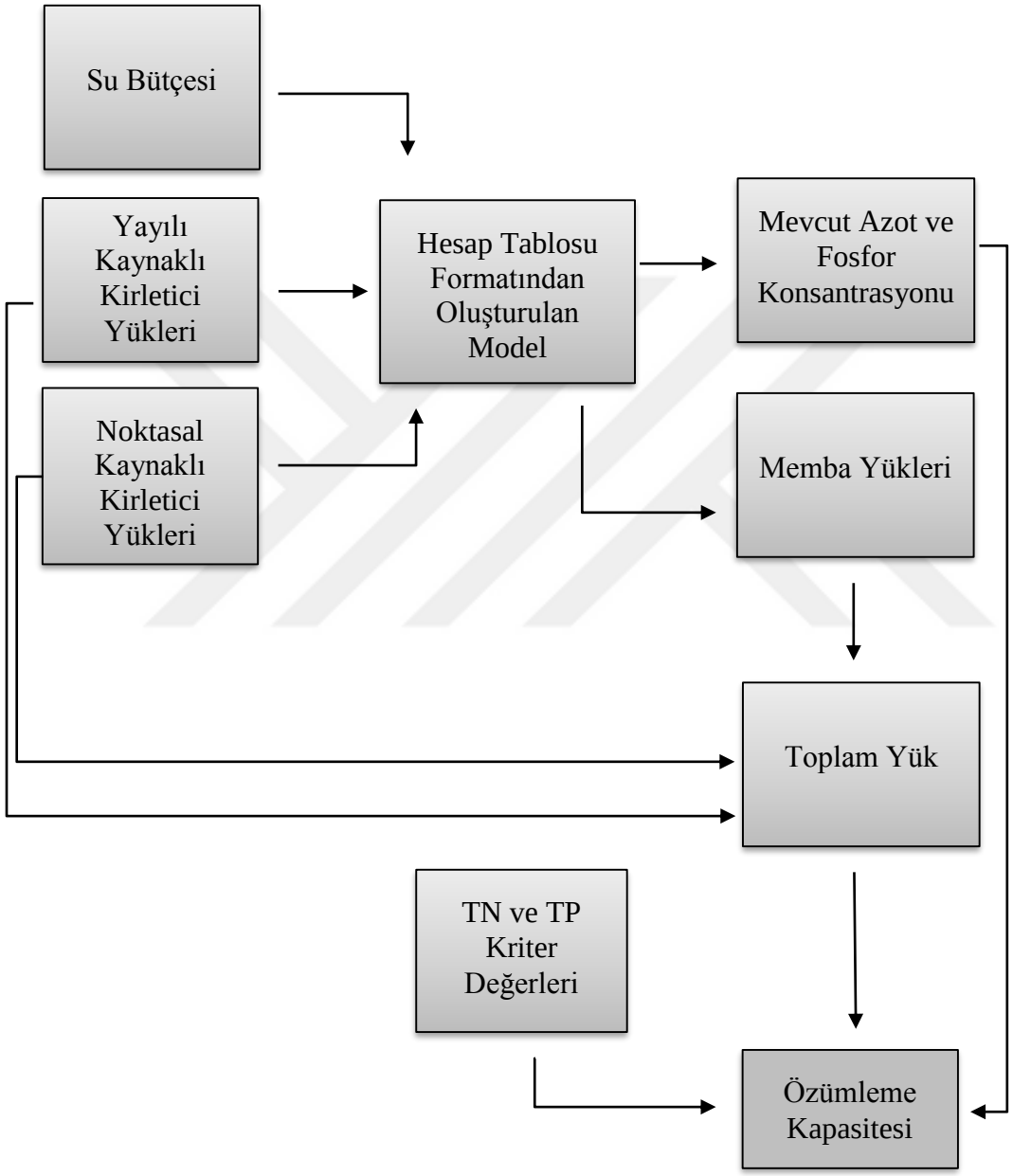


Şekil 4.4 : Model tarafından hesaplanan ve gözlenen yıllık ortalama akım.

4.1.2. Özümleme kapasitesinin belirlenmesi

Özümleme kapasitesi; Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği'nden "Su kütlesinin kirlenmemiş durumuna dönmek için bütün kirleticileri, su ortamındaki canlılara veya suyu tüketen insanlara zarar vermeden alma kapasitesi" olarak ifade edilmektedir. Bu çalışma kapsamında Yeşilırmak Havzası'nda bulunan durgun su

kütlelerinin toplam azot ve toplam fosfor özümleme kapasiteleri, Excel'de hesap tablosu formatında bir model oluşturularak hesaplanmıştır. Modelin genel akış şeması Şekil 4.5'te gösterilmiş, kullanım kılavuzu Ek B'de verilmiştir. Modelde su kütlelerindeki su bütçesi hesapları ve durum değişkenleri olarak toplam azot ve toplam fosfor kullanılmıştır.



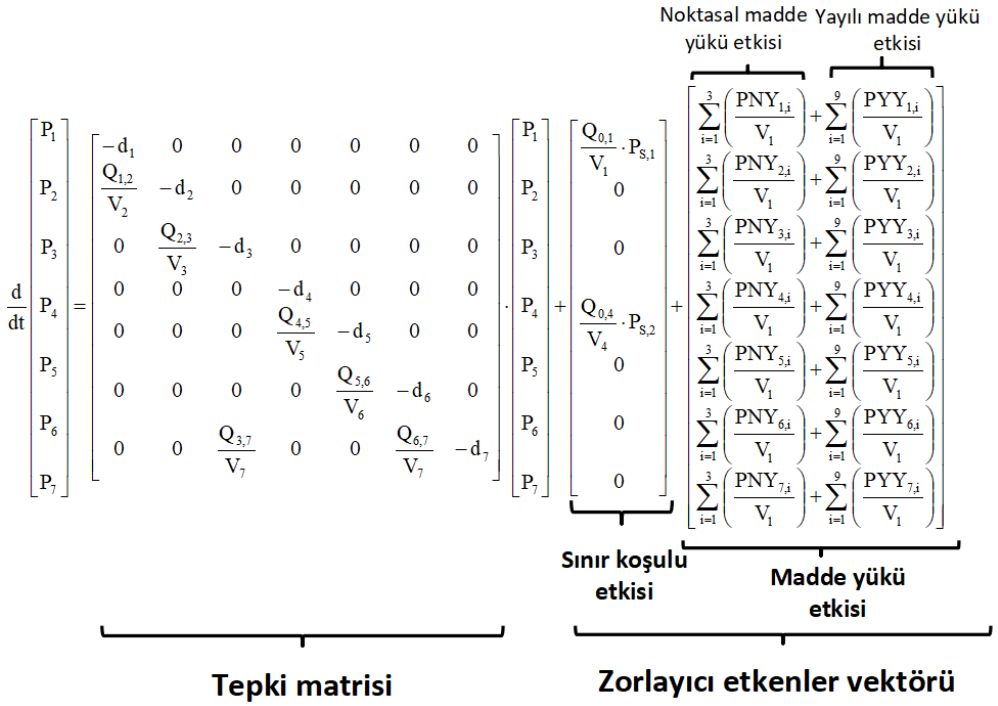
Şekil 4.5 : Özümleme kapasitesi model akış şeması.

Model tarafından hesaplanan toplam azot ve toplam fosfor konsantrasyon değerleri Özümleme Kapasitesi Hesap Tablosu'nda Model Sekmesi, Sütun B'de gösterilmiştir. Yeşilırmak Havzası'nda bulunan su kütlelerinin özümleme hesap tablosu teorik dokümantasyonu EK B1'de örnek sistem üzerinden gösterilmiştir.

Özümleme kapasitesi hesap tablosuna girilen debiler WEAP modelinden alınmıştır. Geliştirilen özümleme kapasitesi modelinde kirleticilerin birinci derece bozunma kinetiği ile azaldığı varsayılmıştır. Bunun yanı sıra model, su kütlelerinin tam karışımlı ve kararlı duruma göre geliştirilmiştir.

Yeşilırmak Havzası'nda 53 adet durgun su kütlesinin özümleme kapasitesi belirlenmiştir. Durgun su kütlelerine taşınan yükler; noktasal, yayılı ve memba yükleri şeklinde üçe ayrılmaktadır. Noktasal ve yayılı kirleticiler, taşınım ve dönüşüm süreçlerinden geçerek drenaj alanı içerisinde mansaba doğru taşınmaktadır. Havza genişliğine bağlı olarak, kendi drenaj alanında birden fazla su kütlesi olabilmektedir. Bu sebeple durgun su kütlesinin kendi drenaj alanı içerisinde de kirletici yükleri membadan mansaba doğru aktarılmaktadır. Membadan gelen kirletici yükün kökenlerinin takip edilmesi gerekmektedir. Takip edilmediği takdirde ise durgun su kütlesinin drenaj alanında alınacak olunan tedbirin belirlenmesinde problem oluşturacaktır.

Havzadaki su kütlelerinin tam karışımlı olduğu varsayılmıştır. Memba mansap ilişkisi ile su kütlelerinin arasındaki taşınım ve dönüşüm etkileşimleri belirlenmektedir. Durgun su kütlelerinin özümleme kapasiteleri belirlenirken kullanılan modelde, bu taşınım süreçleri ve su kalitesi kinetiğini içeren matrisler kullanılarak, ilgili su kütlesinin özümleme kapasitesi hesaplanmıştır. Model içeriğinde iki farklı matris bulunmaktadır. Bunlardan biri tepki matrisi bir diğeri ise memba yükleri matrisidir. Tepki matrisi, sistem içerisindeki iç etkileşimlerin (taşınım ve dönüşüm) cebirsel halidir ve su kütlesinin dış etkilere karşı gösterdiği tepkiyi tanımlamaktadır. Memba yükleri matrisi ise su kütlesinin membasında bulunan su kütlelerinden taşınan yüklerin tanımlandığı matrisidir.



(4.1)

Hesap Tablosu'nda yer alan Tepki matrisi denklem 4.1'de gösterildiği üzere [A], durgun su kütlelerinin konsantrasyonları [P], ilgili drenaj alanındaki su kütlesine gelen toplam noktasal ve yayılı yükleri yani sisteme dışarıdan baskı uygulayan zorlamaların kütle dengesine yansıması ise [B] ile gösterilmiştir. Toplam azot ve toplam fosfor için elde edilen konsantrasyonlar ise denklem 4.2'de gösterildiği gibi Tepki matrisinin tersi ve Zorlayıcı etken vektörünün (sabitler vektörü) çarpılması ile bulunmuştur.

$$\begin{aligned} [\underline{A}]\cdot[P] &= [B] \\ [\underline{A}]^{-1}\cdot[\underline{A}]\cdot[P] &= [\underline{A}]^{-1}\cdot[B] \\ [P] &= [\underline{A}]^{-1}\cdot[B] = \mathrm{inv}([\underline{A}])\cdot[B] \end{aligned} \tag{4.2}$$

Zorlayıcı etkenler vektörüne noktasal ve yayılı kaynaklardan gelen toplam azot ve toplam fosfor yükleri girilmiştir. Yayılı kaynaklar Çizelge 4.1'de gösterilmiştir. Noktasal kaynaklar ise;

- Kentsel doğrudan deşarj,
- Endüstriyel deşarj,
- Atıksu arıtma tesislerinden gelen deşarjlar

olmak üzere üçe ayrılmaktadır.

Çizelge 4.1 : Hesap Tablosu'nda yer alan yayılı ve noktasal kaynaklar.

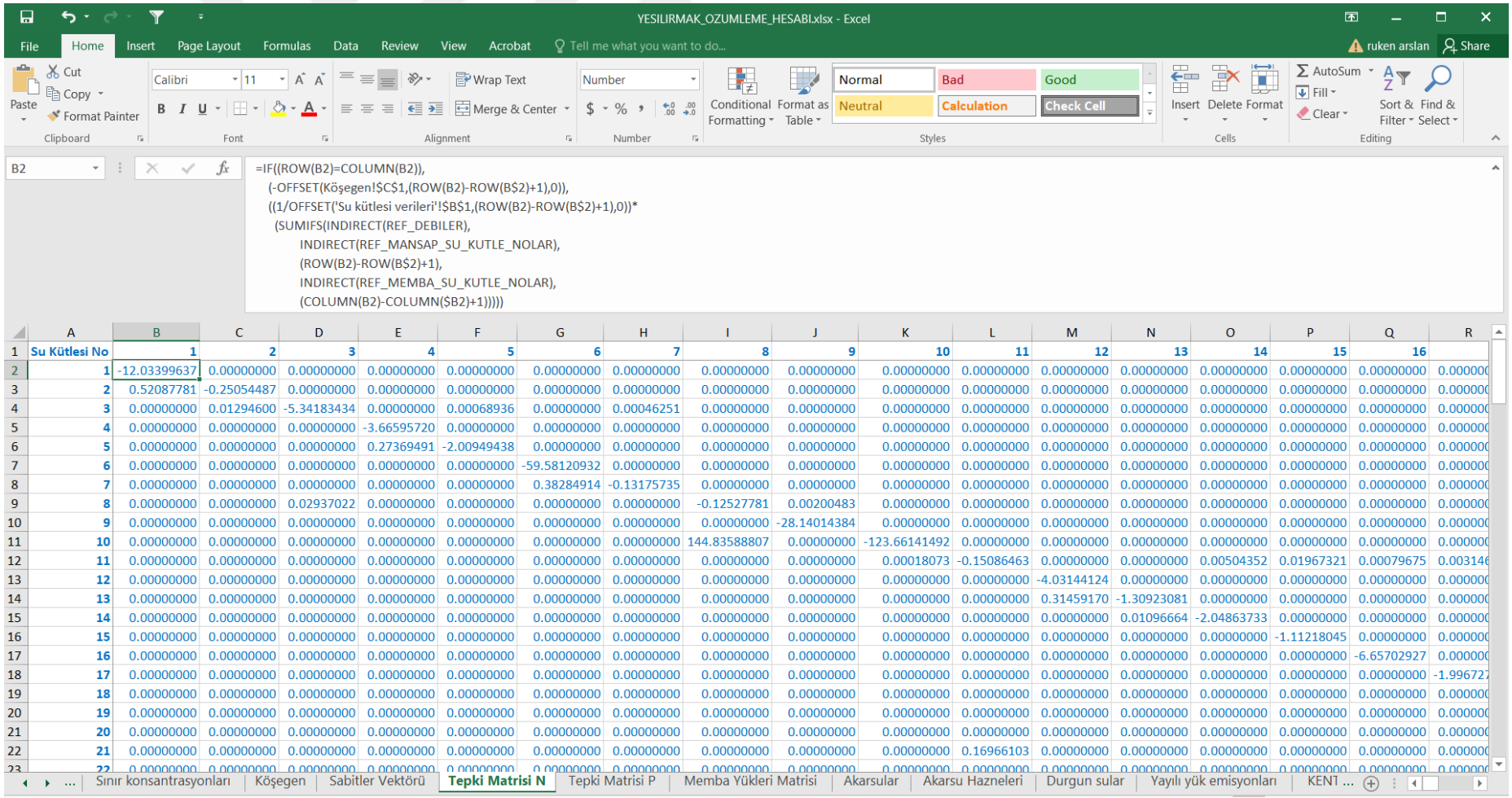
i	Yayılı Kaynak Türü	Noktasal Kaynak Türü
1	Gübre	Kentsel doğrudan deşarj
2	Hayvan	Atıksu arıtma tesis
3	Mera	Endüstriyel tesis
4	Orman	
5	Kentsel yerleşim drenajı	
6	Kırsal yerleşim drenajı	
7	Fosseptikler	
8	Katı atık vahşi döküm alanları	
9	Su ürünleri	

Tepki matrisi, sistem içerisindeki iç etkileşimlerin (taşınım ve dönüşüm) cebirsel halidir ve su kütlesinin dış etkilere karşı gösterdiği tepkiyi tanımlamaktadır. Matris denklem 4.3'te gösterilmiştir ve tepki matrisinin köşegenleri ise su kütlelerinden çıkışı denklem 4.4'te gösterildiği gibi ifade etmektedir. Tepki matrisi ile hem toplam azot hem de toplam fosfor yükü için ayrı ayrı hesaplanmıştır ve hesap tablosuna girilen denklem Şekil 4.6'da gösterilmiştir.

ETKİLENEN \ ETKİLEYEN	Su kütlesi 1	Su kütlesi 2	Su kütlesi 3	Su kütlesi 4	Su kütlesi 5	Su kütlesi 6	Su kütlesi 7
Su kütlesi 1	$-d_1$	0	0	0	0	0	0
Su kütlesi 2	$\frac{Q_{1,2}}{V_2}$	$-d_2$	0	0	0	0	0
Su kütlesi 3	0	$\frac{Q_{2,3}}{V_3}$	$-d_3$	0	0	0	0
Su kütlesi 4	0	0	0	$-d_4$	0	0	0
Su kütlesi 5	0	0	0	$\frac{Q_{4,5}}{V_5}$	$-d_5$	0	0
Su kütlesi 6	0	0	0	0	$\frac{Q_{5,6}}{V_6}$	$-d_6$	0
Su kütlesi 7	0	0	$\frac{Q_{3,7}}{V_7}$	0	0	$\frac{Q_{6,7}}{V_7}$	$-d_7$

(4.3)

$$d_1 = \frac{Q_{1,2}}{V_1} + k_1; d_2 = \frac{Q_{2,3}}{V_2} + k_2; d_3 = \frac{Q_{3,7}}{V_3} + k_3; d_4 = \frac{Q_{4,5}}{V_4} + k_4; d_5 = \frac{Q_{5,6}}{V_5} + k_5; d_6 = \frac{Q_{6,7}}{V_6} + k_6; d_7 = \frac{Q_{7,0}}{V_7} + k_7 \quad (4.4)$$



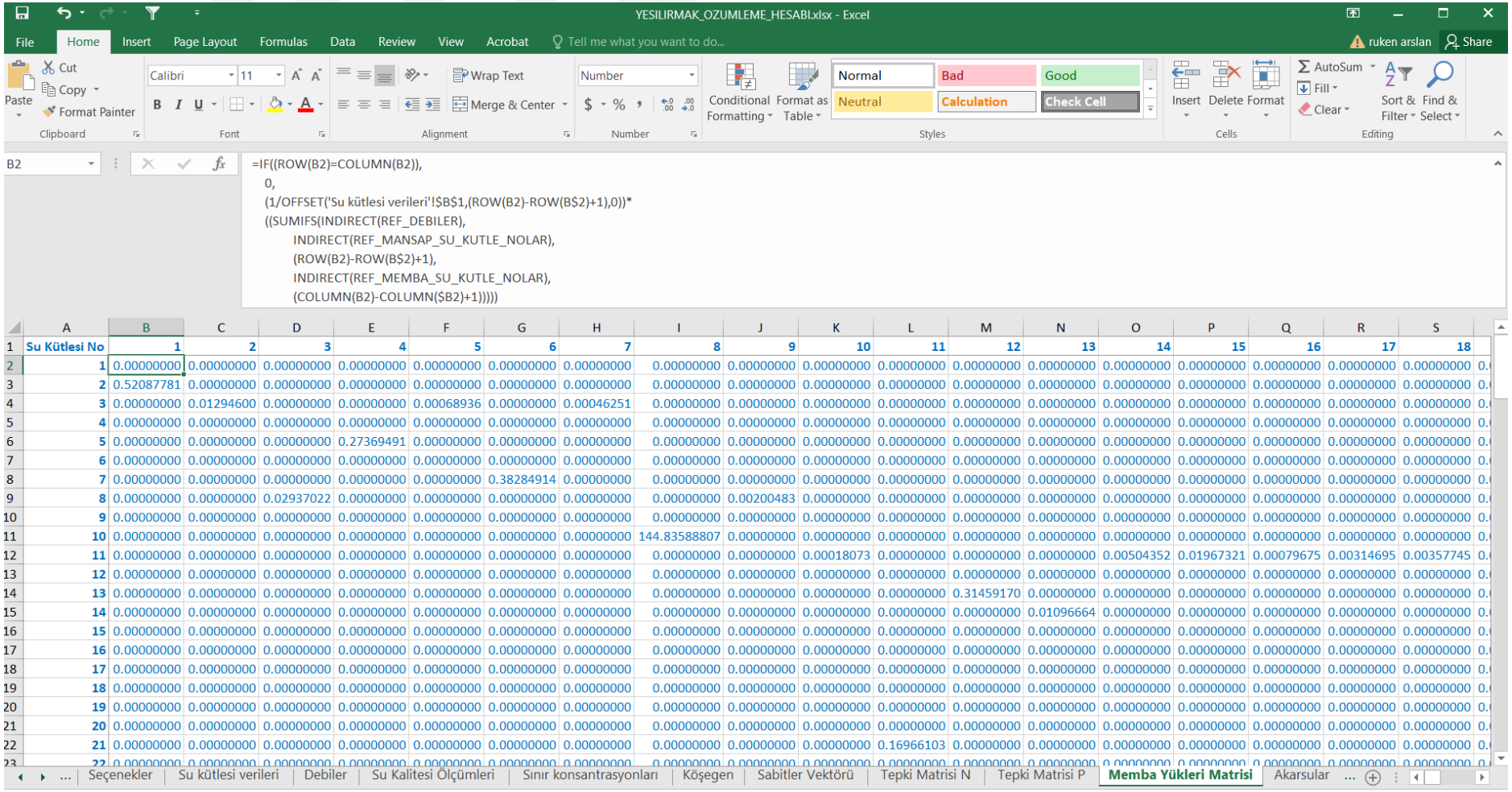
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	Su Kütlesi No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
2	1	-12.03399637	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.000000
3	2	0.52087781	-0.25054487	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.000000
4	3	0.00000000	0.01294600	-5.34183434	0.00000000	0.00068936	0.00000000	0.00046251	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.000000
5	4	0.00000000	0.00000000	0.00000000	-3.66595720	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.000000
6	5	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.27369491	-2.00949438	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.000000
7	6	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	-59.58120932	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.000000
8	7	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.38284914	-0.13175735	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.000000
9	8	0.00000000	0.00000000	0.02937022	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	-0.12527781	0.00200483	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.000000
10	9	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	-28.14014384	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.000000
11	10	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	144.83588807	0.00000000	-123.66141492	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.000000
12	11	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00018073	-0.15086463	0.00000000	0.00000000	0.00504352	0.01967321	0.00079675	0.003146
13	12	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	-4.03144124	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.000000
14	13	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.31459170	-1.30923081	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.000000
15	14	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.01096664	-2.04863733	0.00000000	0.00000000	0.000000
16	15	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	-1.11218045	0.00000000	0.000000
17	16	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	-6.65702927	0.000000
18	17	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	-1.996727
19	18	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.000000
20	19	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.000000
21	20	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.000000
22	21	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.16966103	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.000000

Şekil 4.6 : Tepki matrisinin hesap tablosunda gösterimi.

Memba yükleri matrisinde ise denklem 4.5'te gösterildiği gibi durgun su kütlelerinin geçiş debisi ve hacimleri yer almaktadır. Debiler WEAP modelinden alınmıştır. Yeşilırmak Havzası'nda bulunan su kütlelerinin memba-mansap ilişkileri Ek-A'da da gösterildiği üzere, hesap tablosuna tanımlanmıştır. Tabloda satır etkilenen su kütlesini, sütun ise kirleticiyi temsil etmektedir. Hesap tablosun girilen memba yükleri matrisinin denklemi Şekil 4.7'de gösterilmiştir.

ETKİLENEN \ ETKİLEYEN	Su kütlesi 1	Su kütlesi 2	Su kütlesi 3	Su kütlesi 4	Su kütlesi 5	Su kütlesi 6	Su kütlesi 7
Su kütlesi 1	0	0	0	0	0	0	0
Su kütlesi 2	$\frac{Q_{1,2}}{V_2}$	0	0	0	0	0	0
Su kütlesi 3	0	$\frac{Q_{2,3}}{V_3}$	0	0	0	0	0
Su kütlesi 4	0	0	0	0	0	0	0
Su kütlesi 5	0	0	0	$\frac{Q_{4,5}}{V_5}$	0	0	0
Su kütlesi 6	0	0	0	0	$\frac{Q_{5,6}}{V_6}$	0	0
Su kütlesi 7	0	0	$\frac{Q_{3,7}}{V_7}$	0	0	$\frac{Q_{6,7}}{V_7}$	0

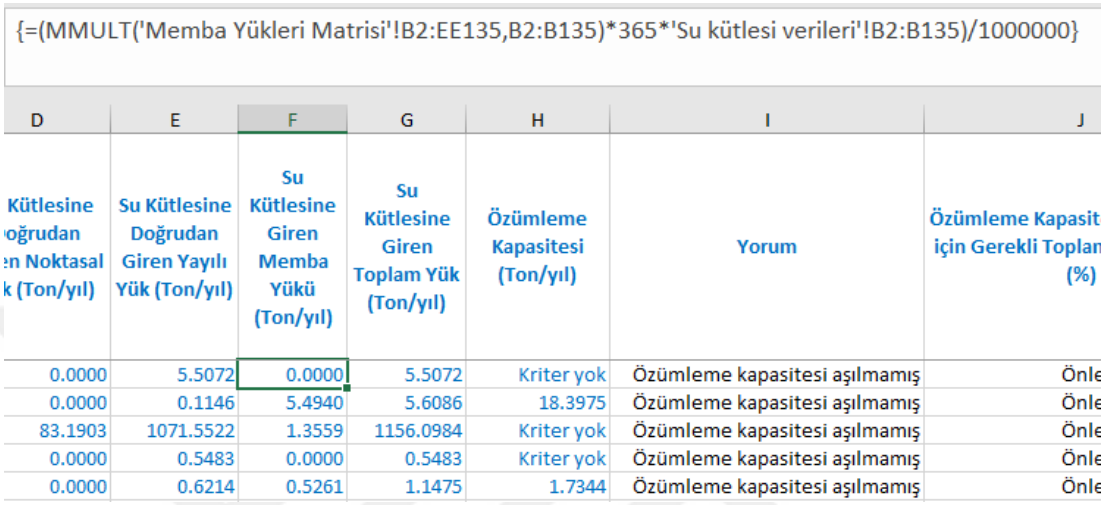
(4.5)



Su Kütlesi No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
2	0.52087781	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
3	0.00000000	0.01294600	0.00000000	0.00000000	0.00068936	0.00000000	0.00046251	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
4	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
5	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.27369491	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
6	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
7	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.38284914	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
8	0.00000000	0.00000000	0.02937022	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00200483	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
9	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
10	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	144.83588807	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
11	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00018073	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00504352	0.01967321	0.00079675	0.00314695	0.00357745
12	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
13	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.31459170	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
14	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.01096664	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
15	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
16	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
17	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
18	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
19	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
20	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
21	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
22	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.16966103	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000

Şekil 4.7 : Memba yükleri matrisinin hesap tablosunda gösterimi.

Su kütlesine doğrudan gelen noktasal, yayılı ve su kütlesinin membasındaki su kütlesi/su kütlelerinden gelen yükler toplanarak, tabloda "Su Kütlesine Giren Toplam Yük" şeklinde hesabı yapılmıştır. Su kütlesine membasından gelen toplam yük ise memba yükleri matrisi ve hacim verileri kullanılarak bulunmuştur. Hesap tablosuna girilen denklem ise Şekil 4.8'de gösterilmiştir.

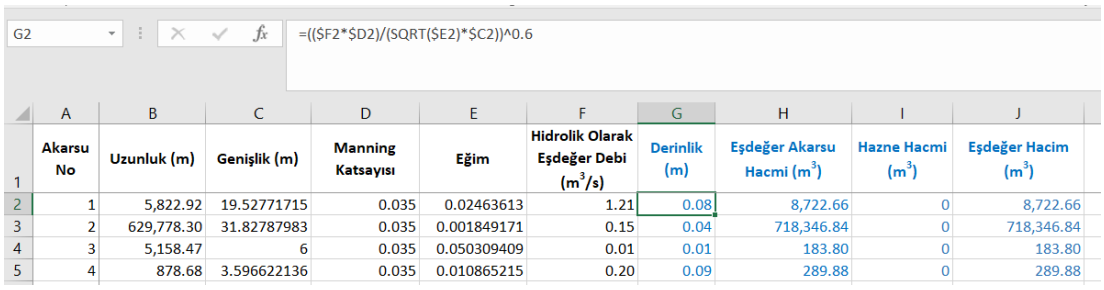


{=(MMULT('Memba Yükleri Matrisi'!B2:EE135,B2:B135)*365*'Su kütlesi verileri'!B2:B135)/1000000}

D	E	F	G	H	I	J
Kütlesine oğrudan n Noktasal k (Ton/yıl)	Su Kütlesine Doğrudan Giren Yayılı Yük (Ton/yıl)	Su Kütlesine Giren Memba Yükü (Ton/yıl)	Su Kütlesine Giren Toplam Yük (Ton/yıl)	Özümleme Kapasitesi (Ton/yıl)	Yorum	Özümleme Kapasit için Gerekli Toplan (%)
0.0000	5.5072	0.0000	5.5072	Kriter yok	Özümleme kapasitesi aşılmamış	Önle
0.0000	0.1146	5.4940	5.6086	18.3975	Özümleme kapasitesi aşılmamış	Önle
83.1903	1071.5522	1.3559	1156.0984	Kriter yok	Özümleme kapasitesi aşılmamış	Önle
0.0000	0.5483	0.0000	0.5483	Kriter yok	Özümleme kapasitesi aşılmamış	Önle
0.0000	0.6214	0.5261	1.1475	1.7344	Özümleme kapasitesi aşılmamış	Önle

Şekil 4.8 : Su kütlesine membasından gelen yük hesabı.

Yeşilırmah Havzası'nda 81 adet akarsu su kütlesi bulunmaktadır. Su kütlelerinin uzunluk, genişlik, eğim, hidrolik olarak eşdeğer debi verileri hesap tablosuna Şekil 4.9'da gösterildiği gibi girilerek eşdeğer akarsu hacmi hesaplanmıştır.



G2 =(($F2*$D2)/(SQRT($E2)*$C2))^0.6

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Akarsu No	Uzunluk (m)	Genişlik (m)	Manning Katsayısı	Eğim	Hidrolik Olarak Eşdeğer Debi (m^3/s)	Derinlik (m)	Eşdeğer Akarsu Hacmi (m^3)	Hazne Hacmi (m^3)	Eşdeğer Hacim (m^3)
2	1	5,822.92	19.52771715	0.035	0.02463613	1.21	0.08	8,722.66	0	8,722.66
3	2	629,778.30	31.82787983	0.035	0.001849171	0.15	0.04	718,346.84	0	718,346.84
4	3	5,158.47	6	0.035	0.050309409	0.01	0.01	183.80	0	183.80
5	4	878.68	3.596622136	0.035	0.010865215	0.20	0.09	289.88	0	289.88

Şekil 4.9 : Akarsu su kütlelerine ait girilen veriler.

Eşdeğer akarsu hacmi ise denklem 4.6'da gösterildiği hesaplanmıştır.

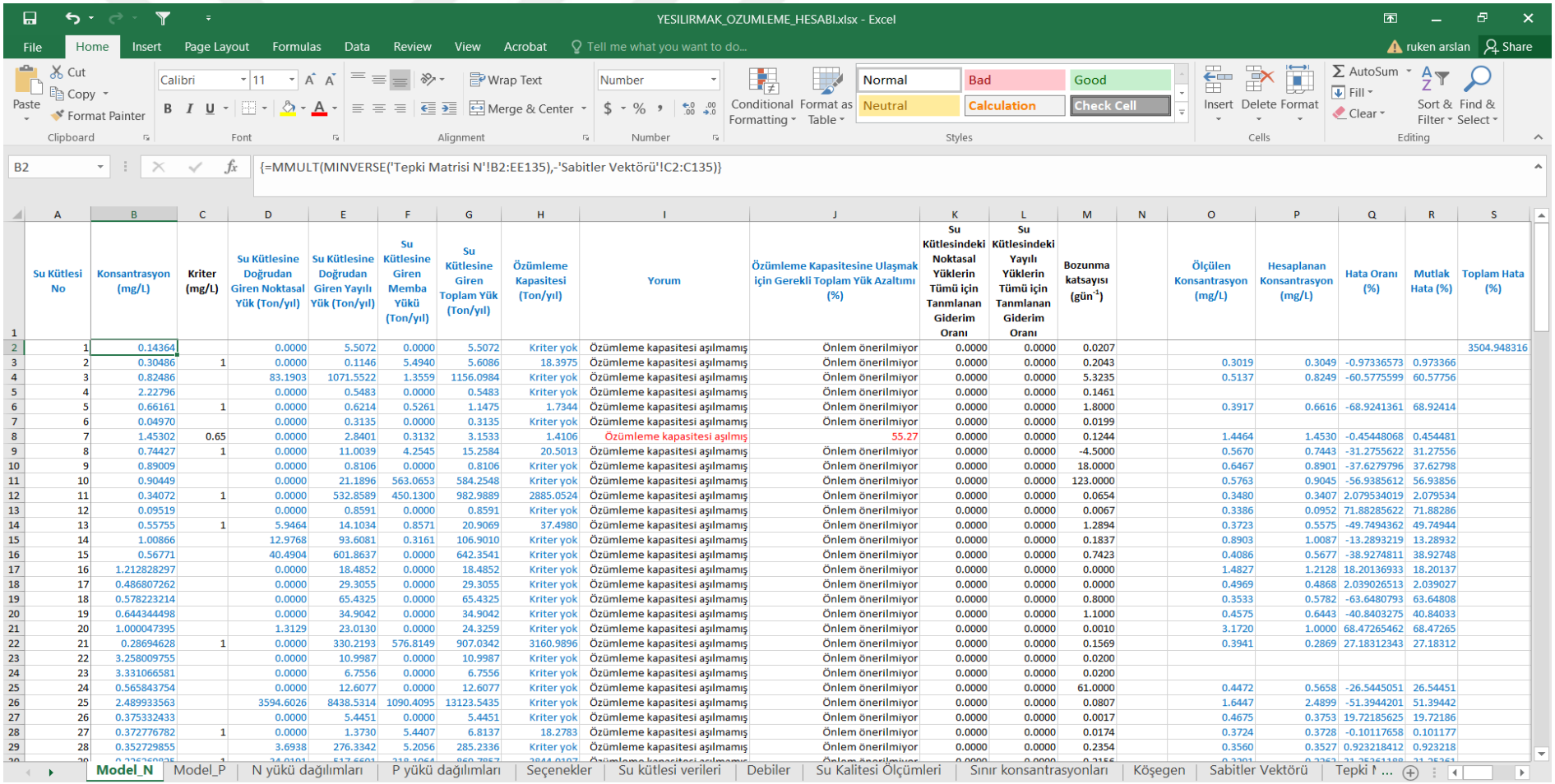
$$V_{akarsu} = l_{akarsu} \cdot B_{akarsu} \cdot D_{akarsu} \qquad (4.6)$$

Durgun su kütlelerinin özümleme kapasitesi ise denklem 4.7'de gösterildiği şekilde hesaplanmıştır.

$$\text{Özü}mleme\ kapasitesi\ \left(\frac{ton}{yıl}\right) = \frac{Su\ kütlesine\ giren\ toplam\ yük\ (\frac{ton}{yıl})}{\begin{matrix}Model\ tarafından\\ hesaplanan\ konsantrasyon\ (\frac{mg}{L})\end{matrix}} \times Kriter\ \left(\frac{mg}{L}\right)$$

(4.7)

Durgun su kütlesine gelen toplam yük, hesaplanan özümleme kapasitesinden fazla olduğu durumda "özümleme kapasitesi aşılmış", düşük olduğu durumda ise "özümleme kapasitesi aşılmamış" şeklinde yorumlanmıştır. Özümleme kapasitesi aşılmış durgun su kütlelerinin azaltması gereken toplam yük hesaplanmıştır. Hesap tablosu tarafından hesaplanan toplam azot ve toplam fosfor konsantrasyonları Şekil 4.10'da görüldüğü şekilde hesaplanmıştır.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	Su Kütlesi No	Konsantrasyon (mg/L)	Kriter (mg/L)	Su Kütlesine Doğrudan Giren Noktasal Yük (Ton/yıl)	Su Kütlesine Doğrudan Giren Yayılı Yük (Ton/yıl)	Su Kütlesine Giren Memba Yükü (Ton/yıl)	Su Kütlesine Giren Toplam Yük (Ton/yıl)	Özümleme Kapasitesi (Ton/yıl)	Yorum	Özümleme Kapasitesine Ulaşmak için Gerekli Toplam Yük Azaltımı (%)	Su Kütlesindeki Noktasal Yüklerin Tümü için Tanımlanan Giderim Oranı	Su Kütlesindeki Yayılı Yüklerin Tümü için Tanımlanan Giderim Oranı	Bozunma katsayısı ($gün^{-1}$)		Ölçülen Konsantrasyon (mg/L)	Hesaplanan Konsantrasyon (mg/L)	Hata Oranı (%)	Mutlak Hata (%)	Toplam Hata (%)
2	1	0.14364		0.0000	5.5072	0.0000	5.5072	Kriter yok	Özümleme kapasitesi aşılmamış	Önlem önerilmiyor	0.0000	0.0000	0.0207						3504.948316
3	2	0.30486	1	0.0000	0.1146	5.4940	5.6086	18.3975	Özümleme kapasitesi aşılmamış	Önlem önerilmiyor	0.0000	0.0000	0.2043		0.3019	0.3049	-0.97336573	0.973366	
4	3	0.82486		83.1903	1071.5522	1.3559	1156.0984	Kriter yok	Özümleme kapasitesi aşılmamış	Önlem önerilmiyor	0.0000	0.0000	5.3235		0.5137	0.8249	-60.5775599	60.57756	
5	4	2.22796		0.0000	0.5483	0.0000	0.5483	Kriter yok	Özümleme kapasitesi aşılmamış	Önlem önerilmiyor	0.0000	0.0000	0.1461						
6	5	0.66161	1	0.0000	0.6214	0.5261	1.1475	1.7344	Özümleme kapasitesi aşılmamış	Önlem önerilmiyor	0.0000	0.0000	1.8000		0.3917	0.6616	-68.9241361	68.92414	
7	6	0.04970		0.0000	0.3135	0.0000	0.3135	Kriter yok	Özümleme kapasitesi aşılmamış	Önlem önerilmiyor	0.0000	0.0000	0.0199						
8	7	1.45302	0.65	0.0000	2.8401	0.3132	3.1533	1.4106	Özümleme kapasitesi aşılmış	55.27	0.0000	0.0000	0.1244		1.4464	1.4530	-0.45448068	0.454481	
9	8	0.74427	1	0.0000	11.0039	4.2545	15.2584	20.5013	Özümleme kapasitesi aşılmamış	Önlem önerilmiyor	0.0000	0.0000	-4.5000		0.5670	0.7443	-31.2755622	31.27556	
10	9	0.89009		0.0000	0.8106	0.0000	0.8106	Kriter yok	Özümleme kapasitesi aşılmamış	Önlem önerilmiyor	0.0000	0.0000	18.0000		0.6467	0.8901	-37.6279796	37.62798	
11	10	0.90449		0.0000	21.1896	563.0653	584.2548	Kriter yok	Özümleme kapasitesi aşılmamış	Önlem önerilmiyor	0.0000	0.0000	123.0000		0.5763	0.9045	-56.9385612	56.93856	
12	11	0.34072	1	0.0000	532.8589	450.1300	982.9889	2885.0524	Özümleme kapasitesi aşılmamış	Önlem önerilmiyor	0.0000	0.0000	0.0654		0.3480	0.3407	2.079534019	2.079534	
13	12	0.09519		0.0000	0.8591	0.0000	0.8591	Kriter yok	Özümleme kapasitesi aşılmamış	Önlem önerilmiyor	0.0000	0.0000	0.0067		0.3386	0.0952	71.88285622	71.88286	
14	13	0.55755	1	5.9464	14.1034	0.8571	20.9069	37.4980	Özümleme kapasitesi aşılmamış	Önlem önerilmiyor	0.0000	0.0000	1.2894		0.3723	0.5575	-49.7494362	49.74944	
15	14	1.00866		12.9768	93.6081	0.3161	106.9010	Kriter yok	Özümleme kapasitesi aşılmamış	Önlem önerilmiyor	0.0000	0.0000	0.1837		0.8903	1.0087	-13.2893219	13.28932	
16	15	0.56771		40.4904	601.8637	0.0000	642.3541	Kriter yok	Özümleme kapasitesi aşılmamış	Önlem önerilmiyor	0.0000	0.0000	0.7423		0.4086	0.5677	-38.9274811	38.92748	
17	16	1.212828297		0.0000	18.4852	0.0000	18.4852	Kriter yok	Özümleme kapasitesi aşılmamış	Önlem önerilmiyor	0.0000	0.0000	0.0000		1.4827	1.2128	18.20136933	18.20137	
18	17	0.486807262		0.0000	29.3055	0.0000	29.3055	Kriter yok	Özümleme kapasitesi aşılmamış	Önlem önerilmiyor	0.0000	0.0000	0.0000		0.4969	0.4868	2.039026513	2.039027	
19	18	0.578223214		0.0000	65.4325	0.0000	65.4325	Kriter yok	Özümleme kapasitesi aşılmamış	Önlem önerilmiyor	0.0000	0.0000	0.8000		0.3533	0.5782	-63.6480793	63.64808	
20	19	0.644344498		0.0000	34.9042	0.0000	34.9042	Kriter yok	Özümleme kapasitesi aşılmamış	Önlem önerilmiyor	0.0000	0.0000	1.1000		0.4575	0.6443	-40.8403275	40.84033	
21	20	1.000047395		1.3129	23.0130	0.0000	24.3259	Kriter yok	Özümleme kapasitesi aşılmamış	Önlem önerilmiyor	0.0000	0.0000	0.0010		3.1720	1.0000	68.47265462	68.47265	
22	21	0.28694628	1	0.0000	330.2193	576.8149	907.0342	3160.9896	Özümleme kapasitesi aşılmamış	Önlem önerilmiyor	0.0000	0.0000	0.1569		0.3941	0.2869	27.18312343	27.18312	
23	22	3.258009755		0.0000	10.9987	0.0000	10.9987	Kriter yok	Özümleme kapasitesi aşılmamış	Önlem önerilmiyor	0.0000	0.0000	0.0200						
24	23	3.331066581		0.0000	6.7556	0.0000	6.7556	Kriter yok	Özümleme kapasitesi aşılmamış	Önlem önerilmiyor	0.0000	0.0000	0.0200						
25	24	0.565843754		0.0000	12.6077	0.0000	12.6077	Kriter yok	Özümleme kapasitesi aşılmamış	Önlem önerilmiyor	0.0000	0.0000	61.0000		0.4472	0.5658	-26.5445051	26.54451	
26	25	2.489933563		3594.6026	8438.5314	1090.4095	13123.5435	Kriter yok	Özümleme kapasitesi aşılmamış	Önlem önerilmiyor	0.0000	0.0000	0.0807		1.6447	2.4899	-51.3944201	51.39442	
27	26	0.375332433		0.0000	5.4451	0.0000	5.4451	Kriter yok	Özümleme kapasitesi aşılmamış	Önlem önerilmiyor	0.0000	0.0000	0.0017		0.4675	0.3753	19.72185625	19.72186	
28	27	0.372776782	1	0.0000	1.3730	5.4407	6.8137	18.2783	Özümleme kapasitesi aşılmamış	Önlem önerilmiyor	0.0000	0.0000	0.0174		0.3724	0.3728	-0.10117658	0.101177	
29	28	0.352729855		3.6938	276.3342	5.2056	285.2336	Kriter yok	Özümleme kapasitesi aşılmamış	Önlem önerilmiyor	0.0000	0.0000	0.2354		0.3560	0.3527	0.923218412	0.923218	

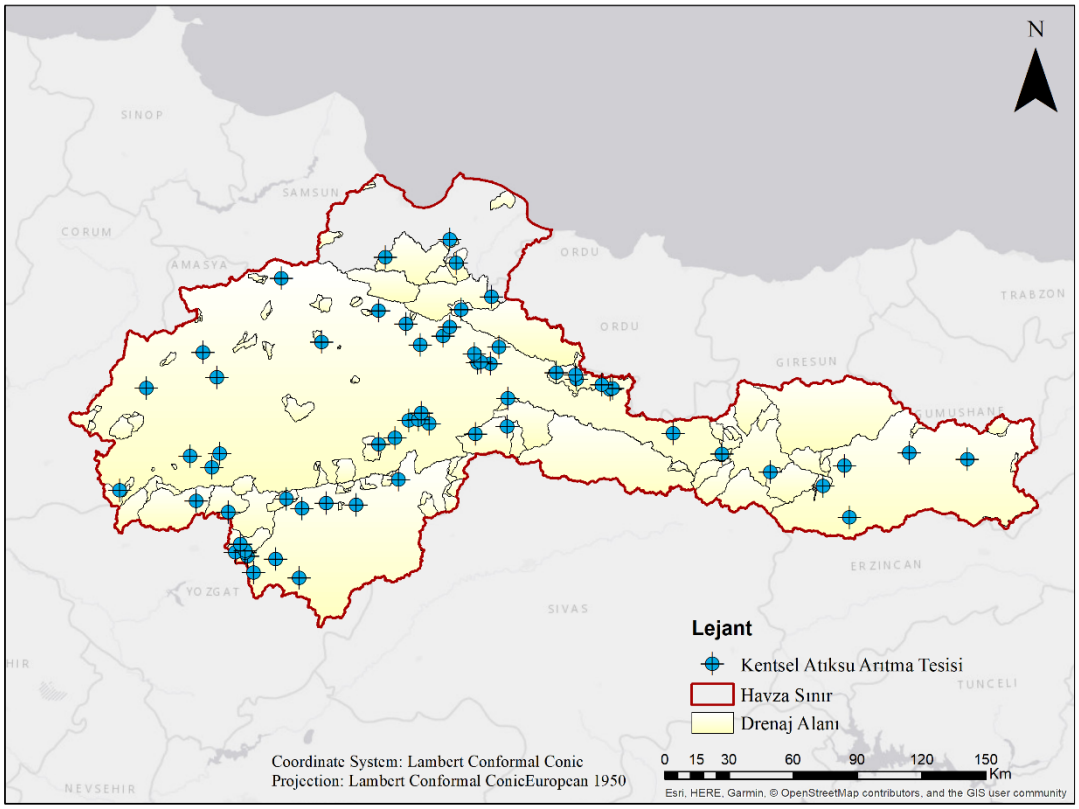
Şekil 4.10 : Hesap tablosu tarafından hesaplanan toplam azot ve toplam fosfor konsantrasyonlarının Excel'de gösterimi.

4.2. Noktasal Kirletici Kaynakların Yüklerinin Hesaplanması

Yeşilırmak Havzası'nda bulunan noktasal kirletici kaynaklar; endüstriyel deşarjlar, atıksu arıtma tesislerinden arıtımı yapılan ve/veya yapılmadan alıcı ortama deşarj edilen kentsel atıksulardır. Noktasal kirletici kaynaklar endüstriyel ve kentsel yüklerin toplamını oluşturmaktadır.

4.2.1. Atıksu arıtma tesislerinden gelen yükler

Yeşilırmak Havzası'nda toplam 62 adet atıksu arıtma tesisi bulunmaktadır. Şekil 4.11'de havza içerisinde bulunan atıksu arıtma tesisleri gösterilmiştir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği'nde bulunan nüfusa bağlı güncel kişi başına oluşan atıksu hesabı ile debiler hesaplanmıştır. Tesisin atıksu debisi ve deşarj olan toplam azot ve toplam fosfor değerleri kullanılarak hesaplanmıştır.



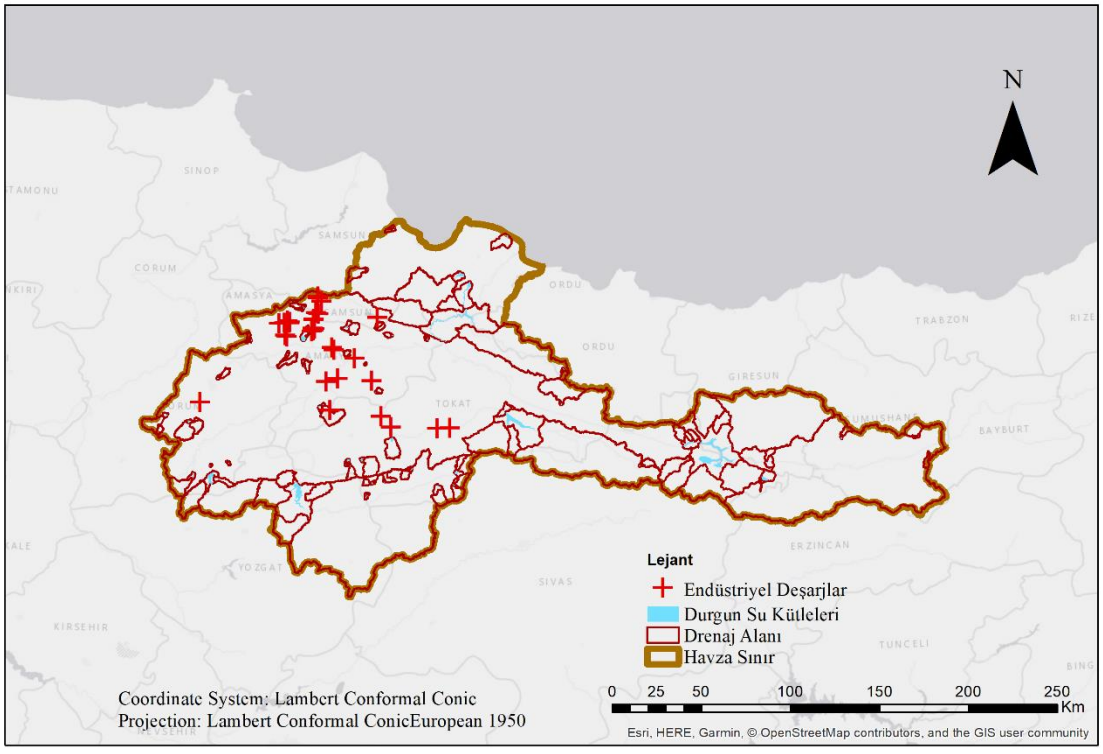
Şekil 4.11 : Yeşilırmak Havzası'nda bulunan atıksu arıtma tesisleri.

4.2.2. Kentsel doğrudan deşarjlardan gelen yükler

Yerleşim yerlerinde atıksu arıtma tesisi olmaması durumunda havzaya doğrudan deşarj edilmektedir. Amasya iline bağlı Merzifon ve Tokat iline bağlı Turhal, Yazıtepe atıksularını doğrudan Yeşilırmak Nehri'ne deşarj edilmektedir. Kentsel doğrudan deşarjların yük hesabı ise yerleşim alanı içerisinde bulunan nüfusa bağlı olarak hesaplanmıştır.

4.2.3. Endüstriyel deşarjlardan gelen yükler

Yeşilırmak Havza sınırları içerisinde kalan Hasan Uğurlu Barajı'na deşarj edilen endüstriyel tesisler Şekil 4.12'de gösterilmiştir. Durgun su kütleleri üzerinde bulunan 31 farklı gıda sanayi bulunmaktadır. Yeşilırmak Nehri üzerinde olan özellikle gıda sanayisi (Özmaya Sanayi) nehir için baskı oluşturmaktadır. Endüstriyel sanayiden gelen yük; tesisin atıksu debisi ve deşarj olan toplam azot ve toplam fosfor değerleri kullanılarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.12 : Yeşilırmak Havzası'nda bulunan endüstriyel deşarj noktaları.

4.3. Yayılı Kirletici Kaynakların Yüklerinin Hesaplanması

Yayılı kirleticiler yağış veya sulama suyunun araziye ulaşması sonucunda, kirleticilerin nehirlere, göllere ve kıyı sularına taşınmasıyla ortaya çıkmaktadır.

Topografik ve jeolojik koşullar, çevresel etkiler ve drenaj alanın büyüklüğü kirlilik derecesinin başlıca etkenleridir. Yayılı kirliliğin hesaplanması sırasında kullanılan kirlilik kaynakları şu şekilde sıralanmıştır:

- Orman alanları
- Mera alanları
- Kentsel yerleşim bölgesi
- Kırsal yerleşim bölgesi
- Tarımda kullanılan gübreden kaynaklı yükler
- Hayvancılık faaliyetleri
- Katı atık düzensiz depolama sahalarından gelen yükler
- Fosseptiklerden gelen yükler
- Su ürünlerinden gelen yükler

4.3.1. Orman alanlarından gelen yükler

Orman alanlarından gelen yayılı yükler havzanın topografyası, toprak tipi ve jeolojik özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. CORINE 2012 arazi örtüsü kullanım verileri ile ArcGIS programında drenaj alanları çakıştırılmıştır. Drenaj alanı içerisinde kalan orman alanları ile birim yükler çarpılarak, orman alanlarından gelen birim TN ve TP birim yükleri hesaplanmıştır. Çizelge 4.2'de orman alanları için alınan birim yükler gösterilmiştir.

Çizelge 4.2 : Orman alanları için alınan birim yükleri.

Yayılı yük kaynağı	Birim Yükler	
	Toplam Azot (kg/ha/yıl)	Toplam Fosfor (kg/ha/yıl)
Orman Alanları	2	0,05

4.3.2. Mera alanlarından gelen yükler

Mera ve çayır alanlarından iklim, morfoloji, jeoloji toprak özellikleri gibi doğal değişkenlerden etkilenerek yüzeysel akış ile besi maddesi ilgili su kütlesine taşınmaktadır. CORINE 2012 verisi ile drenaj alanı içerisinde kalan bölge birim yükler ile çarpılarak TN ve TP yükleri hesaplanmıştır. Çizelge 4.3'te çayır ve mera alanları için alınan birim yükler gösterilmiştir.

Çizelge 4.3 : Mera alanları için alınan birim yükler.

Yayılı yük kaynağı	Birim Yükler	
	Toplam Azot (kg/ha/yıl)	Toplam Fosfor (kg/ha/yıl)
Mera Alanları	5	0,1

4.3.3. Kentsel yerleşim bölgelerinden gelen yükler

Kanalizasyon şebekesi bulunmayan bölgelerde, yerleşim yerlerinden kaynaklanan kirletici yükleri yayılı kaynak olarak değerlendirilmiştir. Kentsel yerleşimden kaynaklanan birim yüklerin hesabında; CORINE 2012 veri tabanına ait bilgiler ile drenaj alanları çakıştırılmıştır. Elde edilen bu veriler ile kentsel yerleşim alanlarının birim yükleri çarpılarak, TN ve TP kirletici yükleri hesaplanmıştır. Kentsel yerleşim bölgelerinde kullanılan birim yükler Çizelge 4.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.4 : Kentsel yerleşim bölgeleri için alınan birim yükler.

Yayılı yük kaynağı	Birim Yükler	
	Toplam Azot (kg/ha/yıl)	Toplam Fosfor (kg/ha/yıl)
Kentsel Yerleşim Alanları	3	0,5

4.3.4. Kırsal yerleşim bölgelerinden gelen yükler

Yüzeysel akış ile kırsal yerleşim bölgelerinden gelen yayılı kirletici yükün hesabında kullanılan birim yükler Çizelge 4.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.5 : Kırsal yerleşim bölgeleri için alınan birim yükler.

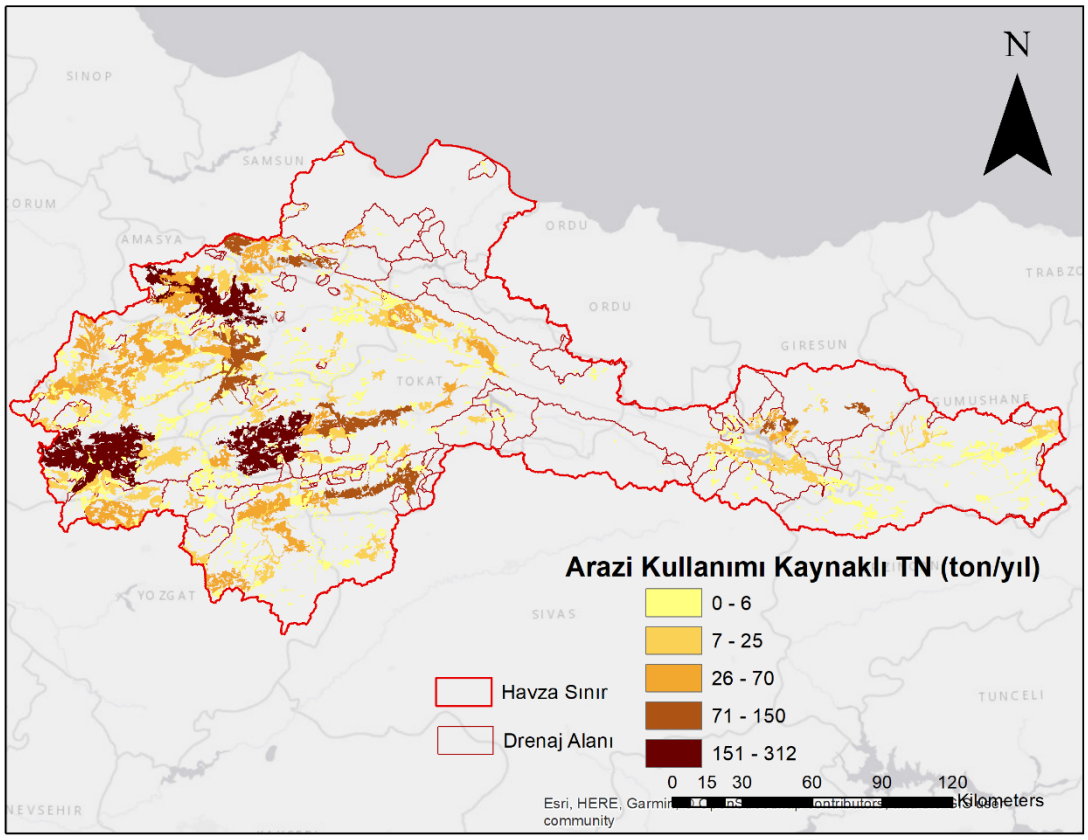
Yayılı yük kaynağı	Birim Yükler	
	Toplam Azot (kg/ha/yıl)	Toplam Fosfor (kg/ha/yıl)
Kentsel Yerleşim Alanları	9,5	0,9

4.3.5. Gübreden kaynaklı gelen yükler

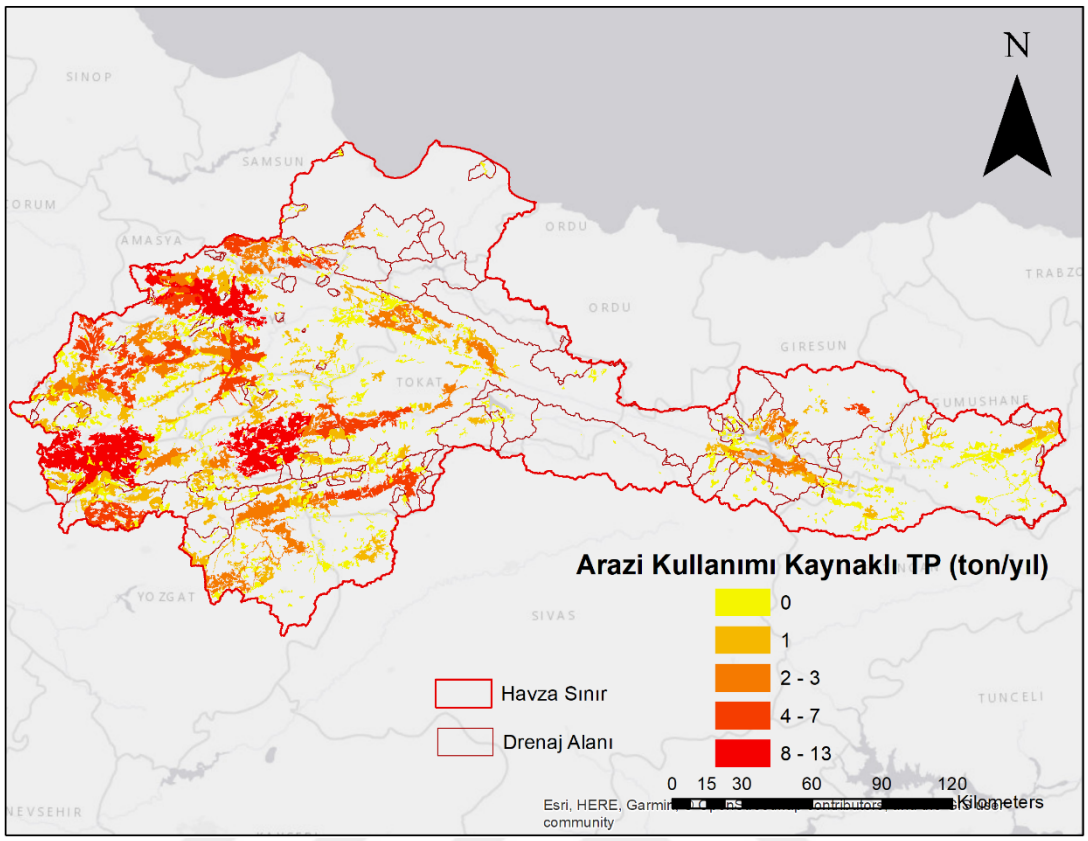
Besi maddelerinin konsantrasyonu; su sıcaklığı, yağış ve akış miktarı, su kütlesinde gerçekleşen biyolojik aktiviteler, yapay veya doğal gübre kullanımına bağlı olarak değişmektedir. Yeşilırmak Havzası'nda mevcut gübreden kaynaklı yük kullanımı, CORINE 2012 arazi kullanımına bağlı tarımsal alan verileri ile Tarım ve Orman Bakanlığı'nın yıllık gübre kullanım verileri kullanıllarak hesaplanmıştır. Yıllık gübre tüketimini belirlemek amacıyla havza içerisinde yer alan drenaj alanlarının bulunduğu

illerin yıllık gübre tüketim miktarları kullanılmıştır. Havza içerisinde kalan tarım alanı yüzdesi kadar, tarım arazisinde bulunan gübre miktarı olduğu kabul edilmiştir.

Yeşilırmak Havzası'nda bulunan her bir il için drenaj alan sınırları içerisinde kullanılan toplam gübre miktarı baz alınarak, gübreden kaynaklı azot ve fosfor yükleri hesaplanmıştır. Havza içerisinde kullanılan toplam nitratlı gübre miktarı 268.409 ton olarak belirlenmiştir. Yeşilırmak Havzası için oluşturulmuş gübre kullanımından kaynaklı yayılı yük haritaları, toplam azot ve toplam fosfor için sırasıyla Şekil 4.13 ve Şekil 4.14'te gösterilmiştir.



Şekil 4.13 : Yeşilırmak Havzası gübre kullanımdan kaynaklanan yayılı TN yükü.



Şekil 4.14 : Yeşilırmak Havzası gübre kullanımdan kaynaklanan yayılı TP yükü.

4.3.6. Hayvancılık kaynaklı oluşan yükler

Türkiye'de hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanan atıkların bir kısmı tarımda gübre olarak kullanılırken, bir kısmı ise depolarda biriktirilmekte veya yakında bulunan araziye dökülmektedir. Dolasıyla hayvan atıkalrından gelen yayılı yükler, havzada bulunan ikinci önemli yayılı kirletici kaynaklardandır (TKEP, 2010).

Yeşilırmak Havzası'nda hayvancılıktan kaynaklanan yayılı yük, ilçe bazında hayvan sayısı büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvancılığı TÜİK tarafından sağlanan veriler ile hesaplanmıştır. ArcGIS 10.3 programı ile ilçelerde bulunan köy sayısı ve drenaj alanında bulunan köy sayıları oranlanarak hesaplama yapılmıştır. İlçe içerisinde bulunan hayvan sayısı o ilçeye ait tüm köylere homojen olrak yayıldığı kabul edilmiştir. Hayvancılıktan gelen birim yüklerin hesabında "Türkiye'de Havza Bazında Hassas Alanların ve Su Kalitesinin Belirlenmesi" projesi kapsamında alınan değerler kullanılmıştır. Hesaplanan hayvancılık yayılı yükünün toplam azot için %15'i, toplam fosforun ise %5'inin alıcı ortama deşarj edildiği kabul edilmiştir. Hayvancılık yayılı yüklerinin hesabında kullanılan birim yükler Çizelge 4.6' da gösterilmiştir.

Çizelge 4.6 : Hayvancılık yayılı yükünde alınan birim yükler.

Hayvancılık	Birim Azot (kg/N/hayvan/yıl)	Birim Fosfor (kg/P/hayvan/yıl)
Büyükbaş	54,74	18,25
Küçükbaş	6,9	0,99
Kümes	0,38	0,16

4.3.7. Katı atık düzensiz depolama sahalarından gelen yükler

Düzenli depolama sahalarından kaynaklanan sızıntı suları saha içerisinde ve/veya atıksu arıtma tesisine yönlendirilerek arıtımı sağlanmakta ve noktasal kaynak olarak ele alınmaktadır. Fakat mevcut düzensiz depolama sahalarından veya kapatılarak rehabilitesi sağlanan sahalardan elde edilen sızıntı suları yayılı kaynak olarak dahil edilmektedir (HKEP, 2010).

Yeşilırmak Havzası'nda bulunan mevcut katı atık düzensiz depolama sahalarının sızıntı suyu debileri yıllık ortalama yağışa yüksekliğine bağlı olarak hesaplanmıştır. Düzensiz depolama sahalarında alınan kirlilik yükü değerleri Çizelge 4.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.7 : Düzensiz depolama sahalarında alınan kirlilik yükleri.

Parametre (mg/L)	Mevcut Durum
TN	400
TP	10

4.3.8. Fosseptik kaynaklı oluşan yükler

Yeşilırmak Havzası'nda bulunan yerleşimlerin bir kısmı kanalizasyon sistemine bağlı olmadığından dolayı fosseptikler bulunmaktadır. Fosseptik yayılı kirletici yükleri; Kentsel Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği'nde yer alan kişi başı günlük kirlilik yük değerleri alınarak hesaplanmıştır.

4.3.9. Su ürünlerinden gelen yükler

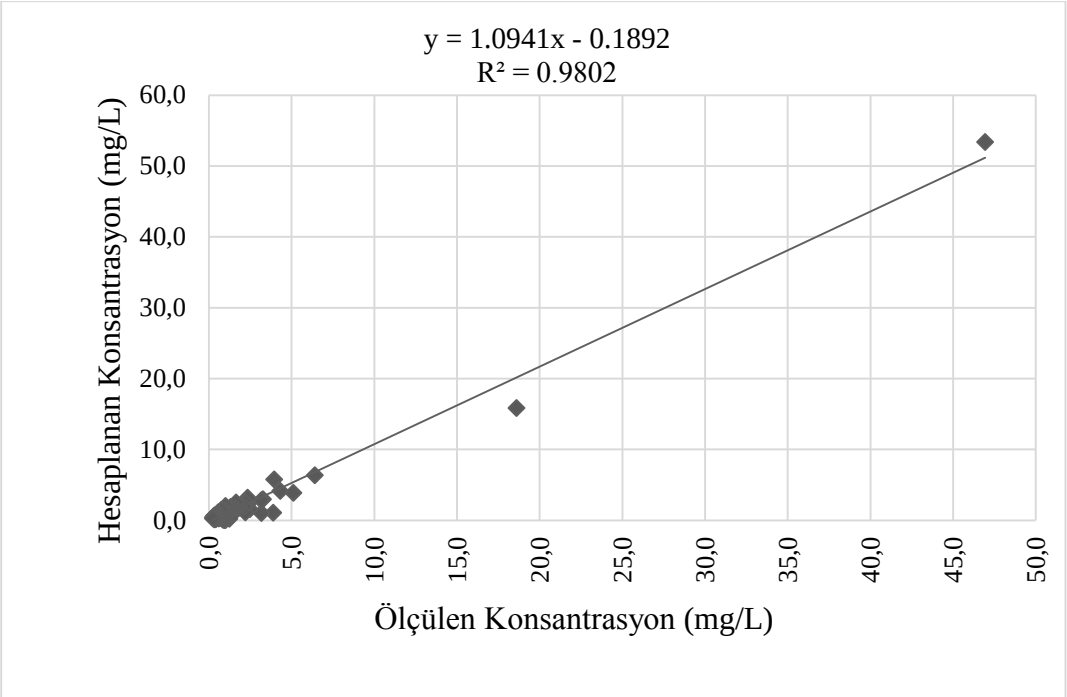
Balık yetiştiriciliğinden kaynaklanan yayılı kirletici yükler, balık üretiminde kullanılan sindirilmemiş yem ve atıklardan kaynaklanmaktadır. Balık yetiştirme çiftlikleri tespit edilerek, balık yetiştirme tesislerinin kapasiteleri ve balık türlerine ait veriler ilgili bakanlıktan temin edilmiştir.

5. SONUÇLAR

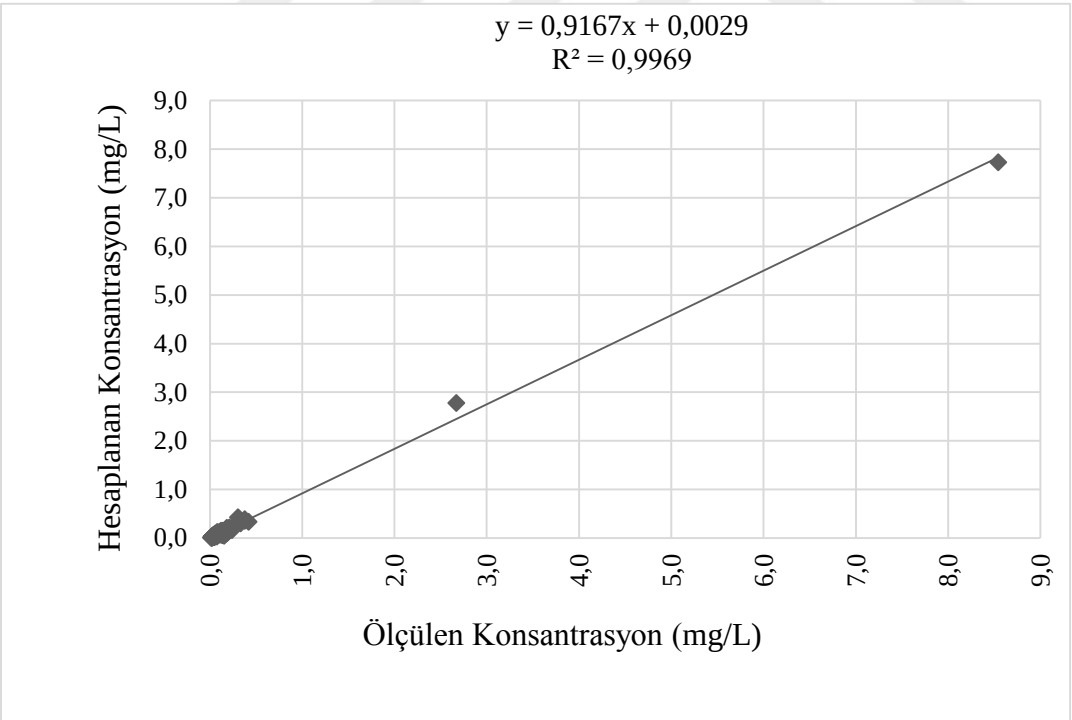
Özümleme kapasitesi modelleme çalışmaları sonucunda, su kütleleri giren toplam yük ile özümleme kapasitesi karşılaştırılmış ve su kütleleri "özümleme kapasitesi aşılmış" veya "özümleme kapasitesi aşılmamış" olarak belirlenmiştir. Su kütlesine giren toplam yük ise; su kütlesine doğrudan gelen noktasal yük, yayılı yük ve su kütlesinin membasındaki su kütlesi/su kütlelerinden gelen yükün toplamıdır. Model ile durgun su kütlelerinin özümleme kapasitesi hesaplanırken, akarsu su kütleleri için Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (2016)'da herhangi bir kriter bulunmadığından özümleme kapasitesi hesaplanmamıştır.

Yeşilırmak Havzası'nda 134 adet su kütlesi belirlenmiş olup bunlardan 53 adedi durgun su kütlesi, 81 adedi ise akarsu su kütlesidir.

Modellenen su kütlelerinin özümleme kapasiteleri, arazide ölçülen toplam azot ve toplam fosfor konsantrasyonları ile kalibre edilmiştir. Yeşilırmak Havzası'nda bulunan durgun su kütleri için toplam azot ve toplam fosfor için elde edilen kalibrasyon grafikleri Şekil 5.1 ve Şekil 5.2'de gösterilmiştir. Özümleme kapasiteleri aşmış durgun su kütleleri kırmızı renk halinde Ek A'da şematik halde gösterilmiştir.



Şekil 5.1 : Toplam azot yükü için elde edilen kalibrasyon grafiği.



Şekil 5.2 : Toplam fosfor yükü için elde edilen kalibrasyon grafiği.

Özümleme kapasitesi hesabı yapılan durgun su kütlelerinin yük genel dağılım grafiği ve ilgili su kütlesine doğrudan giren noktasal ve yayılı yüklerin dağılım grafiği EK -

E1 ve EK - E2'de verilmiştir. Yeşilırmak Havzası'nda özümleme kapasitesi aşılmış 25 adet durgun su kütlesi bulunmuştur ve bu su kütleleri Çizelge 5.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1 : Özümleme kapasitesi aşılmış durgun su kütleleri.

Su Kütlesi No	Durgun Su Kütlesi	Özümleme Kapasitesinin Aşılmaması için Gerekli Toplam Yük Azaltımı (%)	
		Toplam Azot	Toplam Fosfor
7	Aşağıtepecik (Gölova) Gölü	55	85
13	Gölova-I Barajı		41
27	Şerefiye Göleti		38
34	Zinav Gölü	41	74
46	Artova Barajı	11	
52	Dutluca Göleti	15	
54	Uyuz Gölü	71	47
65	Alaca Barajı	18	
70	Akören Gölü	90	65
76	Boztepe Barajı		6
79	Kaz Gölü		61
83	Gediksaray Göleti	37	
90	Doğantepe Göleti	11	
94	Merzifon Alişar Göleti	57	58
96	Sarıbuğday Göleti	77	19
99	Çitli Göleti		27
103	Hacıdede Göleti		53
105	Ziyaret Göleti	64	36
118	Yedikır Barajı		21
121	Perşembe Yaylası Göleti		14
123	Hasan Uğurlu Barajı	15	30
125	Suat Uğurlu Barajı	16	32
127	Çakmak Barajı		69
131	19 Mayıs Göleti	6	52
132	Simenlik Gölü (Simenlit Gölü)	39	82

Özümleme kapasitesi aşılmış durgun su kütleleri için sonuçlar Bölüm 5.1-Bölüm 5.26 arasında sunulmuştur.

5.1. Aşağıtepecik (Gölova) Gölü

Aşağıtepecik (Gölova) Gölü'nde hem toplam azot hem de toplam fosfor açısından özümleme kapasitesinin aşılmış olduğu görülmektedir. Gelen toplam azot yüklerinin %90'ını yayılı yükler, %10'unu ise memba yükleri oluşturmaktadır. Yayılı yüklerden ise yaklaşık olarak %70'i hayvancılık ve %22'si tarımda kullanılan gübreden kaynaklanmaktadır. Toplam fosfor yüklerinin ise %92'si yayılı yüklerden kaynaklanmak ile birlikte bunun %65'i hayvancılık faaliyetlerinden, %19'u fosseptik yüklerinden gelmektedir. Özümleme kapasitesinin aşılmaması için gereken toplam yük azaltımının toplam azot için %55, toplam fosfor için ise %85 olduğu tespit edilmiştir. Aşağıtepecik (Gölova) Gölü'nün toplam azot ve toplam fosfor bakımından sonuçları Çizelge 5.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.2 : Aşağıtepecik (Gölova) Gölü özümleme kapasitesi özet hesabı.

Aşağıtepecik (Gölova) Gölü - 7	Toplam Azot	Toplam Fosfor
Konsantrasyon (mg/L)	1,453	0,202
Kriter (mg/L)	0,65	0,03
Su Kütlesine Giren Toplam Yük (ton/yıl)	3,153	0,266
Özümleme Kapasitesi (ton/yıl)	1,411	0,040
Özümleme Kapasitesinin Aşılmaması için Gerekli Toplam Yük Azaltımı (%)	55	85

5.2. Gölova-I Barajı

Gölova-I Barajı'nda toplam fosfor bakımından özümleme kapasitesinin aşılmış olduğu görülmektedir. Sivas iline bağlı Gölova ilçesinde kentsel atıksuyu Gölova-I Barajı'na nehirler aracılığıyla deşarj edilmektedir. Gelen toplam fosfor yüklerinin %43'ünü noktasal ve %38'ini ise yayılı yükler oluşturmaktadır. Noktasal yüklerin %76'sı kentsel atıksu arıtma tesislerinden, %24'ü ise kentsel doğrudan deşarjlardan kaynaklanmaktadır. Yayılı yüklerin %50'si su ürünlerinden, %19'u hayvan yüklerinden, %15'i ise gübreden kaynaklanmaktadır. Gölova-I Barajı'nın toplam fosfor açısından sonuçları Çizelge 5.3'te gösterilmiştir. Özümleme kapasitesinin aşılmaması için toplam fosfor yükünü %41 azaltılması gerektiği hesaplanmıştır.

Çizelge 5.3 : Gölova-I Barajı özümleme kapasitesi özet hesabı.

Gölova-I Barajı - 13	Toplam Fosfor
Konsantrasyon (mg/L)	0.09
Kriter (mg/L)	0,05
Su Kütlesine Giren Toplam Yük (ton/yıl)	3,327
Özümleme Kapasitesi (ton/yıl)	1,969
Özümleme Kapasitesinin Aşılmaması için Gerekli Toplam Yük Azaltımı (%)	41

5.3. Şerefiye Göleti

Şerefiye Göleti'nde toplam fosfor bakımından özümleme kapasitesinin aşılmış olduğu görülmüştür. Gölete gelen toplam kirletici yükün %98'ini membasında bulunan Eğridere'den kaynaklanmaktadır. Eğridere'ye drene olan yükün tamamı ise yayılı kirleticilerden kaynaklanmaktadır. Bu yayılı kirleticilerin %66'sını hayvancılık faaliyetleri, %20'sini ise meralar oluşturmaktadır. Özümleme kapasitesinin aşılmaması için toplam fosfor yükünün %38 azaltması gerektiği hesaplanmıştır. Özümleme kapasitesine ulaşabilmesi için %38 yük azaltması gerektiği gözlemlenmiştir. Gölova-I Barajı'nın toplam fosfor açısından sonuçları Çizelge 5.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.4 : Şerefiye Göleti özümleme kapasitesi özet hesabı.

Şerefiye Göleti - 27	Toplam Fosfor
Konsantrasyon (mg/L)	0,08
Kriter (mg/L)	0,05
Su Kütlesine Giren Toplam Yük (ton/yıl)	1,128
Özümleme Kapasitesi (ton/yıl)	0,702
Özümleme Kapasitesinin Aşılmaması için Gerekli Toplam Yük Azaltımı (%)	38

5.4. Zinav Gölü

Zinav Gölü'nde hem azot hem de fosfor açısından özümleme kapasitesinin aşılmış olduğu tespit edilmiştir. Tokat iline bağlı Başçiflik ve Reşadiye ilçelerinin kentsel atıksuyu Zinav Gölü'ne drene olan Zinav Deresi ile deşarj edilmektedir. Bunlardan Başçiflik ilçesinde bulunan Gençosman ve Hatipli yerleşim yerlerinin deşarjı arıtılmadan yapılmaktadır. Başçiftlik ilçesinin merkezinden, Reşadiye ilçesinin Berketli ve Bozçalı yerleşimlerinden ise arıtılarak deşarj edilmektedir. Toplam azot yükünün %99'u durgun su kütlesinin membasından kaynaklanmaktadır. Gelen toplam

azot yükünün %76'sı yayılı, %24'ü ise noktasal yüklerden oluşmaktadır. Zinav Deresi'nden alıcı ortama deşarj edilen yayılı yüklerin %43'ü mera ve çayırlardan, %29'u hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Fosfor yükünün ise %99,6'sı Zinav Deresi'nden gelen yüklerden oluşmaktadır. Memba yüklerinin %55'i noktasal, %45'i ise yayılı yüklerden gelmektedir. Gelen noktasal yüklerin %68'i kentsel doğrudan deşarjlardan, yayılı yüklerin %43'ü hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Zinav Gölü'ne ait toplam azot ve toplam fosfor sonuçları Çizelge 5.5'te gösterilmiştir. Özümleme kapasitesinin aşılmaması için gereken toplam yük azaltımı ise toplam azot için %41, toplam fosfor için ise %74'tür.

Çizelge 5.5 : Zinav Gölü özümleme kapasitesi özet hesabı.

Zinav Gölü – 34	Toplam Azot	Toplam Fosfor
Konsantrasyon (mg/L)	1,096	0,116
Kriter (mg/L)	0,65	0,03
Su Kütlesine Giren Toplam Yük (ton/yıl)	55,321	4,070
Özümleme Kapasitesi (ton/yıl)	32,802	1,056
Özümleme Kapasitesinin Aşılmaması için Gerekli Toplam Yük Azaltımı (%)	41	74

5.5. Artova Barajı

Artova Barajı'nın toplam azot yükü bakımından özümleme kapasitesinin aşılmış olduğu tespit edilmiştir. Gelen yüklerin %90'ı memba yüklerinden, %10'u ise yayılı kirleticilerden kaynaklanmaktadır. Artova Barajı'nın membasında Süleyman Deresi ve Artova Barajı'nı Besleyen Kol bulunmaktadır. Bu akarsulara ait konsantrasyon ve toplam yük değerleri Çizelge 5.6'da gösterilmiştir. Süleyman Deresi'nin tamamı yayılı kaynaklardan ve bunun %39'u gübre, %40'ı ise hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Artova Barajı'nda özümleme kapasitesinin aşılmaması için azaltılması gerek toplam yük azaltımı ise %11'dir.

Çizelge 5.6 : Artova Barajı özümleme kapasitesi özet hesabı.

Artova Barajı - 46	Toplam Azot
Konsantrasyon (mg/L)	1,120
Kriter (mg/L)	1
Su Kütlesine Giren Toplam Yük (ton/yıl)	15,933
Özümleme Kapasitesi (ton/yıl)	14,230
Özümleme Kapasitesinin Aşılmaması için Gerekli Toplam Yük Azaltımı (%)	11

5.6. Dutluca Göleti

Dutluca Göleti'nin toplam azot yükü bakımından özümleme kapasitesinin aşılmış olduğu gözlemlenmiştir. Taşınan yüklerin %98'i membada bulunan akarsulardan gelmektedir. Dutluca Göleti'ne drene olan Dutluca Göleti'ni Besleyen kollar 1-2-3 şeklinde ayrılmaktadır. Dutluca Göleti'ni Besleyen Kol 1'den gelen yükün tamamı yayılı olması ile birlikte bunun %43'ü hayvancılık faaliyetlerinden, %26'sı ise gübreden kaynaklanmaktadır. Kol 3'ten gelen toplam azot yükünün tamamı yayılı yükten ve bunun %50'si hayvancılık, %35'i ise gübreden kaynaklanmaktadır. Dutluca Göleti'ne ait sonuçlar Çizelge 5.7'de gösterilmiştir. Göletin özümleme kapasitesinin aşılmaması için gerekli olan toplam azot yükü azaltımının ise %15 olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 5.7 : Dutluca Göleti özümleme kapasitesi özet hesabı.

Dutluca Göleti - 52	Toplam Azot
Konsantrasyon (mg/L)	1,180
Kriter (mg/L)	1
Su Kütlesine Giren Toplam Yük (ton/yıl)	19,330
Özümleme Kapasitesi (ton/yıl)	16,387
Özümleme Kapasitesinin Aşılmaması için Gerekli Toplam Yük Azaltımı (%)	15

5.7. Uyuz Gölü

Uyuz Gölü'nde hem toplam azot hem de toplam fosfor bakımından özümleme kapasitesinin aşılmış olduğu tespit edilmiştir. Gelen toplam azot yükünün %94'ü yayılı yük olup, bunun %72'si hayvancılık faaliyetlerinden, %24'ü ise gübreden kaynaklanmaktadır. Toplam fosfor yükünün ise %97'sini yayılı yükler oluşturmaktadır. Yayılı yüklerin %77'si hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Göle ait veriler ve sonuçlar Çizelge 5.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.8 : Uyuz Gölü özümleme kapasitesi özet hesabı.

Uyuz Gölü - 54	Toplam Azot	Toplam Fosfor
Konsantrasyon (mg/L)	2,225	0,057
Kriter (mg/L)	0,65	0,03
Su Kütlesine Giren Toplam Yük (ton/yıl)	12,606	0,919
Özümleme Kapasitesi (ton/yıl)	3,683	0,486
Özümleme Kapasitesinin Aşılmaması için Gerekli Toplam Yük Azaltımı (%)	71	47

5.8. Alaca Barajı

Alaca Barajı'nın toplam azot yükü bakımından özümleme kapasitesinin aşılmış olduğu görülmüştür. Gelen yükün %81'i memba, %19'u ise yayılı yüklerden kaynaklanmaktadır. Alaca Barajı'nın membasında bulunan Büyüksöğütözü Deresi'nden gelen yükün %96'sı yayılı kaynaklardan olup, bunun %44'ünü gübre, %27'sini ise hayvancılık faaliyetleri oluşturmaktadır. Çorum ilinin Alaca ilçesine bağlı Büyükhırka yerleşim yerinin atıksuyu arıtıldıktan sonra Büyüksöğütözü Deresi aracılığıyla Alaca Barajı'na deşarj edilmektedir. Atıksu arıtma tesisinden dolayı gelen yükün %5'ini noktasal kaynak oluşturmaktadır. Baraja ait sonuçlar veriler ve sonuçlar Çizelge 5.9'da verilmiştir. Alaca Barajı'nın özümleme kapasitesinin aşılmaması için gereken toplam azot yük azaltımı ise %18'dir.

Çizelge 5.9 : Alaca Barajı özümleme kapasitesi özet hesabı.

Alaca Barajı - 65	Toplam Azot
Konsantrasyon (mg/L)	1,223
Kriter (mg/L)	1
Su Kütlesine Giren Toplam Yük (ton/yıl)	19,327
Özümleme Kapasitesi (ton/yıl)	15,807
Özümleme Kapasitesinin Aşılmaması için Gerekli Toplam Yük Azaltımı (%)	18

5.9. Akören Gölü

Akören Gölü'nde hem toplam azot hem de toplam fosfor bakımından özümleme kapasitesinin aşılmış olduğu tespit edilmiştir. Taşınan toplam azot ve toplam fosfor yüklerinin tamamı yayılı yüklerden kaynaklı olup, bu yayılı yükün %99'unu tarımda kullanılan gübre oluşturmaktadır. Akören Gölü'ne ait sonuçlar Çizelge 5.10'da verilmiştir. Gölün özümleme kapasitesinin aşılmamsı için gerek yük azaltımı ise toplam azot açısından %90, toplam fosfor açısından ise %65 olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 5.10 : Akören Gölü özümleme kapasitesi özet hesabı.

Akören Gölü - 70	Toplam Azot	Toplam Fosfor
Konsantrasyon (mg/L)	6,353	0,085
Kriter (mg/L)	0,65	0,03
Su Kütlesine Giren Toplam Yük (ton/yıl)	0,796	0,038
Özümleme Kapasitesi (ton/yıl)	0,081	0,013
Özümleme Kapasitesinin Aşılmaması için Gerekli Toplam Yük Azaltımı (%)	90	65

5.10. Boztepe Barajı

Boztepe Barajı'nda toplam fosfor bakımından özümleme kapasitesinin aşılmış olduğu görülmüştür. Baraja gelen toplam kirletici yükün %72'sini membasında bulunan akarsu su kütleleri, %16'sını ise yayılı kirletici kaynakları oluşturmaktadır. Membasında üç farklı kol olmak ile birlikte bunlardan ikisi tarımsal, diğeri ise hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklı yük taşınmaktadır. Boztepe Barajı'na ait sonuçlar Çizelge 11'de gösterilmiştir. Barajın özümleme kapasitesinin aşılamaması için %6 toplam fosfor yükü azaltımının gerekli olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 5.11 : Boztepe Barajı özümleme kapasitesi özet hesabı.

Boztepe Barajı - 76	Toplam Fosfor
Konsantrasyon (mg/L)	0,053
Kriter (mg/L)	0,05
Su Kütlesine Giren Toplam Yük (ton/yıl)	3,336
Özümleme Kapasitesi (ton/yıl)	3,139
Özümleme Kapasitesinin Aşılmaması için Gerekli Toplam Yük Azaltımı (%)	6

5.11. Kaz Gölü

Kaz Gölü'nün fosfor yükü bakımından özümleme kapasitesinin aşılmış olduğu gözlemlenmiştir. Gelen fosfor yükünün tamamının yayılı yüklerden, bu yayılı yükün ise %74'ünün hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Kaz Gölü'ne ait sonuçlar Çizelge 5.12'de gösterilmiştir. Gölün özümleme kapasitesinin aşılmaması için gereken toplam yük azaltımının ise %61 olduğu sonucuna varılmıştır.

Çizelge 5.12 : Kaz Gölü özümleme kapasitesi özet hesabı.

Kaz Gölü - 79	Toplam Fosfor
Konsantrasyon (mg/L)	0,078
Kriter (mg/L)	0,03
Su Kütlesine Giren Toplam Yük (ton/yıl)	6,220
Özümleme Kapasitesi (ton/yıl)	2,403
Özümleme Kapasitesinin Aşılmaması için Gerekli Toplam Yük Azaltımı (%)	61

5.12. Gediksaray Göleti

Gediksaray Göleti'nin toplam azot yükü bakımından özümleme kapasitesinin aşılmış olduğu gözlemlenmiştir. Gelen yükün %97'sini memba yükleri oluşturmaktadır.

Gediksaray Göleti'ni besleyen Özdere'ye taşınan yüklerin tamamı yayılı kaynaklı olup, bunun %43'ü gübre, %30'u ise hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Gediksaray Göleti'ne ait sonuçlar Çizelge 5.13'te verilmiştir. Gediksaray Göleti'nin özümleme kapasitesinin aşılmaması için gerekli olan toplam azot yükü azaltımının %37 olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 5.13 : Gediksaray Göleti özümleme kapasitesi özet hesabı.

Gediksaray Göleti - 83	Toplam Azot
Konsantrasyon (mg/L)	1,586
Kriter (mg/L)	1
Su Kütlesine Giren Toplam Yük (ton/yıl)	332
Özümleme Kapasitesi (ton/yıl)	209
Özümleme Kapasitesinin Aşılmaması için Gerekli Toplam Yük Azaltımı (%)	37

5.13. Doğantepe Göleti

Doğantepe Göleti'nin toplam azot yükü bakımından özümleme kapasitesinin aşılmış olduğu tespit edilmiştir. Gelen yükün %95'ini memba yükleri oluşturmaktadır. Doğantepe Göleti'ni besleyen Karakavak Deresi ile taşınan yüklerin tamamı yayılı kaynaktan olduğu, bunun %50'si hayvancılık faaliyetlerinden, %46'sı ise gübreden kaynaklanmaktadır. Doğantepe Göleti'ne ait sonuçlar ise Çizelge 5.14'te gösterilmiştir. Doğantepe Göleti'nin özümleme kapasitesinin aşılamaması için gerekli olan toplam azot yükü azaltımının %11 olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 5.14 : Doğantepe Göleti özümleme kapasitesi özet hesabı.

Doğantepe Göleti - 90	Toplam Azot
Konsantrasyon (mg/L)	1,128
Kriter (mg/L)	1
Su Kütlesine Giren Toplam Yük (ton/yıl)	15,967
Özümleme Kapasitesi (ton/yıl)	14,150
Özümleme Kapasitesinin Aşılmaması için Gerekli Toplam Yük Azaltımı (%)	11

5.14. Merzifon Alişar Göleti

Merzifon Alişar Göleti'nde hem toplam azot hem de toplam fosfor bakımından özümleme kapasitesinin aşılmış olduğu tespit edilmiştir. Gelen azot ve fosfor

yüklerinin %97'sini memba yükleri oluşturmaktadır. Gölete membası tarafından taşınan toplam azot ve toplam fosfor yüklerinin tamamı yayılı kirleticilerden kaynaklanmaktadır. Gelen yayılı kirleticilerin toplam azot yükünün %41'ini hayvancılık faaliyetleri, %23'ünü mera ve çayırlar, %22'sini ise gübre oluşturmaktadır. Toplam fosfor bakımından ise %56'sı hayvancılık faaliyetlerinden, %16'sı gübreden, %15'i ise fosseptikten kaynaklanmaktadır. Merzifon Alişar Göleti'ne ait sonuçlar Çizelge 5.15'te gösterilmiştir. Göletin özümleme kapasitesinin aşılmaması için gereken toplam yük azaltımı toplam azot bakımından %57, toplam fosfor bakımından ise %58'dir.

Çizelge 5.15 : Merzifon Alişar Göleti özümleme kapasitesi özet hesabı.

Merzifon Alişar Göleti - 94	Toplam Azot	Toplam Fosfor
Konsantrasyon (mg/L)	2,343	0,118
Kriter (mg/L)	1	0,05
Su Kütlesine Giren Toplam Yük (ton/yıl)	19,998	0,725
Özümleme Kapasitesi (ton/yıl)	8,535	0,308
Özümleme Kapasitesinin Aşılmaması için Gerekli Toplam Yük Azaltımı (%)	57	58

5.15. Sarıbuğday Göleti

Sarıbuğday Göleti'nde hem toplam azot hem de toplam fosfor bakımından özümleme kapasitesinin aşılmış olduğu gözlemlenmiştir. Gelen azot ve fosfor yüklerinin %98'ini memba yükleri oluşturmaktadır. Sarıbuğday Göleti'nin membasında bulunan Sarıbuğday Göleti'ni Besleyen Kol ile drene olan toplam azot ve toplam fosfor yükünün tamamı yayılı kaynaktan oluşmaktadır. Azot açısından taşınan yükün %41'i hayvancılık faaliyetlerinden %40'ı ise gübreden kaynaklanmaktadır. Toplam fosfor bakımından ise gelen yükün %59'unu hayvancılık, %32'sini gübre yükü oluşturmaktadır. Sarıbuğday Göleti'ne ait sonuçlar ise Çizelge 5.16'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.16 : Sarıbuğday Göleti özümleme kapasitesi özet hesabı.

Sarıbuğday Göleti - 96	Toplam Azot	Toplam Fosfor
Konsantrasyon (mg/L)	4,258	0,062
Kriter (mg/L)	1	0,05
Su Kütlesine Giren Toplam Yük (ton/yıl)	4,896	0,257
Özümleme Kapasitesi (ton/yıl)	1,150	0,207
Özümleme Kapasitesinin Aşılmaması için Gerekli Toplam Yük Azaltımı (%)	77	19

5.16. Çitli Göleti

Çitli Göleti'nin fosfor yükü bakımından özümleme kapasitesinin aşılmış olduğu tespit edilmiştir. Gelen yükün %89'u yayılı yükten kaynaklanmaktadır. Bunun %62'sini hayvancılık faaliyetleri, %16'sını gübre, %17'sini ise fosseptik yükleri oluşturmaktadır. Gölete ait sonuçlar Çizelge 5.17'de verilmiştir. Çitli Göleti'nin özümleme kapasitesinin aşılmaması için gerekli olan toplam foafor yükü azaltımının %27 olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 5.17 : Çitli Göleti özümleme kapasitesi özet hesabı.

Çitli Göleti - 99	Toplam Fosfor
Konsantrasyon (mg/L)	0,062
Kriter (mg/L)	0,05
Su Kütlesine Giren Toplam Yük (ton/yıl)	0,359
Özümleme Kapasitesi (ton/yıl)	0,288
Özümleme Kapasitesinin Aşılmaması için Gerekli Toplam Yük Azaltımı (%)	27

5.17. Hacıdede Göleti

Hacıdede Göleti'nde toplam fosfor bakımından özümleme kapasitesinin aşılmış olduğu gözlemlenmiştir. Taşınan toplam fosfor yükünün tamamı göletin membasında bulunan Hacıdede Göleti'ni Besleyen Kol 1-2-3'ten gelmektedir. Toplam fosfor yükünün tamamı orman alanlarından kaynaklanmaktadır. Hacıdede Göleti'nin sonuçları ise Çizelge 5.18'de gösterilmiştir. Model sonucu azaltılması gereken toplam fosfor yükünün %53 olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 5.18 : Hacıdede Göleti özümleme kapasitesi özet hesabı.

Hacıdede Göleti - 103	Toplam Fosfor
Konsantrasyon (mg/L)	0,106
Kriter (mg/L)	0,05
Su Kütlesine Giren Toplam Yük (ton/yıl)	0,117
Özümleme Kapasitesi (ton/yıl)	0,055
Özümleme Kapasitesinin Aşılmaması için Gerekli Toplam Yük Azaltımı (%)	53

5.18. Ziyaret Göleti

Ziyaret Göleti'nin hem toplam azot hem de toplam fosfor yükü bakımından özümleme kapasitesinin aşılmış olduğu gözlemlenmiştir. Toplam azot ve toplam

fosfor yükünün tamamı göletin membasında bulunan Değirmendere Deresi'nden gelmektedir. Taşınan toplam azot yükünün tamamı yayılı kaynaklı olup, bunun %57'sini orman, %43'ünü ise gübre oluşturmaktadır. Toplam fosfor yükünün ise tamamı yayılı kaynaklı olup, %58'si tarımsal, %42'si ise orman alanlarından taşınmaktadır. Ziyaret Göleti'ne ait sonuçlar Çizelge 5.19'da verilmiştir.

Çizelge 5.19 : Ziyaret Göleti özümleme kapasitesi özet hesabı.

Ziyaret Göleti – 105	Toplam Azot	Toplam Fosfor
Konsantrasyon (mg/L)	2,809	0,078
Kriter (mg/L)	1	0,05
Su Kütlesine Giren Toplam Yük (ton/yıl)	2,540	0,283
Özümleme Kapasitesi (ton/yıl)	0,904	0,181
Özümleme Kapasitesinin Aşılmaması için Gerekli Toplam Yük Azaltımı (%)	64	36

5.19. Yedikır Barajı

Amasya il sınırları içerisinde kalan Yedikır Barajı'nın toplam fosfor açısından özümleme kapasitesini aştığı tespit edilmiştir. Alıcı ortama ulaşan kirletici yükünün %62'sini membasında bulunan Çorak Deresi'nden taşınan gübreden kaynaklanmaktadır. %38'ini ise yayılı kirletici kaynaklar oluşturmaktadır. Yedikır Barajı'na ait sonuçlar Çizelge 5.20'de verilmiştir.

Çizelge 5.20 : Yedikır Barajı özümleme kapasitesi özet hesabı.

Yedikır Barajı – 118	Toplam Fosfor
Konsantrasyon (mg/L)	0,063
Kriter (mg/L)	0,05
Su Kütlesine Giren Toplam Yük (ton/yıl)	0,908
Özümleme Kapasitesi (ton/yıl)	0,721
Özümleme Kapasitesinin Aşılmaması için Gerekli Toplam Yük Azaltımı (%)	21

5.20. Perşembe Yaylası Göleti

Perşembe Yaylası Göleti toplam fosfor bakımından özümleme kapasitesi aşılmıştır. Gelen kirletici yükü gölete beslenen Şehir Deresi'ne yüzeysel akış ile taşınan ormanlık alanlarından kaynaklanmaktadır. Perşembe Yaylası Göleti'ne ait sonuçlar Çizelge 5.21'de verilmiştir. Göletin özümleme kapasitesinin aşılmaması için toplam fosfor yükünün %14'ünü azaltılması gerektiği tespit edilmiştir.

Çizelge 5.21 : Perşembe Yaylası Göleti özümleme kapasitesi özet hesabı.

Perşembe Yaylası Göleti – 121	Toplam Fosfor
Konsantrasyon (mg/L)	0,058
Kriter (mg/L)	0,05
Su Kütlesine Giren Toplam Yük (ton/yıl)	0,994
Özümleme Kapasitesi (ton/yıl)	0,854
Özümleme Kapasitesinin Aşılmaması için Gerekli Toplam Yük Azaltımı (%)	14

5.21. Hasan Uğurlu Barajı

Hasan Uğurlu Barajı'nın hem toplam azot hem de toplam fosfor bakımından özümleme kapasitesinin aşılmış olduğu gözlemlenmiştir. Gelen toplam azot ve toplam fosfor yüklerinin %95'i membasında bulunan Gökdere, Gökçebayır Deresi, Kelkit Çayı ve Yeşilırmak Nehri'nden kaynaklanmaktadır. Hasan Uğurlu Barajı'na 7 ile ait 22 ilçenin kentsel atıksuyu drene nehirler aracılığıyla deşarj olmaktadır. Kelkit ve Yeşilırmak Nehri'ne farklı yerleşim yerlerinde bulunan toplam 30 adet atıksu arıtma tesisi ve 31 adet endüstriyel sanayinin deşarjı yapılmaktadır. Kelkit Çayı ve Yeşilırmak Nehri'nden gelen toplam azot yükünün %64'ünü yayılı yükler oluşturmaktadır. Bu yayılı yükün %38'i gübre, %37'si hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Toplam fosfor yükü bakımından ise %46'sı noktasal, %45'i yayılı kaynaktan gelmektedir. Gelen noktasal yükün %67'sini atıksu arıtma tesislerinden ve %30'unu kentsel doğrudan deşarj; yayılı yükün ise %50'sini hayvancılık faaliyetleri, %28'ini gübre oluşturmaktadır. Gökdere Deresi'nden gelen toplam azot yükünün tamamı yayılı kaynaklı olup, bunun %40'ı orman %24'ü ise hayvancılık faaliyetlerinden oluşmaktadır. Gökçebayır Deresi'nden gelen toplam azot yükü ise %89'u yayılı, %11'i ise noktasal kaynaklıdır. Yayılı yükün %40'ını hayvancılık faaliyetleri oluşturmaktadır. Hasan Uğurlu Barajı'nın sonuçları Çizelge 5.22'de gösterilmiştir

Çizelge 5.22 : Hasan Uğurlu Barajı özümleme kapasitesi özet hesabı.

Hasan Uğurlu Barajı - 123	Toplam Azot	Toplam Fosfor
Konsantrasyon (mg/L)	1,165	0,072
Kriter (mg/L)	1	0,05
Su Kütlesine Giren Toplam Yük (ton/yıl)	3182	212
Özümleme Kapasitesi (ton/yıl)	2731	148
Özümleme Kapasitesinin Aşılmaması için Gerekli Toplam Yük Azaltımı (%)	15	30

5.22. Suat Uğurlu Barajı

Suat Uğurlu Barajı'nın hem toplam azot hem de toplam fosfor bakımından özümleme kapasitesinin aşılmış olduğu tespit edilmiştir. Gelen toplam azot yükünün %98'i, toplam fosfor yükünün ise %97'si Suat Uğurlu Barajı'nın membasında bulunan Hasan Uğurlu Barajı ve Suat Uğurlu Barajı'nı Besleyen Kol'dan kaynaklanmaktadır. Suat Uğurlu Barajı'nı Besleyen Kol'dan gelen toplam azot yükü yayılı kaynaklı olup, %52'sini hayvancılık, %25'ini ise fosseptik oluşturmaktadır. Suat Uğurlu Barajı'na ait bilgiler Çizelge 5.23'de verilmiştir. Barajın özümleme kapasitesinin aşılmaması için toplam azot ve toplam fosfor yükünün sırasıyla %17 ve %26 azaltılması gerektiği tespit edilmiştir.

Çizelge 5.23 : Suat Uğurlu Barajı özümleme kapasitesi özet hesabı.

Suat Uğurlu Barajı - 125	Toplam Azot	Toplam Fosfor
Konsantrasyon (mg/L)	1,179	0,074
Kriter (mg/L)	1	0,05
Su Kütlesine Giren Toplam Yük (ton/yıl)	3252	201
Özümleme Kapasitesi (ton/yıl)	2759	137
Özümleme Kapasitesinin Aşılmaması için Gerekli Toplam Yük Azaltımı (%)	16	32

5.23. Çakmak Barajı

Çakmak Barajı'nın fosfor yükü bakımından özümleme kapasitesinin aşılmış olduğu gözlemlenmiştir. Gelen yükün %68'ini membasında bulunan Abdal Çayı oluşturmaktadır. Abdal Çayı'na gelen yükün %96'sı yayılı yük olup, bunun %46'sını hayvancılık ve %36'sını fosseptik yükleri oluşturmaktadır. Çakmak Barajı'na ait değerler Çizelge 5.24'te gösterilmiştir. Barajın özümleme kapasitesinin aşılmaması için azaltması gereken toplam fosfor yükü ise %69'dur.

Çizelge 5.24 : Çakmak Barajı özümleme kapasitesi özet hesabı.

Çakmak Barajı - 127	Toplam Fosfor
Konsantrasyon (mg/L)	0,16
Kriter (mg/L)	0,05
Su Kütlesine Giren Toplam Yük (ton/yıl)	6,816
Özümleme Kapasitesi (ton/yıl)	2,134
Özümleme Kapasitesinin Aşılmaması için Gerekli Toplam Yük Azaltımı (%)	69

5.24. 19 Mayıs Göleti

19 Mayıs Göleti'nin hem toplam azot hem de toplam fosfor bakımından özümleme kapasitesinin aşılmış olduğu gözlemlenmiştir. Gelen toplam azot yükünün %65'ini yayılı, %35'ini ise membasında bulunan Kamaz Deresi oluşturmaktadır. Yayılı yükün %38'i hayvancılık, %28 gübre ve %27'si ise fosseptik kaynaklıdır. Kamaz Deresi'nden kaynaklanan yayılı yükün toplam azot bakımından %51'ini gübre yükü oluşturmaktadır. Gelen fosfor yükünün ise %82'si yayılı yüklerden, %18'i membasından kaynaklanmaktadır. Yayılı yüklerin %54'ünü fosseptik ve %34'ünü hayvancılık faaliyetleri oluşturmaktadır. 19 Mayıs Göleti'ne ait değerler Çizelge 5.25'te verilmiştir.

Çizelge 5.25 : 19 Mayıs Göleti özümleme kapasitesi özet hesabı.

19 Mayıs Göleti - 131	Toplam Azot	Toplam Fosfor
Konsantrasyon (mg/L)	1,065	0,104
Kriter (mg/L)	1	0,05
Su Kütlesine Giren Toplam Yük (ton/yıl)	14,108	1,023
Özümleme Kapasitesi (ton/yıl)	13,246	0,490
Özümleme Kapasitesinin Aşılmaması için Gerekli Toplam Yük Azaltımı (%)	6	52

5.25. Simenlik Gölü

Simenlik Gölü'nün hem toplam azot hem de toplam fosfor bakımından özümleme kapasitesinin aşılmış olduğu gözlemlenmiştir. Toplam azot ve toplam fosfor yükü yayılı kaynaklı olup, toplam azot bakımından yayılı kaynağın %49'u hayvancılık, %25'i ise gübreden gelen yüklerden oluşmaktadır. Fosfor yükünün ise %50'si hayvancılıktan, %30'u fosseptikten kaynaklanmaktadır. Simenlik Gölü'ne ait sonuçlar Çizelge 5.26'da gösterilmiştir. Gölün özümleme kapasitesinin aşılmaması için gerekli olan toplam yük azaltımı azot bakımından %39, fosfor yükü bakımından ise %82 olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 5.26 : Simenlik Gölü özümleme kapasitesi özet hesabı.

Simenlik Gölü (Simenlit Gölü) - 132	Toplam Azot	Toplam Fosfor
Konsantrasyon (mg/L)	1,071	0,166
Kriter (mg/L)	0,65	0,03
Su Kütlesine Giren Toplam Yük (ton/yıl)	28,689	2,388
Özümleme Kapasitesi (ton/yıl)	17,411	0,431
Özümleme Kapasitesinin Aşılmaması için Gerekli Toplam Yük Azaltımı (%)	39	82

6. DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Su kütlelerinin özümleme kapasitesinin aşılmış olması durumu, bu su kütlesnin ötrofikasyon riski taşıdığı anlamına gelmektedir. Özümleme kapasitesinin aşılmış olduğu durgun su kütlelerinin tekrar mezotrofik duruma gelmesi hedeflenmektedir. Bu çalışma kapsamında Yeşilırmak havzasında bulunan durgun su kütlelerinin toplam azot ve toplam fosfor için özümleme kapasiteleri hesaplanmıştır. Durgun su kütlelerinin özümleme kapasitesi hesabında Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, Ek-6'da yer alan Yerüstü Su Kütlelerinin Trofik Seviyeleri tablosu (Tablo 9) esas alınmış ve burada mezotrofik seviyeye ulaşılması hedeflenmiştir. Buna karşın yönetmelikte kriter bulunmadığından akarsu su kütleleri için özümleme kapasiteleri hesaplanmamıştır. Yeşilırmak Havzası'nda ötrofikasyon riski taşıyan su kütlelerinin belirlenmesi için hesap tablosu formatında bir model geliştirilmiştir. Toplam azot ve toplam fosfor besi maddelerinin konsantrasyonları hesaplanarak, durgun su kütlelerinin ötrofikasyon riski taşıyıp taşımadıkları belirlenmiştir. Ötrofik olan veya ötrofikasyon riski taşıyan durgun sularda tedbir alınarak bu su kütlelerinin trofik durumun mezotrofik duruma getirilmesi önemlidir.

Çalışma kapsamında Yeşilırmak Havzası'nda bulunan 134 su kütlesinin noktasal ve yayılı bütün kirletici baskı bileşenleri belirlenmiştir. Bu 134 su kütlesinin, 53 adedi durgun su kütlesi, 81 adedi ise akarsu su kütlesidir. Özümleme kapasitesi aşılan 25 adet durgun su kütlesi olduğu belirlenmiştir. Özümleme kapasiteleri aşılmış durgun su kütlelerine ağırlıklı olarak gelen toplam yükler belirlenmiştir. Belirlenen bu yükler ile toplam azot veya toplam fosfor kirletici yükünün kaynağı tespit edilerek ve özümleme kapasitesinin aşılmaması için gerekli olan yük azaltımı belirlenerek, su kütlesi ötrofik durumdan mezotrofik duruma doğru iyileşeceği öngörülmüştür. Böylece gelen toplam yüklerin azaltılması ve özümleme kapasitesi aşılmamış olan fakat risk altında olan durgun suların su kalitesinin iyileştirilmesi yönününde alınacak olunan tedbirlerin belirlenmesi mümkün olabilecektir. Gelecekte model su kütlelerindeki tabakalaşmayı da dikkate alabilecek şekilde geliştirilebilinir.

KAYNAKLAR

Abay, O. (2008)**.** Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi'nde Nehir Havza Yönetiminin Önemi, *5. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci, Türkiye Bölgesel Su Toplantıları*, 1-8.

Bachmann, R. W. (1980). Prediction of total nitrogen in lakes and reservoirs in: restoration of lakes and inland waters. *International Symposium on Inland Waters and Lake Restoration*, 320-324.

Brezonik, P. L., Morgan, W. H., Shannon, E. E. & Putnam, H.D. (1969). Eutrophication factors in North Central Florida lakes. *Engineering Progress at the University of Florida*, 5, 93.

Canfield D. E. Jr & Bachmann R. W. (1981) Prediction of total phosphorus concentrations, chlorophyll a, and Secchi depths in natural and artificial lakes, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 38, 414–423.

Carlson, R. E. (1977). A trophic state ındex for lakes. *Limnology and Oceanography*, 361-369.

Chapra, C. S. (1977). Total phosphorus model for the great lakes. *The Environmental Engineering Division*, 147-161.

Chapra S. C. & Reckhow K. H. (1979) Expressing the phosphorus loading concept in probabilistic terms, Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 36, 225– 229.

Cover. (1994). CORINE Land Cover Technical Guide L., Luksemburg.

Dahl, S., Kurtar, B. (1993). *Omerli Elmali Environmental Protection Project Feasibility Report*, Environmental Situation, Omerli-Elmali Joint Venture 1.1-5.10.

Dillon, P. J. & Rigler, F. H. (1974). A test of a simple nutrient budget model predicting the phosphorus concentration in lake water, *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 1771-1778.

Dillon P.J. & Kirchner W.B. (1975). Reply to Chapra's Comment, *Water Resources Research*, 11, 1035– 1036.

Diogo, P. A., Fonseca. M., Coelho. P. S., Mateus N. S., Almeida, M. C. & Rodrigues, A. C. (2008). Reservoir phosphorous sources evaluation and water quality modeling in a transboundary watershed. *Desalination*, 226, 200–214.

Ekdal, A. ve Tanık, A. (2008). Köyceğiz – Dalyan lagünü su kalitesi modellemesinde tuzluluk simülasyonları, *İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi*, Su Kirlenmesi Kontrolü, 55-64.

Gençer, M. (2011). *Eğirdir Gölü'nü çevreleyen arazilerin CORINE yöntemine göre arazi kullanım sınıflaması*. (Yüksek Lisans Tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

Geng, R. Z, Wang, X. Y., Jiao, S., Meng, F. D. & Duan, S. H. (2013). Application of improved export coefficient model in estimating non-point source nutrient load from Miyun Reservoir watersheds. *Acta Sci Circumst*, 33, 1484–1492.

Hancock, M. C., Heaney, J. P. & ASCE, M. (1987). Water resources analysis using eletronic spreadsheets. *Water Resources Planning Management*, 639-658.

Higgins J. M. & Kim B. R. (1981). Phosphorus retention models for Tennessee Valley Authority reservoirs, Water Resources Research, 17, 571–576.

HKEP. (2010). Havza Koruma Eylem Planları, Yeşilırmak Havzası Raporu. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı adına TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi.

Holdren, C. G. (1982). Determination of nutrient sources for Mcneely Lake, lake restoration, protection and management. *North American Lake Management Society*, 171-176.

Imboden, D.M. (1974). Limnology and Oceanography. *Phosphorus Model Of Lake Eutrophication*, 19, 297–304.

Jensen, P. J., Pedersen, R. A., Erik, J. & Sondergaard, M. (2006). Limnology and Oceanography. *An Empirical Model Describing The Seasonal Dynamics Of Phosphorus in 16 Shalloweutrophic Lakes After External Loading Reduction*, 791-800.

Jones, R. J. & Bachmann, R. W. (1976). Prediction of phosphorus and chlorophyll levels in lakes. *Journal Water Pollution Control*, 48(9), 2176-2182.

Karaaslan, Y. (2009). *Mogan Gölünün kirletici özümleme kapasitesinin model ile değerlendirilmesi*. (Doktora Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Karpuzcu, M. (2011). Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü, 28, İstanbul.

Kerekes, J., J. (1982). The application of phosphorus load - trophic response relationships to reservoirs. *Canadian Water Resources Journal*, 7(1), 349-354.

Larsen D. P. & Mercier H. T. (1976). Phosphorus retention capacity of lakes. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 33, 1742–1750.

Lin, J. P. (2004). Review of published export coefficient and event mean concentration (emc) data. *WRAP Technical Notes Collection*, Army Engineer Research and Development Center, 8.

Loehr, R. C., Ryding, S. O. & Sonzongi, W. C. (1989). Estimating the nutrient load to a waterbody" the control of eutrophication of lakes and reservoirs. *Man and the Biosphere Series*, 115-146.

Novotny, V. (2003). Water Quality: Diffuse Pollution and Watershed Management, 103-107.

Nurnberg G. K. (1998). Limnology and Oceanography, *Prediction Of Annual and Seasonal Phosphorus Concentrations ın Stratified and Polymictic Lakes*, 43, 1544–1552.

Nyenje, P.M., Foppen, J.W., Uhlenbrook, S., Kulabako, R. & Muwanga, A. (2010). Eutrophication and nutrient release in urban areas of sub-Saharan Africa – a review. *Sci. Total Environ*. 408(3), 447-455.

Orhon, D., Sözen, S., Üstün, B., Görgün, E. ve Karahan, G., Ö. (2002). *Su Yönetimi ve Sürdürülebilir Kalkınma Ön Rapor*, Vizyon 2023: Bilim ve Teknoloji Stratejileri Teknoloji Öngörü Projesi Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Paneli.

Ostrofsky M.L. (1978). Modification of phosphorus retention models for use with lakes with low areal water loading. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 35, 1532–1536.

Rast, W. & Lee, F. G. (1983). Nutrient loading estimates for lakes. *Journal of Environmental Engineering*, 109(2), 502-518.

Reckhow K. H. (1979) Uncertainty analysis applied to Vollenweider phosphorus loading criterion, *Journal Water Pollution Control Federation,* 51, 2123–2128.

Reckhow, H. K. & Simpson, T. J. (1980). A procedure using modeling and error analysis for the prediction of lake phosphorus concentration from land use information. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37(9), 1439-1448.

Saatçi, Y., İpek, U., Tanyıldızı, Ş., M. ve Çınarcı, B. (1999), Keban Baraj Gölü Uluova Bölgesi'nde trofik düzeyin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Su Kirlenmesi Kontrolü Dergisi*, 9(3), 41-49.

Schindler D. W., Fee E. J. & Ruszczynski T. (1978) Phosphorus input and its consequences for phytoplankton standing crop and production in the Experimental Lakes area and in similar lakes, *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 35, 190–196.

SEI. (2015). Water Evaluation and Planning System Tutorial. A collection of standalone modules to aid in learning the WEAP software, Stockholm Environment Institute.

Smith, V. H. (1982). Limnology and Oceanography. *The Nitrogen and Phosphorus Dependence of Algal Biomass in Lakes: an Empirical and Theoretical Analysis*, 27(6), 1101-1111.

Tuğrul, S., Uysal Z., Erdoğan, E. ve Yücel, N. (2011). Kilikya Baseni (Kuzeydoğu Akdeniz) Sularında Ötrofikasyon İndikatörü Parametrelerin (TP, DIN, Chl-a ve TRIX) Değişimi, *Ekoloji 20*, 80, 33-41.

TÜİK. (2010). Türkiye Resmi İstatistik Portalı. https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr

Uhlmann, D. & Albrecht, E. (1968). Biochemical factors of eutrophication of drinking water reservoirs, *Limnology*, 225-245.

UNEP (1990). Final reports on research projects dealing with eutrophication and plankton blooms (Activity H), *MAP Technical Reports*, 37, UNEP, Athens.

US EPA. (1999). Protocol for Developing Nutrient TMDLs, US EPA Office of Water.

Walker, J. F., Pickard, S. A. & Sonzogni, W. C. (1989). Spreadsheet watershed modeling for nonpoint-source pollution management in a Wisconsin Basin, *Water Resources Bulletin*, 25(1), 139-147.

Verduin, J. (1964). Principles of Primary Productivity: Photosynthesis Under Completely Natural Conditions, in Algae and Man, Plenum Press, New York.

Vollenweider, R.A. (1969). Possibilities and Limits of Elementary Models Concerning the Budget of Substances in Lakes, *Archives for Hydrobiology*, 66(1), 1-36.

Vollenweider, R.A. (1976). Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication, *Memorie dell'Istituto Italiano di Idrobiologia*, 33, 53–83.

Vollenweider, R. A. & Kerekes J. J. (1982). Eutrophication of Waters: Monitoring, Assessment and Control, *OECD*, Paris.

Yeasted J. G. & Morel F. M. M. (1978). Environmental Science and Technology, *Empirical Insights Into Lake Response To Nutrient Loadings, With Application To Models Of Phosphorus In Lakes*, 12, 195–201.

Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği. (2016). T. C. Resmi Gazete, 29797, 10.08.2016.

Yetgin, P., K. (2009). *Ömerli Baraj Gölünde trofik seviyenin belirlenmesi*, Yıldız Teknik Üniversitesi. (Yüksek Lisans Tezi). Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Young, W. J., Marston, F. M. & Davis, J. R. (1997). NEXSYS: An Expert System for Estimating Non-Point Source Nutrient Export Rates, *Al Applications*, 11 – 18.

Yu, Y., **Wang, P., Wang, C. & Wang, X.** (2018). Optimal reservoir operation using multi-objective evolutionary algorithms for potential estuarine eutrophication control, *Journal of Environmental Management*, 223, 758-770.

Yuhong, Y., Baixing, Y. & Shen, W. (2009). Assessment of point and nonpoint sources pollution in Songhua River Basin, Northeast China by using revised water quality model, *Journal of Agro-Environment Science*, 28(1), 161–165.

Xu, F.L., Tao, S., Dawson, R.W. & Xu, Z.R. (2003). Hydrobiologia. *The Distributions and Effects of Nutrients in the Sediments Of a Shallow Chinese Lake*, 429, 85-93.

Xu, Z., Yin, X., Yang, Z., Cai, Y. & Sun, T. (2016). Ecological Modelling. *New model to Assessing Nutrient Assimilative Capacity In Plant-Dominated Lakes: Considering Ecological Effects Of Hydrological Changes*, 94-102.

EKLER

EK A: Yeşilırmak Havzası Su Şebekesi Şeması

EK B: Özümleme Kapasitesi Modeli Kullanım Kılavuzu

EK B1: Model Teorik Dokümantasyonu

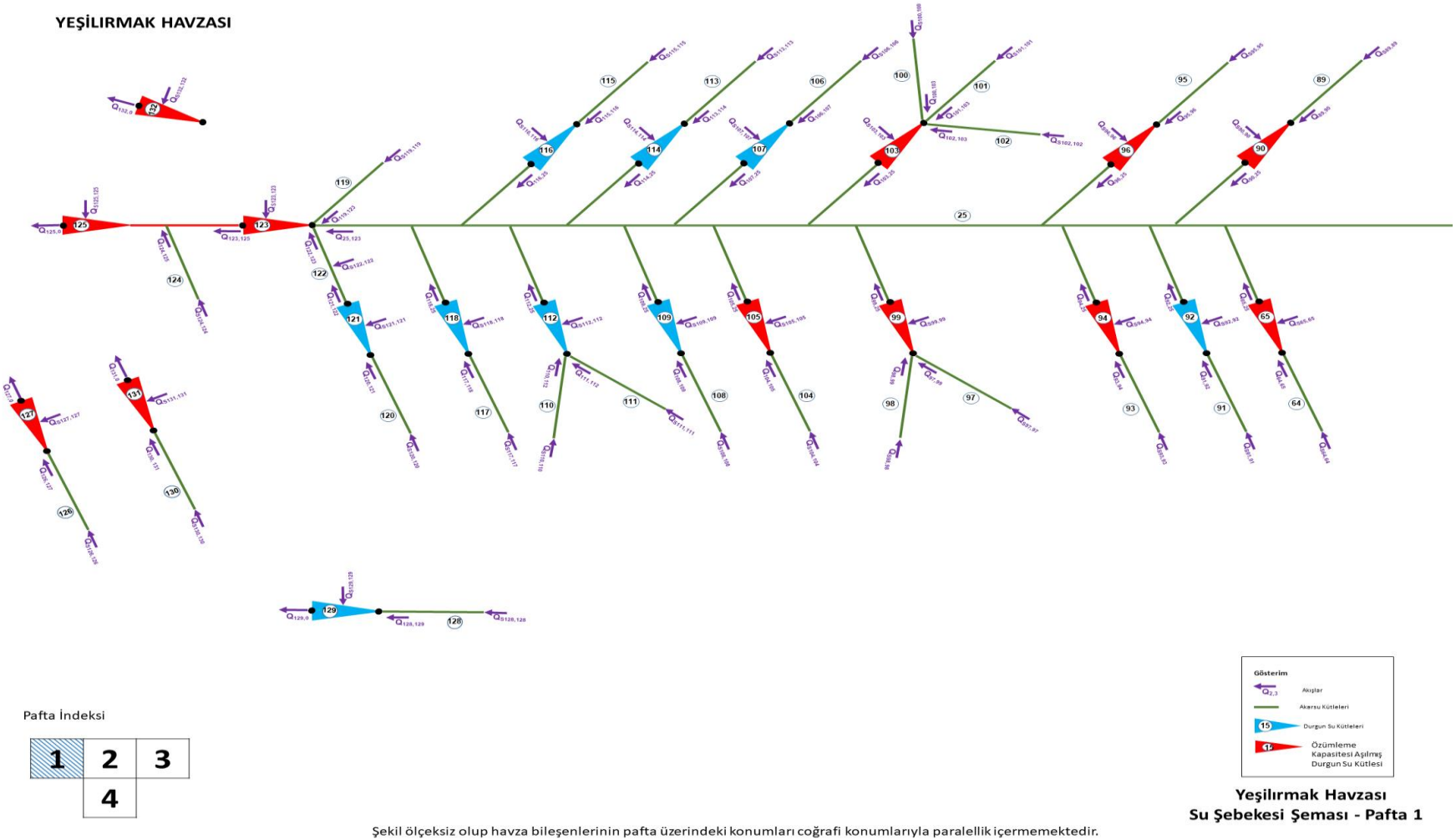
EK C: Su Bütçesi Dağılımı

EK D: Akarsu Su Kütleleri

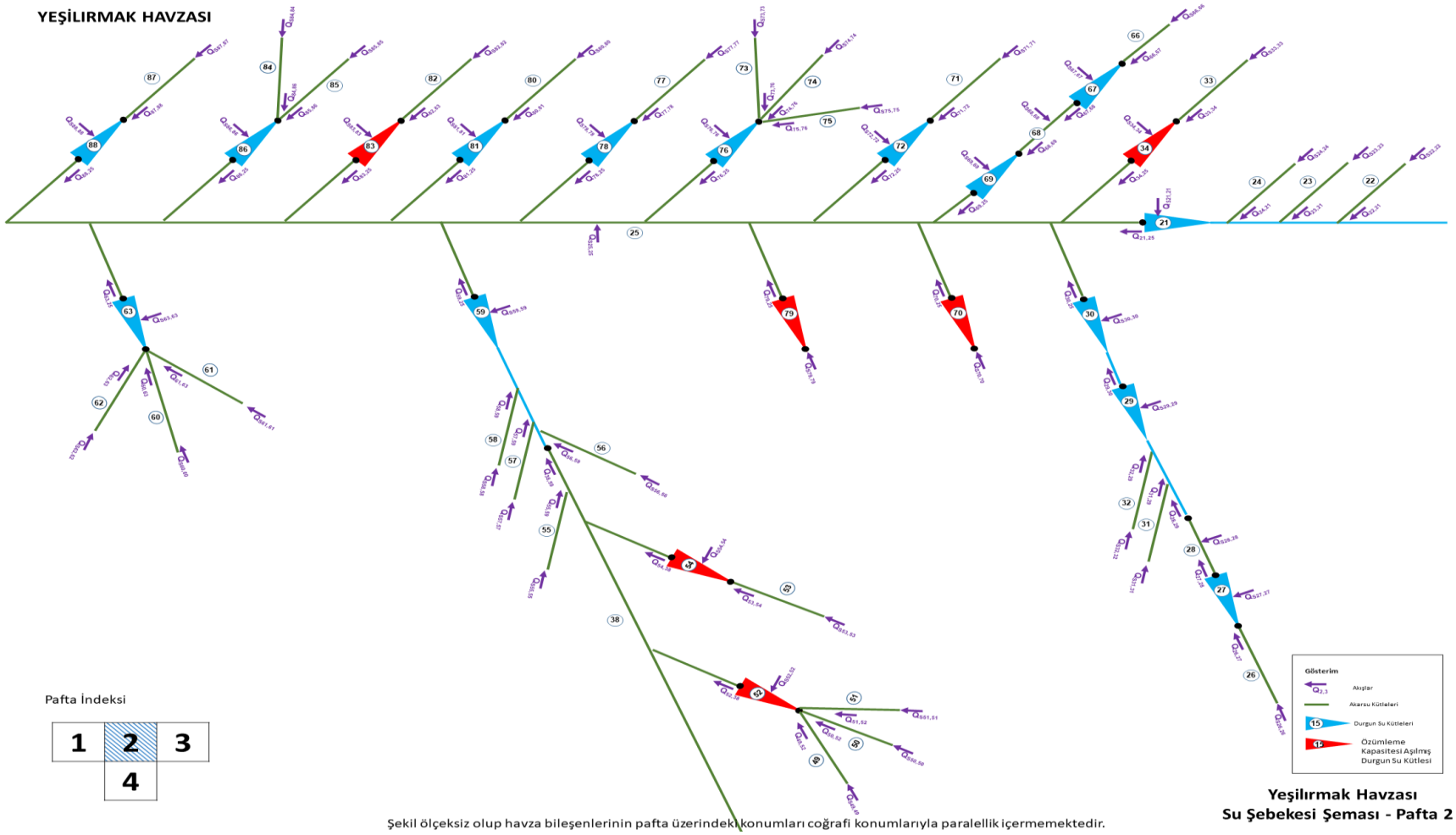
EK E1: Azot Besi Maddesi İçin Genel, Doğrudan Giren Noktasal ve Yayılı Yüklerin Dağılım Grafikleri

EK E2: Fosfor Besi Maddesi İçin Genel, Doğrudan Giren Noktasal ve Yayılı Yüklerin Dağılım Grafikleri

EKA



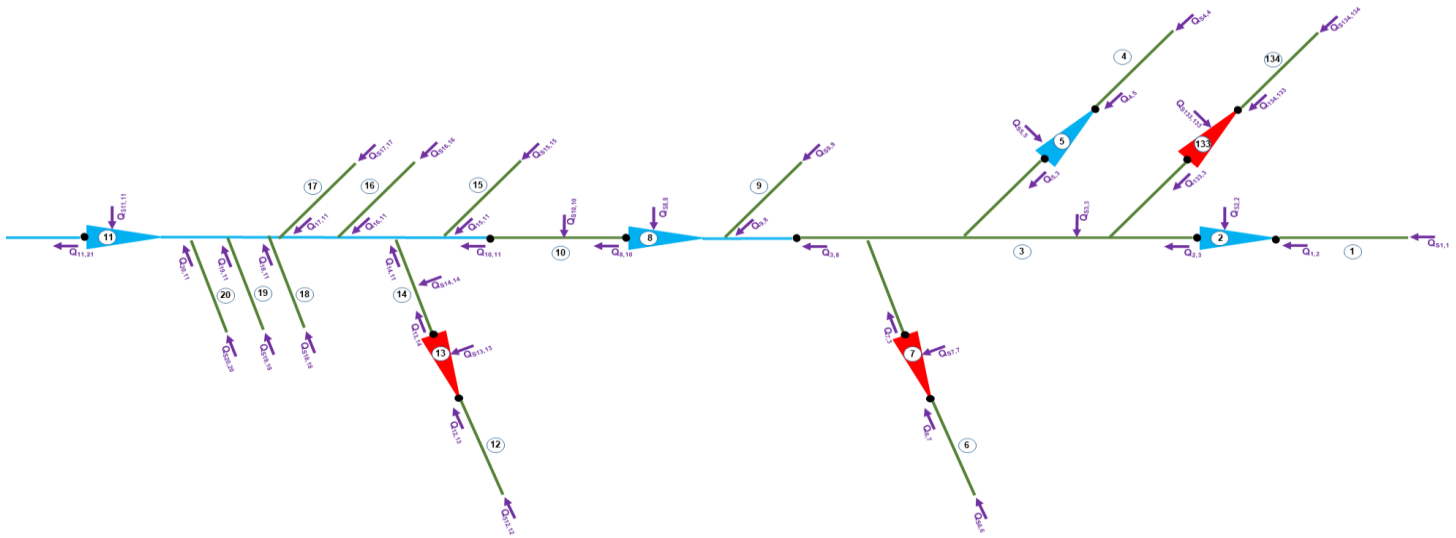
Şekil ölçeksiz olup havza bileşenlerinin pafta üzerindeki konumları coğrafi konumlarıyla paralellik içermemektedir.



Şekil ölçeksiz olup havza bileşenlerinin pafta üzerindeki konumları coğrafi konumlarıyla paralellik içermemektedir.

Yeşilırmak Havzası Su Şebekesi Şeması - Pafta 2

YEŞİLIRMAK HAVZASI



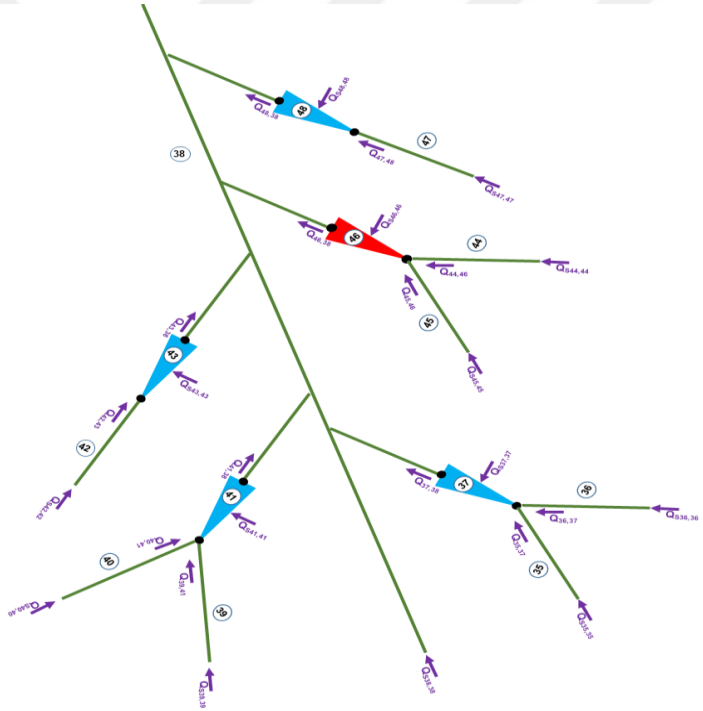
Pafta İndeksi

1	2	3
	4	

Yeşilırmak Havzası Su Şebekesi Şeması - Pafta 3

Şekil ölçeksiz olup havza bileşenlerinin pafta üzerindeki konumları coğrafi konumlarıyla paralellik içermemektedir.

YEŞİLIRMAK HAVZASI



Pafta İndeksi

1	2	3
	4	

Yeşilırmak Havzası
Su Şebekesi Şeması - Pafta 4

Şekil ölçeksiz olup havza bileşenlerinin pafta üzerindeki konumları coğrafi konumlarıyla paralellik içermemektedir.

EK B

Model Sekmesi

Sütun	Başlık	Açıklama
A	Su Kütlesi No	Bu sütunda havza içerisinde yer alan su kütlesi sayısı kadar satır yer almalıdır.
B	Konsantrasyon (mg/L)	Model tarafından hesaplanan konsantrasyon değerini göstermektedir. Kullanıcının bu sütuna müdahale etmesine gerek yoktur.
C	Kriter (mg/L)	Hesaplanan konsantrasyonun karşılaştırılacağı kriter (Örneğin standartlarda verilen konsantrasyon) kullanıcı tarafından bu sütuna yazılabilir.
D	Su Kütlesine Doğrudan Giren Noktasal Yük (Ton/yıl)	İlgili su kütlesine doğrudan giren noktasal yük toplamı bu sütunda otomatik olarak hesaplanmaktadır. Kullanıcının bu sütuna müdahale etmesine gerek yoktur.
E	Su Kütlesine Doğrudan Giren Yayılı Yük (Ton/yıl)	İlgili su kütlesine doğrudan giren yayılı yük toplamı bu sütunda otomatik olarak hesaplanmaktadır. Kullanıcının bu sütuna müdahale etmesine gerek yoktur.
F	Su Kütlesine Giren Memba Yükü (Ton/yıl)	İlgili su kütlesine membasındaki su kütlesinden giren yük toplamı bu sütunda otomatik olarak hesaplanmaktadır. Kullanıcının bu sütuna müdahale etmesine gerek yoktur.
G	Su Kütlesine Giren Toplam Yük (Ton/yıl)	İlgili su kütlesine giren toplam yük D, E ve F sütunlarının toplamı (Su Kütlesine Doğrudan Giren Noktasal Yük + Su Kütlesine Doğrudan Giren Yayılı Yük + Su Kütlesine Giren Memba Yükü) olarak model tarafından hesaplanmaktadır.
H	Özümleme Kapasitesi (Ton/yıl)	Model G sütunundaki verileri (Su Kütlesine Giren Toplam Yük) B sütunundaki verilere (Konsantrasyon) bölüp C sütunundaki veriler (Kriter) ile çarparak özümleme kapasitesini otomatik olarak hesaplamaktadır.
I	Yorum	Modelin hesapladığı su kütlesine giren toplam yük (G sütunu) ile özümleme kapasitesi (H sütunu) karşılaştırılarak "Özümleme kapasitesi aşılmamış" ya da "Özümleme kapasitesi aşılmış" şeklinde iki sonuçtan biri hücreye otomatik olarak yazdırılır. Model durgun su kütleleri için özümleme kapasitesi hesabı yapmaktadır. Akarsu su kütleleri için yönetmelikte kriter yoktur ve özümleme kapasitesi hesabı yapılmamaktadır.

J	Özümleme Kapasitesine Ulaşmak için Gerekli Toplam Yük Azaltımı (%)	G sütunundaki verilerden (Su Kütlesine Giren Toplam Yük) H sütunundaki veriler (Özümleme Kapasitesi) çıkarılıp 100 ile çarpılarak gerekli toplam yük azaltımı yüzde olarak model tarafından hesaplanmaktadır. Özümleme kapsitesi aşılmamışsa hücrede "Önlem Önerilmiyor" yazılmaktadır.
K	Su Kütlesindeki Noktasal Yüklerin Tümü için Tanmlanan Giderim Oranı	Eğer özümleme kapasitesi aşılmışsa noktasal yükler için alınması gereken tedbir oranı kullanıcı tarafından bu sütuna girilir.
L	Su Kütlesindeki Yayılı Yüklerin Tümü için Tanmlanan Giderim Oranı	Eğer özümleme kapasitesi aşılmışsa yayılı yükler için alınması gereken tedbir oranı kullanıcı tarafından bu sütuna girilir.
M	Bozunma katsayısı ($gün^{-1}$)	M sütunundaki değerler kullanıcı tarafından değiştirilerek model kalibre edilmektedir.
N		Boş sütun
O	Ölçülen Konsantrasyon (mg/L)	Kirletici No = 1 ise kirletici TN'dir ve bu sütundaki veriler model tarafından Su Kalitesi Ölçümleri Sekmesinin B sütununda yer alan TN ölçümlerinden çağırılmaktadır. Kirletici No = 2 ise kirletici TP'dir ve bu sütundaki veriler model tarafından Su Kalitesi Ölçümleri Sekmesinin C sütununda yer alan TP ölçümlerinden çağırılmaktadır. Kullanıcının bu sütuna müdahale etmesine gerek yoktur. Kirletici No değeri 1 ya da 2 değerinden başka bir değer girilmişse model "Hata kirletici no 1 veya 2 olarak girilmeli..." şeklinde uyarı vermektedir.
P	Hesaplanan Konsantrasyon (mg/L)	Eğer O sütununda bir değer (Ölçülen konsantrasyon) varsa modelin daha önce hesapladığı konsantrasyonlar B sütunundan bu sütuna otomatik olarak çağrılır. Kullanıcının bu sütuna müdahale etmesine gerek yoktur.
Q	Hata oranı (%)	Ölçülen konsantrasyon ve hesaplanan konsantrasyon arasındaki hata, yüzde olarak model tarafından hesaplanmaktadır.
R	Mutlak Hata (%)	Hata oranının mutlak değeri ile olmakla birlikte kullanıcının bu sütuna müdahale etmesine gerek yoktur.
S	Toplam Hata (%)	Mutlak hata değerlerinin toplamıdır. Kullanıcının bu sütuna müdahale etmesine gerek yoktur.
T		Boş sütun

U	Ölçüm var	Ölçülen su kütlesi var ise "1" yoksa "0" almaktadır. Kullanıcının bu sütuna müdahale etmesine gerek yoktur.
V	Ölçüm sayısı	Ölçülen su kütlesi sayısıdır. Kullanıcının bu sütuna müdahale etmesine gerek yoktur.
W	Ölçülen Konsantrasyon (mg/L)	Eğer su kütlesi ölçülmemiş ise -99 değerini almaktadır. Kullanıcının bu sütuna müdahale etmesine gerek yoktur.
X	Hesaplanan Konsantrasyon (mg/L)	Eğer su kütlesi hesaplanmamış ise -99 değerini almaktadır. Kullanıcının bu sütuna müdahale etmesine gerek yoktur.
Y	Sıralama	Ölçülmüş konsantrasyona bağlı büyükten küçüğe doğru sıralamaktadır. Kullanıcının bu sütuna müdahale etmesine gerek yoktur.
Z		Boş sütun
AA	Ölçüm Sıra No	Kullanıcının bu sütuna müdahale etmesine gerek yoktur.
AB	Ölçülen Konsantrasyon (mg/L)	Kullanıcının bu sütuna müdahale etmesine gerek yoktur.
AC	Model Tarafından Hesaplanan Konsantrasyon (mg/L)	Kullanıcının bu sütuna müdahale etmesine gerek yoktur.

N Yükü Dağılımları Sekmesi

Satır No	Başlık (Sütun A1 – BI1)	Açıklama (Sütun B)
1	Yük Dağılım Yüzdesi ve Grafiği	Bu sütunda havza içerisinde yer alan su kütlesi sayısı kadar satır yer almalıdır. Doğrudan gelen noktasal ve yayılı, memba TN yüklerinin toplam yük içerisindeki yüzdesi ve dağılım grafikleri verilmiştir.

P Yükü Dağılımları Sekmesi

Satır No	Başlık (Sütun A1 – BI1)	Açıklama (Sütun B)
1	Yük Dağılım Yüzdesi ve Grafiği	Bu sütunda havza içerisinde yer alan su kütlesi sayısı kadar satır yer almalıdır. Doğrudan gelen noktasal ve yayılı, memba TP yüklerinin toplam yük içerisindeki yüzdesi ve dağılım grafikleri verilmiştir.

Seçenekler Sekmesi

Satır No	Başlık (Sütun A)	Açıklama (Sütun B)
1	Kirletici No	Kaçıncı kirletici için modelin hesap yaptığını göstermektedir. Kirletici No = 1 ise kirletici TN'dir. Kirletici No = 2 ise kirletici TP'dir.

		Kullanıcı tarafından modelin hangi kirletici için hesap yapmasının istenildiği seçilmelidir.

Su Kütlesi Verileri Sekmesi

Sütun	Başlık	Açıklama
A	Su Kütlesi No	Bu sütunda havza içerisinde yer alan su kütlesi sayısı kadar satır yer almalıdır.
B	Hacim (m^3)	Bu sütunda su kütlesinin hacmi yer almaktadır. Eğer F sütununda yer alan su kütlesi "akarsu" ise "Akarsular" sekmesinde H sütununda yer alan hacim değerleri çağrılmaktadır. Eğer F sütununda yer alan su kütlesi "durgun su" ise "Durgun sular" sekmesinde B sütununda yer alan hacim değerleri çağrılmaktadır. Kullanıcının bu sütuna müdahale etmesine gerek yoktur.
C	Bozunma katsayısı ($gün^{-1}$)	Bu veri "Model" sekmesinde yer alan M sütunundan çekilmektedir. Kullanıcının bu sütuna müdahale etmesine gerek yoktur.
D	Noktasal Yükler (g/gün)	Model sekmesinde "ton/yıl" biriminde mevcut olan noktasal yükler bu sütunda "g/gün" birimine çevrilmekte, tedbir olarak yük azaltımı yapılması söz konusuysa "Model" sekmesinde K sütununda yer alan "Su Kütlesindeki Noktasal Yüklerin Tümü için Tanmlanan Giderim Oranı" kadar azaltılmaktadır. Kullanıcının bu sütuna müdahale etmesine gerek yoktur.
E	Yayılı Yükler (g/gün)	Model sekmesinde "ton/yıl" biriminde mevcut olan yayılı yükler bu sütunda "g/gün" birimine çevrilmekte, tedbir olarak yük azaltımı yapılması söz konusuysa "Model" sekmesinde L sütununda yer alan "Su Kütlesindeki Yayılı Yüklerin Tümü için Tanmlanan Giderim Oranı" kadar azaltılmaktadır. Kullanıcının bu sütuna müdahale etmesine gerek yoktur.
F	Su Kütlesi Türü	Su kütlesi türü "Akarsu" ya da "Durgun Su" olabilir. Kullanıcı tarafından girilmelidir.
G	Tür içindeki ID	Akarsular ve durgun sular şeklinde verilmiş olan su kütlesi türleri ayrıca kendi içinde de sıralanmaktadır. A sütununda yer alan su kütlesi numarasının tür içinde hangi sıra numarasına karşı geldiği bu sütunda belirtilmektedir. Kullanıcı tarafından girilmelidir.

Debiler Sekmesi

Bu sekmede sistemdeki akım ağı ve memba-mansap ilişkileri ile debi değerleri tanımlanmaktadır.
Bu sekmede yer alan bütün veriler kullanıcı tarafından girilmelidir.

Sütun	Başlık	Açıklama
A	Debi Adı	Bir su kütlesinden diğer su kütlesine giden akımın adı
B	Memba Su Kütlesi No	Su kütlesine kendi havzasından ya da membaında bulunan başka bir su kütlesinden debi gelebilmektedir. Bu sütunda yer alan "Memba Su Kütlesi No" değeri pozitif bir değer ise memba su kütlesinden, negatif ise kendi havzasından debi geldiği anlaşılmaktadır.
C	Mansap Su Kütlesi No	Mansapta yer alan su kütlesinin numarası bu sütuna girilmektedir. Eğer "Mansap Su Kütlesi No" değeri "sıfır" ise bu debinin sistem çıktığını ifade etmektedir.
D	Debiler (m^3/gün)	Debi değeri kullanıcı tarafından bu sütuna girilmektedir.
E		Boş sütun
F		Boş sütun
G	Açıklama	Su kütleleri arasında memba - mansap ilişkileri ile ilgili açıklamalar bu sütuna yazılabilir.

Su Kalitesi Ölçümleri Sekmesi

Sütun	Başlık	Açıklama
A	Su Kütlesi No	Bu sütunda havza içerisinde yer alan su kütlesi sayısı kadar satır yer almalıdır.
B	TN (mg/L)	Arazide ölçülen TN konsantrasyonları bu sütuna kullanıcı tarafından girilmektedir.
C	TP (mg/L)	Arazide ölçülen TP konsantrasyonları bu sütuna kullanıcı tarafından girilmektedir.
D		Boş sütun
E	Açıklama	Numunenin alındığı su kütlesinin adı açıklama olarak girilebilir.

Sınır konsantrasyonları Sekmesi

Satır No	Başlık (Sütun A)	Açıklama (Sütun B)
Sınır konsantrasyonu sayısı kadar satır içermelidir.	Sınır Su Kütlesi Adı bu sütuna girilmektedir.	Modellenen kirletici için sınır konsantrasyonu değeri bu sütuna girilmektedir.

Köşegen Sekmesi
Bu sekmede matrisin köşegen değerleri oluşturulmaktadır.

Sütun	Başlık	Açıklama
A	Su Kütlesi No	Bu sütunda havza içerisinde yer alan su kütlesi no'ları "Su Kütlesi Verileri" sekmesinin A sütunundan çağrılmaktadır.
B	Köşegen adı	Bu sütunda köşegen adları kullanıcı tarafından girilmektedir.
C	Sayısal Değer ($gün^{-1}$)	Sayısal değer model tarafından hesaplanmaktadır. Kullanıcının bu sütuna müdahale etmesine gerek yoktur.

Sabitler Vektörü Sekmesi

Sütun	Başlık	Açıklama
A	Su Kütlesi No	Bu sütunda havza içerisinde yer alan su kütlesi sayısı kadar satır yer almalıdır. Veriler "Su kütlesi verileri" sekmesinin A sütunundan çağrılmaktadır.
B	Sabitler Vektöründeki adı	Bu sütunu kullanıcılar tarafından su kütlesi No'ları dikkate alınarak sabitler vektöründeki adlar kullanıcı tarafından girilmektedir.
C	Sayısal Değer ($g \cdot m^{-3} \cdot gün^{-1}$)	Sayısal değer model tarafından hesaplanmaktadır. Kullanıcının bu sütuna müdahale etmesine gerek yoktur.

Tepki Matrisi Sekmesi
Su kütlesi sayısı kadar satır ve sütun içeren bir matristir. Su kütlesi sayısına göre matris genişletilmeli ya da küçültülmelidir. Matrisi genişletme veya küçültme dışında kullanıcının ilave bir işlem yapmasına gerek yoktur.

Memba Yükleri Matrisi Sekmesi

Su kütlesi sayısı kadar satır ve sürun içeren bir matristir. Su kütlesi sayısına göre matris genişletilmeli ya da küçültülmelidir. Matrisi genişletme veya küçültme dışında kullanıcının ilave bir işlem yapmasına gerek yoktur.

Akarsular Sekmesi

Sütun	Başlık	Açıklama
A	Akarsu No	Bu sütunda akarsu kütleleri kendi içinde sıralanmaktadır. Bu sütunda havza içerisinde yer alan akarsu su kütlesi sayısı kadar satır yer almalıdır.
B	Uzunluk (m)	Bu sütunda akarsu kütlelerinin uzunlukları kullanıcı tarafından girilmektedir.

C	Genişlik (m)	Bu sütunda akarsu kütlelerinin genişlikleri kullanıcı tarafından girilmektedir.
D	Manning Katsayısı	Bu sütunda akarsu kütleleri için Manning katsayısı kullanıcı tarafından girilmektedir.
E	Eğim	Bu sütunda akarsu kütleleri için eğim kullanıcı tarafından girilmektedir.
F	Hidrolik Olarak Eşdeğer Debi (m^3/s)	Bu sütunda akarsu kütleleri için hidrolik olarak eşdeğer debi kullanıcı tarafından girilmektedir.
G	Derinlik (m)	F (Hidrolik Olarak Eşdeğer Debi), D (Manning Katsayısı), E (Eğim) ve C (Genişlik) sütunlarındaki verilerden model tarafından derinlik hesabı yapılmaktadır. Bu hesabı yapan denklem aşağıda çıkarılmıştır. Kullanıcının bu sütuna müdahale etmesine gerek yoktur.
H	Hacim (m^3)	B (Uzunluk), C (Genişlik) ve G (Derinlik) sütunlarındaki veriler çarpılarak model tarafından derinlik hesabı yapılmaktadır. Kullanıcının bu sütuna müdahale etmesine gerek yoktur.
		Boş Sütun
		Boş Sütun
K	Açıklama	Bu sütuna akarsu kütlesi için "Su Kütlesi No"su açıklama olarak yazılabilir.

Akarsu Hacmi ve Akarsu Derinliği Hesabı:

Akarsu hacmi aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

$$V_{akarsu} = l_{akarsu} \cdot B_{akarsu} \cdot D_{akarsu}$$

Burada
V_{akarsu}: Akarsu Hacmi
L_{akarsu}: Akarsu uzunluğu
B_{akarsu}: Akarsu genişliği
D_{akarsu}: Akarsu derinliğidir.

Akarsu uzunluğu ve akarsu genişliği kullanıcı tarafından sağlanmaktadır. Akarsu derinliği ise eşdeğer debiden hesaplanmaktadır.

Akarsu derinliğini hesaplayan denklem ise şu şekilde çıkarılmaktadır:

$$Q_{eşdeğer} = \frac{Q_{memba} + Q_{mansap}}{2}$$

$Q_{eşdeğer}$: Eşdeğer debi

Manning formülüne göre

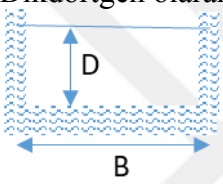
$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

Burada
V: Hız (m/s)
n: Manning Katsayısı (m/s)
R: Hidrolik yarıçap (m)
J: Kanal taban eğimidir.

Hidrolik yarıçap ise şu şekilde ifade edilmektedir:
$$R = \frac{A}{u}$$

Burada
R: Hidrolik yarıçap (m)
A: Islak Alan (m^2)
u: Islak çevre (m)

Dikdörtgen olarak idealleştirilmiş bir akarsu için



$$A = B \cdot D$$
$$u = 2D + B$$

Burada
B: Genişlik (m)
D: Derinlik (m)
A: Islak Alan (m^2)
u: Islak çevre (m)

Bu durumda hidrolik yarıçap

$$R = \frac{A}{u} = \frac{B \cdot D}{2D + B}$$

olarak hesaplanabilir. Eğer genişlik derinlikten çok daha büyük ise (örneğin 10 katı civarında – bu varsayım özellikle kurak mevsimde Türkiye'deki çoğu akarsu için geçerlidir)

$$2D + B \approx B$$

$$R \approx \frac{B \cdot D}{B} \approx D$$

yazılabilir. Bu durumda Manning Denklemi

$$V = \frac{1}{n} \cdot D^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

olarak yazılabilir. Denklemin iki tarafı eşdeğer debiye karşı gelen enkesit alanı ile çarpılırsa

$$Q_{eşdeğer} = \frac{1}{n} \cdot D^{2/3} \cdot J^{1/2} \cdot B \cdot D$$

$$\frac{Q_{eşdeğer} \cdot n}{B \cdot J^{1/2}} = D^{5/3}$$

Akarsu derinliği

$$D = \left(\frac{Q_{eşdeğer} \cdot n}{B \cdot J^{1/2}}\right)^{0.6}$$

denklemi ile ifade edilir.

Durgun Sular Sekmesi

Sütun	Başlık	Açıklama
A	Durgun Su Kütlesi No	Bu sütunda durgun su kütleleri kendi içinde sıralanmaktadır. Bu sütunda havza içerisinde yer alan durgun su kütlesi sayısı kadar satır yer almalıdır.
B	Hacim (m^3)	Bu sütunda durgun su kütlelerinin hacimleri kullanıcı tarafından girilmektedir.
C		Boş Sütun
D		Boş Sütun
E	Açıklama	Bu sütuna durgun su kütlesinin adı açıklama olarak yazılabilir.

Yayılı Yük Emisyonları Sekmesi

Sütun	Başlık	Açıklama
A	Yayılı Yük Emisyonu No	Bu sütunda yayılı yük emisyonları 1 ile 10 arasında numaralandırılmıştır.
B	İlgili çalışma sayfası	Hangi yayılı yükün hangi sekme ile ilgili olduğu bu sütunda belirtilmektedir.
C	Açıklama	Açıklama sütununda modelde halihazırda tanımlanmış olan yayılı yük türü ve numarası verilmektedir. YAYILI_YUKLER_1 Gübre YAYILI_YUKLER_2 Hayvan YAYILI_YUKLER_3 Mera YAYILI_YUKLER_4 Orman YAYILI_YUKLER_5 Kentsel yerleşim drenajı YAYILI_YUKLER_6 Kırsal yerleşim drenajı YAYILI_YUKLER_7 Fosseptikler YAYILI_YUKLER_8 Katı atık vahşi döküm alanları

		YAYILI_YUKLER_9 Su ürünleri YAYILI_YUKLER_10 Henüz kullanılmıyor

Kentsel AAT Deşarjlar Sekmesi

Sütun	Başlık	Açıklama
A	Yük No	Kentsel atıksu arıtma tesisinden kaynaklanan noktasal yükün numarası bu sütuna kullanıcı tarafından girilmelidir.
B	TN Kontrol Oranı	Eğer AAT'den deşarj edilen azot ile ilgili ilave bir kontrol tedbiri alınması gerekliyse kontrol oranı bu sütuna kullanıcı tarafından girilmelidir.*
C	TP Kontrol Oranı	Eğer AAT'den deşarj edilen fosfor ile ilgili ilave bir kontrol tedbiri alınması gerekliyse kontrol oranı bu sütuna kullanıcı tarafından girilmelidir.*
D	İlgili Model Segmenti	Kentsel atıksu arıtma tesisi deşarjından kaynaklanan noktasal yükün girdiği ilgili model segmenti kullanıcı tarafından bu sütunda tanımlanmalıdır.
E	TN (ton/yıl)	Her bir kentsel atıksu arıtma tesisi deşarjından kaynaklanan TN yükü kullanıcı tarafından bu sütunda tanımlanmalıdır.
F	TP (ton/yıl)	Her bir kentsel atıksu arıtma tesisi deşarjından kaynaklanan TP yükü kullanıcı tarafından bu sütunda tanımlanmalıdır.
G		Boş Sütun
H	Açıklama	Atıksu Arıtma Tesislerinin isimleri açıklama olarak yazılabilir.

*TN ya da TP için kontrol oranı 0 ile 1 arasında herhangi bir değer alabilir. Eğer kontrol oranı "0" olarak girilmiş ise, yük azaltımı ile ilgili herhangi bir kontrol tedbiri alınmadığı ve bu durumun mevcut durumu temsil ettiği anlaşılmaktadır. Kontrol oranı olarak 1 değerinin girilmesi ise yükün tamamının kontrol edildiği anlamını taşımaktadır.

Kentsel_Doğrudan_Deşarjlar Sekmesi

Sütun	Başlık	Açıklama
A	Yük No	Kentsel doğrudan deşarjdan kaynaklanan noktasal yükün numarası bu sütuna kullanıcı tarafından girilmelidir.
B	TN Kontrol Oranı	Kentsel doğrudan deşarjdan kaynaklanan azot ile ilgili bir kontrol tedbiri alınması gerekliyse kontrol oranı bu sütuna kullanıcı tarafından girilmelidir.*
C	TP Kontrol Oranı	Kentsel doğrudan deşarjdan kaynaklanan fosfor ile ilgili bir kontrol tedbiri alınması gerekliyse kontrol oranı bu sütuna kullanıcı tarafından girilmelidir.*
D	İlgili Model Segmenti	Kentsel doğrudan deşarjdan kaynaklanan noktasal yükün girdiği ilgili model segmenti kullanıcı tarafından bu sütunda tanımlanmalıdır.

E	TN (ton/yıl)	Her bir kentsel doğrudan deşarjdan kaynaklanan TN yükü kullanıcı tarafından bu sütunda tanımlanmalıdır.
F	TP (ton/yıl)	Her bir kentsel doğrudan deşarjdan kaynaklanan TP yükü kullanıcı tarafından bu sütunda tanımlanmalıdır.
G		Boş Sütun
H	Açıklama	Kentsel doğrudan deşarjların isimleri açıklama olarak yazılabilir.

*TN ya da TP için kontrol oranı 0 ile 1 arasında herhangi bir değer alabilir. Eğer kontrol oranı "0" olarak girilmiş ise, yük azaltımı ile ilgili herhangi bir kontrol tedbiri alınmadığı ve bu durumun mevcut durumu temsil ettiği anlaşılmaktadır. Kontrol oranı olarak 1 değerinin girilmesi ise yükün tamamının kontrol edildiği anlamını taşımaktadır.

Sanayi_Deşarjları Sekmesi

Sütun	Başlık	Açıklama
A	Yük No	Sanayi deşarjlarından kaynaklanan noktasal yükün numarası bu sütuna kullanıcı tarafından girilmelidir.
B	TN Kontrol Oranı	Sanayi deşarjlarından kaynaklanan azot ile ilgili bir kontrol tedbiri alınması gerekliyse kontrol oranı bu sütuna kullanıcı tarafından girilmelidir.*
C	TP Kontrol Oranı	Sanayi deşarjlarından kaynaklanan fosfor ile ilgili bir kontrol tedbiri alınması gerekliyse kontrol oranı bu sütuna kullanıcı tarafından girilmelidir.*
D	İlgili Model Segmenti	Sanayi deşarjlarından kaynaklanan noktasal yükün girdiği ilgili model segmenti kullanıcı tarafından bu sütunda tanımlanmalıdır.
E	TN (ton/yıl)	Her bir sanayi deşarjından kaynaklanan TN yükü kullanıcı tarafından bu sütunda tanımlanmalıdır.
F	TP (ton/yıl)	Her bir sanayi deşarjından kaynaklanan TP yükü kullanıcı tarafından bu sütunda tanımlanmalıdır.
G		Boş Sütun
H	Açıklama	Sanayi deşarjlarının isimleri açıklama olarak yazılabilir.

TN ya da TP için kontrol oranı 0 ile 1 arasında herhangi bir değer alabilir. Eğer kontrol oranı "0" olarak girilmiş ise, yük azaltımı ile ilgili herhangi bir kontrol tedbiri alınmadığı ve bu durumun mevcut durumu temsil ettiği anlaşılmaktadır. Kontrol oranı olarak 1 değerinin girilmesi ise yükün tamamının kontrol edildiği anlamını taşımaktadır.

Yayılı Yükler 1-10 Sekmeleri

Yayılı Yük Emisyonları Sekmesi'nde 10 değişik yayılı yük girişi yapılabilmektedir. Her bir yayılı yük için ayrı ayrı Yayılı Yük sekmelerinin oluşturulması gereklidir. Yayılı Yük Emisyonları Sekmesi'nde tanımlanan sıra numaraları dikkate alınarak Yayılı Yükler 1-10 Sekmelerine veri girişi yapılmalıdır.

Sütun	Başlık	Açıklama
A	Yük No	İlgili yayılı kaynaktan gelen yükün numarası bu sütuna kullanıcı tarafından girilmelidir.
B	TN Kontrol Oranı	İlgili yayılı kaynaktan gelen azot yükü ile ilgili bir kontrol tedbiri alınması gerekliyse kontrol oranı bu sütuna kullanıcı tarafından girilmelidir.*
C	TP Kontrol Oranı	İlgili yayılı kaynaktan gelen fosfor yükü ile ilgili bir kontrol tedbiri alınması gerekliyse kontrol oranı bu sütuna kullanıcı tarafından girilmelidir.*
D	İlgili Model Segmenti	İlgili yayılı kaynaktan gelen yükün girdiği model segmenti kullanıcı tarafından bu sütunda tanımlanmalıdır.
E	TN (ton/yıl)	Her bir yayılı kaynaktan gelen TN yükü kullanıcı tarafından bu sütunda tanımlanmalıdır.
F	TP (ton/yıl)	Her bir yayılı kaynaktan gelen TP yükü kullanıcı tarafından bu sütunda tanımlanmalıdır.

TN ya da TP için kontrol oranı 0 ile 1 arasında herhangi bir değer alabilir. Eğer kontrol oranı "0" olarak girilmiş ise, yük azaltımı ile ilgili herhangi bir kontrol tedbiri alınmadığı ve bu durumun mevcut durumu temsil ettiği anlaşılmaktadır. Kontrol oranı olarak 1 değerinin girilmesi ise yükün tamamının kontrol edildiği anlamını taşımaktadır.

Referanslar Sekmesi

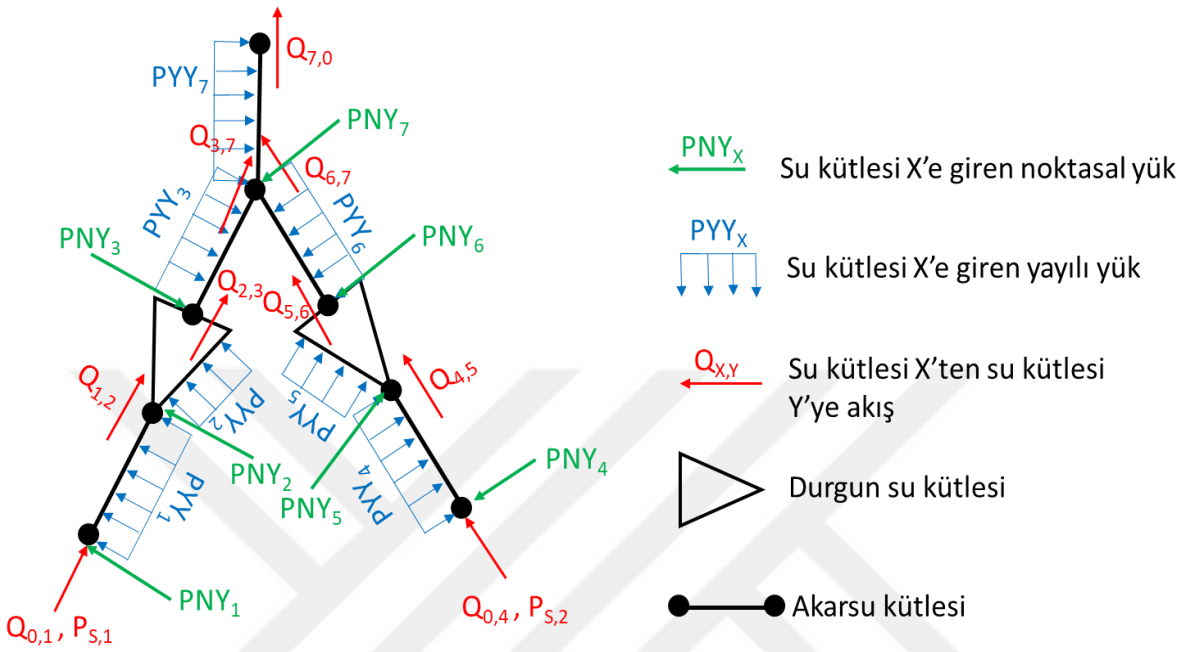
Sütun	Başlık	Açıklama
A ve B	-	A sütununda modelde yer alan • Su kütlesi • Debi • Akarsu kütlesi • Durgun su kütlesi • Kentsel AAT • Kentsel Doğrudan Deşarj • Sanayi Deşarjları sayıları veri girişlerine bağlı olarak model tarafından otomatik olarak hesaplanmakta ve hesaplanan değerler B sütununa yazılmaktadır.
C		Boş sütun
D ve E		Matrislerin oluşturulabilmesi için D sütununda yer alan model girdileri için referans adları ve sekmeler içindeki yerleri E sütununda oluşturulmaktadır. Kullanıcının bu sütuna müdahale etmesine gerek yoktur.
F		Boş sütun

G	Yayılı yük emisyonu no	Daha önce "Yayılı Yük Emisyonları" sekmesinde A sütununda 1'den 10'a kadar sıralanmış "Yayılı Yük Emisyonu No"ları burada tekrarlanmıştır. 10 farklı yayılı yük yer almaktadır.
H	İlgili yayılı yük sayısı	Bu sütunda G sütununda sıralanan her bir yayılı yük türünden havza içerisinde kaç tane olduğu model tarafından hesaplanmaktadır. Kullanıcının bu sütuna müdahale etmesine gerek yoktur.
I	Model segment dizisi referansı	İlgili yayılı yükün hangi model segmenti ile ilişkili olduğu ve sekmeler içerisindeki konumları bu sütunda "Model segment dizisi referansı" ile tanımlanmaktadır. Kullanıcının bu sütuna müdahale etmesine gerek yoktur.
J	TN önlem faydası fraksiyonu dizisi referansı	İlgili yayılı yükten kaynaklanan azot miktarının tedbirler sonucunda azaltılması istenen oranı ilgili yayılı yük sekmesinin B sütununda yer alan "TN kontrol oranı" ile tanımlanarak Referanslar sekmesinin J sütununda yer alan "TN önlem faydası fraksiyonu dizisi referansı" ile sekmeler içerisindeki konumları tanımlanmaktadır. Kullanıcının bu sütuna müdahale etmesine gerek yoktur.
K	TP önlem faydası fraksiyonu dizisi referansı	İlgili yayılı yükten kaynaklanan fosfor miktarının tedbirler sonucunda azaltılması istenen oranı ilgili yayılı yük sekmesinin C sütununda yer alan "TP kontrol oranı" ile tanımlanarak Referanslar sekmesinin K sütununda yer alan "TP önlem faydası fraksiyonu dizisi referansı" ile sekmeler içerisindeki konumları tanımlanmaktadır. Kullanıcının bu sütuna müdahale etmesine gerek yoktur.
L	Önlem faydası fraksiyonu dizisi referansı	Kirletici No = 1 ise J kolonuna (TN önlem faydası fraksiyonu dizisi referansı), Kirletici No = 2 ise K kolonuna (TP önlem faydası fraksiyonu dizisi referansı) yönlendirme yapılmaktadır. Kullanıcının bu sütuna müdahale etmesine gerek yoktur.
M	TN yük dizisi referansı	Bu sütunda her bir "YAYILI_YUKLER" sekmesi içerisindeki TN yüklerinin konumları belirlenerek TN yükleri dizisi referansı oluşturulmaktadır. Kullanıcının bu sütuna müdahale etmesine gerek yoktur.
N	TP yük dizisi referansı	Bu sütunda her bir "YAYILI_YUKLER" sekmesi içerisindeki TP yüklerinin konumları belirlenerek TP yükleri dizisi referansı oluşturulmaktadır. Kullanıcının bu sütuna müdahale etmesine gerek yoktur.
O	Yük dizisi referansı	Bu sütunda modelde seçilen kirletici için her bir "YAYILI_YUKLER" sekmesi içerisindeki seçilen kirleticinin yüklerinin konumları belirlenerek ilgili kirletici yükü dizisi referansı oluşturulmaktadır. Kullanıcının bu sütuna müdahale etmesine gerek yoktur.
P		Boş sütun
Q		Boş sütun
R	Noktasal Yükler	Noktasal kirletici kaynakların türlerinin adları burada tanımlanmaktadır.
S	İlgili noktasal	Bu sütunda R sütununda sıralanan her bir noktasal yük türünden havza içerisinde kaç tane olduğu model tarafından

	yük sayısı	hesaplanmaktadır. Kullanıcının bu sütuna müdahale etmesine gerek yoktur.
T	Model segment dizisi referansı	İlgili noktasal yükün hangi model segmenti ile ilişkili olduğu ve ilgili sekmeler içerisindeki konumları bu sütunda "Model segment dizisi referansı" ile tanımlanmaktadır. Kullanıcının bu sütuna müdahale etmesine gerek yoktur.
U	TN önlem faydası fraksiyonu dizisi referansı	İlgili noktasal yükten kaynaklanan azot miktarının tedbirler sonucunda azaltılması istenen oranı ilgili noktasal yük sekmesinin B sütununda yer alan "TN kontrol oranı" ile tanımlanarak Referanslar sekmesinin U sütununda yer alan "TN önlem faydası fraksiyonu dizisi referansı" ile sekmeler içerisindeki konumları tanımlanmaktadır. Kullanıcının bu sütuna müdahale etmesine gerek yoktur.
V	TP önlem faydası fraksiyonu dizisi referansı	İlgili noktasal yükten kaynaklanan fosfor miktarının tedbirler sonucunda azaltılması istenen oranı ilgili noktasal yük sekmesinin C sütununda yer alan "TP kontrol oranı" ile tanımlanarak Referanslar sekmesinin V sütununda yer alan "TP önlem faydası fraksiyonu dizisi referansı" ile sekmeler içerisindeki konumları tanımlanmaktadır. Kullanıcının bu sütuna müdahale etmesine gerek yoktur.
W	Önlem faydası fraksiyonu dizisi referansı	Kirletici No = 1 ise U kolonuna (TN önlem faydası fraksiyonu dizisi referansı), Kirletici No = 2 ise V kolonuna (TP önlem faydası fraksiyonu dizisi referansı) yönlendirme yapılmaktadır. Kullanıcının bu sütuna müdahale etmesine gerek yoktur.
X	TN yük dizisi referansı	Bu sütunda "KENTSEL_AAT_DESARJLAR / KENTSEL_DOGRUDAN_DESARJLAR/SANAYI_DESARJLARI" sekmeleri içerisindeki TN yüklerinin konumları belirlenerek TN yükleri dizisi referansı oluşturulmaktadır. Kullanıcının bu sütuna müdahale etmesine gerek yoktur.
Y	TP yük dizisi referansı	Bu sütunda "KENTSEL_AAT_DESARJLAR/ KENTSEL_DOGRUDAN_DESARJLAR/SANAYI_DESARJLARI" sekmeleri içerisindeki TP yüklerinin konumları belirlenerek TP yükleri dizisi referansı oluşturulmaktadır. Kullanıcının bu sütuna müdahale etmesine gerek yoktur.
Z	Yük dizisi referansı	Bu sütunda modelde seçilen kirletici için "KENTSEL_AAT_DESARJLAR/ KENTSEL_DOGRUDAN_DESARJLAR/SANAYI_DESARJLARI" sekmeleri içerisindeki seçilen kirleticinin yüklerinin konumları belirlenerek ilgili kirletici yükü dizisi referansı oluşturulmaktadır. Kullanıcının bu sütuna müdahale etmesine gerek yoktur.

EK B1

Örnek Sistem:



Birinci mertebe kinetiğine göre bozunan bir kirletici için kütle dengesi denklemleri şöyledir:

$$\frac{dP_1}{dt} = \frac{Q_{0,1}}{V_1}\cdot P_{S,1} - \frac{Q_{1,2}}{V_1}\cdot P_1 - k_1\cdot P_1 + \frac{PNY_1}{V_1} + \frac{PYY_1}{V_1}$$

$$\frac{dP_2}{dt} = \frac{Q_{1,2}}{V_2}\cdot P_1 - \frac{Q_{2,3}}{V_2}\cdot P_2 - k_2\cdot P_2 + \frac{PNY_2}{V_2} + \frac{PYY_2}{V_2}$$

$$\frac{dP_3}{dt} = \frac{Q_{2,3}}{V_3}\cdot P_2 - \frac{Q_{3,7}}{V_3}\cdot P_3 - k_3\cdot P_3 + \frac{PNY_3}{V_3} + \frac{PYY_3}{V_3}$$

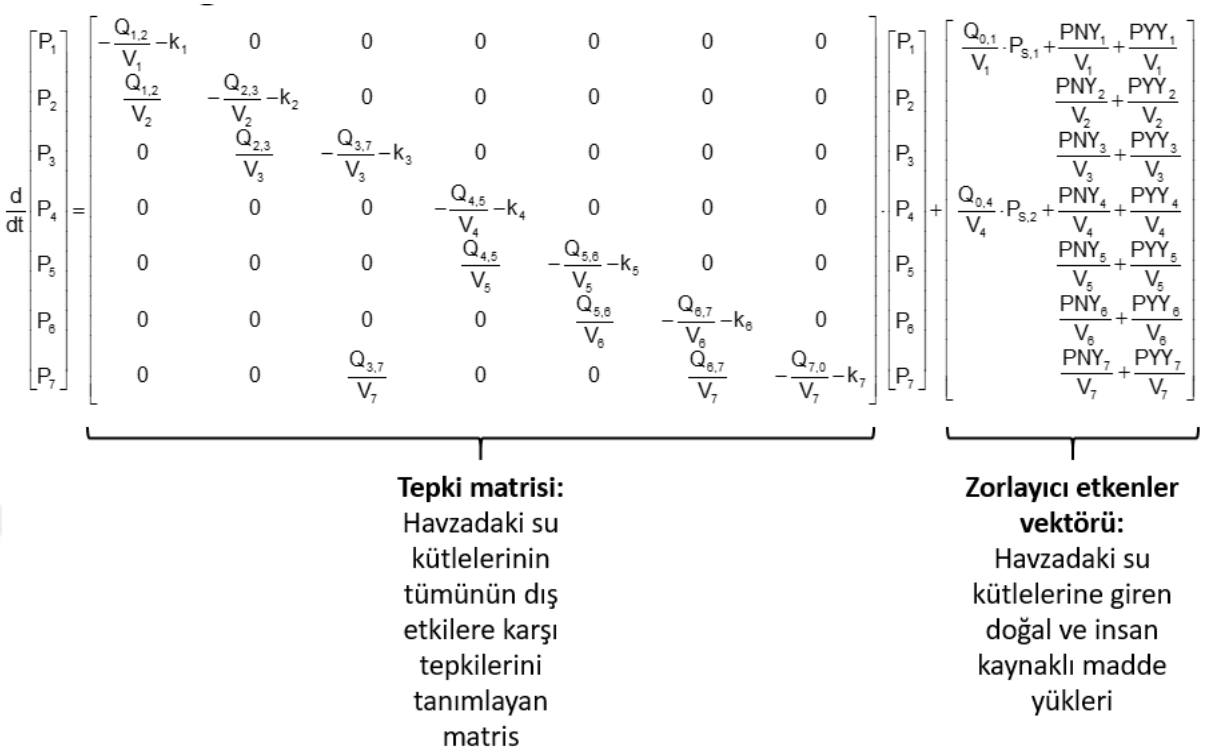
$$\frac{dP_4}{dt} = \frac{Q_{0,4}}{V_4}\cdot P_{S,2} - \frac{Q_{4,5}}{V_4}\cdot P_4 - k_4\cdot P_4 + \frac{PNY_4}{V_4} + \frac{PYY_4}{V_4}$$

$$\frac{dP_5}{dt} = \frac{Q_{4,5}}{V_5}\cdot P_4 - \frac{Q_{5,6}}{V_5}\cdot P_5 - k_5\cdot P_5 + \frac{PNY_5}{V_5} + \frac{PYY_5}{V_5}$$

$$\frac{dP_6}{dt} = \frac{Q_{5,6}}{V_6}\cdot P_5 - \frac{Q_{6,7}}{V_6}\cdot P_6 - k_6\cdot P_6 + \frac{PNY_6}{V_6} + \frac{PYY_6}{V_6}$$

$$\frac{dP_7}{dt} = \frac{Q_{3,7}}{V_7}\cdot P_3 + \frac{Q_{6,7}}{V_7}\cdot P_6 - \frac{Q_{6,7}}{V_6}\cdot P_7 - k_7\cdot P_7 + \frac{PNY_7}{V_7} + \frac{PYY_7}{V_7}$$

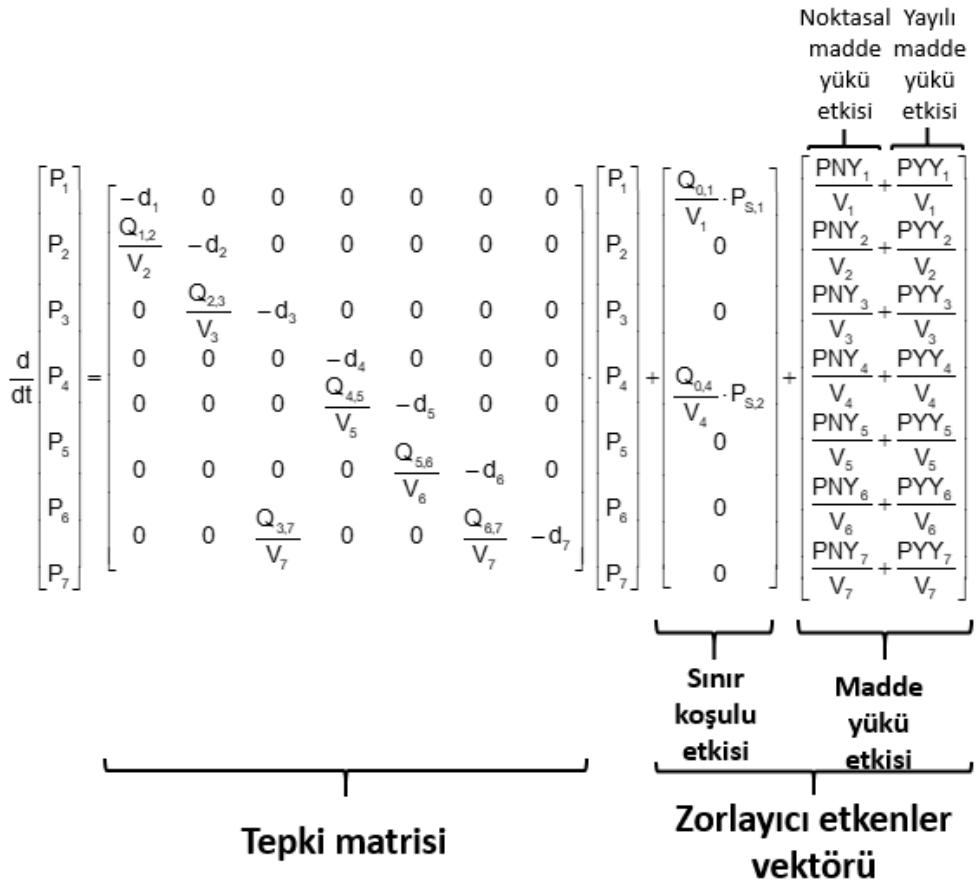
Kütle Dengesi Denklemlerinin Matris Formunda Yazılması



Su kütlelerinden olan çıkışlar, tepki matrisinin köşegenini oluşturmaktadır. Aşağıdaki tanımlar

$$d_1 = \frac{Q_{1,2}}{V_1} + k_1; d_2 = \frac{Q_{2,3}}{V_2} + k_2; d_3 = \frac{Q_{3,7}}{V_3} + k_3; d_4 = \frac{Q_{4,5}}{V_4} + k_4; d_5 = \frac{Q_{5,6}}{V_5} + k_5; d_6 = \frac{Q_{6,7}}{V_6} + k_6; d_7 = \frac{Q_{7,0}}{V_7} + k_7$$

kütle dengesi tanımlarında yerine koyulunca



Tepki matrisi, sistemin iç etkileşimlerinin (taşınım ve madde dönüşümü) matematiksel açılımıdır. Sabitler vektörü, sisteme dışarıdan verilen zorlamaların (örneğin yükleri) kütle dengesine yansımasıdır.

Tepki Matrisi:

ETKİLENEN \ ETKİLEYEN	Su kütlesi 1	Su kütlesi 2	Su kütlesi 3	Su kütlesi 4	Su kütlesi 5	Su kütlesi 6	Su kütlesi 7
Su kütlesi 1	$-d_1$	0	0	0	0	0	0
Su kütlesi 2	$\frac{Q_{1,2}}{V_2}$	$-d_2$	0	0	0	0	0
Su kütlesi 3	0	$\frac{Q_{2,3}}{V_3}$	$-d_3$	0	0	0	0
Su kütlesi 4	0	0	0	$-d_4$	0	0	0
Su kütlesi 5	0	0	0	$\frac{Q_{4,5}}{V_5}$	$-d_5$	0	0
Su kütlesi 6	0	0	0	0	$\frac{Q_{5,6}}{V_6}$	$-d_6$	0
Su kütlesi 7	0	0	$\frac{Q_{3,7}}{V_7}$	0	0	$\frac{Q_{6,7}}{V_7}$	$-d_7$

Memba Yükleri Matrisi:

ETKİLENEN \ ETKİLEYEN	Su kütlesi 1	Su kütlesi 2	Su kütlesi 3	Su kütlesi 4	Su kütlesi 5	Su kütlesi 6	Su kütlesi 7
Su kütlesi 1	0	0	0	0	0	0	0
Su kütlesi 2	$\frac{Q_{1,2}}{V_2}$	0	0	0	0	0	0
Su kütlesi 3	0	$\frac{Q_{2,3}}{V_3}$	0	0	0	0	0
Su kütlesi 4	0	0	0	0	0	0	0
Su kütlesi 5	0	0	0	$\frac{Q_{4,5}}{V_5}$	0	0	0
Su kütlesi 6	0	0	0	0	$\frac{Q_{5,6}}{V_6}$	0	0
Su kütlesi 7	0	0	$\frac{Q_{3,7}}{V_7}$	0	0	$\frac{Q_{6,7}}{V_7}$	0

$\cdot \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \\ P_5 \\ P_6 \\ P_7 \end{bmatrix}$

Noktasal madde yükü etkisi

Yayılı madde yükü etkisi

$$\frac{d}{dt}\begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \\ P_5 \\ P_6 \\ P_7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -d_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{Q_{1,2}}{V_2} & -d_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{Q_{2,3}}{V_3} & -d_3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -d_4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{Q_{4,5}}{V_5} & -d_5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{Q_{5,6}}{V_6} & -d_6 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{Q_{3,7}}{V_7} & 0 & 0 & \frac{Q_{6,7}}{V_7} & -d_7 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \\ P_5 \\ P_6 \\ P_7 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{Q_{0,1}}{V_1} \cdot P_{S,1} \\ 0 \\ 0 \\ \frac{Q_{0,4}}{V_4} \cdot P_{S,2} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{PNY_1}{V_1} + \frac{PYY_1}{V_1} \\ \frac{PNY_2}{V_2} + \frac{PYY_2}{V_2} \\ \frac{PNY_3}{V_3} + \frac{PYY_3}{V_3} \\ \frac{PNY_4}{V_4} + \frac{PYY_4}{V_4} \\ \frac{PNY_5}{V_5} + \frac{PYY_5}{V_5} \\ \frac{PNY_6}{V_6} + \frac{PYY_6}{V_6} \\ \frac{PNY_7}{V_7} + \frac{PYY_7}{V_7} \end{bmatrix}$$

Sınır koşulu etkisi — Madde yükü etkisi

Tepki matrisi — Zorlayıcı etkenler vektörü

Kararlı durumda

Çözüm vektörü

$$\begin{bmatrix} -d_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{Q_{1,2}}{V_2} & -d_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{Q_{2,3}}{V_3} & -d_3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -d_4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{Q_{4,5}}{V_5} & -d_5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{Q_{5,6}}{V_6} & -d_6 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{Q_{3,7}}{V_7} & 0 & 0 & \frac{Q_{6,7}}{V_7} & -d_7 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \\ P_5 \\ P_6 \\ P_7 \end{bmatrix} = -\left(\begin{bmatrix} \frac{Q_{0,1}}{V_1} \cdot P_{S,1} \\ 0 \\ 0 \\ \frac{Q_{0,4}}{V_4} \cdot P_{S,2} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{PNY_1}{V_1} + \frac{PYY_1}{V_1} \\ \frac{PNY_2}{V_2} + \frac{PYY_2}{V_2} \\ \frac{PNY_3}{V_3} + \frac{PYY_3}{V_3} \\ \frac{PNY_4}{V_4} + \frac{PYY_4}{V_4} \\ \frac{PNY_5}{V_5} + \frac{PYY_5}{V_5} \\ \frac{PNY_6}{V_6} + \frac{PYY_6}{V_6} \\ \frac{PNY_7}{V_7} + \frac{PYY_7}{V_7} \end{bmatrix} \right)$$

Sınır koşulu etkisi — Madde yükü etkisi

Tepki matrisi — Zorlayıcı etkenler vektörü

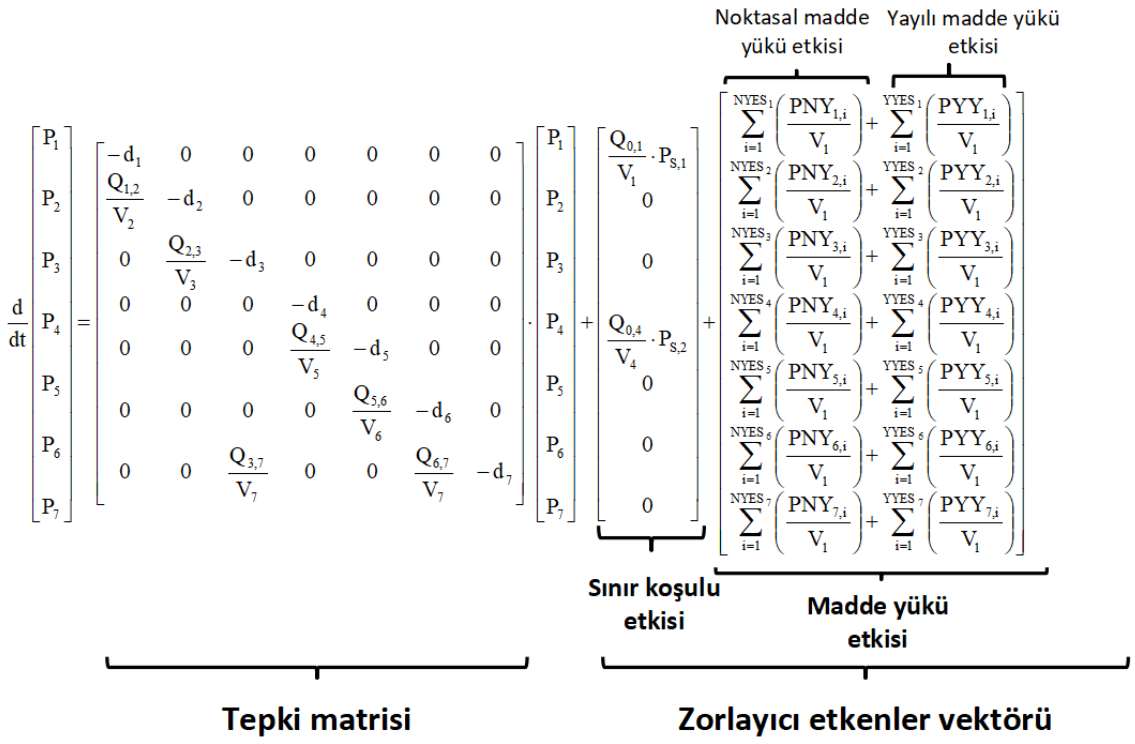
$$[\underline{\underline{A}}] \cdot [P] = [B]$$

$$[\underline{\underline{A}}]^{-1} \cdot [\underline{\underline{A}}] \cdot [P] = [\underline{\underline{A}}]^{-1} \cdot [B]$$

$$[P] = [\underline{\underline{A}}]^{-1} \cdot [B] = \text{inv}([\underline{\underline{A}}]) \cdot [B]$$

Su Kütlelerine Noktasal ve Yayılı Yük Taşıyan Çok Sayıda Emisyonu Olması Durumu

Kararlı durumda



EK C

Su Kütlesi Kodu	Su Kütlesi Adı	Su Kütlesi Tipi	Hacim (m^3)	Yüzey Alanı (m^2)	Ortalama Derinlik (m)	Giriş Debisi (m^3/s)	Buharlaşma (m^3/s)	Çıkış Debisi (m^3/s)	Çıkış Debisi ($m^3/yıl$)	Hidrolik Bekletme Süresi (yıl)
2	Mine Sultan Göleti	Göl	204.892	35.798	5,72	0,1092	0,0000	0,1092	3.445.889	0,0595
5	Koruluk Baraj Gölü	Baraj	17.952	13.155	1,36	0,1313	0,0000	0,1313	4.144.656	0,0043
7	Asağıtepecik (Gölova) Gölü	Baraj	595.209	297.227	2,00	0,0279	0,0000	0,0279	882.029	0,6748
8	Koçak Barajı ve HES	Baraj	2.748.678	325.996	8,43	23,9820	-0,0001	23,9821	756.818.019	0,0036
11	Kılıçkaya Barajı	Baraj	348.433.737	15.954.881	21,84	49,6770	-0,0859	49,7629	1.570.398.624	0,2219
13	Gölova-I Barajı	Göl	16.938.000	3.003.164	5,64	5,1876	-0,0001	5,1877	163.712.287	0,1035
21	Çamlıgöze Barajı	Baraj	26.558.374	3.392.654	7,83	52,3194	-0,0389	52,3583	1.652.301.509	0,0161
27	Şerefiye Göleti	Baraj	687.013	167.550	4,10	0,5376	-0,0005	0,5381	16.981.564	0,0405
29	Almus Barajı	Gölet	265.987.200	15.948.891	16,68	21,6001	-0,0442	21,6444	683.044.275	0,3894
30	Ataköy Barajı	Göl	993.161	207.674	4,78	23,4405	-0,0011	23,4416	739.759.238	0,0013
34	Zinav Gölü	Gölet	2.736.782	284.635	9,62	0,9722	0,0000	0,9722	30.680.410	0,0892
37	Güzelce Barajı	Baraj	11.142.031	976.280	11,41	0,2070	-0,0007	0,2077	6.555.075	1,6998
41	Kızık Göleti	Baraj	2.029.542	295.370	6,87	0,3809	0,0000	0,3809	12.019.527	0,1689
43	Bedirkale Barajı	Baraj	25.944	25.203	1,03	0,2887	-0,0001	0,2887	9.112.125	0,0028
46	Artova Barajı	Gölet	83.074	70.848	1,17	0,1398	0,0000	0,1398	4.411.987	0,0188
48	Alpu Barajı	Baraj	4.197.192	307.866	13,63	0,0988	0,0000	0,0988	3.119.015	1,3457
52	Dutluca Göleti	Baraj	294.912	90.139	3,27	0,1527	0,0000	0,1527	4.819.193	0,0612
54	Uyuz Gölü	Baraj	400.097	220.446	1,81	0,0306	0,0000	0,0306	966.161	0,4141

Su Kütlesi Kodu	Su Kütlesi Adı	Su Kütlesi Tipi	Hacim (m^3)	Yüzey Alanı (m^2)	Ortalama Derinlik (m)	Giriş Debisi (m^3/s)	Buharlaşma (m^3/s)	Çıkış Debisi (m^3/s)	Çıkış Debisi ($m^3/yıl$)	Hidrolik Bekletme Süresi (yıl)
59	Süreyyabey-Kurtağıl Barajı	Gölet	331.485.928	17.900.800	18,52	22,6152	-0,0521	22,6672	715.323.490	0,4634
63	Koçhisar Barajı	Gölet	28.590.752	4.411.342	6,48	0,9388	-0,0109	0,9498	29.972.418	0,9539
65	Alaca Barajı	Gölet	1.494.336	201.011	7,43	0,3266	-0,0007	0,3273	10.327.352	0,1447
67	Evciyenikışla Göleti	Baraj	105.967	44.455	2,38	0,0337	0,0000	0,0337	1.064.000	0,0996
69	Yenihayat Barajı	Gölet	1.177.196	254.055	4,63	0,2287	-0,0058	0,2345	7.401.481	0,1590
70	Akören Gölü	Baraj	141.828	138.198	1,03	0,0128	0,0007	0,0121	382.137	0,3711
72	Bozdoğan Göleti	Baraj	290.572	58.365	4,98	0,0279	0,0000	0,0279	881.024	0,3298
76	Boztepe Barajı	Gölet	728.723	298.622	2,44	0,2726	-0,0009	0,2736	8.632.873	0,0844
78	Belpınar Göleti	Baraj	2.274.454	361.135	6,30	0,4230	-0,0006	0,4235	13.366.041	0,1702
79	Kaz Gölü	Baraj	2.468.698	2.905.323	0,85	0,2033	0,0000	0,2033	6.416.011	0,3848
81	İbecik Göleti	Gölet	337.289	52.910	6,37	0,0281	0,0000	0,0281	886.299	0,3806
83	Gediksaray Göleti	Göl	2.204.944	394.118	5,59	0,2162	-0,0001	0,2163	6.825.040	0,3231
86	Hatap Barajı	Baraj	3.265.068	477.354	6,84	0,3163	-0,0030	0,3194	10.078.147	0,3240
88	Çorum Barajı	Gölet	316.656	83.408	3,80	0,1120	-0,0020	0,1140	3.598.810	0,0880
90	Doğantepe Göleti	Baraj	979.824	152.612	6,42	0,0987	-0,0001	0,0988	3.117.174	0,3143
92	Ortaköy Göleti	Baraj	305.179	82.631	3,69	0,0300	-0,0005	0,0305	963.222	0,3168
94	Merzifon Alişar Göleti	Baraj	353.564	97.158	3,64	0,1111	0,0000	0,1111	3.505.228	0,1009
96	Sarıbuğday Göleti	Baraj	80.496	57.560	1,40	0,0365	0,0000	0,0365	1.153.052	0,0698

Su Kütlesi Kodu	Su Kütlesi Adı	Su Kütlesi Tipi	Hacim (m^3)	Yüzey Alanı (m^2)	Ortalama Derinlik (m)	Giriş Debisi (m^3/s)	Buharlaşma (m^3/s)	Çıkış Debisi (m^3/s)	Çıkış Debisi ($m^3/yıl$)	Hidrolik Bekletme Süresi (yıl)
99	Çitli Göleti	Gölet	255.574	115.906	2,21	0,0371	-0,0002	0,0373	1.177.126	0,2171
103	Hacıdede Göleti	Gölet	207.596	47.594	4,36	0,0518	0,0000	0,0518	1.633.888	0,1271
105	Ziyaret Göleti	Gölet	411.116	71.200	5,77	0,0258	0,0000	0,0258	814.223	0,5049
107	Yassıçal Göleti	Gölet	255.682	32.756	7,81	0,0049	0,0000	0,0049	154.796	1,6517
109	Derinöz Barajı	Gölet	1.271.971	142.302	8,94	0,1672	-0,0012	0,1683	5.312.704	0,2394
112	Destek Barajı	Gölet	432.672	60.315	7,17	0,0290	0,0000	0,0290	913.820	0,4735
114	Boraboy Gölü	Gölet	521.779	93.390	5,59	0,0311	0,0000	0,0311	981.115	0,5318
116	Uluköy Barajı	Göl	63.982	49.910	1,28	0,1473	-0,0006	0,1479	4.667.739	0,0137
118	Yedikır Barajı	Baraj	8.039.103	2.240.781	3,59	1,5143	-0,0505	1,5649	49.383.259	0,1628
121	Perşembe Yaylası Göleti	Baraj	725.228	146.474	4,95	0,5169	0,0000	0,5169	16.312.064	0,0445
123	Hasan Uğurlu Barajı	Baraj	703.910.764	21.775.312	32,33	87,7932	-0,7742	88,5674	2.794.975.229	0,2518
125	Suat Uğurlu Barajı	Göl	165.610.782	9.550.787	17,34	88,1507	-0,1351	88,2858	2.786.087.835	0,0594
127	Çakmak Barajı	Gölet	87.191.490	5.824.127	14,97	2,2622	-0,1420	2,4042	75.870.763	1,1492
129	Divanbaşı Göleti	Baraj	3.410.000	534.495	6,38	0,3051	-0,0001	0,3052	9.630.917	0,3541
131	19 Mayıs Göleti	Baraj	649.862	76.144	8,53	0,1292	-0,0020	0,1312	4.139.294	0,1570
132	Simenlik Gölü (Simenlit Gölü)	Göl	11.318.986	3.266.094	3,47	0,8890	-0,0213	0,9104	28.728.569	0,3940
133	Köse Barajı	Gölet	24.434	16.622	1,47	0,3652	0,0000	0,3652	11.523.778	0,0021

EK D

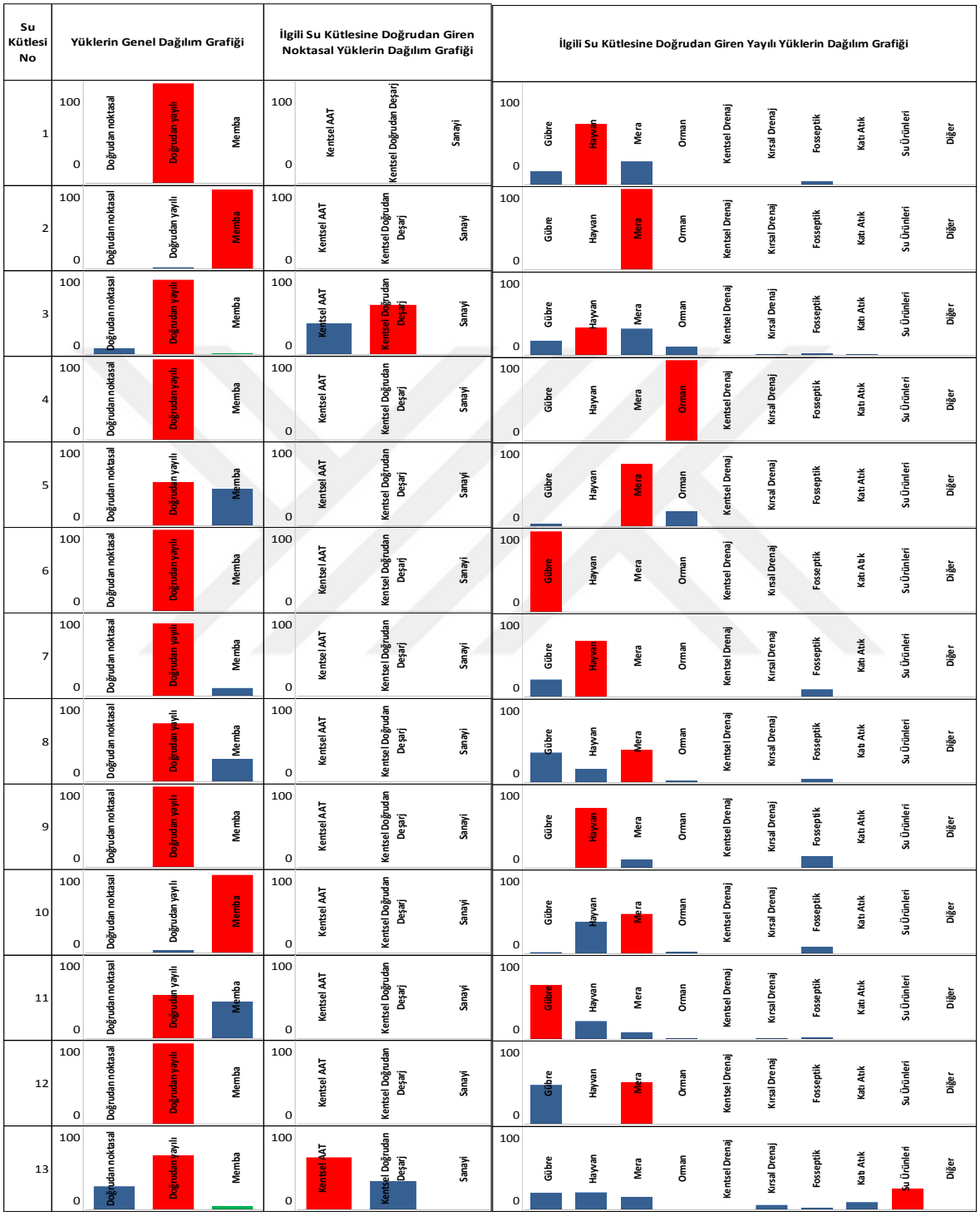
Su Kütlesi No	Uzunluk (m)	Hidrolik Olarak Eşdeğer Debi (m3/s)	Eşdeğer Akarsu Hacmi (m3)	Açıklama	Durgun Su Kütlesi
1	5822,92	1,21	8722,66	Poygun Deresi	Mine Sultan Göleti
3	629778,30	0,15	718346,84	Kelkit Çayı	Koçak Barajı
4	5158,47	0,01	183,80	Ceviz Deresi	Koruluk Barajı
6	878,68	0,20	289,88	Aşağıtepecik (Gölova) G. Besleyen Kol 1	Aşağıtepecik (Gölova) Gölü
9	3069,18	0,01	88,60	Koçak B. Besleyen Kol 1	Koçak Barajı
10	17715,54	0,11	14310,71	Kelkit Çayı	Kılıçkaya Barajı
12	8832,39	0,29	6129,40	Gölova B. Besleyen Kol 1	Gölova-I Barajı
14	42031,15	3,06	141638,94	Değirmendere Çayı	Kılıçkaya Barajı
15	257627,25	11,93	2785351,26	Alucra Çayı	
16	15984,70	0,48	6268,37	Kılıçkaya Barajı Besleyen Kol 1	
17	52890,98	1,91	82543,49	Çat Deresi	
18	59327,21	2,17	153068,69	Akşar Çayı	
19	28802,21	1,21	39565,02	Gemin Deresi	
20	11990,86	0,77	12311,77	Kılıçkaya Barajı Besleyen Kol 2	
22	5323,10	0,11	1045,43	Çamlıgöze B. Besleyen Kol 1	Çamlıgöze Barajı
23	2766,58	0,06	284,91	Çamlıgöze B. Besleyen Kol 2	
24	3832,19	0,15	781,27	Arpacı Deresi	
25	2947010,62	34,78	141544297,02	Kelkit Çayı+Yeşilırmak N.	Hasan Uğurlu Barajı
26	4594,55	0,46	2918,72	Eğridere	Şerefiye Göleti
28	214872,27	16,43	3374048,99	Yeşilırmak	Almus Barajı
31	10509,11	0,57	4631,26	Almus B. Besleyen Kol 2	
32	4152,51	2,23	6559,11	Almus B. Besleyen Kol 1	
33	36076,49	0,92	48442,89	Zinav Deresi	Zinav Gölü
36	2098,57	0,06	271,07	Güzelce B. Besleyen Kol 2	

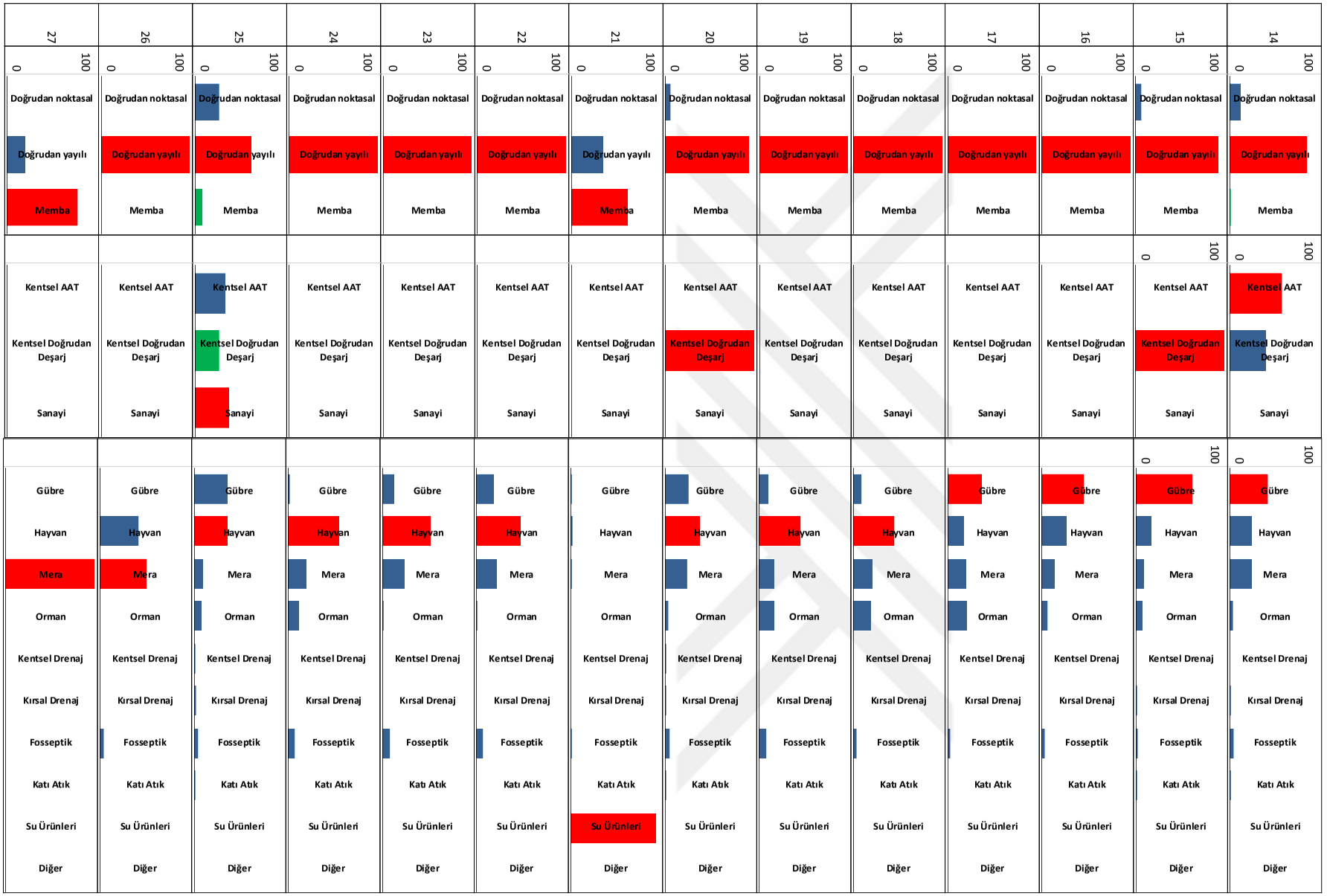
Su Kütlesi No	Uzunluk (m)	Hidrolik Olarak Eşdeğer Debi (m3/s)	Eşdeğer Akarsu Hacmi (m3)	Açıklama	Durgun Su Kütlesi
38	677101,49	0,45	18295722,85	Çekerek Çayı	Süreyyabey-Kurtağıl Barajı
39	2603,10	0,15	652,57	Miçöz Deresi	Kızık Göleti
40	11529,95	0,18	2689,68	Kızık G. Besleyen Kol	
42	11791,87	0,21	2215,12	Kumluk Deresi	Bedirkale Barajı
44	4419,60	0,10	1208,99	Süleyman Deresi	Artova Barajı
45	3605,24	0,02	181,11	Artova B. Besleyen Kol	
47	4591,39	0,09	1106,55	Alpu Deresi	Alpu Barajı
49	1456,73	0,01	42,93	Dutluca Göleti Besleyen Kol 2	Dutluca Göleti
50	8970,16	0,07	965,40	Dutluca Göleti Besleyen Kol 1	
51	639,36	0,06	56,76	Dutluca Göleti Besleyen Kol 3	
53	2011,35	0,01	81,44	Uyuz G. Besleyen Kol 2	Uyuz Gölü
55	23176,82	1,02	26562,65	Güngören Deresi	Süreyyabey-Kurtağıl Barajı
56	12955,58	0,45	6222,30	Süreyyabey Kurtağıl Barajı Besleyen Kol 1	
57	29194,49	1,12	64501,23	Süreyyabey Kurtağıl Barajı Besleyen Kol 2	
58	7946,72	0,37	2159,24	Süreyyabey Kurtağıl Barajı Besleyen Kol 3	
60	78640,39	0,65	150378,51	Çatalkaya Deresi	Koçhisar Barajı
61	6283,61	0,04	1044,86	Koçhisar B. Besleyen Kol	
62	30516,48	0,19	21940,71	Çete Deresi	
64	16211,91	0,29	6846,37	Büyüksöğütözü Deresi	Alaca Barajı
66	7861,92	0,02	723,45	Evciyenikışla Gölet Besleyen Kol	Evciyenikışla Göleti
68	15978,70	0,20	9131,25	Ilgınözü Deresi	Yenihayat Barajı
71	2658,47	0,02	237,77	İnceöz Deresi	Bozdoğan Göleti
73	1467,74	0,21	453,63	Boztepe B. Besleyen Kol 1	Boztepe Barajı
74	1594,71	0,02	198,50	Boztepe B. Besleyen Kol 2	
75	424,87	0,00	18,73	Boztepe B. Besleyen Kol 3	

Su Kütlesi No	Uzunluk (m)	Hidrolik Olarak Eşdeğer Debi (m3/s)	Eşdeğer Akarsu Hacmi (m3)	Açıklama	Durgun Su Kütlesi
77	7477,31	0,40	3886,05	Devrekboğazı Deresi	Belpınar Göleti
80	5682,34	0,02	196,84	İbecik Göleti Besleyen Kol	İbecik Göleti
82	12350,56	0,19	2769,07	Özdere	Gediksaray Göleti
84	6782,48	0,09	1654,08	Hatap B. Besleyen Kol 1	Hatap Barajı
85	26194,61	0,20	15101,26	Hatap Deresi	
87	7157,16	0,08	1662,58	Çomarınözü Deresi	Çorum Barajı
89	5216,58	0,09	1353,66	Karakavak Deresi	Doğantepe Göleti
91	1604,11	0,01	51,80	Ortaköy Göleti Besleyen Kol	Ortaköy Göleti
93	2434,17	0,11	553,69	Köy Çayı	Merzifon Alişar Göleti
95	7777,79	0,03	563,96	Sarıbuğday Göleti Besleyen Kol	Sarıbuğday Göleti
97	1124,14	0,00	13,64	Çitli G. Besleyen Kol	Çitli Göleti
98	2505,17	0,01	95,01	Köseler Çayı	
100	7193,42	0,03	533,90	Hacıdede Göleti Besleyen Kol 1	Hacıdede Göleti
101	3409,00	0,01	101,24	Hacıdede Göleti Besleyen Kol 2	
102	2093,76	0,00	33,25	Hacıdede Göleti Besleyen Kol 3	
104	4777,22	0,02	165,92	Değirmendere Deresi	Ziyaret Göleti
106	2612,75	0,00	30,15	Yassıçal Göleti Besleyen Kol	Yassıçal Barajı
108	6030,03	0,11	929,02	Derinöz Deresi	Derinöz Barajı
110	4598,16	0,01	153,95	Destek B. Besleyen Kol 2	Destek Barajı
111	2993,25	0,01	99,49	Destek B. Besleyen Kol 1	
113	1921,67	0,03	123,16	Boraboy Gölü Besleyen Kol	Boraboy Gölü
115	800,00	0,06	165,80	Derebey Deresi	Uluköy Barajı
117	5218,04	0,08	1335,99	Çorak Deresi	Yedikır Barajı
119	30777,96	11,74	163176,31	Gökdere	Hasan Uğurlu Barajı
120	2624,33	0,43	1577,00	Şehir Deresi	Perşembe Yaylası Göleti
122	176399,36	23,31	3087492,75	Karakuş Çayı	Hasan Uğurlu Barajı
124	13332,26	0,63	7113,49	Suat Uğurlu B. Besleyen Kol	Suat Uğurlu Barajı

Su Kütlesi No	Uzunluk (m)	Hidrolik Olarak Eşdeğer Debi (m3/s)	Eşdeğer Akarsu Hacmi (m3)	Açıklama	Durgun Su Kütlesi
126	93332,09	0,00	14,87	Abdal Çayı	Çakmak Barajı
128	13642,10	0,00	1,30	Deve Deresi	Divanbaşı Göleti
130	6081,27	0,00	1,76	Kamaz Deresi	19 Mayıs Göleti
134	7791,27	0,00	1,39	Köse Çayı	Köse Barajı

EK E1

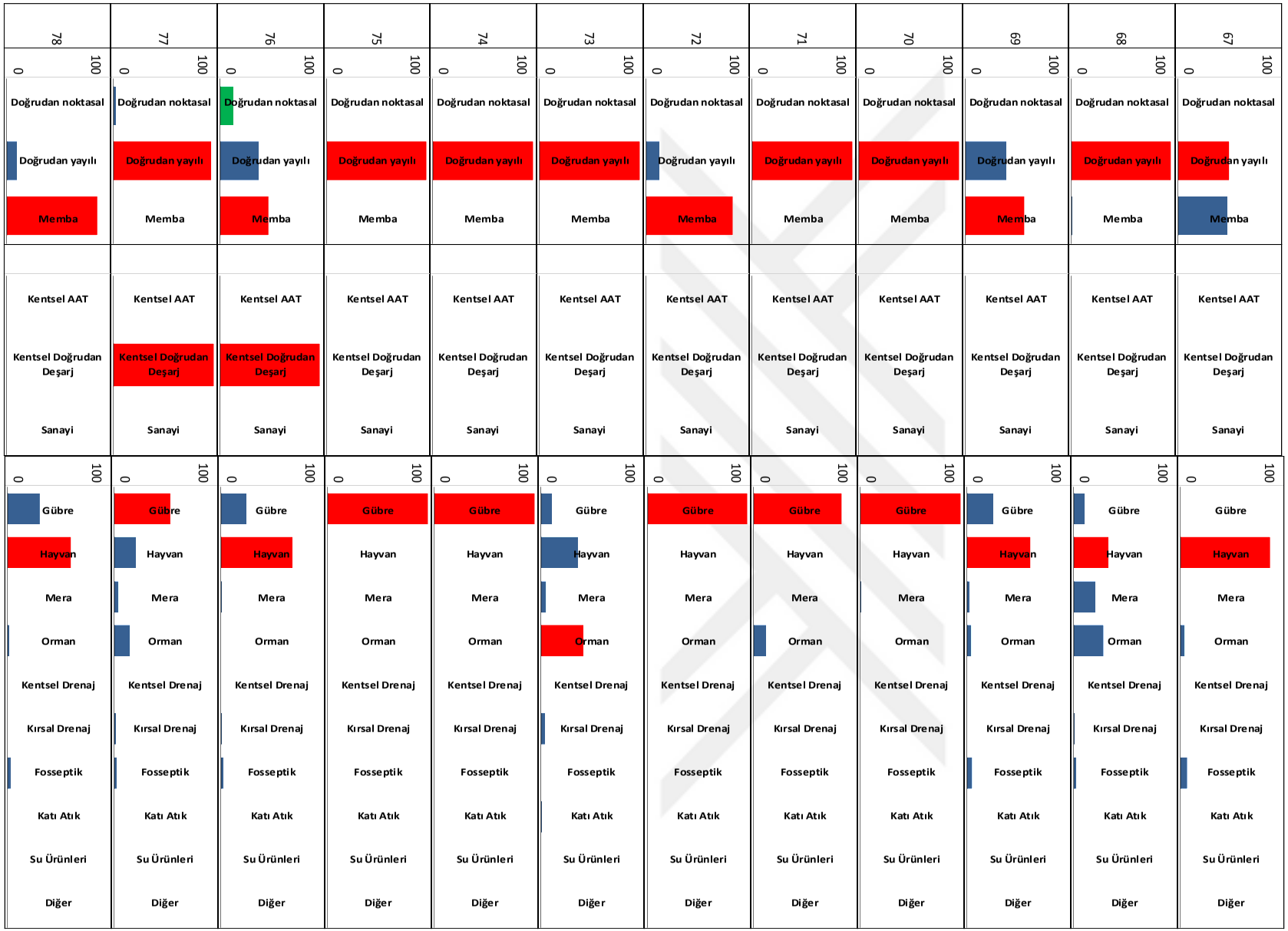

Su Kütlesi No
Yüklerin Genel Dağılım Grafiği
İlgili Su Kütlesine Doğrudan Giren Noktasal Yüklerin Dağılım Grafiği
İlgili Su Kütlesine Doğrudan Giren Yayılı Yüklerin Dağılım Grafiği
Doğrudan noktasal
Doğrudan yayılı
Memba
Kentsel AAT
Kentsel Doğrudan Deşarj
Sanayi
Gübre
Hayvan
Mera
Orman
Kentsel Drenaj
Kırsal Drenaj
Fosseptik
Katı Atık
Su Ürünleri
Diğer
100
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13


27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
0
100
Doğrudan noktasal
Doğrudan yayılı
Memba
Kentsel AAT
Kentsel Doğrudan Deşarj
Sanayi
Gübre
Hayvan
Mera
Orman
Kentsel Drenaj
Kırsal Drenaj
Fosseptik
Katı Atık
Su Ürünleri
Diğer

28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
100
0
Doğrudan noktasal
Doğrudan yaylı
Memba
Kentsel AAT
Kentsel Doğrudan Deşarj
Sanayi
Gübre
Hayvan
Mera
Orman
Kentsel Drenaj
Kırsal Drenaj
Fosseptik
Katı Atık
Su Ürünleri
Diğer

41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
100
0
Doğrudan noktasal
Doğrudan yayılı
Memba
Kentsel AAT
Kentsel Doğrudan Deşarj
Sanayi
Gübre
Hayvan
Mera
Orman
Kentsel Drenaj
Kırsal Drenaj
Fosseptik
Katı Atık
Su Ürünleri
Diğer

54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
100
0
Doğrudan noktasal
Doğrudan yayılı
Memba
Kentsel AAT
Kentsel Doğrudan Deşarj
Sanayi
Gübre
Hayvan
Mera
Orman
Kentsel Drenaj
Kırsal Drenaj
Fosseptik
Katı Atık
Su Ürünleri
Diğer


78
77
76
75
74
73
72
71
70
69
68
67
0
100
Doğrudan noktasal
Doğrudan yayılı
Memba
Kentsel AAT
Kentsel Doğrudan Deşarj
Sanayi
Gübre
Hayvan
Mera
Orman
Kentsel Drenaj
Kırsal Drenaj
Fosseptik
Katı Atık
Su Ürünleri
Diğer

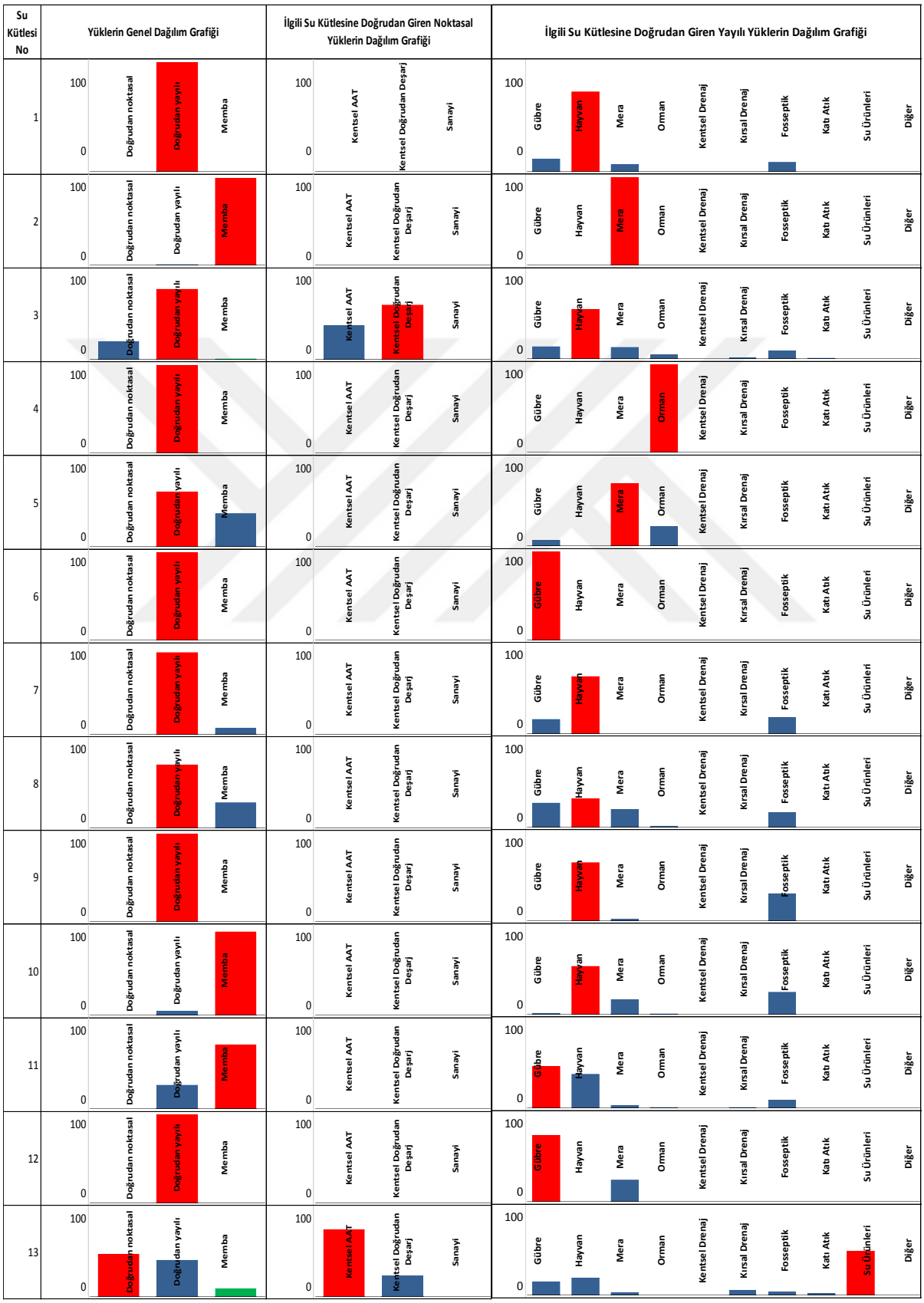
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
100
0
Doğrudan noktasal
Doğrudan yayılı
Memba
Kentsel AAT
Kentsel Doğrudan Deşarj
Sanayi
Gübre
Hayvan
Mera
Orman
Kentsel Drenaj
Kırsal Drenaj
Fosseptik
Katı Atık
Su Ürünleri
Diğer

92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
100
0
Doğrudan noktasal
Doğrudan yayılı
Memba
Kentsel AAT
Kentsel Doğrudan Deşarj
Sanayi
Gübre
Hayvan
Mera
Orman
Kentsel Drenaj
Kırsal Drenaj
Fosseptik
Katı Atık
Su Ürünleri
Diğer

106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
100
0
Doğrudan noktasal
Doğrudan yayılı
Memba
Kentsel AAT
Kentsel Doğrudan Deşarj
Sanayi
Gübre
Hayvan
Mera
Orman
Kentsel Drenaj
Kırsal Drenaj
Fosseptik
Katı Atık
Su Ürünleri
Diğer

121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
100
0
Doğrudan noktasal
Doğrudan yayılı
Memba
Kentsel AAT
Kentsel Doğrudan Deşarj
Sanayi
Gübre
Hayvan
Mera
Orman
Kentsel Drenaj
Kırsal Drenaj
Fosseptik
Katı Atık
Su Ürünleri
Diğer

EK E2


Su Kütlesi No
Yüklerin Genel Dağılım Grafiği
İlgili Su Kütlesine Doğrudan Giren Noktasal Yüklerin Dağılım Grafiği
İlgili Su Kütlesine Doğrudan Giren Yayılı Yüklerin Dağılım Grafiği
Doğrudan noktasal
Doğrudan yayılı
Memba
Kentsel AAT
Kentsel Doğrudan Deşarj
Sanayi
Gübre
Hayvan
Mera
Orman
Kentsel Drenaj
Kırsal Drenaj
Fosseptik
Katı Atık
Su Ürünleri
Diğer
100
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13

14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
100
0
Doğrudan noktasal
Doğrudan yayılı
Memba
Kentsel AAT
Kentsel Doğrudan Deşarj
Sanayi
Gübre
Hayvan
Mera
Orman
Kentsel Drenaj
Kırsal Drenaj
Fosseptik
Katı Atık
Su Ürünleri
Diğer

29
100
0
Doğrudan noktasal
Doğrudan yayılı
Memba
Kentsel AAT
Kentsel Doğrudan Deşarj
Sanayi
Gübre
Hayvan
Mera
Orman
Kentsel Drenaj
Kırsal Drenaj
Fosseptik
Katı Atık
Su Ürünleri
Diğer
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43

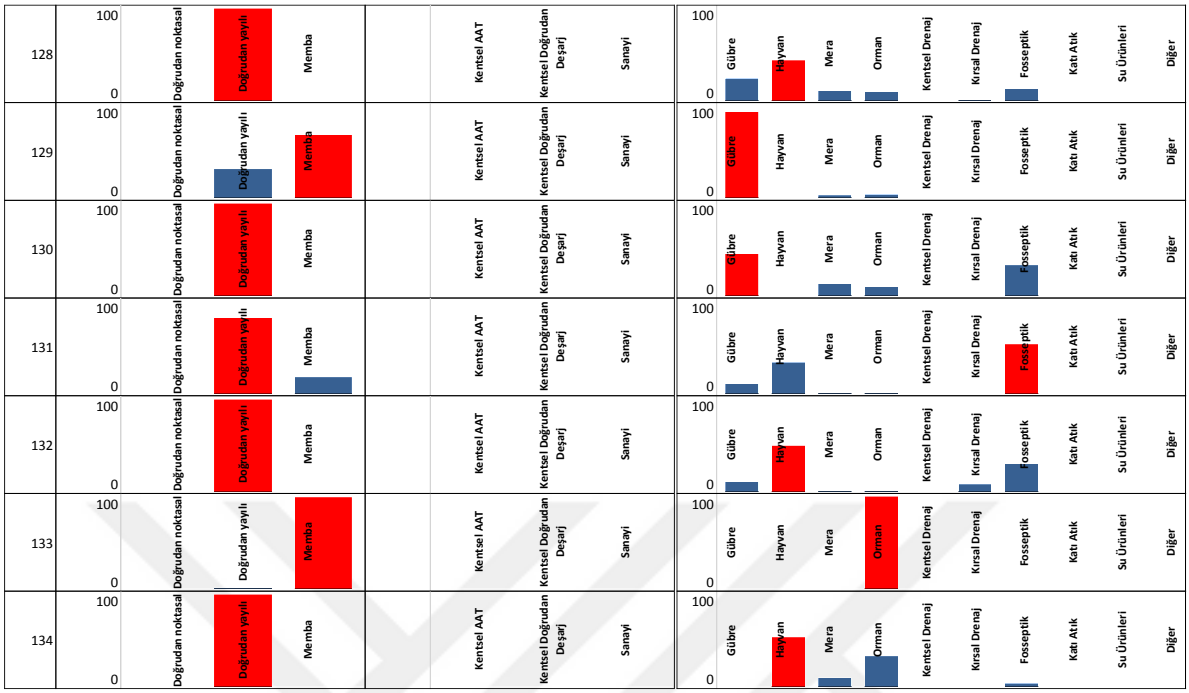
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
100
0
Doğrudan noktasal
Doğrudan yayılı
Memba
Kentsel AAT
Kentsel Doğrudan Deşarj
Sanayi
Gübre
Hayvan
Mera
Orman
Kentsel Drenaj
Kırsal Drenaj
Fosseptik
Katı Atık
Su Ürünleri
Diğer

61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
100
0
Doğrudan noktasal
Doğrudan yayılı
Memba
Kentsel AAT
Kentsel Doğrudan Deşarj
Sanayi
Gübre
Hayvan
Mera
Orman
Kentsel Drenaj
Kırsal Drenaj
Fosseptik
Katı Atık
Su Ürünleri
Diğer

78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
100
0
Doğrudan noktasal
Doğrudan yayılı
Memba
Kentsel AAT
Kentsel Doğrudan Deşarj
Sanayi
Gübre
Hayvan
Mera
Orman
Kentsel Drenaj
Kırsal Drenaj
Fosseptik
Katı Atık
Su Ürünleri
Diğer

95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
100
0
Doğrudan noktasal
Doğrudan yayılı
Memba
Kentsel AAT
Kentsel Doğrudan Deşarj
Sanayi
Gübre
Hayvan
Mera
Orman
Kentsel Drenaj
Kırsal Drenaj
Fosseptik
Katı Atık
Su Ürünleri
Diğer

113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
100
0
Doğrudan noktasal
Doğrudan yayılı
Memba
Kentsel AAT
Kentsel Doğrudan Deşarj
Sanayi
Gübre
Hayvan
Mera
Orman
Kentsel Drenaj
Kırsal Drenaj
Fosseptik
Katı Atık
Su Ürünleri
Diğer


128
129
130
131
132
133
134
100
0
Doğrudan noktasal
Doğrudan yayılı
Memba
Kentsel AAT
Kentsel Doğrudan Deşarj
Sanayi
Gübre
Hayvan
Mera
Orman
Kentsel Drenaj
Kırsal Drenaj
Fosseptik
Katı Atık
Su Ürünleri
Diğer

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı **Ruken Zilan ARSLAN**
Telefon +90 554 873 25 56
E-mail arslanr16@itu.edu.tr
Doğum Tarihi 13 Ağustos 1992
Doğum Yeri Tatvan - Bitlis

Öğrenim Durumu

2010 - 2015 Lisans, Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü.

BİLGİSAYAR BİLGİSİ

- *ArcGIS* *(İyi)*
- *WEAP System* *(İyi)*
- *MS Office* *(Çok İyi)*
- *AutoCAD* *(İyi)*
- *NetCAD* *(İyi)*
- *Matlab* *(Başlangıç)*

MESLEKİ DENEYİM ve ARAŞTIRMA PROJELERİ

- *Durgun Sularda Özümleme Kapasitesinin Belirlenmesi ve Su Kalitesinin İyileştirilmesi Projesi, 2018-*

Destekleyen Kuruluş: T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı
Proje Koordinatörü: Mehmet Açıkgöz (ALKA İnşaat Çevre San. Tic. Ltd. Şti.)
Danışmanlık: Özümleme Kapasitesi Hesabı Yapan Araştırıcılar: Prof. Dr. Melike Gürel, Doç. Dr. Ali Ertürk, Doç. Dr. Alpaslan Ekdal, Araş. Gör. Gökhan Cüceloğlu

- *Kanal Tipi Membran Fotobiyoreaktör Sistemi ile Anaerobik Çürütücü Çıkış Suyunda Mikroalg Üretimi, 2017-2018*

Destekleyen Kuruluş: TÜBİTAK
Araştırıcılar: Yrd. Doç. Dr. Mahmut Altınbaş, Hande Ermiş, Doğukan Tunay, Öznur Yıldırım, Ruken Zilan Arslan

- Canalp Mühendislik, *Hatay İli İçme Suyu İsale Hattı Projesi, 2015-2016,* Ankara